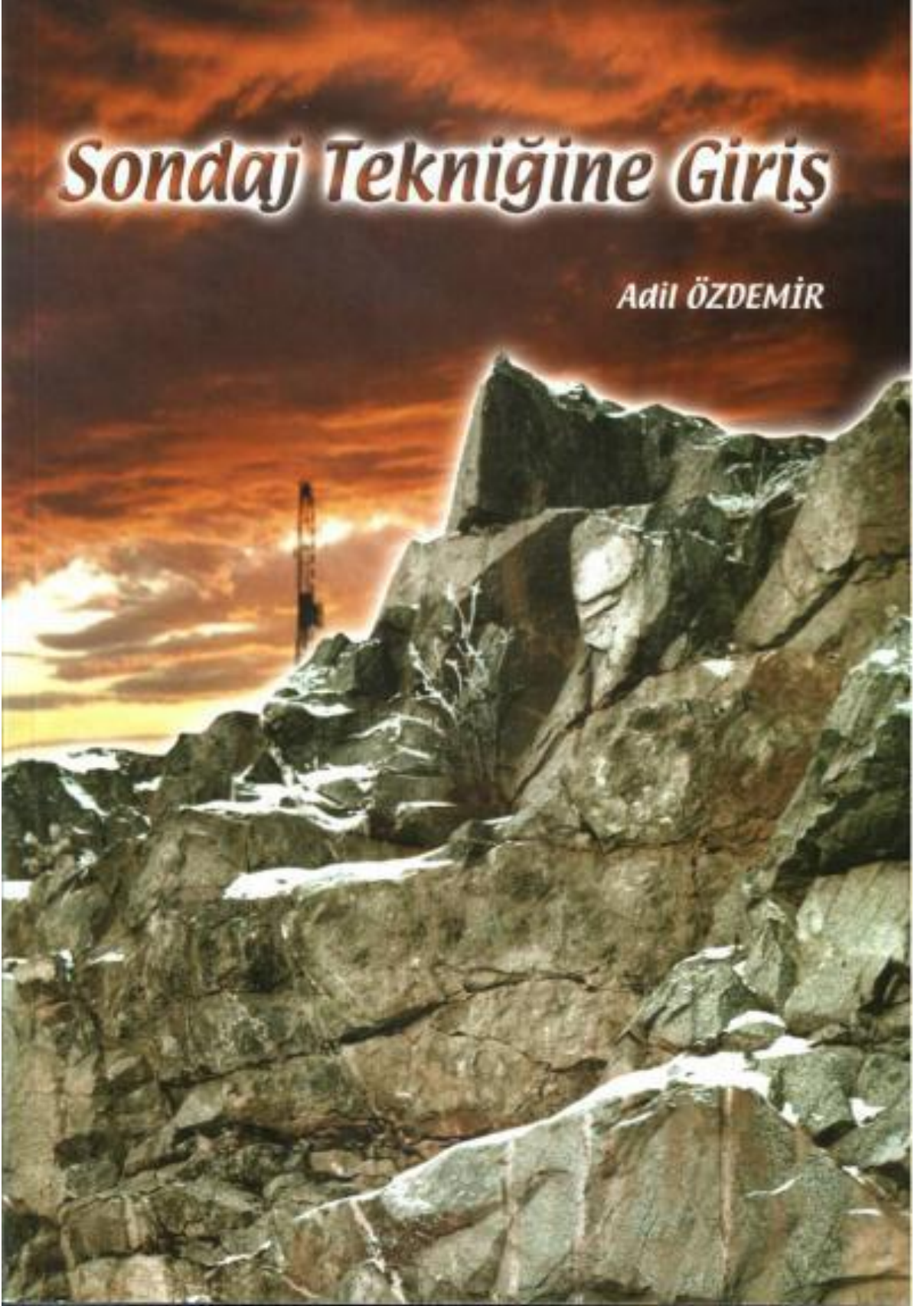


Sondaj Tekniğine Giriş

Adil ÖZDEMİR



2. Baskı (c) 2009 Adil ÖZDEMİR

1.Baskı 2007, 1000 Adet

Her hakkı mahfuzdur. Bu kitap veya bir kısmı yazarın yazılı izni alınmaksızın hiçbir teknikte çoğaltılamaz ve dağıtımını yapılamaz.
Kaynak gösterilmek suretiyle kısmen alıntı yapılabilir.

Yazarla iletişim

www.adilozdemir.com

e-mail: adilozdemir2000@yahoo.com

Kapak Tasarımı

Adil ÖZDEMİR

Baskı Yeri

Sondajcılığın alfabetini jeoloji bilgisi, dilini üç boyutlu düşünce sistemi, kitabını da delme yöntemi ve ekipman seçimi oluşturur. Bu kitabın okunup anlaşılması, ancak bu dil ve alfabenin iyi bilinmesi ile mümkündür. (A.Ö.)

1. Baskının Önsözü

Sondaj işlemi; bilim, sanat, profesyonel beceri ve mühendislik başarısının heyecan verici bir bileşimidir. Sondaj, pahalı ve zaman alıcı bir işlemdir. Bu duruma karşın, yeraltı koşulları hakkında sağladığı verilerin kesinliği ve güvenilirliği nedeniyle hem bilimsel araştırmalarda hem de ekonomik amaçlı çalışmalarda her geçen gün önemi artmaktadır. Sondaj çalışmalarının amacına ulaşabilmesi için temel bilgilerin özümsemesi ve bu bilgilerin çalışmalar sırasında uygulanması gereklidir.

Bu kitap, mühendislik eğitimi alan ve temelde hiçbir sondaj bilgisi olmayan öğrenciler için yapılandırılmış olmasının yanında, onun gelecekte profesyonel yaşamının temelini oluşturacak olan sondaj tekniklerini öğrenmesi açısından da önemlidir. Ayrıca, mesleğe yeni adım atacak olan mühendis, tekniker ve sondörler için çabuk erişilebilir bir bilgi kaynağıdır.

Kitap içeriğinde, sondaj tekniği konusunda temel lisans ders kitabı yapılanması takip edilmiştir. Ders sorumlusunun kendi programına göre istediğini seçebilmesi için, bağımsız olarak hazırlanmış bölümler sonsuz esnekliğe olanak vermektedir. Konuların bölümlere ayrılmış şekilde sunulması, bilgiye erişimi kolaylaştırmaktadır.

Konular birbirinden bağımsız ikişer sayfalık bilgiler şeklinde sunulmuştur. Her konu bir dizi notlar, diyagramlar, çizelgeler, şekil ve resimler ile donatılmış olup, uzun ve devamlı bir kitap içerisinde kaybolma yerine kısa özetler halinde okuyucuya takdim edilmiştir. Bu tarzın seçilmesinin sebebi, bilgiyi çabuk erişilebilir bir şekilde dönüştürmektir. Okuyucuya, kaynaklar bölümü sayesinde sondaj tekniği konusunda derin bilgi sahibi olma imkanı sağlanmıştır. Sondaj tekniğini anlama çerçevesinde, birden fazla konuyla ilgili bazı küçük alt bölümler bilinçli olarak tekrarlanmış olup, metin akışını kesikliğe uğratan geleneksel kaynak sunumu yoluna gidilmemiştir.

Bu kitap, sondaj tekniği hakkında tüm konuları ayrıntılı olarak içeren bir elkitabı olarak hazırlanmamıştır. Her ne kadar uygulamacı mühendis için uygun bir özet niteliğinde gibi görünse de, jeoloji mühendisliği, jeofizik mühendisliği, maden mühendisliği, sondaj teknikerliği, maden teknikerliği ve jeoteknik teknikerliği bölümleri öğrencilerine ve mesleğe yeni başlayan mühendislere sondaj tekniğinin kritik yönlerini takdim amacıyla hazırlanmıştır. Bazı bölümler, profesyonel mühendisler de hitap edecek düzeydedir. Kaynak bir kitap olarak rolünü artırmak için, uzun bir liste halinde kaynaklar bölümü eklenmiştir. Kaynaklar bölümünde, her konuya ait faydalı kitaplar, önemli makaleler ve tezler verilmiştir.

Kitap, sondaj tekniği üzerine yabancı ve Türk mühendisler tarafından üretilen çok sayıda yazılı ve görsel kaynaktan derleme şeklinde hazırlanmıştır. Malzemelerin çoğu, uzun yıllar biriktirilen kaynakların ve saha çalışmaları sırasında elde edilen tecrübelerin sentezidir.

Kitabın yayına hazırlanma aşamasında çeşitli katkıları olan aşağıdaki kişilere teşekkür ederim.

Mehmet Salih DALAZ
Tarık İSTER ve Erdal UYAN
H. Mete OLTULU, Erdal GÖKÇE
Mehmet TÜRKÖVER
Kemal AKPINAR
Emre ÖZCAN
Bülent ŞAHÜSEYİNOĞLU
Cengiz MANGTAY ve Atilla MANGTAY
Erdil TAŞEL, Çetin KARA ve Hakan AYTEKİN
Hakan ÖZYALÇIN
Ahmet ÖZTÜRK
Uğurtan TURHAN

DALAZLAR Sondajcılık Ltd. Şti.
SONTEK Sondaj Ekipmanları Ltd. Şti.
GÜNHAN Makina Sondaj Sanayi
SUSAN Sondajcılık Ltd. Şti.
İLLER BANKASI
TEMELTAŞ A.Ş.
MAPEK Makina Ltd. Şti.
MAZLUM MANGTAY A.Ş.
ATLAS COPCO A.Ş.
ÖZYALÇIN Mühendislik
TOKTEM Mühendislik Ltd. Şti.
KALETEK Plastik Ltd. Şti.

Faydalı olması dileğiyle...

Şubat 2007, Ankara

Adil ÖZDEMİR

2. Baskının Önsözü

Kitabın, birinci baskısı kısa sürede tükenmiştir. Bunun sebebi, kitabın jeoloji mühendisliği, jeofizik mühendisliği, maden mühendisliği ve sondaj teknolojisi bölümlerinde ders kitabı olarak okutulmasıdır. Bu durum, yayının amacına ulaştığının bir göstergesidir. Ayrıca, kitap Türkçe yayın yapma arzumuzu daha da artırmıştır. Konu ile ilgili yayın sayımız gelecekte artacaktır.

2.Baskıda kitabın yapısında önemli değişiklikler yapılmamıştır. Sadece, gözden kaçan bazı yazım hataları düzeltilmiştir. Birkaç farklı resim eklenmiştir.

Kitabın 2.Baskısına maddi katkıları için **Sn.Mehmet Salih DALAZ, Sn.Ali PULAT, Sn.Sami AKSOY, Sn.Sıddık ÖNLEN, Sn.Edip KILIÇLAR, Sn.Mehmet TÜRKÖVER, Sn. Bülent ŞAHÜSEYİNOĞLU**'na teşekkür ederim.

Kasım 2009, Ankara
Adil ÖZDEMİR

İçindekiler

1 Sondajın Tanımı ve Gelişimi	1
2 Sondajın Amacı ve Sınıflandırılması	3
3 Sondaj Mühendisliği	5
4 Sondaj Yöntemleri	7
5 Döner Sondaj Yönteminin Ana Bileşenleri	9
6 Döner Sondaj Ekipmanları	11
7 Sondaj Çamuru	13
8 Sondaj Bentoniti	15
9 Sondaj Matkapları	17
10 Sondaj Kule ve Makinaları	19
11 Çamur Pompası	21
12 Düz Çamur Dolaşımli Sondaj Tekniği	23
13 Havalı Sondaj Tekniği	25
14 Karotlu Sondaj Ekipmanları	27
15 Karotlu Sondaj Tekniği	29
16 Ters Dolaşımli Kuyudibi Çekiçli Sondaj Tekniği	31
17 Odex Sondaj Tekniği	33
18 Petrol ve Doğalgaz Sondajları	35
19 Jeotermal Sondajlar	37
20 Su Sondajları	39
21 Jeoteknik Sondajlar	41
22 Enjeksiyon ve Sondajları	43
23 Yönlendirilebilir Yatay Sondajlar	45
24 Maden Arama Sondajları	47
25 Patlatma Deliği Sondajları	49
26 Kayaların Delinebilirliği	51
27 Döner Sondajda Delinebilirlik ve Delme Hızı Tahmini	53
28 Döner-Darbeli Sondajda Delinebilirlik ve Delme Hızı Tahmini	55
29 Sondaj Matkaplarının Delme Mekanizmaları	57
30 Sondaj Hidroliği	59
31 Tahlisiye Alet ve İşlemleri	61
32 Sondajcılıkta Formasyon Kaynaklı Güçlükler	63
33 Karotlu Sondajlarda Yaşanılan İlerleme Güçlükleri	65
Daha Fazla Bilgi İçin Kaynaklar	67
Yazarın Özgeçmişi	74

01 Sondajın Tanımı ve Gelişimi

SONDAJ ve SONDAJCILIK

Sondaj, yeraltı kaynaklarını araştırma, üretim ve işletmek için, ayrıca mühendislik yapılarının temel koşullarının saptanması ve iyileştirilmesi amacıyla düşey, yatay veya herhangi bir yön ile açılı olarak yapılan silindirik kazı işlemidir.

Sondajcılık, sondaj işlemi tanımlayan bir terimdir ve sondaj işi ile uğraşma anlamını taşımaktadır.

SONDAJ ÇALIŞMALARININ GELİŞİMİ

Sondajcılık çok eski bir uğraş olup, 3500-5000 yıllık bir geçmişe sahip olduğu tahmin edilmektedir. Mısırlılar taş çıkarmak amacıyla M.Ö. 3000 yıllarında sığ kuyular açmışlardır. M.Ö. 2000 yıllarında Çinliler tuzlu su elde etmek amacıyla bambu kamışlarını uç uca ekleyerek (darbeli sondaja benzer bir dizi kullanarak) kuyu açmışlardır. M.Ö. 600 yıllarında derinliği 100 metreye varan tuzlu su kuyularının açıldığı bu kuyuların bazılarında doğal gaz çıktığına kayıtlarda rastlanılmıştır. Çinlilerin Tibet ile Chungkina arasındaki bölgede 1200 yıllarında açtıkları kuyularda 500-1000 m gibi rekor derinliklere indikleri ve muntazam sondaj raporları tuttıkları belirlenmiştir. Raporlarda zaman, delinen kayaçların türü, kuyu çapı, derinlik, günlük ilerleme hızları kaydedilmiştir (15 m/gün gibi).

Avrupa'nın en eski sondaj kuyusu M.S. 1126 yıllarında Fransa Artois'da basınçlı akiferlerde açıldığı için su kendiliğinden fişkırmış ve bu özelliğinden dolayı, ilk açıldığı bölgenin adıyla ilgili olarak "Artoisienme" kelimesinden gelen "artezyen" kullanılmaya başlanmıştır. İlk petrol sondajı Fransa'da 1794 yılında açılmış ve 30 m derinliğe inilmiştir.

Amerika Birleşik Devletlerinde 1808 yılında Virginia'daki bir tuz madeninde 18 m derinlikte sondaj yapıldığı bilinmektedir. Bu sondaj hayvan gücü kullanılarak yapılan ilk darbeli sondajdır.

1859 yılında Colonel Drake tarafından Pensilvanya'da açılan petrol kuyusu, petrol ve sondaj endüstrisi için bir dönüm noktası olmuştur. Bu kuyunun açılmasında kullanılan "darbeli sondaj donanımı" uzun yıllar standart bir donanım ve yöntem olarak kalmış, 1880-1940 yılları arasında dünyada birçok ülkede sondajların büyük bir kısmı bu yöntemle yapılmıştır.

Bilinen ilk karotlu sondaj, 1864 yılında İsviçreli Mühendis Leschot tarafından İtalya-Fransa arasında açılmakta olan Mt. Levis tüneline yapılmıştır.

Ülkemizdeki sondaj çalışmalarının tarihçesi sadece sondaj uygulamalarından oluşmaktadır. Bazı önemli sondaj işlemleri şu şekildedir.

Türkiye'de bilinen en eski sondajlar, İskenderun'a bağlı Çengen Köyü'nde muhtemelen 1887 yılında petrol araştırması amacıyla yapılmıştır. Sondajları bir Alman firmasının yaptığı, 15 kadar sığ kuyu açıldığı ve olumlu sonuç alınmadığı tahmin edilmektedir.

Ülkemizde diğer bilinen eski sondaj, petrol arama amacıyla Tekirdağ-Mürefte-Gaziköyde 1892 yılında bir Türk tarafından yapılmıştır. Diğer bir kuyu 1898 yılında, Tekirdağ-Şarköy'de, Osmanlı Bankası tarafından Fransız Şirketine yaptırılmıştır ve 82 metre derinliğinde petrol araştırma kuyusudur. Bu araştırma sırasında 43 ve 74 metre derinlikte iki kuyu daha açılmıştır. Petrol bulma konusunda olumlu sonuç alınamamıştır.

İstanbul'da Bakırköy Ruh ve Sinir Hastalıkları Hastanesi'ne su sağlamak amacıyla, 1920 yılında su sondaj kuyusu açılmıştır. Kuyu uzun yıllar kullanılmıştır.

Ülkemizde ilk derin petrol kuyusu, 1934 yılında Midyat'ta 1351 metre derinlikte darbeli yöntemle Petrol Arama ve İşletme İdaresi adına yapılmıştır.

1935 yılında Maden Tetkik Arama Enstitüsü(MTA) kurulmuştur. Bu durum, ülkemizde sondajcılığın gelişimi açısından önemli bir olaydır. MTA, halen maden arama, su, jeotermal sondajlar yapmaktadır. 1956 yılında Devlet Su İşleri Yeraltı Suları Dairesi Başkanlığı kurulmuştur. DSİ halen su, jeoteknik ve enjeksiyon sondajları yapmaktadır.

1920 yılından sonra, döner sondaj yöntemi giderek darbeli yöntemin yerini almaya başlamış, birinci dünya savaşı sırasında kuyuların % 92'si darbeli yöntemle açılmışken, ikinci dünya savaşı sırasında bu değer yaklaşık %50'ye inmiştir. Bu dönemde darbeli kule sayısı döner kule sayısının iki katıdır. 1962'de darbeli ve döner kule sayıları birbirine eşitken bugün darbeli sondaj donanımı sayısı yok denecek kadar azalmıştır.

Sondajda temel gelişmeler çizelgede özetlenmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi insan ve hayvan gücü ile yapılan sondaj yerine buhar ve daha sonra basınçlı hava makineleri sondajda kullanılmıştır. II. Dünya Savaşından sonra buhar makineleri yerine tamamıyla dizel motorlarla donatılan döner sondaj donanımları kullanılmaya başlanmıştır.

Günümüzde basınçlı hava, hidrolik ve elektrik motorlarının tümü sondajda kullanılmaktadır. Ayrıca bugünlerde yeraltı motorları ile çalışan sondaj donanımları kullanılmakta olup, bu donanımların geliştirilmesine yönelik çalışmalar devam etmektedir.

Döner sondaj teknolojisindeki gelişmeler dört kısımda incelenebilir;

* Başlangıç dönemi : 1888-1920

* Gelişme dönemi : 1920-1948

* Bilimsel dönem : 1948-1968

* Otomasyon dönemi : 1968-günümüz

Başlangıç Dönemi: Konili matkabın döner sondajlarda kullanılması ile yapışık ve sert formasyonların delinmesi mümkün

olmuştur. Konili matkabın döner sondajlarda kullanımı popüler hale gelmiştir. Sondaj çamuru kullanılmaya başlanmış olup, demir ve barit ağırlaştırıcı olarak sondaj çamurunda kullanılmıştır. Yüksek basınçlı formasyonların kontrolü için sondaj çamurunda büyük gelişmeler kaydedilmiştir.

SONDAJ ALANINDAKİ TEMEL GELİŞMELER	
Dönemler	Gelişmeler
1810-1820 1830-1840 1840-1860	Buhar motoruyla çalışan sondaj makinası yapıldı. Buhar ile çalışan darbeli sondaj makinası geliştirildi. Darbeli sondaj makinası icat edildi.
1860-1870	Sondajda basınçlı hava kullanıldı. Elmaslı sondaj keşfedildi. Elmaslı ve konili matkaplar ilk defa kullanıldı.
1870-1880	Elmaslı sondaj derinliği 670 metreye ulaştı. Kaya sondajında gelişmeler oldu. Maden sondajları geliştirildi. Sullivan elmaslı sondaj makinası üretildi.
1880-1890	Elmaslı sondaj derinliği 1750 metreye ulaştı.
1890-1900	Basınçlı hava ile çalışan kaya delme aletleri üretildi. Kömür aramalarında döner sondaj kullanıldı. Petrol sondajında kullanılmak üzere buharlı döner sondaj makinası geliştirildi. Çelik sondaj dizisi geliştirildi.
1920-1940 1900-1920 1940-1966	Konili matkap kusuru tamamen bitirildi. Matkaplarda ilk defa tungsten karbür kullanıldı. Sondaj araştırmaları genişletildi. Hidrolik ilkelerin daha iyi anlaşılması sağlandı. Tungsten karbür uçlu matkapların gelişimi sağlandı. Yapay elmasın tanıtımı, turbin sondajının tanıtımı sondaj optimizasyonu yapıldı. Çamur teknolojinin geliştirilmesi sağlandı.
1966- Günümüz	PDC matkaplarda iyileştirmeler yapıldı. Optimum sondaj incelemelerinin genişletilmesi sağlandı. Turbin sondajları geliştirilerek kullanıldı. Sondaj sırasında sondaj parametreleri kullanıldı. Sondajın bilgisayar ile kontrolü sağlandı ve sondajcılıkta tam otomasyona geçildi. Sondaj kuyusunun tamamen planlanması sağlandı.

Gelişme Dönemi: Kesici matkaplar ile birlikte sondaj sıvısının kullanımı ilerleme hızını oldukça arttırdığından, matkap ve sıvının popülaritesi arttı. Üç kanatlı kaya matkapları döner sondaj endüstrisinde kullanılmaya başlandı. 1940'ların sonunda konili matkaplara hidrolik jet nozullarının yapımı ve sıvı sirkülasyonundaki gelişmeler sağlandı. Bu ileri aşamadaki gelişmeler ilerleme hızını arttırdı ve matkap hidroliği ile sondaj sıvısı dolaşımında önemli ilerlemeler kaydedildi.

Sondaj şirketleri kuyuda çok hızlı ilerleme sağlayan gücü yüksek pompalar ve matkap üzerine hidrolik güç

iletken güçlü motorlar ile çalışılabileceğini fark ettiler. Bu dönemde genişletme matkabı (reamer) geliştirilmiştir.

Bilimsel Dönem: Bu dönem, döner sondaj tekniğinde en önemli dönemdir. Sondaj endüstrisinde ve döner sondaj tekniğinde en önemli gelişmelerden birisi kuyu derinliklerinin artışıdır. Amerika Birleşik Devletlerinde kuyu derinliği 1947 yılında 5280 m iken, 1974 yılında 9450 m ye kadar çıkmıştır. Bu dönemde sondaj değişkenlerinin etkileri, bu değişkenlerin birbirleriyle ilişkileri kurulmuş ve daha iyi anlaşılmıştır. Bu durumun uygulamaya konulması, dünyada enflasyon olmasına rağmen kuyu maliyetlerini azaltmış veya sabit kalması sağlanmıştır. Bilimsel dönemde, döner sondaj tekniğinin temel ilkeleri değişmemesine rağmen uygulamadaki yeni gelişmeler döner sondajla tanıştırılmıştır. Toplam olarak bu gelişmeler sondaj verimliliğini, güvenliğini ve ekonomisini düzenlemiş ve iyileştirmiştir. Bu gelişmeler şunlardır;

- İlerleme hızını etkileyen faktörlerin optimizasyonu
 - Kuyu basınç kontrolü
 - Kaya kırıntılarının kuyu tabanından hızla uzaklaştırılması sağlayan donanımların geliştirilmesi
 - Çamur özelliklerinin ölçümü ve değişik sondaj çamurlarının geliştirilmesi
 - Formasyon basıncını tahmin teknikleri geliştirilmesi
 - Kaya mekaniği ilkeleri baz alınarak matkap tasarımı
- Yapay elmas bu dönemde icat edilmiştir. Böylece yapay elmaslardan matkap imalatına başlanmıştır. Sondajda optimizasyon bu dönemin en önemli çalışma konusudur. Optimizasyon ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Ancak, sondajın tüm yönleriyle ilgili optimizasyon çalışmaları bu dönemin son yıllarında tamamlanmıştır.

Otomasyon Dönemi: Özellikle döner sondaj teknolojisinde ileri düzeydeki gelişmeler bu dönemde başlamıştır. Sondaj endüstrisinde gelişmiş yöntemler kullanılmış ve bilgisayar teknolojisi ile sondaj sektörü tanışmıştır. Sondaj teknolojisine bilgisayar uygulanması, sondaj verimliliğinin tahmini için sondaj makinelerinin ölçü aletleriyle donatılması ve modernize edilmesi, sondaj parametrelerinin ölçümü, veri toplanması, tüm verilerin değerlendirilmesi ve yorumlanması hızlı, kolay ve doğru olarak yapılmıştır.

Bu dönemdeki en büyük ilerleme, çok kristalli elmas matkapların (PDC) üretimi olup, bu durum sondaj verimliliğinde büyük değişimleri sonuçlandırmıştır. Ancak, sondaj tahmin teknikleri ve tavsiye edilen optimum şartlar PDC matkap üretiminin ilk yıllarında PDC matkapları ile uygunluk sağlamamıştır. PDC'nin sonraki yıllarda kullanımı matkap parametrelerinin seçiminde büyük ve olumlu değişimlere yol açmıştır.

130 yılı aşkın bir süre birçok iyileştirme ve yeni gelişmeler yapılmış olup, bugün sondaj teknolojisi çok detaylı, etkili ve verimli bir iş sahasıdır. İleri teknolojinin ve bilginin artması ile sondaj sektörü her yıl büyük aşamalar kaydetmiştir. Örneğin daha derin kuyuların açılması, karmaşık jeolojiye sahip formasyonların sondajı, büyük derinliklerdeki hammadde kaynaklarının aranması, prospeksiyonu, etüdü ve işletilmesi, sondajcılarda bir yarışa sebep olurken, sondajların ekonomik ve etkili yapılmasını sağlamıştır.

02 Sondajların Amacı ve Sınıflandırılması

Yeryuvarının derinliğine araştırılmasında birçok tekniğin kullanılmasına karşın en önemli, doğru ve güvenilir veri sağlayan yöntem sondajdır. Sondaj kuyuları farklı uygulamalara sahip olup, metalik maden ve endüstriyel hammadde, kömür kaynaklarının aranmasında, geliştirilmesinde, üretiminde,

değerlendirilmesinde ve planlanmasında, petrol-doğalgaz, jeotermal rezervuarların, yeraltısuyu aranmasında ve üretiminde, baraj alanlarının değerlendirilmesinde, tünellerde, köprülerde, zayıf zeminlerin iyileştirilmesinde ve diğer birçok alanda farklı amaçlar için kullanılmaktadır.

SONDAJ KUYULARININ KULLANIM ALANLARI				
Maden Arama ve Etüt	Genel Madencilik	Maden Üretimi	Petrol , Gaz ve Jeotermal	Sanat, Mühendislik ve İnşaat Yapıları
Kömür	Havalandırma	Patlatma	Arama	Temel Araştırmaları
Metalik Maden	Su ve Metan Gazı Drenajı	Çözelti Madenciliği	Üretim	Zemin İyileştirme
Endüstriyel Hammadde	Jeolojik Araştırma Jeoteknik Araştırma Hidrojeolojik Araştırma	Kaya Saplama	Enjeksiyon	

SONDAJLARIN SINIFLANDIRILMASI						
Amaç	Derinlik	Yapıldığı Yer	Çap	Aranan Madde	Kuyu Temizleme İşlemi	Yöntem
Arama Geliştirme Üretim Diğer	Sığ Derin Çok Derin Aşırı Derin	Yeraltı Yerüstü Deniz	Dar Geniş Çok Geniş	Petrol ve Doğalgaz Jeotermal Enerji Su Metalik Maden Endüstriyel Hammadde Diğer	Düz Çamurlu Ters Çamurlu Düz Havalı Ters Havalı	Darbeli Döner Bileşik Diğer

Laboratuarda üzerinde birçok deney yapılan karot örneklerinin sondaj kuyuları dışında başka bir yöntemle elde edilebilmesi mümkün değildir. Bu nedenle karotlu sondaj, yeraltı kaynaklarının araştırılması, işletilmesi ve mühendislik yapılarının tasarımı için hayati önem taşımaktadır.

Sondaj Amaçları

Sondajlar birçok amaç için yapılmakla birlikte, genel olarak 3 amaç için yapılır.

1. Planlanan çalışmalar için gerekli verilerin elde edilmesi: Planlanan çalışma bir mühendislik yapısı (baraj, köprü, gökdelen vb.), bir maden yatağı veya bir petrol rezervuarı olabilir. Amaca dönük çalışmaları yapabilmek için veriler sondajlarla elde edilir.

2. Belirlenen problemlerin iyileştirilmesi veya ortadan kaldırılması: Sondajlarla elde edilen veriler yeraltı özelliklerinin planlanan ve amaçlanan çalışmaya uygun

olmadığını gösterebilir. Örneğin, zemin özellikleri inşası düşünülen yapıya uygun değildir. Maden yatağının havalandırma ve yeraltısuyu problemleri olabilir. Petrol zonuna ulaşmakta güçlükler olabilir. Zeminin iyileştirilmesi, havalandırma amacıyla ve petrolü zona ulaşmak için sondaj kuyuları açılır.

3. Üretim yapılması: Yeraltı kaynaklarının yerüstüne çıkarılması veya işletilmesi doğrudan sondaj yoluyla olabildiği gibi dolaylı yoldan da çeşitli biçimlerde olabilir.

Herhangi bir yerde sondajın yapıp yapılmayacağı yukarıdaki amaçların uygunluğuna göre karar verilir. Sondajlarla yeterli bilgi ve veri elde edilmişse üretim veya esas çalışmaya geçip geçmeme ve sorunların iyileştirilip iyileştirilemeyeceğine karar verilir. Kararların doğru olarak verilmesi gerekir. Bunun için işletme yöneticisi mühendislerin sondaj işlemleri hakkında bilgi sahibi olmaları veya sondaj uzmanına başvurmaları gerekir.

Sondajların Sınıflandırılması

Sondaj yapılış amaçlarına derinliklerine yapıldıkları yere aranan maddelerin türüne kullanılan araç ve gereçlerin büyüklükleri ve yöntemlerine göre sınıflara ayrılabilirler.

Yapılış Amaçlarına Göre Sondajlar

Genelde dört grup altında incelenebilir.

- * Arama sondajları
- * Geliştirme sondajları
- * Üretim sondajları
- * Diğer

Arama sondajları, aranması planlanan ve öngörülen yeraltı hammadde ve kaynakların bulunmasını yayılımlarını ve kalitelerini saptamak amacıyla yapılan sondajlara denir.

Geliştirme sondajları, yeri saptanan bir yatağın büyüklüğü, içeriği ve yayılım alanını saptamak için yapılan sondajlardır. Geliştirme sondajları, yeraltı hammadde kaynaklarının var olup olmadıklarını var ise boyutlarını, kalınlıklarını, jeolojik ve mühendislik özelliklerini, kalitesini belirlemeyi amaçlar. Bu kuyulara tespit kuyuları da denir. Yatağın özelliklerine göre belirli aralıklarla açılırlar. Homojen yapı gösteren hammadde kaynaklarında sondaj sayısı azdır.

Üretim sondajları, sınırları belirlenen, özellikleri saptanmış ve işletilmesine karar verilmiş hammadde kaynaklarını(doğalgaz, petrol, su, tuz, kükürt yatakları vb.) yerüstüne çıkartmak için belirli bir plana uygun olarak açılan kuyulardır.

Diğer sondajlar, yatağın işletilmesi için gerekli bazı koşulları sağlamak amacıyla yapılan sondajlardır. Örneğin, petrol sahalarında açılacak su, gaz, buhar, enjeksiyon kuyuları ve büyük çaplı maden kuyularının açılması sırasında çevreden gelen suyun durdurulması, kömür yataklarından suyun drenaj edilmesi ve emilmesi, kullanılan jeotermal akışkanların tekrar yeraltına basılması vb. gibi amaçlar için yapılan sondajlardır.

Derinliklerine Göre Sondajlar

- * Sığ sondajlar
- * Derin sondajlar
- * Çok derin sondajlar
- * Aşırı derin sondajlar

Derinliği 500-1000 metreye kadar olan sondajlardır. Maden arama ve su sondajları, sığ sondajlarının en çok yapılan türlerine örnektir.

Derin sondajlar; 4500 metre derinliğe kadar olan sondajlardır. Petrol ve doğalgaz üretmek amacıyla yapılırlar. Petrol ve doğalgaz sondajlarının büyük çoğunluğu bu gruba girer.

Çok derin sondajlar genellikle 4500-6000 m derinliğe kadar olan sondajlardır. Yapımları uzun zaman alır ve pahalıdır. Özellikle doğalgaz üretmek amacıyla yapılan sondajlardır.

Aşırı derin sondajlar, 6000 metreden daha derindir. Doğal gaz arama ve üretme, bilimsel inceleme amacıyla yapılmaktadırlar. Yapılışları hem teknolojik hem de ekonomik açıdan büyük güçlükler gösterir.

Yapıldıkları Yere Göre Sondajlar

- * Yerüstünde yapılan sondajlar
- * Yeraltında yapılan sondajlar
- * Suüstünde yapılan sondajlar

Sondajlar genellikle yerüstünde yapılmaktadır. Yeraltında yapılan sondajlar galeri ve tünellerde havalandırma, su drenajı, patlatma vb. gibi amaçlar için yapılmaktadır. Su altındaki doğal kaynaklardan(özellikle petrol ve doğalgaz yataklarından) yararlanma amacıyla suüstü(göl, deniz vb.) sondaj yapılmaktadır. Bugün dünyadaki bütün denizlerde sondaj çalışmaları sürmektedir.

Çaplarına Göre Sondajlar

- * Dar çaplı sondajlar, kuyu çapı 6 inç (152,4 mm)'den daha küçük olan sondajlardır
- * Geniş çaplı sondajlar, kuyu çapı 6-24 inç (152,4-609,6 mm) arasında olan sondajlardır
- * Çok geniş çaplı sondajlar, kuyu çapı 24 inç den daha geniş olan sondajlardır

Sondajlarda delik çapı matkabın çapına bağlıdır. Matkap üreten firmalar sondaj donanım ve ekipman boyutlarını İngiliz Ölçü Sistemi ile belirlemektedirler. İngiliz Ölçü Sistemi, Uluslararası bir kullanımdır. Bu nedenle, kitapta da bu sistem kullanılmıştır.

Aranan Madde Türüne Göre Sondajlar

Sondajlar aranan maddenin türüne göre örneğin petrol sondajları, doğalgaz sondajları, jeotermal sondajlar, maden sondajları (demir, bakır, kurşun, çinko), kömür sondajları ve su sondajları olarak adlandırılır.

Temizleme Sistemlerine Göre Sondajlar

Düz dolaşimli sondaj, kuyuya basılan sondaj sıvısının/havanın dışarı çıkarken beraberinde matkabın kestiği formasyon parçalarının sürüklenmesiyle kuyunun boşaltıldığı veya temizlendiği sondajdır. Ters dolaşimli sondaj, matkabın kestiği formasyon kırıntılarının kuyudan emilen sıvı/hava aracılığı ile kuyu dışına taşınarak yapılan sondajdır.

Yöntemlerine Göre Sondajlar

Sondaj mühendisliğini ilgilendiren en önemli sınıflama bu sınıflamadır. Sondaj, formasyonların parçalanması/kesilmesi ve kopan parçaların yeryüzüne çıkarılması işlemidir. Formasyonun parçalanması/kesilmesi için gerekli enerjinin formasyona iletilme şekline ve kopan parçaların yeryüzüne taşınma mekanizmasına göre sondajlar isimlendirilir. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- * Darbeli sondaj yöntemleri
- * Döner sondaj yöntemleri
- * Bileşik sondaj yöntemleri
- * Diğer sondaj yöntemleri

03 Sondaj Mühendisliği

Sondaj teknolojisi, petrol, jeotermal enerji, su ve maden sondajlarından, jeoteknik etüt ve enjeksiyon sondajlarına kadar geniş bir çerçevede mühendislik uygulamalarının önemli bir unsurudur. Sondaj verilerinin birçok mühendislik disiplininde yararlanılabilecek değerli bir kaynak olma özelliği, sondajcılığa disiplinlerarası bir kimlik kazandırmaktadır.

Çalışma alanları yer olan jeoloji, petrol, maden ve jeofizik mühendisleri sondaj çalışmalarını ya yönlendirmekte veya yönetmektedirler. İnşaat mühendisleri ise, sondajlı çalışmalarla elde edilen toprak ve kaya zeminlere ait bilgilere gereksinim duyar ve bu bilgileri mühendislik projelerinin yapımı aşaması öncesinde dikkate alırlar.

Makina, metalurji ve malzeme, kimya, bilgisayar ve elektrik-elektronik mühendisleri de sondajlarda kullanılan makine, ekipman ve sondaj çamuru katkı maddelerinin üretiminde görev almaktadırlar.

Bu konulardan bahsedilmesinin nedeni, sondaj mühendisinin ne kadar geniş bir konu hakkında bilgi sahibi olması gerektiğini vurgulamaktır.

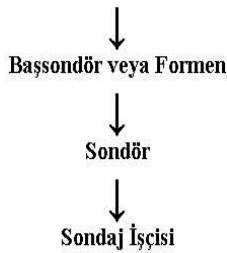
Sondaj mühendisi, açık hava şartlarında çalışmayı seven ve bu koşullara uygun fiziki özelliklere sahip, insanlarla uyumlu ve ekip çalışmalarından hoşlanan birisi olmalıdır. Çünkü, sondaj işlemi bir ekip çalışmasıdır. Sondaj mühendisinin kuyu jeoloğu ile koordineli olarak hareket etmesi, ikmal sorumlusu, başsondör, sondör ve sondaj işçisinden oluşan sondaj ekibini de başarı ile yönetmesi çalışmanın amacına ulaşması anlamında oldukça önemlidir. Çünkü; sondaj insan yönetimi ve makineler aracılığıyla yapılan bir işlemdir.

Sondaj çalışmaları tipik olarak şu personel tarafından icra edilmektedir;

1. Sondaj Mühendisi(Şantiye Şefi)
2. Başsondör veya Formen
3. Sondör
4. Sondaj İşçisi

Bu personelin sayısı, yapılan sondaj çalışmasının niteliğine ve amacına göre değişiklik göstermektedir. Yapılan çalışmanın kapsamına göre; bu personele ilave olarak, başka sondaj mühendisleri, kuyu jeoloğu, jeofizik mühendisi, akine mühendisi, jeoteknik mühendisi, hidrojeolog, pompa teknisyeni, ambar sorumlusu, şöför, vb. gibi çeşitli branşlardan personel de dahil edilebilmektedir.

Kuyu Jeoloğu ← Sondaj Mühendisi → Makine Mühendisi



Sondaj personel yapısı

Sondaj mühendisinin görevleri genel olarak şunlardır;

1. Delinecek formasyonlara uygun sondaj yöntemini/yöntemlerini seçmek
2. Kuyu derinliğine uygun sondaj makine/kule ve ekipmanları seçmek
3. Sondaj çalışmalarının kesintisiz ve emniyetli bir şekilde yapılmasını sağlamak
4. Sondaj personelini yönetmek
5. Günlük vardiya kayıtlarının tutulmasını sağlamak
6. Proje mühendisi ve/veya kuyu jeoloğu ile görüşerek gerekirse sondaj programında değişiklik yapmak
7. Geçilen formasyonlardan kırıntı veya karot örnek alınmasını sağlamak

Sondaj çalışmalarının başarısını etkileyen faktörler ise genel olarak şunlardır;

1. Sondaj tekniğine hakim mühendisler tarafından yönetilmesi
2. Deneyimli ve/veya yaptığı işe odaklı personel tarafından yapılması
3. Sondaj personeli arasında bilgi alışverişinin iyi olması
4. İyi bir ikmal(lojistik desteğe) sahip olması
5. Delinecek formasyonların iyi tanınması
6. Bir program dahilinde yapılması

Ülkemizde, çeşitli sondaj çalışmalarında sondaj mühendisliği görevini üstlenen mühendislik mensupları şu şekildedir;

1. Petrol ve Doğalgaz Sondajları

Petrol ve doğalgaz sondajları ülkemizde, TPAO(Türk Petrolleri Anonim Ortaklığı) ve özel şirketler tarafından yapılmaktadır. TPAO ve özel petrol arama ve üretim kuruluşlarında, petrol/doğalgaz sondajlarında sondaj mühendisliği görevini petrol mühendisleri tarafından yapıldığı görülmektedir. Az sayıda da olsa, maden mühendisleri de petrol/doğalgaz sondaj çalışmalarında sondaj mühendisi olarak görev yapmaktadır.

2. Jeotermal Sondajlar

Ülkemizde, jeotermal sondajlar MTA(Maden Tetkik ve Arama), İller Bankası ve özel şirketler tarafından yapılmaktadır. MTA'da sondaj mühendisliği maden mühendisleri, İller Bankasında jeoloji mühendisleri, özel sektörde ise jeoloji mühendisleri tarafından yapılmaktadır.

3. Su Sondajları

Ülkemizde su sondajları, DSİ(Devlet Su İşleri), İller Bankası, Köylere Hizmet Götürme Birlikleri ve özel sondaj kuruluşları tarafından yapılmaktadır. Su sondaj çalışmalarında sondaj mühendisliği görevi, genellikle jeoloji mühendisleri tarafından üstlenilmiştir.

4. Jeoteknik Etüt ve Enjeksiyon Sondajları

Ülkemizde jeoteknik etüt sondajları, DSİ, İller Bankası, TCK(Karayolları), EİEİ(Elektrik İşleri Etüt İdaresi) ve özel sondaj şirketleri tarafından yapılmaktadır. Jeoteknik etüt sondaj çalışmalarında, sondaj mühendisliği görevi genellikle jeoloji mühendisleri tarafından üstlenilmiştir. Enjeksiyon sondajları; DSİ ve özel şirketler tarafından yapılmaktadır ve jeoloji mühendislerinin ağırlığı bu alanda da hissedilmektedir.

5. Maden Arama Sondajları

Ülkemizde maden arama sondajları, MTA, TTK(Türkiye Taşkömürü İşletmeleri), TKİ(Türkiye Kömür İşletmeleri) ve özel sondaj şirketleri tarafından yapılmaktadır. Devlet kuruluşlarında, maden arama sondajlarında sondaj mühendisliği görevinin maden ve jeoloji mühendisleri tarafından ağırlıklı olarak üstlenildiği görülmektedir. Özel kuruluşlarda ise genellikle jeoloji mühendisleri görev yapmaktadır.

6. Patlatma Deliği Sondajları

Ülkemiz kamu kurumlarında (TTK, TKİ vb.) ve özel şirketlerde, patlatma deliği sondajları genellikle maden mühendisleri tarafından yönetilmektedir. Bu çalışmalarda az sayıda da olsa jeoloji mühendisleri görev yapmaktadır.

7. Yönlendirilebilir Yatay Sondajlar

Ülkemizde yeni gelişmekte olan bu sondaj türü, birkaç özel alt yapı kuruluşu tarafından ve genellikle inşaat mühendisleri kontrolünde yapılmaktadır. Çok az sayıda jeoloji mühendisi, yönlendirilebilir yatay sondaj çalışmalarında görev almaktadır. Sondaj bilgisine sahip ve uygulamada tecrübeli, zemin özelliklerini tanıyan yerbilimleri mühendislerinin yönlendirmeli yatay sondaj çalışmalarında görev alması, 2004 yılında ülkemizde uygulanmaya başlanılan bu yeni sondaj türünün gelişimini hızlandıracaktır.

Sonuç olarak; sondaj çalışmalarının tekniğine uygun olarak yapılması ülke kaynaklarımızın heba edilmeden kullanımını sağlayacağı gibi, çalışmalarda zamandan ve maliyetten de tasarruf sağlayacaktır. Dolayısıyla, uygulamalı sondaj bilgisi, mühendislerin meslek yaşamlarında başarılı olabilmesi için göz ardı edemeyeceği bir husustur. Bu sebeple, her yerbilim mühendisi sondaj yöntemleri, sondajın yapılışı ve yönetimi hakkında çok iyi bilgi sahibi olmalıdır. Çünkü, yolu sondajla keşimleyen yerbilim mühendisi yoktur...

Standart Kuruluşları Adresleri ve Elektronik Sondaj Bilgi Kaynakları

API American Petroleum Institute

American Petroleum Institute Publications

Search the Site:

Welcome, Today is Tuesday, December 31

Standards & Technical Publications

API Standards & Technical Publications

API standardization activities identify and support proven, sound engineering and operating practices, and safe, interchangeable equipment and materials, for use in the petroleum industry, and assure broad availability of standards for such

www.api.org

DCDMA National Drilling Association

NATIONAL DRILLING ASSOCIATION

The National Drilling Association

The National Drilling Association is a non-profit trade association of operators, manufacturers, and allied members representing the geotechnical, environmental and mineral exploration drilling industry. The NDA mission is to promote the use of professional drilling contractors and their methods.

Founded in 1972, NDA has more than 250 international member companies. Visit our member directory for a complete listing and contact information.

www.nda4u.com

ISO / BS bookshop on line

THE ISO STANDARDS BOOKSHOP

International Standards Online

Welcome to the ISO Standards Bookshop, official distributor of international standards. Here you will find access to standards covering a vast range of industries and topics.

For additional value, we also offer a number of kits, comprising standards which are related to each other and are usually procured together.

For information on each standard, simply select the standard from the list on the right hand side, or search using the search facility.

www.iso-standards-international.com

geoDrilling

mjconstruct.com

geoDrilling International is the only magazine specifically written for the international drilling industry. The highly specialised information is sourced from around the world and offers an in-depth insight into all aspects of drilling in soils and rocks including:

- Civil engineering * Construction * Ground consolidation * Environmental testing * Water well work * Mineral resources exploration

Current Issue
Past Issues
Web advertising
Editorial calendar
Reader Enquiry Form

Events diary
Buyers Guide
Rules of thumb and tricks of the trade
Construction jobs
Construction profiles

Our special thanks to those major advertisers in geoDrilling International

Corporate profiles

www.mining-journal.com

National Driller

DRILLER

Tuesday, Dec 31

WHAT LINE OF WORK ARE YOU IN? SO ARE WE.

Search NDI

INSIDE ND
Search Archives
Subscribe / Rates
Current Features
Columns
Industry News
New Products
Exclusive Market
Research
Calendar of Events

The History
of the Treatment of Drinking Water

Cover Story
Building From the Past
Trace water treatment from the ancient

Product of the Month
Click Here for Custom Wall Drilling Equipment

www.drilleronline.com

World Mining Equipment

World Mining Equipment

SEARCH ARCHIVES

SEARCH THE SITE

FEATURES

NEW PRODUCTS

ARCHIVES

www.wme.com

SONDAJ DÜNYASI

YIL: 5 SAYI: 8 • HAZİRAN 2009 ISSN: 1309-2421

SONDAJ VE UYGULAMALI YERBİLİMLERİ DERGİSİ
Journal of Drilling and Applied Geosciences

Türk Drilling Association

SBD

Sondaj İşlerinde
SBD
Tescilli Firma,
Sertifikalı
Mühendis,
Sertifikalı
(Ehliyetli)
Sondörleri
Tercih Edin.

TPAO 7216 m. ile Türkiye'nin
En Derin Kuyusuna İmza Attı

Bu Kırtılıgi Yönetmeliği 30.06.2009 Tarih
27274 Sayılı Resmî Gazetede Yayınlandı...

www.sondajcilarbirligi.org.tr

04 Sondaj Yöntemleri

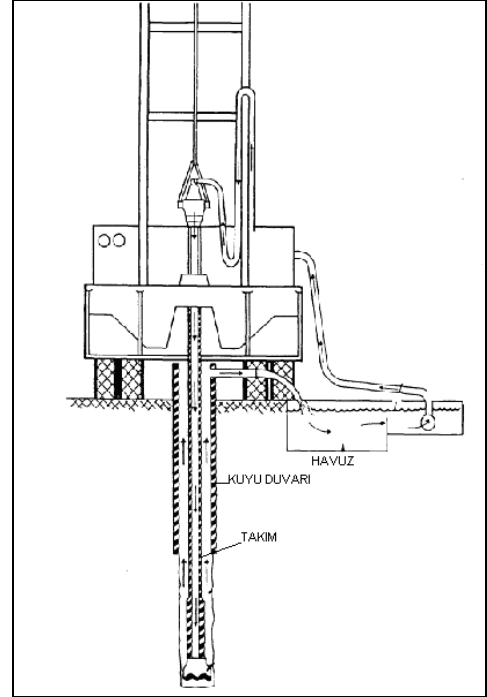
Günümüz sondaj yöntemleri dönme ve darbe işlemine göre ikiye ayrılabilir. Bunlar;

1. Döner Sondaj Yöntemi
2. Döner-Darbeli Sondaj Yöntemi

Ana Sondaj Yöntemleri



doldurduktan sonra matkap deliklerinden takım içerisine girer. Takım içerisine giren bu çamur bir pompa aracılığı ile emilerek tekrar havuzu boşaltılır



Düz dolaşimli döner sondaj yöntemi

DÖNER SONDAJ YÖNTEMİ

Baskı(yük) altında dönen bir matkabin kesici dişleri aracılığıyla formasyonu parçalaması sonucu oluşan formasyon parçalarının bir dolaşım sıvısı(çamur veya su) ile dışarı atılması işlemidir. Bu yöntemde dönme ile koparma işlemi egemen olup, ilerleme baskı ve tork aracılığı ile sağlanmaktadır. Bu yöneme çamurlu sondaj yöntemi de denilmektedir.

Döner sondaj yöntemi, sondaj sıvısının dolaşım şekline göre bünyesinde iki alt yöntemi barındırmaktadır. Bunlar;

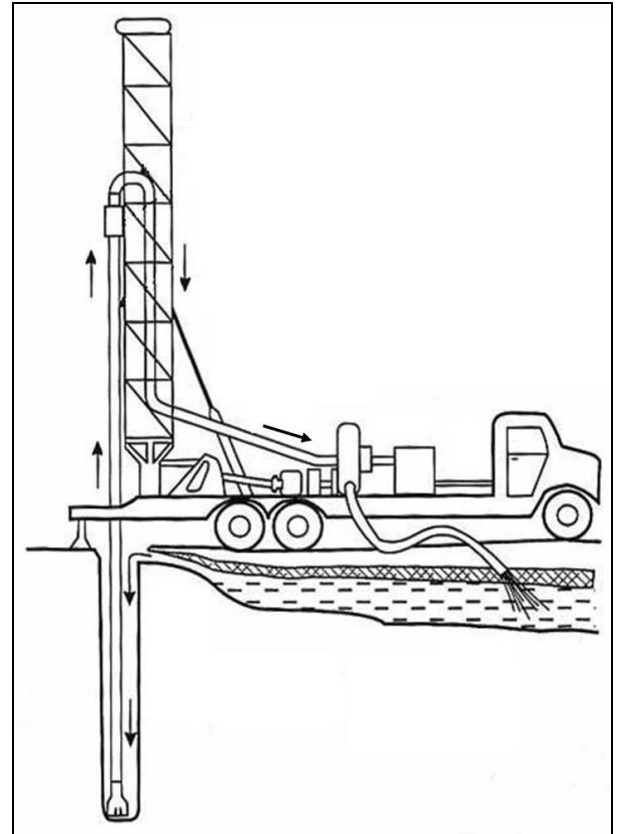
1. Düz dolaşimli döner sondaj yöntemi
2. Ters dolaşimli döner sondaj yöntemi

Düz Dolaşimli Döner Sondaj Yöntemi

Bu yöntemde, sondaj sıvısı olarak genellikle çamur kullanılmaktadır. Pompa ile havuzdan alınan sıvı takım içerisinden geçerek kuyu duvarı ile takım arasındaki boşluktan yükselir ve kuyu dışarısına çıktıktan sonra kanallar aracılığıyla tekrar havuza gönderilir.

Ters Dolaşimli Döner Sondaj Yöntemi

Bu yöntemde, sondaj sıvısı olarak genellikle çamur kullanılmaktadır. Havuzdaki çamur, yerçekimi ve kanallar vasıtasıyla kuyu ağzına gelir. Takım ile kuyu duvarı arasından kuyu tabanına kadar iner ve kuyuyu



Ters dolaşimli döner sondaj yöntemi

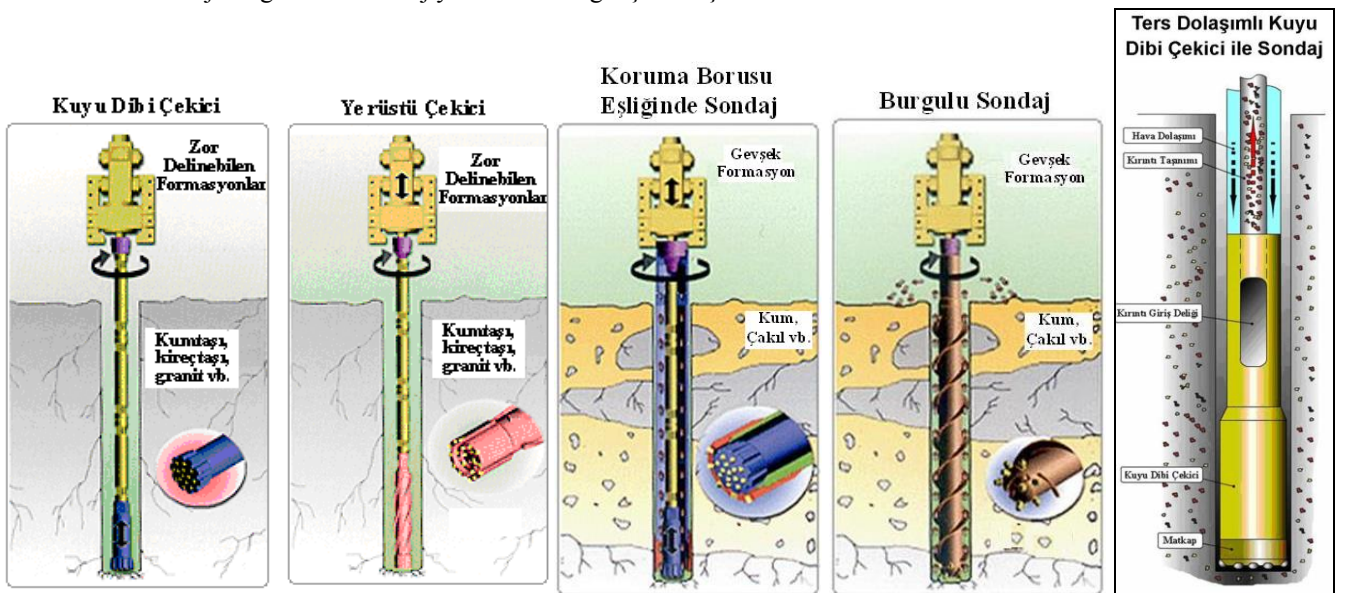
DÖNER-DARBELİ SONDAJ YÖNTEMİ

Darbe ve baskı(yük) altında, düşük hızda dönen bir matkabın dişleri ile formasyonu parçalaması sonucunda formasyon kırıntılarının hava aracılığıyla kuyu dışarısına atılması işlemidir. Döner-darbeli sondaj yöntemi

genellikle zor, çok zor ve aşırı zor delinebilen formasyonların delinmesinde kullanılmaktadır. Bu yöntemde darbe ile parçalama işlemi egemen olup, ilerleme darbe ve dönme aracılığı ile sağlanmaktadır. Bu yöntemde, havalı sondaj yöntemi de denilmektedir.

Sondaj Yöntemi Seçme Kartı									
Bilgiler									
Jeolojik Köken	Mağmatik ve Metamorfik				Sedimanter				
Formasyon Örnekleri	Granit	Kuvarsit	Gnays	Şist	Kireçtaşı	Kumtaşı	Şeyl	Kil	Ahiyvon
Delinebilirlik	Çok Zor-Zor				Zor-Kolay			Çok Kolay	
Sondaj Yöntemi									
	Döner-Darbeli Sondaj				Döner Sondaj				
	Tungsten Karbid Dişli Matkaplar				Hava ve Köpük Doluşma H				Çamur Doluşma H
					Çelik Dişli Matkaplar				
Çap	4 - 8 inç				6 - 12 inç				
Derinlik	15 - 60 m				15 - 300 m				

Döner-darbeli sondaj yöntemi, darbenin matkaba iletilme şekline göre kuyudibi ve yerüstü çekicili yöntem olarak ikiye ayrılabilir. Ayrıca, değişik formasyonlarda yaşanan sondaj güçlüklerini önlemek, her tür formasyonu güvenli bir şekilde delebilmek ve örnek alınabilmesini sağlamak amacıyla koruma borusu eşliğinde sondaj, burgulu sondaj, ters dolaşım kuyudibi tabancası ile sondaj vb. gibi özel sondaj yöntemleri de geliştirilmiştir.



Diğer sondaj yöntemleri

05 Döner Sondaj Yönteminin Ana Bileşenleri

Sondaj yöntemleri içerisinde en gelişmiş olanı ve en çok uygulanan yöntem döner sondajdır.

Döner sondaj yöntemi, bazı sistem veya elemanlardan oluşur. Bu sistemler;

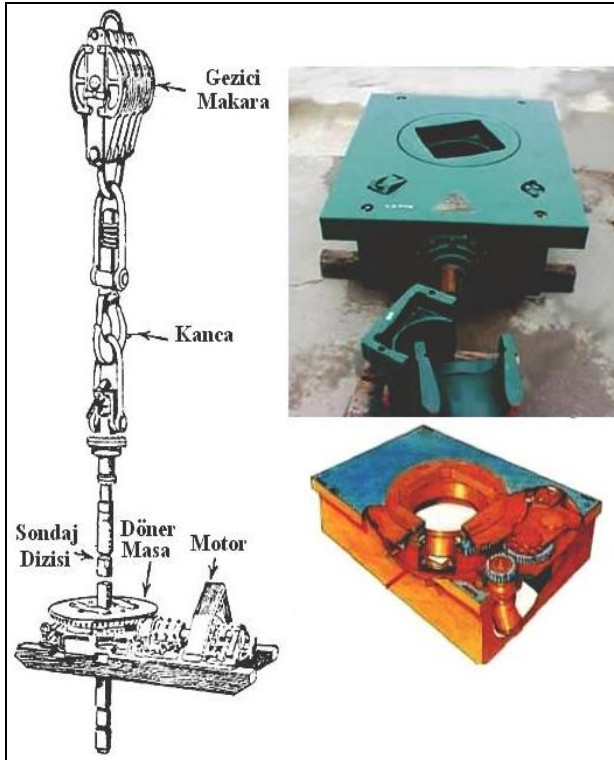
Sistem	İşlevi
Dönme Sistemi	Dönme ve Delme
Vinç Sistemi	Taşıma
Güç Aktarma Sistemi	Güç İletimi
Dolaşım Sistemi	Boşaltma ve Temizleme
Sondaj Dizisi	Delme

DÖNME SİSTEMİ

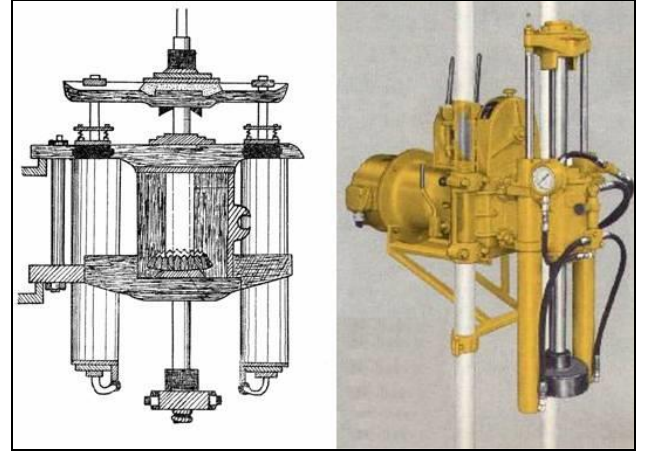
Dönme işlemi, döner sondajda delme işlemi oluşturan sistemdir. Sondaj kuyusunun içerisinde ve en uç noktasında bulunan deliciye dönme hareketi, dönme sistemi ile iletilir. Sondaj ünitesi motorundan alınan yatay hareket, yatay aktarma organları ile kuyu başına kadar ulaştırılır ve kuyu ağzında dik düzlemdeki düşey veya açılı bir hareket haline dönüştürülür.

Döner sondajda, dönme hareketinin yön değiştirilme biçimi üç ayrı ekipman aracılığıyla olabilir.

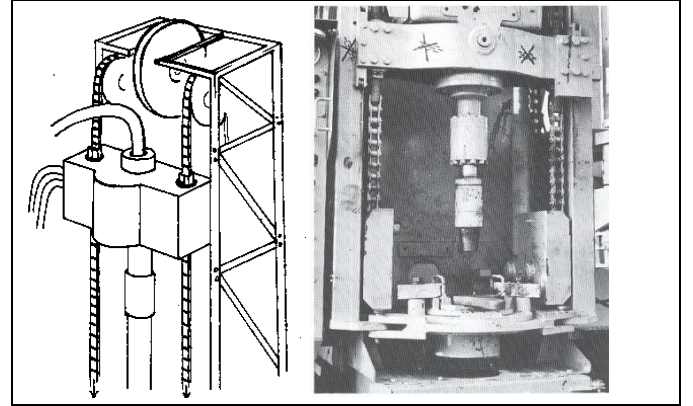
1. Döner Masa
2. Döner Kafa
3. Morset



Döner Masa



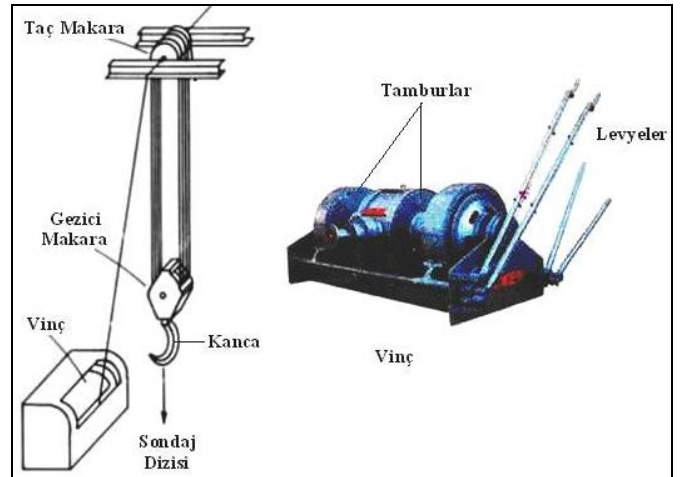
Morset



Döner Kafa

VİNÇ SİSTEMİ

Döner sondajda, matkabin kuyunun uç noktasına kadar taşınması gereklidir. Bu amaçla, sondajda hem güç aktarımı hem de bağlantı işlemlerini sağlamak için bir vinç sistemine gereksinim duyulmaktadır.



Sondaj donanımlarında, vincin uyguladığı çekme kuvvetini ve hareketini boru dizilerine iletmek üzere halat ve makaralardan oluşan palanga düzenekleri kullanılır.

Bir sondaj donanımı üzerinde, sığ kapasiteli makinalarda daha az sayıda olabilirse de genellikle üç tambur bulunur. Bunlar;

a. İş(Cer) Tamburu: Sondaj dizisini(takımı) taşıyan kancanın bağlı olduğu, iş halatını taşıyan tamburdur. İş tamburu en dayanıklı tamburdur.

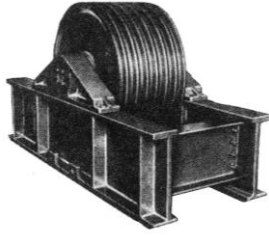
b. Yardımcı Tambur: Delme işlemi haricindeki yardımcı işlerde kullanılan tamburdur.

c. El Tamburu: Küçük kapasiteli yükleri taşımak amacıyla kullanılan tamburlardır. Bu tambura kedibaşı da denilmektedir.

Döner sondajda, çelik halatların üzerlerine sarıldığı iki tür makara bulunmaktadır.

1. Taç Makara
2. Gezici Makara

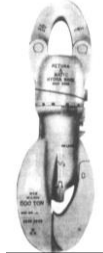
Döner sondajda, genellikle gezici makaraya, gezici makara bulunmadığı durumda ise doğrudan iş halatına bağlı olan özel kancalar kullanılmaktadır.



Taç Makara



Gezici Makara



Kanca

GÜÇ AKTARMA SİSTEMİ

Sondaj donanımının güç kaynağı olan elektrikli veya dizel motor/motorlardan alınan hareket; dönme, dolaşım ve vinç sistemlerine ve bunların elemanlarına sondaj dizisi ve aktarma organları ile iletilir.

DOLAŞIM SİSTEMİ

Döner sondajın en önemli unsuru olan dolaşım sıvısını pompalayan çamur pompası, kuyu içinden gelen kırıntıları çamurdan ayıran sallantılı elek ve diğer katı madde ayırıcılar, dolaşım sıvısını depolayan çamur tankları/havuzları dolaşım sistemi elemanlarını oluşturur.

Çamur Pompası

Çamur pompaları matkabin kayaçtan kopardığı kırıntıları yeryüzüne taşımak üzere kuyuya çamur basmakta kullanılan pistonlu pompalardır.

Sallantılı Elek

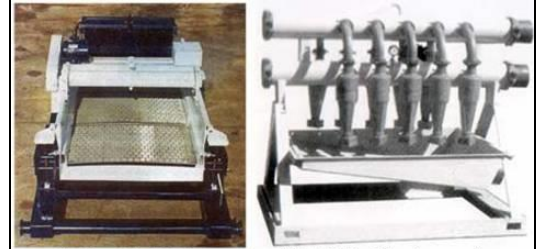
Matkabin formasyon kopardığı/kestiği kırıntıları kuyu başına getiren dolaşım sıvısı, yeryüzüne çıktığı noktada bünyesindeki kırıntıları arındırmak için eğimli ve titreşimli bir elek üzerine yönlendirilir.

Katı Madde Ayırıcılar

Eleklerden geçen ve çamurda kalan katı maddeleri ayırmakta hidrosiklonlar ve santrifüjler kullanılır. Bunlar, döner parçaları olmayan basit yapıları ayırıcılarıdır.

Çamur Tankı veya Havuzu

Sondaj çamurunun sondajda dolaştırılması ve depolanması için çamur tankına veya çamur havuzuna ihtiyaç vardır.



Sallantılı Elek

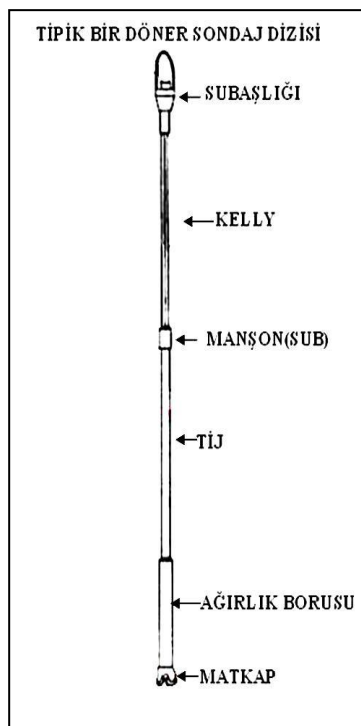
Katı Madde Ayırıcılar



Çamur Pompası

SONDAJ DİZİSİ

Döner sondaj yönteminin en önemli bileşenlerinden birisi sondaj dizisidir. Sondaj dizisi, doğrudan delme işlemi gerçekleştirmeyen fakat matkabin delme işlemi yerine getirmesini sağlayan ara elemanlardır.



Delme işlemi yapan matkap, kuyu içerisinde ve derinlerde sondaj işinin güç kaynağı olan sondaj makinası ve/veya kule ise yüzeyde olduğuna göre, sondaj makinasında/kulede oluşturulan hareketin matkaba iletilmesi gereklidir. Bu işlem; tijler, ağırlık boruları vb. aktarıcılar sayesinde gerçekleştirilir. Bu elemanların tümüne sondajcılıkta “ sondaj dizisi ” veya pratik deyimini ile “ takım ” adı verilir. Yani sondaj donanımı tarafından oluşturulan dönme hareketi ve yük en uçta bulunan matkaba

sondaj dizisi aracılığıyla aktarılmış olur.

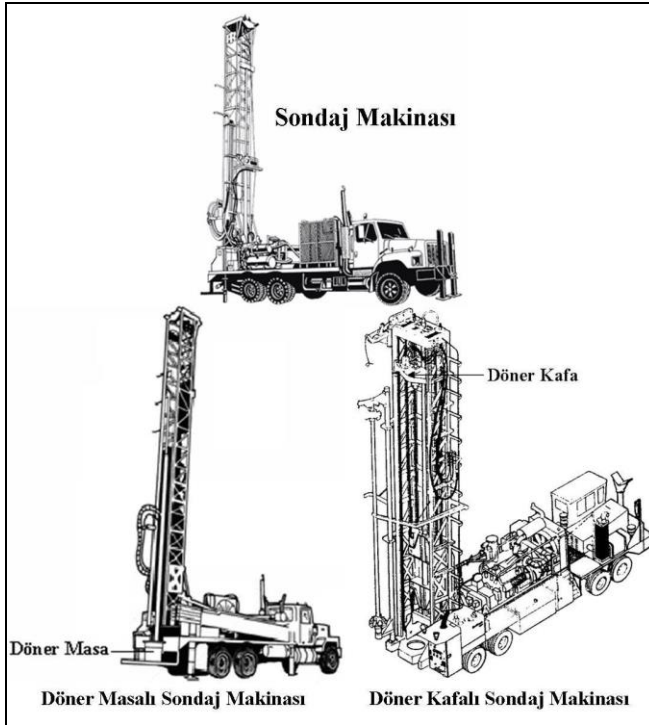
06 Döner Sondaj Ekipmanları

Döner sondaj yönteminde kullanılan temel ekipmanlar şunlardır;

1. Sondaj Makinası
2. Takım(üstten alta doğru)
 - Subaşığı
 - Kelly (döner kafalı makinalarda bulunmaz)
 - Tijler
 - Ağırlık Boruları
 - Matkaplar
 - Saplar(Bağlantı Elemanları)
3. Diğer Ekipmanlar

SONDAJ MAKİNASI

Su sondaj uygulamalarında kullanılan sondaj makinaları, döner kafalı ve döner masalı olmak üzere iki tiptir. Döner kafalı sondaj makinaları, baskı(yük) ve takım döndürme işlemlerinin hidrolik olarak yapıldığı sondaj makinalarıdır. Döner masalı sondaj makinaları ise, baskı(yük) ve takım döndürme işlemlerinin mekanik/hidromekanik olarak yapıldığı sondaj makinalarıdır. Su sondaj makinaları; kamyon, motor, kule, şanzuman, sondör paneli, çamur pompası gibi ana elemanlardan oluşmaktadır.

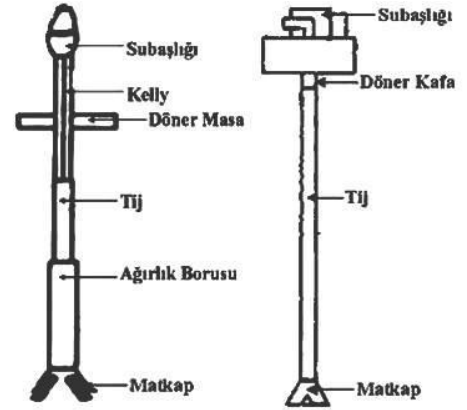


Sondaj makinaları

TAKIM

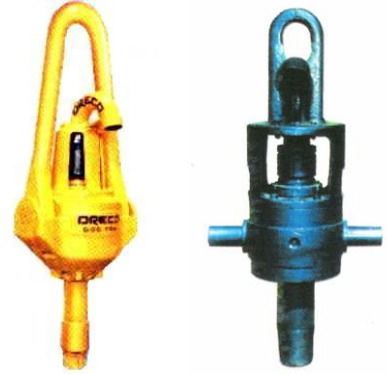
Subaşığı

Subaşığının ortası devirdaim sıvısının geçebilmesi için delik olup, alttan kelly'e üstten bir kulpla kancaya ve gezici makaraya bir taraftan da pompa hortumuna bağlıdır. Subaşığı; sondaj esnasında bütün delme takımını üzerinde taşır. Takımın dönme hareketini daha üst kısma iletmez, dolaşım sıvısını takım elemanlarına sevk eder.



Döner masalı makinada takım dizisi

Döner kafalı makinada takım dizisi



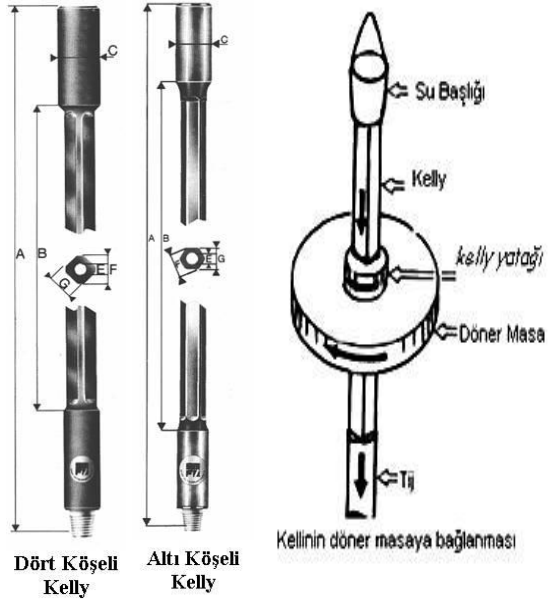
Çeşitli subaşıkları

Kelly(Köşeli Boru)

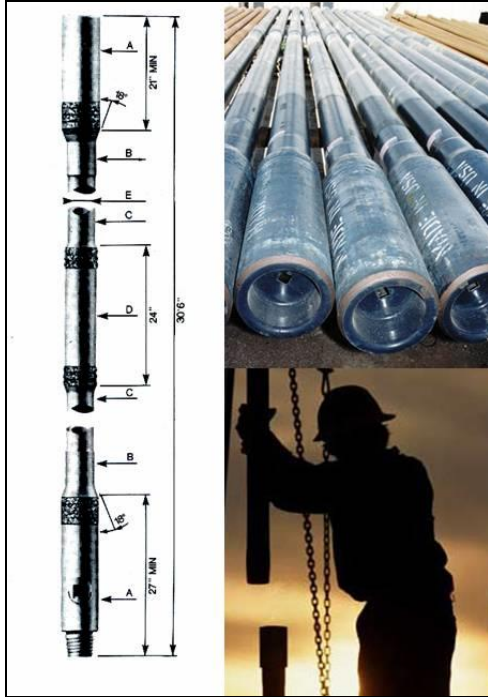
Kelly, döner masa aracığı ile motordan aldığı hareketi tijlere ve matkaba ileten takım elemanıdır. Kelly'nin içi dolaşım sıvısının geçebilmesi için delikli olarak yapılmıştır. Kelly yapılışı itibarıyla yuvarlak, 4 veya 6 köşe olmak üzere değişik tiplerdedir. 4 ve 6 köşeli olanları dönme hareketini döner masadan, yuvarlak olanları ise kelly yatağından alırlar. Kelly boy ve çapları, makina kapasitesine göre değişmektedir. Kelly'ler bağlantıları vasıtasıyla alttan tijlere üstten ise subaşığına bağlanır. Manevra esnasında her vakit Kelly sökülüp bağlanırken dişlilerin bozulmaması için alt kısmına kelly muhafaza bağlantısı takılır. Tepeden tahrikli sondaj makinalarında(döner kafalı) kelly bulunmamaktadır. Takım doğrudan döner kafa ile döndürülmektedir.

Tij

Kelly'in döndürme hareketini matkaba ileten takım elemanlarıdır. İçleri dolaşım sıvısının geçmesi için boştur. Tijler, etli borulardır. Şok etkilerine ve burulmaya karşı direnç gösterebilmeleri için esnek çelikten yapılmaktadırlar. Tijlerin birbirlerine eklenmesi sureti ile kuyu derinleşmektedir.



Kelly ve dönme sistemi



Tij ve ekleme şekli

Ağırılık Boruları

Ağırılık boruları, matkap üzerine baskı(yük) uygulamak, titreşimleri önlemek ve kuyunun sapmadan delinmesini sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Ağırılık boruları, matkap bağlantıları aracılığı ile matkabın hemen üstüne takılırlar ve ağırılık borularının üstünde tijler bulunmaktadır. Sondaj işlemi sırasında matkaba yalnız ağırılık boruları vasıtasıyla yük verileceğinden delme işlemi esnasında tijlerin ve üsteki tij ağırlığının yarı yükü tamamen askıya alınır(döner kafalı sondaj makinalarında, matkap üzerine baskı/yük genellikle zincir veya halat sistemleri ile uygulanmaktadır).



Ağırılık borusu

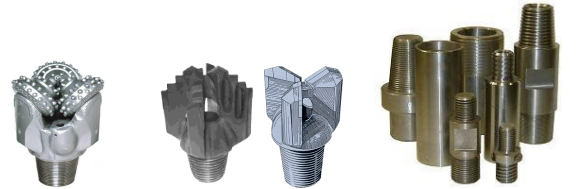
Matkap

Takımın en altında yer alan ve kendi ekseninde dönerek kazı işlemini gerçekleştiren sondaj elemanlarına matkap denilmektedir. Özel çelik alaşımlardan dökülmüş olan matkaplar, delme işlemini gerçekleştiren elemanlardır. Döner sondaj yönteminde en çok kullanılan türleri şunlardır;

1. Üç Konili Matkaplar
2. Kanatlı Matkaplar

Saplar(Bağlantı Elemanları)

Takım parçalarını birbirine bağlayan ekipmanlara sap veya bağlantı elemanı adı verilmektedir. Bağlantı elemanları, kaliteli özel çelikten yapılmaktadırlar. Kullanılan bu bağlantı elemanlarının çoğu, farklı çaptaki malzemeleri birbirine eklerler. Bağlantı elemanları, iki ucu dişi veya bir ucu erkek bir ucu dişi olarak imal edilir.



Üç konili matkap Kanatlı matkaplar Bağlantı elemanları

DİĞER EKİPMANLAR

Kuyu Genişleticiler

Dar çaplı delinen bir kuyuyu, genişletmek için kullanılan ekipmanlardır.

Kuyu Saptırmazlar

Sondaj kuyusunun doğrultusunda açılmasının sağlamak amacıyla kullanılan ekipmanlardır.



Kuyu genişletici



Kuyu saptırmaz

07 Sondaj Çamuru

SONDAJ ÇAMURUNUN TANIMI VE TARİHÇESİ

Sondaj çamurunun sondajcılıkta önemli bir yeri vardır. Bütün formasyonları su ile delebilmek her zaman mümkün değildir. Bazı durumlarda mutlaka sondaj çamuru kullanmak gerekir. Çoğu zaman sondaj çamuru kullanmak, sondaj sırasında büyük bir kolaylık ve çalışmanın ekonomik olmasını sağlar. Bu nedenlerden dolayı sondaj çamurunun özelliklerini iyi tanımak ve gereği gibi kullanmak oldukça önemlidir.

Formasyonların su ile delinmesi sırasında oluşabilecek sondaj güçlüklerini ortadan kaldırmak için su, kil, bentonit ve çeşitli kimyasalların ilave edilmesi ile hazırlanan, yoğunluğu sudan fazla olan ve döner sondaj yöntemi ile çalışılırken kuyuda dolaştırılan çamura “**Sondaj Çamuru**” denir.

Sondaj sıvıları, döner sondaj yöntemi ile birlikte 1901 yılında sondajcılık uygulamalarında kullanılmaya başlanılmış, ilk kullanılan sondaj sıvısı da su olmuştur. Sondaj sırasında geçilen formasyonlardan bu suyu karışan killerin sondajı olumlu yönde etkilediği görülmüş bu olay sonucunda sondaj çamuru kavramı sondajcılık sektöründe yerini almıştır. Önceleri killi formasyonlardan çözülen killerin suya karışmasıyla doğal olarak oluşturulan ve adına “Killi Su” denilen çamurlar ilerleyen dönemlerde yerüstünde kil ile suyun karıştırılmasıyla elde edilerek kullanılmaya başlanmıştır.

Teknolojik anlamda ilk sondaj çamuru 1921 yılında, çamurun özelliklerini denetlemek için katkı maddelerinin katılmasıyla elde edilmiştir. İlk katılan maddeler yoğunluk artırıcılar olmuştur. 1929 yılında viskozite azaltıcılar kullanılmaya başlanmış, 1937 yılında geliştirilen aletle çamurun su kaybı değeri ölçülmüştür. 1944 yılında da su kaybını denetleyen maddeler çamur teknolojisine girmiştir. İkinci dünya savaşından sonra çamur teknolojisi büyük bir gelişim göstermiştir.

SONDAJ ÇAMUR KULLANILMA NEDENİ

Şişen, eriyen, mağaralı, çatlaklı ve dökülen formasyonlar delinirken, su ile ilerlemek büyük güçlükler yaratır. Sondaj çamuru şişme, erime, yıkılma ve dökülmeler nedeniyle suyun kullanılmasının sakıncalı olduğu bu gibi durumlarda sondajın sürekliliğini sağlar.

Gevşek formasyonlar(killi, kumlu, çakıllı vb.) delinirken, su dolaşımı kuyu duvarındaki doğal bağlayıcı maddeleri gevşeterek(kum, çakıl vb.) bu maddelerin kuyu içine dökülmesine, takımın sıkışmasına ve aşınmasına neden olur. Bu gibi durumlarda devamlı çöküntü yüzünden muhafaza borusu indirmek ya çok zor veya olanaksızdır. Böyle bir durumda en güvenilir yöntem sondaj çamuru kullanmaktır.

SONDAJ ÇAMURUNUN GÖREVLERİ

Sondaj çamurunun görevlerini şöyle sıralayabiliriz;

- * Kuyu duvarını sıvamak suretiyle kuyuyu koruma altına almak
- * Matkabi soğutmak
- * Matkabin kestiği kırıntıları kuyu dışına atmak suretiyle kuyu ve matkabi temizlemek
- * Kuyu duvarında oyuklar oluşmasını önlemek
- * Formasyonu yumuşatmak
- * Formasyon basıncını yenmek-önlemek
- * Kullanılan teçhizatı yağlamak
- *Sondaj teçhizatındaki aşınmayı ve paslanmayı azaltmak
- *Takım ve muhafaza borularının hareketini kolaylaştırmak
- *Yüzeye çıkardığı kırıntıların çamur havuzunda çökmesine imkan tanımak ve bu kırıntılardan jeolojik bilgi edinilmesini sağlamak

SONDAJ ÇAMURU BİLEŞENLERİ

1. Su

Sondaj çamuru yapımında kullanılacak suyun tatlı, içilebilir veya kullanılabilir özellikte olması istenir.

2. Bentonit

Doğal Bentonit, formülü $Al_4Si_8O_{20}(OH)_4.nH_2O$ olan, genellikle volkanik kül ve tüflerin kimyasal olarak ayrışması ve bozulmasıyla oluşan; Al, Mg ve silikat minerali içeren, montmorillonit bakımından zengin bir kil türüdür. Bentonitin ticari olabilmesi için kendi hacminin en az beş katı şişebilmesi gerekir. Normal olarak iyi nitelikli bentonitler 10-20, çok ender bentonitler ise 15-30 kat şişebilirler. Genellikle kendi ağırlığının 5-6 katındaki suyu emerek 12-15 kat hacim artışı gösteren bentonitler kaliteli sayılırlar.

3. Katkı Maddeleri

Çamur katkı maddeleri, çamurun her tür koşul ve formasyon yapısında asli görevlerini yerine getirebilmesi için çamura katılırlar.

- *Ağırlaştırıcılar : barit vb.*

- *Viskozite Artırıcılar : polimer vb.*

- *Su Kaybı Azaltıcılar : polimer, CMC, nişasta vb.*

- *Dolaşım Kaybı(Kaçak) Önleyiciler : fiberler, ham kil vb.*

- *İncelticiler : lignosülfonatlar vb.*

- *Asitlik ve Tuzluluk Ayarlayıcılar : Kostik soda(NaOH) ve*

Sodyum Bikarbonat(Na HCO₃)

SONDAJ ÇAMURUNUN ÖZELLİKLERİ ve ÖLÇÜMÜ

Sondaj Çamurunun Akışkanlık Özellikleri ve Ölçümü

Sondaj çamurunda dikkat edilmesi gereken en önemli husus, çamurun akışkanlık özelliğidir. Çamurun topaklanma özelliğini engelleyerek, ideal akışkanlık özelliklerine sahip olmasını sağlamak çamur kontrolünün esasını oluşturur. İyi akışkanlık özelliğine sahip bir çamurun düşük jel yapısına, düşük verim noktasına ve hatta düşük viskoziteye sahip olacağı düşünülmelidir. Dolayısıyla, sondaj çamurunun topaklanma(kümelenme) özelliğine sahip olmaması gerekmektedir. Yani, kimyasal katkı maddeleri kullanılarak, çamuru oluşturan kil tanelerinin biraraya gelmeleri önlenmeli ve her birinin ayrı ayrı ve serbest olarak hareket etmeleri sağlanmalıdır.

Sondaj çamurunun topaklanma özelliğinin miktarı, sahip olduğu jelleşme yeteneği ve akma noktası ile viskozitesi cinsinden tarif edilmektedir.

Viskozite ve Ölçümü

Viskozite, sıvıların akmaya karşı gösterdiği direnç değeridir. Viskozite değeri yükseldikçe, sıvının akışkanlığı azaltılmaktadır. Çamurlu sondaj çalışmalarında, 35-60 sn/lit viskozite değeri yeterli olmaktadır. Çamurun viskozitesi arazide, marsh hunisi ve viskozite kabı ile ölçülmektedir.

Jelleşme ve Ölçümü

Çamur durgun iken çamuru oluşturan kil tanelerinin birbirini çekme ölçüsüne jelleşme denir. Sondajcılar arasında ise, çamurda ilk hareketi oluşturmak için gereken itme gücü değeri olarak ifade edilmektedir.

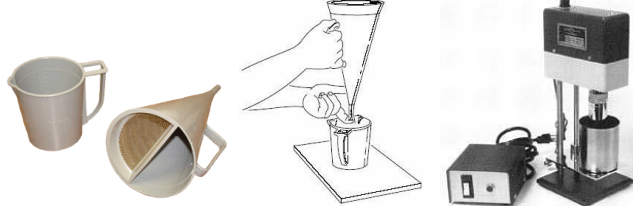
Dolaşım durdurulduğunda, sondaj çamurunun içerisindeki kırıntıları askıda tutma özelliği, jelleşme yeteneğine bağlıdır.

Kil levhacıklarının iyonik kuvvetlerle bağlanması suretiyle iyi bir karışım oluşturan çamurlarda jelleşme görülmektedir. Jelleşen çamur, durgunken akışkanlığını saklar ve katı özelliği gösterir. Hareket etmesi sağlandığında akışkanlık özelliği kazanır. Viskozite ile jelleşme arasında yapıdan ileri gelen bir etkilenme olmasına rağmen, akışkanın cinsine göre bir ilişkide bulunmayabilir. Örneğin, bal çok viskoz olmasına

rağmen, jelleşme özelliği yok denecek kadar azdır. Buna karşın, çoğu sondaj çamuru jelleşme özelliğine sahiptir. Jelleşme, sahada viskozite ölçümünde kullanılan marsh hunisi ile ölçülmektedir.

Akma Değeri ve Ölçümü

Çamurun akışı sırasında, çamuru oluşturan kil tanelerinin birbirini çekme kuvvetinin değeridir. Sondaj çamurunun akma değeri, doğrudan çamurun viskozitesini etkilemekte ve akma değeri ne kadar yüksek olursa, basınç kaybı da o derece fazla olmaktadır. Bu nedenle akma değerinin mümkün mertebede düşük tutulması gerekmektedir. Çamurun akma değerinin düşürülmesi amacıyla çeşitli katkı maddeleri kullanılmaktadır. Çamurun akma değeri, reometre adı verilen özel aletle ölçülmektedir.

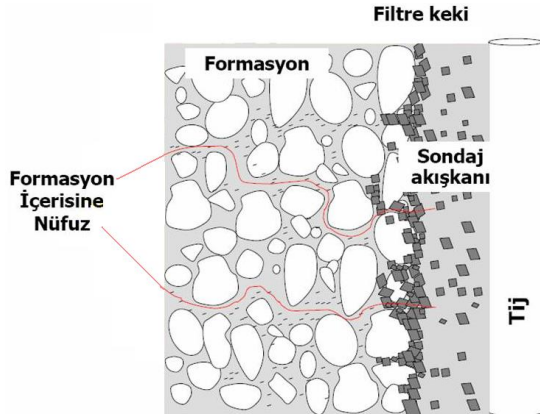


Viskozite kabı ve Marsh hunisi

Reometre

Su Kaybı ve Ölçümü

Katı ve sıvı olmak üzere iki kısımdan oluşan sondaj çamurunun sıvı kısmı, sondaj sırasında formasyonun sıvı emme özelliği ve çamurun sıvıya doyuma oranına göre formasyona sızar. Katı kısım ise, bu sızma sırasında kuyu duvarında üst üste dizilerek bir kek oluşturur. Bu kek, bir süre sonra geçirimsiz bir tabaka durumunu alır. Çamurun bu kuyu duvarında kek oluşturma özelliğine su kaybı denilmektedir.



Sondaj çamurunun su kaybı

Kaliteli bir sondaj çamuru, kuyu duvarında ince ve sağlam bir çamur keki(sıva) oluşturur. Böylece hem kuyu çapının korunmasını hem de çamur içerisindeki suyun formasyona fazla oranda sızmasını engeller. Su kaybı yüksek olan ve iyi kontrol edilemeyen çamurların kuyu duvarında oluşturacağı kek kalın olacağı için, takımın kuyudan çıkartılması sırasında takım sıkışmaları vb. gibi çeşitli güçlüklerle karşılaşılır.

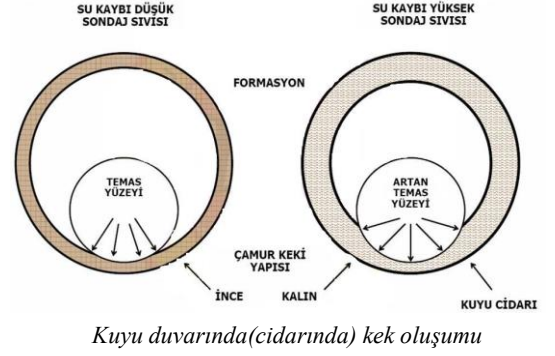
Su kaybı miktarı ve kek kalınlığı arazide API Filter Press adı verilen özel aletler ile ölçülmektedir. Bu alet çamur haznesi, süzme düzeneği, su toplayıcı ölçü kabı ve bir basınç kaynağından oluşmaktadır.

Yoğunluk ve Ölçümü

Sondaj çamuru yoğunluğu ile orantılı olarak kuyu içerisinde bir basınç oluşturur ve formasyonlardan kuyuya istenmeyen maddelerin gelmesini ve kısmen kuyu göçmelerini engeller. Matkabın formasyondan kopardığı kırıntıların kuyu dışına atılmasında da yoğunluk önemli bir rol oynar. Fakat, gereğinden yoğun bir çamur formasyonların çatlamasına, dolaşım kaybı (kaçaklara) sebep olur. Ayrıca çamurun yoğunluğunu artırmak üzere çamura katılan katkı maddelerinin gereksiz kullanılması sonucunda maliyet artışları meydana gelir.



API Filter Press



Kuyu duvarında(cidarında) kek oluşumu

1.08 gr/cm³ yoğunluğa sahip olan çamurlar sondaj çalışmalarında formasyon basınçlarını karşılamaya yeterli olmaktadır. Yoğunluğu düşük olan bir sondaj çamuru verimli bir çalışma için daima tercih edilmelidir. Sondaj çamurunun yoğunluğu, çamur terazisi denilen özel alet ile ölçülmektedir. Bu aletle yapılan ölçüm basit olmasına rağmen oldukça hassas sonuç vermektedir.

Katı Madde Miktarı ve Ölçümü

Çamur içerisinde bulunan katı madde miktarının bilinmesi çamur özelliklerinin kontrol edilmesi ve ayarlanması için gereklidir. Çamurun kontrolünde ve özelliklerinin değiştirilmesinde, su eklemenin mi yoksa kimyasal madde kullanılmasının mı veya kırıntıların çamurdan alınmasının mı daha yararlı olacağını saptanabilmesi için yapılması gereklidir. Sondaj çamuru içerisindeki katı madde miktarının % 2'den az olması istenir.

Sondaj çamurundaki katı madde miktarı, katı madde seti adı verilen özel aletlerle yapılmaktadır.



Çamur terazisi

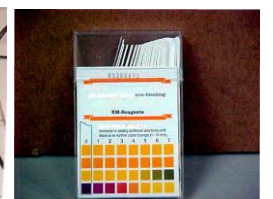
Katı madde miktarı ölçme seti

Asitlik(Ph Değeri) ve Ölçümü

Genel olarak sondaj çamurlarının pH değerinin 8.5'in altına düşmemesi ve tercihen 9.5'ten fazla olmaması istenmektedir. Çamurun pH değeri 0.1 hassasiyetle, elektrometrik olarak pH-metre aletiyle ölçülür. Bu yöntem ile cam elektrod ve bir göstergeden oluşan alet, çamurun geçirgenlik özelliğine göre, pH değerini belirler. Sondaj çamurunun pH değerini belirlemede kullanılan diğer bir ölçme aleti ise pH kağıdıdır.



pHmetre



pH kağıdı

08 Sondaj Bentoniti

İçerisinde bol miktarda camsı malzeme bulunan alüminyum ve magnezyumca zengin, volkanik kül, tuf ve lavların kimyasal yolla ayrışması ile oluşan, egemen olarak montmorillonit minerali içeren ve formülü $Al_4Si_8O_{20}(OH)_4 \cdot nH_2O$ olan killere bentonit denilmektedir. Ticari anlamda ise, gelişmiş sıvı emici ve kolloidal özelliği olan her kile bentonit denilmektedir.

Bentonitler, kaynak kayanın bileşimine uygun olarak sodyum, kalsiyum potasyum montmorillonitler şeklinde oluşur.

Bentonit oluşumu için, genellikle kaynak kaya konumundaki volkanik külün belirli miktarda alkali ve toprak alkali mineral içermesi gerekir.

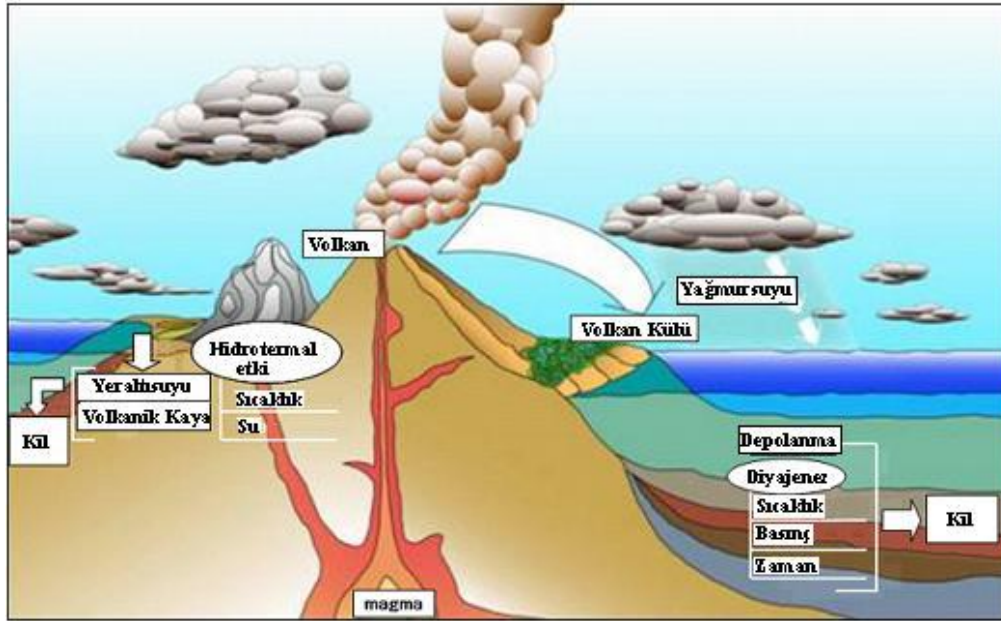
Bol volkanik cam içeren lav ve tufler üç yolla kile dönüşür;

1. Volkanik gaz ve buharın etkisiyle(hidrotermal etki)
2. Çökel havzaların sulu ortamlarında, tuf ve volkanik küllerin değişmesiyle(transformasyon, neoformasyon, diyajenetik oluşum)
3. Volkanik tuf ve killerin yağmur, rüzgar gibi iklim koşulları altında ayrışmasıyla(yüzeysel alterasyon, meteorik alterasyon)

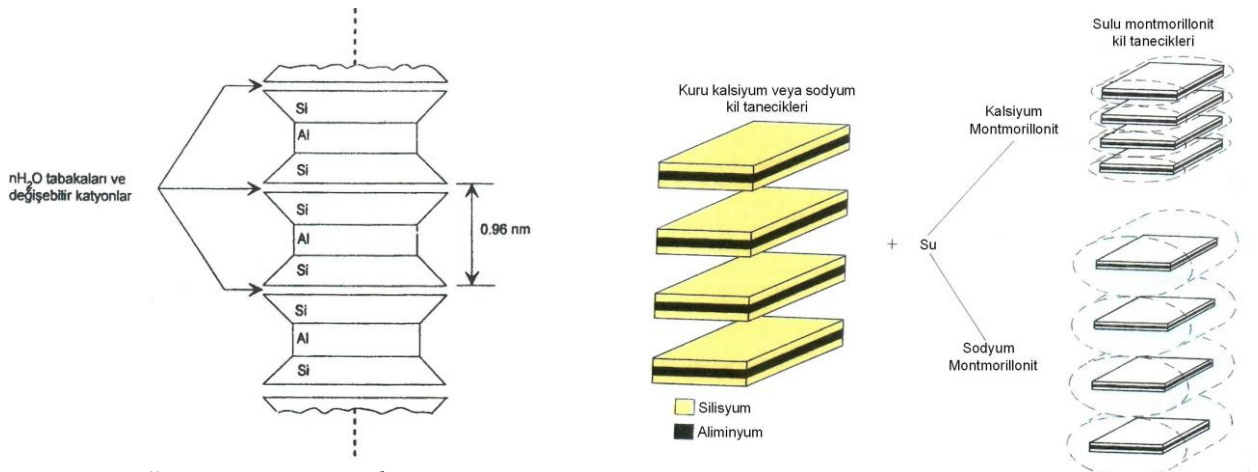
Bentonitler, su ile temasa geçtiklerinde az veya çok şişerler. Şişme yeteneklerine göre, fazla, orta ve az şişen bentonitler olmak üzere üçe ayrıldığı gibi içerdikleri değişebilir iyonlara göre de üç grupta toplanır; Sodyum, Sodyum-Kalsiyum ve Kalsiyum Bentonitler. Sodyum bentonitler fazla şişen, sodyum-kalsiyum orta şişen, kalsiyum bentonitler ise az şişen bentonitlerdir. Fazla şişen bentonitler, Wyoming tipi olarak ta adlandırılmaktadır. Sodyum-kalsiyum bentonitlere ara veya karma tip bentonitler de denir.

Bentonitler, doğal olarak bu sınıflandırılmalarının yanında, istenilen özelliklerini artırmak için asit, soda, polimer vb. katkı maddeleriyle tepkimeye sokularak "katkılı bentonit" veya "aktif bentonit" biçiminde de isimlendirilir. Aktiflendirme veya katkı maddesinin cinsine göre de "sodyum aktif bentonit" veya "polimer katkı bentonit" vb. biçiminde isimlendirilmektedir.

Bentonitlerin egemen minerali olan montmorillonit, iki silisyum ve bir alüminyum katmanından meydana gelmektedir.



Bentonit oluşumu

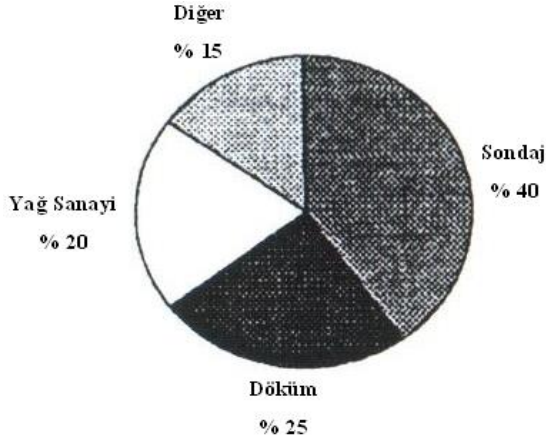


Montmorillonitin yapısının şematik görünümü

Çeşitli bentonitlerin su ile temas ettiğinde yapısındaki değişim

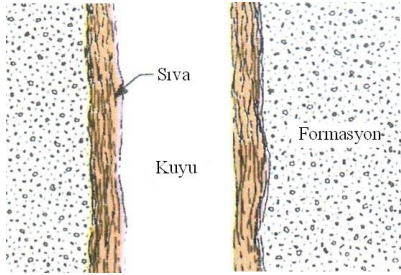
BENTONİTLERİN KULLANIM ALANLARI

Geniş bir kullanım alanı olan bentonitin en önemli tüketildiği alan sondaj sektörüdür. Dünyada sondaj bentoniti talebi senelere bağlı olarak değişim göstermekle birlikte, ortalama 1-1.3 milyon ton/yıl civarındadır.



BENTONİTİN SONDAJ ÇAMURUNDA KULLANILMASININ SEBEPLERİ

1. Yüksek viskozite ve jel yapma özelliğinden dolayı sondaj çamuru içerisindeki kırıntıları askıda tutması. Dolayısıyla, çamur içerisindeki formasyon kırıntıları kuyu tabanına çökmez ve matkabin sıkışması önlenir
2. Çamur içerisindeki formasyon kesintilerinin kayma hızlarını azaltarak etkili bir kuyu temizliği sağlanır
3. Yüksek sıvama özelliği ile kuyu cidarında sağlam ve düzgün siva oluşturarak kuyu hareketsizliğini (kalıcılığını) sağlar



Bentonitin kuyu duvarında siva yapması

4. Kayganlık özelliğinden dolayı kuyuda, matkapta ve sondaj dizisinde çok iyi bir yağlama görevi yapar
 5. Formasyonlarda bulunabilecek gaz veya akışkanların kuyuya girişini engeller
- Bu fonksiyonlarda bentonitin iki temel özelliği rol oynar.

a. Reolojik özellikleri

- Görünür viskozite
- Çamur yapma verimi
- Akma dayanımı

b. Su kaybı

SONDAJ BENTONİTİ TEMİNİ

Ülkemizde ve dünyada doğal sondaj bentoniti yatakları sınırlıdır. Bu nedenle doğal Na-Bentonitlerin yeterli miktarlarda ve ekonomik olarak temin edilmesi çok güçtür. Bu amaçla, Na-Ca ve Ca-Bentonitlerin kalitesini artırmak için kimyasal işlemler uygulanarak sondaj çalışmalarında kullanılabilir bentonit elde edilmektedir. Bu işlemler şunlardır;

(1) İyon değiştirme

(2) Katkı maddesi ekleme

(1) İyon Değiştirme

Na içeriği yüksek olan Na-Ca-Bentonitlerin(Yarı Alkali Bentonitler) bünyesindeki Ca elementi ile kimyasal işlemler sonucunda eklenen Na elementinin yerdeğiştirilmesi (iyon değişimi) sağlanarak Na-Ca-Bentonitlerden Na-Bentonitler elde edilmektedir. Dünyada bu yöntemle elde edilen Na-Bentonitler, doğal bentonitlerin kullanıldığı her tür sondaj çalışmasında kullanılmaktadırlar

(2) Katkı Maddesi Ekleme

Na-Ca-Bentonitlere özel katkı ilavesi yapılarak(% 0,1 – 0,5 oranlarında polimer) bentonitin verimliliğinin ve kalitesinin artırılmasıdır(aktifleştirme işlemi). Bentonite katkı maddesinin katılıp katılmadığı veya ne miktarda katıldığı sadece KCl/Polimer çamuru kullanılan sondaj çalışmalarında önem kazanmaktadır. Diğer durumlarda, katkılı bentonitin API ve TSE standartlarındaki özellikleri sağlayıp sağlamadığı hususuna dikkat edilmelidir. Bu özellikleri sağlaması durumunda katkılı bentonitin sondaj çalışmalarında kullanılmasının bir sakıncası yoktur.

Bentonitin ticari olabilmesi için kendi hacminin en az beş katı şişebilmesi gerekmektedir. Normal olarak bentonitler 10-20 veya 15-30 kat şişebilirler. Genellikle kendi ağırlığından 5-6 kat fazla suyu bünyesine alarak 12-15 kat hacim artışı gösteren bentonitler kaliteli sayılmaktadırlar. Bentonitlerin diğer kil minerallerinden fazla su tutmasının sebebi, özgül yüzeylerinin fazla olmasıdır.

Sondaj bentonitlerinin ticari işlemleri, API(American Petroleum Institute) 13 A Section 4-5-6, OCMA(Oil Companies Material Association) ve TSE(Türk Standartları Enstitüsü) 13500 standartlarına göre yapılır.

Doğal sondaj bentonitinin fiziksel özellikleri

Özellik	Değer
Süspansiyon özellikleri	
Akma noktası /plastik viskozite oranı	en fazla 1,5
Dispersiyon halinde plâstik viskozite	en az 10 mPa.s
Dispersiyon halinde süzüntü hacmi	en fazla 12,5 cm ³

Katkılı sondaj bentonitinin fiziksel özellikleri(OCMAKalite)

Özellik	Değer
Süspansiyon özellikleri	
Akma noktası /plastik viskozite oranı	en fazla 1,5
Dispersiyon halinde plâstik viskozite	en az 10 mPa.s
Dispersiyon halinde süzüntü hacmi	en fazla 12,5 cm ³

SONDAJ BENTONİTİNİN TANINMASI VE HASSASİYETİ

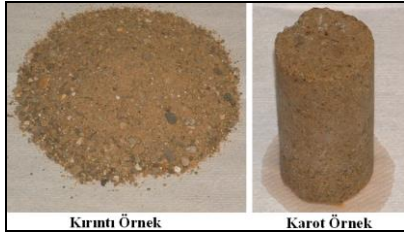
Bentonitler, griden siyaha, yeşilden beyaza kadar değişen hemen her renkte olabilir. Genel olarak sabunsu ve balmumsu bir dış görünümü vardır. Su ile temas ettiklerinde az çok şişer ve kurutulduklarında çok fazla çatlaklı ve patlamış mısır görünümlüdür.

Bentonitler, sudaki Ca ve Mg'a karşı hassastır. Bu nedenle geleneksel bir işlem olarak, sondaj sıvısına bentonit ekmeden önce soda külü katılmalıdır. Kullanılacak suyun herbir m³' üne 2 kg soda külü eklenmelidir.

09 Sondaj Matkapları

Döner sondaj yönteminin uygulandığı sondajlar matkaplar, formasyonlardan örnek alma şekline göre iki grupta incelenebilir.

1. Kırıntı örnek almaya uygun matkaplar
2. Karot örnek almaya uygun matkaplar



Sondaj matkaplarının sınıflandırılması

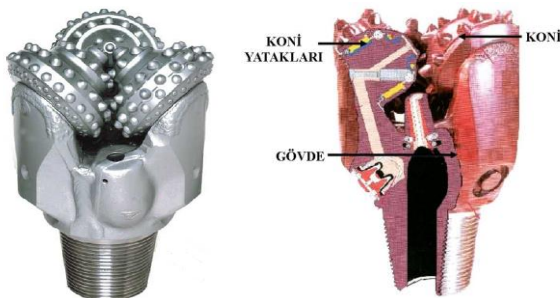
KIRINTI ÖRNEK ALMAYA UYGUN MATKAPLAR

Bu matkaplar, üzerlerine uygulanan baskı(yük) ve dönme hareketi yardımıyla temasta oldukları formasyonu delerler. Bu delme işlemi, bir kesme ve öğütme işlemidir. Kesme ve öğütme işlemleri sonucunda oluşan kırıntılar, sondaj çamuru veya diğer taşıyıcılar(hava vb.) ile kuyu dışına(yerüstüne) taşınırlar. Bu tür matkaplara, karotsuz ilerleme matkapları da denilir.

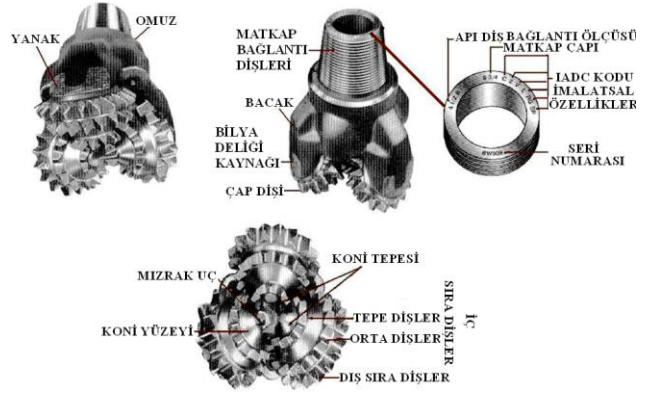
Üç Konili Matkaplar

İlk kez 1909 yılında kullanılan konili matkaplar 1946 yılına kadar yavaş gelişmiş, bu tarihten sonra ise hızlı bir gelişim sürecine girmişlerdir. 1951 yılına kadar çelik dişli matkaplar kullanılmış olup, bu yıl içinde çelik dişli matkaplar ile zor delinebilen kayalar için ilk tungsten karbid dişli matkap geliştirilmiştir.

Üç konili matkaplar gövde, koniler ve koni yataklarından oluşmaktadır.



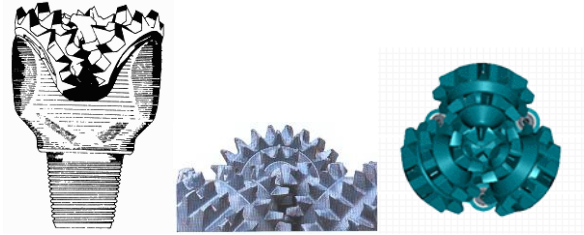
Konili matkap yapısı



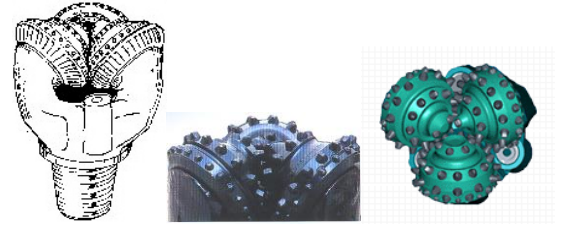
Konili matkap terminolojisi

Üç konili matkaplar, çelik ve tungsten karbid dişli olmak üzere ikiye ayrılır. Konili matkaplar aşınmaya dayanıklılığı artırılmış çelik alaşımlardan imal edilmektedir. Çamurlu ve havalı sondaj çalışmalarda kullanılabilecek özelliktedirler. Her tür formasyona uygun tipleri bulunmaktadır. Döner sondaj yönteminde en çok kullanılan matkap tipidir.

Çelik dişli



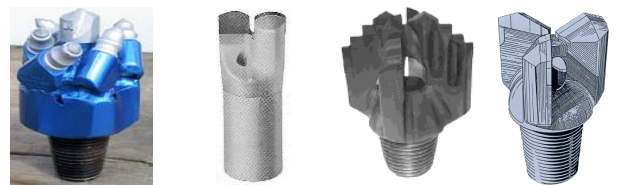
Tungsten karbid dişli



Çelik ve tungsten karbid dişli matkaplar

Parmak, Balık Kuyruğu ve Kanatlı Matkaplar

Bu tip matkaplar, genellikle yumuşak ve taneli formasyonların delinmesinde kullanılmaktadır. Tek parça, birkaç veya daha fazla parçanın birleştirilmesiyle imal edilen matkaplardır.



Parmak

Balık kuyruğu

Üç kanatlı

PDC Matkaplar

Polikristalin matkaplar(PDC), 40 yılı aşkın zamandır kullanılmakta olup, tasarım ve matkap çalışma parametreleri üzerine yapılan çalışmalar devam etmektedir. PDC'nin erken uygulamaları döneminde (1960-1970 yılları) ve matkap tasarımı başarısız olmuş ve ekonomik olmayan sonuçlar doğurmuştur. Üzerinde yapılan ileri dönemdeki etkili çalışmalar sonucunda bugün PDC matkaplar petrol, jeotermal ve patlatma deliği sondajlarında başarıyla kullanılmaktadır. PDC matkaplar, pahalı olmalarına rağmen dikkatli kullanılmaları durumunda ömürleri oldukça uzun olmakta ve sondaj maliyetini önemli derecede düşürmektedirler. PDC matkapların hem kırıntı hem de karot örnek almaya uygun türleri bulunmaktadır.



Kırıntı örnek almaya uygun PDC matkaplar



Karot örnek almaya uygun PDC matkaplar

KAROT ÖRNEK ALMAYA UYGUN MATKAPLAR

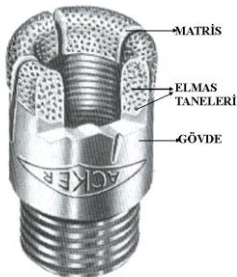
Sondaj işlemi sırasında, bir taraftan delme işlemi devam ederken diğer taraftan da formasyondan kesilen malzemenin silindirik boru şeklindeki örnek alıcı(karotiyer) içerisine girmesi sağlanır. Karot örnek alıcı(karotiyer) kullanılan sondaj çalışmalarında kullanılan matkaplara, karot örnek almaya uygun matkap denilmektedir.

Elmaslı Matkaplar

Karotiyerlerin(karot örnek alıcı) ucunda yeralan, kesme işlemi yapan, yapısında doğal veya yapay elmasların bulunduğu matkaplara elmaslı matkap denilir.

Bir elmaslı matkap üç ana birimden oluşmaktadır. Bunlar;

1. Elmas taneleri
2. Gövde
3. Matris

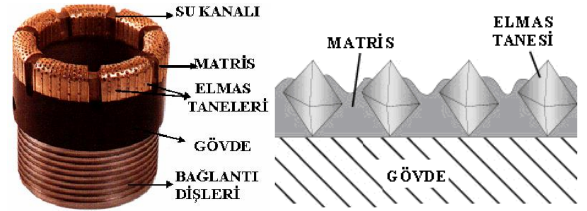


Elmaslı bir matkabin yapısı

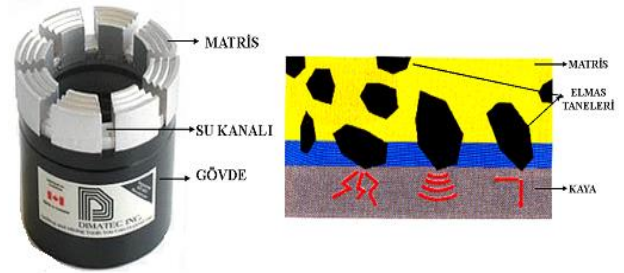
Elmaslı matkapların hem kırıntı hem de karot örnek almaya uygun türleri bulunmaktadır. Karot örnek almaya uygun elmaslı matkaplar, elmas tanelerinin matrise işleme şekline göre ikiye ayrılabilir. Bunlar;

1. Yüzeyden taneli elmaslı matkaplar
2. Emprenye elmaslı matkaplar

Karot örnek almaya uygun elmaslı matkap



Yüzeyden taneli elmaslı matkap



Emprenye elmaslı matkap

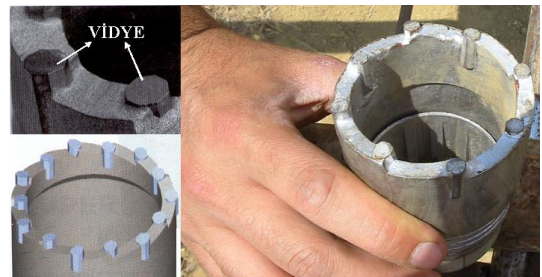


Kırıntı örnek almaya uygun elmaslı matkaplar

Vidyeli Matkaplar

Tungsten karbid'e sondajcılık dilinde vidye denilmektedir. Kesici yüzeyine vidye taneleri yerleştirilerek imal edilen, yumuşak formasyonların delinmesi için kullanılan matkaplara vidyeli matkap (vidye kron) denilmektedir ve bu matkaplar karotlu sondaj çalışmalarında kullanılmaktadır.

Vidyeli matkap fiyatları, elmaslı matkaplara oranla oldukça düşüktür. Bu nedenle, karotlu sondajlarda formasyon şartlarının uygun olduğu durumda vidyeli matkapların kullanımına öncelik verilmelidir.



Vidyeli matkabin yapısı

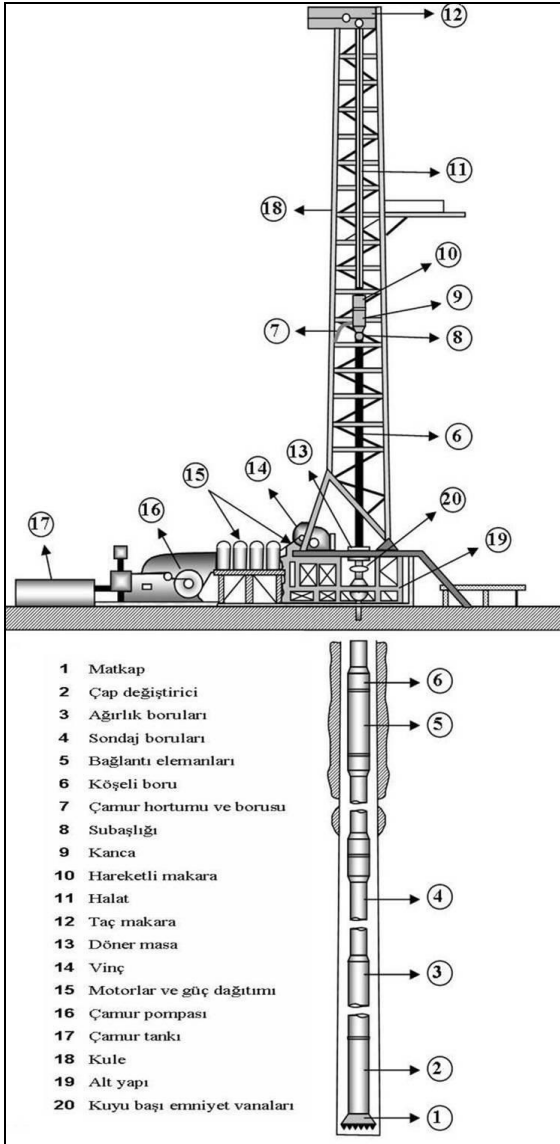
10 Sondaj Kule ve Makinaları

SONDAJ KULESİ

Bir döner sondaj kulesi genellikle aşağıdaki ana kısımlardan oluşur;

Kule	Matkaplar
Kule alt yapısı	Kuyu başı donanımı (emniyet vanaları)
Motorlar ve güç dağıtım düzeneği	Çamur pompaları
Vinç	Sallantılı elekler, tanklar ve diğer ayrıncılar
Halat ve makaralar	Ölçme ve kontrol aletleri
Sondaj dizisi ve döner masa	

Sondaj kuleleri, petrol/doğalgaz sondajlarında ve derin jeotermal sondaj kuyularında kullanılmaktadır.



SONDAJ MAKİNALARI

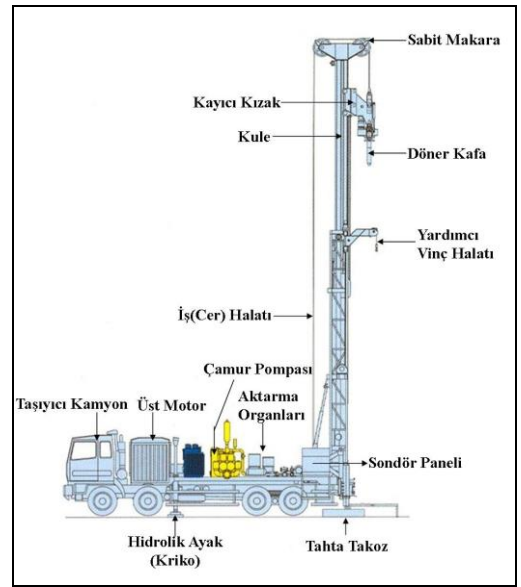
Genel olarak bir sondaj makinası şu birimlerden oluşur;

1. Taşıyıcı Ünite (kamyon, kızak, palet, trayler vb.)
2. Güç Ünitesi (motor) / (dizel, elektrikli vb.)
3. Güç Aktarma Organları (şanzuman, şaft vb.)
4. Kule (sabit, seyyar vb.)
5. Vinç Sistemi

6. Hidrolik Sistemler(pompa, tank, hortumlar vb.)
7. Dönüş Sistemi(döner kafa, döner masa veya morset)
8. Çamur Pompası
9. Kompresör(Havalı sondaj için tasarlanmış makinada)
10. Kontrol Panosu veya Sondör Kabini

Sığ Petrol/Doğalgaz ve Jeotermal Sondaj Makinaları

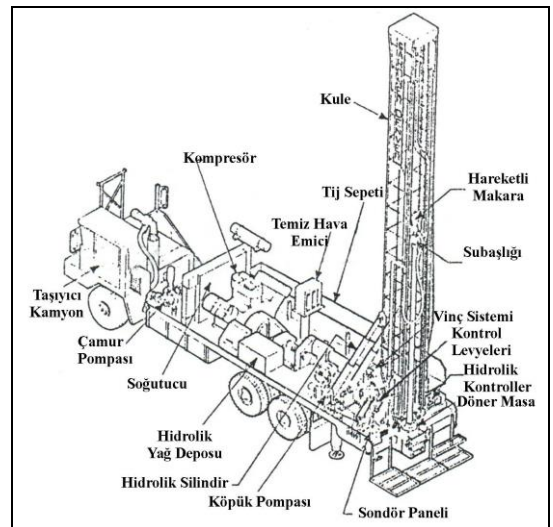
Sığ petrol/doğalgaz ve jeotermal sondaj çalışmalarında, genellikle kamyonu monteli, düz çamur dolaşimli sondaj sistem bileşenlerini içeren döner masalı veya döner kafalı sondaj makinaları kullanılmaktadır



Döner kafalı bir sondaj makinası ve bileşenleri

Su Sondaj Makinaları

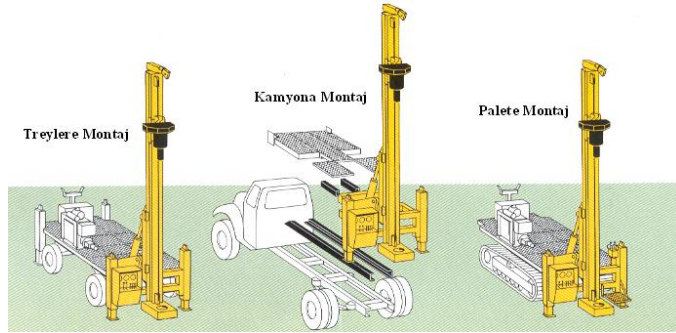
Su sondaj çalışmalarında, genellikle kamyonu monteli, düz çamur dolaşimli veya hem çamur hem de havalı sondaj sistem bileşenlerini içeren(kombine tip) döner masalı veya döner kafalı sondaj makinaları kullanılmaktadır.



Döner masalı, kombine tip bir su sondaj makinası ve bileşenleri (hem havalı ve hem de çamurlu sondaj yapabilen)

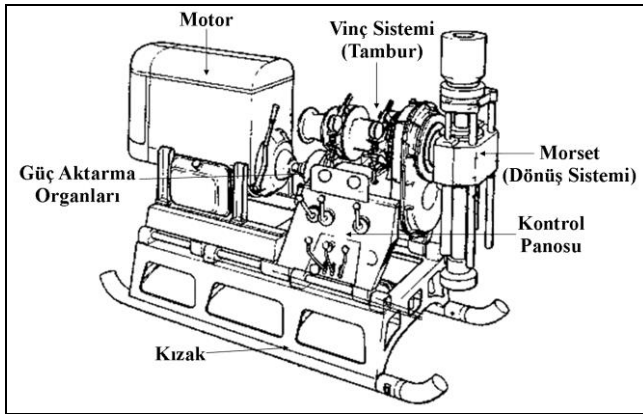
Jeoteknik Etüt ve Maden Arama Sondaj Makinaları

Jeoteknik etüt ve maden arama sondaj çalışmalarında kullanılan sondaj makinaları kamyon, treyler veya palet üzerine monte edilebilmektedir.



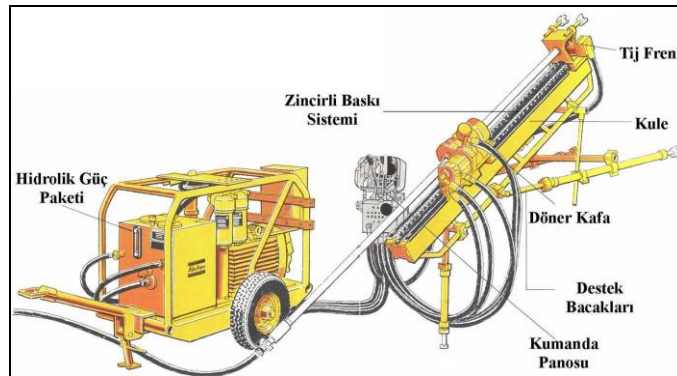
Sondaj ünitelerinin montaj şekilleri

Yerüstü jeoteknik ve maden sondaj çalışmalarında, genellikle sıvı dolaşimli (su veya çamur) sisteme uyumlu kızaklı tip sondaj makinaları kullanılmaktadır. Kızaklı sondaj makinaları; kamyon, treylere vb. monte edilerek veya taşıyıcısız olarak çalıştırılmaktadır.

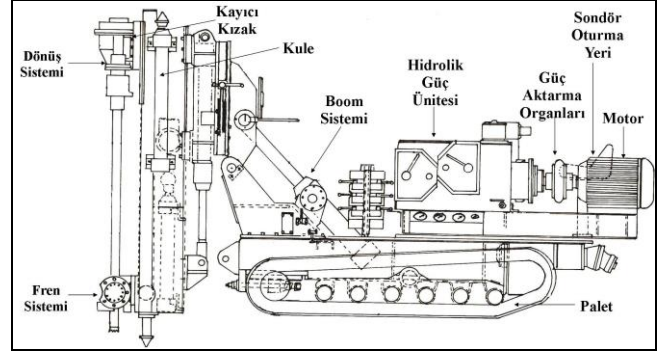


Kızaklı bir sondaj makinası ve bileşenleri

Ayrıca, paletli ve tam hidrolik sondaj makinaları da bu tip sondajlarda kullanılmaktadır. Yeraltında (tünel, galeri vb.) yapılan çalışmalarda ise; kızaklı, destekli veya paletli sondaj makinaları kullanılmaktadır.



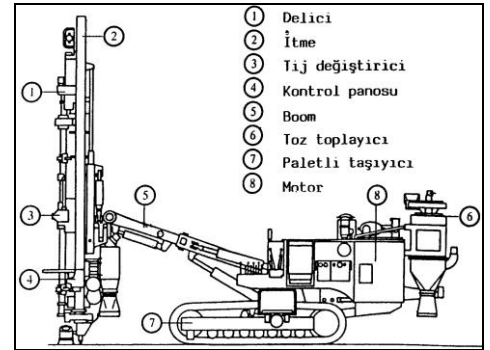
Destekli, tam hidrolik bir sondaj makinası



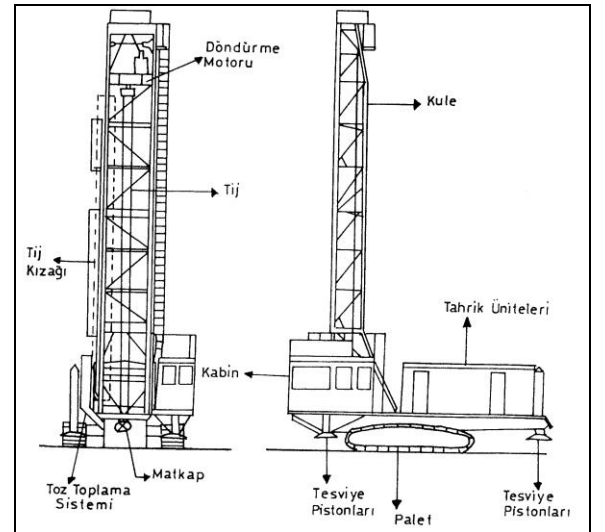
Paletli, tam hidrolik bir sondaj makinası ve bileşenleri

Yerüstü Patlatma Deliği Sondaj Makinaları

Patlatma deliği sondajlarında, genellikle döner kafalı, paletli tip ve tam hidrolik sondaj makinaları kullanılmaktadır. Taşıma mesafesinin ve yerdeğiştirmenin fazla olduğu çalışmalarda kamyon veya treylere monteli sondaj makinaları da kullanılmaktadır. Küçük çaplı deliklerin delinmesinde (64-127 mm) genellikle yerüstü çekiçli (drifter'lı) veya kuyudibi çekiçli sistemli ve havalı dolaşım sisteminin bileşenlerini içeren sondaj makinaları, geniş çaplı deliklerin (>127 mm) delinmesinde de döner kafalı, havalı sistem bileşenlerini içeren sondaj makinaları kullanılmaktadır.



Küçük çaplı patlatma deliklerinin delinmesinde kullanılan yerüstü çekiçli, paletli sondaj makinası ve bileşenleri



Geniş çaplı patlatma deliklerinin delinmesinde kullanılan döner kafalı, paletli bir sondaj makinası ve bileşenleri

11 Çamur Pompası

Çamur pompaları(devirdaim pompaları), delme işlemi sırasında matkabin soğutulması ve matkabin formasyondan kopardığı kırıntıların kuyu dışarısına atılması için sondaj sıvısının uygun basınç ve miktarda kuyu içerisine basılması işlemlerinde kullanılmaktadır.

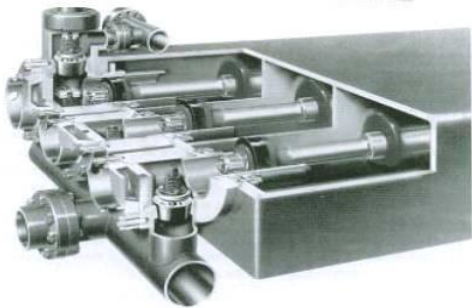
Çamur pompası, sondaj sıvısını emme hortumu aracılığı ile havuzdan emmekte ve basma hortumu aracılığı ile takımın en üst ucunda bulunan subaşlığına iletmektedir. Basınçlı bu sıvı, tij içerisinden geçmekte ve takımın en alt ucunda bulunan matkaptan çıkmaktadır. Daha sonra, tijlerle kuyu duvarı arasındaki anülüs adı verilen boşluktan yükselerek kuyu ağzından havuza boşalmaktadır.

Çamur pompaları, genellikle sondaj makinası güç ünitesine bağımlı olarak çalıştırılmaktadır. Çalışmanın amacına göre, bağımsız güç ünitesi ile çalışan çamur pompaları da bulunmaktadır.

Çamur pompaları pistonlu pompalardır. Bir pompada birden fazla piston bulunabilir. İki pistonlu pompalar "dubleks pompa", üç pistonlu pompalar "triplex pompa" olarak adlandırılır.



Çamur pompası



Çamur pompasının kesit görünümü

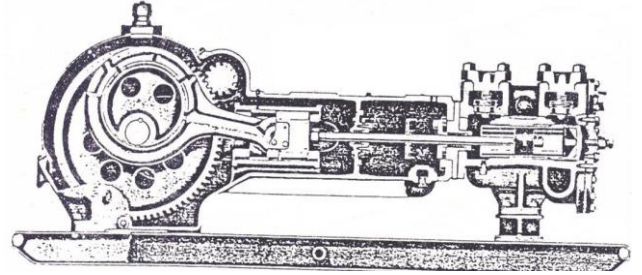
ÇAMUR POMPASI BİLEŞENLERİ

Tahrik Kısmı

Motordan gelen hareket, zincir-dişli ve V dişlileri ile bir eksantrik çarkına iletilir. Çarka bağlı biyel kollarının ucundaki çapraz kafalarla ise; dönme hareketi, kroset yatağında yatay düzlemdeki gidiş-geliş hareketine dönüştürülür. Dupleks pompalarda, çift hareketlendirme takımı bulunur ve iki takım, 180°'lik faz farkı ile hareket ederler. Yani hareket, pistonların biri giderken, diğeri gelecek şekilde ayarlanmıştır. Çamur pompasının tahrik kısmı çelik döküm bir gövde içerisine yerleştirilmiştir.

Piston Kolu

Biyel kolu oynar çapraz kafasına (kroset) bağlı bir piston kolu, gidiş-geliş hareketini pistonla iletir. Pratikte "piston rodu" ismi verilen iki ucuna diş çekilmiş çelik döküm kol pistonla ve krosete dişli bir kısım ve somunla bağlanmış olup, az veya çok vira edilerek, boyu ayarlanabilir. Pompanın vuruntulu çalışarak arızalanmasına neden olabilecek bu önemli düzenlemeye "rod ayarı" adı verilir. Piston kolunun, silindir bloğuna girdiği yerde "geçirimsizliği" ve "otomatik yağlamayı" sağlamak için, "salmastralar" bulunur. Çamur pompasının verimli çalışması için, "rod salmastraları" görevlerini tam yapmalı ve bakımlı olmalıdırlar.



Çamur pompası tahrik kısmı

Silindir Bloğu ve Gömleği

Piston kolunun bağlı olduğu piston, bir silindir gömleği içerisinde ileri-geri hareket eder. Değiştirilebilir bu silindire "çamur pompası gömleği", gömleğin içine yerleştirildiği boşluğa "silindir bloğu" denilir. Gömlek iç yüzeyleri çamur içerisinde bulunan kum tanelerinin aşındırıcı etkisi ile bir süre sonra bozulur ve verimden düşerler. Bu nedenle, kolay değiştirilebilir şekilde yerlerine yerleştirilmişlerdir. Ayrıca, gömlek iç çapı pompa verimini; gömlek boyu (stroku), pompa basıncını etkilediğinden; pompayı değişik karakteristiklerde çalıştırabilmek için de, gömlek değişikliği yapılır. Yani, silindir bloğu, değişik çap ve boylarda gömleklere uygun yapılmıştır.

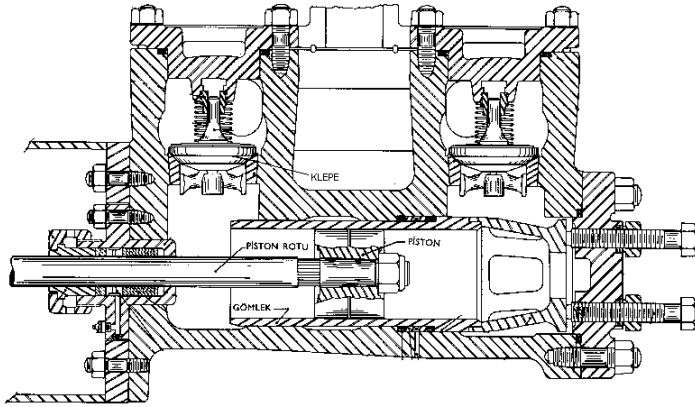
Piston

Piston, demir döküm silindirik bir parça olup, her iki yüzüne kauçuk lastikler takılır. Dışa gelen yüzleri biraz daha geniş olan bu kauçuk parçalara "piston lastiği" adı verilir. Lastikler sürtünmeye dayanıklı olmakla birlikte sıkça aşınır ve değiştirilirler. Piston boyutları, gömlek çapına bağı olarak duruma göre değiştirilerek büyütülür veya küçültülebilir.

Klepeler

Pompa emme ve basma işlemlerini yaparken, sırasıyla açılıp kapanan kapakçıklara "valf veya "klepe" adı verilir. Tek tesirli pompalarda her silindirde biri emme, biri basma olmak üzere iki klepe vardır. Çift tesirli pompalarda ikisi emme ikisi basma olmak üzere dört klepe bulunur. Bura göre, genellikle kullanılan tip olan "çift tesirli bir dupleks" çamur pompasında sekiz adet klepe bulunur. Klepeler çeşitli şekillerde olabilir de,

en çok kullanılan tipler yaylı ve konik lastikli tiplerdir. Kirlenmeye ve aşınmaya çok uygun bir yer olan “klepe yatakları” ve parçalarının her zaman temiz ve çalışır durumda bulundurulmaları gerekir.



Çamur pompasının kesit görünümü



Çamur pompası ana elemanları

Çamur pompaları daha çok çift etkilidirler. Çift etkili pompalarda, pistonun her gidiş ve gelişinde yani tek periyotta klepe hareketleri ile hem emme hem de basma işlevi yerine getirilir. Çamur pompaları, çoğunlukla dublekste denilen iki pistonludurlar.

Çamur pompaları emme basma prensibi ile çalışırlar. Pistonlar geri hareketlerinde çamuru tanktan emerek ileri harekette dolaşım hattına basarlar. Çalışma sırasında pompa çıkışındaki çamur basıncı emme periyodunda düşer, basma periyodunda yükselir. Bu iniş çıkışlar dolaşım hattında titreşimlere neden olur. Pistonların ileri-geri hareket zamanları farklı seçilerek basınç yükselim ve düşümleri bir ölçüde dengelenir. Pompa çıkış ucuna bağlanan “basınç dengeleme silindiri” ile basınç oldukça iyi bir şekilde düzenlenir.

Kuyunun derinliğine ve basılacak çamur miktarına göre sondajlarda birden fazla pompa kullanılabilir. Ayrıca, yedek pompada bulundurulabilir.

Pompa seçimi aşağıdaki parametreler ışığında yapılır.

Çamur debisi (lt/dak)

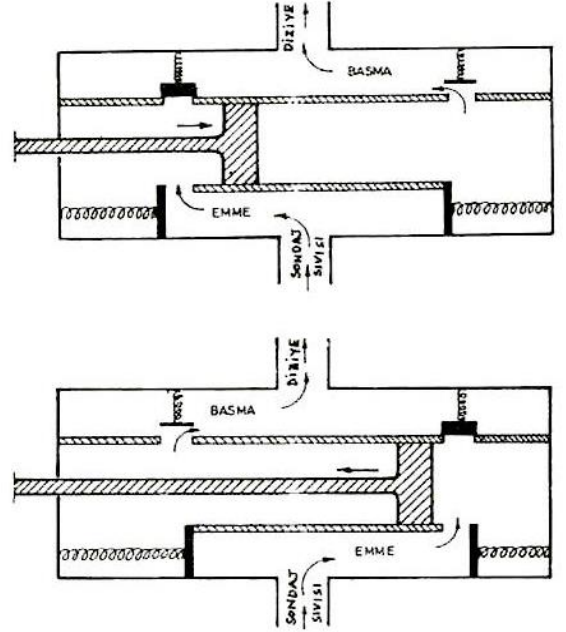
Pompa çıkış basıncı (bar)

Piston çapı (mm)

Strok sayısı (hız, 1/dak)

Güç (KW)

Strok hacmi (lt)



Çamur pompası çalışma düzeni

Pompalardaki piston çapı değiştirilerek basılacak çamurun debisi ve pompa basıncı ayarlanabilir. Küçük silindirlerin kullanımı debiyi azaltır, basıncı artırır. Derin sondajlarda sondaj çamurunun dolaşımı için basınç artışı gerektiğinden daha küçük olan silindirler kullanılır. Basıncın artışı silindirlerde aşınmayı artırır.

Pompa seçiminde, ekonomik faktörler göz önünde bulundurulmalı ve gereğinden büyük kapasiteli pompa seçilmemelidir. Çalışma esnasında pompaların emniyet subaplarının sık sık kontrol edilmesi pompaların en önemli bakım işidir.

Silindir çapı mm. (inç)		184.2 (7 ^{1/4})	177.8 (7)	171.5 (6 ^{3/4})	165.1 (6 ^{1/2})	152.4 (6)	139.7 (5 ^{1/2})
Maksimum pompa çıkış Basıncı, bar		225.0	241.1	259.4	279.8	328.3	351.5
Pompa hızı Strok/dak	Maksimum güç kW	Hidrolik güç kW	1/dak	1/dak	1/dak	1/dak	1/dak
140	1392	1253	2542	2178	2955	2741	2335
120	1193	1074	2178	2724	2533	2349	2002
100	994	895	1815	2270	2111	1958	1668
80	796	716	1452	1816	1689	1566	1334
60	596	537	1089	1362	1267	1175	1001
40	397	358	726	908	844	788	667
Strok boyu 305 mm (12") Hacim/strok,		24.4	22.7	21.1	19.6	16.7	14.0

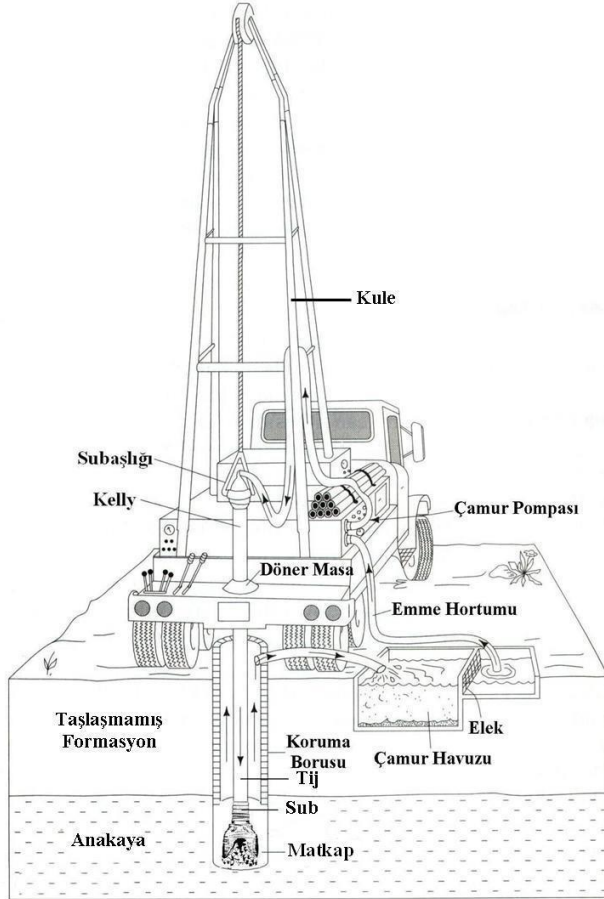
Derin sondajlarda kullanılan tipik bir çamur pompasının teknik özellikleri

Piston çapı (inç)	Basınç (psi)	Strok (spm)		Debi (gpm)		Max güç (HP)
		Normal	Max	Normal	Max	
7 ^{1/2}	182			372	420	
7	209			323	365	
6 ^{1/2}	242	62	70	277	313	53
6	284			235	266	
5 ^{1/2}	338			196	222	
5	409			161	182	

Sığ sondajlarda kullanılan tipik bir çamur pompasının teknik özellikleri

12 Düz Çamur Dolaşimli Sondaj Tekniği

Düz çamur dolaşimli sondaj tekniği, döner sondaj yöntemlerinin bütün bileşenlerini bünyesinde bulunduran ve sondajcılıkta en çok kullanılan yöntemlerden birisidir. Büyük kapasiteli petrol sondajlarından en basit su sondajlarına kadar uygulama alanı bulmaktadır. Yöntem, çamur pompası tarafından havuzdan çekilen ve basılan sondaj çamurunun takım elemanları içerisinde girerek kuyu boşluğundan geri dönmesi ilkesine dayanmaktadır.



Düz çamur dolaşimli sondajın genel görünümü

DÜZ DOLAŞIMLI SONDAJDA ÇAMURUN GÖREVLERİ

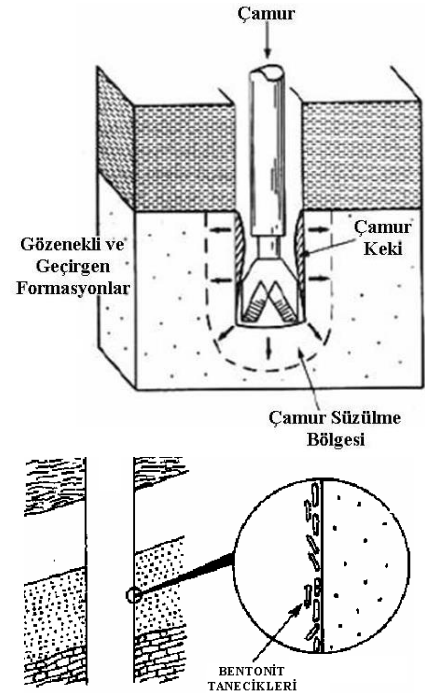
Sondaj çamurunun görevlerini şöyle sıralayabiliriz;

- * Kuyu duvarını sıvamak suretiyle kuyuyu koruma altına almak
- * Matkabı soğutmak
- * Matkabın kestiği kırıntıları kuyu dışına atmak suretiyle kuyu ve matkabı temizlemek
- * Kuyu duvarında oyuklar oluşmasını önlemek
- * Formasyonu yumuşatmak
- * Formasyon basıncını yenmek-önlemek
- * Kullanılan teçhizatı yağlamak
- * Sondaj teçhizatındaki aşınmayı ve paslanmayı azaltmak
- * Takım ve muhafaza borularının hareketini kolaylaştırmak

*Yüze çıkardığı kırıntıların çamur havuzunda çökelmesine imkan tanımak ve bu kırıntılardan jeolojik bilgi edinilmesini sağlamak

Kuyu duvarını sıvamak suretiyle kuyuyu koruma altına almak

Çamur, matkap üzerindeki gerilmenin yatay bileşeni ve çamur sütununun basıncıyla, kuyu duvarında bir sıva (kek) meydana getirir. Çamurun jel özelliği sayesinde bu sıva hava(gaz) ve su geçirmeme gibi bir özelliğe sahiptir. Bu özellik sayesinde delinen formasyonlardan gelebilecek sıvı ve gazlara karşı kuyu koruma altına alınmış olur. Bu sıvanın belirli bir kalınlıktan az veya fazla olması gerekebilir. Bu sıva sayesinde, kuyuda borulama yapılmış gibi sondaja hiçbir sorunla karşılaşılmeden devam edilebilir.



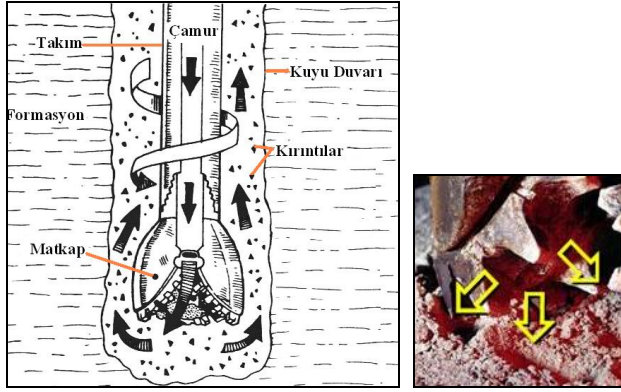
Çamurun kuyu duvarında sıva oluşturmaması ve kuyuyu koruma altına alması

Matkabı soğutmak

Matkap, formasyonu gerilme altında dönerek kestiği için ısınır. Soğutulmaması durumunda kısa sürede delme işlemi yapamaz ve kullanılamaz hale gelir. Çamur, matkabın bu kısa sürede iş yapamaz ve kullanılamaz hale gelmesini engellemek için onu soğutma görevini üstlenir. **Matkabın kestiği kırıntıları kuyu dışına atmak suretiyle kuyu ve matkabı temizlemek**

Sondaj çamuru, kırıntıların özgül ağırlığına da bağlı olarak, genellikle en çok 1 cm tane boyuna sahip parçaları kuyu dışına atabilir. Fakat bazı formasyonların delinmesi sırasında, kullanılan matkabın cinsi, matkaba verilen baskı ve dönüş sayısına bağlı olarak matkabın

formasyondan kopardığı kırıntılar daha büyük tane boyunda olabilir. Viskozitesi sudan yüksek olan çamur bu kırıntıları kolaylıkla sürükler ve kuyu dışına taşır.

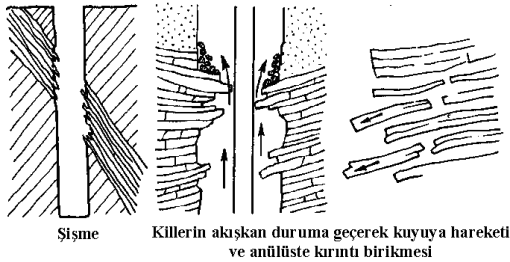
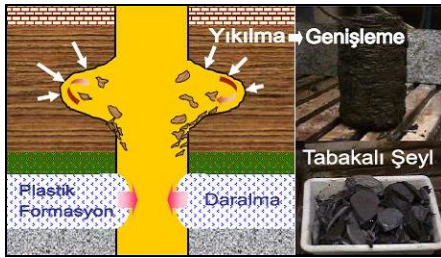


Kuyu temizleme işlemi

Çamur geçici durumlarda bu kırıntıların dibine çökmesini de önler. Bu olay Stoke kanununa göre oluşur. Stoke kanununa göre bir sıvı içerisinde asılı halde bulunan tanecikler yerçekimine bağlı olarak düşey hareket yapma eğilimindedirler. Bu düşey hareketin hızı sıvının yoğunluğuna ve viskozitesine, taneciklerin boyutuna ve yoğunluğuna bağlıdır. Sondajda, matkabin formasyondan kopardığı kırıntılar çamur içerisinde asılı halde bulunduğu göre, çamur sütununun yukarıya doğru olan hızı, taneciklerin düşüş hızından büyük olmalıdır. Bu koşul çamur pompasının kapasitesine, çamurun viskozitesi ve yoğunluğuna bağlıdır.

Kuyu duvarında oyulma ve daralma oluşmasını engellemek (Kuyu duraylılığını sağlamak)

Sondaj çamurunun kuyu duvarında oluşturduğu sıva(kek), her yöne eşit basınç ileterek özellikle dağılgan ve gevşek formasyonlarda oyulmaları önler.

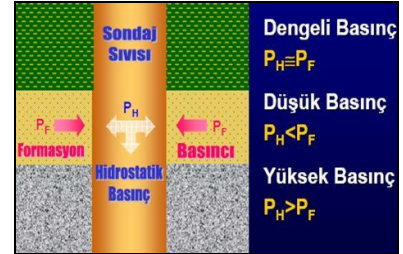


Formasyonu yumuşatmak

Matkapta bulunan memelerden fışkıran çamur, formasyonu ıslatarak yumuşatır. Özel tasarımı matkaplarda fışkırmayı çok daha hızlı olur, bu fışkırmayı formasyonu yumuşatmakla kalmaz aynı zamanda delmeye de yardımcı olur.

Formasyonu basıncını yenmek

Sondaj sırasında bazı formasyonlarda basınçlı sıvı veya gazı rastlanabilir. Sıvı veya gazın kuyuya hücum etmesi sondaj yapmayı imkansızlaştırabileceği gibi, sondaj malzeme ve personeline de zarar verebilir. Kuyu içerisindeki çamur sütununun, bu doğal basınçları denetim altında tutabilmesi için bu basınçları yenebilecek viskozite ve yoğunlukta olması gerekir.



Kullanılan teçhizatı yağlamak

Sondaj çamuru; kuyu duvarında, muhafaza borularında, çamur pompası parçalarında, üç konili matkapların yataklarında ve diğer parçalarda mükemmel bir yağlanma meydana getirir. Bu amaçla bazen çamura % 10'a kadar mazot vb. maddeler katılmaktadır.

Sondaj teçhizatındaki aşınma ve paslanmayı azaltmak

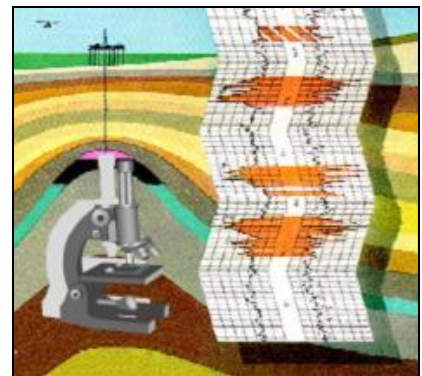
Çamur, yağlama işlemi ile teçhizatın aşınmasını önlediği gibi iyi bir çamur geçtiği bölgelerde paslanmaya da engel olabilir.

Takım ve muhafaza borularının hareketini kolaylaştırmak

Sondaj çamuru yağlama özelliği sayesinde sürtünmeye azaltır, takımın hareketini kolaylaştırır ayrıca muhafaza borularının indirilmesi ve geri çekilmesinde büyük kolaylık sağlar.

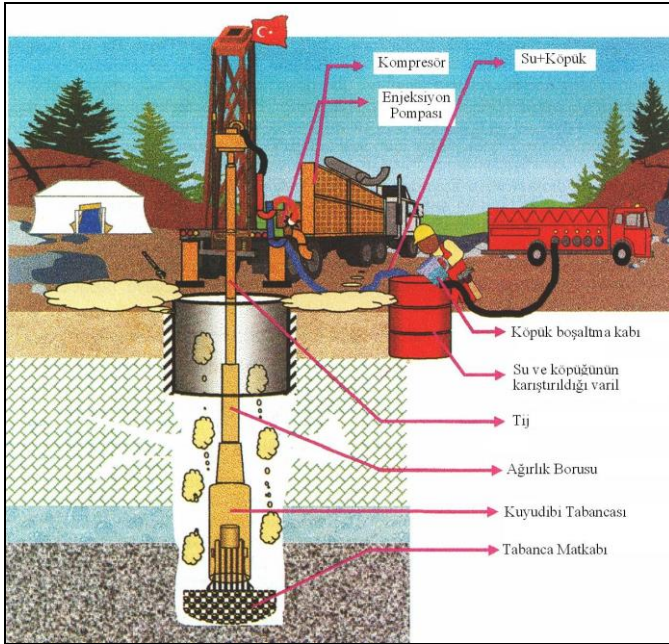
Yüzeye çıkardığı kırıntıların çamur havuzunda çökmesini ve bu kırıntılardan jeolojik bilgi edinilmesini sağlamak

Sondaj çamuru viskozite ve yoğunluğunun işlevi sonucu, bünyesinde tuttuğu ve kuyu içerisinden yerüstüne getirdiği kırıntıları belli bir süre sonra dinlendirme havuzuna bırakır. Yerüstüne gelen bu kırıntılardan delinen formasyonlar hakkında bilgi edinilir.



13 Havalı Sondaj Tekniği

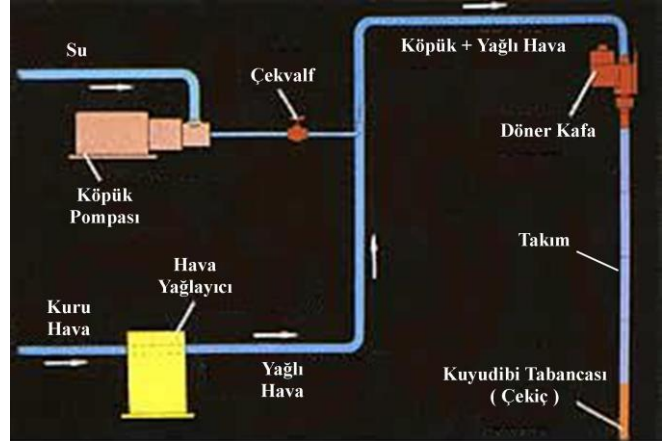
Çatlaklı, mağaralı, boşluklu orta sert, sert ve çok sert formasyonlar çamurlu döner sondaj yöntemi ile delinirken, dolaşım çamuru kayıpları(kaçak) olmaktadır. Bu kaçak sebebiyle ilerleme hızları azalır. İlerlemeye dolaşım sağlanmadan devam edilmeye çalışılması durumunda ise, matkap kesintileri kuyu dışarısına atılmadığı için takım sıkışma riski ortaya çıkar. Bu dolaşım kaybı sebebiyle, sondaja çamurlu sistem ile devam etmek olanaksızlaşır. Bu tür formasyonların bulunduğu sahalarda havalı sondaj tekniği kullanılarak sondaj yapmak en uygun yöntemdir. Havalı sondaj tekniği ile bu tür arazilerde sondaj yapmak daha kolaydır. Havalı sondaj tekniği kullanılarak, döner sondaj yöntemi ile delinmesi uzun süren masif, kırıklı ve mağaralı formasyonlarda ilerleme hızlarını artırıp, kuyuyu daha kısa sürede bitirmek olasıdır. Döner çamurlu sondaj yöntemi ile delinmesi 1-2 ay süren bir kuyu, havalı sondaj tekniği ile 2-3 gün gibi bir sürede delinebilmektedir. Havalı sondaj tekniği, döner-darbeleri sondaj tekniği, kuyudibi çekiçli sondaj, dipten darbeleri sondaj yöntemi olarak da bilinmektedir.



Havalı sondajın genel modeli

Havalı sondaj ekipmanları, döner sondaj yönteminde kullanılan ekipmanlara ilaveten şu elemanlardan oluşur;

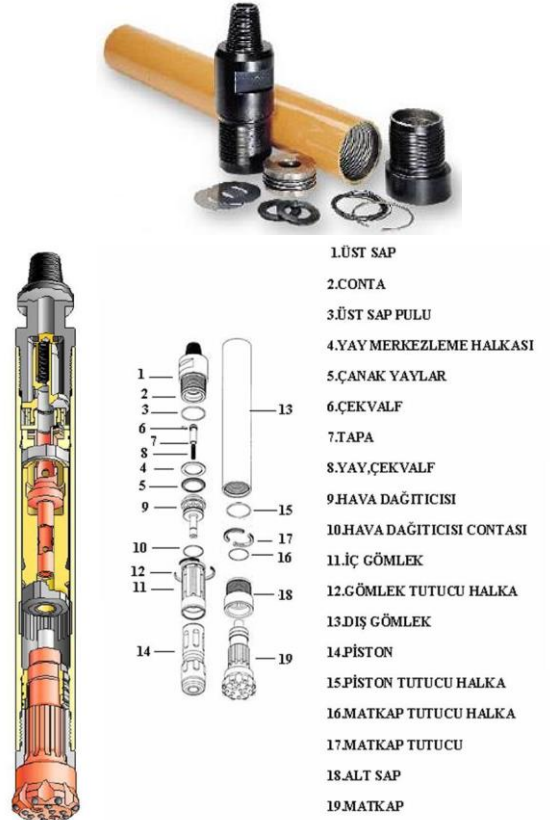
- 1.Kuyudibi Tabancası
- 2.Tabanca Matkabı
- 3.Köpük Pompası
- 4.Kompresör



Havalı sondaj bileşenleri ve sistemin genel şeması

KUYUDİBİ TABANCASI(ÇEKİÇ)

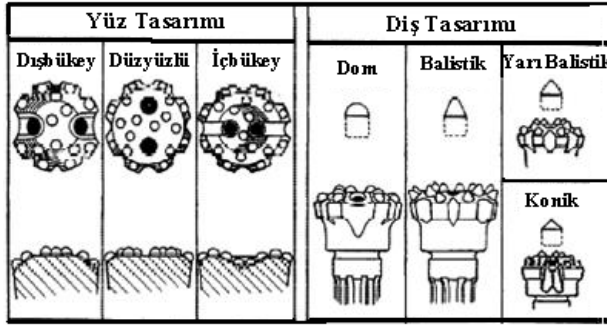
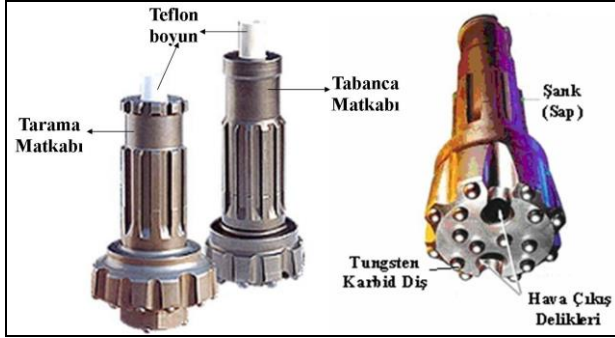
Yöntemin en önemli elemanı olan kuyudibi tabancası, aslında bir silindir içerisine yerleştirilmiş tek pistonlama düzeneğidir. Pistonun her iki yüzeyine sıra ile basınçlı hava uygulanır. Subap mekanizmaları ile düzenlenen bu hava akımı, pistonun büyük bir hızla yukarı aşağı hareketine neden olur. Takım askıda iken darbe subabı açık kaldığı için, gelen hava doğrudan dışarıya çıkar ve darbe hareketi oluşmaz. Kuyudibi tabancaları 7-24 bar basınç ile çalışmaktadır. Bu basınç değerlerinde, formasyona dakikada 600-1600 darbe ile vurmakta ve formasyonu parçalamaktadır.



Kuyudibi tabancasının yapısı

TABANCA MATKABI

Kuyudibi tabancasına bağlanan matkaptır.



İçbükey(Concave) Matkap

Çok sert ve aşındırıcı formasyonlar dışında her formasyonda kullanılabilir. En popüler matkap yüzü tasarımıdır.

Avantajları: iyi ilerleme hızı, iyi kuyu sapma kontrolü, çatlaklı kayalarda dayanıklılık

Dezavantajları: çap kesici uçlarında daha fazla aşınma, diğer tasarımlara göre dişleri taşlamak daha güçtür.

Düz Yüzlü(Flat Face) Matkap

Her tür formasyonda kullanılabilir. Özellikle sert ve aşındırıcı formasyonlarda iyidir.

Avantajları: güçlü tasarım, sert ve aşındırıcı formasyonlarda çelik aşınmasına iyi direnç, iyi ilerleme hızı, taşlaması kolay

Dezavantajları: çatlaklı kayalarda kuyu sapması

Dışbükey(Convex) Matkap

Orta sert formasyonlarda kullanılırlar. Bu tip, diğer tiplere göre daha yeni bir tasarım olup, daha popülerdir.

Avantajları: çok iyi ilerleme hızı, iyi kuyu sapması kontrolü, büyük kesintiler alma ve iyi kuyu temizliği, çelik aşınmasına çok iyi direnç gösterir.

Dezavantajları: taşlamak zordur, daha sert formasyonlarda çap kesici uçları daha çabuk aşınır.

Ortası Çukur(Drop Center) Matkap

En iyi verim orta sert formasyonlarda sağlanır.

Avantajları: merkezindeki derin oluk sayesinde çok düzgün kuyular açılmasına olanak sağlar, iyi ilerleme hızı

Dezavantajları: ortasındaki derin oluk nedeniyle diğer tasarımlar kadar dayanıklı değildir.

Tarama Matkabı; Küçük çaplı matkapla açılan kuyuyu genişletmek için kullanılan matkaptır.

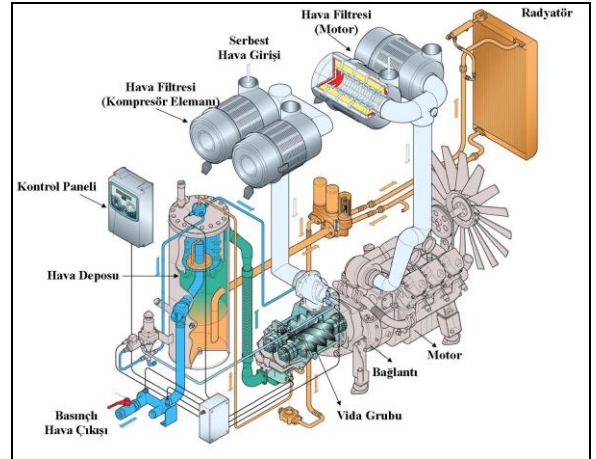
KÖPÜK POMPASI

Havali (döner-darbeleri) sondaj yönteminde, kompresör tarafından kuyuya basılan havanın kırıntı taşıma gücünü artırmak amacıyla kuyuya köpük enjeksiyonu yapılmaktadır. Bu köpük kuyuya 3 pistonlu, basıncı kullanılan kompresörün basıncından daha yüksek ve genellikle 90 lt/dk debili bir pompa ile basılmaktadır. Bu pompa sondaj makinası üzerine monte edilmektedir.



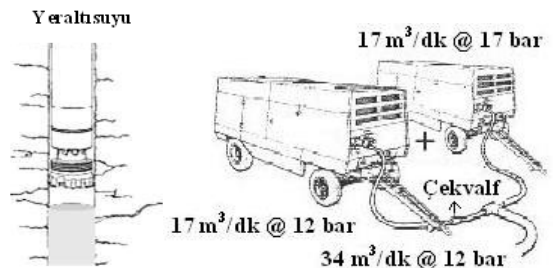
KOMPRESÖR

Havali (döner-darbeleri) sondajda, çamur pompasının yerini kompresör almaktadır. Kompresör, kuyudibi tabancasının çalıştırılması ve kuyu tabanında delme sonrası oluşan kırıntıların kuyu dışına atılması için kullanılan ekipmandır. Havali sondaj çalışmalarında kullanılan kompresörler, genellikle vidalı, iki kademeli, yağ soğutmalı, 12-25 bar ve 700-2000 CFM değerlerindedir. Kompresör seyyar olabileceği gibi makina üzerine de monte edilebilmektedir. Genellikle seyyardır.



Havali sondaj çalışmasının derinliğini kuyu içerisinde oluşacak su sütunu belirlemektedir. Yani; kuyuda yeraltısuyu miktarı arttıkça havali sondaj güçleşmektedir. Belirli bir derinlikten sonra tek bir kompresör ile sondaj yapmak güçleşir. İki veya daha fazla kompresör kullanılarak havali sondaj yapmak mümkündür. Bu durumda, maliyet artışları olur.

Kuyu İçerisindeki



14 Karotlu Sondaj Ekipmanları

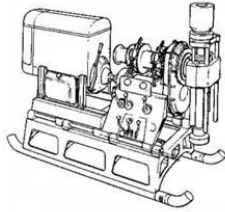
Karotlu sondaj ekipmanları şunlardır;

1. Sondaj Makinası
2. Takım
3. Sirkülasyon Pompası

SONDAJ MAKİNASI

Karotlu sondaj çalışmalarda kullanılan sondaj makinaları, çok çeşitli özellik ve montaj yapılarına sahiptir. Dönüş sistemine göre, morsetli veya döner kafalı sondaj makinaları olarak sınıflandırılabilir.

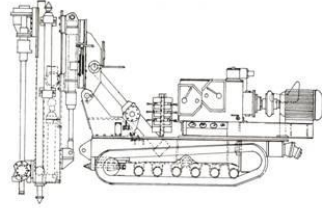
Karotlu sondaj makinaları, çalışılacak proje ve sahanın özelliklerine göre taşıyıcısız olarak kullanılabilir veya platform, kamyon, palet, traktör, duba üzerine monte edilebilir.



Taşıyıcısız, morsetli ve kızaklı sondaj makinası



Kamyon monte, döner kafalı sondaj makinası



Paletli, döner kafalı sondaj makinası



Takım

TAKIM

Karotlu sondaj çalışmalarında, sondaj kuyusunun açılabilmesi ve örnek alınabilmesi için kuyu dışı ve içerisinde bir dizi halinde ve birbirine eklenerek kullanılan ekipmanların tümüne takım denilmektedir. Karotlu sondaj çalışmalarında kullanılan bir takım meydana getiren ekipmanlar üstten alta doğru şu şekilde sıralanır;

1. Su başlığı
2. Tij
3. Karotiyer
4. Portkron
5. Matkap

Su Başlığı

Sondaj sırasında, takımın en üst kısmına bağlanarak kullanılan ve sondaj pompasının bastığı sıvının tijler vasıtasıyla matkap ve kuyu içerisine iletilmesini sağlayan ekipmandır.



Çeşitli subaşlıkları

TİJ

Sondaj makinası tarafından oluşturulan dönme hareketinin ve baskı kuvvetinin matkaba ve dolaşım sıvısının kuyu tabanına iletilmesini sağlayan silindirik şeklindeki ekipmanlara tij adı verilmektedir. Sondaj işleminin en önemli ekipmanlarından olan tijler, üstün kaliteli dikişsiz soğuk çekme çelik borulardan imal edilmektedir. Tijler, birbirlerine manşonlarla veya doğrudan eklenmektedir.



KAROTİYER

Özel ekipmanlar kullanılarak kaya ve zeminlerden alınan silindirik formasyon numunelerine karot denilmektedir. Karotiyer ise, ilerleme sırasında matkabin kestiği karotu içerisine alarak karotun yerüstüne çıkartılmasını sağlayan ekipmandır.



Karotun karotiyere girişi

Bugün, ülkemiz karotlu sondaj çalışmalarında kullanılan üç ana karotiyer çeşidi bulunmaktadır. Bunlar;

1. Tek Tüplü Karotiyerler
2. Çift Tüplü Karotiyerler
3. Wire-Line Karotiyerler

Tek Tüplü Karotiyerler

Tek tüplü karotiyerler, su ile temas ettiğinde sudan etkilenmeyen homojen, sert ve kolay karot alınabilen formasyonlarda kullanılmaktadırlar. Tek tüplü karotiyerler, karotiyer başlığı ve tüpten meydana gelmektedir. B ve G serisi olmak üzere güncel kullanım alanı olan iki tip tek tüplü karotiyer bulunmaktadır.

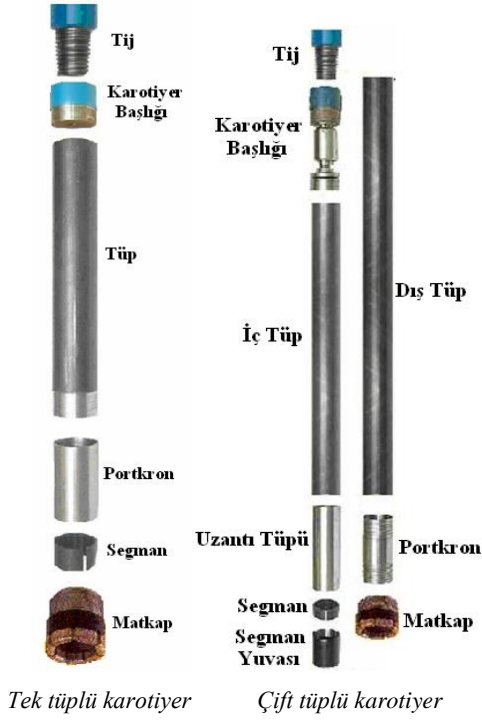
Çift Tüplü Karotiyerler

Çift tüplü karotiyerler, su ile temas ettiğinde dağılan heterojen ve zor karot alınabilen formasyonlarda kullanılmakta, başlık ve iç içe iki tüpten oluşmaktadır. Bu tür karotiyerlerde dolaşım sıvısı, dış ve iç tüp arasındaki açıklıktan geçerek matkaba ulaşmakta ve karotla temas etmemektedir. Dış tüp sondaj esnasında dönerken, iç tüp sabittir. Böylece, karot dönme hareketinden etkilenmemektedir. Dolayısıyla, çift tüplü karotiyerler ile yapılan sondajlarda karot yüzdesi yüksek olmaktadır. T ve M serisi olmak üzere güncel kullanım alanı olan iki tip çift tüplü karotiyer bulunmaktadır.

Wire-Line Karotiyerler(QWL)

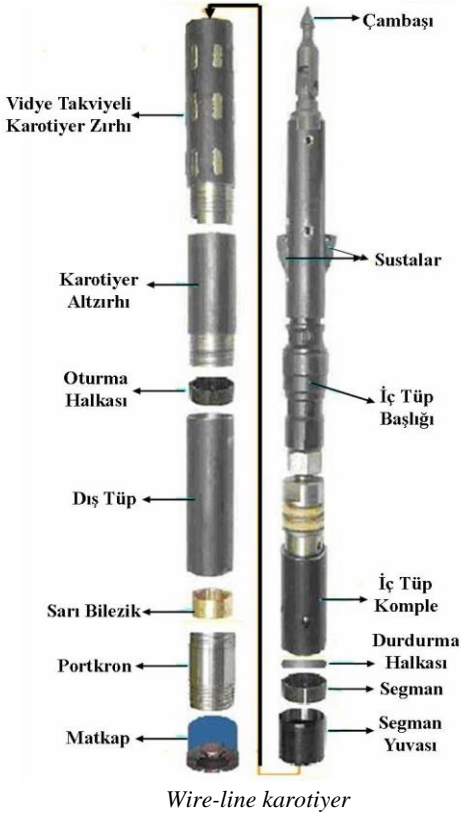
Wireline karotiyerler, genellikle derin karotlu sondaj kuyularında, zamandan tasarruf sağlamak için kullanılmaktadır.

Wire-line karotiyerler, çift tüplü karotiyerlerin benzeridir. Fakat bu tip karotiyerlerde, iç tüp komple bir birim durumundadır. En çok kullanılan wire-line karotiyerler Q serisidir. Farklı serilerde bulunmaktadır.



Tek tüplü karotiyer

Çift tüplü karotiyer

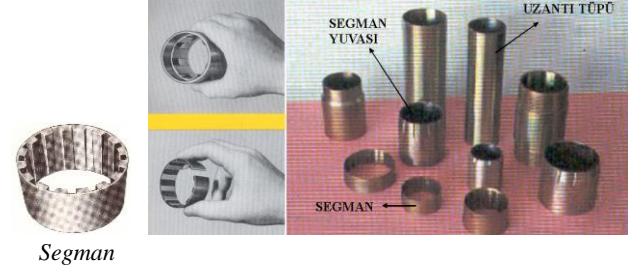


Wire-line karotiyer

Segman(Karot tutucu)

Sondaj çalışmalarında alınan karotun tabandan koparılmasını ve karotiyer kuyu dışına çıkarılırken karotun karotiyer içerisinde kalmasını sağlayan ekipmana segman denilmektedir. Segmanlar

özel çelikten yapılmıştır ve hassas ölçü toleranslarında olup, ısı işlem uygulanması nedeniyle esneme özelliğine sahiptirler.



Segman

Portkron

Karotiyer ile matkabı birbirine bağlayan ekipmandır. Sondajlarda takımın vazgeçilmez ekipmanlarından biri olan portkronun çapı matkap çapından daha geniştir (yaklaşık 0.13-0.38 mm). Delme işlemi sırasında matkap üst kısmında bulunan portkron, kuyuyu genişletir.



Vidyeli portkron



Elmaslı portkronlar

Matkap

Karotlu sondaj çalışmalarında çok değişik tip ve özellikle matkaplar kullanılmaktadır. Matkap tipini, kullanılacağı formasyonun özellikleri belirlemektedir. Karotlu kaya sondajlarında; genellikle yumuşak formasyonlarda vidyeli matkaplar, orta sert ve sert formasyonlarda yüzeyden taneli elmaslı matkaplar, kırıklı ve aşındırıcı formasyonlarda da emprenye elmaslı matkaplar kullanılmaktadır. Zemin sondajlarında ise, genellikle vidyeli, üç konili, kapalı kademeli ve kanatlı matkapların kullanıldığı söylenebilir.



Vidyeli matkap



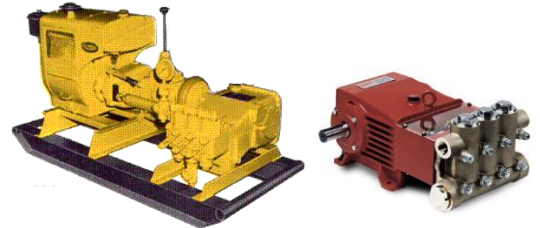
Elmaslı matkaplar



Diğer matkaplar

Sirkülasyon Pompası

Karotlu sondaj çalışmalarında, matkabın soğutulması ve delme işlemi sonucunda oluşan formasyon kırıntılarının kuyu dışına atılması için ihtiyaç duyulan dolaşım sıvısının uygun basınç ile kuyu içerisine basılmasını sağlayan ekipman sirkülasyon pompasıdır. Bu işlemleri gerçekleştirmek için karotlu sondaj çalışmalarında genellikle üç pistonlu(tripleks) pompalar kullanılmaktadır.



Karotlu sondajlarda, problemsiz ilerleme sağlamak ve daha derin sondaj yapabilmek için muhafaza boruları kullanılmaktadır.

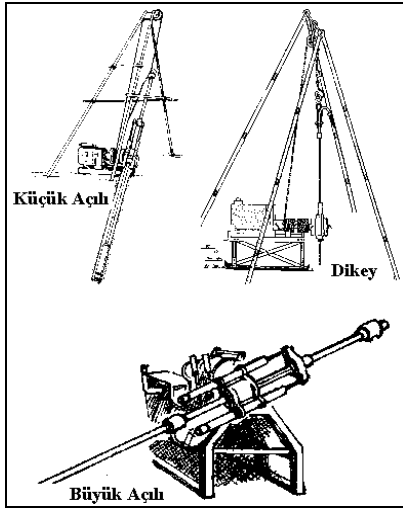
15 Karotlu Sondaj Tekniği

Karotlu sondajlar, kaya ve zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi (çatlak, dolgu, eklem sistemleri vb.) ve laboratuarda bir takım deneylerin yapılabilmesi veya bir maden sahasının aranması, değerlendirilmesi ve işletilebilirliğinin araştırılması amacıyla özel ekipmanlar kullanılarak yapılan sondajlardır.



Karotlu sondajın genel modeli

Karotlu sondajlar, genellikle dikey olarak yapılmaktadır. Fakat, bazı jeoteknik ve maden arama projelerinde açılı sondaj kuyuları gerekebilir. Bu kuyular, düşey veya yatay eksen ile birkaç derece veya daha büyük açılı olabilmektedir.



Karotlu sondaj yönleri

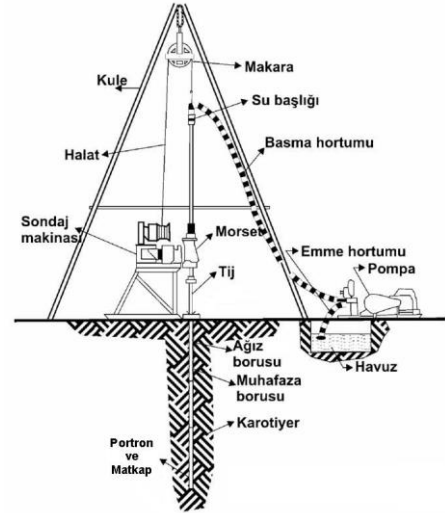
Karotlu sondajlar, konvansiyonel ve wire-line yöntem olarak ikiye ayrılabilir. Bu iki karotlu sondaj yönteminde; amaç, makina ve ekipman hazırlığı aynıdır. Aralarındaki fark, kullanılan ekipmanlar ve karotun alınma şeklidir.

KONVANSİYONEL KAROTLU SONDAJ TEKNİĞİ

Karotlu sondaj çalışmalarında, karot alınabilmesi için kuyu içi ve dışarısında kullanılmak üzere değişik özellikte ekipmanlara gereksinim duyulmaktadır. Basit olarak takımın en alt ucunda bulunan matkap, sondaj makinasının morseti tarafından ve takım aracılığı ile döndürülmektedir. İlerleme için gerekli olan baskı, sondaj makinasının morseti tarafından takım üzerine uygulanmaktadır. Matkabin formasyon içerisine girmesi ile delme işlemi başlar.

Matkabin içi boş olduğu için delinen formasyonun bir bölümü, silindirik şeklinde kesilerek önce matkabin daha sonrada matkabin üst kısmında bulunan karotiyer içerisine girer. Bu silindirik şeklindeki formasyon örneğine, karot adı verilmektedir. Belli bir uzunluğu olan karotiyer dolduğu zaman, tüm takım çekilerek kuyu dışarısına alınmaktadır. Matkap veya karotiyerin iç kısmında

bulunan segman, karotu sıkı bir şekilde kavrayarak tutar ve manevralar sırasında karotun karotiyer içerisinden çıkmasını engeller. Matkabin formasyonu kesmesi sırasında, takım içerisinden pompa aracılığıyla su veya sondaj sıvısı basılmaktadır. Sondaj sıvısı, matkabin soğumasını ve kuyu tabanında yer alan kırıntıların kuyu dışarısına atılmasını sağlar. Konvansiyonel takımların tamamı, karot çapından bağımsız olarak aynı temel uygulama özelliklerini taşır ve karotun karotiyerden çıkartılması için karotiyer her dolduğunda takımın kuyudan tamamen çekilmesi gereklidir.



Konvansiyonel karotlu sondajın genel modeli



Sondaj İşlemi



Karotun karotiyerden çıkartılması ve karot sandığına yerleştirilmesi

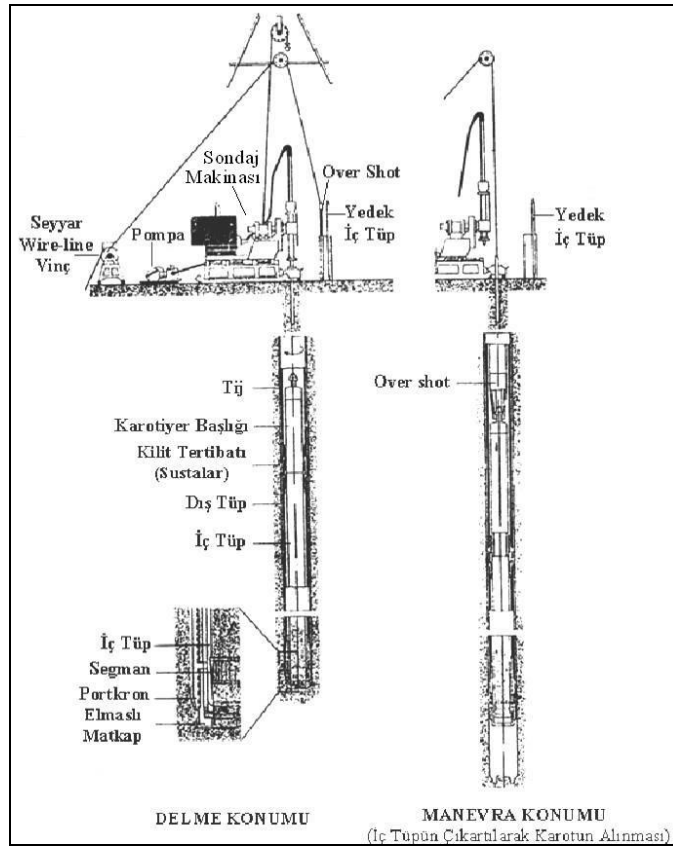
Karotlu sondajın yapılışı

WIRE-LINE KAROTLU SONDAJ TEKNİĞİ

Wire-line karotlu sondaj tekniğinin esasını, delme işlemi sonucunda elde edilen karotun kuyu dışarısına alınması için, tijlerin kuyu dışarısına çıkarılmasına gerek olmaması oluşturmaktadır.

Wire-line karotlu sondajlarda kullanılan tijler, dış tüp ile aynı ölçüdedir ve iç tüp tijlerin içerisinde kolayca hareket edebilmektedir. Wire-line sondaj tekniğinde, iç tüp karot ile dolduktan sonra, ince bir çelik halata bağlı olan ve over shot (olta) adı verilen ekipman kuyuya indirilir. Over shot, iç tüp başlığının üst kısmında bulunan ve çam ağacı adı verilen parçayı kavrar. Halat kuyu dışına çekildiğinde, iç tüpün dış tüp içerisinde sabit bir şekilde durmasını ve geriye kaçmamasını sağlayan sustalar kapanır ve iç tüp serbest kalır. Daha sonra halat çekilmeye devam edilerek karotla dolu ve over shot ile tutulmuş olan iç tüp, tijlerin içerisinden kuyu dışına alınır.

İç tüp boşaltılarak bakım ve kontrolü yapıldıktan sonra, tijler içerisinden halatla kuyu tabanına gönderilir. Kuyuda su varsa, iç tüp doğrudan doğruya tijlerin içerisinden atılır. Su kaçağı var veya kuyu kuru ise, over shot çelik halat ile indirilir. İç tüp dış tüp içerisine oturduğunda, iç tüp başlığında bulunan sustalar kendiliğinden açılarak iç tüpün sabitletmesini ve geriye doğru gitmesini önler. Bu işlem sonrasında, karotlu sondaj çalışmasına devam edilir.



Wire-line karotlu sondajın genel modeli

Wire-line karotlu sondaj tekniği, pek çok avantajlar sağlamaktadır. Diğer takımlar kullanılarak çeşitli nedenlerle başarıya ulaşılamayan kuyularda, wire-line takımlar kullanılarak tam bir başarı elde edilmesi mümkün olabilmektedir. Wire-line takımların sağladığı avantajlar genel olarak şunlardır;

1. Zamandan ve işçilikten tasarruf
2. Metrajın artması
3. Kuyu yıkıntılarının azalması
4. Elmalı matkap ömrünün artması
5. Karotlu ilerleme miktarının artması
6. Karot yüzdesinin artması

Konvensiyonel ve Wire-line Karotlu Sondaj Tekniklerinin Karşılaştırılması

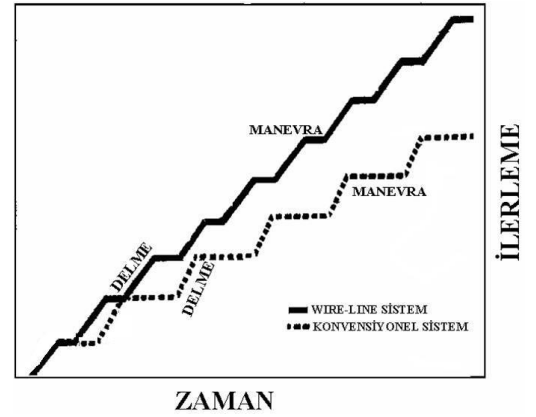
1. Wire-line karotlu sondaj, sığ kuyularda dahi konvensiyonel sondaja oranla daha yüksek verim sağlamaktadır

2. Wire-line karotlu sondaj, yatırım maliyetlerini daha kısa sürede amorti etmektedir

3. Konvensiyonel sondajda, karot alım işlemleri için takımın kuyuya indirilmesi ve kuyudan çıkarılması nedeniyle oluşabilecek kuyu bozulmaları ve yıkıntıları jeolojik şartlara bağlı olarak önemli bir faktör olabilir

4. Kullanım kolaylığı, daha hafif ekipman sayesinde güvenlik ve sondör yorulması azalmaktadır

5. Birim zamanda yapılan ilerleme miktarı daha fazladır
Wire-line takımlar, pahalı olmaları ve kuyular derinleştikçe avantajlarının artması sebebiyle tercihen derin kuyularda kullanılmalıdır. Genellikle 50 m derinliğe kadar olan sondaj kuyularında, bu takımlar yararlı olmamakta hatta pahalı olmaları nedeniyle sondaj maliyetinin artmasına bile sebep olmaktadır. Fakat, formasyon şartlarının zorlaması ve karot yüzdesinin artırılma gerekliliği vb. gibi gerekçelerle sondaj kuyuları sığ olsa da wire-line takımlar tercih edilebilmektedir.

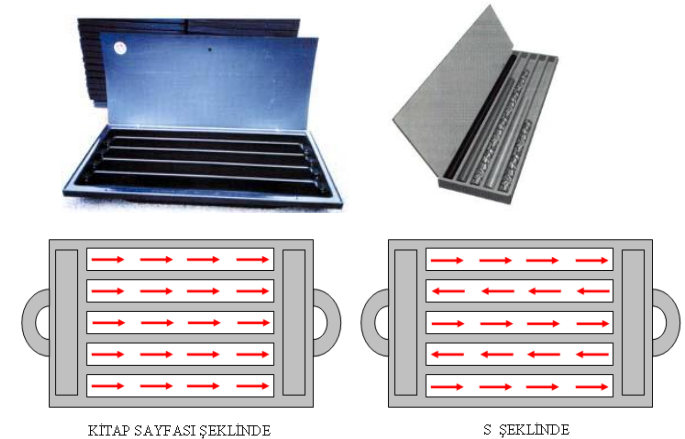


Konvensiyonel ve wire-line karotlu sondajların karşılaştırılması

Kesin veri sağlayan ve en pahalı işlem karotlu sondajlardır. Karotlu sondajlarda derinlik arttıkça sondaj koşulları zorlaşmakta, sondaj süresi ve maliyeti artmaktadır. Sağlıklı ve ekonomik bir karotlu sondaj yapabilmek için, en uygun koşulların belirlenmesi gereklidir. Karotlu sondajlarda, mümkün olan en iyi delme hızını ve en yüksek karot yüzdesini elde etmek temel hedef olmalıdır. Delme hızı ve karot yüzdesinin yüksek olması; mevcut donanım, delinecek formasyon özelliklerine ve kalifiye personele bağlıdır.

KAROT SANDIKLAMA

Karotiyer içerisinden çıkarılan karotun tanımlanması, özelliklerinin belirlenmesi amacıyla deney veya analiz yapılması aşamasına kadar muhafaza edilmesi için korunduğu tahtadan veya sert plastikten yapılan sandıklardır. Karot sandıkları, alınan karot çapına uygun olmalıdır.

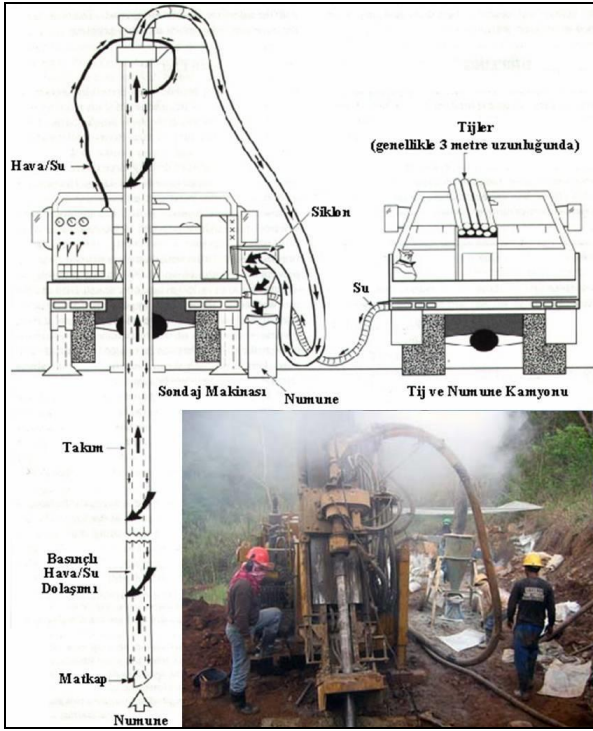


Karot sandığı ve karotların sandığa yerleştirilme şekilleri

16 Ters Dolaşimli Kuyudibi Tabancalı Sondaj Tekniği

ÇİFT DUVARLI TİJ İLE TERS DOLAŞIMLI SONDAJ

Çift duvarlı tij ile ters dolaşimli sondaj, 1970'lerden sonra kullanılmaya başlanmış, kirlenme ve ciddi örnek kayıpları olmadan büyük boyutlu örnek alınabilen sondaj yöntemidir. Sondaj akışkanı olarak su veya basınçlı hava kullanılabilir. Yöntem burgulu, döner ve darbeli sondaj makinaları üzerinde uygulanabilir. Saatte 40 m'ye varan ilerleme hızlarına ulaşılabilir. Bu üstünlüklerine karşın çift duvarlı tijler ve özel donanım, büyük kapasiteli kompresör kullanılmasını gerektirmesi bu sistemi pahalı bir yöntem yapar. Pahalılıktan kastedilen ilk yatırımın yüksekliğidir.



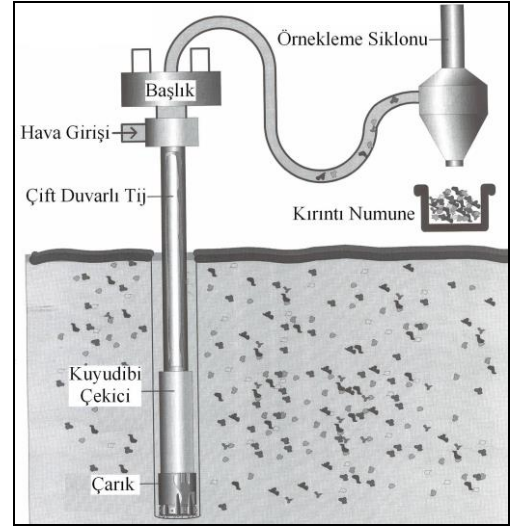
Ters dolaşimli sondaj

TERS DOLAŞIMLI KUYUDİBİ TABANCALI(ÇEKİÇLİ) SONDAJ YÖNTEMİ

Maden aramaya yönelik sondajlar, genellikle karotlu sondaj ile yapılmaktadır. Fakat bir maden işletmesinde, arama aşamasından sonra, işletme projesine yönelik cevher yatağının tenör dağılımının detaylı bir şekilde saptanması gereklidir. Yatağın tenör durumunun detaylı olarak saptanabilmesi için ise, sık aralıklı sondajların yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Böyle bir sondaj programının karotlu sondaj ile ne denli pahalı olacağı ortadadır. Böylesine bir durumda, ekonomik bir seçenek olarak ters dolaşimli kuyudibi tabancalı sondaj yöntemi yaygın kabul görmektedir.

Ters dolaşimli kuyudibi tabancalı sondaj, sürekli olarak formasyondan numune alma imkanı sağlayan, kırıntı taşıyıcı olarak hava, su, köpük kullanılan sondaj yöntemidir. Bu yöntemde, kompresör tarafından üretilen hava, çift duvarlı tij içerisinde geçerek matkaba ulaşır. Kırıntılar ise çift duvarlı tij merkezinden başlık aracılığıyla yüzeydeki bir siklona iletilir ve torbalara alınır.

Çift duvarlı tij tasarımı, havanın dolaşım akışkanı olarak kullanılmasına olanak sağlar. Hava dış kısımdaki borunun içerisinde, hava dolaşım akışkanı olarak ve kuyudibi tabancasını çalıştırmak için kullanılmaktadır.



Su + Kırıntı Numune + Hava

Su + Hava

Siklon

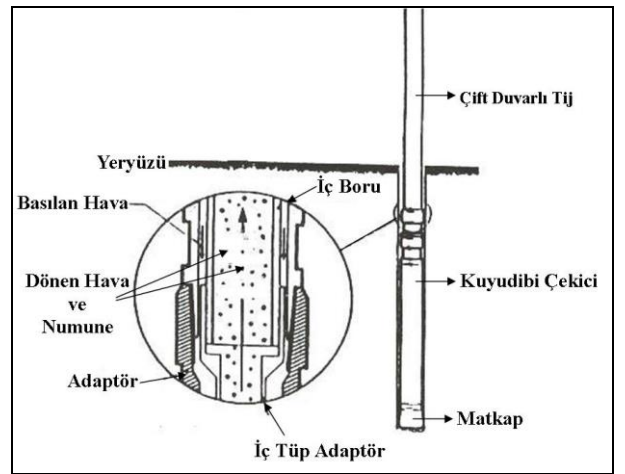
Kırıntı Numune

Numune Torbası



Ters dolaşimli sondajda numune alınma şekli

Yöntemin kalbi, aşağıdaki şekilde daire içerisinde alınarak detaylandırılan kuyudibi tabancası ile çift cidarlı tij bağlantı noktasıdır.



Ters dolaşimli sondajda tij ve kuyudibi tabancası bağlantı noktası

Bu yöntemle derinliği bilinen noktalardan, karışıklık olmadan numune alma güvencesi sağlanmaktadır. Ayrıca, yapılan karotlu sondajlara oranla yaklaşık 10 misli daha hızlı örnek alınabilmektedir.

Karotlu ve ters dolaşimli kuyu dibi çekiçli örnek alma yöntemlerinin karşılaştırılması

Özellik	Karotlu Sondaj	Ters dolaşimli kuyu dibi çekiçli yöntem
Örnekleme	- Komple blok karot örnek - Formasyon hakkında bütün bilgiler sağlanır	- Kırıntı örnek - Parçali - Formasyonun fiziksel ve yapısal özellikleri hakkında bilgi elde edilemez
Formasyon	Sağlam formasyonlarda	Her tür formasyonda
Kırıntı Taşıyıcı	Su	-Hava -Su,köpük,bentonit ve çamur
Delme Hızı	Yavaş(aralıklı numune)	Hızlı(DTH sisteminde sürekli numune)
Maliyet	Pahalı matkap ve düşük delme hızı nedeniyle yüksek maliyet	Yüksek ömürlü matkap ve hızlı delme sayesinde düşük maliyet
İl Yatırım	İlk yatırım maliyeti düşük	İlk yatırım maliyeti yüksek
Nakliye	Boyutları küçük olduğu için her mekanda kullanılabilir	Boyutları büyük olduğu için yol şartları önemlidir.

KULLANILAN EKİPMANLARIN TİPİK ÖZELLİKLERİ

Sondaj Makinası

Ters dolaşimli sondaj çalışmalarında genellikle hidrolik kontrollü, döner kafalı tip sondaj makinalarının tercih edildiği söylenebilir. Siklon, makina üzerine monteli veya seyyar olabilmektedir. Dönme işlemini ve havanın sisteme girişini sağlayan başlık özeldir. Bu başlık normal sondaj makinalarına ilave edilerek, makine ters dolaşimli sondaj ile çalışabilir şekilde getirilebilir.



Sondaj makinası



Siklon



Başlık

Tijler

Ters dolaşimli kuyu dibi çekiçli yöntemde, gömme bağlantılı çift duvarlı tijler kullanılmaktadır. Bu tijlerde hava tijin dışına çıkmamaktadır. Hava akımı, tijin iki duvarı arasında olmaktadır ve sadece matkabın hemen yanındaki kısımda kuyu duvarı ile temas etmektedir. Maden arama sondajlarında kullanılan matkap ölçüleri 5 1/8"-5 1/2"(130-140 mm), çift duvarlı tij çapları ise matkap çaplarından 1/2"-1" daha küçük olması gerekmektedir. Böylece, kuyu duvarı ile tij dış kısmından oluşabilecek dolaşım engellenmiş olur.

Çift duvarlı sondaj yönteminde kullanılan tij çapları şunlardır;

3 1/2" Dış Çap x 1 3/4" İç Çap

4 1/2" Dış Çap x 2 1/2" İç Çap

5 1/2" Dış Çap x 3 1/4" İç Çap

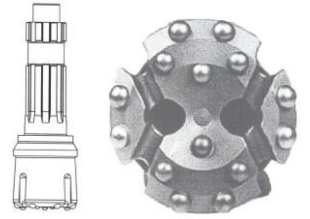
En yaygın kullanılan 4 1/2" çapındaki tijlerdir. Dış boruları bağlamak için erkek ve dişi takım bağlantıları kullanılır. O halkalı bir bağlantı manşonu, iç duvarlar arasındaki bağlantıyı sızdırmaz hale getirmektedir.



Çift duvarlı tij

Kuyudibi Tabancası(Çekiç) ve Matkabı

Ters dolaşimli kuyudibi tabancalı yöntemde, standart kuyudibi tabancası veya çift duvarlı ters dolaşimli sondaj için özel olarak geliştirilmiş kuyudibi tabancaları kullanılmaktadır. Kullanılan matkap çapları genellikle 5 1/8"-5 1/2" (130-140 mm)'dir.



Tipik bir kuyudibi tabancası ve matkabı

Kompresör

Çift duvarlı tijler ile yapılan sondaj çalışmalarında, genellikle 7-24 bar basınçlı, çift kademeli vidalı tip kompresörler kullanılmaktadır.

Çift duvarlı sondaj yönteminin avantajları şunlardır;

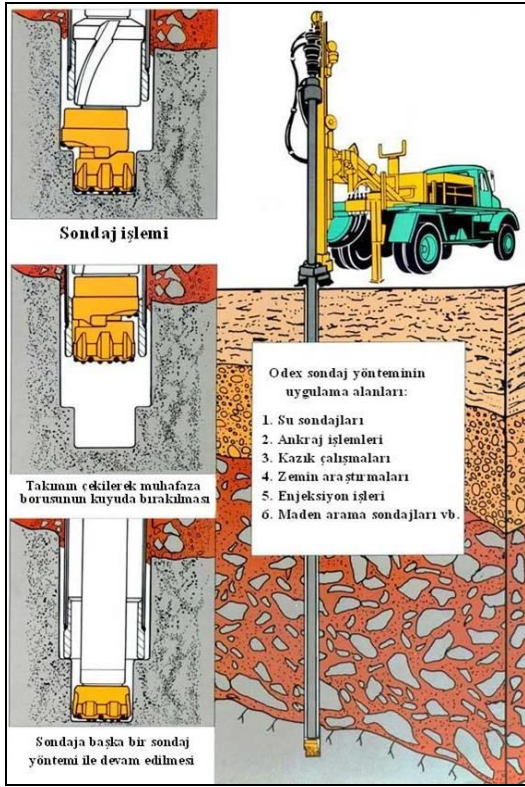
1. Sürekli olarak formasyonu temsil eden örnekler elde edilebilir
2. Alüvyon çökellerde veya kırıklı-çatlaklı formasyonlarda yüksek hızlı ilerleme yapılabilir
3. Kırıklı-çatlaklı formasyonlarda klasik sondaj yöntemleri ile yaşanan dolaşım kaybı sorunları yaşanmaz
4. Kuyuda yıkılma-göçme problemleri yaşanmaz.

Çift duvarlı sondaj yönteminin dezavantajları ise şunlardır;

1. Sondaj ekipmanının ilk yatırımı yüksektir
2. Sistem dar çaplı kuyularla sınırlıdır
3. Sistem alüvyonal çökellerde yaklaşık 365 ile 425 m, sert ve kırıklı formasyonlarda ise 610 m'ye kadardır
4. Yetişmiş iş gücüne ihtiyaç duyulur.

17 Odex Sondaj Yöntemi

Odex sondaj yöntemi, sondaj esnasında muhafaza borularının döndürülmeden örtü tabakası boyunca kuyuya yerleştirilmesi prensibine dayanır.



Odex sondaj yönteminin genel ilkesi ve kullanım alanları

Sondaj esnasında ODEX'in pilot ucu üzerinde bulunan genişletici açılır ve muhafaza borusunun dış çapından daha büyük bir delik açar. İstenilen derinliğe ulaşıldıktan sonra ters yöne yarım tur döndürülerek genişletici uç en küçük çapına getirilir ve böylece kuyuda bırakılan muhafaza borusunun içinden yukarı çekilir.



Odex sondaj yöntemi işlem basamakları

Aşağıdaki zorluklardan bir veya birkaçı ile karşılaşıldığında ODEX yöntemi kullanılmalıdır.

- Örtü tabakalarına muhafaza borularının indirilmesi işlemlerinde
- Örtü tabakalarında blok halinde taşlar mevcutsa
- Zemin kalitesi bozuksa

ODEX sondaj yönteminin avantajları:

1. Kuyu sondaj esnasında emniyete alınır
2. Bu yöntemle her türlü örtü tabakasında ve farklı derinliklerde sondaj yapılabilir
3. Kesici ve genişletici takım kuyudan çıkarılabilir. Bu nedenle:

- Ucuz veya kısmen özelliğini kaybetmiş muhafaza boruları kuyuda bırakılabilir

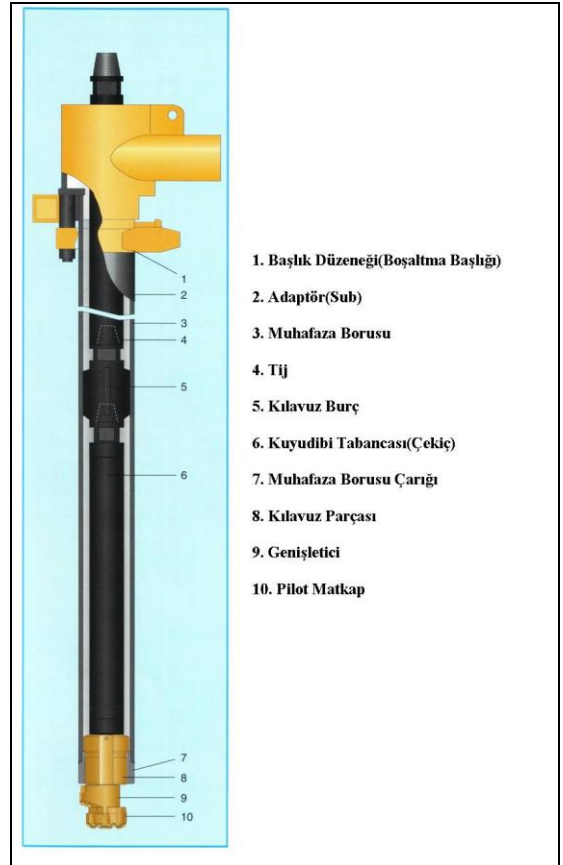
- Daha sonra konvensiyonel/wire-line karotlu sondaj teknikleri veya kuyudibi çekimli havalı sondaj yöntemi ile kayada sondaja devam edilebilir

- Sondaj ilerledikçe gerektiğinde numune alınabilir

4. Yüksek motor gücü gerekmez, genişleticinin meydana getirdiği büyük çap muhafaza borularının kolaylıkla indirilmesini ve yukarı alınmasını sağlar

Kuyuiçi tabancasının yapısı ve çalışması

Kuyuiçi tabancası özel olarak hazırlanmış olan muhafaza borusu çarığı yardımı ile muhafaza borularını aşağı indirir. Tij takımı, kule veya besleme şasesine yerleştirilmiş olan bir döndürme ünitesi ile sağa döndürülür ve ilerlemesi sağlanır.



Kuyuiçi tabancasının bileşenleri

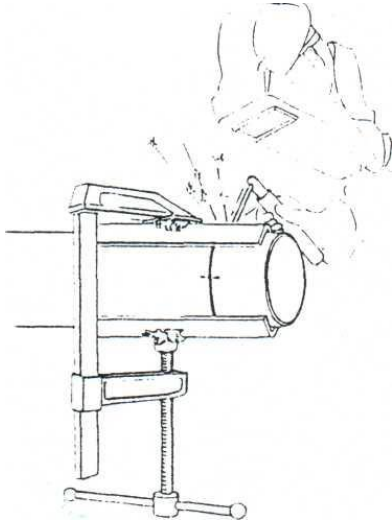
Altaki tij ile tabanca arasına bir kılavuz burç yerleştirilmiştir. Kuyuyu tabancasında şank adaptörü yoktur. Bunun yerine sondaj kırıntılarının atılmasını sağlayan ve tijlere kılavuzluk yapan bir boşaltma başlığı mevcuttur.

Başlangıçta muhafaza boruları kendi ağırlıkları ile inerler, ancak derinlik ve sürtünme arttıkça itilmeleri ve sürülmeleri gerekir. Bu da muhafaza borusu çarığı ile olur.

ODEX grubu dört parçadan oluşur; pilot matkap, genişletici, kılavuz parçası ve kılavuz burcu.

Kılavuz parçası tabancaya bir sustalı bağlantı ile bağlanır.

Çarığın ODEX takımını merkezlemesi ve aynı zamanda muhafaza borularının aşağı indirilmesinde yardımcı olması nedeniyle ilk muhafaza borusuna iyi bir şekilde kaynak edilmesi çok önemlidir. Her ikisinin de çok iyi ayarlanıp merkez eksenlerinin üst üste getirilmesi gerekir.



Çarığın ilk muhafaza borusuna kaynakılması

Sondaj öncesi hazırlıklar

ODEX elemanları (pilot uç, genişletici) tabancaya takılır. İlk muhafaza borusu (muhafaza borusu çarığı kaynak edilmiş durumda) alınır ve ODEX parçaları monte edilmiş tabanca borudan geçirilir. Bu durumda, genişletici kapalı durumda olmalıdır. Genişleticinin muhafaza borusuna takılmaması için muhafaza borusunu çevirmekten kaçınılmalıdır.

Sondaj makinasını kuyu ağzına yerleştirme

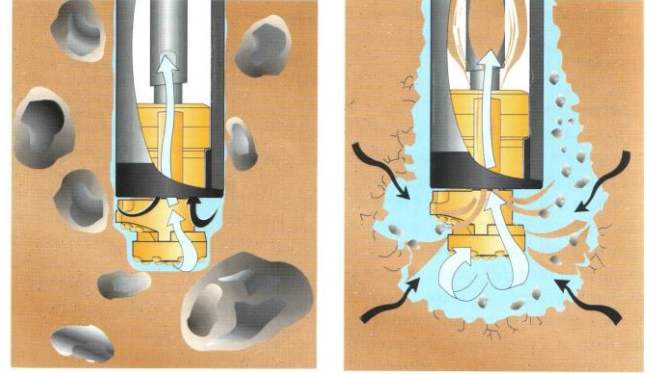
Düzgün bir kuyu elde etmek için sondaj makinası iyi bir şekilde tesbit edilmelidir. Sondaj makinasında sonradan yapılacak herhangi bir hareket başlangıç deliği ile bitiş deliği arasında farklılık oluşturur.

Odex yöntemi ile sondaj

Sistem, kuyudibi tabancasına takılan pilot matkabın muhafaza borusu içerisinden geçerek ilerlemesi esasına dayanmaktadır. Sondaj işlemi sırasında, kuyudibi tabancasının pilot matkaba vurduğu

darbelerle pilot matkap ilerler. Muhafaza borusu çapından daha büyük bir çapla kuyu açan matkabın arkasından muhafaza borusu da delme yönünde kendiliğinden (serbestçe) aşağı inmektedir.

Bu sistemde, kuyudibi tabancasının muhafaza borusunu pilot matkapla birlikte itme gibi bir fonksiyonu olmadığı için aynı enerji ile daha az yük (baskı ile) sondaj yapılabilmektedir.



Odex yöntemi ile sondaj

ODEX yöntemi ile sondajın bitirilmesi

İstenilen derinliğe ulaşıp, takım dışarı alındıktan sonra muhafaza borularının alt ucu emniyete alınmalıdır. Su kuyusu açılırken genellikle kuyu dibi betonlanır. Bunun için takım yaklaşık 10 cm kaldırılır ve 10 litre kadar çimento şerbeti dökülür.

Sondaja normal kuyudibi tabancası ile devam edilmesi

Muhafaza boruları istenilen derinliğe kadar yerleştirildikten sonra sondaja normal bir kuyudibi tabancası veya karotlu sondaj ile devam edilebilir.



Sondaja kuyudibi tabancası ile devam edilmesi

ODEX yöntemi ile sondaj yaparken aşağıdaki noktalara dikkat edilmesi gereklidir:

* İlerleme en önemli faktör olmamalıdır. Yöntemin kullanıldığı örtü tabakalarında çok yüksek ilerleme hızları elde edilebilir. Fakat, bu durumda kırıntıların uzaklaştırılmaları zorlaşır ve genişleticinin istenildiği anda geri çekilmesi önlenir. Amaç, sıkışma veya benzeri problemlere yol açmadan sondaj kırıntılarının sürekli bir akımını sağlamaktır. Dolayısıyla dönüş hızı ve ilerleme yavaş ve yumuşak olmalıdır.

* Döndürme ünitesinin veya tabancanın ters yöne döndürülmesi dikkatle yapılmalıdır. Aksi takdirde pilot matkap gevşeyebilir. Ters yönde bir turdan (360°) fazla çevirme yapılmamalıdır.

18 Petrol ve Doğalgaz Sondajları

Petrol ve doğalgaz sondajları şu şekilde sınıflandırılabilir;

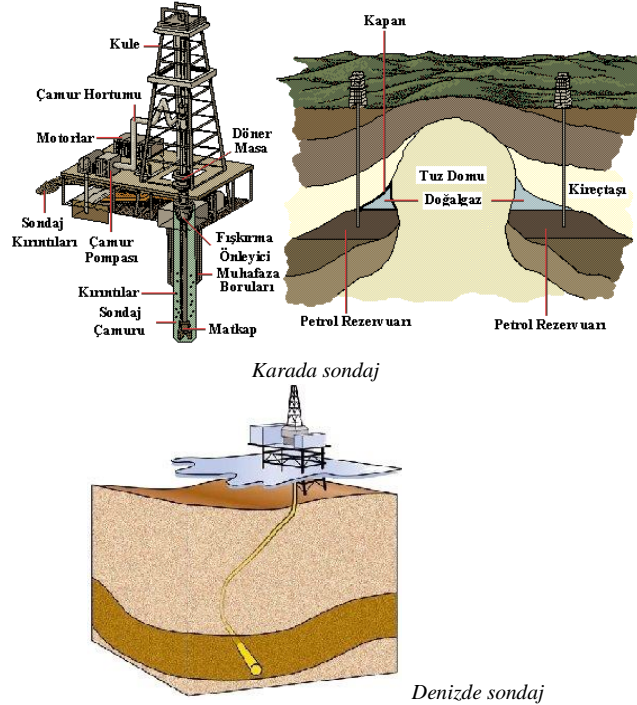
1. Amaç

- Arama
- Üretim

2. Yapıldığı Yer

- Kara
- Deniz

Karalarda yapılan petrol ve doğalgaz arama çalışmaları, denizlere ve açık okyanuslara doğru kaymaktadır. Dünyanın enerji hammaddelerine olan gereksinimi giderek artmaktadır. Bu ihtiyacı karşılayabilmek için gelişmiş sondaj teknolojileri ile açık okyanuslarda dahi sondaj yapılmaktadır. Denizlerde yapılan sondaj çalışmalarından olumlu sonuçlar elde edilmektedir.



Petrol aramacılığında yapılan işlemler, sondaj yapılacak noktanın belirlenmesinden itibaren üretim aşamasına kadar yapılan sondaj faaliyet çalışmaları, saha çalışmaları, sismik çalışmalar, kuyu programı hazırlama çalışmaları, kuyu yeri tespiti, sondaj ve kuyu tamamlama olarak sıralanabilir.

Saha Çalışmaları: Petrol aramasının yapılacağı bölgenin saha bazında jeolojik çalışması yapılarak hedef seviyeler kabaca tespit edilir.

Sismik Çalışmaları: Petrol aramasının yapılacağı bölgenin tespitinden sonra yeraltı bilgilerinin detayına inilmesi için bölgede sismik çalışmalar yapılır. Sismik çalışmalar sonucunda sismik haritalar oluşturulur.

Kuyu Programları Hazırlama Çalışmaları: Arama ve Araştırma Gruplarını ilgilendiren bölümler; sismik haritalar ile sahanın jeolojik verileri birleştirilerek arazi üzerinde kazılacak nokta tespit edilir. Aynı zamanda hedef formasyonlarının derinliği, hangi formasyonların kaç metrede kesileceği, formasyonların litolojik özellikleri, kuyu derinliğinin kaç metre olacağı detaylı olarak tespit edilir ve programa yazılır. Kuyuda hangi seviyelerde karot alınacağı, Drill Stem Test (DST) yapılacağı belirtilir. Bölgede daha önce yapılan çalışmalar ve sonuçları yazılır. **Sondaj Grubunu ilgilendiren bölümler;** derinliği ve litolojisi tahmin edilen formasyonların hangi tip ve kaç adet matkapla kazılacağı, matkap çaplarının kaçtan başlayacağı, hangi sondaj dizisinin kullanılacağı, hangi çap matkapla kaç metreye kadar sondaj yapılacağı, sondaj çamurunun cinsi ve özelliklerinin ne olacağı, her inen boru (casing) sonrası kuyu

başı özellikleri, hangi metreye kaçlık borunun ineceği ve boruların özellikleri yer almaktadır. **Kuyu Tamamlama Grubunu ilgilendiren bölümler;** borular indikten sonra kullanılacak borulama çimentosunun miktarı ve özellikleri yer alır.

Lokasyon Tespiti: Sondaj kulesinin yerleşebileceği ve bir kısmının betonla kaplanmış olan düz zemine lokasyon denir. Lokasyon, saha ve sismik çalışmaları sonucu tespit edilen nokta üzerinde yer alır. Lokasyonda düz zeminin dışında; çamur çukuru (sondaj esnasında kullanılan atık çamurun ve kimyasalların toplandığı çukur), celler havuzu (sondaj kulesinin merkezinde bulunan, kuyu başının yer aldığı büyüklüğü kule tipine göre değişen çukur) ve check shot çukuru (sondaj faaliyeti sona erdikten sonra kuyunun loglarından check shot alınırken kullanılan 4x4x4 metrelik çukur) bulunmaktadır.

Sondaj: Kule montajı yapıldıktan sonra sondaj faaliyetine geçilir. Programda belirtilen çapta ve özellikteki dizi ile beraber programda belirtilen çaptaki matkap ile sondaja başlanır. Programda belirtilen borulama derinliğine kadar sondaj yapılır. Sondaj esnasında belirli aralıklarla veya gerek duyulduğunda tatco yardımı ile kuyunun sapması ölçülerek kontrol altında tutulmaya çalışılır. Programda belirtilen loglar alınarak borular indirilir ve çimentolanır. Kuyu başı yapılarak düşük çaplı matkap ile sondaja devam edilir. Bir sonraki borulama derinliğine kadar da aynı işlemler yapılır ve bir küçük matkapla daha ilerlemeye devam edilir. Hedef seviyelerde, kaynak kaya ile gözenekli ve emareli seviyelerden karot alınır. Gözenekli ve emareli seviyelerde DST(Drill Stem Test) yapılır. Kuyu hedeflenen derinlikte bitirilir. Sondaj faaliyetleri bittikten sonra programda belirtilen loglar alınır, check shot yapılarak son derinliğe kadar programda belirtilen borular indirilir ve çimentolanarak kuyu tamamlama (workover) işlemleri için yeniden montaja geçilir.

Kuyu Tamamlama İşlemleri: Kuyudan alınan loglardan ve numune tariflerinden petrollü seviyeler tespit edilir. Kuyunun borulama çimentosunun kalitesini görmek için çimento logu alınır. Çimento bağı yetersiz ise tamir çimentosu yapıldıktan sonra perforelere geçilir. İçinde patlayıcı bulunan mermiler belirlenen seviyelere gelecek şekilde patlatılarak borularda delik açma işlemi (perfore) yapılmış olur. Swablar yapılarak kuyudan gelen mayinin cinsi, miktarı, seviyesi ve günlük üretim miktarı belirlenir.

Üretim: Kuyunun günlük verimi belirlendikten sonra hangi çeşit pompanın kullanılacağına karar verilir, üretim hatları bağlanarak kuyu üretime konur.

1. Sondaj

Çeşitli faktörlere bağlı olarak(formasyon basıncı, petrol doygunluğu, drenaj şartları, vs.) farklı sondaj yöntemleri kullanılmaktadır. Fakat hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın şu temel şartlar sağlanmalıdır:

- a) Delinecek formasyonun yarılması veya kırılması
 - b) Sondaj sırasında kesilen formasyonlara ait kesintilerin yüzeye ulaşması
 - c) Yüksek formasyon basıncına karşı önlemlerin alınması.
- Petrol ve doğalgaz sondajlarında uygulanan 2 sondaj yöntemi vardır. Bunlar;
- Darbeli sondaj
 - Döner sondaj

Bunlardan ilki petrolün ilk bulunduğu yıllarda yaygın olarak kullanılmıştır. Bu sondaj yönteminde, çelik kablo ucuna bağlı çelik bir matkabin formasyona peş peşe çarpılmasıyla delme işlemi gerçekleştiriliyordu. Bu ilkel yöntem yerini son 50 yıldır tamamen döner sondaj yöntemine bırakmıştır.

Döner sondajda kuyu, sondaj akışkanı ile doludur. Sondaj akışkanları 3 ayrı grupta toplanır.

- a) Su bazlı çamur,
- b) Petrol bazlı çamur,
- c) Hava veya gaz.

2. Karot Alma

Son yıllarda elektrik log tekniklerindeki gelişmeler ve log firmalarının promosyonu neticesinde karotlara daha az ihtiyaç duyulmaktadır.

Rezervuardan alınan bir kaya örneğinin analizi, o rezervuardaki hidrokarbon potansiyelinin tespiti için temel verileri sağlamaktadır. Bu öneminden dolayı karot tekniği giderek gelişmiş, metrelerce uzunlukta kesintisiz kaya parçaları alınabilmektedir. Karot gerek sondaj sırasında tabandan gerekse sondaj sırasında kuyu duvarından alınmaktadır. Tabandan veya yandan karot alımı, kuyunun ve formasyonların şartlarına göre değişir. Her iki yöntemde de farklı aletler kullanılmaktadır.

Kuyudan çıkan karotların her türlü analizi hemen yapılmalıdır. Çünkü kayacın gözeneklerinin yapısı atmosfer ortamında değişebilmekte, özellikle uçucu parçalar buharlaşmaktadır. Karotlar üzerinde laboratuarlarda muhtelif testler yapılmaktadır. Bunlardan en önemlileri rutin olarak yapılan gözeneklilik, geçirgenlik ve akışkan doygunluğunun tayinidir. Bu sayısal verilerin yanı sıra niteliksel olarak litoloji, heterojen rezervuar kayaçlarının mikroskobik ve makroskobik tanımlamalar da yapılabilmektedir. Karot analizinden çıkan veriler tek başına rezervuar tanımlamada yeterli olmamaktadır. Bu veriler, diğer kuyu testlerinden ve loglardan alınan verilerle ilişkilendirilip (korele edilip) daha sağlıklı sonuçlara ulaşılmaktadır.

3. Drill Stem Test (DST)

Rezervuar seviyelerinde, formasyonun mayi içeriği ve rezervuar özellikleri hakkında bilgi edinmek için DST operasyonu yapılır. DST sırasında test aralığı geçici olarak tamamlanmakta ve sondaj dizisi de akış dizisi olmaktadır. Başarılı bir DST sonunda rezervuardan mevcut akışkan numunesi alınmakta, akış debisi, statik ve kuyudaki akış basınç verileri sağlanmaktadır. DST basınç verilerinin analizi sonucunda ise bazı formasyon özellikleri (basınç, geçirgenlik vs.) kuyu çapı hasarı ve kuyuda kirlenme olup olmadığı hakkında bilgiler elde edilmektedir.

DST işlemi 3 değişik yöntemle uygulanabilir. Bunlar;

-Çıplak kuyuda üretken formasyonlar kazılırken kuyu tabanı ile belli bir aralıkta

-Kuyuda son derinliğe ulaşıldıktan sonra tabandan yukarıda belli bir aralıkta çıplak kuyuda

-Boru inmiş bir kuyuda açılan delikler aralığında

DST'nin uygulanmasında, DST aleti dizinin ucuna bağlanır ve test edilecek zona indirilir. Alet, formasyonu çamur kolonundan ayırır, formasyon akışkanının tıjlerin içine akışını ve test boyunca sürekli olarak basıncı kaydeder.

DST'den elde edilecek asıl veriler, test süresince basınçların kaydedildiği grafiklerin analizi sonucundan sağlanmaktadır.

4. Kuyu Logları

Rezervuar kayaçlarda sıcaklık ve basınç, akışkanların viskozitesini, rezervuar içindeki fazlarını belirleyen en önemli faktörlerdir. Kuyu loglarının asıl amacı yeraltında hidrokarbon potansiyeline sahip formasyonların tespitidir. Fakat hiçbir log yönteminde doğrudan bu tespit mümkün olmamakta, yalnızca formasyonların elektriksel, akustik ve radyoaktif özellikleri ölçülmekte ve bu ölçümlere dayalı yorumlarla dolaylı olarak sonuca varılmaktadır.

Log alma sistemleri son yıllarda çok gelişmiştir. Prensipte loglar elektriksel, radyoaktif ve akustik yöntemler olmak üzere 3 ayrı yöntemle bağlı olarak alınmaktadır.

5. Borulama (Casing) ve Çimentolama

Sondaj sırasında, bilindiği gibi çeşitli derinlik aralıklarında "casing" denilen çelik borular kuyuya indirilmekte ve çimentolanmaktadır. Borulama ile birlikte çimentolamanın birçok önemli fonksiyonu vardır.

-Kuyuda çökmeyi önler

-Üst zonlardaki taze suyun kirlenmesini önler

-Üretim formasyonundan suyu çıkmasını sağlar

-Üretimin kuyu içinden olmasını sağlar

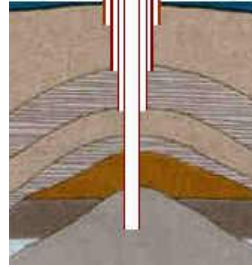
-Basınç kontrolünü sağlar

-Yeraltı aletlerinin yerleştirilmesinde kolaylık sağlar.

Genelde fonksiyonuna göre 3 tip borulama dizisi indirilir. İlk birkaç yüz metreye indirilen "yüzey dizisi" tatlı suyun kirlenmesini önlemek amacıyla, sondaj derinleştikçe kuyudaki yıkıntılara karşı "ara dizi" ve son olarak içinden üretimin yapıldığı "üretim dizisi" indirilmektedir. Borular kendi aralarında, dış çaplarına, et kalınlığına, malzemenin kalitesine, eklem tipine ve boylarına göre sınıflandırılırlar. Aynı diziyi oluşturan borular farklı borularla da olabilmektedir. Kuyuya indirilen borular, üç önemli kuvvete maruz kalır. Borular üzerine binen bu kuvvetler, dış basınçtan, iç basınçtan ve boylamsal veya eksensel yüklerden doğmaktadır. Dengesiz dış basınç, borularda çökme ve ezilme, dengesiz bir iç basınç, borularda çatlama-yarılmaya yaratmaktadır. Eksensel yük ise borulann ölü ağırlığından doğan gerilme olup, borularda ayrılmaya ve çökmeye karşı direncinin azalmasına neden olmaktadır. Bu yüzden bir boru dizisinin dizaynında, bu üç faktör baz teşkil etmektedir. O

kuyu için hangi faktör sorun ise seçilecek borular bu faktöre dayanacak kalite ve ağırlıkta ve ekonomik olmalıdır. İndirilen boru dizisinin maliyetinin, bir kuyunun maliyetinin büyük miktarını oluşturduğu için, boru çapı, ağırlığı ve kalitesinin seçimi, önemli bir ekonomik problem olup, iyi bir mühendislik çalışmasını gerektirmektedir.

Borular kuyuya indirildikten sonra çimentolanır, yani anülüs tamamen veya belli bir seviyeye kadar çimento ile doldurulur. Kuyu tamamlama operasyonlarında belki en önemli faktör, kuyunun ilk çimentosunun iyi olmasıdır. İki farklı çimentolama vardır. Bunlar, boruların hemen arkasından anülüsü doldurmak için yapılan "birinci çimentolama" ve üretim boru dizisine yapılan birinci çimentolamada, izolasyonun önemli olduğu aralıklarda, çimento yetersiz ise sonradan yapılan "tamir çimentosu" dur. Birinci çimentolama, sondaj grubunun sorumluluğunda olmasına karşın, daha çok kuyu tamamlama ve üretim grubu bundan etkilenebilir. Çünkü daha sonra yapılan bütün operasyonların başarısı ilk çimentonun sağlıklı olmasına bağlıdır.



Petrol sondaj kuyusu boru tasarımı

6. Borularda Delik Açma (Perforasyon)

Perfore (borularda delik açma) borulama işlemi bitirilmiş bir kuyuda yapılan tamamlama operasyonlarının belki de en önemlisidir. Üretim yapılacak zonlarla, kuyu duvarı arasında yeterli iritabatın olması, optimum üretim sağlamak açısından şarttır. 2 çeşit delik açma yöntemi bulunmaktadır.

Mermi ile Delik Açma: Bu yöntemde, mermi delicileri üzerine mermiler, delinecek uzunluğa bağlı olarak metre başına belli sayıda yerleştirilmektedir. İstenilen derinliğe indirildikten sonra yüzeyden elektriksiz olarak ateşlenmektedir.

Fışkırtma ile Delik Açma: Bu yöntemde de, hedefin penetrasyonu, liner'in içe doğru çökmesi ve kısmi dağılma ile oluşan yüksek hızlı jet akışkanın çarpmasıyla olmaktadır.

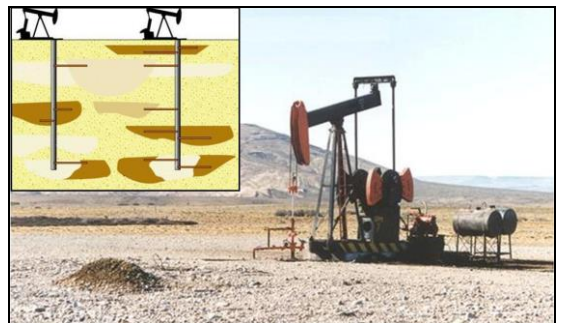
7. Asitleme

Asitleme, formasyona asit'in belli bir debi ve basınç altında enjekte edilmesidir. Amaç, kuyu duvarında oluşan kirlenmeyi ortadan kaldırmak, dolayısıyla geçirgenliği ve üretimi artırmaktır. Asit tipi ve katkı maddeleri ile uygun asitleme yönteminin seçimi formasyonun fiziksel ve kimyasal bileşimine, rezervuar akışkanına ve formasyonun kirlenme sebebine bağlıdır.

8. Geri Çekme(Swabbing)

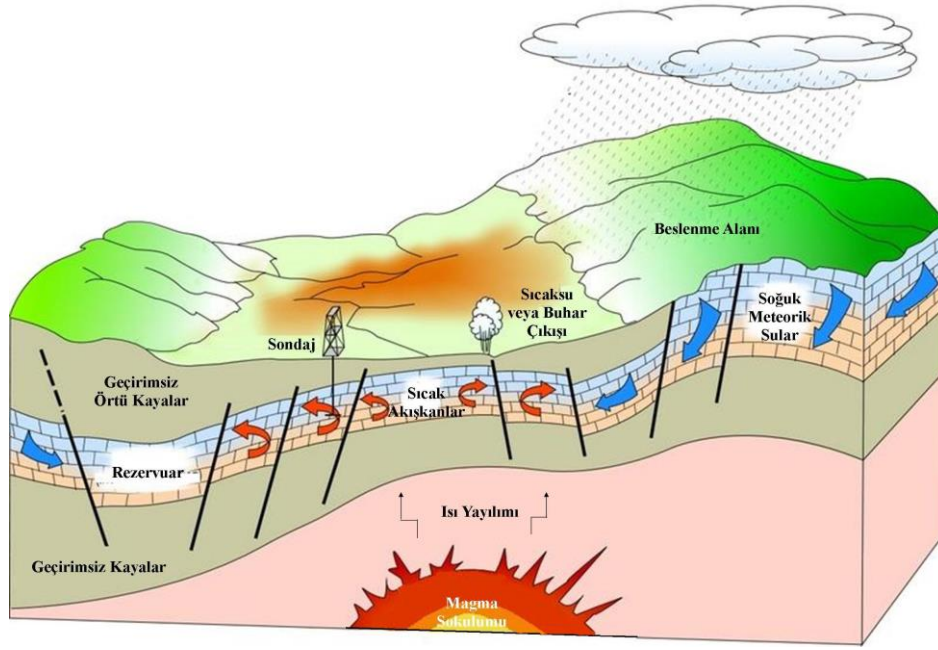
Bir kuyuyu üretime geçirmek için yapılan işlemlerden biri ve genelde de sonuncusu geri çekme (swabbing) olmaktadır. Bu işlemde amaç, akışın olmadığı susmuş bir kuyuda kuyudaki sıvı seviyesini düşürerek sıvının hidrostatik basıncını azaltmak böylece formasyondan kuyu içerisine akışı sağlamaktır. Swab yapmakla aynı zamanda akışkanın debisi, cinsi ve yapılan numune analizleri ile de diğer özellikleri (su %'si, tuzluluğu, PH, API) tespit edilmektedir.

Swab operasyonuna, rezervuarda akış debisinin yeterli olduğu görülene kadar; veya rezervuardan akış yoksa kuyunun kurumasına kadar devam edilir. İlk durum söz konusu ise kuyu üretime alınır, ikinci durumda ise kuyu, ya terk edilir veya tekrar operasyon (delik açma, asitleme vs.) yapılır.



Petrol üretimi

19 Jeotermal Sondajlar



Jeotermal sistem ve sondajı

Jeotermal sondajların 40 yıl civarında bir tarihi vardır ve petrol-doğalgaz sondaj tekniklerinin devamı şeklindedir. Jeotermal sondaj teknikleri, temelde petrol ve doğalgaz sondaj teknikleri ile aynıdır. Fakat edinilen tecrübeler sonucunda jeotermal sondajlar için bazı farklı uygulamalar geliştirilmiştir.

Jeotermal sondajlar şu şekilde sınıflandırılabilir;

- Gradyan
- Arama (/üretim)
- Üretim
- Geliştirme
- Re-enjeksiyon
- Gözlem kuyuları

Sondajlı aramalarda destekleyici çalışmalar şunlardır;

- Kuyu logları
- Rezervuar testleri
- Rezervuar izleme

Jeotermal sondajlar jeoloji, jeokimya, hidrojeokimya, jeofizik çalışmalar ve değerlendirmeleri yapıldıktan sonra belirlenen lokasyonlarda; elde edilen yorumların ve kavramsal modelin testi, rezervuar keşfi ve üretim amaçlı olarak yapılır.

Gradyan sondajları; sahada yapılacak maliyeti yüksek derin arama kuyularının yerlerini daha sağlıklı belirlemede yardımcı olan, sahada sıcaklık dağılımının yoğunlaştığı seviyeleri belirleyen sondajlar olup, sahanın genel jeolojik yapısına ve hedefin boyutuna göre sayısı ve derinliği değişen sondajlardır.

1. JEOTERMAL SONDAJLARIN PROGRAMLANMASI

Jeotermal amaçlı yapılmış olan jeolojik, jeokimyasal, hidrojeolojik ve jeofizik etütlerden elde edilen verilere göre;

- kuyu derinliği
- muhtemel litolojik log
- muhtemel borulama planı hazırlanır.

Litolojik logda jeotermal anlamda önemli olan parametreler ve jeolojik seviyeler yer alır. Bunlar;

- örtü kaya oluşturabilecek seviyeler
- rezervuar seviyeleri
- karşılaşılabilecek sıcaklık değerleri
- karot almamac muhtemel seviyeler
- soğuk yeraltısu girişi olabilecek seviyeler
- kuyuda karşılaşılabilecek akışkanın muhtemel kimyası
- ani geliş (blow-out) ihtimali olup olmadığı belirlenmeye çalışılır.

Ayrıca, bu bilgilere dayanarak;

- kuyu çapı ve derinlikleri

- boru tipi, çapı ve yerleştirilme derinlikleri
- çamur türü ve ilave malzemeleri (bentonit, barit, sondaj köpüğü vb.) miktarları
- çimentolanacak seviyeler ve programı
- çimento türü ve miktarı sondaj işleminden sorumlu yetkili tarafından belirlenir. Sondaj tekniği açısından ise;

1. yıkıntı ve akma
2. çamur kaçacağı ve şişme
3. ani geliş (akışkan, gaz, buhar) yapabilecek ve sondaj problemlerine sebep olabilecek seviyeler belirlenmeye çalışılır.

Kuyu delme işlemi sırasında jeotermal amaçlı olarak ilk yapılacak gözlem;

- Başlangıç aşamasında şart olmamakla birlikte her metrede bir çamur(sondaj sirkülasyon sıvısı) giriş-çıkış sıcaklıklarının ölçümü

- Her metrede bir çamurla gelen kayaç kırıntılarının incelenmesi

- i. Litolojik tanımlama ve istif oluşturma
- ii. Alterasyon ve türlerini tanımlama
- iii. Çatlak ve gözenek analizi (gelişip gelişmediği, varsa dolgu minerali)

iv. Kimyasal, petrografik ve sıvı kapanım analizleri için temsilci örnek alımı

- Her 5 veya 10 m de bir (sondaj ve çalışmanın özelliğine bağlı olarak) kırıntı örneğinin karot arşivine girecek şekilde muhafazası

- Derinlik arttıkça kırıntı geliş süresindeki gecikmeler göz önüne alınarak kırıntının hangi derinliği temsil ettiğine dair düzeltme yapılması

- Çamur tuzluluğundaki değişimler
- Çamurda renk değişimi
- Çamurda viskozite değişimi
- Çamurda gaz, kabarcık vb. oluşumların gözlenmesi ve kaydedilmesi
- Karot alma gerekliliğinin tespiti
- Gerekli görülen seviyelerde kuyu logu alınmasının sağlanması
- Blow-out riski gözlemi

2. SONDAJ

Jeotermal sondajlarda kullanılan 2 ana sondaj yöntemi vardır. Bunlar;

- Döner sondaj
- Döner-darbeli sondaj

Döner Sondaj

Formasyon ve basınç özellikleri dikkate alınarak, jeotermal amaçlı kuyularda şu döner sondaj yöntemleri kullanılmaktadır.

- Düz çamur dolaşımli sondaj
- Üç konili matkap ve çift duvarlı tij ile ters dolaşımli sondaj
- Karotlu sondaj(gerekli olması durumunda)

Jeotermal sahalarda test kuyuları ve sıcaklık gradyeni ölçümü, litolojinin tam olarak saptanması gereken hallerde karotlu sondajlar yapılmaktadır.

Üretim kuyularındaki uygulaması çok nadirdir. Çünkü; delinebilecek maksimum kuyu çapı 122 mm civarında olup maliyeti yüksek bir yöntemdir.

Döner-Darbeli Sondaj

- Kuyudibi çekici ile düz dolaşimli sondaj(Havali sondaj)
- Kuyudibi çekici ve çift duvarlı tij ile ters dolaşimli sondaj

3. BORULAMA

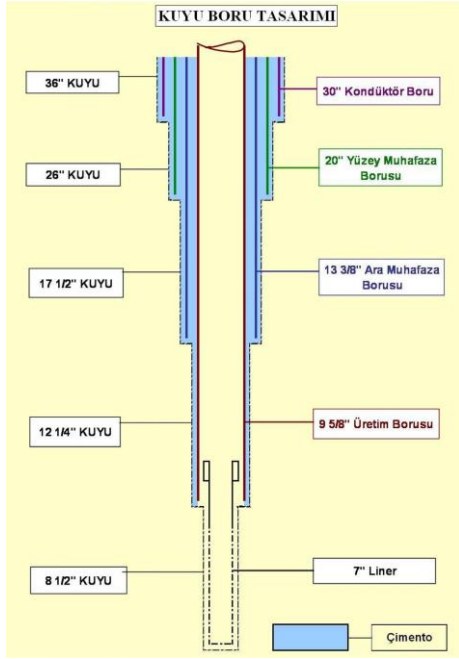
Jeotermal sondaj kuyularında muhafaza boruları(casing);

- Yüzeyle akiferlerini veya düşük sıcaklıklı akışkan taşıyan zonları kapatmak

- Kuyuların zayıf ve çatlaklı seviyelerinin kapatılması
- Sondaj sırasında istenilmeyen değişik basınçlardaki sıvıların kuyuya girişini önlemek
- Kaçaklı zonlar geçilirken çamur kaçaklarını önlemek
- Kuyu başı ekipmanlarını bağlamak
- Formasyonlar arası akışkan geçişini önlemek
- Kuyu çapını korumak (üniform çapta kuyu)
- Sondaj sırasında olabilecek ani gelişleri (blow-out olaylarını) önlemek ve kuyuda basınç kontrolü sağlamak
- Üretim sıvısını yüzeyle alabilmek ve kuyu üretiminin sürekli olarak yapılmasını sağlamak gibi amaçlarla kuyulara indirilir.

Değişik jeotermal sahalarda farklı fiziksel-kimyasal formasyon (rezervuar) şartları bulunması yanı sıra, boruların indirileceği derinlikler de farklı olacağından bu borular mikro yapıları, et kalınlıkları, diş ve manşon tipi olarak farklı tiplerde üretilirler. API (Amerikan Petrol Enstitüsü) tarafından standardize edilen borular tanınmaları için değişik kod numaraları ve üzerlerinde farklı renk bantları konularak kullanıma sunulurlar.

Jeotermal sondaj kuyularına muhafaza borusu(casing) indirme derinlikleri genel ihtiyaçlar, yapılan pratik uygulamalar ve kuyu problemlerine bağlı olarak değişir.



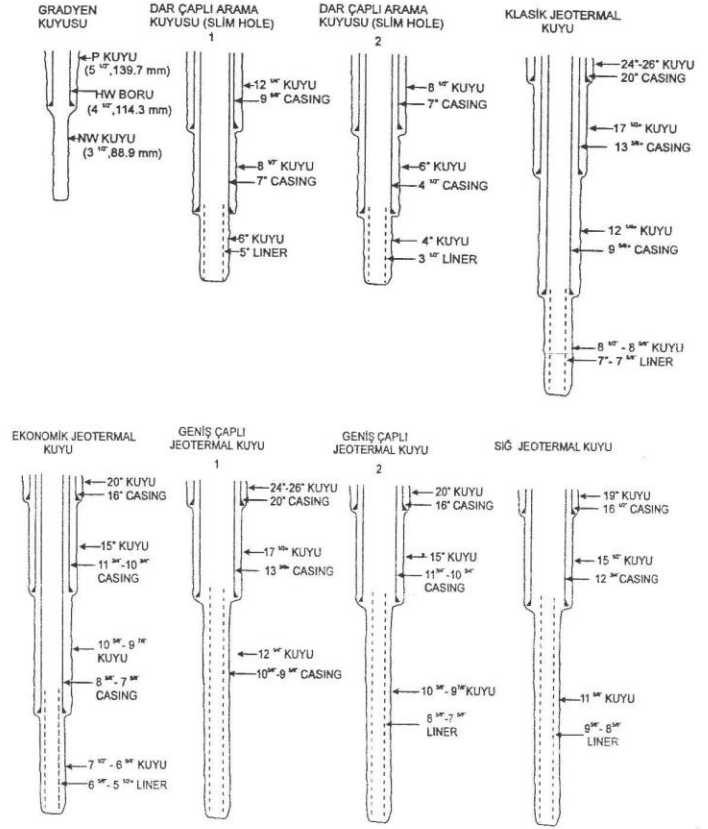
Tipik bir jeotermal kuyu boru tasarımı

Jeotermal kuyularda kuyuya indirilen tüm koruma borusu dizileri, filtre boru dizisi hariç, boru dizisi tabanından kuyu ağzına kadar çimentolanır. Bu uygulamanın ana nedeni sıcaklık ve basınç etkisi ile borularda meydana gelebilecek uzama ve kısalmalara engel olmak, borularda kopma ve çökmeleri önlemektir.

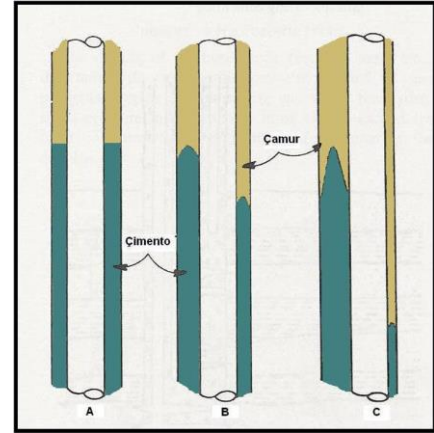
4. ÇİMENTOLAMA

Çimentolama işlemi; muhafaza borusu-kuyu duvarı ve kuyu kademelerinde kullanılan muhafaza borusu duvarlarının tamamen çimento şerbeti ile doldurulması işlemidir. Çimentolanan seviyeler, muhafaza borularının birbirleri ile ve kuyu duvarı(formasyon) ile bağ oluşturarak yük taşıma ve özel kuyu şartlarına karşı dayanım sağlama görevi görürler. Sertleşmiş çimento sütunu, sıcak akışkan ve gazların sebep olabileceği korozyona karşı muhafaza borularını korur ve sıcak akışkanın muhafaza borusu dışından kontrolsüz akışını önler. Yapılan çimentolamada boşluk kalması durumunda, sıcaklık etkisi ile muhafaza borusunda oluşacak arızalar artacak ve önlenemeyen problemlere sebep olabilecektir.

Başarılı bir çimentolama işlemi planlama, işlemin yapılması, sonuç ve değerlendirme olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır. Aşamalar birbirlerine bağlı olup bir önceki çimentolamadan elde edilen sonuç ve değerlendirmeler bir sonraki çimentolamanın planlanmasında kullanılabilir.



Çeşitli kuyular için tipik boru tasarımları



Çimentolama işleminin başarısında borulamanın önemi

- A-Boruların iyi merkezlendiği kuyuda yapılan çimentolama
- B-Boruların çok iyi merkezlenmediği kuyuda çimento ve çamurun hareketi
- C-Boruların merkezleyici takılmadığında, kuyuda çimento ve çamurun hareketi

5. KUYU TESTLERİ

Jeotermal kuyularda rezervuar değerlendirmesi için yapılan kuyu testleri şunlardır;

- Sıcaklık Testi
- Basınç Testleri
- Üretim Testleri
- Gaz Ölçümleri
- Girişim Testleri
- Re-Enjeksiyon Testi
- İzleyici Testleri

20 Su Sondajları

Yeraltısuyunun hangi derinlikte ve hangi miktarda olduğu sorularına yanıt, su sondaj kuyularının inşası ve bu kuyularda yapılacak pompaj çalışmaları ile verilebilir. Hangi kalitede sorusuna da, sondaj kuyusunun açılmasından sonra yapılacak pompaj deneyleri ve/veya inkişaf çalışmalarında sondaj kuyusundan alınan su numunelerinin analizi ile yanıt aranmaktadır.

Yeraltısuyu üretmenin en önemli aracı sondaj kuyularıdır. Su sondaj kuyularından içme-kullanma, sulama, endüstri amaçlı yeraltısuyu üretimi haricinde;

- Akifer tabakaların hidrolojik parametrelerini belirlemek
- Yeraltısuyu seviyelerini gözlemlemek
- Kirlenmiş suyu akiferden çekmek
- Çeşitli yapıların sağlıklı inşası için yeraltısuyu seviyesini düşürmek
- Sulama sahalarında drenajı sağlamak amacıyla da yararlanılmaktadır.



Su sondaj işleminin genel modeli

1. SU KUYUSU TASARIMI

Kuyu tasarımı, kullanılacak malzemelerin ve kuyu boyutlarının belirlenmesi işlemidir. İyi bir kuyu tasarımında dikkat edilecek hususlar şunlardır;

* Akiferin kapasitesiyle uyumlu şekilde en az düşümle en yüksek debiyi sağlamak

* Uygun yöntemlerin seçimi sayesinde kirlenmeyi önlemek ve iyi kalitede su elde etmek

* Kuyudan çekilecek su içindeki ince malzemeyi en aza indirmek veya hiç olmamasını sağlamak

* Uzun işletme ömürlü kuyu inşa etmek

* Kısa ve uzun dönem maliyetlerini en aza indirmek

Bir yeraltısuyu sondaj kuyusunun tasarım ve inşası öncesinde bilinmesi gereken parametreler şunlardır;

* Geçilecek litoloji (sondaj makinası ve ekipmanı ile teçhiz borusu tiplerinin vb. belirlenmesi için)

* Akifer ortamın tipi ve hidrojeolojik özellikleri

* Kuyunun açılma amacı (sulama, içme vb.)

* Elde edilmesi planlanan su miktarı

* Sondaj aşamasında çıkması olası problemler

* Sondaj yerinin fiziki çevre koşulları

* Sondaj yeri yakınından su temin edilemeyeceği

Kuyu Yerinin Belirlenmesi ve Avan Projesinin Hazırlanması

Değişik nedenlerle yeraltısuyundan su sağlanması amaçlandığında, öncelikle kuyunun açılacağı havzanın hidrojeolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla detaylı hidrojeolojik etütlerin yapılması gerekmektedir. Yapılacak bu etütler sonucunda sağlanması planlanan yeraltısuyunun elde edilmesini sağlamak amacıyla kuyu yerleri belirlenir.

Kuyu yerinin belirlenmesinde değişik dış etkenlerin de (arazi kullanımı, mülkiyet durumu vs.) göz önünde bulundurulması gerekir.

Kuyu yeri belirlendikten sonra açılacak kuyunun öncelikle bir avan projesi hazırlanmalıdır.

SU SONDAJ KUYUSU AVAN PROJESİ

DELİK Ø	TEÇHİZ Ø	KUYU KESİTİ	FORMASYON	FORMASYON TARİFİ
	+ 0.50			Kuyu ağızı betonu üst kotu
22" RB.	19" Mm. x12 m.			0 - 3 m. NEBATI TOPRAK
12.00 m.	10" KB.			3 - 34 m. KUM - ÇAKIL (İnce)
				34 - 44 m. KİL (Az çakıllı, siltli)
				44 - 56 m. KUM - ÇAKIL (İnce)
				56 - 64 m. KİL (siltli, çakıllı)
17 1/2" RB.	10" KB.			64 - 104 m. KUM - ÇAKIL
				104 - 106 m. KİL (sarı)
112.00 m.	8" KF.			106 - 142 m. İNCE KUM (az siltli)
				142 - 145 m. KİL - SİLT
15" RB.	6" KF.			145 - 169 m. İNCE KUM (az siltli)
				169 - 173 m. İNCE KUM
				173 - 180 m. İNCE KUM (az siltli)
148.00 m.	6" KF.			180 - 184 m. KİL (sarı, siltli)
				Kuyu Tabanı : 184.00 m

Kuyu avan projelerinin hazırlanmasında, aşağıda özet halinde verilen bilgilere gerek duyulacaktır;

* Kuyu çapı ve derinliği için;

a. İlerleme sırasında geçilecek litoloji

b. İlerleme sırasında yaşanabilecek sondaj güçlükleri

c. Akifer ortamın su verimi

d. Kuyuda oluşacak statik ve dinamik su seviyesi koşulları

e. Elde edilmesi amaçlanan su miktarı gibi parametreler

Kuyu derinliği, kuyunun açılacağı havzadaki mevcut kuyu verilerinin ve/veya delme aşamasında geçilen litolojinin iyi değerlendirilmesi ile belirlenir. Kuyu derinliğinin belirlenmesinde üç ana hedefe göre hareket edilmelidir. Bunlar;

- Açılacak kuyudan en yüksek kapasiteyi sağlamak ve kuyuya su giriş bölümü olarak akiferin daha fazla kalınlığından yararlanılması

- Kuyudan en az düşümle en yüksek verimi sağlamak

- Kuraklık veya beslenim yeraltısuyu koşullarının kötüleşmesine bağlı olarak kuyudaki dinamik su seviyesinin düşmesi durumunda pompa montaj seviyesinin indirilebileceği yeterli derinliğin olmasını sağlamak

2. SONDAJ

Su sondajlarda kullanılan 2 ana sondaj yöntemi vardır. Bunlar;

- Döner sondaj (Düz çamur dolaşimli)

- Döner-darbeli sondaj (Kuyudibi çekici ile düz dolaşimli sondaj/havali sondaj)

3. TEÇHİZ (BORULAMA)

Pekişmiş, kendini tutabilen formasyonlarda (kil, silt, kum, çakıl ve bozmuş ve kırıklı kayalar) açılan kuyularda borulama kuyu kalıcılığı ve su çekiminin sağlıklı olarak sürdürülebilmesi için gerekli bir işlemdir. Ayrıca,

- Kuyuya indirilecek su pompasının rahat bir şekilde kuyu içine istenilen seviyeye indirilmesinin temin edilmesi, arıza sırasında su pompasının kuyu dışına sorunsuz olarak çekilebilmesi

- Çatlak ve boşluklardan kuyu içine gelebilecek ince malzemelerin (silt, kum vb.) teçhiz borusu ile birlikte çakıl zarfı oluşturularak kuyu içerisine dolmasını önlenmesi

- Kuyunun uzun süre kullanımını temin etmek
- Pompanın ince malzeme çekmesini önleyerek temiz su temin etmek
- Pompanın ince malzemelerden dolayı çabuk aşınmasını ve arıza yapmasını önlemek

- Pekişmiş gibi görünmesine rağmen kuyu içinde bazı seviyelerde bulunan blok türü malzemenin kuyu içerisine düşüp pompayı sıkıştırmasını önlemek için de bir zorunluluktur.

Pekişmemiş formasyonlarda borulamanın sağladığı tüm avantajlar pekişmiş formasyonlarda (sağlam kayalar) açılan kuyular içinde geçerlidir. Fakat, genellikle sağlam kaya seviyeleri borulanmamaktadır (açık bırakılmaktadır). Borulama işlemlerinde, sac veya plastik kapalı ve filtreli borular kullanılmaktadır. Filtreli borular formasyonlardan su çekilmesine sağlamaktadır.

Su sondaj kuyularında yüzeydeki ve delinen bazı formasyonlardaki kötü kaliteli-kirli suların kuyuya girmesini engellemek, ayrıca çekilecek suyun kalitesini bozabilecek litolojiye sahip formasyonların (jips, turba vb. gibi) bulunduğu seviyelerin kapalı boru, kapalı boru + beton, kalın kil veya çimento şerbetiyle kapatılması işlemine "tecrit" (yalıtım) denir. Tecrit işlemi, kuyudan iyi kalitede su elde edilmesi için gerekli olması durumunda mutlaka yapılması gereken bir işlemdir.

Açılacak kuyu çapı; teçhiz borusu çapından geçilen formasyon, boru ekleme şekline bağlı olarak en az 2" , en çok 8" daha geniş olmalıdır.

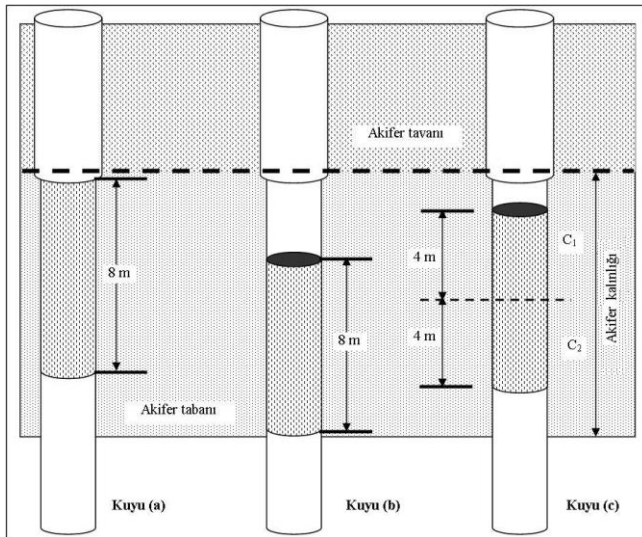
Su üretimi ile teçhiz borusu çapı arasındaki ilişki

Kuyudan Çekilecek Su (l/s)	Pompa Dış Çapı (inç)	Kuyuya İndirilecek Teçhiz Borusu Çapı (inç)
1-5	4	6
5-20	6	8
20-52	8	10
52-100	10	12

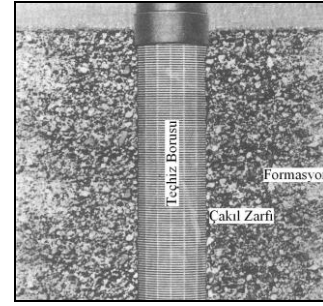
4. YIKAMA, ÇAKILLAMA ve GELİŞTİRME

Döner sondaj uygulamalarında sondaj çamuru kuyu duvarında ince bir sıva oluşturur. Sondaj işlemi sırasında bu sıva, kuyu yıkılmasını ve göçmesini, akifer seviyelerinden kuyuya su girmesini önler. Kuyu tamamlandıktan sonra normal su veriminin alınabilmesi için bu sıvanın eritilerek akifer seviyelerindeki gözeneklerin açılması ve geliştirme için gerekli suyun kuyuya girmesi için yapılan işleme yıkama denir. Kuyuya teçhiz borusu indirildikten sonra yıkama su veya su+kimyasal madde karışımı ile yapılır. Havalı olarak açılan sondajlarda yıkama işlemi yapılmaz.

Borulama örnekleri



Kuyu delinmesi tamamlandıktan ve borulama işlemi bittikten sonra kuyu duvarı ile teçhiz borularının dış yüzeyi arasında kalan kuyu boşluğunun belirli miktar ve kalitede çakilla doldurulması işlemine çakılama denir. Çakılama işlemi, yıkama işlemiyle eşzamanlı olarak yapılmaktadır.



Çakıl zarfı

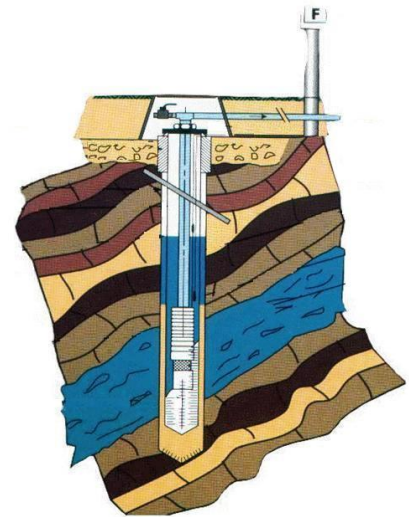
Su sondaj kuyularını inşasında, en önemli işlemlerden birisi geliştirme işlemidir. Su sağlama açısından ideal kuyu, dışardan hiçbir yabancı madde yerleştirilmeden ve kullanılmadan doğal yapıda oluşturulan boşluktur. Sürtünme kayıpları sıfır olan böyle kuyuya, formasyondan olan su akımı herhangi bir engelle karşılaşmadan akacaktır. Pratikte böyle kuyuların yapılması çok güç, hatta olanaksızdır. Ancak, yapılacak bazı işlemlerle ideale yakın su sondaj kuyuları inşası sağlanabilir. Geliştirme işlemi, bu çabanın en önemli ögesidir. Geliştirme işlemi hiç yapılmamış veya gereğince yapılmamış bir kuyu, inşa işlemindeki diğer aşamalar ne kadar iyi uygulanmış olursa olsun; kuyuya su girişini aksatan engeller ortadan kaldırılmadığı için üretime hazırlanmamış demektir. Geliştirme işlemi, kuyuya basınçlı hava verilerek suretiyle yapılmaktadır.

5. SU TECRÜBELERİ (POMPAJ DENEYLERİ)

Geliştirme çalışmalarından sonra, suyun kuyu içerisindeki seviyesinin indirilen pompanın çalışmaya başlamasından önce pompa çalıştırılırken ve pompa durdurulduktan sonra belirli zaman aralıklarında ölçülmesine pompa deneyi denir. Ölçümler sırasında statik su seviyesi, dinamik su seviyesi ve su verimi (debi) belirlenir. Uygun pompanın seçimi için su tecrübe çalışmalarının yapılması çok önemlidir.

Su tecrübe çalışmalarının amaçları şunlardır;

- Akiferin özelliklerini belirlemek
 - * iletkenlik katsayısı
 - * geçirgenlik katsayısı
 - * depolama katsayısı
- Kuyu özelliklerini belirlemek
 - * düşüm
 - * kuyu kayıpları
 - * düşüm - verim - zaman ilişkisi
 - * kuyunun tesir yarıçapı
- Uygun kapasitede pompa seçmek
- Sondaj yönteminin kuyu verimine etkisini irdelemek
- Akifer veriminin güvenliğini sağlamak



Su sondaj kuyusundan pompaj ile su çekimi

21 Jeoteknik Sondajlar

Jeoteknik etütler; mühendislik jeolojisi, sondaj, arazi ve laboratuvar deneyleri, yeraltısuyu gözlemleri, jeofizik ölçümler, görsel incelemeler ve yerel deneyimlerin bir bütün olarak değerlendirilmesi sonucunda mühendislik yapılarının oturacağı yeraltı koşullarının belirlenmesi amacıyla yapılmaktadır.

Mühendislik yapılarının tasarımına esas teşkil edecek olan bu jeoteknik etütlerin önemli aşamalarından birisi de sondaj çalışmalarıdır. Jeoteknik değerlendirmeler ve mühendislik yapısının tasarımı, sondajlardan elde edilen verilere dayalı olarak yapılmaktadır. Zemin ve kayalar hakkında ayrıntılı jeolojik ve mühendislik bilgileri, sadece sondaj çalışmaları ile sağlanabilmektedir.

Jeoteknik sondajlar; çalışılan jeolojik birimlerin özelliklerine, kullanılan sondaj yöntemi ve ekipmanlarına göre zemin ve kaya sondajları olmak üzere ikiye ayrılabilir. Sondaj işlemi tamamen zeminde yapılıyor ise zemin sondaj teknikleri, tamamen kayada yapılıyor ise kaya sondaj teknikleri uygulanmaktadır. Sondaj işlemi önce zemin daha sonra kaya birimler boyunca yapılacaksa önce zemin daha sonrada kaya sondaj teknikleri uygulanmalıdır.

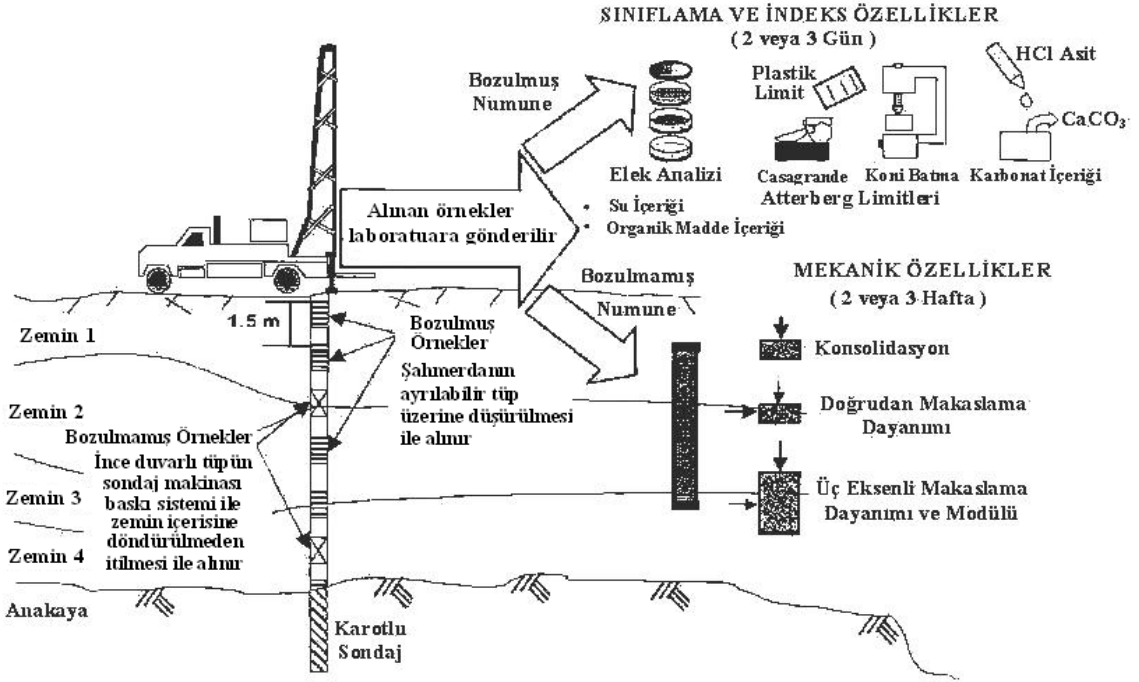
Çakıl, kum, silt ve kil türü jeolojik birimlerde, örnek almak ve zemin tipini belirlemek amacıyla yapılan sondajlara zemin sondajı denilmektedir.

Zeminlerde yapılan sondaj çalışmalarında, genellikle sürekli helisel burgular kullanılmaktadır. Çevresinde yukarıdan aşağıya helazon şekilli bir yüzeyle çevrili boru ve bu borunun ucundaki matkaptan oluşan sisteme sürekli helisel burgular denilmektedir. Bu tip burgular, sondaj makinasının tijine bağlanmakta ve kuyuya döndürülerek indirilmektedir. Bu sondaj yönteminde, sondaj çamuru kullanılmamakta ve zeminler kuru olarak delinmektedir.

Kayalarda yapılan sondajlarda, çalışmanın niteliğine ve kuyu derinliğine bağlı olarak konvensiyonel veya wire-line karotlu sondaj teknikleri uygulanmaktadır.



Kuru sistem burgulu sondaj



Jeoteknik etüt çalışmalarının genel modeli

1. JEOTEKNİK SONDAJLARIN PLANLANMASI

Sondajların dizilimi ve sıklığı, bir ölçüde jeolojik koşulların karmaşık olup olmaması ile denetlenmektedir. İlk sondajlardan elde edilen bilgiler ışığında dizilim ve sıklıkla ilgili program değiştirilebilmektedir. Otoyollar, demir yolları, baraj ve göletler, yeniden yer kazanım projeleri genişleyen ve büyüyen projeler olup, sondaj sıklığı sahanın jeolojisine bağlıdır. Pratik olarak, bir sahada en azından bir adet derin sondaj yapılarak, öncelikle jeolojik koşulların derinlikle değişimi hakkında ön bilgi edinilmelidir. Sondaj derinliğinin planlanmasında şu hususlar dikkate alınabilir.

a. Sondajların, taşıma kapasitesi uygun olan birime kadar ve temel açısından uygun olmayan tüm jeolojik birimler geçilene kadar devam etmesi gereklidir. Yüksek taşıma kapasitesine sahip sığ bir seviye ile örtülü olsalar bile, yumuşak seviyelerde de ilerleme yapılmalıdır.

b. Yapı aşırı konsolidasyona uğramış birimler üzerinde inşa edilecek ise, bu tür birimlerde de ilerleme yapılmalıdır

c. Çok ağır yük veya sızıntının olduğu durumlar dışında sondajlar, kaya birimine veya oldukça yüksek taşıma kapasitesine sahip bir zemine ulaşılan kadar devam etmelidir

d. Yapı, kaya birimler üzerinde inşa edilecekse, temel kaya-ayrışmış blok ilişkisinin göz ardı edilmemesi bozunma açısından önemlidir. Sağlam kayada en az 3-5 m ilerleme yapılarak bozunma bölgesinin derinliği ve özelliği araştırılmalıdır.

2. ZEMİNLERDEN ÖRNEK ALIMI

Zemin sondajları aracılığıyla zeminlerin jeomekanik özelliklerinin tayini için örnekler alınmaktadır. Sondajda kuyu içerisine örnek alma amacıyla indirilen mekanik gereçlerle alınan örnekler bozulmuş örnek denilmektedir. Bu örnekler, formasyonun doğal yapısını aksettirmedikleri için yani kırılmak, parçalanmak,

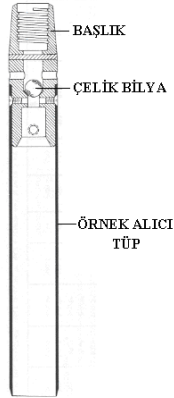
sulandırmak, suyu süzülme ve darbe ile biçimsel bazı deformasyonlara uğradığından bu şekilde nitelendirilmektedir. Bozulmuş zemin örnekleri, zemin sınıflaması ve indeks özelliklerin belirlenmesine yönelik deneylerde kullanılmaktadır.

Zemini deformasyona uğratmadan (zeminin fiziksel, kimyasal ve yapısal özelliklerini bozmadan doğal durumuna en yakın olarak) çeşitli deneyler için bozulmamış örnek alınması gerekmektedir. Örnekleme sırasında ve sonrasında bozulma, daha çok zeminlerde ve kaya-zemin arasındaki geçiş malzemelerinde meydana gelmektedir. Zeminlerin dayanım, deformabilite ve konsolidasyon özellikleri gibi mühendislik tasarımında esas alınan parametreler ise, bozulmamış örnekler üzerinde belirlenmek zorundadır. Zeminlerin arazideki davranışı en kolay şekilde, alınan bozulmamış örneklerin laboratuvarında deneye tabi tutulması ile saptanabilmektedir.

Kayaçlar, zeminlere oranla daha sağlam ve sert malzemeler oldukları için, bu malzemelerden örnek alınırken örneğin yapısı kolay bozulmaz, dolayısıyla kayaç örnekleri pratik amaçlarla bozulmamış olarak kabul edilmektedir.

Bozulmamış Örnek Alma

Bozulmamış örnek alma işlemi için Shelby tüpü adı verilen ince duvarlı(cıdarlı) tüpler kullanılmaktadır. İnce duvarlı tüpler ile çok sert, çimentolaşmış veya çakıllı olup, tüpün itilmesini engelleyen zeminler ile tüpten düşecek derecede yumuşak zeminler dışında kalan (bir miktar kohezyonlu) kohezyonlu zeminlerden (kil, kumlu kil, siltli kil, killi silt) bozulmamış örnekler alınabilmektedir. Gerçekte, sondaj tekniği ne kadar gelişmiş olursa olsun bozulmamış örnek alma olanağı yoktur. Fakat, dikkatli olarak uygulanacak bir teknikle bozulma oranı çok düşük bir düzeyde tutulabilmektedir.



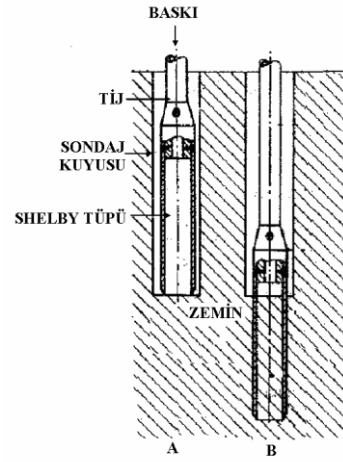
İNCE CİDARLI ÖRNEK ALICI



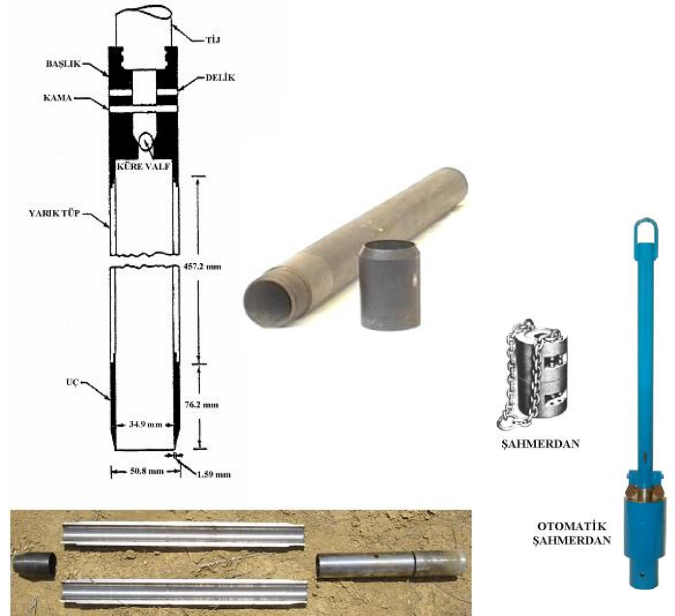
Bozulmuş Örnek Alımı

Gevşek kumlar ve çakıl gibi kohezyonsuz zeminlerden örselenmemiş örnek almak için geliştirilmiş bir sondaj yöntemi henüz bulunmamaktadır. Kumlu ve çakıllı zeminlerden örselenmiş örnek almak ve dayanım parametrelerini elde etmek amacıyla SPT tüpü adı verilen yarıktüplü örnek alıcılar kullanılmaktadır. Sondaj kuyularında her 1,5 metrede bir ve zemin değişimlerinde SPT tüpü ile örselenmiş örnek alınmaktadır.

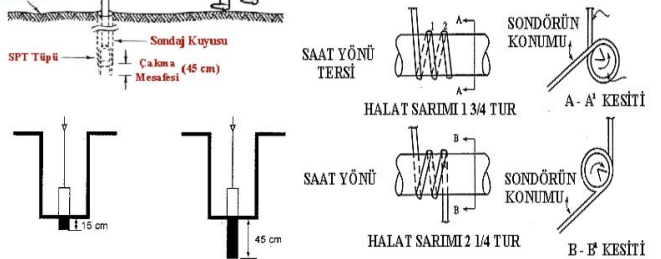
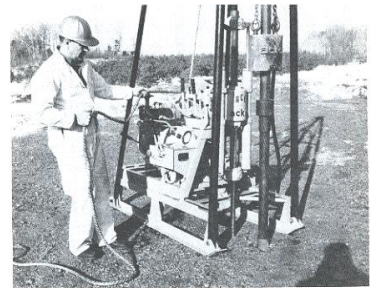
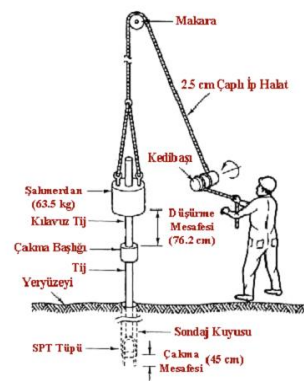
Bu örnek alım yöntemi veya deney; sondaj tijlerine bağlanan SPT tüpünün, 63.5 kg ağırlığındaki bir şahmerdanın 76.2 cm yükseklikten tijler üzerine düşürülerek zemine 45 cm sokulması ilkesine dayanmaktadır. SPT tüpleri zemine şahmerdanlar aracılığı ile sokulmaktadır.



Zeminden shelly tüpü ile bozulmamış örnek alımı



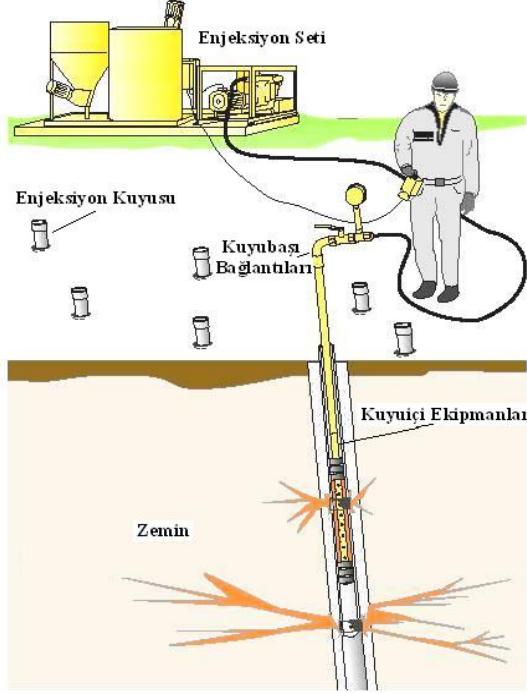
SPT tüpü



Zeminlerden SPT tüpü ile bozulmuş örnek alımı

22 Enjeksiyon ve Sondajları

Kaya ve toprak zeminlerde var olan " doğal "; büyük yapılarda ve yapay dolgularda dolgu sırasında oluşan "bünyesel boşlukları", basınç altında birtakım sıvı karışımlarla doldurarak, bu zeminlerin veya ortamın jeoteknik özelliklerinin, kullanım amacı yönünde iyileştirilmesini sağlamak için yapılan sondaj işlemine "enjeksiyon sondajı", karışımların basınç altında basılma işlemine ise "enjeksiyon" adı verilmektedir.



Enjeksiyon sondajları ve enjeksiyon işlemi genellikle şu amaçları gerçekleştirmek için yapılır:

1. Büyük yapıların ve uzantılarının altındaki zemin, doğal olarak üzerine gelen yükü kaldıramayacak durumda ise, zeminin "taşma dayanıklılığının artırılması"
2. Büyük yapıların ve uzantılarının altındaki zeminde, doğal fiziksel ve kimyasal olaylar sonucu oluşmuş yapı bozuklukları varsa, bunların "iyileştirilmesi" ve bu doğal olayların devam etmesinin önlenmesi veya yavaşlatılması
3. Tünel, kanal gibi yapılarda; yapay yüzey ile doğal zemin arasındaki " boşlukların doldurulması";
4. Yeraltındaki su hareketlerine ve bunun sonucunda oluşacak, "yapının amacıyla çelişen" durumlara engel olmak için "geçirimsiz zonlar" oluşturulması.

ENJEKSİYONLARIN SINIFLANDIRILMASI

Enjeksiyon işlemlerini ve sondajlarını çeşitli bakımlardan sınıflara ayırarak incelemek mümkündür. Bu sınıflamanın bir amacı da enjeksiyon sondaj ve işlemlerinde karşılaşılabilecek farklı özellikleri topluca gözden geçirmektir.

Amaçlarına Göre Sınıflama

Enjeksiyon sondaj ve işlemleri amaçları bakımından iki gruba ayrılırlar.

1. Deneme Sondaj ve Enjeksiyonları

Proje alanında yapılacak asıl enjeksiyon işleminin özelliklerini, karakteristiklerini, maliyetini ve yapılabilirliğini saptamak için düzenlenen ön çalışmalarıdır.

2. Uygulama Sondaj ve Enjeksiyonları

Denemeler sonunda yapılabilirliği belirlendikten sonra, belirlenen özelliklere ve hazırlanan projeye uygun olarak yürütülen asıl enjeksiyon çalışmalarıdır.

Uygulama Yerine Göre Sınıflama

1. Pekişmiş formasyonlarda(kayalarda) yapılan sondaj ve enjeksiyon çalışmaları
2. Pekişmemiş formasyonlarda(alüvyon) yapılan sondaj ve enjeksiyon çalışmaları

3. Yapı iyileştirme enjeksiyonları

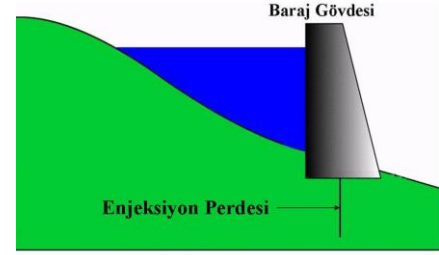
Baraj gövdesi, gölet, tünel, kanal gibi yapıların; yapay ve doğal bölümlerini kaynaştırmak ve ortamın tümünü iyileştirmek için yapılan sondaj ve enjeksiyon işlemleridir.

İşlevlerine Göre Sınıflama

Enjeksiyonla, yapılan tüm araştırmaların sonucunda, belli bir işlevi yerine getirmek amacıyla yapılırlar. Bu açıdan enjeksiyon çalışmaları üç ayrı biçimde uygulanır.

1. Perde Enjeksiyonları

Yeraltında geçirimsiz bir perde oluşturmak için yapılan çalışmalarıdır. Perde enjeksiyonları genellikle beton veya toprak dolgu baraj ve gölet temellerinde yapılır.



2. Dolgu (Kontak) Enjeksiyonları

Yapay dış yapı ile iç kaya arasındaki boşlukları doldurmak için yapılan sondaj ve enjeksiyon işlemleridir.

3. Sağlama (Konsolidasyon) Enjeksiyonları

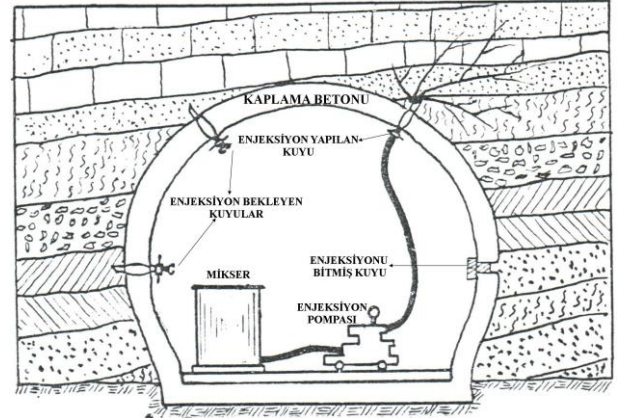
Üzerine önemli bir yapının yapılacağı zeminin veya yapılmış yapının arkasında kalmış doğal oluşumun sağlama yapılması ve iyileştirilmesi için yapılan sondaj ve enjeksiyon işlemleridir.

a. Temel Sağlama Enjeksiyonları

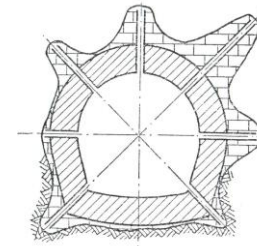
Büyük mühendislik yapılarının ve özellikle barajların temel kısımlarının sağlama için yapılırlar.

b. Tünel Sağlama Enjeksiyonları

Tünel sondaj ve enjeksiyonları, kazılmış ve beton kaplaması dökülmüş, dolgu enjeksiyonları yapılmış tünellerde ana kayayı sağlama için yapılırlar.



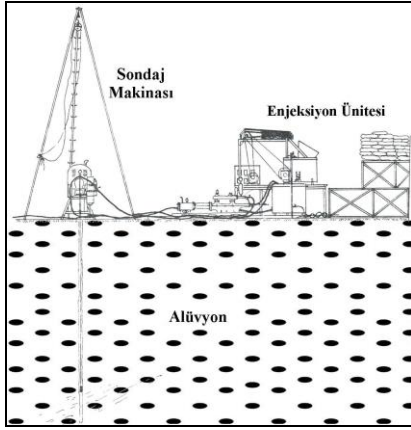
Tünel enjeksiyonu



Tünel Kapak ve Konsolidasyon Enjeksiyonu

4. Alüvyon Enjeksiyonları

Alüvyonun geçirimsizliğini sağlama, boşlukları doldurma ve/veya taşıma gücünü artırma amacıyla yapılırlar.



Uygulanan Basınca Göre Sınıflama

1. Alçak Basınç Enjeksiyonları

Enjeksiyon sıvısının, 10 kg/cm²'den daha az basınçla basılması durumudur. Genellikle yüzeye yakın yerlere uygulanırlar. Sondaj derinliği 5-15 metredir.

2. Orta Basınç Enjeksiyonları

Enjeksiyon basıncının 10-30 kg/cm² arasında olduğu durumdur. Sondaj boyuna da 15-30 metre dolaylarıdır.

3. Yüksek Basınç Enjeksiyonları

Daha çok geçirimsiz perde oluşturmak için yapılan enjeksiyonlara uygulanan ve 30 kg/cm²'nin üzerinde basınçla yapılan işlemlerdir. Uygulanan basınç durumuna göre 70 kg/cm²'ye kadar çıkartılabilir.

ENJEKSİYONUN PLANLANMASI

Enjeksiyon işlemi yapılacak yerlerde, uygulamaya ait enjeksiyon sondaj ve işlem projelerinin doğrulukla yapılabilmesi için aşağıdaki bilgilerin edinilmesinde kesin zorunluluk vardır.

1. Jeoteknik Özellikler

- Çalışma alanının genel jeolojik yapısı
- Kayaların dayanıklı ve dayanıksız bölümlerinin ve çatlak sistemlerinin dağılımı
- Ana yapının projelendirilmesinde rastlanacak problemler
- Bu problemlerin giderilmesi için düşünülebilecek sondaj ve enjeksiyon teknikleri

2. Hidrojeolojik Özellikler

- Proje alanındaki yeraltı suyunun durumu ve yeraltısuyu hidroliğine ait veriler

- Jeolojik yapıların geçirgenliklerinin çeşitli yükler altındaki değişimi

3. Jeokimyasal Özellikler

- Zemini oluşturan kaya ve toprakların genel kimyasal yapıları
- Zeminde bulunan yeraltısuyunun kimyasal özellikleri
- Zeminin ve yeraltısuyunun kimyasal olaylardan etkilenmesi
- Zemin ve yeraltısuyunun oluşturulan yapıya kimyasal açıdan etkileri
- Yapının zemin üzerindeki gelecekteki kimyasal etkileri
- Yapılabilecek enjeksiyon işlemlerinin ve enjeksiyon maddelerinin zemin, yapı ve yeraltısuyuna etkileri ve bunların birbirleriyle olan ilişkileri

Bütün bu bilgiler, araştırma aşamasında elde edilecektir. İlgili projenin amaçları doğrultusunda yapılacak etüt sondajları ve deneme enjeksiyonları sonucunda en uygun ve ekonomik enjeksiyon sondaj yöntemi ve uygulamaya esas özellikleri belirlenir. Bu bilgilere uygun enjeksiyon projesi hazırlanır.

SONDAJ

Enjeksiyon kuyuları, 37-75 mm çap aralığındaki dar çaplı kuyulardır.

Enjeksiyon sondajlarında kullanılan sondaj yöntemleri şunlardır;

1. Döner Sondaj

- Yumuşak zeminlerde; kanatlı veya balta matkaplarla sulu sondaj
- Sert zeminlerde üç konilli matkaplarla sulu sondaj
- Elmaslı matkaplarla sulu sondaj

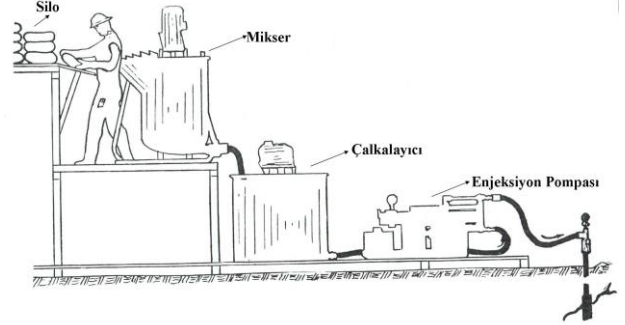
2. Döner-Darbeli Sondaj

- Sert zeminlerde kuyudibi tabancası ile havalı sondaj

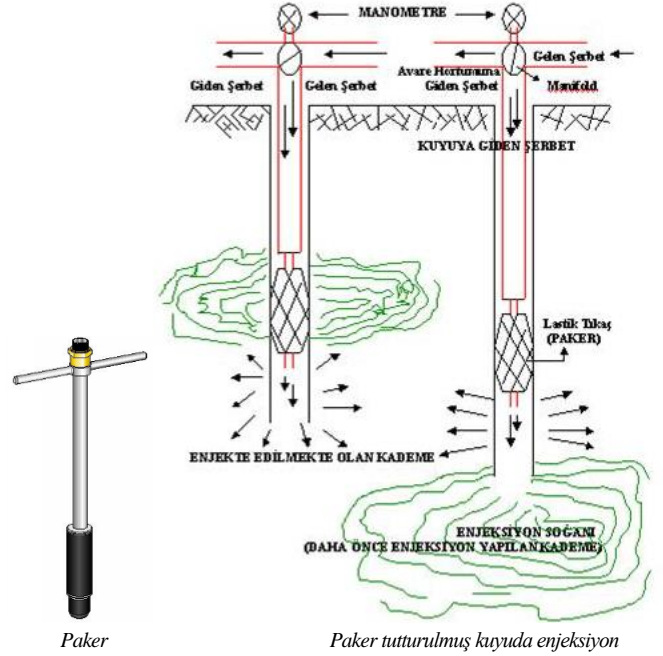
Jeoteknik sondajlarda kullanılan sondaj makineleri, enjeksiyon kuyularının delinmesi amacıyla kullanılmaktadır.

ENJEKSİYON

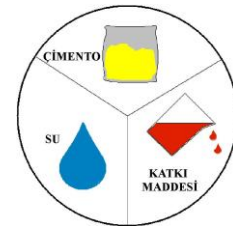
Enjeksiyon işlemlerinde, hazırlanan şerbetin hazırlanması ve kuyuya basılması amacıyla enjeksiyon üniteleri kullanılmaktadır. Bir enjeksiyon ünitesi; çimento silosu, mikser, çalkalayıcı, pompadan oluşmaktadır. Enjeksiyon şerbetinin değişik yükseklikteki ve uzaklıktaki noktalara taşınması için metal boru veya sert plastik hortumlardan oluşan nakil hatları bulunmaktadır. Son yıllarda, enjeksiyon şerbetinin işçiler aracılığı ile hazırlanmasında azalma görülmektedir. Miktar ve katkı cinsi otomatik kontrollü olarak hazırlanan karışımlar kuyulara enjekte edilmektedir.



Enjeksiyon işlemlerinde paker adı verilen ekipmanlar kullanılmaktadır. Pakerler, metal ve lastik kısımdan oluşmaktadır. Lastik kısım şişirilerek suretiyle Paker kuyuya tutturulmaktadır. Paker şişirildikten sonra, basılan şerbet, ilgili kısma basılmakta ve geriye gelememektedir. Pakerler, enjeksiyonun yapılaş amacı ve türüne göre kuyu ağzından veya belirli kademeler halinde kuyuya bağlanmaktadır. Enjeksiyon basınçları, manometreler aracılığıyla kontrol edilmektedir. Enjeksiyonun başarısı ise, kontrol kuyuları ile denetlenmektedir.



Enjeksiyon şerbeti; genellikle çimento, su ve bentonit karışımından oluşmaktadır. Yapılan çalışmanın amacına ve zeminin özelliklerine göre kimyasal katkı maddeleri de kullanılmaktadır.



23 Yönlendirilebilir Yatay Sondajlar

1983 yılından bugüne ABD’de uygulanan yönlendirilebilir yatay sondaj yöntemi(HDD), 90’lı yılların başından itibaren Avrupa ülkelerinde, 2004 yılından bugüne de ülkemizde uygulanmaktadır.

Kazısız teknolojinin yeniliklerinden birisi olan yönlendirilebilir yatay sondaj yöntemi, karayolu, demiryolu, akarsu, göl vb. gibi engellerin altından su ve gaz borularının ayrıca kablo döşenmesi gibi işlerde en uygun çözümlerden birisidir. Bu yöntemde, polietilen, çelik ve betonarme borular kullanılabilir. Yönlendirilebilir yatay sondaj makineleri ile (formasyon cinsine bağlı olarak) 400 m mesafeye ve 600 mm çapa kadar boru döşenebilir.

UYGULAMA ALANLARI

Yönlendirilebilir yatay sondaj yönteminin uygulama alanları şunlardır(Şekil.1);

- * Asfalt, beton yol altları ve otoyol altı geçişleri
- * Demiryolu altı geçişleri
- * Göl ve nehir altı geçişleri
- * Bina, fabrika ve şantiye altı geçişleri
- * Park ve bahçe altı geçişleri
- * Kaldırım altı şebekeleri
- * Havaalanları ve havalimanları(pist geçişleri)
- * Stadyum altı geçişleri
- * Sulama kanalı altı geçişleri
- * Bataklık alan geçişleri
- * Sit alan geçişleri
- * Tarihi köprü ve vakıf eserleri altı geçişleri
- * Stratejik öneme sahip olan bölge geçişleri
- * Heyelan ve toprak kayması riski olan bölge geçişleri
- * Her türlü kot farkı olan alanlardaki geçişler

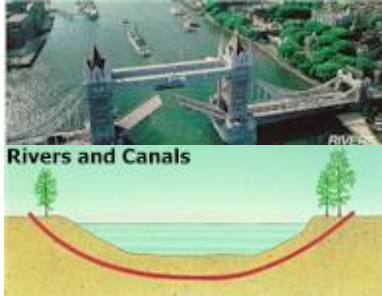
YÖNTEMİN AVANTAJLARI

Kazı yapılarak boru ve/veya kablo döşeme yöntemine kıyasla yönlendirilebilir yatay sondaj yönteminin avantajları şunlardır;

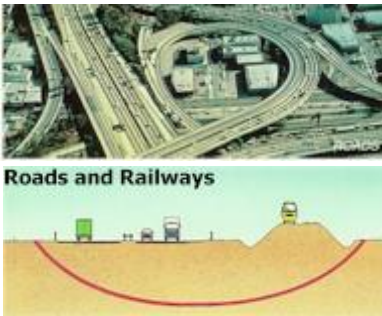
- Projelerin daha düşük maliyetle ve en kısa sürede gerçekleşmesi sağlanmaktadır
- Üst yapıdaki mevcut birimler(binalar, ağaçlar, kaldırımlar, asfaltlar, tarihi eserler vb.) hiçbir şekilde alttaki çalışmadan etkilenmemektedir
- Birden fazla borunun veya kablunun aynı anda çekilmesi, alt yapıda düzenli bir birliktelik oluşturmaktadır
- Daha önce Telekom, Tedaş, Botaş ve Belediyeler tarafından döşenen borular, kablolar yatay sondajın yönlendirilebilir özelliği sayesinde zarar görmemektedir
- Çalışma sırasında, gündelik hayat etkilenmemektedir. Yayaalar, araçlar, çalışma alanı üzerinden hareketlerine devam edebilmekte ve kaldırımlar, asfaltlar bozulmamaktadır. Ayrıca, ağaçlar kesilmemekte, yeşil alanlar ve parklar çalışmadan etkilenmemektedir.

YÖNTEMİN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

Döşenebilecek Borular	Polietilen, Plastik, Çelik, İzolasyon Kaplı Borular
Kablolara	Fiber Optik, Elektrik, Telekom Kablolara ve Diğerleri
Minimum Çap	3 mm
Maksimum Çap	1800 mm
Geçiş Uzunlukları	2000 m’ye kadar kesintisiz, bölümler halinde ise istenildiği kadar yeraltından
Yönlendirilebilir Özelliği	Yeraltında mevcut olan yapı ve şebekelere zarar verilmeden, istenilen noktadan girilip, yine belirtilen noktadan çıkma özelliği ile mevcut sistemlerin arasında kolay bir şekilde yol alınabilmektedir. Yeraltında yapılan çalışma her zaman takip edilebilmekte ve istenildiği gibi yönlendirilebilmektedir.



Nehir ve Kanallar



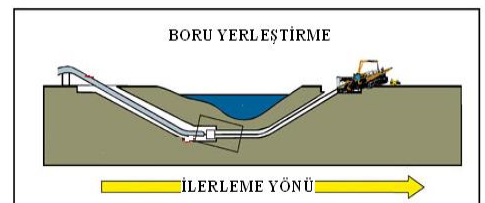
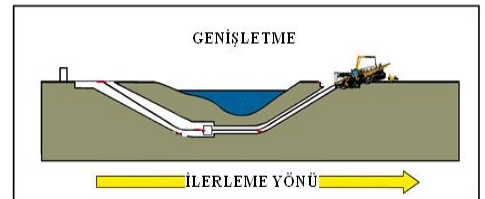
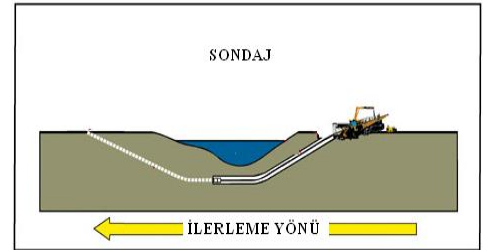
Karayolu ve Demiryolları



Havaalanları

YÖNLENDİRİLEBİLİR YATAY SONDAJ İLKEİ

Yönlendirilebilir yatay sondaj yönteminde, önce bir pilot sondaj yapılır. Matkap (sahip olduğu şekil sayesinde), delgiyi istenen yöne doğru yönlendirebilme ayrıca yer belirleyici sayesinde istenilen yönü ve koordinatı bulabilmektedir. Tij, makineden aldığı itme kuvvetini matkaba iletmekte (ayrıca, hidrolik pompalarla formasyona basıncı ayarlanmış kaydırıcı akışkan enjekte edilerek formasyonun sürtünme direnci yenilmekte) ve sondaj yapılmaktadır. Pilot delik tamamlandıktan sonra, matkaba delik genişletici takılarak delikten geriye doğru çekilmekte ve delik genişletilmektedir. Değişik çapta delik genişleticiler takılarak istenilen çapa ulaşılmakta, son olarak da delik genişleticiler arkasına boru takılarak çekilmekte ve böylece boru döşenmektedir.



Yatay sondaj işlem basamakları

SONDAJ TEKNİĞİ

Sondaj Makinası

Yönlendirilebilir yatay sondaj makinaları, diğer sondaj çalışmalarında kullanılan sondaj makinalarının bütün bileşenlerini üzerinde taşımaktadır.



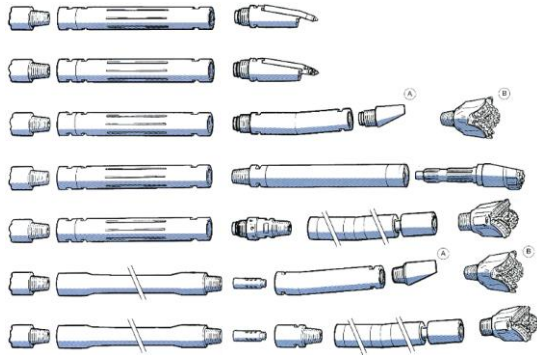
Takım ve Yardımcı Ekipmanlar

Yönlendirilebilir yatay sondaj yönteminde bir takım dizisi şu bileşenlerden meydana gelmektedir;

- * Matkap
- * Sonda ve Muhafazası
- * Tijler

Yönlendirilebilir yatay sondaj çalışmalarında kullanılan yardımcı ekipmanlar ise şunlardır;

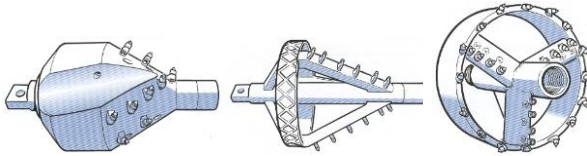
- * Delik genişleticiler
- * Boru tutucular
- * Adaptörler



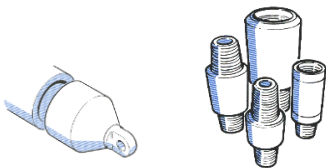
Çeşitli takım dizileri



Yönlendirilebilir yatay sondaj tijlerinin esnekliği



Delik genişleticiler



Boru tutucu

Çeşitli adaptörler

Yerbelirleyici

Yerbelirleyici ile takımın yeraltı koşullarındaki derinliği, eğimi(açı), yönü (istikameti), zemin sıcaklığı, sondaj kimyasallarının akışkanlık durumu vb. gibi parametreler hassas bir şekilde kontrol edilebilmektedir.



Sondaj Makinası

Takım

Matkap,
Sonda Muhafazası
ve Sonda

Yerbelirleyici

Çamur Seti

Yönlendirilebilir yatay sondaj çalışmalarında kullanılan sondaj çamurunun hazırlanması amacıyla bir çamur seti kullanılmaktadır. Çamur seti; çamur tankı, pompa, çamur karıştırıcı ve sondaj çamuru özelliklerini ölçen ataşmanlardan (marsh hunisi, viskozite kabı vb.) oluşmaktadır.



Tır üzerine monteli bir çamur seti

24 Maden Arama Sondajları

Bir cevher yatağı bulunduktan sonra, madencilik yönünden işletmeye alınabilmesi için, o cevher yatağı hakkında daha fazla bilgi edinilmesi gereklidir. Bu bilgiler maden işletmeciliği ile ilgili olan her türlü kararda hareket noktasını oluşturur.

Her şeyden önce, maden yatağının tenörü ve maden miktarı bilinmelidir. Bunlar bilindikten sonra; işletmenin ekonomiklik durumu, işletmenin büyüklüğü (yıllık üretim kapasitesi) gibi niteliklerin tespit edilmesine gidilebilir. Bu nitelikleri tespit edebilmek için bir takım ön çalışmalar, karşılaştırmalar ve hesaplar yapılmalıdır. Bunlarla ilgili olan kararlar, bir mühendisin yüklenebileceği en büyük sorumluluktur.

Yukarıda anılan bilgileri edinebilmek için maden yatağına ulaşmak ve numuneler almak gereklidir. Maden yatağına ulaşabilmek ve numune alabilmek için de sondajların yapılması gereklidir.

Yerkabuğundaki hammaddeleri çıkarabilmek için buldukları yerler ve sahip oldukları özellikler hakkında ayrıntılı bilgi edinmek gereklidir. Bunun için jeofiziksel araştırmalar yapıldıktan sonra, arama sondajları kaçınılmaz bir zorunluluk olur. Arama sondajları genellikle, cevher yatağının tenörünün öğrenilmesi, çeşitli kotlardaki tenör değişikliğinin bilinmesi, cevher yatağı sınırının tespit edilmesi, yan kayacın özelliklerinin bulunması ve yeraltı suyu durumunun öğrenilmesini sağlar. Cevher oluşum özellikleri hakkında güvenilir bilgiler elde edilmesinin yanı sıra, elde edilen bu verilerin jeolojik ve mühendislik açısından değerlendirilerek gerekli işletme projelerinin hazırlanabilmesine imkan sağlar. Önemli yatırım gerektiren bu tip projelerin hazırlanmasında dayanan verilerin son derece güvenilir ve sağlıklı olması gerektiği ortadadır. Bu ise ancak, elde edilen örneklerin mutlak doğruluğuna ve hatasız bir şekilde değerlendirilmesine bağlıdır. Bu nedenle, değerlendirmelere baz oluşturan ve cevher yataklarından veya geçilen kayaç birimlerinden elde edilen örneklerin tam ve kesin olarak temsili örnek özelliğine sahip olması gerekir.

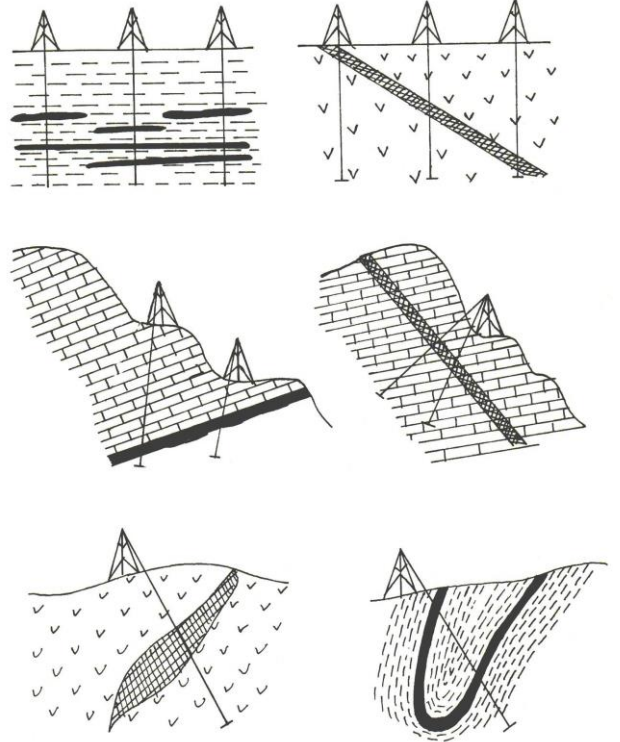
SONDAJ PROGRAMI

Arama sondaj projelerinde, örnekler ve yöntemler başlıca verilerin ne şekilde kullanılacağına bağlıdır. Ön aramalarda sondajlar birbirinden bağımsız olabilir. Çoğu kez bir stratigrafik istifi, bir uyumsuzluk veya itki fayının altını yoklamak için sondaj işlemine başvurulur. Topoğrafik rölyef ve ulaşılabilirlik ekipmanın yerini ve tipini seçimde zorlar. Eğer hafif eğimli formasyonlardaki belli jeolojik dokanaklarla ilgili olarak bilgi isteniyorsa, sondaj yerinin topoğrafik olarak en alçak kısımda seçilmesi gerekir.

Her ne kadar ön arama kuyuları hedef alanının araştırılmasından ziyade jeolojik yönelim için yerleştirilirse de bunlarda sondaj evresinin bir safhasını oluşturur, sonuç da burasının pekala bir hedef alanına dönüşmesi mümkündür.

Jeolojik cevher yerleşim şeklini veya jeofizik ve jeokimya anomalilerin gidişine bağlı cevherleşmeyi ön arama safhasından hedef alanı sondajlarına kadar takip de genel uygulama, cevher zonu gidişine dik yönde ve damar gibi düzlemsel zonları dik açıyla kesecek şekilde ilk eğik sondajların oluşturduğu sondaj profilini yerleştirme ile başlar. Dik sondajlar, dik eğimli düzlemsel bir cevher kütlelerini kesmeden geçip gidebilir. Dik bir kuyu ayrıca çok ince bir damar veya dayk içine rastlarsa sanki metrelerce kalınmış gibi insanı yanıltabilir. Cevherleşmenin izi

yakalandıktan sonra, birinci cevher profili (hattı) boyunca ek sondajlar yapılarak cevherleşmenin genişliği saptanabilir; bu ek sondajların yerleri karelejdandan hafif sapmış da olabilir. Karelejdandan ikinci profili görünür jeolojik kontrole veya anomali boyuna bağlı olarak birinciden 100 m veya 1 km'ye kadar uzakta yer alabilir. Kuyular arasındaki mesafe ve kuyu açıları birinci profilde rastlanan cevherleşmenin duruşuna ve genişliğine bağlı olarak düzenlenir. Ümitli zonun tek mil boyu sınırlandırılıncaya kadar uzun aralıklarla, daha fazla sondaj profili boyunca sondajlara devam edilebilir. Cevherli zonun sınırları saptandıktan sonra yapılan sondajların araları uygun bir karelejdandan oluşturularak doldurulur ve hedef alanı bütün yönleriyle belirlenir veya birçok zorluklarla karşılaşıldıktan sonra zayıf bir cevherleşme ile çalışmalar son bulabilir.



Maden arama sondajlarının amacı ve uygulama şekilleri

Hedef Alanı Sondajları: Hedef alanı sondajları ya ön arama sondajlarını takibeden safhada onun devamı olarak veya çok ümitli jeolojik, jeofizik ve jeokimyasal yorumların doğru olup olmadığını saptamak için doğrudan açılır. İkinci durum gerçekleşirse ilk birkaç sondajın etrafında ek sondajlar yer alır.

Kuyu yerleştirmek başlangıçta basittir. Belli bir yönelim, jeolojik kontrol veya anomalinin gidişine uyumludur ve belli büyüklükteki bir cevher kütleleri arama modeli ile uyum sağlar, olağan uygulamada birbirini takibeden iki kuyu en fazla cevherleşmenin en ince iki ucunu kesecek açıklıkta seçilir. Bu safhada yerleştirmede esneklik mevcuttur. Sondaj yerleri eşit aralıklarla en kolay ve en çabuk ulaşılan yerlerde seçilir. Kuyular delindikçe ilk 10 kadar sondajdan sonra uygun bir karelejdandan dönüştürülür.

İyi planlanmış ve mali desteği sağlanmış sondajlı aramalarda bundan sonra daha sistematik bir sondaj ağı üzerinde kuyular açılır. Cevherleşmenin merkezi kısımlarında daha sık, kenar ve dış kısımlarında daha seyrek aralıklarla hazırlanacak bir sondaj programı amaca uygun düşer, zaman ve paradan tasarruf sağlar.

İstatistiksel Örnekler: Arama sondajlarında istatistiğe dayalı kuyu yeri seçimi son yıllarda mühendisler arasında büyük bir rağbet görmektedir. Zira bu yöntemler sayesinde son yirmi yıldan bugüne gözü kapalı sondaj yeri verme yöntemi terkedilmiştir. Uygulamada esas itibarı ile beklenen cevher kütlelerinin niteliği göz önüne alınır. Göz önüne alınan diğer konular arasında, yapılacak harcama, cevher kütlelerinin olasılı varlığı ve eldeki yöntemlerle saptanabilmesi vardır.

Sondaj yeri planlanmasında en çok başvurulan yaklaşım, bir seri bilgisayar testleriyle ortaya bir benzetme modeli çıkarmaktır. Bu benzetme modelinde değişkenler olarak cevher kütlelerinin adedi, büyüklüğü, şekli, yönelimi, yeri ve değeri dikkate alınır. Kontrol edilebilecek değişkenler olarak da sondaj yerleri, yönleri, açıları, uzunlukları ve maliyetleri önem kazanmaktadır.

SONDAJ

Maden arama sondajlarında kullanılan 2 ana sondaj yöntemi vardır. Bunlar;

- Döner sondaj
- Döner-darbeli sondaj

Döner Sondaj

Arama amaçlı kuyularda şu döner sondaj yöntemleri kullanılmaktadır.

- Düz çamur dolaşimli sondaj

Bu sondaj yöntemi, ekonomik olması nedeniyle maden yatağı seviyesine ulaşılan kadar karotlu sondaj yapılmadan örtü tabakalardan kırıntılı numune alma işleminde kullanılmaktadır.

- Üç konili matkap ve çift duvarlı tij ile ters dolaşimli sondaj
- Karotlu sondaj

Karotlu sondajın çok geniş bir uygulama alanına sahip bulunmaktaysa da, ana kullanım alanı maden arama ve işletmeciliğidir. Gerçekten de metalik maden, endüstriyel ham madde ve kömür sahalarının bulunması, ortaya çıkarılması ve işletilebilirliğinin saptanması için kesin olarak karotlu sondaj yapılmasına gereksinim vardır. Bugün ülkemizde ve dünyada işletilmekte olan bütün büyük madenler yatakları, karotlu sondaj yapılması ve alınan karotların değerlendirilmesi sonucunda işletmeye alınmıştır.

Döner-Darbeli Sondaj

- Kuyudibi çekici ile düz dolaşimli sondaj(Havali sondaj)

Bu sondaj yöntemi, ekonomik olması nedeniyle(özellikle sert örtü tabakalarının olduğu sahalarda) maden yatağı seviyesine ulaşılan kadar karotlu sondaj yapılmadan örtü tabakalardan kırıntılı numune alma işleminde kullanılmaktadır.

- Kuyudibi çekici ve çift duvarlı tij ile ters dolaşimli sondaj

Maden aramaya yönelik sondajlar, genellikle karotlu sondaj ile yapılmaktadır. Fakat bir maden işletmesinde, arama aşamasından sonra, işletme projesine yönelik cevher yatağının tenör dağılımının detaylı bir şekilde saptanması gereklidir. Yatağın tenör durumunun detaylı olarak saptanabilmesi için ise, sık aralıklı sondajların yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Böyle bir sondaj programının karotlu sondaj ile ne denli pahalı olacağı ortadadır. Böylesi bir durumda, ekonomik bir seçenek olarak çift duvarlı tij ile ters dolaşimli sondaj yöntemi yaygın kabul görmektedir.

KAROTLARIN İNCELENMESİ VE JEOLJİK TANIMLAMA

Karot inceleme ve jeolojik tanımlama işlemi, karotlar taşınmadan önce ve sondaj yerinde jeoloji mühendisi veya mühendisleri tarafından yapılır.



Karot inceleme

Sondajlarda elde edilen ve sandıklara yerleştirilen karotlar analiz için laboratuarlara gönderilmeden önce yarılanır. Bunun için karotlar tam ortalarından boylamasına ikiye bölünür, bir yarısı laboratuara gidecek örnek olarak ayrılırken, diğer yarısı karot sandığındaki yerine şahit örnek olarak geri konur. Yarısı alınan örnek bu aşamadan sonra analize hazırlanmak üzere ya doğrudan doğruya kırma ve öğütme işlemlerine girer, daha sonra yarılanarak hatta çeyreklenecek analiz için yetecek miktarda laboratuarlara gönderilir veya önceden kırıldıktan ve azaltıldıktan sonra öğütülmek ve analize gönderilmek üzere hazırlanır.



Karot yarılama aletleri ve işlemin yapılışı



Yarılanmış karotun görünümü

KUYU LOGU HAZIRLANMASI

Karot veya kırıntılara göre hazırlanmış bir log aramalar ve/veya geliştirme çalışmaları için seçilen alanın birinci elden jeoloji kaydıdır ve bütün izdüşümler veya korelasyonların temelidir ve daha sonra yapılacak değerlendirmelere temel teşkil edeceği için açık, doğru ve okunaklı olmalıdır. Log formları gelecekteki değerlendirmelerin yapılabilmesi için bilgisayar uyumlu olmalıdır.

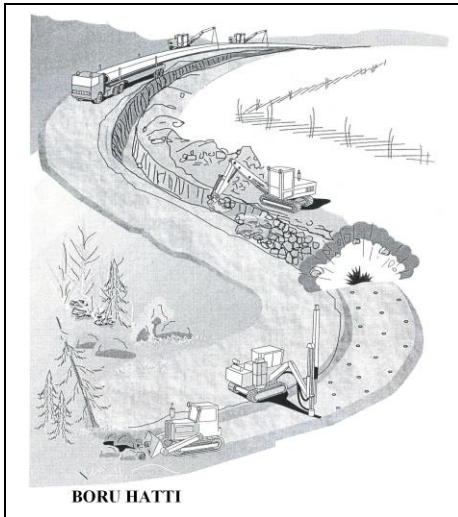
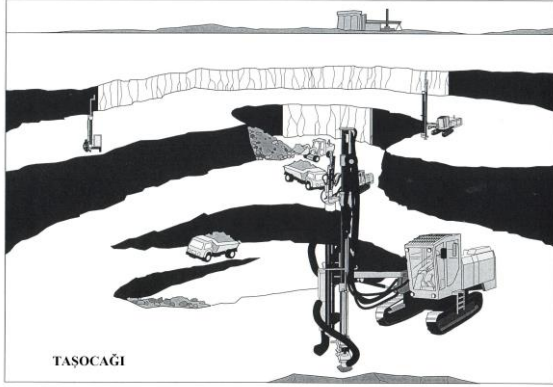
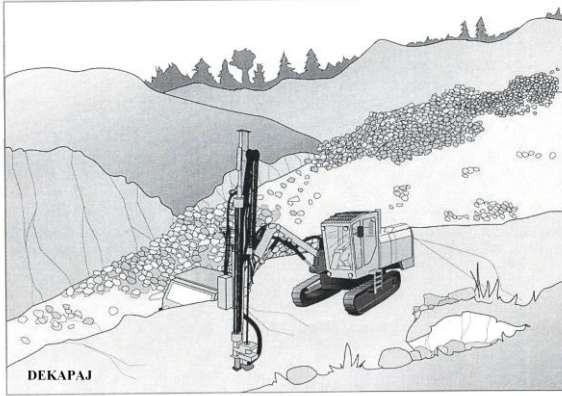
Yarılanmadan önce ve iyice yıkandıktan sonra sondaj karotunun, daha sonraları yapılacak değerlendirmeler için renkli fotoğrafı çekilmelidir. Birkaç seneyi aşan birçok işletme (ve zenginleştirme) çalışmalarında yeni teknolojiler uygulanabilir hale geldikçe cevher işleme teknikleri zamanla veya müşteri gereksinimleri değişebilir. Bunun sonucu olarak daha önce biraz veya hiç etkisi olmayacağı düşünülen cevher özellikleri birdenbire önemli hale gelebilir. Örneğin; karot fotoğrafları incelenerek karot loglaması sırasında bir sorun çıkarmayan kırıklar veya zayıflık düzlemleri göçme işlemlerinin neden olduğu gerilmelerle problemlile hale gelebilir.

25 Patlatma Deliği Sondajları

Patlatma deliği sondajlarının başlıca amacı; yerüstünde veya yeraltında bulunan büyük kütleleri çoğunlukla patlayıcı maddeler kullanarak kazma işlerinde "patlayıcıların içlerine yerleştirileceği delikleri" oluşturmaktır. Kazılar çoğunlukla patlayıcılar kullanarak gerçekleştirilmekte ise de; kimi zaman sondajın kendisi kayaları kırıp, parçalayarak bir kazı aracı gibi kullanılmaktadır.

Genel kullanımlar geçerli olmak kaydıyla, patlatma deliği sondajları aşağıda belirtilen sınıflama içerisinde incelenirler:

1. Yeryüzünde yapılan ve çoğunlukla açık işletme yöntemleri uygulanan madenlerde veya taşocaklarında yapılan "yerüstü patlatma deliği sondajları "



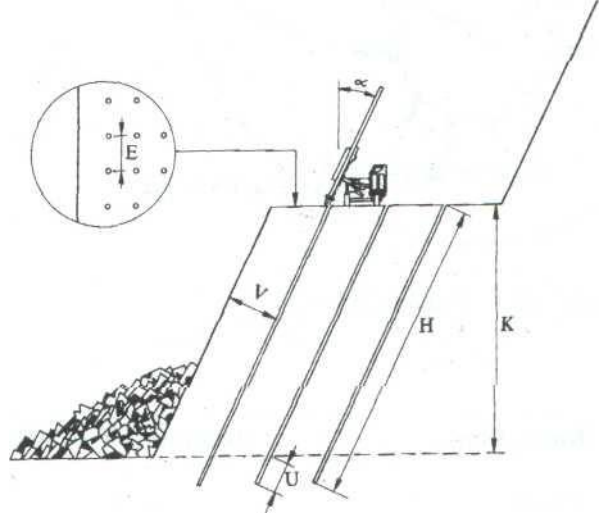
2. Yeraltında uygulanan ve genellikle kapalı işletme yöntemleri ile üretim yapılan madenlerde veya farklı amaçlı temel ve galeri kazılarında başvurulan "Yeraltı patlatma deliği sondajları "

YERÜSTÜ PATLATMA DELİĞİ SONDAJLARI

Yerüstü patlatma sondajları, madenlerdeki açık işletmelerde basamaklı kazı işlerinde, taşocakları üretiminde ve baraj veya yol gibi büyük yapı işlerinin kazılarında başvurulan ve patlatma deliği oluşturmak için yapılan sondajlardır.

Sondajların Planlanması

Sondajla patlatma delikleri delinerek yapılan yerüstü kazı işlemlerinde, özel bazı deyimler kullanılır. Bunlar;



d = Sondaj deliği çapı

K = Ayna yüksekliği

α = Sondaj eğiklik açısı veya şev açısı

U = Dip sondajı boyu

H = Sondaj derinliği veya sondaj boyu

V = Dilim kalınlığı veya atım kalınlığı

E = Sondaj aralıkları

Patlatma deliği sondajları öncesi, yapılacak sondaj özelliklerinin saptanması gereklidir. Bunlar;

- Delik Çapı

Delinecek kayanın türüne göre uygulanacak sondaj yöntemine, tabaka eğimine, jeolojik yapının dilinimli olup, olmamasına ve dilinimli ise dilinimlerin kalınlık ve yatımlarına göre kazı işlemini yöneten mühendis tarafından saptanmaktadır.

- Sondaj Derinliği

Ayna yüksekliği veya başka bir deyimle basamak yüksekliği seçimi, daha önce belirtilen pek çok faktörün etkilediği ve işletme mühendisi tarafından saptanması gereken bir değerdir. Delik çapı ile ayna yüksekliği arasındaki bağıntı yukarıda verilmiştir. Eğer sondaj makinasının delme çapı kapasitesi küçükse, doğaldır ki bu özellik ayna yüksekliği ve dolayısıyla sondaj derinliğini de etkileyecektir. Sondaj makinasının derinlik kapasitesi de sınırlı olabilir.

- Sondaj Aralığı

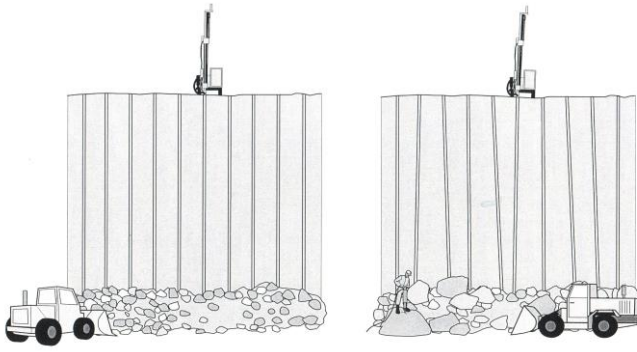
Sondaj aralığı, yani delikler arasındaki uzaklık da diğer sondaj özellikleri gibi her şeyden önce kayanın iç yapısına ve özelliklerine

bağlıdır. Daha önceden saptanan sondaj özellikleri de sondaj aralıklarının seçiminde rol oynayacaklardır.

- Sondaj Eğimi

Sondaj eğimi, yani sondajın düşeyle yaptığı açı da, diğer özellikler gibi kayanın özelliklerine bağlıdır. Sondaj açısı, şev açısına eşit olduğuna göre, bu açı her şeyden önce kayacın duraylılığı ile, yani kayacın hangi şev açısında kendisini tutabildiğine bağlıdır. Bu husus irdelenirken, oluşacak açıklığın sonradan dikey ve yatay baskılara uğrayacağı göz önünde tutulmalıdır. Diğer bir husus ekonomik değerlendirmedir. Şevli bir kazı dikey bir kazıdan daha fazla pasa verimi sağlar. Ancak, diğer hususlar ve kullanılacak patlayıcılarla birlikte optimum çözüm işletme mühendisince bulunmalıdır.

Delik düzgünlüğü yapılacak üretim hızını doğrudan etkileyecektir. Deliklerin düzgün olmaması durumunda oluşacak pasa da değişik boyutlarda olacaktır.



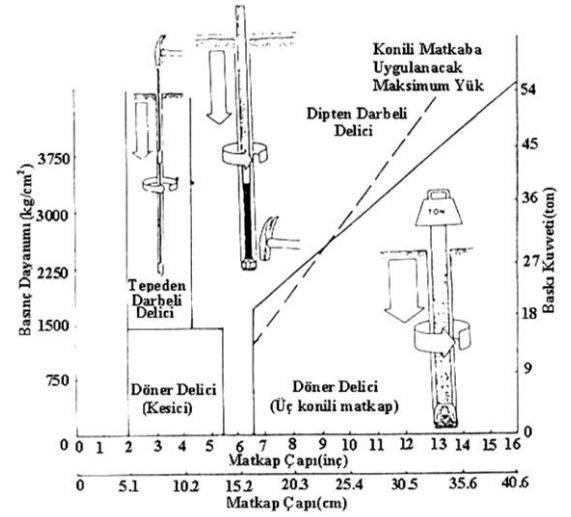
Yerüstü Patlatma Deliği Sondaj Yöntemleri

Yerüstü patlatma deliği sondajlarında, matkap tarafından delinen formasyon kırıntıları genellikle hava ile delik dışarısına atılmaktadır. Sondaj makineleri paletli, kamyon veya treyler monteli olabilmektedir. Patlatma deliği sondaj çalışmalarında iki ana sondaj yöntemi kullanılmaktadır. Bunlar;

1. Döner sondaj (hava dolaşımı)
2. Döner-darbeleri sondaj (hava dolaşımı)
 - Tepeden darbeleri sondaj
 - Dipten darbeleri sondaj

TEPEDEN DARBELİ	DIPTEN DARBELİ	DÖNER
25-165 mm 1-6.5"	85-254 mm 3 3/8-10"	100-435 mm 4-17"

Delik çapı ve üretim miktarı esas alınarak sondaj yöntemi seçimi

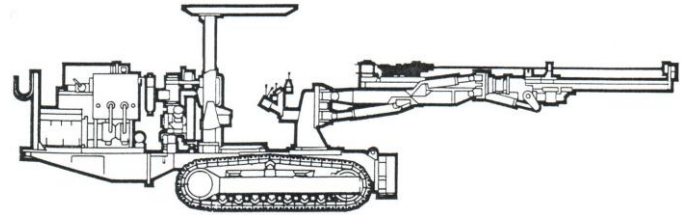
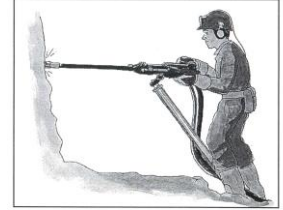
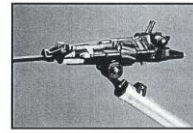


Delinecek formasyonun tek eksenli basınç dayanımı esas alınarak sondaj yöntemi seçimi

YERALTI PATLATMA DELİĞİ SONDAJLARI

Yeraltı patlatma deliği sondajları, yeraltı maden işletmelerinde ve benzer işler olan su, karayolu, demiryolu gibi tünellerin yapımında üretim veya inşa amacıyla kullanılırlar. Yeraltında patlayıcı kullanılarak yapılan işlerde kullanıldıkları için lağım deliği elde etmek için yapılırlar.

Yeraltı patlatma deliği sondajlarında, patlatma delikleri oluşturmak için yönlü sondaj yapabilme özelliği olan herhangi bir sondaj yöntemi ve makinası kullanılabilir. Bu amaçla tepeden darbeleri sondaj makineleri veya elle kullanılan el gereçleri kullanılabilir.



Yeraltı patlatma sondajlarında kullanılan sondaj yöntemleri ve ekipmanları

26 Kayaların Delinebilirliği

Delinebilirlik, matkabın formasyondaki hızı (m/dk,cm/dk veya mm/dk) olarak tarif edilebilir. Delinebilirlik tayinlerinde, bu faktörlerden sadece bir tanesi değiştirilerek o faktörün delme hızı üzerindeki etkisi gözlenir. Delinebilirlik tayininde, farklı formasyonlar için ölçülen değerler karşılaştırılabilir olmalı, aynı ekipman ve eşit şartlar altında delme hızı ölçümü yapılmalıdır.

Sondaj işlemi, birçok faktörden etkilenen karmaşık bir olaydır. Matkap türü ve çapı, dönme hızı, baskı kuvveti, tork ve dolaşım sıvısı kontrol edilebilen parametrelerdir. Diğer yandan kayanın fizikomekanik özellikleri ve jeolojik koşullar (süreksizlikler, tabakalanma durumları, tane boyutu, matriks yapısı, gözeneklilik, çimentolanma derecesi ve aşındırıcı mineral oranı gibi kontrol edilemeyen faktörler kaya delinebilirliğinde etkili olmaktadır. Kayaların delinebilirliği ilerleme hızı, matkap aşınma miktarı, matkap ömrü ve dış batma gibi çeşitli kavramlarla tanımlanabilmektedirler.

Kaya delinebilirliğinde kontrol edilemeyen parametrelerin belirlenmesi (kaya özelliklerinin), sondaj çalışmasında kullanılacak delme yöntemi, matkap türü, matkap dönme hızı, matkap üzerine uygulanacak yük miktarı, delme dizisi niteliği, pompa türü, dolaşım sıvısı /hava hızı ve hacmi, personel vb. gibi kontrol edilebilen parametrelerin en iyi şekilde seçilebilmesine(tasarım aşamasında) imkan vermektedir. Ayrıca elde edilen veriler maliyet tahminlerinde ve sondaj çalışma sürelerinin planlanmasında kullanılabilirlerdir.

DELİNEBİLİRLİK TAYİNİNDE KULLANILAN DENEY YÖNTEMLERİ

Kayaların delinebilirliği; dayanım, kırılma, aşındırıcılık ve süreksizlik özelliklerinden etkilenir. Delinebilirlik tayininde, bu özelliklerden bir kaçını birlikte değerlendirilir. Aşağıda delinebilirlik tayininde kullanılan özelliklere göre bir sınıflama yapılmıştır.

a. Dayanım özelliklerini irdeleyen deney yöntemleri

- Tek eksenli basınç dayanımı
- Tek eksenli çekme dayanımı
- Nokta yük dayanımı

b. Kırılma özelliğini irdeleyen deney yöntemleri

- Shore skeleroskop
- Plastik sertlik deneyi

c. Aşındırıcılık özelliğini irdeleyen deney yöntemleri

- Kayacın mineral içeriğinin saptanması

- Kayacın tane boyutunun saptanması
- Kayacın tane düzgünlüğünün saptanması
- Kayacın çimentolanma derecesinin saptanması

d. Dayanım ve kırılma özelliklerini irdeleyen deney yöntemleri

- Darbe dayanım deneyi
- Koni delici deneyi
- Shore sertliği deneyi
- Sivri uç batırma deneyi

e. Dayanım, kırılma, süreksizlik özelliklerini irdeleyen deney yöntemleri

- Schmidt çekici deneyi
- Kaya kazılabilirlik deneyi
- Yerinde kaya dayanım indeksi deneyi
- Darbeli delici deneyi

f. Dayanım, kırılma, süreksizlik, aşındırıcılık özelliklerini irdeleyen deney yöntemleri

- Cerchar sertlik ve aşındırıcılık deneyi
- Spesifik enerji ve aşındırıcılık deneyi
- Laboratuvar spesifik enerji deneyi

Kaya delinebilirliğinin tahmini, araştırmacıları uzun süreler meşgul etmektedir. Bu gün bu konuda herkes tarafından kabul edilen bir delinebilirlik tayin yöntemi yoktur. Uluslararası Kaya Mekanik Derneği'nin(ISRM) kayaçların kazılabilirlikleri ve delinebilirlikleri konusunda kurduğu komisyon 1987'de Montreal'de toplanmıştır. Bu komisyon tarafından delinebilirlik tayininde birkaç deney yönteminin bir arada yorumlanması tavsiye edilmektedir.

Delinebilirliğin güvenilir olarak saptanması ancak çeşitli deney yöntemlerinin birlikte uygulanması ile gerçekleşir. Fakat bu yol genellikle pahalı olmaktadır. En güvenilir ve başarılı sonuçları, laboratuvar spesifik enerji ve aşındırıcılık deneyi gibi özel olarak tasarlanan ve delinebilirliğe etki eden çeşitli özellikleri birlikte irdeleyen deney yöntemleri vermektedir.

Delinebilirlik deney yöntemlerinin, kaya delinebilirliğinin saptanmasında kullanılması için belirli özelliklere sahip olması gerekir. Deney yönteminin basitliği, ucuzluğu, sonuçlarının elde edilebilir olması bu özellikler arasında sayılabilir. En önemlisi, deneyden elde edilen değerlerin kayanın delinebilirliği hakkında doğru sonuçlar vermesi ve yöntemin standart olarak uygulanabilir olmasıdır.

Kaya delinebilirliği üzerinde etkili olan formasyon özellikleri, dokusal ve jeomekanik özellikler olmak üzere iki grup altında toplanabilir.

KAYALARIN DOKUSAL ÖZELLİKLERİ

Dokusal özellikler, kayayı oluşturan mineral tanelerinin özellikleri ve birbirleri ile olan ilişkileridir. Kaya delinebilirliğinde tane şekli, kuvars ve silis içeriği, gözeneklilik gibi dokusal özellikler önemlidir.

Tane şekli, delme hızı üzerinde etkili bir özelliktir. Köşeli taneli kayalarda yapılan ilerleme miktarı, yuvarlak taneli kayalarda yapılan ilerleme miktarından daha azdır. Ayrıca, köşeli tane içeren kayalarda, matkap aşınma miktarı da fazladır.

Kuvars ve silis içeriği de kayaların delinebilirliği üzerinde etkilidir. Kuvars içeriği matkaplar üzerinde aşınmaya etki eder. Silis içeriğinin artması matkap aşınmasını artırmaktadır. Dolayısıyla matkap aşınması ile birlikte delme hızı düşmektedir.

Kayadaki gözeneklilik artışı, kaya dayanımının azalmasına neden olmaktadır. Yüksek gözenekli kayaların delinebilirliği yüksektir.

KAYALARIN JEOMEKANİK ÖZELLİKLERİ

Tek Eksenli Basma Dayanımı

Kayaların dayanım özellikleri, yaygın olarak dünyanın her tarafında standart olarak elde edilebilir olduklarından uzun zaman delinebilirlik ölçütü olarak kullanılmışlardır. Fakat tek eksenli basınç dayanımı kayacın aşındırıcılık, kırılma ve süreksizlik gibi özellikleri hakkında bir fikir vermemektedir.

Dayanım, delinebilirliği etkileyen en önemli unsurlardan birisidir. Bu nedenle matkap çalışma nicelikleri, kaya dayanımlarına göre saptanmalıdır. Aksi takdirde matkap çok kısa sürede ömrünü tamamlayacaktır. Kayanın tek eksenli basma dayanımı arttıkça kaya delinebilirliği azalmaktadır.

Kayaların dayanım özellikleri tek eksenli basınç, tek eksenli çekme(Brazilian) ve nokta yük deneyleri yapılmak suretiyle belirlenmektedir.

Nokta yük dayanım testi, kayaların dayanımlarına göre sınıflandırılmasında ve anizotropilerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan bir indeks deneyidir.

Sertlik

Bir kayacın sertliği, kayanın minerallerini bir arada tutan bağ kuvveti dolayısıyla çizilmeye karşı gösterdiği dirençtir. Sertlik belirlemede Mohs sertliği, Shore Scleroscope indeksi, Schmidt çekici sertliği indeksi ve

NBC koni delici sertliği, darbe dayanım indeksleri kullanılır.

Delinebilirlik için uygun sertlik ölçümü Shore Scleroscope sertliğidir. Çünkü, Shore sertliği tane boyutu ve şeklini, tanelerin birbiriyle bağlanma oranı ve türü gibi kaya niteliklerini örneklemekte yani ölçümlerinde bu özellikleri yansıtmaktadır.

Aşındırıcılık

Kayaların aşındırıcılık özelliği, kaya ile temas eden matkap gövdesinde ve özellikle matkap dişlerinde oluşan aşınmanın tahmini için tahmini için göze alınması gereken en önemli parametredir. Bir sondaj işleminde bu özellikler iyi tespit edilerek uygun matkap tipi seçilmelidir. Cerchar Aşınma İndeksi ve Schimazek F Aşınma Faktörü en fazla kullanılan aşınma ölçüm yöntemleridir.

Matkapların aşınma sürelerini belirleyen bir nicelik olup, kayanın mineralojik bileşimine bağlıdır. Genellikle kayanın bünyesinde bulunan kuvars miktarı kayacın aşındırma özelliğinde en önemli etkindir.

Aşınma unsuru zamana bağlı olup, matkabın aşınmasıdır. Doğal olarak matkabın aşınması delinebilirliği olumsuz yönde etkilemektedir. Matkabın aşınması, kayacın mineral bileşimine bağlıdır. Kayadaki kuvars oranı ile matkap aşınması arasında yakın bir ilişki vardır. Kayaların aşırı kuvars içermesi; matkabı aşırı derecede aşındırarak, ömrünü kısaltmakta ve delinebilirliği yani delme hızını azaltmaktadır. Çünkü; delme işlemi sırasında kaya ile matkap sürekli temas halindedir.

Aşınma sonucunda, matkabın delme performansı düşer, gereksinim duyulan kesme kuvvetlerinde birkaç misli artış olur. Delme için ihtiyaç duyulan güçte o oranda artar. Dişlerin kayaya girmeleri zorlaştığından kesme derinliği düşer, matkabın titreşimi artar. Delme işlemi yapılamaz duruma gelinebilir.

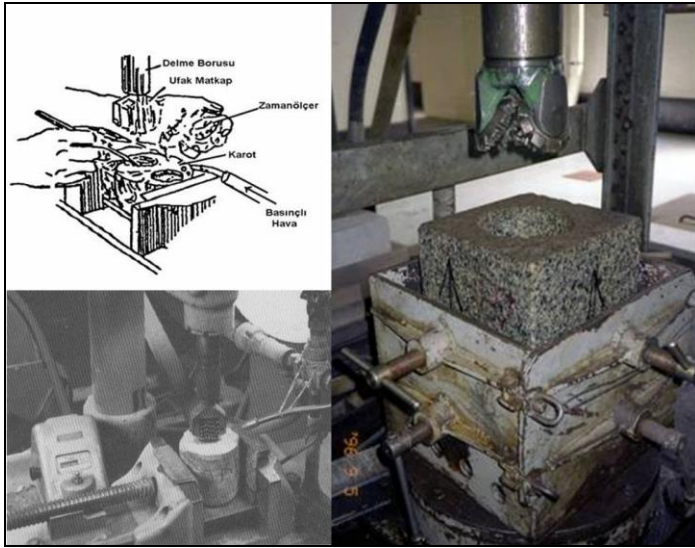
Kayadaki kuvars oranı ile toplam silikat oranı birbiriyle karıştırılmamalıdır. Kuvars oranı, kayadaki saf "serbest" silikat oranı olup, mikroskop altında ince kesitten veya X-ışınları yöntemi ile tespit edilmektedir. Toplam silikat oranını ise "serbest" saf kuvars oranı ve diğer silikat minerallerinin silisyum oranı(olivin, piroksen, amfibol, kil, feldispat, epidot, mika vb.) oluşturmaktadır. Bu içerik kimyasal analiz yöntemi ile saptanmaktadır.

Kayalarda ayrıca Cerchar deney ölçümleri de yapılmaktadır. Kayaların Cerchar aşınma belirticisindeki artışlar, matkabın delme hızını düşürmektedir. Cerchar deney ölçümleri; kayadaki sert ve aşındırıcı minerallerden(toplam silisyum oranı) önemli oranda etkilenmektedir. Mineral sertliği magmatik kayaların Cerchar deney ölçümlerinde, mineral aşındırıcılığı tortul kayaların Cerchar deney ölçümlerinde önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle aşınma belirticisi ile delinen kayadaki toplam silisyum içeriği arasında iyi bir ilişkilendirme mevcuttur.

27 Döner Sondajda Delinebilirlik ve Delme Hızı Tahmini

Mikromatkap Deneyi

Mikromatkap deneyinde, 3.18 cm çaplı matkaplar kullanılmaktadır. 60 dev/dk 'lık dönme hızı ile 90 kg'lık bir itme yükü ile deneyler yapılmaktadır. İlerleme 2.4 mm derinliğe ulaşıncaya delme işlemine son verilerek toplam zaman ölçülür (her 0.8 mm derinlikte bir zaman ölçülerek toplam zaman bulunur). Dişteki aşınma miktarı tayin edilir. Dişteki aşınma miktarı, delinme özellikleri ortalama olarak belli olan kayaların yer aldığı cetvellerle karşılaştırılarak kayanın delinebilirlik katsayısı belirlenir.



Mikromatkap deney düzeneği

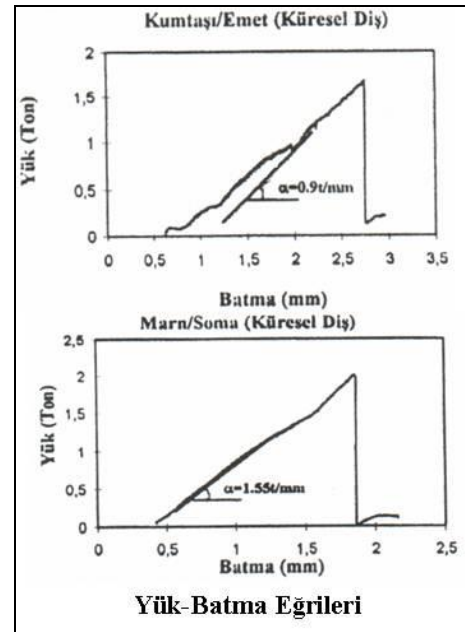
Diş Batırma Deneyi

Batırma deneylerinde, matkaplardan çıkarılan değişik türdeki dişler üzerine, laboratuvar ortamında kaya örneği parçalanıp bir oyuk oluşuncaya kadar yük uygulanır. Sonuçta yük-batma eğrisi elde edilir. Bu eğrinin eğimi yani oluşan oyuğun derinliğinin uygulanan yüke bölümü α (kg/mm) delinebilirlik indeksi olarak tanımlanmaktadır. Bu değer delinebilirliği bilinen kayaların delinebilirlik indeksi ile karşılaştırılarak, kullanılacak matkap türü, ömrü, matkap üzerine uygulanacak yük(baskı) miktarı ve ortalama delme hızı belirlenir.

Eğriler sürekli ve süreksiz olmak üzere iki çeşittir. Bu durumlar kayaların plastiklik özelliklerinden ve dişin uç açısından kaynaklanmaktadır. Plastik ve kırılğan kayalarda diş batarken belli bir yükten sonra kayadan bir parça(talaş) kopar, batma derinliği aniden artarken yükte de düşme görülür. Dolayısıyla eğri sürekli olur. Kırılğan olmayan kayalarda ise, talaş oluşmadığı için eğri süreklilik arz etmektedir. Talaşın oluştuğu yük değerinin %50'sinden çizilen teğetin eğiminden delinebilirlik indeksi bulunur.



Diş batırma deney düzeneği



Eğriler yardımı ile delinebilirlik indeksinin bulunması

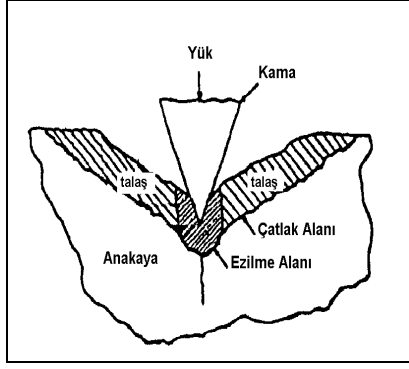
Batırma Tepkisi

Kama şeklindeki bir matkap dişinin kayaya batması üç aşamaya ayrılabilir. Bunlar;

- Kamanın kayayla teması sırasında kayacın yüzeyindeki pürüzlerin ezilmesi
- Kayacın plastik deformasyonu
- Kamanın alt ucundaki ezik kısmın oluşması

Artan yük ile kamanın meydana getirdiği gerilmeler, ezik kısım tarafından kayaya iletilir. Gerilmelerin belli bir değere ulaşmasından sonra kaya yüzeyine doğru ani bir çatlama meydana gelerek küçük bir parça(talaş) kopar. Bu olaya talaşlanma denmektedir. Talaşlanma ile ani bir gerilme boşalması meydana gelir ve kama-kaya arasındaki kuvvette düşme görülür.

Kuyu tabanındaki gerilme durumu karmaşık ve delme işlemi birçok etkene bağlı olduğundan batırma sorununun çözülmesinde bazı basitleştirici kabuller yapılmaktadır. Kayanın eşzelli, eşyönlü ve katı-plastik olduğu varsayılır.



Talaş oluşumu

DÖNER SONDAJDA DELME HIZI TAHMİNİ

Üç konili matkaplar ile yapılan döner sondaj çalışmalarında delme hızının tahmin edilmesi için literatürde bulunan teorik ve ampirik formüller şu şekildedir;

1- Teale (1965) formülü:

$$DH = \frac{2\pi INT}{ASE}$$

DH = Delme hızı
N = Dönme hızı
T = Tork
A = Delik kesit alanı
SE = Spesifik enerji

2- Morris (1969) formülü:

$$DH = 17N \frac{p' W}{F C}$$

DH = Delme hızı (m/h)
N = Dönme hızı (dv/dk)
p' = Penetrasyon deneyinde matkap dişinin batma miktarı (mm)
F = Chip oluşturmak için gerekli kuvvet (kg)
W = Matkap baskısı (kg)
C = Diş sayısı

3- Clark (1979) formülü:

$$\frac{DH}{ND} = k \left(\frac{W}{D^2 S_d} \right)^2$$

DH = Delme hızı
N = Dönme hızı
D = Matkap çapı
k = Sabit
W = Matkap baskısı
S_d = Delinebilirlik direnci

4- Warren formülü (Howart,1986):

$$DH = \left(\frac{aS_d D^3}{N^b W^2} + \frac{c}{ND} \right)^{-1}$$

DH = Delme hızı (m/h)
a, b, c = Sabitler
S_d = Delinebilirlik direnci (kPa)
D = Matkap çapı (cm)
N = Dönme hızı (dv/dk)
W = Matkap baskısı (N)

5-Praillet (1990) formülü:

$$W = \frac{\sigma_c D}{2}$$

$$DH = \frac{835.2WN}{\sigma_c^2 D^{0.9}}$$

DH = Delme hızı (m/h)
W = Matkap baskısı (kg)
N = Dönme hızı (dv/dk)
σ_c = Basınç dayanımı (kg/cm²)
D = Matkap çapı (cm)

6-Karpuz ve diğ. (1990) formülü:

$$DH = 0.01418 \frac{WN}{De^{(0.01436\sigma_c)^{0.7592}}}$$

DH = Delme hızı (m/dk)
W = Matkap baskısı (kg)
N = Dönme hızı (dv/dk)
D = Matkap çapı (cm)
σ_c = Basınç dayanımı (MPa)

7-Pandey ve diğ. (1991) formülü: (Laboratuvar delme deneyinden)

$$DH = 2544.94 - 306.738 \log_e \sigma_c$$

$$DH = 103.51 - 5.71 \log_e \sigma_i$$

$$DH = 941.12 - 71.02 \log_e \tau$$

$$DH = 690.63 - 88.32 \log_e f$$

DH = Delme hızı (cm/dk)
σ_c = Basınç dayanımı (kg/cm²)
σ_i = Çekme dayanımı (kg/cm²)
τ = Kesme dayanımı (kg/cm²)
f = Protodyakonov indeksi (Kayaç dayanım katsayısı)

8- Wijk (1991) formülü:

$$S_c = \frac{0.7C}{D^2}$$

$$DH = kNS_c^{1.4} \left(\frac{W}{D\sigma_{RD}} \right)^{3.2}$$

DH = Delme hızı (cm/dk)
k = Sabit
N = Dönme hızı (dv/dk)
S_c = Matkap diş yoğunluğu (Adet/m²)
W = Matkap baskısı (kN)
D = Delik çapı (cm)
σ_{RD} = Stamp test dayanım indeksi (MPa)
C = Diş sayısı

9-Maurer formülü (Wijk, 1991):

$$DH = \frac{kNW}{D^2 S_d}$$

DH = Delme hızı
k = Sabit
N = Dönme hızı
W = Matkap baskısı
D = Matkap çapı
S_d = Delinebilirlik direnci

10-Baurer formülü (Wijk, 1991):

$$DH = \frac{(61 - 28 \log_{10} \sigma_c) NW}{300D}$$

DH = Delme hızı (ft/h)
σ_c = Basınç dayanımı (psi)
N = Dönme hızı (dv/dk)
W = Matkap baskısı (lb)
D = Matkap çapı (inç)

* Bu formül istatistiksel olduğu için birimler metrik sisteme çevrilmemiştir.

11-Eskikaya ve diğ. (1993) formülü:

$$DH = \frac{kNW}{0.08\alpha D^c}$$

DH = Delme hızı (cm/dk)
k = Kayaç özelliklerine bağlı bir katsayı
N = Dönme hızı (dv/dk)
W = Matkap baskısı (kg)
α = Delinebilirlik indeksi (kg/mm)
D = Matkap çapı (cm)
c = 6-7 arasında değişen bir katsayı

12- Kahraman (1999) formülü:

$$DH = 3.20 \frac{NW}{\alpha D} \quad DH = 3.35 \frac{NW}{\alpha D}$$

Konik dişli matkap için; Küresel dişli matkap için;

DH = Delme hızı (m/h)
N = Dönme hızı (dv/dk)
W = Matkap baskısı (kN)
α = Delinebilirlik indeksi (kN/mm)
D = Matkap çapı (cm)

28 Döner-Darbeli Sondajda Delinebilirlik ve Delme Hızı Tahmini

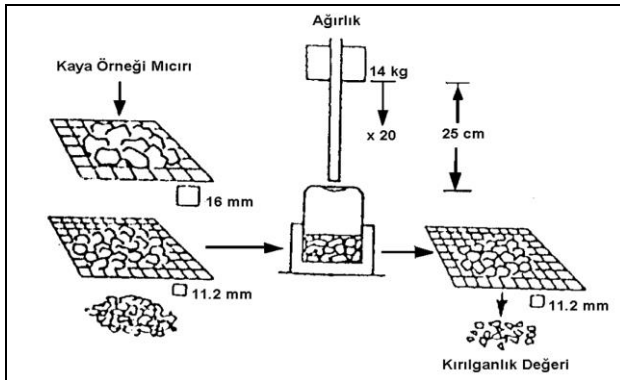
Delme Hızı İndeksi (DHİ)

Delme hızı indeksi (DHİ), deneysel uygulamalardaki delinebilirliği tam olarak işaret etmez. Fakat, ilerleme hızının hesaplanmasına yardımcı olur. Aynı zamanda kayacın delinmeye karşı gösterdiği en yüksek dayanımı temsil eder. Bu yöntem Trondheim Üniversitesinde (Norveç) geliştirilmiş olup, Helsinki Teknoloji Üniversitesi (Finlandiya) tarafından da kabul edilmiştir. Her iki ülkede de deneysel çalışmalardan elde edilen delme hızlarına ait veriler toplanmıştır. Bu verilerden elde edilen sonuçlar, DHİ ile kayaların delinme özelliklerinin doğru ve güvenilir bir şekilde tahmin edilebileceğini ortaya koymuştur. DHİ, iki nicelik temelinde hesaplanmaktadır. Bunlar;

- 1.Kırılgenlik Değeri (S_{20})
- 2.Sievers Değeri (S_j)

Kırılgenlik Değeri (S_{20})

Kırılgenlik, kolay kırılabilirlik deneyi ile hesaplanmaktadır. Bu deneyde, 11.2 mm-16 mm tane boyutlu ve 0.50 kg ağırlıklı kaya mıcırının üzerine 25 cm yükseklikten 14 kg ağırlığındaki çekiç bırakılır. Daha sonra bu malzeme 11.2 mm açıklıklı elekten geçirilir. Elek altında kalan malzemenin ağırlığı toplam malzeme ağırlığına bölünerek, kalan malzeme yüzdesi bulunur. Bu deneyin üç veya dört defa tekrarlanması sonucunda bulunan ortalama değer, kayanın kırılmaya karşı gösterdiği dayanım olan S_{20} değeri olmaktadır.

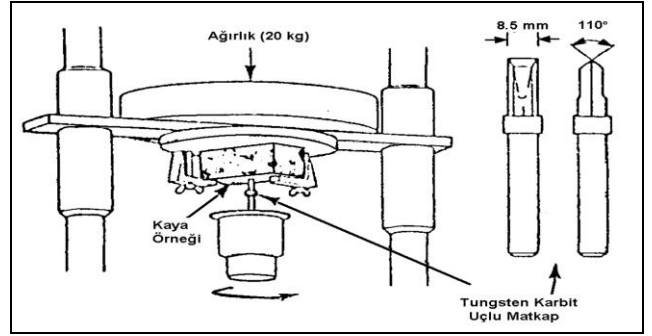


Kırılgenlik deneyi

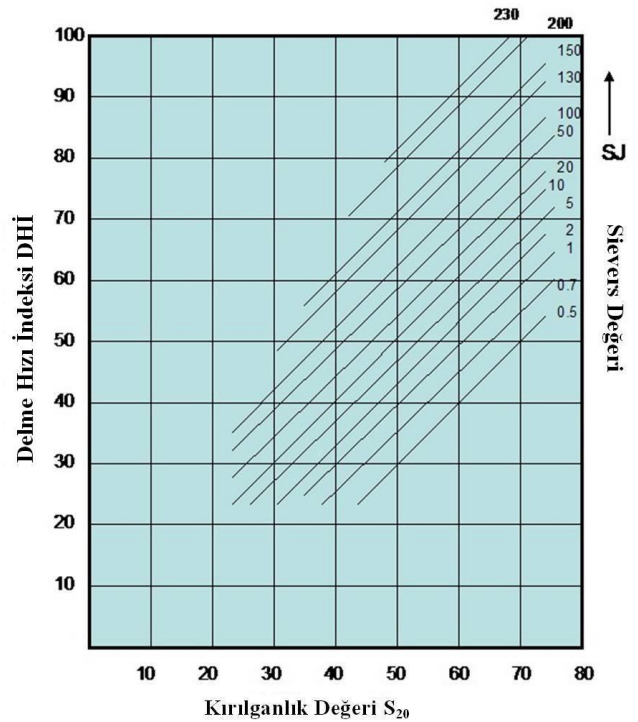
Sievers Değeri (S_j)

8.5 mm çaplı, sivriligi (uç açısı) 110 olan ufak bir delicinin üzerinde 20 kg ağırlık bulunan bir dilim kaya örneğinde 280 kez döndürülmesi sonucunda kaya örneğinde oluşan delik boyunun 10 mm cinsinden ifade edilmesi Sievers değeri olmaktadır. Bu deneyin 4-8 kez tekrarlanması sonucunda bulunan değer Sievers değeri olarak alınmalıdır. Bu değer bulunmasında tabakalanma

yüzeyinin yönü önemlidir. Delme işleminin tabakalanma yüzeyi ile eşyönlü olması gerekir.



DHİ değeri, S_j değeri tarafından düzeltilmiş kaya kırılgenlik değeridir.



Delme Hızı İndeksi Sınıflaması

Delme Hızı İndeksi (DHİ)	
Son derece düşük	21
Çok düşük	28
Düşük	37
Orta	49
Yüksek	65
Çok yüksek	86
Son derece yüksek	114

DÖNER-DARBELİ SONDAJDA DELME HIZI TAHMİNİ

Döner-darbeli sondajda, delme hızının tahmin edilmesi için literatürde bulunan teorik ve ampirik formüller şu şekildedir;

1-Hartman (1962) formülü:

$$DH = \frac{Vb_{pm}n_w}{A}$$

DH = Delme hızı
V = Krater hacmi
b_{pm} = Darbe frekansı
n_w = Matkaptaki kanat sayısı
A = Delik kesit alanı

2-Protodyakonov (1962) formülü:

$$DH = \frac{d^2(f + 8.6)}{3000G}$$

DH = Delme hızı(dk/m)
d = Delik çapı(mm)
f = Protodyakonov indeksi
G = Pnömatik tabanca gücü(kW)

3-Bailey (1967) formülü:

$$DH = \eta \frac{SE}{d^2} (PA_p)^{3/2} \left(\frac{s}{W_p} \right)^{1/2}$$

DH = Delme hızı
η = Verim
SE = Spesifik enerji
d = Delik çapı
P = İşletme basıncı
A_p = Piston alanı
s = Strok
W_p = Piston ağırlığı

4-Coates (1970) formülü:

$$DH = \frac{\eta b_{pm} A_p s}{SEA}$$

DH = Delme hızı
η = Verim
b_{pm} = Darbe frekansı
A_p = Piston kesit alanı
s = Strok
SE = Spesifik enerji
A = Delik kesit alanı

5-Hustrulid (1971) formülü:

$$DH = \frac{Eb_{pm}T_r}{ASE}$$

DH = Delme hızı(cm/dk)
E = Piston enerjisi(kg-cm)
b_{pm} = Darbe frekansı(darbe/dk)
T_r = Enerji transfer katsayısı
A = Delik kesit alanı(cm²)
SE = Spesifik enerji(kg-cm/cm³)

6-Schmidt (1972) formülü:

$$DH = \frac{4GT_r}{SE\pi D^2}$$

DH = Delme hızı(cm/dk)
G = Piston gücü(kgm/dk)
T_r = Enerji transfer katsayısı
SE = Spesifik enerji(kgcm/cm³)
D = Matkap çapı(cm)

7-Tandanad ve Unger (1975) formülü:

$$DH = \frac{G}{AK_d(3860 + 2744 \ln f')}$$

DH = Delme hızı(inç/dk)
G = Piston gücü(ft lb/dk)
A = Delik kesit alanı(inç²)
K_d = Düzeltme faktörü
d = Delik çapı(inç)
f' = Geliştirilmiş Protodyakonov indeksi

8-Pathinkar ve Misra (1980) formülü:

$$\log DH = (0.04 - 0.00094\theta) \log SE + 0.0089\theta + 2.544 + \log \left(\frac{E_p b_{pm}}{12.465A} \right)$$

DH = Delme hızı(cm/dk)
θ = Makap uç açısı
E_p = Piston enerjisi(kgm)
SE = Spesifik enerji(kgm/cm³)
b_{pm} = Darbe frekansı(Darbe/dk)
A = Delik kesit alanı(mm²)

9-Rabia ve Brook (1980) formülü:

$$DH = \frac{cP^a}{(DD \times SH)^b}$$

DH = Delme hızı
DD = Darbe dayanım sayısı
SH = Shore sertliği
P = İşletme basıncı
a, b, c = Katsayılar

10-Wijk (1989) formülü:

$$DH = \frac{4CVf}{\pi D^2}$$

DH = Delme hızı
C = Diş sayısı
V = Krater hacmi
f = Protodyakonov indeksi
D = Matkap çapı

11-Kahraman (1999) formülü:

Kuyudibi çekici kullanılacaksa,

$$DH = 3.24 \frac{(Pd)^{0.826}}{R_n^{1.900}}$$

DH = Delme hızı(m/dk)
P = Çalışma basıncı(bar)
d = Piston çapı(mm)
R_n = Schmidt çekici(N-tipi) geni darbe sayısı

Yerüstü çekici kullanılacaksa,

$$DH = 0.47 \frac{b_{pm}^{0.375}}{\sigma_c^{0.534} q^{0.093}}$$

DH = Delme hızı(m/dk)
b_{pm} = Darbe sayısı(darbe/dk)
σ_c = Tek Eksenli Basınç Dayanımı(MPa)
q = Kuvars içeriği(%)

29 Sondaj Matkaplarının Delme Mekanizmaları

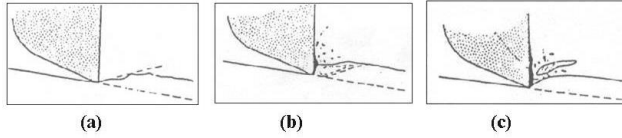
ÜÇ KONİLİ MATKAPLARIN DELME MEKANİZMALARI

Konili matkaplar, formasyonu matkap üzerine verilen baskı ve tork ile parçalar. Parçalanma olayı, iki türlü olmaktadır.

- 1.Kazarak parçalama
- 2.Ezerek parçalama

Kazarak Parçalama

Kazarak parçalama, kolay delinebilen formasyon matkaplarının formasyonu parçalama şeklidir. Bu parçalama türünde, matkabın dişleri kayaca gömülür ve dönmenin etkisiyle dişler kayacı itererek talaş kaldırır gibi ince yapraklar halinde formasyondan parçalar koparır. Özellikle kil türü formasyonlarda bu tür parçalanma söz konusudur.

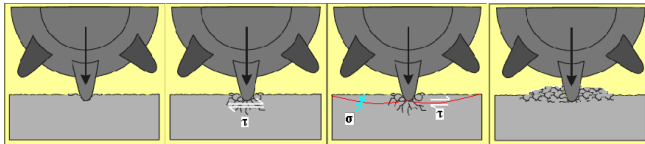


Kazıma etkisi ile formasyonda krater oluşturma evreleri

- a. Diş ile formasyon temasında formasyonun esnek şekil değiştirmesi
- b. Dişin temas ettiği yüksek gerilme bölgelerinde kesme çatlakları oluşumu
- c. Kesme çatlaklarının yüzey boyunca ilerlemesi ile parçalanma

Ezerek Parçalama

Ezerek parçalama, kolay delinemeyen formasyonlardaki parçalama şeklidir. Matkap dişleri, formasyon üzerine formasyonun tek eksenli basınç dayanımından daha fazla bir kuvvetle basar. Dişin bastığı yerdeki formasyon ezilerek ince toz haline gelir ve buraya gömülen dişin yükünü çevreye iletir. Oluşan kayma gerilmesi, formasyonun kayma dayanımını yenerek formasyonun parçalanmasını sağlar. Böylece dişin altında bir krater oluşur.

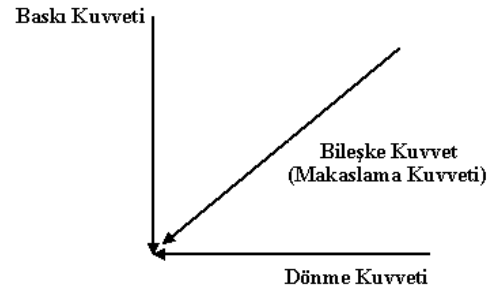


Ezerek parçalama işlemi

1. Dişin formasyona batması
 2. Formasyonun tek eksenli basınç dayanımının yenilmesi
 3. Tek eksenli basınç dayanımının yenilmesi ile kayma gerilmesi oluşması
 4. Kayada krater oluşumu ve delme işleminin gerçekleşmesi
- Formasyonun parçalanması için gerekli olan enerji diş gelen yüke, dişin formasyona çarpma hızına ve formasyon üzerinde kalma süresine bağlı olduğu için dişlerarası açıklığı fazla olan matkaplarda delme işi daha hızlı olur. Çünkü, dişler yüzeye daha hızlı çarparlar ve çarptıkları yüzeyde kalma süreleri daha fazladır.

ELMASLI MATKAPLARIN DELME MEKANİZMALARI

Elmaslı matkapların delme işlemini gerçekleştirebilmesi için, üzerlerine bir yük(baskı) uygulanması ve matkabın ekseninde dönebilmesi gerekmektedir. Delme işlemi, matkabın baskı altında döndürülmesi sonucunda oluşan makaslama kuvvetinin kayacı plastik deformasyona uğratması ile gerçekleşmektedir. Bu makaslama kuvveti, matkap üzerine uygulanan baskı ve dönme işlevlerinin bileşkesidir. Elmaslı matkabın verimli bir delme operasyonu yapabilmesi için bu baskı ve döndürme kuvvetleri arasındaki ilişkinin iyi bir şekilde ayarlanması gereklidir.



Delme işleminde kuvvetler dengesi

Delme olayının anlaşılabilmesi için, matkabın kesme yüzeyinin iyi bir şekilde incelenmesi gereklidir. Matkabın kayan delme yeteneği, kayanın sertliği ve dayanımına bağlıdır.

Elmaslı matkapların başlıca 3 ana kaya delme mekanizması bulunmaktadır. Bunlar;

1. Yontma
2. Basınçla gevşetme
3. Kazıma ve aşındırma

1. Yontma

Yumuşak kayalarda elmas tanesi(taş), kaya ile temas ettiğinde kaya üzerinde yeterli derinlikte ve yerel bir makaslama gerilmesi oluşturur. Elmas tanesi, baskı altında döndürüldüğünde tarla sürmede kullanılan pulluğun oluk açması gibi kayada bir oluk oluşturur. Bu aşamada, normal yük kesme yükünden daha fazladır. Elmas taneleri matrise, birinin açtığı oluğu arkadan gelen tanenin derinleştirmesini sağlayacak şekilde yerleştirildikleri için bu işlemler sonucunda kayanın delinmesi sağlanır (Şekil A).

2. Basınçla Gevşetme

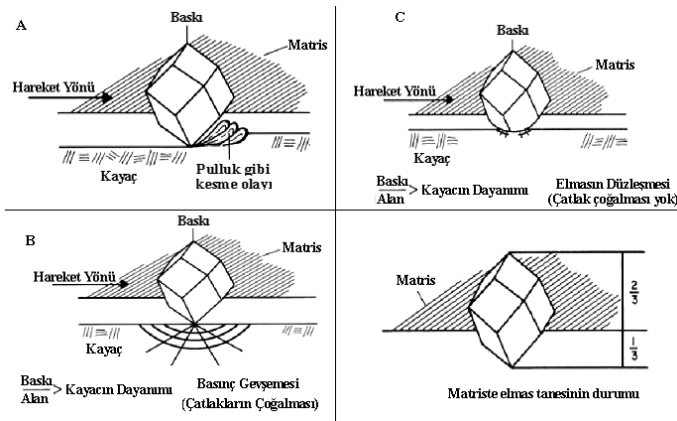
Delinen kayanın basınç dayanımının yüksek olduğu ve her elmas tanesine delmeyi sağlayacak yeterli miktarda baskının verilmediği durumlarda, elmas tanesinin kayayı kesmesi kayada basınçla gevşeme şeklinde olur. Kesme sırasında bir elmas tanesi, kaya üzerinde bir noktadan geçerken tanenin izi basınç gevşemesi sebebiyle kayada çatlama oluşur. Ardarda ve yan yana gelen tanelerin oluşturacakları izlerin artması ve derinleşmesiyle delme işlemi gerçekleşir.

Yüksek kapasiteli sondaj makinalarında, yumuşak kaya matkapları kullanıldığında basınç gevşemesi nedeniyle yerel yenilmeler oluşturularak delme işlemi gerçekleştirilir. Kaya yüzeyinde, yaklaşık 50-100 mikron derinliğinde çatlaklar oluşur. Dönme işleminin etkisiyle elmas tanesi kaya yüzeyini tahrip etmeden geçmemektedir (Şekil B).

3. Kazıma ve Aşındırma

Kazıma ve aşındırma şeklindeki delme işlemi genellikle çok sert kayalarda ve çok yüksek dönme hızlarıyla birlikte çalışıldığında oluşmaktadır. Kazıma ve aşındırma mekanizması, kayanın basınçla gevşetilmesine benzerdir. Delme işlemi sırasında, elmas tanelerinin 5 m/sn çevresel hızdan daha fazla hızlarla çalıştırılmamasına dikkat edilmelidir. Kaya delme işleminde kullanılan elmaslı matkaplar, düşük baskı altında 30-60 m/sn çevresel hızlarda çalıştırıldıklarında kazıma ve aşındırma işlemini gerçekleştirebilmektedirler.

Elmas tanesi fazla miktarda parçalanmış bir bölgeyi çapraz olarak geçtiğinde, kesme derinliğinin çatlak derinliğine oranla çok küçük olduğu gözlenmektedir. Üç delme işleminde de bahsedildiği gibi, delme işleminde kayanın yenilmesi karmaşık bir işlemdir. Yontma tipi kesme ve basınçla gevşetme mekanizması yumuşak kayalar dışındaki bütün kayalarda etkili olup, birbirine benzerdir. İlk olarak basınç gevşemesi nedeniyle çatlak oluşmakta ve çatlak büyüdüğünde kırıntılar kopmaktadır. Bununla birlikte, her seferde elmas tanesi belirli bir bölge üzerinden geçerken kayacı ezmede ve bu ezilme işlemi kayanın alt yüzeyine de yansımaktadır (Şekil C).



Elmaslı matkapların delme mekanizmaları

Delme işleminde hangi mekanizmanın gerçekleştiği, elmas tanesi cinsine, kayanın tane boyutu, sertliğine ve tek eksenli basınç dayanımına bağlıdır. Çatlak yayılma şekli, muhtemelen kayanın tane boyutunun bir işlevidir.

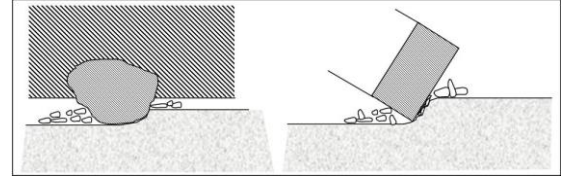
PDC MATKAPLARIN DELME MEKANİZMASI

Metal kesme mekaniği üzerine fazla miktarda teori olmasına rağmen, kayaları delme mekaniği üzerine olan teori o kadar fazla değildir.

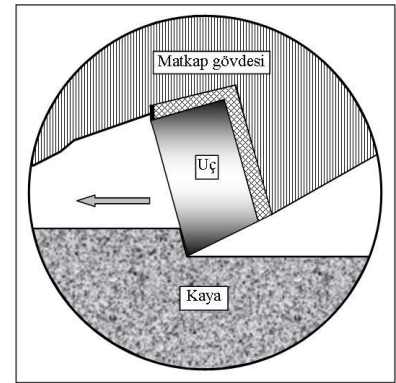
PDC matkaplarda, dişlerin kayayı kesmesi esnasında değişik safhalar vardır. İlk aşamada, matkap dişleri ile kaya üzerinde bir makaslama kuvveti oluşturulur. Bu

makaslama kuvveti, kayanın dayanımı yenilinceye kadar artmaya devam eder ve bu esnada kırılma olmaz. Kayanın dayanımından fazla bir makaslama kuvveti uygulandığında kayadan parçalar kopar ve kuvvette bir düşüş olur. Böylece bir döngü tamamlanmış olur. Bundan sonra dişler serbest yüzeyde batmaya başlar. Makaslama kuvveti ile delme mekaniği diğer kesme mekaniklerinden üstündür.

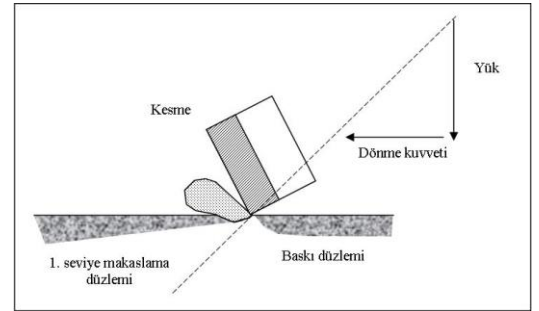
PDC matkaplar birincil olarak makaslama hareketleriyle kayayı kesmekte olup, diğer matkaplar (örneğin taşlı, elmas ve emprenye elmas) kayayı kırma ve ezme olayları ile delmektedir.



PDC matkapların delme mekanizması



PDC kesici elemanlarının kayayı sıkıştırma veya baskı kuvvetlerinden ziyade makaslama mekanizması ile parçalaması



Makaslama ve baskı (yük) düzleminin PDC kesici elemanı ile ilişkisi

PDC matkapları kayayı makaslama hareketi ile keserek parçalamaktadır. Diğer matkaplar, örneğin elmas ve konili matkaplar kayayı kırarak, sıkıştırarak ve öğüterek parçalamaktadır. Makaslama hareketi ile kesme prosesi, sıkıştırma, kırma ve ezme preslerinden daha az enerji tüketmektedir. Böylece sondajda PDC matkaplarında daha az matkap baskısı uygulanmaktadır. Bunun sonucu olarak, sondaj dizisinde ve donanımlarında daha az sürtünme ve aşınma olacaktır.

30 Sondaj Hidroliği

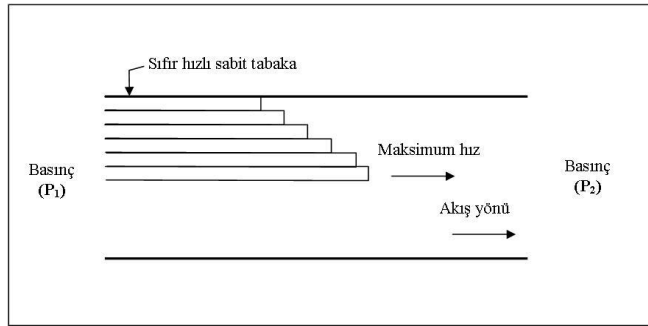
SIVI AKIŞI PARAMETRELERİ

Sondajcılıkta en fazla kullanılan Bingham Plastik ve Power Law akışkan modelleridir. Bu modellere göre türetilen tüm formüller sondaj mühendisine sıvı akışı hakkında ipuçları verecek niteliktedir.

Ana konular sıvı akışı, viskozite, akış tipleri, sıvı akış tipini etkileyen faktörler, akışkan tipleri kapsamaktadır.

Sıvı Akışı

Borunun iç çeperlerine temas eden sıvının akışı sabittir. Yani, boru iç çeperinde sabit bir sıvı katmanı mevcuttur. Aynı kesitte sıvı akış hızı merkeze doğru artmaktadır. Sıvı akış hızı merkezde en fazladır. Bu olayda farklı hızlarda akışkan katmanları vardır. Birbirine paralel olan bu yapışık katmanlarda hızı fazla olan katman, hızı az olan tabaka üzerinde kayar. Sıvı akışı da, bu tabakalar arasındaki kaymanın bir sonucudur. Boru içerisinde bu akışın sürekliliği, devamlı bir enerjiyi gerektirir, örneğin bir pompa, boru uçları arasında basınç farkı oluşturarak akışı sağlayabilir. Katmanlar arasındaki bu kayma hareketi sıvının hız ve viskozitesinin fonksiyonu olan kesme kuvvetine bağlıdır.



Boru içerisinde sıvının akışı

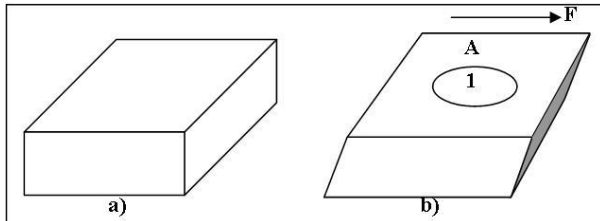
Viskozite

Viskozite, akışkanlar içerisindeki katmanların birbiri üzerinde kayarken meydana gelen makaslama kuvvetinin etki derecesini kontrol eden bir özelliktir. Bu nedenle, viskozite de, akışkanların molekülleri arasındaki kohesiv kuvvetinin meydana getirdiği iç direnç kuvvetinin bir ölçüsüdür. Viskozite ayrıca akışkan tipine ve sıcaklığına da bağlıdır. Sıvılar için sıcaklık artışı moleküller arasındaki mesafeyi artıracağından moleküller arası kohesiv kuvvet dolayısıyla viskozite düşer. Su ve katıların karışımından oluşan sondaj çamurlarında viskozite, katı madde miktarına, şekline ve boyutuna bağlıdır.

Akışkan viskozitesi Şekilde gösterilen bir küp üzerindeki deformasyonla modellenilebilir. Bu küpte F kuvveti, A boyutundaki 1 yüzeyine etkir. Oluşan makaslama kuvveti

$$\tau = F/A \text{ 'dır.}$$

Bu makaslama gerilmesi küpte şekilsel deformasyonlara neden olur. Bu olay, tüm elastik davranışlı katılarda temel bir harekettir.



Bir akışkanın birim küpü

a) Makaslama öncesi b) Makaslama sonrası

Viskozite birimi, hem metrik hem de İngiliz birim sisteminde viskozite birimi poise veya sentipois'dir.

İngiliz sisteminde;

Metrik sistemde ise

$$\frac{lbsn}{ft^2} \text{ veya } \frac{lbm}{ftsn}$$

$$\frac{Nsn}{m^2} = \frac{10gr}{cmsn}$$

Burada 1 poise (p) = 1g/cmsn ve 1P= 100cP'dir.

$$1cp = 6.719.10^4 lbm/fts' \text{ dir.}$$

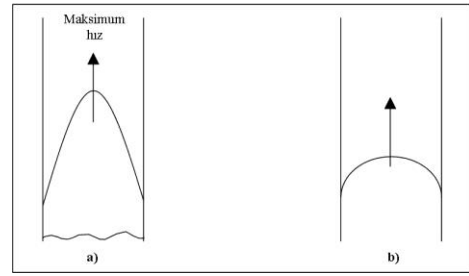
Akış Tipleri

Başlıca iki akış tipi olup, bunlar laminer ve türbülanslı akıştır.

Laminer Akış

Bu akış tipinde, akışkan katmanları akış eksenine paraleldir. Akış hızı, boru cidarından merkeze doğru artar. Laminer akış tipinde, makaslama kuvveti yalnızca katmanlar arasındaki kayma hareketi ile oluşur. Borunun düzgünlüğüne bağlı değildir ve akış hızının sadece yatay bileşeni mevcuttur. Genelde akışkan hızının yavaş olduğu durumdaki akış tipidir.

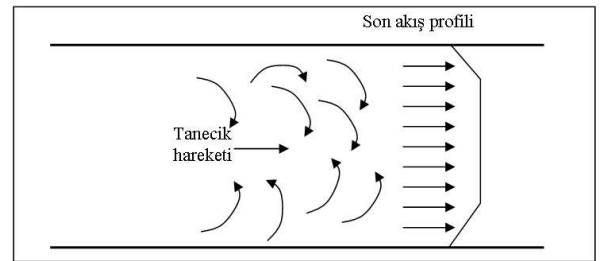
Laminer akışın özel bir türü de plug akıştır. Bu akış tipinde merkez laminer akışa göre daha düzdür. Yani, katmanlar arasındaki hız farkı küçüktür. Plug akış, petrol sondajlarında düşük çamur hızlarında ve çamurun viskozitesinin fazla olduğu durumlarda gözlenir.



a) Laminer akış b) Plug akış

Türbülanslı Akış

Bu akış tipinde akış düzeli değil tesadüfidir. Akış hızının 2 bileşeni mevcuttur olup, bunlar yatay ve çapraz bileşenlerdir. Yatay bileşen, sıvıyı akış eksenine paralel hareket ettirmeye çalışırken, çapraz bileşen akış ekseninin normali doğrultusunda hareket ettirmeye çalışır. Dolayısıyla, akışkan katmanlar arasında bir düzensizlik yani "türbülans" ortaya çıkar.



Türbülanslı akış

Türbülanslı akışa rağmen, sıvının son akış profili laminer tipe yakındır. Bu kısa sıvı tanelerinin birleşmesinin bir sonucudur. Bu tanelerinin içerisindeki düşük ve yüksek hızlı tanecikler arasındaki momentum değişimi kısmen düzgün bir yüzey verir.

Türbülansa rağmen, boru kenarlarına doğru parça dalgalanması giderek azalır. Bu bölge laminer bir akış gösterir ve laminer alt tabaka adını alır. Bu tabakanın kalınlığı türbülansın derecesine bağlıdır ve aralarında ters bir ilişki vardır.

Petrol sondajlarında, türbülanslı akışlardan mümkün olduğunca kaçınılır. Türbülans, basınç kayıplarına ve kuyu duvarında oyuklara neden olur.

Akışkan Tipini Etkileyen Faktörler

Laminer akışta makaslama kuvvetinin sadece akışkan tabakaları arasındaki kayma hareketi sonucu ortaya çıktığını, türbülanslı akışta ise hızın çapraz bileşenin de etkisiyle iki farklı kuvvetle makaslama kuvvetinin ortaya çıktığı belirtilmiştir. Yani hem laminer hem de türbülanslı akış büyük oranda akışkan hızına bağlıdır. Akış tipini etkileyen diğer önemli parametreler, viskozite, yoğunluk, akış hızı ve boru çapıdır. Bu parametreler boyutsuz bir formülle gruplanarak “Reynolds sayısı” olarak adlandırılan bir sayı bulunmuştur.

Reynolds sayısı:

$$Re = \frac{DV\rho}{\mu}$$

Burada;

D: boru çapı ρ: yoğunluk

V: hız μ: viskozite.

Reynolds katsayısının kritik bir değerinde akış laminardan, türbülanslı akışa geçmektedir. Bu kritik değer etkisi, boru çeperinin düzgünlüğü, akışkanın viskozitesi gibi birçok parametreye bağlıdır. Re sayısının 3000’i geçtiği değerlerde, tamamen türbülanslı akış başlar. 2000’den küçük Reynold değerlerinde akış tamamen laminardır. 2000-3000 arasındaki Re değerleri geçiş bölgesidir. Bu durumda plug tipi akış vardır. Sıvı kritik akış bölgesindedir. Sıvıdaki herhangi bir enerji girişi, akışkanın türbülanslı akışa çevirir.

Reynolds sayısı parametrelerinin birim sistemlerindeki değerleri

Parametre	Metrik	İngiliz
Çap	mm	inch
Hız	mm/sn	ft/min
Yoğunluk	kg/l	lbm/gal
Viskozite	cP	cP

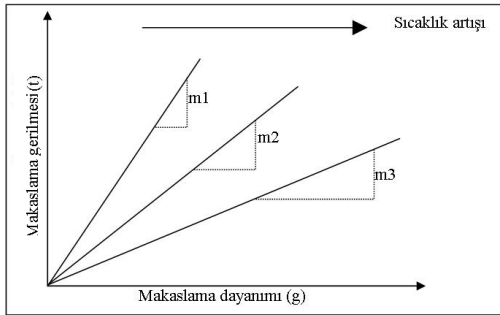
Sıvı Akışkan Tipleri

Newton Tipi Akışkan

Bu tip akışlarda τ ve γ arasında tamamen lineer bir ilişki vardır ve eğim dinamik akışkanın viskozitesini verir:

$$\tau = \mu \cdot \gamma$$

Viskozite sabit olup, sadece basınç ve sıcaklık değişiminden etkilenir. Örneğin, yağ ve su gibi.



Newton tipi akış

Newton Tipi Olmayan (Non-Newtonian) Akışkan

Bu tip akışlarda τ ve γ aralarında lineer bir ilişki göstermez. Örneğin μ sabit değildir. Sondaj çamuru ve çimento çamurları gibi.

Üç tip Non-Newtonian tipi akış tipi vardır:

Bunlar:

- Bingham-plastik akışkanı (zamana bağımsız)
- Power-law akışkanı (zamana bağımsız)
- Zamana bağlı akışkan

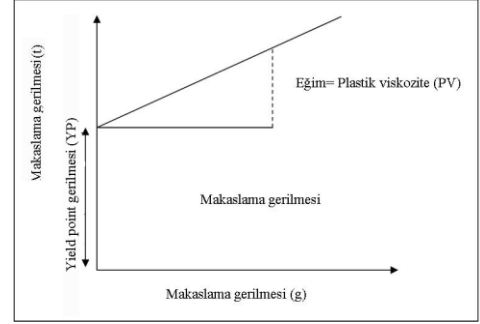
Bingham Plastik Akışkanı (Zamandan Bağımsız)

Bu tür akışkanlarda, deformasyon belirli bir makaslama kuvvetini aştıktan sonra meydana gelir. Bu minimum makaslama kuvveti “yield point” olarak

adlandırılır (Şekil 11.6). Bu noktadan sonra τ ve γ lineer olarak değişerek sabit bir değer olan “Plastik Viskozite (PV)” oluşur. Yine Plastik Viskozite’de basınç ve sıcaklığa bağlıdır.

$$\tau = YP + (PV) \gamma$$

Yield point, viskometre yardımı ile bulunur ve birimi lb/100ft²’dir. Metrik birimde ise N/m²’dir.



Bingham plastik akışı

Power Law Akışkanı (Zamandan Bağımsız)

Bu modelde ise τ ve γ’in birbirleri arasındaki ilişki aşağıdaki eşitliklerdeki gibidir;

$$\tau = K (\gamma)^n$$

veya

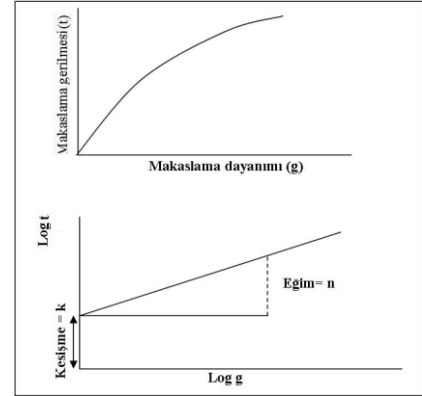
$$\tau = K \left(\frac{-dv}{dr} \right)^n$$

Burada;

n: akışkan davranış indeksidir 0 ve 1 arasında değişir.

K: koyuluk (kıvam) indeksidir.

K’nin büyük değerlerde olması akışkanın kalın yani viskozitenin fazla olduğunu gösterir.



Burada n= 1 olduğunda τ= K*γ haline gelir. K= μ’dür. Ve akışkanın Newton tipi akışa geçtiği durumudur. Yani, n değeri Non-Newton tipi akışkanın derecesini gösteren bir değerdir.

Zamana Bağımlı Değişken

Bingham Plastik ve Power Law akışkanlar, viskozitenin derecesi makaslama etki süresinden etkilenmediği, zamandan bağımsız akışkanlar olarak tanımlanırlar. Zamana bağımlı akışkan da ise, sabit bir makaslama oranı değerinde ve sıcaklıktaki görünür viskozite, makaslama kuvvetinin etki süresi ile değişir. Zamana bağımlı değişken vardır.

1. Tixotropik Akışkan: Makaslama gerilmesi, makaslama süresinin artışı ile azalma gösterir. Tixotropik jel sıvı içerisindeki tahrik üzerine tekrar akışkan haline geri döner. Tixotropik akışkana boyalar, gres yağı polimer solüsyonları örnek verilebilir.
2. Reopektik Akışkan: bu akışkan tipi de tixotropik akışkanın tam tersi özellikler sergiler. Yani belli bir makaslama oranına ve sıcaklığa sahip olan akışkanın makaslama gerilmesi artış gösterir. Gerçek reopektik akışkanlar çok nadirdir. Örneğin jips ve bentonit süspansiyonları.

31 Tahlisiye Alet ve İşlemleri

Sondaj kuyularında kopan, sıkışan veya kuyuya düşen veya işlemler sırasında kuyuda kalan malzemenin kuyu dışına çıkartılarak kuyunun boşaltılmasına ve tekrar çalışılabilir ortama dönülmesine "Tahlisiye(Kurtarma) İşlemi" adı verilir.

Kurtarma işlemlerinde kullanılan hazır veya şantiyede yapılan ekipmanlara ise "Tahlisiye Aletleri" adı verilir.

Sondaj sırasında oluşan ve tahlisiye işlemi gerektiren durumlar; çok çeşitli şekillerde ve değişik karakterlerde meydana gelebilmektedir. Kuyu içerisinin çıplak gözle görülebilmesi ve kuyu içerisinde tahlisiye işlemi gerektiren ekipmanın durumunun kesin olarak bilinmemesi nedeniyle, tahlisiye işlemleri sondaj çalışmalarının en zor ve sıkıntılı konusudur.

Sondajcılığın en önemli hususlarından birisi, sondaj kuyularında tahlisiye işlemlerini gerektirecek durumların oluşmaması için, dikkatli olunması ve gerekli tedbirlerin önceden alınmasıdır. Alınabilecek tedbirler şunlardır;

1. Sondaj makinası, pompa ve takımı oluşturan ekipmanların daima bakım ve kontrollerinin yapılması
2. Delinen formasyon özelliklerine ve kuyu durumuna uygun borulama ve çimentolama işlemlerinin(zaman kaybetme ve sondaj maliyetini yükseltecek olsa dahi) gerekli olması durumunda yapılması
3. Uygun kapasitedeki sirkülasyon(devirdaim) pompasının kullanılması ve sondaj sıvısının yeterli miktarda kuyuya basılması
4. Uygun devir ve baskı ile çalışılması
5. Pompa manometresi ve sondaj makinası göstergelerinin çalışır durumda olması

Ayrıca, sondaj sırasında dikkatli ve titiz bir şekilde çalışarak, acele edilmemeli ve işin gidişatı şansa bırakılmamalıdır.

Sondaj işlemleri sırasında, tahlisiye işlemi gerektiren durumların olabileceği göz önünde tutularak çalışılan takım özelliklerine uygun özellikte tahlisiye ekipmanları şantiyede kullanılabilir durumda bulundurulmalıdır.

Tahlisiye işlemleri uygulanmadan önce, kurtarılabilecek malzemenin konumu saptanmaya çalışılmalı ve uygulanacak tahlisiye işlemi dikkatli bir şekilde seçilmelidir. Yanlış seçilen ve uygulanan tahlisiye işlemi, diğer yöntemlerin uygulanabilme imkanını ortadan kaldıracaktır. Tecrübeler, çoğunlukla kurtarılabilecek durumda olan bir takımın sondaj personelinin acele etmesi ve plansız uygulanan tahlisiye işlemleri nedeniyle kurtarılamayacak dereceye gelmesine sebep olduğunu göstermiştir.

Tahlisiye işlemi; soğukkanlılık, sabır ve tecrübe gerektiren bir konudur. Uygulanacak yöntem seçilmeden önce, durum analizi yapılmalı ve ilk yöntemin uygulanmasından sonra başarısız olması durumunda, uygulanabilecek ikinci yöntemin ne olabileceği hesap edilmelidir.

Tahlisiye işlemi gerektiren nedenler şunlardır;

Formasyon kaynaklı nedenler: Delinen formasyonun yapısal fiziksel, kimyasal ve hidrolik özelliklerinden dolayı bazı güçlükler çıkmaktadır. Bunlar;

- Formasyonun devamlı yıkıntı yapması ve akıcı özellikte olması
- Formasyonun kil, tuf gibi şişme özelliğine sahip olması
- Formasyonun çatlaklı, boşluklu, mağaralı olması
- Formasyonda gaz bulunması

Bu tip formasyonlarda şu sondaj güçlükleri yaşanabilir;

A. Takım sıkışmaları ve sapma

B. Teçhiz ve kolon borularının(pompa boruları) sıkışması

Sondaj makine ve ekipmanı kaynaklı nedenler: Kullanılan ekipmanların yetersizliğidir. Bunlar;

- Ekipmanların kalitesiz olması
- Ekipmanlardaki imalat hataları
- Standart dışı ekipman kullanılması
- Kullanılması gereken ekipmanın şantiyede bulunmaması

- Sondaj makinası mekanik bileşenlerinin(motor, vinç vb.) ve yardımcı gereçlerinin(kompresör, pompa vb.) arızalanması

Personel kaynaklı nedenler:

- Personelin sondaj çalışmaları sırasında gerekli özeni göstermemesi
- Ekipman bağlantı noktalarının yeterince sıkılmaması
- Ekipman bağlantı noktalarının sökülmesi sırasında gerekli tedbirlerin alınmaması
- Personelin yeterince sondaj tekniğine hakim olmaması
- İhmalkar davranışlar
- Sapmayı önleyecek tedbirlerin önceden uygulanmaması
- Sondaj çamuru özelliklerine kontrol edilmemesi ve gerekli öznenin göstermemesi
- Personelin işi kısa sürede bitirme isteği ve delme hızını artırma düşüncesi

Bu durumlarda şu olaylar meydana gelebilir;

- Takım kopması
- Teçhiz, kolon ve hava borularında kopmalar
- Takım çözülmesi
- Teçhiz, kolon ve hava borularında çözülmeler
- Kuyuya herhangi bir cisim düşürülmesi
- Matkap kilitlenmesi

PROBLEMLİ DURUMLARDA YAPILMASI GEREKENLER

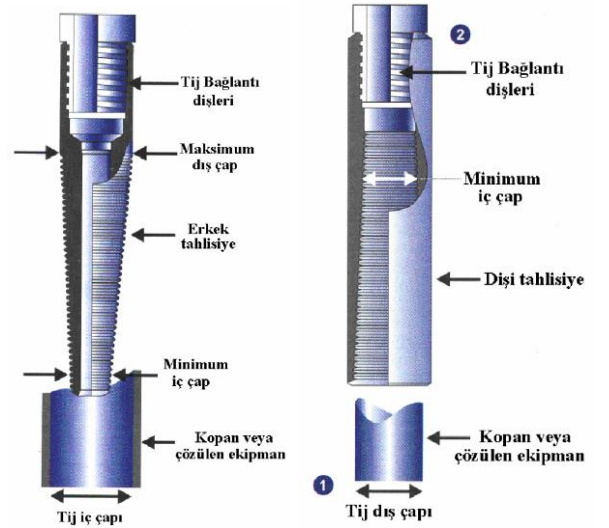
Problem olduğunda, sondaj mühendisinin davranışı şu şekilde olmalıdır.

1. Problemin nasıl çıktığını ve ana nedenin ne olduğunu tespit etmek
2. Yanında çalışan personelin ve kendisinin moralinin bozulmamasına özen göstermesi
3. Diğer mühendisler, sondör ve tecrübeli işçilerle problemin nasıl çözüleceği hakkında bilgi alışverişi yapmalı
4. Problem çözülmesi için uygulanacak en iyi tahlisiye yöntemini belirlemeli
5. Belirlenen tahlisiye yönteminin itinalı bir şekilde uygulanmasını sağlamalıdır. Çünkü, sondajda uygulanacak ilk tahlisiye işlemi çok önemlidir. Uygulanan tahlisiye yöntemi, ikinci bir problemin oluşmasına neden olmamalıdır.

TAHLİSİYE ALETLERİ

Dişi Tahlisiyeler

Bunlar yapılış itibarıyla erkek veya dişi olmak üzere ikiye ayrılırlar. Erkek tahlisiyeler takımı içten, dişi tahlisiyeler ise takımı dıştan yakalarlar ve çoğunlukla da ortalayıcı borularla birlikte tahlisiye işlemlerinde kullanılırlar.

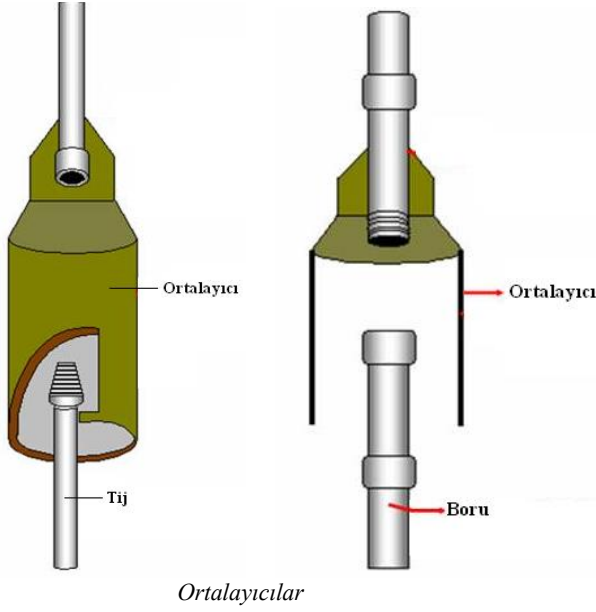


Erkek tahlisiye

Dişi tahlisiye

Ortalayıcılar

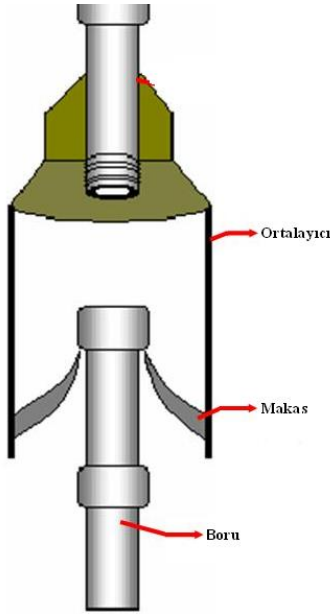
Çözülerek veya koparak kuyuda kalan takım elemanlarının veya boruların kurtarılabilmesi için kullanılan ekipmanlardır. Normal koşullarda, kuyudaki malzemenin üst ucunun kuyu içerisinde, ortalı ve dik pozisyonda olması gerekir. Fakat, kuyuda kalan sondaj ekipmanları genellikle yana yatık ve kuyu çeperine yaslanmış durumdadır. Ortalayıcılar, kurtarılabilecek ekipman kuyu ortalaması ve kuyu dışına çıkarılmasını sağlarlar.



Ortalayıcılar

Makası Kurtarıcılar

Kuyuda kalın sondaj ekipmanının üst ucunda diş bulunmaması veya dişli kısmın dolu olması durumunda kullanılan tahliye aletleridir.



Makası tahliye aleti

Tutuculu Tahliyeler

Kuyuda kalan sondaj ekipmanının çapına uygun hale gelebilen tahliye aletleridir. Tahliye aleti içerisine yerleştirilen ve gerektiğinde değiştirilebilen tutucu sayesinde 1-5 inç çaplı sondaj ekipmanları tahliye işlemi aynı tahliye ile yapılmaktadır. Kurtarılabilecek ekipman, çeperlerinden sıkıştırılarak yakalandığı için ekipmanın dişli veya çıkıntılı olması önemli değildir. Tahliye aleti

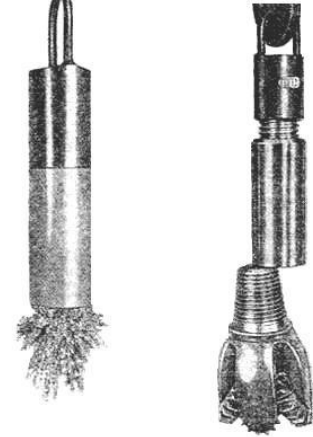
gövdesinin konik yapıda olması nedeniyle, kurtarılabilecek ekipmanı kavrarlar.



Tutuculu tahliyeler

Mıknatıs Tahliyeler

Mıknatıs tahliyeler, çeşitli nedenlerle kuyu içerisine düşürülen metal parçaların (anahtar vb.) kuyu dışına alınması ve sondaja devam edilmesi amacıyla kullanılmaktadırlar.



Mıknatıs tahliyeler

Değinen konulardan da anlaşılabilir gibi, karşılaşılan sondaj güçlükleri ve bu güçlüklerin giderilmesi için yapılacak işlemlerin başarısı kuşkusuz sondaj personelinin bilgi ve becerisi ile doğru orantılıdır.

Sondörler, karşılaştıkları pek çok sondaj güçlüğünü çözmek için akıl, bilgi ve becerilerini kullanmak suretiyle burada bahsedilen klasik tahliye alet ve yöntemleri dışında çeşitli tahliye aletleri yapmış ve başarılı bir şekilde de kullanmışlardır.

Sondajcılıkta her sorunun bir çözümü bulunmaktadır. Önemli olan konu, en ekonomik, güvenilir olan yöntemi seçmektir. Tahliye işlemlerinde sağduyu, soğukkanlılık ve moral gibi faktörler oldukça önemlidir.

Bazı sondaj mühendisleri veya sondörler, kuyuya düşen veya kuyuda kalan herhangi bir sondaj ekipmanını kurtarmayı onur meselesi olarak görmekte, ne uğruna olursa olsun tahliye işlemini sürdürmekte ısrarcı olmaktadır.

Bir sondaj ekipmanının kuyu dışına çıkartılması için kuyu maliyetini aşacak harcamaların yapılmasının mantıklı bir gerekçesi bulunmaktadır. Böyle bir durumda en geçerli yol, tahliye işlemine son verilmesi ve bu olaydan gerekli deneyimin elde edilmiş olmasıdır.

32 Sondajcılıkta Formasyon Kaynaklı Delme Güçlükleri

Sondaj çalışmalarında delme aşamasına geçmeden önce bir sondaj programının yapılmaması, yanlış delme yöntemi ve ekipman seçimi, sondaj çamuru özelliklerine gereken önemin verilmemesi ve değişimlerinin yeterince kontrol edilmemesi gibi sebeplerden dolayı kuyularda sapma, takım kesmeleri, takım sıkışmaları, takım çözümleri vb. gibi ilerleme zorlukları ortaya çıkmaktadır. Bu zorlukların aşılabilmesi kuyuların terk edilmesi boyutuna kadar ulaşabilmektedir. Bu durum, harcanan emek ve paranın boşa gitmesi gibi bir anlam taşımaktadır. Bu sorunların yaşanmaması için genel olarak;

* Delinecek formasyona uygun donanım ve malzeme seçilmelidir
* Kuyu sapmalarını önlemek için yeterli miktarda ağırlık ve saptırma kullanılmalıdır

* Zor delinebilen formasyonların delinmesi için, öncelikle hava+su+köpük dolaşımı ve kuyu dibi çekici kullanılmalıdır. Döner-çamurlu sistem ile çalışma zorunluluğu varsa yeterli miktarda ağırlık borusu kullanılmalıdır(hidrolik makinalarda baskı verilmelidir).

* Takım elemanlarından yorulmuş-yıpranmış, eğik vb. gibi nitelikler taşıyan, ilerleme sırasında zorluk çıkarabilecek malzemeler ayrılarak sondaj çalışmalarında kullanılmaması sağlanmalıdır

* Matkabın kestiği, sondaj çamuru ile kuyu dışına atılan kırıntıların hangi derinliğe ait örnek olduğunun belirlenmesi oldukça önemlidir. Çünkü, tarama ve borulama işlemi yapılırken sorun çıkarsa, sorunun kolay olarak çözülmesi için sorunlu bölgenin litolojisinin ve derinliğinin tam olarak bilinmesi gerekmektedir

* Döner-çamurlu sistem ile çalışılan durumlarda, çamurun özellikleri(viskozite, su kaybı, sıva kalınlığı vb.) sürekli olarak kontrol edilmelidir. Gerektiğinde, çamur özelliklerinde iyileştirmeler yapılmalıdır

* İlerleme sırasında, sondör kontrol panelinde veya kabin içerisinde olmalı ve çamur özellikleri, baskı, dönme gibi değerleri değişen jeolojik koşullara göre yeniden düzenlemelidir

*Düşük maliyet ve yüksek delme hızı için, mutlaka formasyona uygun matkap seçilmelidir

*Kuyu içi(çamur) ve kuyu dışı(formasyon) basınçları dengelenmelidir. Bu durum, sondaj güvenliği açısından oldukça önemlidir

*Şantiyede mutlaka tahliye bulundurulmalıdır

Sondaj çalışmalarında formasyonların delinmesi sırasında bazı zorluklar yaşanabilir. Bu zorlukların derecesi sondaj personelinin işine olan ilgisi ile doğru orantılıdır.

Bazı formasyonların delinme hızı düşüktür ve sabır gerektirir, bazıları da bünyesinde kuyu açılırken bu delme işlemine karşı duyarsız kalmaz(şişer, akar, yıkılır veya göçer).

Delme işlemine başlamadan önce delinecek formasyonların özellikleri varsa mostralardan (çıkmalardan/yüzleklerden) tespit edilmeye çalışılmalı, yersel jeolojik ve jeofizik etüt raporları incelenmeli, aynı alan içerisinde açılmış olan kuyulara ait bilgiler ve kuyu açımı sırasında yaşanan sorunlar öğrenilmeli, sorun yaratabilecek formasyonların derinliği ve kalınlığı belirlenerek tedbir alınmalıdır. Çıkabilecek sorunlara karşı stratejiler belirlenerek çalışmalar bu stratejiye uygun olarak

yönlendirilmelidir. Çizelgede değişik formasyonlarda sondaj yöntemi performanslarının karşılaştırılması verilmiştir. Bu çizelge, bir formasyonun delinmesi için en uygun sondaj yönteminin seçilmesine yardımcı olabilir. Herhangi bir durumda, sorun olmadan önce önlem almak, sorun yaşanırken yapılacak işlemlerden çok daha kolay ve ucuzdur.

ANA SONDAJ PROBLEMLERİ

Çamurlu-döner sondaj yönteminde, sorunlar genellikle sondaj çamurunun üzerinde dikkatli bir biçimde durulmaması nedeniyle çıkmaktadır. Sondaj çamurunun başarılı bir şekilde programlanmasıyla problemin tamamını çözmek söz konusu değildir. Fakat çıkabilecek problemleri asgariye indirmek mümkündür.

Takım Sıkışması

Takım sıkışmasının en önemli sebebi, hareketli kuyu şartlarıdır. Kuyuya düşen sert cisimler, matkabın kafa yapması, çamur kaçağı, çamur çıkış hızının düşük olması sebebiyle matkabın kestiği kırıntıların kuyu cidarında köprü oluşturması ve kalın sıva oluşumu takım sıkışmasının diğer sebepleridir.

Takım sıkışmasının belirtileri şunlardır;

*Takım serbest(takım aşağı yukarı hareket ettirilebiliyor), fakat döndürülemiyor

*Takım aşağı veya yukarı hareket ettirilemiyor, fakat döndürülebiliyor

*Takım aşağı veya yukarı hareket ettirilemiyor ve döndürülemiyor

Çamur Kaçağı

Çamur kaçağı, sondajdaki en ciddi ve en genel sorunlardan birisidir. Çamur kaçağına çok değişik olaylar sebep olabilmektedir. Çamur kaçağı, çamurun kısmen veya tamamen, çatlaklı ve/veya geçirgen veya doymamış gözenekli formasyona kaçması olarak tanımlanabilir.

Çamur kaybına veya kaçağına yol açan etkenler şunlar olabilir;

1-Çatlaklı formasyonlar(birincil çatlaklar)

2-Delme işlemi sırasında formasyonda oluşan ikincil çatlaklar

3-Mağaralı veya boşluklu formasyonlar

4-Gevşek veya geçirgenliği yüksek formasyonlar

5-Çamurun hidrostatik basıncının fazla olması

6-Takımın kuyuya indirilmesi sırasında oluşan pistonlama basıncı

7-Çamurun hızı ile kuyu tabanına yaptığı basınç

Çamur kaçağını önlemek için, çatlaklı ve gözenekli formasyonlar sıva oluşumuna izin verebilecek şekilde tıkanmalıdır. Tıkama malzemesi gözenekleri tıkarken aynı zamanda da çamurun anülüsten yukarı doğru hareketini de engellemeyecek özellikte olmalıdır.

Sondajda hiçbir sorun çamur kaçağı kadar sondöre bağımlı değildir.

Çünkü, çamur kaçağı sondörün çalışma tarzına çok bağımlıdır.

Kuyu Çapı Genişlemesi veya Daralması

Kuyu çapında genişleme veya daralma varsa, çıkış ve iniş manevrası sonunda kuyu tabanında dolgu oluyorsa, takım çıkış manevralarında yük alıyor ve çamurda katı madde artışı oluyor ise ileriki aşamalarda kuyuda problem olacak demektir.

Kuyu dengesini bozan olaylar, genellikle kil kökenli formasyonlardan kaynaklanmaktadır. Bu olaylar killerin şişmesi, akıcı duruma geçmesi vb. şeklinde olmaktadır. Formasyon yapısının, çamur bünyesindeki su ile temas etmesi sonucu mekanik(tepkisel) olarak bozulmasıdır.

Zayıf formasyon deformasyonlarının sebepleri;

* yüksek çamur çıkış hızı

* yüksek döndürme hızı

* takımı hızlı çekme veya indirme sonucu oluşan basınç farkları

* takımındaki eğrilikler nedeniyle takımın kuyu duvarına çarpması Bu etkiler, sondör tarafından kontrol edilebilecek parametrelerdir. Yüksek pompa basıncı, zayıf formasyonların dağılmasına yolaçabilir. Pompa basıncını yüksek tutmak için, kuyu kontrolü ve kuyu dibi temizliğini sağlamak koşulu ile çamur yoğunluk ve viskozitesini en düşük değerde tutmak gerekir. Çamur yoğunluğunu düşürmek için çamura petrol katılması bir yol olabilir. Su ve dolaşım kaybı maddeleri, bu işlevlerine ek olarak sürtünmeyi de azalttıkları için pompa basıncını da düşürürler.

Kıvrılmış veya faylarla parçalanmış formasyonların sondajı yapısal olarak problemlili kuyu oluşturur. Bu tür kuyularda yapılabilecek ilk iş, sondaj çamurunun su kaybını azaltarak çatlak yüzeylerine su sızmasını önlemek amacıyla çamura ince dolaşım sağlama maddesi karıştırmak olmalıdır. Bazen sondaj çamurunun yoğunluğunu artırmak, kuyudaki hidrostatik basıncı yükselterek tektonik olarak zayıf formasyonların yıkılmasını önler.

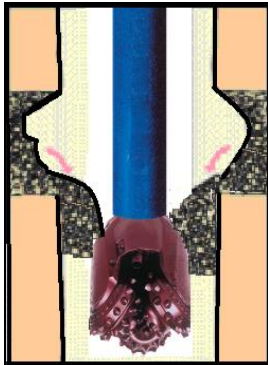
Su ile temas ederek şişen kil kökenli formasyonlar, kuyu yıkılması ve bozulmasının en büyük sorumlusudur. Özellikle bentonit türü kil tabakaları su ile şişer, yıkılır ve dökülürler. Daha sonra takıma yapışarak anülüsü daraltır, çamur dolaşımını zorlaştırır, pompa basıncını yükseltir ve kaçışa neden olurlar.

Çamurun yoğunluğu ve viskozitesi düşürülerek, zayıf formasyonların mekanik bozulması ve yıkılmasını önenebilir. Zayıf formasyonların çatlak yüzeylerine su işlemesi, formasyonun yıkılmasına neden olacağından çamurun su kaybı değeri düşürülmelidir. Genellikle, formasyon yıkılması, çamur içerisindeki serbest suyun formasyonda etkili olması sebebiyle meydana gelmektedir.

PROBLEM OLUŞTURAN FORMASYONLAR

Alüvyonlar ve Bloklu Alüvyonlar

Alüvyonların delinmesi sırasında çıkan en önemli sorun, kuyu genişlemesi (yıkılma-göçme) nedeniyle kuyuda dolgu oluşmasıdır. Bloklu alüvyonların delinmesi sırasında alüvyon içerisinde dağılmış halde bulunan blokların yerlerinden ayrılarak matkap üst kısmına veya tij ile kuyu duvarı arasına düşmesi vb. gibi sondaj güvenliği açısından tehlikeli durumlar ortaya çıkabilmektedir. Genellikle, böyle bir durum sonucunda takım kesmeleri görülmektedir.



Yıkılma-göçme kuyu genişlemesi ve kuyuda dolgu oluşumu

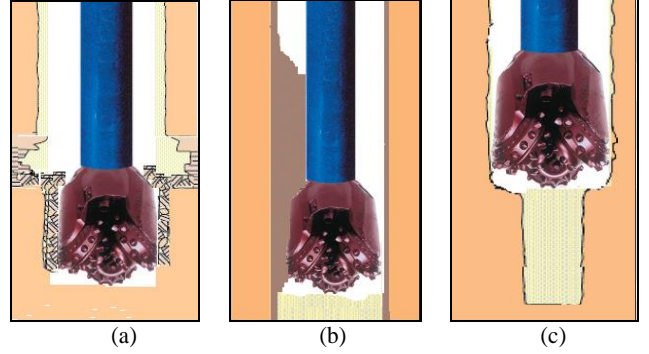


Blok Düşmesi

Killer

Bu tür formasyonların delinmesi sırasında çıkan en önemli sorun, kil kökenli formasyonların sondaj sıvısı ile temas ettiklerinde şişmeleri, suya doygun hale geldiklerinde ise dağılmaları ve akıcı hale geçmeleridir. Ayrıca, matkap kafa yapma problemi de bu tür formasyonlarda sık görülen sorunlardandır. Bütün killer delinirken sorun oluşturmamaktadır (özellikle montmorillonit grubu ve dağılgan-ayrışan killer sondaj sırasında sorun yaratmaktadır). Bazı kil türleri delinirken sondaj sıvısı ile temas ettikleri anda şişer veya ayrışır. Şişme nedeniyle kuyu daralması sonucunda takım sıkışmaları gözlenir.

7.Yıkılma ve göçme yapabilecek yani kum, çakıl ve siltli ara seviyelerin olmadığı homojen yapıdaki çok kalın kil, kilitaşı tabakalarının delinmesinde makina ve donanım şartları imkan veriyor ise kuyu dibi çekici ile hava+köpük dolaşimli sondaj yapılabilir. Fakat, bu yöntemle killi formasyonlar delinirken çekici matkabının hava çıkış deliklerinin tıkanıp, dolgu oluştuğu, dolgunun kuyu dışına atılmadığı ve takım sıkışmalarının olduğu da bilinmektedir.

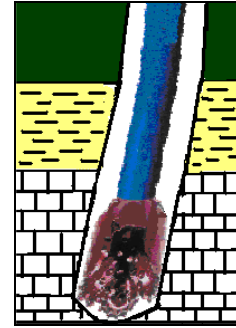


Kil formasyonların delinmesi sırasında çıkan sondaj problemleri

- (a) Killerin dağılması sonucunda kuyu duvarında yıkılma
- (b) Suya doygun killerin akıcı hale geçmesi ve takım üzerine yapışması
- (c) Suya doygun killerin şişmesi nedeniyle kuyu daralması

Ardışıklı Sert ve Yumuşak Formasyonlar

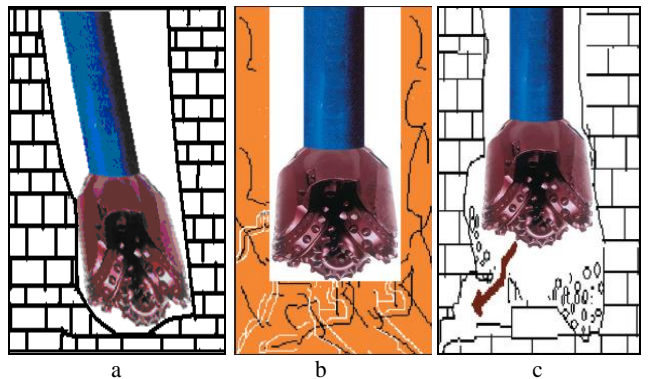
Bu tür formasyonların delinmesi sırasında görülen en önemli sorun, kuyuların düşeyden sapmasıdır. Düşeyden sapma nedeniyle takım sıkışmaları, çamur kaçakları, dolgu oluşması ve delme hızında azalmalar görülmektedir.



Kuyunun düşeyden sapması

Mağaralı ve Çatlaklı Formasyonlar

Bu tür formasyonlarda görülen en önemli sorunlar kuyunun düşeyden sapması, döner-çamurlu sondaj yönteminde çamur kaçakları nedeniyle dolaşımın sağlanamaması ve kuyu dibi ile çekici ile delgi sırasında oluşan takım sıkışmalarıdır.



Çatlaklı ve mağaralı formasyonda çıkan sondaj sorunları

- (a) Kuyunun düşeyden sapması
- (b) Çamurun çatlaklara kaçması
- (c) Çamurun mağara ve boşluklara kaçması

33 Karotlu Sondajlarda Yaşanılan İlerleme Güçlükleri

Karotlu sondaj çalışmalarında delme aşamasına geçmeden önce bir sondaj programının yapılmaması, yanlış delme yöntemi ve ekipman seçimi, sondaj sıvısı özelliklerine gereken önemin verilmemesi ve özellik değişimlerinin yeterince kontrol edilmemesi gibi sebeplerden dolayı kuyularda sapma, takım kopmaları, takım sıkışmaları, takım çözümleri vb. gibi ilerleme zorlukları ortaya çıkmaktadır. Bu zorlukların aşılabilmesi kuyuların terk edilmesi boyutuna kadar ulaşabilmektedir. Bu durum harcanan emek ve paranın boşa gitmesi gibi bir anlam taşımaktadır. Bu sorunların yaşanmaması için genel olarak;

1. Delinecek formasyon özelliklerine ve kuyu derinliğine uygun sondaj makinası ve ekipmanlar seçilmelidir
2. Takım elemanlarından yorulmuş-yıpranmış, eğik vb. gibi nitelikler taşıyan, ilerleme sırasında zorluk çıkarabilecek malzemeler ayrılarak sondaj çalışmalarında kullanılmaması sağlanmalıdır
3. Çamur ile çalışılan durumlarda, çamurun özellikleri(viskozite, su kaybı, sıva kalınlığı vb.) kontrol edilmelidir. Gerektiğinde, çamur özelliklerinde iyileştirmeler yapılmalıdır
5. İlerleme sırasında, sondör levyyede olmalı ve sondaj sıvısı özellikleri, baskı miktarı ve dönme hızı değerlerini değişen jeolojik koşullara göre yeniden düzenlemelidir
6. Düşük maliyet ve yüksek delme hızı için, mutlaka formasyona uygun matkap seçilmelidir
7. Kuyu içi(sondaj sıvısı) ve kuyu dışı(formasyon) basınçları dengelenmelidir. Bu durum sondaj güvenliği açısından oldukça önemlidir
8. Şantiyede mutlaka çalışılan takım özelliklerine uygun tahliyesi bulundurulmalıdır

Karotlu sondaj çalışmalarında sık olarak karşılaşılan bazı sondaj problemleri ve uygulanacak tahliyesi işlemleri şunlardır;

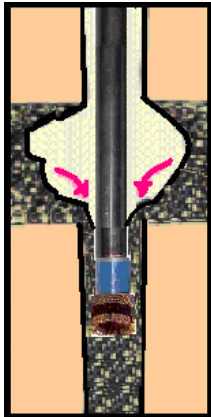
Takım Sıkışması

Takım sıkışması, karotlu sondajlarda en sık karşılaşılan problemlerden birisidir. Takım sıkışmasına sebep olan birçok durum vardır. Bunlar;

1. Yıkıntı
2. Şişme
3. Kalın çamur keki
4. Kırıntı çökmesi
5. Karot bloklaması
6. Tij bağlantı yerlerinden su sızması

1. Yıkıntı Nedeniyle Takım Sıkışması

Bloklı, tutturulmamış formasyonlar ve fay zonlarında sondaj yapılırken, karşılaşılan en önemli problemlerden birisi kuyu duvarından kuyu içerisine harekettir. Başka bir ifadeyle, kuyu duvarındaki malzemenin takım üzerine yıkılmasıdır. Böyle bir durum öncesi gerekli önlemler alınmazsa, takım dizisinin bir bölümünün kuyu içerisinde kalması veya kuyuda sondajın son bulması gibi durumlarla karşılaşılabilir.

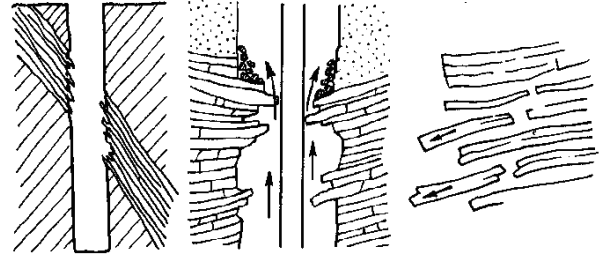


Yıkıntı nedeniyle takım sıkışması

Yıkılabilir veya tektonik deformasyona uğramış kısımlarda sondaj yapılırken, takım ve kuyu güvenliğine dikkat edilmelidir. Bu kısımlar, muhafaza borusu veya çimentolanmadan ilerlemeye devam edilmemelidir.

2. Şişme Nedeniyle Takım Sıkışması

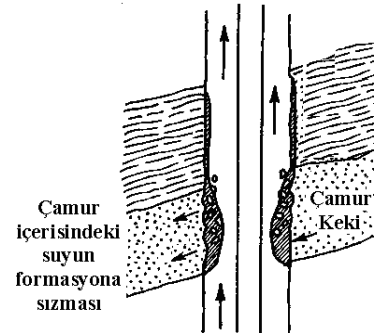
Kil kökenli formasyonlar sondaj sıvısı ile temas ettiklerinde şişmekte, suya doygun hale geldiklerinde ise dağılmakta ve akıcı hale geçmektedirler. Bütün kil türleri, delinirken sorun oluşturmamaktadır(özellikle montmorillonit grubu ve dağılgan-ayrışan killer delinirken ciddi problemlere sebep olabilmektedir). Kil türü formasyonların bünyelerine su alarak şişmesi, belirli bir süre sonra açılan kuyunun daralmasına dolayısıyla karotiyerin sıkışmasına sebep olabilmektedir.



Killerde kuyu düzeninin bozulması

3. Kalın Çamur Keki Nedeniyle Takım Sıkışması

Sondaj çamuru ile çalışılan sondajlarda karşılaşılan en önemli sorunlarda birisidir. Su kaybı fazla olan çamurun, kuyu duvarında kalın bir kek oluşturarak takımı sıvaması ve sıkıştırması olayıdır. Özellikle wire-line takımlarda, anülüsün bu durum nedeniyle daralması sonucunda takım sıkışmaları meydana gelmektedir. Diğer takımlarda ise karotiyer, bir silindir içerisindeki piston gibi davranmaktadır. Dolayısıyla, karotiyer ne kuvvetle çekilirse çekilsin kuyunun tabanında bir vakum oluşacağı için kuyu dışarısına alınamamaktadır.



Kuyu duvarında kalın kek oluşumu

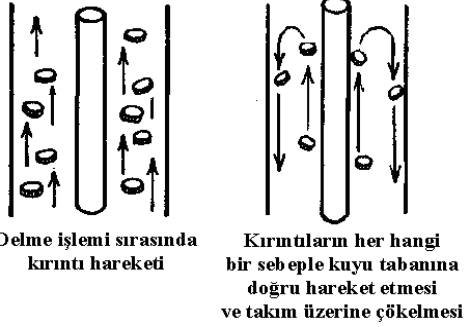
4. Kırıntı Çökmesi Nedeniyle Takım Sıkışması

Karotlu sondaj çalışmalarında, en sık karşılaşılan sondaj problemlerinden birisi kuyu içerisindeki matkabın kestiği kırıntıların takım üzerine çökmesidir. Kırıntıların çökmesi nedeniyle oluşan takım sıkışmasının en önemli sebebi, sondörün çalışma şeklidir.

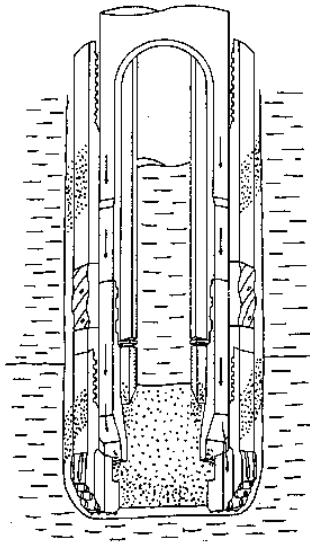
5. Karot Bloklaması Nedeniyle Takım Sıkışması

Özellikle sert ve çatlaklı formasyonlarda sondaj yapılırken, formasyon parçalarının üst üste binmesi nedeniyle karotun matkap ağzında veya segman içerisinde sıkışması sonucunda karotiyere girememesi olayına karot bloklaması denilmektedir. Karot bloklaması, çok sık rastlanılan sondaj problemlerinden birisidir. Karot bloklaması, zamanında tespit edilerek gerekli önlemler

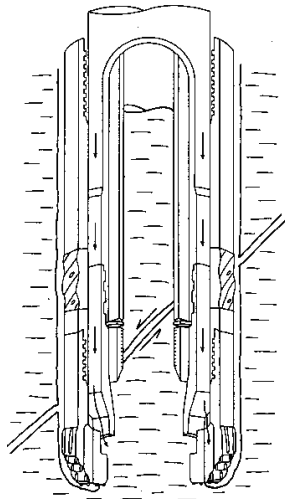
alınmalıdır. Gerekli önlemlerin alınmaması karot kaybına, takımın zarar görmesine ve matkap ağzının tıkanarak sondaj sıvısının kesilmesi ile hem matkabın yanmasına hem de kuyu tabanındaki kırıntıların temizlenememesi nedeniyle takım sıkışmasına sebep olmaktadır.



Matkabın formasyondan kestiği kırıntıların kuyu içerisindeki hareket mekanizmaları



Kırıntı çökmesi nedeniyle takım sıkışması



Kırıklı formasyonda bloke olma

6. Tij Bağlantı Yerlerinden Aşırı Miktarda Su Sızması Nedeniyle Takım Sıkışması

Sondaj sırasında, tij ve manşonların bağlantı yerlerinden aşırı miktarda su sızması halinde kuyuya basılan sondaj sıvısı miktarı yeterli olsa da matkaba ulaşan sıvı miktarı yetersiz olabilecektir. Bu

durum, hem matkabın yanmasına hem de kuyu tabanındaki kırıntıların taşınamayarak takım sıkışmasına sebep olacaktır. Bu tip sorunlar, takımda kullanılan tijlerin çapları küçüldükçe ve kuyular derinleştikçe daha da artmaktadır. Özellikle, kuyudan sondaj sıvısının devretmediğini gören sondör, durumun farkına varamamakta ve sonuçta önemli problemlerle karşılaşılabilenmektedir.

Takım Elemanlarının veya Muhafaza Borularının Çözülmesi

Karotlu sondajlarda, çok sık karşılaşılan bir durumdur. Sebepleri şunlardır;

1. Tij ve muhafaza borusu dışlarının aşırı derecede aşınmış olması veya kuyuya indirilirken iyi bir şekilde sıkılmaması
Tij veya muhafaza borularının kuyuya indirilmeleri sırasında oluşan ani darbeler veya takımın kuyu duvarına çarpması sonucunda meydana gelen sarsıntılar nedeniyle bağlantı dişleri, gevşeyebilmekte veya çözülebilmektedir. Çözülen kısım, kuyu tabanına düşmekte ve ekipmanlar hasara uğramaktadırlar.
2. Yeraltı boşlukları bulunan veya kuyu çapının fazla oranda genişleyebildiği yumuşak formasyonlarda, sondaj yapılırken de takım çözülebilmektedir.
3. Kuyu tabanındaki kırıntıların temizlenmesi amacıyla yapılan yıkama işlemi sırasında da (yukarı aşağı yönlü hareketler nedeniyle) takım çözülmeleri meydana gelebilmektedir.
4. Tahlisiye işlemi sırasında, geri darbe başlığı ve şahmerdanla çalışılırken oluşan darbeler takım çözülmelerine sebep olabilmektedir.
5. Kuyuya indirilen muhafaza borusu çözülmeleri, takım elemanları çözülmelerine oranla daha fazla olmaktadır. Muhafaza boruları, şahmerdan kullanılarak çakılırken veya kuyu dışarısına alınırken darbeler nedeniyle sarsılabilmekte ve dişleri gevşeyerek çözülebilmektedir.
6. Özellikle çok yumuşak formasyonlarda sondaj yapılırken, kuyuya indirilmiş olan muhafaza borularının alt kısmındaki bölüm oyulabilmektedir. Bu oyulma işlemi sonucunda, hem delme sırasında oluşan sarsıntı hem de muhafaza borularının içerisinde dönen takımın muhafaza borusu çarğına teması nedeniyle borular çözülmekte ve kuyu tabanına doğru düşebilmektedir.

Takım Kesilmesi(Kopması)

Çeşitli sebeplerle kuyu içerisinde bulunan takımın herhangi bir yerinden kopması, karotlu sondajlarda çok sık karşılaşılan durumlardan birisidir.

Metal Parçaları veya Sert Cisimlerin Kuyuya Düşürülmesi

Dikkatsizlik nedeniyle veya kaza sonucunda, morset lokması, anahtar çenesi, civata vb. gibi metalik veya metalik olmayan bazı malzemeler kuyu içerisine düşebilir ve bu malzemeler delme işlemine devam edilmesini engelleyebilir.

Tambur Halatının veya Wire-line Halatın Kuyu İçerisine Düşmesi

Halatlar koparak veya bağlantı yerlerinden çözülerek, kuyu içerisine düşebilmektedirler.

Kuyu Sapması

Karotlu sondajlarda en önemli hususlardan birisi, kuyunun düşey doğrultusunda tamamlanmasıdır. Fakat, ne kadar dikkatli çalışılırsa çalışılırsın sondaj kuyularında bir miktar sapma olabilmektedir. Bazı sondajlarda, 30-40° olan sapmış kuyularla karşılaşmıştır. Sapma durumunun fark edilmemesi ve gerekli tedbirlerin alınmaması sebebiyle, önemli sondaj problemleri ile karşılaşılmaktadır.

Sondaj kuyularında meydana gelen sapmaların önlenememesine rağmen, alınacak bazı tedbirler ile sapma miktarı minimize edilebildiği gibi sapan kuyuların düzeltilmesi de mümkün olmaktadır. Sondaj kuyularının, belirli aralıklarla veya sapma durumundan şüphelenildiğinde eğimlerinin ölçülmesi karotlu sondajlarının başarısı açısından gereklidir.

Sondaj kuyuları derinleştikçe, sapma olasılığı ve önemi artmaktadır. Geniş çaplı kuyularda, sapma olasılığı ve miktarı küçük çaplı kuyulara oranla daha düşüktür.

DAHA FAZLA BİLGİ İÇİN KAYNAKLAR

Kaynaklar metin içerisinde verilmediğinden, konulara en yakın kaynaklar burada her bölüm için ayrı ayrı verilmiştir. İlk kaynaklar o konudaki temel kitaplardır. Daha sonra verilenler ise makale, tez ve standartlardır. İki farklı bölüm içinde kaynak niteliği taşıyan yayınların sadece tek bir bölümde açık adı yazılmıştır. Diğer bölümde, bkz 21 şeklinde yani 21. bölüm kaynakları arasında açık adının yazılı olduğunu belirtmektedir.

01-02-03-04

Hilliard, V., 1996; *Drilling. The Manual of Methods, Applications and Management*. Australian Drilling Industry Training Committee Limited. 615 s.

Ersoy, A. ve Yünsel, T., 2003; *Sondaj Teknolojisi ve Uygulamaları*. 210 s. (Ders Notları)

McGregor, K., 1967; *The Drilling of Rock*. CR Boks Ltd. 306 s.

Gümüşay, E., 1996; *Türkiye'de su sondaj faaliyetlerinin dün- bugünü-yarını*, *Sondaj Sempozyumu*. s. 83-88

TPAO, 1970; *Sondaj çalışmalarında yaralanmaktan nasıl sakınmalı*. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Yayınları No: 2. 11 s.

05-06

Yalçın, A., 2000; *Sondaj Yöntemleri ve Uygulamaları (3.Baskı)*. Maden Mühendisleri Odası Yayını. 433 s

Zeynel, İ. ve Evsen, İ., 1988; *Sondaj Tekniği*. MTA Konya Bölge Müdürlüğü Yayını. 150 s

Güler, F. ve Şahin(Yamar), F., 2005; *Sondaj Dizisi Dizaynı Elkitabı*. Petrol Mühendisleri Odası Yayını. 136 s.

07

Atagün, M., 1987; *Çamur Özellikleri ve Test Yöntemleri*. Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Yayını. 57 s.

DEVLET SU İŞLERİ, 1962; *Sondaj Çamuru Kontrolünün Esasları*. 198 s.

Abdurrahman, E.,... *Kuyu Akışkanları Kılavuzu*. TPAO Yayını. 48 s.

DPT, 2001; *Bentonit-Barit-Diatomit-Aşındırıcılar*. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu. 64 s.

Özdemir, A., 2005; *Sondaj çamurunun önemi, bileşenleri ve özelliklerinin ölçümü*. Jeoloji Mühendisleri Odası. Uygulamalı Sondaj Kursu Kitabı. s. 176-192

Uncu, E. ve Sevin, B., 1987; *Türkiye linyitlerinin sondaj çamurlarında su kaybı kontrol maddesi ve inceltici olarak kullanılması*. Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 10. Kongresi. s. 203-209

Ovaloğlu, R., 1968; *Çeşitli sondaj çamurlarının tiksotropi özelliğinde sıcaklık, basınç ve zamanın etkileri*. Madencilik Dergisi, Cilt:7, Sayı:1. s. 1-8

Akman, H., 1978; *Kalsiyum çamurlarının genel özellikleri ve kireç çamuru yapısının incelenmesi*. Birinci Bilimsel ve Teknik Sondaj Kongresi. s. 5-10

Alikaya, T., 2001; *Effect of polymers on the rheological properties of KCl/Polymer type drilling fluids*. ODTÜ, Yüksek Lisans Tezi, 116 s.(Yayımlanmamış)

Batmaz, T., 1997; *Rheological behaviour of bentonite suspensions*. ODTÜ, Yüksek Lisans Tezi. 117 s. (Yayımlanmamış)

Erekol, S., 2001; *An experimental investigation on the chemical stability of germav formation on selection of proper type of water base drilling fluids*. ODTÜ, Yüksek Lisans Tezi. 87 s.(Yayımlanmamış)

Gücüyener, H.İ., 1990; *Helicel and axial annular flow of drilling fluids and cement slurries*. ODTÜ, Yüksek Lisans Tezi, 162 s. (Yayımlanmamış)

Yayla, M., 1996; *Laboratory investigation of effects of bentonite composition on the HP-HT rheological properting of water base drilling fluids*. ODTÜ. Yüksek Lisans Tezi, 135 s. (Yayımlanmamış)

Doğan, S. H., 2002; *An experimental investigation of gas hydrate inhibition during deepwater drilling operations*. ODTÜ, Yüksek Lisans Tezi, 117 s.(Yayımlanmamış)

TS-EN ISO 13 500, 2006; *Sondaj Çamuru Maddeleri, Özellikler ve Deneyler*. 65 s.

08

Akbulut, A., 1996; *Bentonit*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayını. 78 s.

Bilge, Y. ve Barut, A., 1998; *API Spect 13 A Section 4-5-6'da tanımlanan bentonitlerin kullanım alanları*. *Sondaj Sempozyumu*. s. 76-81

Bozdemir, M., 1996; *Bentonitlerin sondaj sanayi için aktifleştirilmesi*. Gazi Üniversitesi. Yüksek Lisans Tezi. 62 s. (Yayımlanmamış)

Bozkurt, A. ve Albayrak, Z., 1977; *Bentonit Özellik ve Enjeksiyonda Kullanma Yerleri*. DSİ Yayını. 79 s.

09

Gümüşay, E., 1974; *Su Sondaj Matkapları, Kullanılması, Bakımı, İmalatı Hakkında İncelemeler*. DSİ Yayını. 137 s.

Gürpınar, M., 1966; *Rotari Sondajda Elmas Kronlar ve Tatbikatı*. E.İ.E.İ Yayını. 165 s.

Akün, M.E., 1990; *Elmas Kron Değerlendirmeleri*. MTA Sondaj Dairesi. 34 s.(Yayımlanmamış)

Sunay, N., 1966; *Elmas Kron ve Karot Randımanı*. MTA Enstitüsü Yayını, No:131, 39 s.

Özdemir, A., 2005; *Üç konili sondaj matkaplarının yapısı, seçimi ve kullanılması*. Jeoloji Mühendisleri Odası Uygulamalı Sondaj Kursu Kitabı. s. 49-88.

Öncel, B., 1978; *Sondajcılıkta formasyona göre uç seçimi*. 1.Bilimsel ve Teknik Sondaj Kongresi. s. 23-30

Gümüşay, E., 1978; *Kullanılmış tricone rock bitlerin tamir edilmesi*. Birinci Bilimsel ve Teknik Sondaj Kongresi. s. 57-62

Tuğran, M., 1999; *Elmaslı matkapların üretimi ve kullanımına ait önemli noktalar*. MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni. Sayı:1-2. s. 13-19

- Kahraman, S., 1995; Konili matkap seçim kriterleri ve sınıflandırılması. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, Sayı:47, s 45-56
- Kahraman, S., 1996; Konili matkap seçim kriterleri. Sondaj Sempozyumu. s.137-144
- Bilgin, N., vd., 2000; Açık İşletmelerde optimum rotari delme parametreleri ve matkap seçimi-tipik bir uygulama, 4.Delme ve Patlatma Sempozyumu. s. 37-46
- Bilgin, N., Eskikaya, Ş. ve Dinçer, T., 1993; TKİ'de kullanılan geniş çaplı rotari delicilerin performans analizi. Türkiye 13.Madencilik Kongresi. s. 199-210
- Ersoy, A., Waller, A., 1995; The application of pdc pins in rock coring bits. Türkiye 14.Madencilik Kongresi. s. 57-64
- Madigan, J.A. and Caldwell, R.H., 1981; Application for polycrystalline diamond compact bits from analysis of carbide insert and steel tooth bit performance. JPT, July, pp. 1171-1179
- Ding, H., Li, Y., Yang, X., Hao, H. and Jin, Z., 1998; Design of a non-homogenous diamond bit matrix. Jour. of Mat. Proces. Tech. , 84, 159-161
- Şekerci, A., 1998; Elmaslı sondaj tekniğinde elmas kronların imalatı ve yeniden kazanımı. Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 53 s (Yayımlanmamış)
- Birinci, A., 1989; TTK Üzülmez Müessesesi Asma İşletme Müdürlüğü Yeraltı delik delme işlemlerinde kullanılan burguların(matkapların) performansını etkileyen faktörler. Hacettepe Üniversitesi, Bil. Uzm. 96 s (Yayımlanmamış)
- 10**
- Gürpınar, M., 1955; Sondaj Makinaları ve Sondajcılık . 630 s.
- Özkaya, M.L. ve Büyüker, C., 1987; Kombine tip su sondaj makinası (Speedstar 55-15 111 CF). İller Bankası Dergisi, 1987/2. s.11-14
- Gürpınar, M., 1967; Craelius XC Elmaslı Karot Sondaj Makinasının Parçaları, Kullanılması ve Bakımı. E.İ.E.İ Yayını, 48 s
- Gürpınar, M., 1967; XF-90 H Sondaj Makinasının Özellikleri, Kullanılması ve Bakımı. E.İ.E.İ Yayını, 17 s.
- Gürpınar, M., 1963; Temel Sondaj Makinalarının Bakım,Tamir, Randıman ve Kullanıldığı Yerler. DSİ Yayını. 50 s.
- Fırat, Y. ve Erciyes, M., 2002; Sondaj Makinası Sürücü Operatörü Eğitim El Kitabı. DSİ Yayını. 67 s.
- Eser, E., 1992; Delik Delme Makinası Tamir Bakım Usta Yetiştirme Eğitimi Kitabı. Türkiye Kömür İşletmeleri Yayını. 46 s.
- Bilgin, N., Kuzu, C., Balcı, C. ve Eskikaya, Ş., 1998; Araştırma amaçlı bir yatay sondaj makinasının(YMS) tanıtılması ve ana hedefler. 3.Delme ve Patlatma Sempozyumu. s. 3-9
- Dinçer, T., 1991; Yerüstü madenciliğinde kullanılan delicilerin verimliliklerinin araştırılması. Anadolu Üniversitesi. Yüksek Lisans Tezi, 64 s(Yayımlanmamış)
- Baş, N., 1993; Elektro-hidrolik delicilerin delme performanslarının incelenmesi. Hacettepe Üniversitesi. Yüksek Lisans Tezi. 141 s.(Yayımlanmamış)
- Fırat, M., 1990; Performance assesment for hyraulic top hammer rock drilling machines with respect to rock properties. Bil. Uz. ODTÜ. 72 s(Yayımlanmamış)
- 11**
- Akpınar, K., 1999; bkz. 20
- Rüma, M., 2006; bkz. 20
- 12**
- Akpınar, K., 1999; bkz. 20
- Rüma, M., 2006; bkz. 20
- 13**
- Akpınar, K., 1999; bkz. 20
- Rüma, M., 2006; bkz. 20
- Yılmaz, İ., 1996; Su Kuyusu: Çamurlu delgiye karşı akışkan teknolojisi. Jeoloji Mühendisliği Dergisi. Sayı:48. s. 27-30
- Tuğran, M., 1999; Havalı sondaj yapmamak tutuculuk mu? MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni 1-2. s. 22-23
- Şatırlar, B., 1978; Hidro-darbeli sondaj, Madencilik Dergisi, Haziran Sayısı. 37-42
- 14-15**
- Özdemir, A. ve Özdemir, M., 2006; bkz. 21
- Sezer, V., 1974; Elmaslı Sondaj Tekniği. Maden Tetkik ve Arama Gen. Müdürlüğü Yayını. 49 s.
- Alpan, S., 1969; Sondaj Tekniği. MTA Eğitim Serisi No:3, 27 s
- Balkır, G., 1973; Karotlu Rotari Sondaj Kurs Notları. TCK Yayını. 101 s.
- Sezgin, B.S., 2003; Rotari karotlu sondaj ekipmanları standartları, Sondaj Sempozyumu, s. 113-119
- Albayrak, Z., 1970; Karotlu sondajlarda karot randımanı. Madencilik, Cilt:IX, Sayı:1, s. 45-58
- İnceefe, Y.; (Çeviri) Karot numune alınması ve hazırlanması. Türkiye 8.Madencilik Kongresi. s. 29-37
- Kahveci, E. ve Müftüoğlu, Y.V., 1996; Kozlu 20-G, 20-K sondaj çalışmalarının değerlendirilmesi. Sondaj Sempozyumu. s. 31-45
- Kahveci, E. ve Müftüoğlu, Y.V., 1998; Gelik sondajlarında materyal yüzdesi, karot verimi, çatlak frekansı ve sondaj parametrelerinin değerlendirilmesi. Sondaj Sempozyumu. s. 125-134
- Kahveci, E., Şahin, N. ve Hancı, E., 2003; Amasya AK-12 sondajının değerlendirilmesi. Sondaj Sempozyumu. s. 121-130
- Onan, M. ve MÜFTÜOĞLU, Y.V., 1993; Gelik-44 sondajında, sondaj parametreleri ve ilerleme hızı ilişkilerinin etüdü. Türkiye 13. Madencilik Kongresi. s. 221-234
- Özal, Y., 2005; Konvansiyonel ve wire-line karotlu sondaj karşılaştırması. Sondaj Dünyası, s. 34-35
- Kahveci, E., 1996; Karotlu sondajlarda ilerleme hızına ve karot verimine etki eden faktörlerin araştırılması, Karaelmas Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 150 s (Yayımlanmamış)
- Onan, M., 1992; Karotlu sondajlarda ilerleme hızına etki eden faktörlerin araştırılması. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. 113 s (Yayımlanmamış)

ISO, 1992; Rotary Core Diamond Drilling Equipment-System B , ISO 3552-1, First Edition
ISO, 1999; Wireline Diamond Core Drilling Equipment-System A, ISO 10097-1, First Edition
BSI, 1974; Specification for Rotary Core Drilling Equipment-BS4019, Part 1

16

Kirtetepe, R. C. ve Erkoç, Ö. Y., 1996; Dipten Darbeli tabanca ve değişik uygulamaları. Sondaj Sempozyumu. s. 167-173
Yalçın, A., 2000; bkz. 05-06

17

Gürpınar, M., 1991; Odex Metodunun Uygulanması ve Kuyudibi Tabancası. Atlas Copco/Craelius Yayını. 15 s.
Gürpınar, M., 1968; Alüvyonda Sondaj için Odex Metodu. E.İ.E.İ Yayını. 10 s.
Yalçın, A., 2000; bkz. 05-06

18

Adams, N.J., 1985; Drilling Engineering. A Complete Well Planning Approach. PennWell Publ. 1961 p.
Göktekin, A., 1991; Sondaj Tekniği. İTÜ Maden Fakültesi. 431 s.
Atagün, M., 2000; Sondajcının El Kitabı. Petrol Mühendisleri Odası Yayını. 164 s.
Ural, H., 1969; Pratik Sondaj Bilgileri. 95 s.
Moore, P.L., 1986; Drilling Practices Manual(Second Edition). PennWell Publ.
Rabia, H., 1985; Oil Well Drilling Engineering, Pres by Graham&Trotman Ltd.
Cranmer, L. J., 1983; Basic Drilling Engineering. PennWell Publ. 160 p.
Akman, H., 1993; Uygulamalı Kuyu Kontrolü(İkinci Baskı). TPAO Yayını. 400 s.
Özdemir, A., 2007; Petrol sondajı ve üretim. Enerji Petrol & Gaz. Sayı: 337. Teknik Ek. 2 s.
Mumcuoğlu, F., 1971; Kuyu delme işlemlerinde karşılaşılan basınçlar ve blowout olayının kontrolü. 1.Petrol Kongresi. s. 135-152
Kuzuoğlu, V., 1978; Derin sularda yapılan sondajlarda kuyu kontrol problemleri ve alınması gereken önlemler. Birinci Bilimsel ve Teknik Sondaj Kongresi. s. 1-4
Özbayoğlu, E., 2003; Düşük basınçlı sondaj teknikleri; Hava karışımı çamur ve köpük uygulamaları. Sondaj Sempozyumu. s. 15-22
Lokman, K., 1942; Petrol arama sondaj maliyetleri. MTA Dergisi. Sayı: 1/26. s.229
Pelın, S., 1969; Derin sondajlarda gazlı seviyelerin tespiti. MTA Dergisi. Sayı: 72. s. 215-218
Bayar, H., 2001; TPAO bünyesinde yapılmakta olan sondajların değerlendirilmesi ve sondaj parametrelerinin optimizasyonu. Çukurova Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 58 s. (Yayımlanmamış)
Gürpınar, S., 1973, Yüksek basınçlı formasyonlarda emniyetli sondaj tekniği ve Trakya sahasına uygulanması. ODTÜ, Yüksek Lisans Tezi, 59 s. (Yayımlanmamış)

19

MAKİNA MÜHENDİSLERİ ODASI; 2004; Jeotermal Enerji. Doğrudan Kullanım ve Tasarım Elkitabı. 334 s.
Özdemir, A., 2006; Jeotermal kuyularda havalı sondaj tekniğinin kullanımı. Jeoloji Mühendisleri Odası. Jeotermal Enerji ve Yasal Düzenlemeler Sempozyumu. s. 2-5
Ulutaş, U. ve Özdemir, A., 2009. Jeotermal sahalarda sondaj uygulamaları, kurallar ve minimum kuyu açma standartları (Çeviri). Sondaj ve Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi,8,81-87
Alpan, S., 1970; Jeotermal ve sondajları. Madencilik Dergisi. Eylül Sayısı. 6-19
Tan, E., 2002; Jeotermal sondajlarda pratik uygulama teknikleri. Dokuz Eylül Üniversitesi Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi Jeotermalde Yerbilimsel Uygulamalar Yaz Okulu Ders Kitabı. s 186-197
Tan, E., 1978; Kızıldere jeotermal kuyularında sondajla kabuklaşma temizliği. Birinci Bilimsel ve Teknik Sondaj Kongresi. s. 19-22
Gevrek, A. İ., 1991, Gradyan sondajları ve yeraltı sıcaklık ölçümlerinin jeotermal enerji araştırmalarındaki yeri ve önemi. Jeoloji Mühendisliği Dergisi Sayı:38. s. 51-54
Gevrek, A. İ., 1991; Gradyan sondajları ve yeraltı sıcaklık ölçümleri. Jeoloji Mühendisliği Dergisi. Sayı:39.
Aksoy, N., 2006; Jeotermal kuyu teknolojileri. TMMOB Jeotermal Enerji ve Aydın'daki Geleceği Sempozyumu. s. 34-40
Özudođru, S., 2001; Jeotermal akışkan üretim ve re-enjeksiyon kuyuları. Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri; Temelleri ve Tasarımı Seminer Kitabı. Makine Mühendisleri Odası Yayını. s. 39-106
Özudođru, S., 2005; Jeotermal kuyu tamamlama testleri ve saha uygulamaları. Jeotermal Enerji Seminer Kitabı. Makine Mühendisleri Odası Yayını. s. 79-97
Özudođru, S., 1996; Jeotermal kuyularda teçhiz ve çimentolama. Sondaj Sempozyumu. s. 97-112
Toka, B. ve Şahin, M., 2006; Havza jeotermal sahasında yapılan SH-5 ve diğer sondajların genel değerlendirmesi. Madencilik. Cilt: 45. Sayı:1. s. 3-14
Gülgör, A., 2000; Jeotermal sondaj ve kuyu tamamlama uygulamaları. İller Bankası Yerel Yönetimlerde Jeotermal Enerji ve Jeoteknik Uygulamalar Sempozyumu. s. 123-154
Akpınar, K., 2005; Jeotermal sondajların tanımı ve kuyu tasarımı. Jeoloji Mühendisleri Odası Uygulamalı Sondaj Kursu Kitabı. s. 157-175
Arıcan, H.T., 2005; Jeotermal sondajlarda kuyu fişkırmaları ve kontrolü. Jeoloji Mühendisleri Odası Uygulamalı Sondaj Kursu Kitabı. s. 193-206
Gırbalar, E., 2005; Jeotermal kuyularda borulama ve çimentolama işlemleri. Jeoloji Mühendisleri Odası Uygulamalı Sondaj Kursu Kitabı. s. 208-223
Gırbalar, E., 2005; Jeotermal kuyularda yapılan testler ve rezervuara yönelik değerlendirme çalışmaları. Jeoloji Mühendisleri Odası Uygulamalı Sondaj Kursu Kitabı. s. 224-239

- Durak, S. ve Yeltekin, K., 2000; Jeotermal kuyularda yapılan testler ve jeotermal sahaların izlenmesi. İller Bankası Yerel Yönetimlerde Jeotermal Enerji ve Jeoteknik Uygulamalar Sempozyumu. s. 187-208
- Serpen, U., 2005; Jeotermal sondajların özellikleri ve kullanılan donanımlar. Sondaj Dünyası. Sayı:1. s. 18-23
- Serpen, U., 2005; Jeotermal enerji alanında küçük çaplı kuyular. Jeotermal Enerji Seminer Kitabı. Makine Mühendisleri Odası Yayını. s. 69-76
- Serpen, U. ve Yalnız, U., 1996; Jeotermal kuyularda koruma borusu tasarımı. Sondaj Sempozyumu. s. 145-154
- Serpen, U., 1990; Jeotermal kuyu çimentolamasındaki gelişmeler. Türkiye 8. Petrol Kongresi. s. 179-180
- Durucan, E., Ölçenoğlu, K.; Türkiye'de jeotermik sondaj ve Kızıldere'de ilk test ameliyesi. Madencilik Dergisi, Cilt:IX, Sayı:5. s. 8-10
- Durucan, E., 1971; Jeotermik sondajların icrasında Türkiye'de ve diğer bazı ülkelerde sondaj programları ve rastlanan bazı sondaj zorlukları. Türkiye 1. Jeotermal Enerji Sempozyumu. s.115-132
- Bakraç, S. ve Dünya, H., 2003; Denizli-Kızıldere jeotermal sahası R-1 kuyusunun incelenmesi. Sondaj Sempozyumu. s. 35-38
- Karahan, Ç., Bakraç, S. ve Dünya, H., 2003; Alaşehir-Kavaklıdere-Gökbeli jeotermal araştırma sondajının değerlendirilmesi. Sondaj Sempozyumu. s. 39-44
- Tarı, C., 1996; Türkiye jeotermal enerji gereksinimi ve Ege Bölgesi jeotermal enerji alanlarında sondaj test uygulamaları. Sondaj Sempozyumu. s. 59-72
- Olcayto, M., Erdem, B., 2003; Bir jeotermal enerji sondajında dolaşım sıvısının izlenmesi. Sondaj Sempozyumu. s. 157-166
- Özdemir, A., 2008. Jeotermal sondajlarda formasyon kaynaklı ilerleme güçlüklerinin analizi. Termal ve Maden Suları Konferansı(Dünya Su Forumu), Afyon, 24-25 Nisan 2008, Bildiri Kitabı, 71-84
- Özdemir, A., 2008. Ülkemizde jeotermal sondajcılık. Termal ve Maden Suları Konferansı(Dünya Su Forumu), Bildiriler Kitabı, 179-183
- Özdemir, A. ve Dalaz, M.S., 2009. Çok-elektrotlu özdirenç yöntemi ile jeotermal sondaj kuyusu yeri ve derinliğinin belirlenmesi; örnek bir uygulama. Türkiye'nin Jeotermal Potansiyeli ve Arama Yöntemleri Sempozyumu
- Özdemir, A. ve Doğan, O. 2009. Jeotermal üretim kuyularının sondajında havalı akışkanların kullanılma ilke ve uygulamaları. TMMOB Jeotermal Kongresi
- Ataş, T., 1997; Afyon-Ömercik-Gecek jeotermal sahası açılan kuyuları, temizliği ve test uygulamaları, Selçuk Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi. 88 s. (Yayımlanmamış)
- 20**
- Özdemir, A., 2007; Jeoteknik Etüt ve Su Sondajları. Jeofizik Mühendisleri Odası. 272 s.
- Driscoll, F.G., 1986; Groundwater and Wells. Johnson Division. 1089 p.
- Akpınar, K., 1999; Su Kuyularının Açılması, İşletilmesi, Sorunlar ve Çözümleri. Aydoğdu Ofset. 696 s.
- Rüma, M., 2006; Su Sondaj El Kitabı. Sondajcılar Birliği Yayını. 272 s.
- DEVLET SU İŞLERİ, 1985; Su Sondaj Teknik Talimatları. 476 s.
- KÖY HİZMETLERİ, 2000; Su Sondaj Teknik Eğitim Kurs Notları. 238 s.
- DEVLET SU İŞLERİ, 1985; Su Sondörü Kurs Notları. 462 s.
- Karacadağ, K., 1966; Su Kuyuları. DSİ Yayını. 326 s.
- Karaaslan, F., 1973; Su Kuyuları İnşa Teknolojisi. DSİ Yayını.
- Özdemir, A., 2009. Ülkemiz su sondaj sektörünün sayısal analizi. 4.Sondaj Sempozyumu, Bildiriler Kitabı,221-229
- Çebi, T., 1993; Yeraltısuyundan içme ve kullanma temin amaçlı kuyularda tasarım teknikleri. Jeoloji Mühendisliği Dergisi. Sayı:44-45. s. 70-87
- Yazıcıgil, H., 1997; Yeraltısuyu gözlem kuyularının sondajı ve tasarımı. Jeoloji Mühendisliği Dergisi. Sayı:50. s. 23-32
- Öztaş, T., 1998; Kuyu yeri seçimine yönelik bir hidrojeolojik etüd sistematğinde jeohidrojeolojik ve hidrojeolojik ortam kavramlarının önemi. Jeoloji Mühendisliği Dergisi. Sayı:52. s. 1-15
- Öncel, C., 1987; Bir çember düzenine yerleştirilmiş kuyuların geniş bir çaplı kuyu gibi çalışma koşulu. İller Bankası Dergisi, Şubat 1987/2. s.48-51
- Öktem, İ., 1996; Su sondajlarında tuzlanma, evsel ve sanayi kirlenmeleri, alınması gereken önlemler(tecrit işlemleri). Sondaj Sempozyumu. s. 79-82
- Ateşli, Y., 1996; Su sondaj teknolojileri ve Manisa-Sarıkız bölgesindeki sondaj kuyularının incelenmesi. Sondaj Sempozyumu. s. 155-166
- Akpınar, K., 2004; Sivas ilinin içme ve kullanma suyu temininde çıkan yeraltı suyu sorunları ve uygulanmış çözümleri. Türkiye 16.Uluslararası Jeofizik Kongre ve Sergisi. s. 228-235
- Çuhadaroğlu, A. U., Süral, A. ve Akün, M., 1988; Yeraltısuyu sondaj kuyularında teçhiz ve tecritin önemi. Jeoteknik Seminer. DSİ Yayını. s. 293-321
- Karaaslan, F., 1978; Kuyularda teçhiz borularına gelebilecek yükler. Birinci Bilimsel ve Teknik Sondaj Kongresi. s. 95-99
- Pınar, R. ve Benzeden, P., 1998; Jeofizik yeraltı parametreleri ile sondajın yönlendirilmesi. Sondaj Sempozyumu. s. 37-48
- Karadeniz, N., Erduman, B. ve Gökmenoğlu, O., 2003; Beşparmak dağları(KKTC) karstik akiferlerde yapılan su sondajları. Sondaj Sempozyumu. s. 131-140
- Kılıç, A. M. ve Aykamış, A. Ş., 2003; Akdeniz bölgesinde bazı yerleşim birimlerinde yapılan su sondaj çalışmaları. Sondaj Sempozyumu. s. 169-181
- Yalçın, A., 1978; Yeraltısularının değerlendirilmesinde sondajın yeri ve yeraltısuları yasaının bunun üzerindeki etkisi. Birinci Bilimsel ve Teknik Sondaj Kongresi. s. 69-75
- Aydın, İ., 1971; Dinamitle sondaj kuyusunun geliştirilmesi. Madencilik Dergisi, Ocak Sayısı. s. 58-61
- Erdoğan, M., 2002; Su Sondajları ve Su Kuyularının İnşası. Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. 67 s.(Yayımlanmamış)

Özdemir, A. ve Dalaz, M.S., 2009. Çok-elektrotlu öz direnç yöntemi ile su sondaj kuyusu yeri ve derinliğinin belirlenmesi; örnek bir uygulama. Sondaj ve Uygulamalı Yer Bilimleri Dergisi, 8, 27-33

Özdemir, M., 2003; Su sondaj kuyularının açılmasında jeoloji mühendisliği uygulamaları. Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bitirme Tezi. 51 s. (Yayımlanmamış)

Cadoğlu, F. İ., 1990; Alaşehir güneydoğusunda yapılan sondajların kuyu parametrelerinin saptanması ve suların sınıflaması. Akdeniz Üniversitesi. Yüksek Lisans Tezi, 89 s (Yayımlanmamış)

21

Özdemir, A. ve Özdemir, M., 2006; Jeoteknik Etüt Sondajları. Belen Matbaası. 234 s.

Acker, W.L., 1974; Basic Procedures for Soil Sampling and Core Drilling. Acker Drill Co. Inc. 246 p.

Albayrak, Z., 1967; Temel Sondaj El Kitabı. DSİ Yayını. 215 s.

Babacan, K., 1972; Temel Sondaj Bilgileri. DSİ Yayını. 37 s.

Gürpınar, M., 1961; Sondajcılık ve Tatbikatı. DSİ Yayını. 534 s.

Gürpınar, M., 1966; Temel Etütleri ile İlgili Tecrübeler ve Bunlarla İlgili Teçhizatın Özellik, Montaj, Kullanma ve Bakımları. 244 s.

Hakman, Y., 1967; Sondaj Tekniği-Tatbikatı ve Ekipmanları. Karayolları Genel Müdürlüğü Yayını. 173 s.

Başer, N. ve TİMUR, E., 1964; Temel Sondaj Bilgileri. DSİ Yayını.

Calaminius, B., 1964; Temel Sondajlarına Giriş. DSİ Yayını.

Özdemir, A., Ülgen, D. ve Özkan, M.Y., 2007. Ülkemizde yapılan geoteknik etüt sondajları ile ilgili bazı değerlendirmeler. 2.Geoteknik Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 473-479

Özdemir, A., Ülgen, D. ve Özkan, M.Y., 2007. Geoteknik sondaj makinelerini kullanan operatörlerin eğitiminin gerekliliği ve öneriler. 2.Geoteknik Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 468-472

Üçkardeşler, C., 2006; Jeoteknik sondajlar-1. Sondaj Dünyası. Sayı:2, s. 26-30

Üçkardeşler, C., 2006; Jeoteknik sondajlar-2. Sondaj Dünyası. Sayı:3, s. 24-27

Koçal, F. ve Özçelik, Y., 2003; Jeoteknik amaçlı sondaj düzenlenmesi ve bir uygulama. Sondaj Sempozyumu. s. 91- 101

Ünsal, N., 1993; Manisa öğretmenevi için temel zeminde yapılan sondajlar ve arazi SPT deneyleri. Jeoloji Mühendisliği Dergisi. Sayı:43. s. 85-89

Öztürk, K., 2003; Deney şartlarına uygun sondaj kuyusu açma kriterleri(Temel sondaj kuyularında yapılan arazi deneyleri ve jeoteknik parametrelerin elde edilme yöntemleri). Sondaj Sempozyumu, s. 63- 74

Öztürk, K., 2003; Temel sondaj kuyularında yapılan arazi deneyleri sırasında karşılaşılabilecek sorunlar. DSİ Jeoteknik ve Yeraltıları Semineri.

Özçelik, M., Şener, A. ve Yalçın, A., 2003; Yerleşim alanlarındaki mühendislik jeolojisi çalışmalarında temel

sondaj yerinin coğrafi bilgi sistemiyle tespiti. Sondaj Sempozyumu. s. 85-90

Şimşek, C. ve Öcal, C., 2003; Denizde temel sondajları sorunları ve çözüm önerileri. Sondaj Sempozyumu, s. 149-155

Urcan, U. ve Demiral, S., 1996; Denizli'de salüstü temel sondaj uygulamaları. Sondaj Sempozyumu. s. 123-130

Günay, K., 1996 ; Zemin sondajları basınçlı su deneylerinde dikkat edilecek noktalar ve lugeon deneyi. Sondaj Sempozyumu. s. 89-96

Öztürk, K., 1998; Sondaj çalışmalarında optimizasyonun önemi (Temel sondaj maliyet analizi). Sondaj Sempozyumu. s. 23-36

22

US Army, 1970; Grouting Methods and Equipment. 86 p.

US Army Corps of Engineers, 1984; Grouting. Technology.

US Army Corps of Engineers, 1995; Chemical Grouting.

Kuntzer, C., 1996; Grouting of Rock and Soil. AA. Balkema, Rotterdam Brookfield.

Moseley, M.P., 1993; Ground Improvement, Blackie A&P, Maryland, USA

Albayrak, Z., 1977; Enjeksiyon El Kitabı. DSİ Yayını. 197 s.

Çinicioğlu, F., 1997; Zemin Mekaniğinde Harç Enjeksiyonu. İstanbul Üniversitesi Basımevi. 222 s.

Öztan, A., 1982; Basınçlı Enjeksiyon. DSİ Yayını. 126 s.

Öztan, A., 1978; Temellerin Kil ve Çimento Enjeksiyonu. DSİ Yayını. 106 s.

Babacan, K., 1973; Enjeksiyon Sondaj Bilgileri. DSİ Yayını. 24 s.

Babacan, K., 1970; Kimyasal Enjeksiyon. DSİ Yayını. 68 s.

Bozkurt, A. ve Albayrak, Z., 1977; Müsaade Edilen Enjeksiyon Basınçları Üzerine Bazı Düşünceler. DSİ Yayını. 26 s.

Bozkurt, A. ve Albayrak, Z., 1977; bkz. 8

Albayrak, Z., 1978; Alüvyon enjeksiyon tekniği. Birinci Bilimsel ve Teknik Sondaj Kongresi. s. 89-94

Tunçdemir, F., 2004; Temel zeminlerinin enjeksiyon tekniğiyle iyileştirilmesi. Türkiye Mühendislik Haberleri. Sayı: 430. s.59-64

Ertunç, A., 1996; Zemin iyileştirilmesinde enjeksiyon. Akdeniz Zemin'96. Zemin ve Temel Mühendisliği Sergi ve Semineri. s. 108-116

Parlak, N. Ve Sağlam, A. R., 2003; Enjeksiyon teknolojisinde kullanılan kimyasal katkıları. Türkiye Mühendislik Haberleri. Sayı: 426. s.130-133

Özbayoğlu, Y., 1996; Atatürk barajında gerçekleştirilen galeri, sondaj ve enjeksiyon çalışmaları. Sondaj Sempozyumu. s. 1-6

Akbulut, S., 1999; Enjeksiyon tekniği ile granüler zeminlerin geoteknik özelliklerinin iyileştirilmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi. 178 s. (Yayımlanmamış)

23

Özdemir, A., 2006; Yönlendirilebilir yatay sondaj teknolojisinin uygulama alanları ve genel özellikleri. Sondaj Dünyası, Sayı:2, s. 33-38

- Özdemir, A., 2006; Yönlendirilebilir yatay sondaj teknolojisi. 59. Türkiye Jeoloji Kurultayı. Bildiri Özleri Kitabı. s. 430
- Allouche, E.N., 2002; Implementing quality control in HDD projects - a North American perspective. Tunnelling and Underground Space Technology. S3-S12
- Atabay, Ö., 2005; Herrenknecht boru çekme uygulamaları. İş Makinaları Sempozyum Bülteni. Makine Mühendisleri Odası. s. 39-40
- Baik, S.H., Abraham, D.M. and Gokhale, S., 2003; A decision support system for horizontal directional drilling. Tunnelling and Underground Space Technology. pp. 99-109
- Duman, E., 2004; Kazısız boru yerleştirme teknolojileri. Şantiye, Sayı:189, s. 70-73
- ERKE, 2004; Yatay sondaj makinalarının su ve kanalizasyon uygulamalarındaki rolü. Şantiye, Sayı: 197, s. 60-61
- Lueke, S.L. and Ariaratnam, 2005; Numerical characterization of surface heave associated with horizontal directional drilling. Tunnelling and Underground Space Technology. pp. 1-12
- Polak, M.A and Lasheen, A., 2002; Mechanical modelling for pipes in horizontal directional drilling. Tunnelling and Underground Space Technology. S47-S55
- Polak, M.A., Duyvesty, G. and Knight, M., 2004; Experimental strain analysis for polyethylene pipes installed by horizontal directional drilling. Tunnelling and Underground Space Technology. pp. 205-216
- Tao, X., Wusheng, L., Haibao, L. and Qin, L., 2005; Design of underground sonde of directional drilling locator system. Sensors and Actuators. pp. 427-433
- Wu, M.C., Tung, P.C. and Hsieh, T.Y. 2002; Improvement of the horizontal directional drilling method by using an autonomous land vehicle with a radio direction finding system. Automation in Construction. pp. 75-88
- 24**
- Heinz, W.F., 1985; Diamond Drilling Handbook. South African Drilling Association . 517 p.
- Özbayoğlu, Y., 1983; Elmaslı Sondaj Tekniği. Şafak Matbaası. 440 s.
- Reedman, J.H., 1979; Techniques in Mineral Exploration. Applied Sci. Publ., 533 p.
- Kuzvart, M., and Böhmer, M., 1978; Prospecting and Exploration of Mineral Deposits. Academia, 431 p.
- Oygür, V., Öz, D. ve Ulusay, R., 1992; Maden Sondajları Kuyu Logu Teknik Kılavuzu. Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını No: 25. 6 s.
- Çakmak, A. ve Özbayoğlu, S., 1971; Maden arama sondajlarında wire-line takım tatbikatı ve ortaya çıkan faydalı sonuçlar. Türkiye 2. Madencilik Bilimsel ve Teknik Kongresi. s. 74-80
- Akün., M.E. ve Karpuz, C., 1992; Türkiye'de arama sondajlarında operasyon parametreleri ve formasyon özelliklerine bağlı olarak ilerleme hızının iyileştirilmesi. Madencilik Dergisi, Cilt:31, Sayı:1, s. 17-24
- Çelebi, H. E. ve İsayen, Z., 1998; Kolçedan polimetal yatakların aranması, bulunması ve yönlendirilmiş eğimli kuyuların açılma teknolojisi. Sondaj Sempozyumu. 49-55
- Yalçın, E., 1996; Tahmin varyansı yardımıyla sondaj stratejisinin belirlenmesi. Sondaj Sempozyumu. s. 131-136
- Özbayoğlu, S., 1978; Maden arama sondajlarındaki standartlar ve Türkiye'deki durum. Birinci Bilimsel ve Teknik Sondaj Kongresi. s. 85-87
- Özbayoğlu, Y., 1978; Elmaslı Sondajlarda sirkülasyon sıvısı yerine basınçlı hava kullanımı. Birinci Bilimsel ve Teknik Sondaj Kongresi. s. 15-18
- 25**
- Yıldız, R. ve Köse, 2003; Açık İşletmelerde Delik Delme Metodları ve Delici Makinalar. 218 s.
- Jimeno, C.L., Jimeno, E.L. and Carcedo, F.J.A., 1995; Drilling and Blasting of Rocks. A.A. Balkema Publ. 391 p.
- Tamrock, 1984; Handbook of Surface Drilling and Blasting.
- Saltoğlu, S., 1992; Açık İşletmeler. İTÜ Yayını. 208 s.
- KAYA PATLATMA MÜHENDİSLERİ DERNEĞİ, 2004; Kaya Patlatma Mühendisliği Eğitim Semineri. Kurs Notları. 96 s.
- Gedikli, S., 1981; Sığ Delme İşlemlerinin Esasları, Şarjların ve Delme Modellerinin Saptanması. MTA Yayını. 38 s.
- Özdemir, A., 2006; Yerüstü patlatma sondajlarında delme yöntemi ve delici makina seçimi. Jeoloji Mühendisleri Odası Uygulamalı Sondaj Kursu Kitabı. s. 439-451
- Erkoç, Ö. L., 1996; Kaya patlatma tekniğinde delik delme, yöntem ve maliyet karşılaştırması. 2. Delme ve Patlatma Sempozyumu. s. 193-201
- Hurlbut, J., 1996; Ekip çalışmasıyla delme maliyetinde ve verimlilikte sağlanabilecek gelişmeler. 2. Delme ve Patlatma Sempozyumu. s. 217-220
- Naupuri, J., 1996; Quality drilling and advanced measurement techniques improving total economy of quarrying. 2. Delme ve Patlatma Sempozyumu. s. 203-215
- Ataman, T., 1973; Açık İşletmelerde Patlatmalar. Madencilik dergisi, Cilt:12 Sayı:1. s. 1-11
- Çeliksirt, M.C., Mülazimoğlu, A., 1995; Bilgisayar programı ile delme-patlatma organizasyon ve analizinin yapılabilirliği. Türkiye 14. Madencilik Kongresi. s. 97-103
- Praillet, R., Blasthole drilling-rotary drilling and the four kingdoms. WME, Sept., pp.20-22
- Zaburov, S.A., 1991; Production drilling technologies. E&MJ, Febr., pp.29-36.
- Sül, Ö. L. ve Sarı, G. Ş., 2000; Karstik boşluklar içeren bir taşocağında delme ve patlatma çalışmaları ve maliyet analizi. 4. Delme ve Patlatma Sempozyumu. s. 95-102
- Shellhammer, D., 2000; The causes and costs hole deviation in bench drilling. 4. Delme ve Patlatma Sempozyumu. s. 29-35
- Odabaşı, Ç., 1971; Lağım deliklerinin delinmesinde ısı sondaj. Madencilik Dergisi, Eylül Sayısı. s. 23-26
- Kahraman, S., 1997; Açık İşletmelerde uygun delme-patlatma şartlarını veren bir modelin geliştirilmesi. İTÜ, Doktora Tezi, 327 s(Yayımlanmamış)

- Dinçer, H., 1993; Delme-Patlatma Tekniği. Murgul açık işletmelerindeki delme-patlatma işlerinin etüdü ve iyileştirilme olanaklarının araştırılması. Dokuz Eylül Üniversitesi. Doktora Tezi. 113 s. (Yayımlanmamış)
- Girit, M., 1991; ELİ Açık ocaklarında optimum delme-patlatma sisteminin araştırılması. İTÜ, Yüksek Lisans Tezi, 196 s.(Yayımlanmamış)
- Kahveci, M., 1995; Technical investigation of drilling-blasting parameters of Batçım limestone quarries. Dokuz Eylül Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi(Yayımlanmamış)
- 26-27-28**
- Karanam, U. M. and Misra, B., 1998; Principles of Rock Drilling. A.A. Balkema Publ. 265 s.
- Roberts, A., Applied Geotechnology. Pergamon Press.344 p.
- Özdemir, A., 2007. Kayaların delinebilirliğini etkileyen jeo-mühendislik özellikleri. Sondaj Dünyası Dergisi, 5, 15-18
- Kahraman, S., Bilgin, N. and Feridunoğlu, C., 2003; Dominant rock properties affercting the rate of percussive drills. Jour. of Rock Mech. and Min. Sci., 40 711-723
- Kahraman, S., Balcı, C., Yazıcı, S. and Bilgin, N., 2000; Prediction of the penetration rate of rotary blasthole drills using a new drillability index. İnt. Jour. of Rock Mech. and Min. Sci., 37, 729-743
- Kahraman, S., 1999; Rotary and percussive drilling prediction using regression analysis. Jour. of Rock Mech. and Min. Sci., 36, 981-989
- Kahraman, S., 1998; Açık maden ocaklarında konili matkap kullanan döner delicilerin delme hızlarının tahmini için geliştirilen bir model. Sondaj Sempozyumu . s. 67-75
- Kuzu, C., Balcı, C. ve Bilgin, N., 1998;Rotari sondajlarda optimum matkap kullanım kriterleri ve araştırma amaçlı bir yatay sondaj makinasının(YSM) tanıtılması. Sondaj Sempozyumu. s. 117-124
- Müftüoğlu, Y. V., 1987; Delme parametrelerinin otomatik kayıt yöntemleri ve uygulamaları. Türkiye 10.Madencilik Bilimsel ve Teknik Kongresi. s. 253-269
- Altındağ, R., 2002; Laboratuar ölçekli delme makinasıyla kayaçların delinebilirlik analizi. VI.Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu. s. 205-210
- Altındağ, R., 2000; Darbeli delmede gevreklik analizi. Geosound/Yerbilimleri Dergisi, V.7. s. 161-169
- Altındağ, R., 2002; Darbeli delme performans analizinde kayaç gevrekliğinin rolü. 5.Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu. s. 105-112
- Wijk, G., 1991; Rotary drilling prediction. Int. J.Rock Mech.Min.Sci.&Geomech. Abstr.,V:28, I:1, pp.35-42
- Yazıcı, S., 1985; Darbeli delmede ilerleme hızının kestirimi. Kaya Mekaniği Bülteni. Sayı:1, s. 5-18
- Jiao, D; 1991; Darbeli delme işleminde veri analizi ve süreç izlenmesi, Türkiye 12.Madencilik Bilimsel ve Teknik Kongresi. s. 71-81
- Ersoy, A., 1998; Polikristalin elmas matkapların kömür yan kayaçlarında delme verimliliği. Sondaj Sempozyumu. s. 82-95
- Akün, M.E. ve Karpuz, C., 2003; Zonguldak Bölgesi kumtaşlarında yüzey taneli elmas kronlarla yapılan delinebilirlik çalışmaları. Sondaj Sempozyumu. s. 45-56
- Akün, M.E. ve Ertem, İ., 1993; Türkiye'nin en derin elmaslı sondaj çalışmasında delinebilirliğin irdelenmesi . Türkiye 13. Madencilik Kongresi, s. 211-220
- Yünsel, Y., 2001; Rotari(döner) sondajlarda matkap çalışma ve kaya parametrelerinin ilerleme hızı üzerine etkileri. Çukurova Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 92 s (Yayımlanmamış)
- Dinçer, T. A., 1988; Drillability of lignite overburden series for rotary blasthole drilling. ODTÜ, Bil. Uzm. 72 s (Yayımlanmamış)
- Akün, M.E., 1990; Improvement the drillability of exploration on drilling at Zonguldak Hard Coal Basin. ODTÜ, Yüksek Lisans Tezi, 96 s (Yayımlanmamış)
- Akün, M.E., 1997; Effect of operational parameters and formation properties on drillability in surface set diamond core drillings, ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 251 s (Yayımlanmamış)
- 29**
- Yünsel, Y., 2001; bkz.26-27-28
- Bilgin, N., vd., 2000; bkz. 9
- 30**
- Whittaker, A.(editor), 1985; Theory and Application of Drilling Fluid Hydraulics. IHRDC Publ. 203 p.
- 31**
- Özdemir, A. ve Özdemir, M., 2006; bkz. 21
- Yalçın, A., 2000; bkz. 05-06
- Akpınar, K., 1999; bkz. 20
- 32**
- Özdemir, A., 2005; Su sondajcılığında formasyon kaynaklı bazı ilerleme güçlükleri ve çözümlerine yönelik yaklaşımlar. Jeoloji Mühendisleri Odası Uygulamalı Sondaj Kursu Kitabı. s. 90-103ü
- Ulaş, T., 1978; Adana-İskenderun arasında açılan bazı kuyularda karşılaşılan sondaj güçlükleri. Birinci Bilimsel ve Teknik Sondaj Kongresi. s. 11-14
- Selcen, V. ve Öncel, B., 1978; Sondajcılık ve sondajcılıkta karşılaşılan güçlükler. Birinci Bilimsel ve Teknik Sondaj Kongresi. s. 31-35
- Tonçer, M., 1995; Sondaj kuyularında formasyon ve sondaj akışkanlarına bağlı görülen sorunların araştırılması ve bunlara karşı yöntem seçimi. Çukurova Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 89 s (Yayımlanmamış).
- Şahin(Yamar), F., 1995; A study on kastel and karadut marl drilling problems. ODTÜ. Yüksek Lisans Tezi (Yayımlanmamış)
- 33**
- Özdemir, A. ve Özdemir, M., 2006; bkz. 21

YAZARIN ÖZGEÇMİŞİ

• Mesleğe jeoteknik sondaj ve enjeksiyon işçisi olarak 1995 yılında başladı. Cumhuriyet Üniversitesi Sondajcılık Meslek Yüksek Okulu'nu, daha sonra Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nü bitirdi. Halen Gazi Üniversitesi'nde Yüksek Mühendislik eğitimine devam etmektedir.

• Yurtiçi ve Yurtdışında birçok Su, Jeotermal, Jeoteknik, Maden Arama, Enjeksiyon, Patlatma ve Yönlendirilebilir Yatay Sondaj çalışmasında, Zemin İyileştirme ve Güçlendirme uygulamasında, Yeraltısuyu ve Jeotermal Enerji araştırmasında Sondaj İşçisi, Sondör, Sondaj Mühendisi, Şantiye Şefi, Kontrol Mühendisi ve Danışman olarak görev yaptı. Ayrıca, birçok yeraltısuyu, jeotermal enerji ve jeolojik-jeoteknik etüt yapmış ve bu etütlere ait raporları hazırlamıştır. Halen bu konulardaki çalışmalarına devam etmektedir.

• Sondaj Tekniğine Giriş, Jeoteknik ve Su Sondajları (Jeofizik Mühendisleri Odası Yayını), Jeoteknik Etüt Sondajları, Jeoloji Mühendisleri için Mesleki İngilizce isimleri ile yayınlanmış 4 adet mesleki kitabı bulunmaktadır.

• Su Sondajları, Jeoteknik Sondajlar, Jeotermal Sondajlar, Petrol Sondajları, Maden Arama Sondajları, Yönlendirilebilir Yatay Sondajlar, Jeotermal Enerji, Zemin İyileştirme, Forekazık Uygulamaları, Bütünlük Testleri, Mikrotünel Tekniği, Delme-Patlatma, Kayaların Delinebilirliği ve Delme Hızı Tahmini konularında 7'si uluslararası, 53'ü de ulusal dergi, sempozyum ve kongrelerde yayınlanmış 60 adet makale ve bildirisi bulunmaktadır.

• Sondajcılar Birliği, Jeoloji, Jeofizik ve Maden Mühendisleri Odaları Genel Merkez ve Şubelerinde binlerce mühendisin sertifika aldığı ve “ Sondaj Tekniği, Jeotermal Enerji, Zemin İyileştirme ve Jeoteknik Uygulamalar ” konularının işlendiği seminerlerde hem yönetici hem de öğretici olarak görev aldı.

• Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği, Kocaeli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği, Balıkesir Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği, Niğde Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği, Fırat Üniversitesi Jeoloji ve Makine Mühendisliği, İnönü Üniversitesi Maden Mühendisliği, Sondajcılık ve Jeoteknik Teknikerliği, Süleyman Demirel Üniversitesi Maden Mühendisliği, ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümlerinde Sondaj Tekniği ve Uygulamaları, Jeotermal Enerji, Zemin İyileştirme ve Jeoteknik Uygulamalar konularında lisans ve lisansüstü düzeyde birçok seminer ve konferans verdi.

• Birçok forekazık, geçirimsizlik perdesi, mikrotünel vb. gibi jeoteknik mühendisliği uygulamalarındaki kazı duraylılığı güçlüklerinin giderilmesi için kimyasal madde esaslı çözümler üretti ve bu tür projelerdeki ilk uygulamalarını yaptırdı.

- Çeşitli kuruluşlara hazırladığı birçok araştırma ve danışmanlık raporu vardır.
- Mesleki İngilizce bilen yazar evli ve iki kız çocuğu babasıdır

Yazarla İletişim

www.adilozdemir.com

0 533 305 06 62

KALTEK

HATBORU

EUROPOMP

SUSAN