MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

MADEN TEKNOLOJİSİ ALANI

SONDAJ

11

DERS MATERYALİ

Yazarlar

Dr. Suzan ALTIPARMAK

Hatice KOZLU

MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI ..... : 9387
YARDIMCI VE KAYNAK KİTAP DİZİSİ ..... :3047

Her hakkı saklıdır ve Millî Eğitim Bakanlığına aittir. Ders materyalinin metin, soru ve şekilleri kısmen de olsa hiç bir surette alınıp yayımlanamaz.

Dil Uzmanı	Nuray TAZEGÜL
Program Geliştirme Uzmanı	Dr. Eda ÖZ
Rehberlik Uzmanı	Musa KARABEYESER
Ölçme ve Değerlendirme Uzmanı	Mustafa ÇELİK
Görsel Tasarım Uzmanı	Yunus YILMAZ

ISBN: 978-975-11-7993-7

Millî Eğitim Bakanlığının 24.12.2020 gün ve 18433886 sayılı oluru ile Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğünce ders materyali olarak hazırlanmıştır.

BASKI
Ayrıntı Basım Yayım ve Mat. Hiz. Sanayi Ticaret A.Ş.
Saray Mahallesi 126. Cadde No: 20
Kahramankazan/Ankara
Sertifika No: 49599

İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlâhî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerîhamdan İlâhî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'şım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif Ersoy

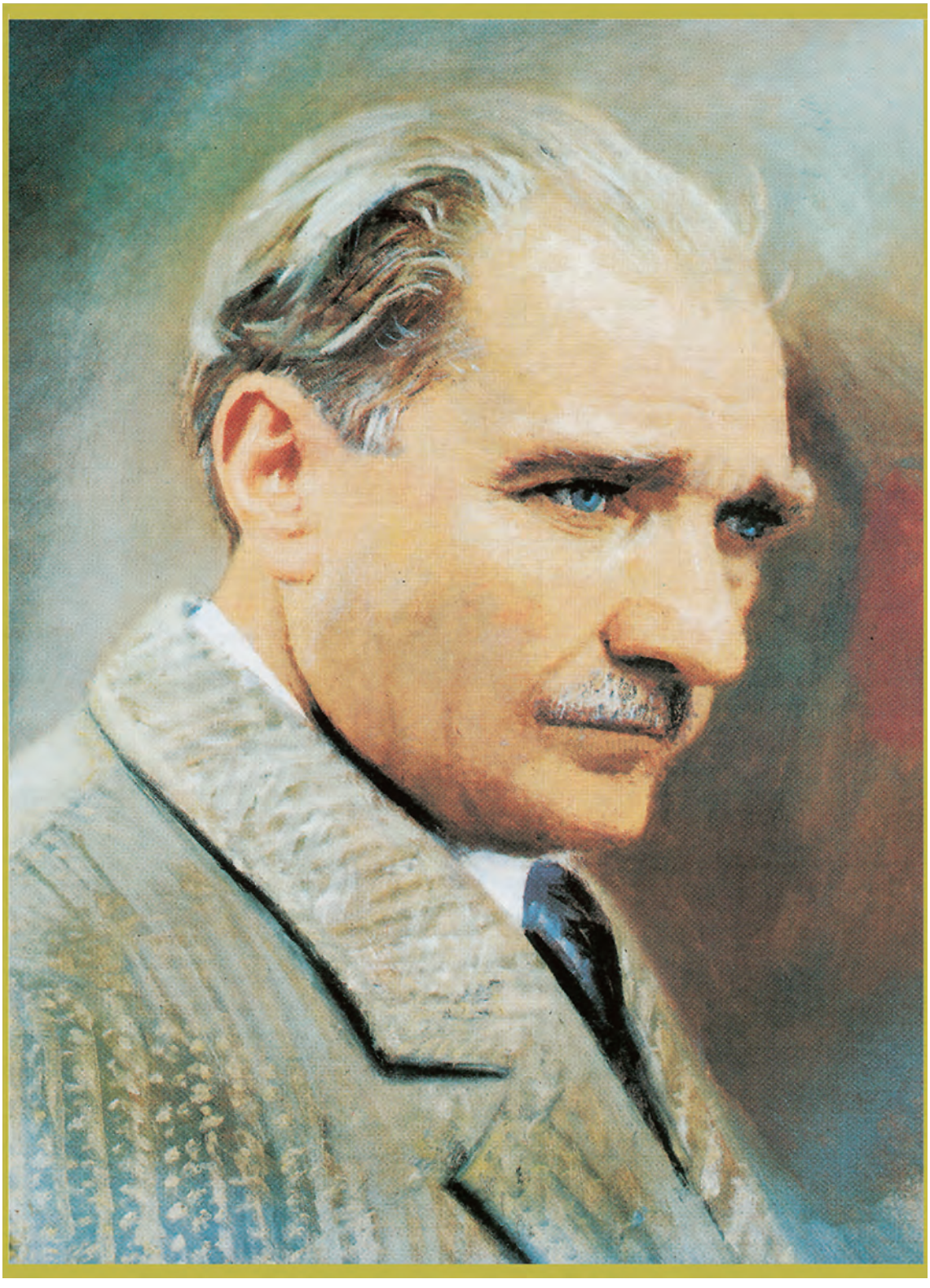
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

İÇİNDEKİLER

DERS MATERYALİNİN TANITIMI _____ 12

MADEN İŞLETMELERİNDE TEMEL İSG ÖNLEMLERİ _____ 16

SONDAJ ÇALIŞMALARINDA İSG ÖNLEMLERİ _____ 17

1.1. SONDAJ MAKİNELERİ VE ANA BİLEŞENLERİ _____ 19

1.1.1. Sondaj Makineleri _____ 21

1.2. BİRİMLER VE STANDARTLAR _____ 27

1.3. TAKIM DİZİLERİ, MATKAPLAR, MUHAFAZA BORULARI _____ 30

1.3.1. Roller Cone Matkaplar _____ 30

1.3.2. PDC Matkaplar _____ 30

1.3.3. Hibrit Matkaplar _____ 30

1.3.4. Muhafaza (Casing) Borusu ve Özellikleri _____ 31

1.4. TEMEL SONDAJ PARAMETRELERİ _____ 33

1.4.1. Delme Hızı _____ 33

1.4.2. Matkap Devir Sayısı _____ 34

1.4.3. Baskı _____ 35

1.4.4. Sondaj Sıvısı Basıncı _____ 35

1.4.5. Titreşim _____ 35

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME _____ 37

2.1. SONDAJ ÇAMURU VE TİPLERİ 42

2.1.1. Sondaj Çamurunun Özellikleri 42

2.1.2. Sondaj Çamuru (Sıvıları)Türleri 44

2.1.3. Sondaj Çamurunun Hazırlanmasında Kullanılan Katkı Maddeleri 47

2.1.4. Sondaj Çamurunun Özellikleri ve Ölçümü 48

2.1.5. Sondaj Çamuru Islahında Kullanılan Yöntem ve Araç Gereç 49

2.2. TEMEL BASINÇ / DEBİ HESAPLAMALARI 53

2.3. SONDAJ POMPALARI VE ÇEŞİTLERİ 58

2.3.1. Pistonlu Pompalar 58

2.3.2. Dalgıç Pompalar 58

2.3.3. Derin Kuyu Pompaları 58

2.3.4. Sirkülasyon Pompaları 59

2.3.5. Santrifüj Pompalar 59

2.4. SONDAJ HİDROLİK HESAPLAMALARI 61

2.4.1. Sıvı Akışı ve Akış Tipleri 62

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 68

3.1. KAROTLU SONDAJ TEKNİĞİ 74

3.1.1. Karotlu Sondaj Tekniğinde Kullanılan Ekipmanlar 80

3.2. ROTARİ SONDAJ TEKNİĞİ 87

3.2.1. Döner Sondaj Donanımı 89

3.2.2. Rotari (Döner) Sondaj Ekipmanları 90

3.3. HAVALI VE KÖPÜKLÜ SONDAJ TEKNİĞİ 93

3.3.1. Havalı ve Köpüklü Sondaj Özellikleri 93

3.3.2. Havalı Köpüklü Sondaj Tekniğinde Kullanılan Ekipmanlar 94

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 100

4.1. TAHLİSİYE OPERASYONLARI ____ 106

4.1.1. Tahlisiye Nedenleri ____ 107

4.1.2. Tahlisiye Ekipmanları ____ 107

4.1.3. Sondaj Kuyularında Oluşan Problemler ____ 112

4.2. PETROL, JEOTERMAL VE GAZ SONDAJLARI ____ 118

4.2.1. Saha Çalışmaları ____ 119

4.2.2. Üretim Aşaması ____ 120

4.3. ÇİMENTOLAMA OPERASYONLARI ____ 128

4.3.1. Kuyularda Çimentolamanın Önemi ____ 128

4.3.2. Kuyularda Çimentolama İşlemi ____ 129

4.3.3. Çimentolama Sırasında Meydana Gelebilecek Başlıca Sorunlar ____ 133

4.3.4. Çimentolama Planlamasını Etkileyen Faktörler ____ 134

4.3.5. Çimentolama Operasyonlarını Etkileyen Faktörler ____ 136

4.4. KUYU KONTROLÜ ____ 139

4.4.1. Sondaj Sırasında Yapılan Testler ____ 139

4.4.2. Kuyu Üretime Alındığında Yapılan Testler ____ 143

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME ____ 149

CEVAP ANAHTARI ____ 156

KAYNAKÇA ____ 158

DERS MATERYALİNİN TANITIMI

Kaçıncı öğrenme birimi olduğunu ve öğrenme biriminin adını gösterir.

Öğrenme biriminin ana konu başlıklarını gösterir.

Öğrenme biriminde neler öğrenileceğini gösterir.

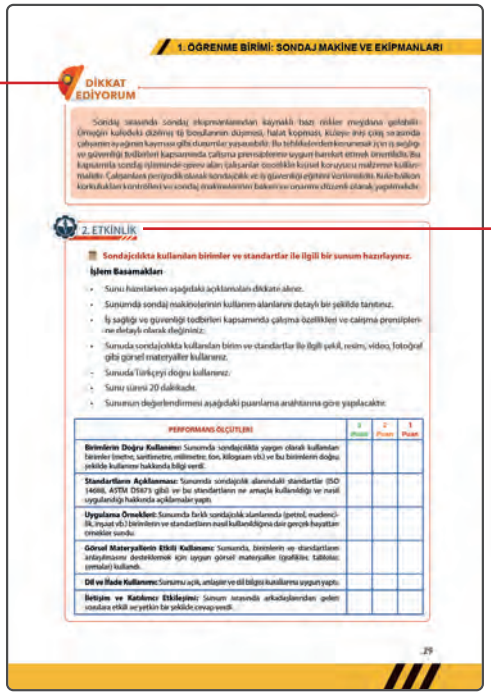
Öğrenme biriminin karekodudur.

Öğrencilerin hazır bulunuşluk seviyelerinin ölçüldüğü bölümdür.

Öğrenme biriminin ana başlıklarını gösterir.

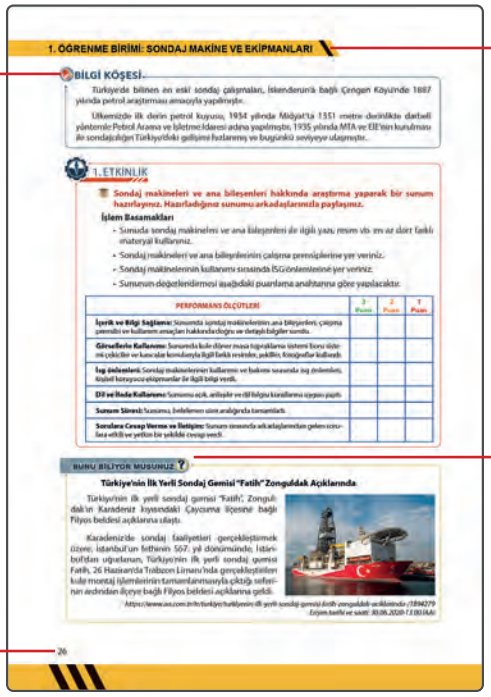
Öğrenme biriminin alt başlıklarını gösterir.

DERS MATERYALİNİN TANITIMI



Konunun işlenmesi veya uygulanması sırasında uyulması gereken İSG kuralları ve uyarılarının verildiği bölümdür.

Kazanımların pekiştirilebilmesi için etkin katılımlı uygulamaları gösterir.



Kazanımlarla ilgili önemli notların verildiği bölümlerdir.

Öğrenme birimi numarasını ve adını gösterir.

Sayfa numarasını gösterir.

Kazanımları destekleyecek dikkat çekici bilgileri gösterir.

1. ÖĞRENME BİRİMİ

SONDAJ MAKİNE VE EKİPMANLARI

KONULAR

1.1. SONDAJ MAKİNELERİ VE ANA BİLEŞENLERİ

1.2. BİRİM VE STANDARTLAR

1.3. TAKIM DİZİLERİ, MATKAPLAR, MUHAFAZA BORULARI

1.4. TEMEL SONDAJ PARAMETRELERİ

TEMEL KAVRAMLAR

İSG Sondaj, sondör, matkap, kule, sondaj parametreleri

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Sondaj makineleri ve ana bileşenleri
- Sondajcılıkta kullanılan birimler ve standartları
- Sondaj takım dizileri, matkapları ve muhafaza boruları
- Temel sondaj parametreleri

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

Sondaj sözcüğü size neler çağrıştırıyor? Sınıfınızda arkadaşlarınızla paylaşınız.

Madencilik, İş Sağlığı ve Güvenliği'ne (iSG) göre çok tehlikeli sınıfta yer alır.

MADEN İŞLETMELERİNDE TEMEL İSG ÖNLEMLERİ

- Çalışanların "Ağır ve tehlikeli işlerde çalışabilir." sağlık raporları olmalıdır.
- Gürültülü ortamlarda çalışan işçilerin işitme testleri yapılmalıdır.
- Çalışanlara yıllık iş güvenliği eğitimi verilmelidir.
- İş yerinde yapılan çalışmalarla ilgili yazılı talimatlar olmalıdır.
- Çalışma ortamı ile ilgili risk analizi yapılmalıdır.
- İşçilere kişisel koruyucu donanım (baret, emniyet kemeri, toz maskesi, kulaklık vb.) verilmelidir.
- Çalışma ortamında toz ve gürültü ölçümü yapılarak düzenli kayıt tutulmalıdır.
- Kullanılan kimyasalların malzeme güvenlik formları bulunmalıdır.
- İletişim, uyarı ve alarm sistemleri ile uyarı levhaları ve güvenlik işaretleri bulunmalıdır.
- Çalışma ortamı yeterli düzeyde aydınlatılmalıdır.
- Çalışma ortamındaki en riskli alanlar için ayrıca güvenlik önlemleri alınmalıdır.
- Acil durumlar için tahliye eylem planı yapılmalıdır.
- Patlama ve çökme riskine karşı çalışanlar için sığınma odaları oluşturulmalıdır.
- Yangın tehlikesine karşı yeterli önlemler alınmalıdır.
- Havalandırma sistemleri yeterli düzeyde olmalıdır.
- İş makinelerinin bakımı düzenli olarak yapılmalıdır.
- İlk yardım eğitimi almış bir ekip ve ilk yardım malzemeleri bulundurulmalıdır.
- Hijyen ve temizlik şartları yeterli düzeyde olmalıdır.
- Elektrik kabloları ve elektrikle çalışan teçhizatların güvenliği sağlanmalıdır.

SONDAJ ÇALIŞMALARINDA İSG ÖNLEMLERİ

Sondaj kazalarında formasyonun genellikle fazla etkisi yoktur. Personel ve malzeme hatasından kaynaklı kazalara daha fazla rastlanmaktadır. Sondaj kazalarına karşı alınması gereken başlıca iş sağlığı ve güvenliği önlemleri şunlardır:

- Çalışan personele doğru bir şekilde eğitim verilmelidir.
- Çalışanlar, uzman oldukları görevleri yapmalı ve talimat almadan başka görev üstlenmemelidir.
- Çalışanlar hem maddi hem manevi açıdan rahat ettirilmelidir.
- Çalışanların barınma yerleri ve çalışma alanları düzenli olmalıdır.
- Çalışanlar iş konusunda doğru yönlendirilmelidir.
- Çalışanlar yapması gerekenler konusunda yerinde uyarılmalı ve öneriler getirilmelidir.
- Çalışan sondaj personeli dışında yabancı kişiler, misafirler şantiye alanında bulundurulmamalıdır.
- Çalışanlar kaliteli malzeme kullanmalıdır.
- Dişleri bozulmuş, eğrilmiş, kullanılmayacak durumdaki malzeme sondaj işlemlerinde kullanılmamalıdır.
- Sondaj çalışmaları için gerekli malzemeler zamanında temin edilmeli ve doğru bir şekilde kullandırılmalıdır.
- Sondaj işlemlerinde çalışmanın olmadığı veya durdurulduğu zamanlarda kuyu ağzı kapalı tutulmalıdır.
- Sondaj makinesi üzerinde tamirat çalışmaları yapılırken kuyu ağzı kapatılmalıdır.
- Sondaj çalışmaları sırasında slip veya başka bir malzeme yerleştirirken, boru inilirken, tahlisiye çalışmaları yaparken çok dikkatli olunmalı, kuyuya herhangi bir malzemenin düşmesini önleyecek tedbirler alınmalıdır.
- Takım dizisinde bağlantı dişleri iyice sıkıştırılmalı, açılması istendiğinde kolayca sökülebilecek tedbirler alınmalı, dişlere gres sürülmeli, bağlantı yerlerine kendir conta yapılmalıdır. Bu işlemler yapılırken dikkatli olunmalıdır.
- Orijinal ve işe uygun malzeme kullanılmalı, yanlış yedek parça kullanılmamalı veya kullandırılmamalı imalatçı firmaların kullanma talimatlarına uyulmalıdır.
- Tamir ve bakım işlemleri zamanında ve uzman personellere yaptırılmalıdır.
- Matkaplara yalnız ağırlıklarla yük verilmeli, başka malzemeler kullanılmamalı / kullandırtılmamalıdır.
- Kullanılmayan malzemelerin gerekli bakımları zamanında yapılmalı ve kullanılacağı zamana kadar çok iyi bir şekilde muhafaza edilmeli / ettirilmelidir.
- Kullanılmayacak durumdaki matkap ve button-bittleri kullanılmamalı / kullandırtılmamalıdır.

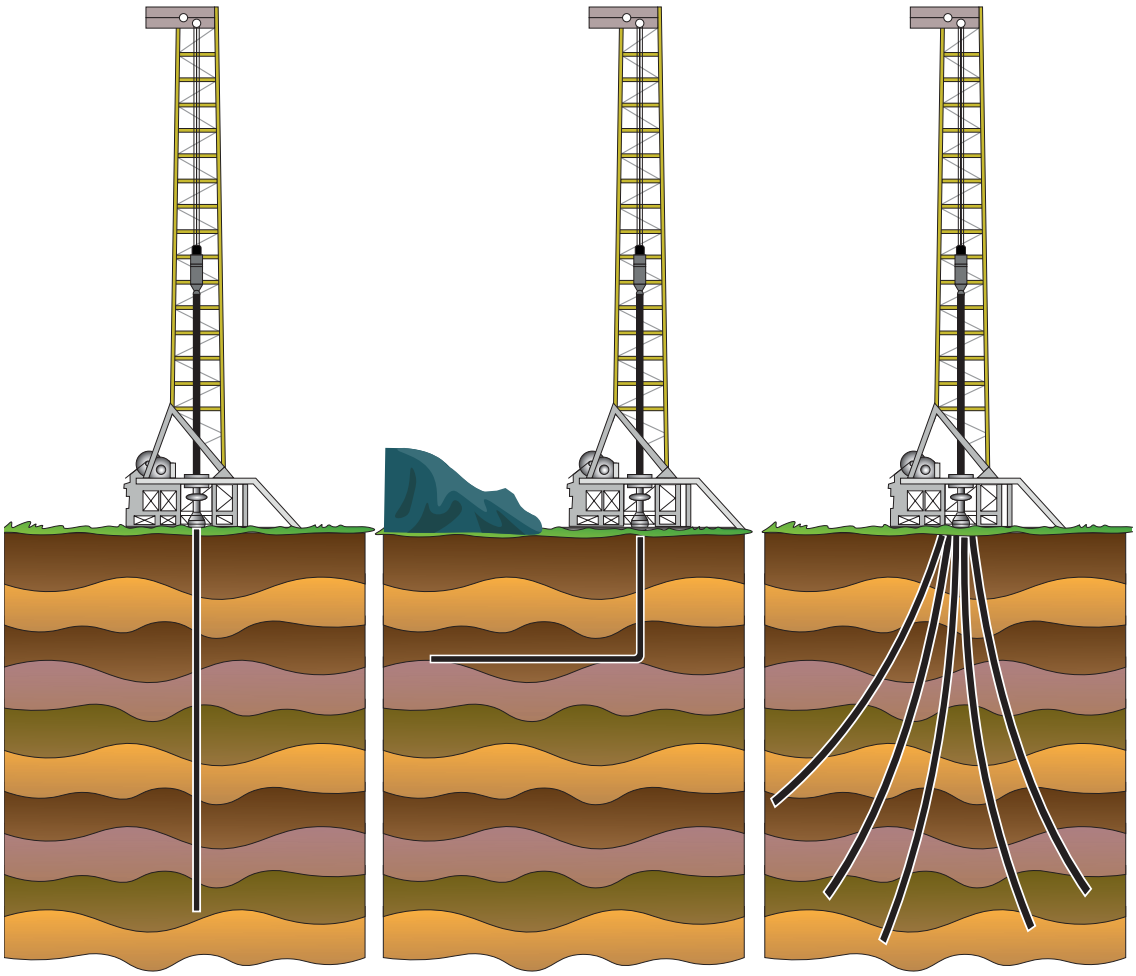
- Sondaj ilerleme aşamasında ani hareketlerden kaçınılmalıdır.
- Gereken malzemeler, formasyona uygun sondaj yöntemleri belirlenerek seçilmeli ve kullanılmalıdır (Görsel 1.1).
- Takım dizisi hiçbir zaman sola (ters) döndürülmemeli / döndürtülmemelidir.
- Sondaj çamuru ve köpüğü, işlevini yerine getirecek hâlde bulundurulmalıdır.
- Tij veya boru ilavelerinde takım dizisi, döner masasına, kuyuya düşmeyecek şekilde sağlam bir şekilde tutturulmalı, zincirli anahtar ve boru anahtarı ile takım dizisi askıya alınmalıdır.
- Kuyu ağzından blok düşmesini önleyecek tedbirler alınmalıdır.
- Tijlerin burulmasına sebep olacak hareketlerden kaçınılmalıdır.
- Sondaj makinesini kullanan sondör, ilerleme sırasında ve takım dizisinin kuyuda boş olarak ilerleme yapmadan dönmesi durumunda mutlaka levyenin başında bulunmalıdır.

Sondaj çalışmalarında birçok uyarı bulunmasına karşın gerekli hassasiyet gösterilmediğinden günümüzde hâlâ birçok kaza meydana gelmektedir.

Görsel 1.1: Madencilikte yer altı kaynaklarının araştırılmasında kullanılan sondaj işlemi

1.1. SONDAJ MAKİNELERİ VE ANA BİLEŞENLERİ

Sondaj, yer altında bulunan doğal kaynakların çıkarılması, üretilmesi ve işlenmesi amacıyla çeşitli araç gereç kullanarak yapılan delme işlemidir (Görsel 1.2). Bu işlem yapılırken yer yüzeyinden yerin derinliklerine doğru dikey, yatay ya da herhangi bir yönde kuyu açılır.



Görsel 1.2: Dikey, yatay ve farklı yönlere açılan kuyular

Sondaj çalışmaları iki amaçla yapılır. Birincisi köprü, baraj yapımı gibi mühendislik çalışmalarıdır. İkincisi madencilik işlemlerinde, maden rezerv araştırmalarında yer altında meydana gelebilecek havalandırma ve yer altı suyu gibi sorunların giderilmesidir. Sondaj işlemi yapılırken araştırmanın amacına göre sondaj tekniği belirlenir. Bu tekniğe uygun olarak sondajda kullanacak makine ve ekipman seçimi yapılır.

Sondaj makineleri, yer altında bulunan kaynakların araştırılması, üretilmesi ve işletilmesi amacıyla kullanılan makinelerdir. Yer altı kaynaklarının araştırılmasında son yıllarda en sık kullanılan sondaj yöntemi, döner ve döner-darbeli sondaj yöntemidir. Döner sondaj yönteminde dönen bir matkabın ucunda bulunan kesici dişler yardımıyla yer altındaki kayaçlar parçalanır. Koparılan bu kayaç parçaları bir sıvı (genelde çamur) ile yüzeye çıkarılarak sondaj işlemi yapılır. Döner darbeli sondaj yöntemi ise bir ağırlık altında düşük hızla dönen matkabın yer altındaki kayaçları parçalaması ve kopan kayaç parçalarının hava yardımıyla yüzeye çıkarılması işlemidir. Genelde sert zeminlerde kullanılan bir yöntemdir.

En yaygın sondaj araştırmaları zemin etüdü, yer altı su arama, maden arama, jeotermal, petrol ve doğal gaz derin kuyu sondajlarıdır (Görsel 1.3 ve 1.4).

Görsel 1.3: Petrol sahalarında sondaj

Görsel 1.4: Denizlerde sondaj

Bir sondaj işlemi sırasında sondaj kuyusu, sondaj ekipmanları ve sondajın tüm sürecini takip eden kişiye **sondör** denir (Görsel 1.5). Sondaj işleminin sorunsuz yürütülmesi için sondöre büyük görev düşer. Sondörün görev ve sorumlulukları şunlardır:

- Sondaj işleminde görev alan kişilerin güvenliğinden, kullanılan makine ve malzemelerden sorumludur.
- Sondaj alanının güvenliğini sağlar.
- Sondaj makinesinin bakımını düzenli olarak yapar.
- Sondaj çalışması sırasında oluşabilecek arızaların giderilmesini sağlar.
- Sondaj numunelerini alır ve çıkan numuneleri muhafaza eder.

Sondaj işleminden sorumlu diğer görevlilerden biri de sondaj mühendisidir (Görsel 1.6). Sondaj mühendisinin görevleri genel olarak şunlardır:

- Delinecek formasyonlara uygun sondaj yöntemini belirler.
- Sondaj derinliğine uygun sondaj makine kule ve ekipmanlarını belirler.
- Sondaj çalışmaları süresince iş güvenliği önlemlerini alarak ekibin güvenliğini sağlar.
- Sondajda görev alan çalışanların görev ve sorumluluklarını belirler.
- Delinen formasyonlardan kırıntı veya karot örneği alınmasını sağlar.

Görsel 1.5: Sondör

Görsel 1.6: Sondaj mühendisi

1.1.1. Sondaj Makineleri

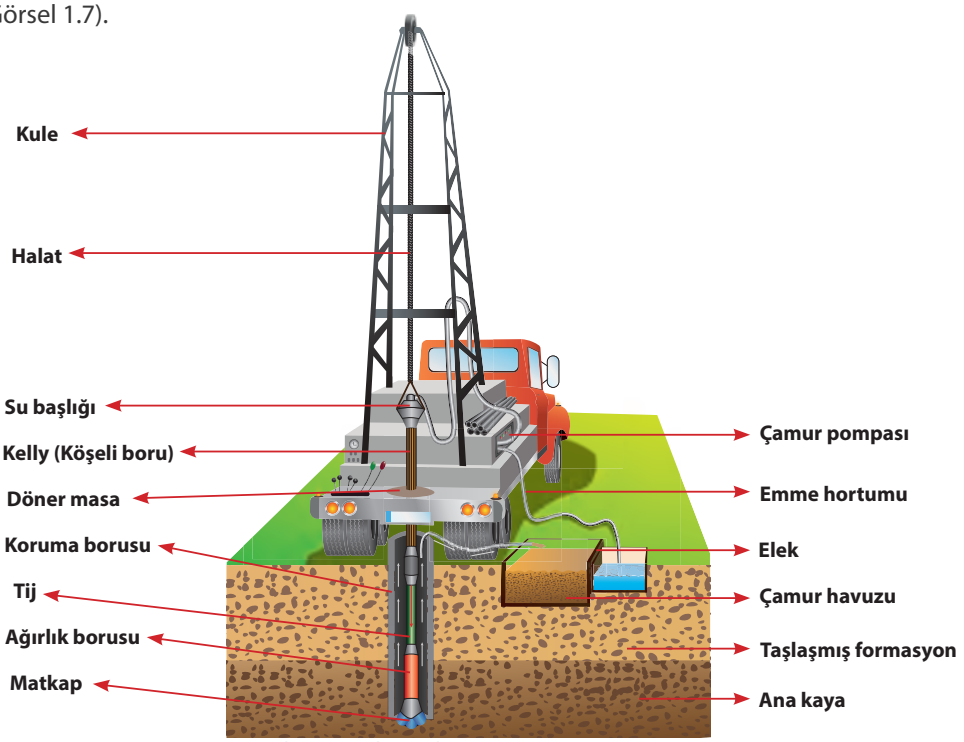
Yer altı ve üstü kaynaklarının araştırılması için yapılan sondaj işlemi için özel olarak üretilen sondaj ekipmanları ve özel donanımlar kullanılır. Ancak sondaj makine ve ekipmanları sondajın yapılış amacına göre farklılık gösterirken temel sondaj makine ekipmanları ortak özellikler taşır.

Sondaj makinesinin ana bölümleri şunlardır: Kule, tij takımı (tijler, matkap, ağırlıklar), tahrik sistemi (motor, aktarma sitemi, rotari tablesi / morset), çamur pompasıdır. Bu ana birimlerin yanı sıra sondaj işleminin eksiksiz yürütülebilmesi için aşağıda yer alan sondaj ekipmanlarına da ihtiyaç duyulur.

- Taşıyıcı ünite (kamyon, kızak, palet, treyler vb.)
- Güç ünitesi (motor) (dizel, elektrikli vb.)
- Güç aktarma organları (şanzıman, şaft vb.)
- Kule (sabit, gezici vb.)
- Vinç sistemi
- Hidrolik sistemler (pompa, tank, hortumlar vb.)
- Dönüş sistemi (döner kafa, döner masa, topdrive veya morset)
- Çamur pompası
- Kompresör (havalı sondaj için tasarlanmış makinede)
- Kontrol panosu veya sondör kabini

Sondaj makineleri, döner kafalı ve masalı olmak üzere ikiye ayrılır. Döner kafalı sondaj makinelerinde dönme ve baskı kuvveti hidrolik sistemler yardımıyla yapılır. Döner masalı sondaj makinelerinde ise dönme ve baskı kuvveti mekanik / hidromekanik sistemler ile yapılır. Sondaj makineleri; kamyon, motor, kule, şanzıman, sondör paneli, çamur pompası gibi ana elemanlardan oluşur.

Su sondajı işlemlerinde genellikle kamyon üzerine kurulan düz çamur dolaşımlı ya da hem çamur hem de havalı sondaj sistem bileşenlerini içeren döner masalı veya döner kafalı sondaj makineleri kullanılır (Görsel 1.7).



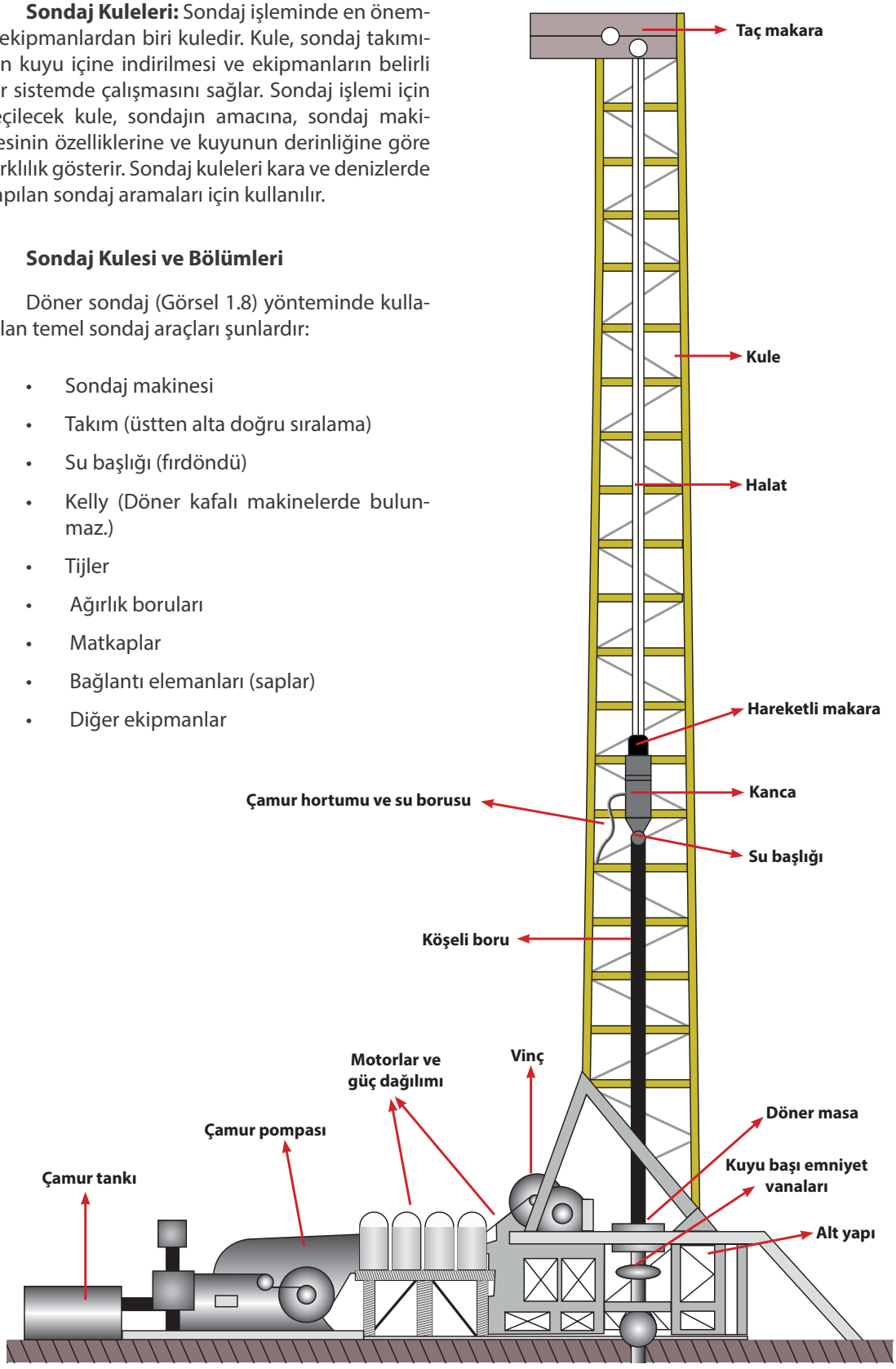
Görsel 1.7: Sondaj makinesi

Sondaj Kuleleri: Sondaj işleminde en önemli ekipmanlardan biri kuledir. Kule, sondaj takımının kuyu içine indirilmesi ve ekipmanların belirli bir sistemde çalışmasını sağlar. Sondaj işlemi için seçilecek kule, sondajın amacına, sondaj makinesinin özelliklerine ve kuyunun derinliğine göre farklılık gösterir. Sondaj kuleleri kara ve denizlerde yapılan sondaj aramaları için kullanılır.

Sondaj Kulesi ve Bölümleri

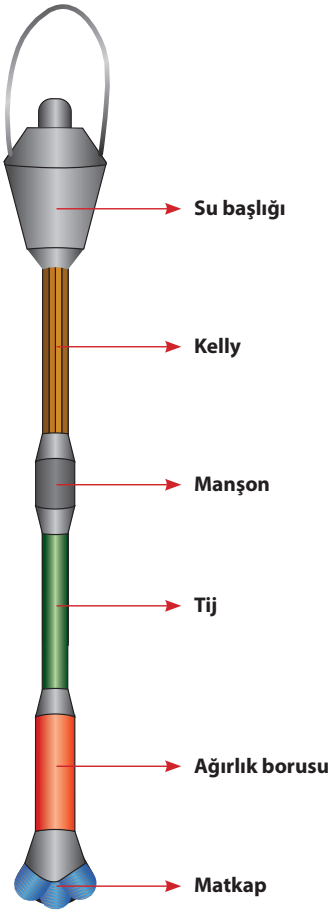
Döner sondaj (Görsel 1.8) yönteminde kullanılan temel sondaj araçları şunlardır:

- Sondaj makinesi
- Takım (üstten alta doğru sıralama)
- Su başlığı (fırdöndü)
- Kelly (Döner kafalı makinelerde bulunmaz.)
- Tijler
- Ağırlık boruları
- Matkaplar
- Bağlantı elemanları (saplar)
- Diğer ekipmanlar



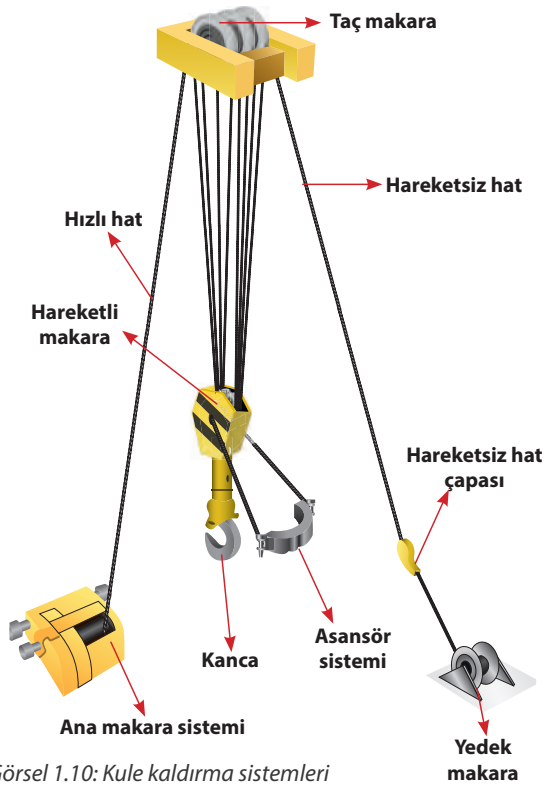
Görsel 1.8: Sondaj kulesi ve bölümleri

Takım (Sondaj Dizisi): Sondaj işlemini (delme işlemini) yapan gerecin tümüne **sondaj takımı**, **delme takımı** ya da **sondaj dizisi** denir (Görsel 1.9). Sondaj takımının tepesinde su başlığı (fırdöndü) bulunur. Su başlığı sondaj sırasında sızdırmaya karşı dayanıklı üst tarafı sabit, alt tarafı hareketli, tüm sondaj dizisinin ağırlığını taşıyan dayanıklı parçadır. Takım dizisinin ortası sondaj sıvısının geçebileceği şekilde deliktir. Alt taraftan **kelly (keli)** adı verilen köşeli bir boru, kulplu bir kanca ile gezici makaraya bağlıyken ayrı bir tarafta da çamur pompası hortumuna bağlıdır. Su başlığı, sondaj sırasında bütün delme takımını üzerinde taşır. Takımın dönme hareketini üst kısmına iletmez. Sondaj sıvısını takım elemanlarına iletir.



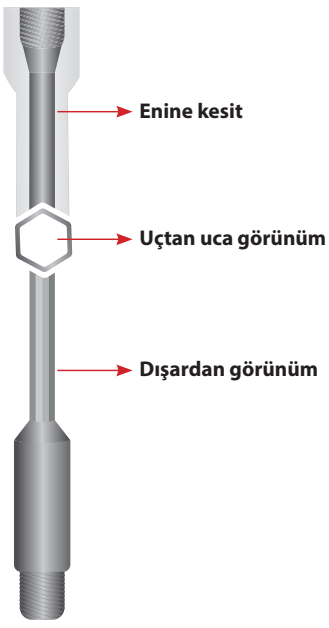
Görsel 1.9: Sondaj dizisi

Kule Kaldırma Sistemleri: Sondaj dizisi ve muhafaza borularının yukarı ve aşağı yönde hareketini sağlayan bir makara sistemidir (Görsel 1.10). Bu sistem sondaj halatının bir makara üzerine sarılarak hareket etmesi mantığına dayanır. Bu sistemin temel elemanları ana makara, taç makara, hareketli makara, kanca ve sondaj halatıdır.



Görsel 1.10: Kule kaldırma sistemleri

Köşeli Boru (Kelly): Kellyler alttan tijlere, üstten ise su başlığına bağlı olan takım elemanıdır (Görsel 1.11). Döner masadan aldığı dönme hareketini tijlere ve matkaba iletir. Kellynin iç kısmı sondaj sıvısının geçebilmesi için deliktir. Kelynin şekil olarak yuvarlak ve köşeli tipleri bulunmaktadır. Dört ve altı köşeli kellyler dönme hareketini döner masadan, yuvarlak olanları ise kelly yatağından alır. Boyları 12,9-16,46 m arasında değişebilir.



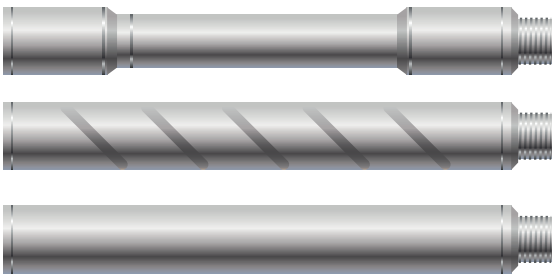
Görsel 1.11: Kelly (Köşeli boru)

Döner Masa: Kelly sisteminin bileşenlerinden biridir (Görsel 1.12 ve 1.13). Kule üzerinde bulunur ve tork denen güçlü bir dönme kuvveti üretir. Ortalama olarak 1,5 m çaplı bir masa görünümünde döndürme düzeneği elemanıdır.

Görsel 1.12: Döner masa

Görsel 1.13: Döner masa

Tij (Sondaj Borusu): Kellynin döndürme hareketini matkaba ileten takım elemanına **tij** denir (Görsel 1.14 ve 1.15). İç kısmı sondaj sıvısının geçmesi için boş yapılmıştır. Tijler et kalınlığı fazla olan borulardır. Şok etkilerine ve burulmalara dayanabilmesi için esnek çelikten yapılmıştır. Tijler birbirine eklenerek kuyu derinleştirilir.



Görsel 1.14: Tij çeşitleri

Görsel 1.15: Tij

Matkap: Takımın en altında bulunan kendi ekseni etrafında dönerek kazı işlemini gerçekleştiren sondaj elemanına **matkap** denir (Görsel 1.16). Özel çelik alaşımlardan üretilen matkaplar, delme işlemini gerçekleştirir. En çok kullanılan türleri, üç konili ve kanatlı matkaplardır.

Görsel 1.16: Matkap

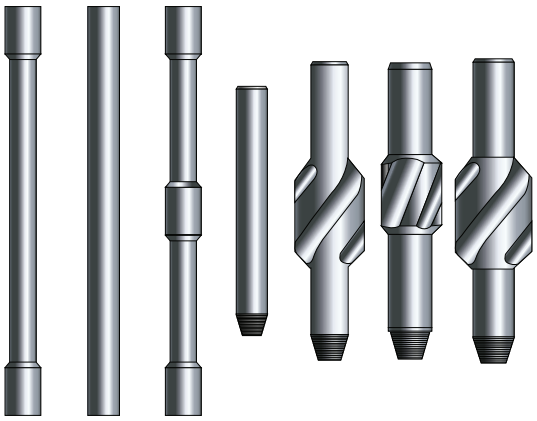
Kuyu Genişleticiler: Büyük sondaj kuyularının açılmasında kullanılan geniş gövdeli matkaplardır. Sondaj kuyusu standart matkaplar kullanılarak açıldıktan sonra genişletici ekipmanlar kullanılarak kuyunun çapı büyütülür.

Ağırlık Boruları: Ağırlık boruları, matkap üzerine baskı uygulamak, titreşimleri önlemek ve kuyunun sapmadan delinmesini sağlamak için kullanılır (Görsel 1.17). Bu borular alttan matkaba, üstten tijlere bağlıdır. Sondaj sırasında matkaba sadece ağırlık borusunun yükü verileceğinden tijlerin ağırlıklarının yükü askıya alınır. Döner kafalı sondaj makinelerinde matkap üzerine baskı yükü genellikle zincir veya halat sistemleri ile uygulanır.

Kuyu Saptırmazlar: Sondaj işlemi yapılırken kuyu içindeki sondaj dizisinin basınç ve ağırlık altında zarar görmesini engellemek için matkabın belirli bir yönde ilerlemesini sağlayan ekipmanlardır. Kuyu sapmaz ekipmanları delinen formasyonun sertlik derecesi ve kuyunun eğimine göre değişir.

Bağlantı Elemanları (Saplar): Takım parçalarını birbirine bağlayan ekipmanlara **sap** veya **bağlantı elemanı** denir (Görsel 1.18). Bağlantı elemanları dayanıklı özel çelikten imal edilir. Kullanılan bağlantı elemanları farklı çaplardaki malzemeleri birbirine eklemek için kullanılır.

Karotiyer: Yer altına yapılan sondaj çalışmalarında kesilen formasyondan örnek almak için kullanılan silindir şeklinde ekipmanlardır (Görsel 1.19, 1.20). Karotiyer başlık, silindirik gövde, kesilen örneği muhafaza eden tutucu, kuyunun taranmasını sağlayan protkron ve kayacı kesen matkaptan oluşur. Formasyonun sertliğine göre karotiyer için kullanılan matkap, vidye kron ve elmas uçlu olarak ikiye ayrılır. Çok sert formasyonlarda elmas uçlu matkap kullanılırken orta ve yumuşak formasyonlarda vidye kron matkaplar tercih edilir.



Görsel 1.17: Ağırlık boruları

Görsel 1.18: Bağlantı elemanlarından bazıları

Görsel 1.19: Karotiyer matkap ucu

Görsel 1.20: Karotiyer matkap

BİLGİ KÖŞESİ

Türkiye'de bilinen en eski sondaj çalışmaları, İskenderun'a bağlı Çengen Köyü'nde 1887 yılında petrol araştırması amacıyla yapılmıştır.

Ülkemizde ilk derin petrol kuyusu, 1934 yılında Midyat'ta 1351 metre derinlikte darbeli yöntemle Petrol Arama ve İşletme İdaresi adına yapılmıştır. 1935 yılında MTA ve EİE'nin kurulması ile sondajcılığın Türkiye'deki gelişimi hızlanmış ve bugünkü seviyeye ulaşmıştır.

1. ETKİNLİK

Sondaj makineleri ve ana bileşenleri hakkında araştırma yaparak bir sunum hazırlayınız. Hazırladığınız sunumu arkadaşlarınızla paylaşınız.

İşlem Basamakları

- Sunuda sondaj makineleri ve ana bileşnlerinin çalışma prensiplerine yer veriniz.
- Sondaj makineleri ve ana bileşenleri ile ilgili yazı, resim vb. en az dört farklı materyal kullanınız.
- Sondaj makinelerinin kullanımı sırasında İSG önlemlerine yer veriniz.
- Sununun değerlendirmesi aşağıdaki puanlama anahtarına göre yapılacaktır.

PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ	3 Puan	2 Puan	1 Puan
İçerik ve Bilgi Sağlama: Sunumda sondaj makinelerinin ana bileşenleri, çalışma prensibi ve kullanım amaçları hakkında doğru ve detaylı bilgiler sundu.			
Görsellerin Kullanımı: Sunumda kule döner masa topraklama sistemi boru sistemi çekiciler ve kancalar konularıyla ilgili farklı resimler, şekiller, fotoğraflar kullandı.			
İsg önlemleri: Sondaj makinelerinin kullanımı ve bakımı sırasında isg önlemleri, kişisel koruyucu ekipmanlar ile ilgili bilgi verdi.			
Dil ve İfade Kullanımı: Sunumu açık, anlaşılır ve dil bilgisi kurallarına uygun yaptı.			
Sunum Süresi: Sunumu, belirlenen süre aralığında tamamladı.			
Sorulara Cevap Verme ve İletişim: Sunum sırasında arkadaşlarından gelen sorulara etkili ve yetkin bir şekilde cevap verdi.			

BUNU BİLİYOR MUSUNUZ

Türkiye'nin İlk Yerli Sondaj Gemisi "Fatih"

Fatih sondaj gemisi, 2017 yılında Türkiye'nin sondaj gemileri arasına katılmıştır. Ultra derin deniz sondaj gemisi sınıfında yer almaktadır. Gemide bulunan iki sondaj kulesi, toplamda 1750 ton yük kaldırma kapasitesine sahiptir. Fatih sondaj gemisi, denizdeki derin bölgelerde etkili bir şekilde çalışabilme özelliğine sahiptir. Fatih sondaj gemisi, yaklaşık 12.000 metreye kadar sondaj yapabilir.

https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/turkiyenin-derin-deniz-sondaj-gemileri
Erişim tarihi ve saati: 21.01.2024-17.44

1.2. BİRİMLER VE STANDARTLAR

Sondaj işlemleri, dünya ve ülkemizde benzer özelliklere göre yapılmaktadır. Sondaj işleminde kullanılan ekipmanların standartları ve ölçü birimleri şunlardır:

1. DCDMA standardı [Diamond Core Drill Manufacturers Association (Daymınt Kor Diril Manifakçırs Asosiyeyşın)]
2. Craeliusmetrik (Kreliyismetrik) standardı
3. Comecon (Kamıkan) standardı

DCDMA Standardı Amerikan kökenli iken Craeliusmetrik Standardı (CMS) metrik sistemdir ve ölçü birimi mm'dir. Comecon Standardı ise Rusya'da geliştirilmiştir. Ölçü birimi mm ile ifade edilir. Ülkemizde genellikle Craeliusmetrik Standardı'na uygun malzemeler kullanılır. Elmaslı sondaj tekniğinde kullanılan tüm ekipmanlar özel olarak seçilmiş bazı harflerle tanımlanır. Bu tanımlamada, **Üç harfli** ve **İki harfli** olmak üzere iki farklı yöntem kullanılır.

Üç Harfli İsimlendirme: Birinci harf, ekipmanın kullanılacağı kuyunun standart çapını gösterir. DCDMA standartlarında küçükten büyüğe doğru E, A, B, N ve H olmak üzere beş standart kuyu çapı bulunur. İkinci harf, grup cinsini gösterir ve ekipmanın hangi cins ve serideki ekipmanlarla bir arada kullanılacağını ifade eder. Üçüncü harf, o ekipmanın dizaynını (tipini ve özelliklerini) ifade eder. Örneğin NWM karotiyer dendiği zaman birinci harf olan N, bu karotiyerin N çaplı kuyuda kullanılacağını, ikinci harf olan W, bu karotiyerin W serisi tijlerle kullanılacağını, üçüncü harf olan M ise bu karotiyerin M serisi, çift tüplü ve döner kafalı olduğunu ifade eder. Tüm standart karotiyerler ile bu karotiyerlere ait parçalar, elmas kronlar, portkronlar ve vidya kronlar, üç harfli sistemde adlandırılır.

İki Harfli İsimlendirme: Birinci harf üç harfli tanımlamada olduğu gibi ekipmanın kullanılacağı kuyu çapını gösterir. İkinci harf ise ekipmanın grup cinsini ve dizaynını ifade eder. Örneğin NW tij veya NX tij dendiği zaman birinci harf olan N, bu tijlerin N çaplı kuyuda kullanılacağını, ikinci harf olan W veya X, tijlerin hangi tip ekipmanlarla kullanılacağının yanı sıra tijlerin tip ve özelliklerini ifade eder.

Tablo 1.1: CMS Metrik Sistemi Tablosu

CMS		DCDMA	
Boru Çapı mm	**Kuyu Çapı** mm	**Kuyu Çapı** mm	**Boru Çapı** mm
			Z 220,2
		Z 200,0	U 193,7
		U 174,6	S 168,3
143	146	S 146,1	P 139,7
128	131		
113	116	P 120,6	H 114,3
98	101		
84	86	H 99,2	N 88,9
76	76	N 75,7	B 73,0
64	66	B 60,0	A 57,1
54	58	A 48,0	E 46,0
44	46	E 37,7	R 36,5
35	36	R 29,8	—

Tablo 1.2: Ölçü Birimleri ve Metrik Sistemdeki Karşılıkları

Sondajcılıkta Kullanılan Ölçü Birimleri ve Metrik Sistemdeki Karşılıkları	
İnç (parmak)	2,54 cm
Feet (ayak)	30,48 cm
Kara mili	1609,35 m
Galon	3,785 l
Libre (pound)	0,453 kl
1 Atm	1 kg / cm: 760 mm-Hg: 10,3 mss
0/0 50 eğim	45 derece
1 kw	1,341 BG
1 karat	0,2 g

Sondaj işlemleri, petrol ve doğal gaz endüstrisinde yaygın olarak kullanılan standart birimlerle yönetilir. Bu birimler, Amerikan Petrol Mühendisleri Enstitüsü (SPE), Uluslararası Birimler Sistemi (SI) ve benzeri organizasyonlar tarafından belirlenen uluslararası standartlara dayanır (Tablo 1.3).

Tablo 1.3: Sondaj İşlemlerinde Yaygın Olarak Kullanılan Bazı Birimler ve Standartlar

Sondaj İşlemlerinde Yaygın Olarak Kullanılan Bazı Birimler ve Standartlar		
Uzunluk	Metre (m)	Ayak (ft)
Çap	İnç (in)	Milimetre (mm)
Hız	Metre / saniye (m/s)	Ayak / dakika (ft/min)
Akış Hızı	Litre / dakika (L/min)	Galon / dakika (gpm)
Basınç	Pascal (Pa) Bars (1 bar ≈ 100,000 Pa)	Pound per square inch (psi)
Ağırlık ve Kuvvet	Newton (N)	Pound-force (lbf)
Yoğunluk	Kilogram / metreküp (kg/m^3)	Pound / $inch^3$ (lb/in^3)
Viskozite	Centipoise (cP)	Poise (P)
Sıcaklık	Celsius (°C)	Fahrenheit (°F)

Sondaj işlemlerinde kullanılan birim ve standartlar, işlemlerin güvenli ve etkili bir şekilde yürütülmesi için kritiktir. Bu standartlar, iletişim açısından da önemlidir. Çünkü farklı ekip ve profesyoneller arasında net ve anlaşılır bir iletişim sağlamaya yardımcı olur.

DİKKAT EDİYORUM

Sondaj sırasında sondaj ekipmanlarından kaynaklı bazı riskler meydana gelebilir. Örneğin kuledeki dizilmiş tij borularının düşmesi, halat kopması, kuleye iniş çıkış sırasında çalışanın ayağının kayması gibi durumlar yaşanabilir. Bu tehlikelerden korunmak için iş sağlığı ve güvenliği tedbirleri kapsamında çalışma prensiplerine uygun hareket etmek önemlidir. Bu kapsamda sondaj işleminde görev alan çalışanlar öncelikle kişisel koruyucu malzeme kullanmalıdır. Çalışanlara periyodik olarak sondajcılık ve iş güvenliği eğitimi verilmelidir. Kule balkon korkulukları kontrolleri ve sondaj makinelerinin bakım ve onarımı düzenli olarak yapılmalıdır.

2. ETKİNLİK

Sondajcılıkta kullanılan birimler ve standartlar ile ilgili bir sunum hazırlayınız.

İşlem Basamakları

- Sunu hazırlarken aşağıdaki açıklamaları dikkate alınız.
- Sunumda sondaj makinelerinin kullanım alanlarını detaylı bir şekilde tanıtınız.
- İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri kapsamında çalışma özellikleri ve calışma prensiplerine detaylı olarak değininiz.
- Sunuda sondajcılıkta kullanılan birim ve standartlar ile ilgili şekil, resim, video, fotoğraf gibi görsel materyaller kullanınız.
- Sunuda Türkçeyi doğru kullanınız.
- Sunu süresi 20 dakikadır.
- Sununun değerlendirmesi aşağıdaki puanlama anahtarına göre yapılacaktır.

PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ	3 Puan	2 Puan	1 Puan
Birimlerin Doğru Kullanımı: Sunumda sondajcılıkta yaygın olarak kullanılan birimler (metre, santimetre, milimetre, ton, kilogram vb.) ve bu birimlerin doğru şekilde kullanımı hakkında bilgi verdi.			
Standartların Açıklanması: Sunumda sondajcılık alanındaki standartlar (ISO 14688, ASTM D5873 gibi) ve bu standartların ne amaçla kullanıldığı ve nasıl uygulandığı hakkında açıklamalar yaptı.			
Uygulama Örnekleri: Sunumda farklı sondajcılık alanlarında (petrol, madencilik, inşaat vb.) birimlerin ve standartların nasıl kullanıldığına dair gerçek hayattan örnekler sundu.			
Görsel Materyallerin Etkili Kullanımı: Sunumda, birimlerin ve standartların anlaşılmasını desteklemek için uygun görsel materyaller (grafikler, tablolar, şemalar) kullandı.			
Dil ve İfade Kullanımı: Sunumu açık, anlaşılır ve dil bilgisi kurallarına uygun yaptı.			
İletişim ve Katılımcı Etkileşimi: Sunum sırasında arkadaşlarından gelen sorulara etkili ve yetkin bir şekilde cevap verdi.			

1.3. TAKIM DİZİLERİ, MATKAPLAR, MUHAFAZA BORULARI

Kazı işlemini kendi ekseni etrafında dönerek gerçekleştiren sondaj elemanı matkaplar, petrol, doğal gaz, jeotermal sondaj işlemlerinde kullanılır. Çalışma sistemi, roller cone , PDC ve hibrit matkaplar olarak genelde üçe ayrılır.

1.3.1. Roller Cone Matkaplar

En yaygın kullanılan matkap tipidir. Diğer adı **tricone (trikon)** matkaptır. Hareketli parçalardan oluşur. Matkap gövdesine yerleştirilmiş üç adet dizi ile beraber dönen ve üzerinde kesici dişleri taşıyan konik yapılı elemandan oluşur (Görsel 1.21). Kendi içinde matkap dişlerinin üretim biçimine göre sınıflandırılır. **Standart ve insert matkap** olarak adlandırılır.

Görsel 1.21: Roller cone matkap

Standart Matkaplar: Bu matkapların kesici dişleri, konik yapının gövdesinin bir parçası olarak üretilir. Büyük dişlere sahip matkaplardır (Görsel 1.22). Yumuşak yapılı malzemeler için tercih edilir.

Görsel 1.22: Standart matkap

İnsert Matkaplar: Bu matkapların kesici dişleri konik yapının gövdesinden bağımsız üretilir. Dişleri daha küçük ve dayanıklıdır. Sert yapılı malzemeler için tercih edilir.

1.3.2. PDC Matkaplar

PDC İngilizce Polycrystalline Diamond Compactin [Polikıristal Daymınd Kompakt (Çok Kristalli Elmas Kompakt)] kısaltmasıdır. Adından da anlaşılacağı üzere içeriğinde yapay veya doğal elmas bulunur (Görsel 1.23). Roller cone matkapların aksine herhangi bir hareketli parçadan oluşmaz. Kompakt malzemedir. Son derece sert ve dayanıklı bir yapıdadır. Formasyonu kazıma yoluyla çalışır.

Görsel 1.23: PDC matkap

1.3.3. Hibrit Matkaplar

Roller cone ve PDC matkap özelliklerini bir arada barındıran matkaplardır (Görsel 1.24). İki matkap türünün kesici elemanları bu matkapların gövdesinde yer alır. Petrol ve doğal gaz sektöründe kullanımı yaygınlaşmıştır.

Görsel 1.24: Hibrit matkap

Sondaj işlemi sırasında kullanılan araçlardan biri de sondaj muhafaza borularıdır.

1.3.4. Muhafaza (Casing) Borusu ve Özellikleri

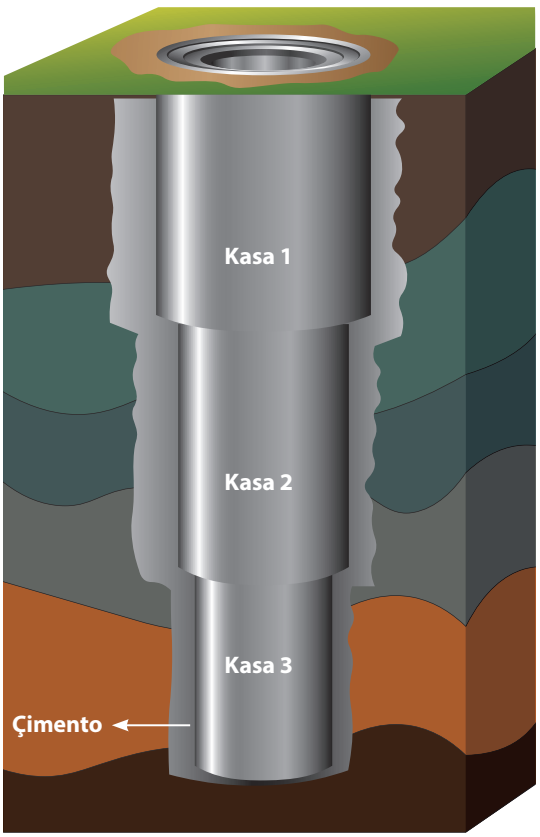
Sondaj sırasında ve sondajın bitiminde kuyuya çelik borulardan oluşan birtakım diziler indirilir. Bunlara **muhafaza boruları** denir (Görsel 1.25 ve 1.26). Muhafaza boruları bir sondaj kuyusunun aynı basınç miktarı ile kazılması mümkün olmayan bölümlerinin birbirinden ayrılması için kullanılan bir aparattır. Bariyer işlevi görür. Muhafaza boruları özel çelikten imal edilen iki tarafı dişli olan borudur. Muhafaza boruları ve matkaplar birbirinin içinde çalışacak şekilde kuyuya indirilir. Muhafaza boruları, genel olarak alüvyon, kil, şist ve konglomera gibi malzemelerden oluşan kuyularda kullanılır. Muhafaza boruları yüzeye kadar veya doğrusal (lineer) olmak üzere iki şekilde kullanılır. Bu borular, içinden sondaj gerecinin geçebileceği genişlikte seçilir. Muhafaza boruları; çapları, et kalınlıkları, çelik malzemenin mukavemeti ve diş tipine göre sınıflandırılır. Bunların belirlenmesinde sondaj kuyusunun derinliği ve kuyunun malzeme yapısı belirleyici rol oynar.

Muhafaza Borularının Kullanım Amaçları ve Standartları: Muhafaza boruları, sondaj yapılan kuyunun göçmesini önlemek, basınç kontrolü yapmak, yer altı suyunun kirlenmesini önlemek, sondaj dizilerinin kuyuya kolay indirilip çıkartılmasını sağlamak gibi amaçlar için kullanılır.

Muhafaza borularının çapları API [Amerikan Petrolyum İnstütü (American Petroleum Institute)] standardına göre belirlenir. Çap ölçüleri 4 ½" (114,3 mm) ile 20" (508 mm) arasında değişir. Muhafaza borularında genelde üç değişik tipte diş kullanılır. Bu dişler STC (Kısa Diş Casing), LTC (Uzun Diş Casing) ve BTC (Buttress Diş Casing) olarak bilinir.

Muhafaza boruları iki yönteme göre yapılandırılır ve kuyuya indirilir. Bu yöntemler **yukarıdan aşağıya** ve **aşağıdan yukarıya dizayn** olarak adlandırılır.

Görsel 1.25: Muhafaza boruları



Görsel 1.26: Muhafaza boruları

3. ETKİNLİK

Aşağıdaki işlem adımlarına göre iş sağlığı ve güvenliği konularını vurgulayarak sondaj takım dizileri, matkapları ve muhafaza borularının nasıl kullanılacağını açıklayınız.

Kullanılacak Malzemeler

- Sondaj takım dizisi örneği, farklı tiplerde matkaplar ve muhafaza boruları örnekleri
- İş güvenliği ekipmanları (kulaklık, gözlük, eldiven, vb.) ve İSG kurallarını içeren afişler veya broşürler
- İş güvenliği simülasyonu için uygun alan veya masa

İşlem Basamakları

- **Teorik Bilgi Sunumu:** İş sağlığı ve güvenliği kavramları ile sondaj takım dizileri, matkaplar ve muhafaza borularının ne olduğu hakkında kısa bir teorik bilgi sunumu yapınız. Bu sırada iş sağlığı ve güvenliği tedbirleri hakkında bilgi veriniz.
- **Örneklerin İncelemesi:** Öğrencilere farklı tiplerdeki sondaj takım dizileri, matkaplar ve muhafaza boruları örnekleri sununuz. Her bir örnek incelenirken hangi iş güvenliği ekipmanlarının kullanılması gerektiği ve hangi önlemlerin alınması gerektiğini tartışınız.
- **İş Güvenliği Ekipmanlarının Denenmesi:** Öğrencilere iş güvenliği ekipmanları dağıtınız. Kulaklık, gözlük ve eldiven gibi ekipmanları deneyimleyiniz ve nasıl doğru kullanılacağını gösteriniz.
- **Uygulama:** Öğrencilere iş güvenliği önlemlerini alarak bir pratik uygulama yapma fırsatı veriniz. Örneğin bir sondaj takım dizisinin doğru şekilde monte edilmesini veya matkap kullanırken nelere dikkat edilmesi gerektiğini uygulamalı olarak gösteriniz.
- **Grup Tartışması:** Öğrencileri etkinlik sonrasında bir araya getirerek deneyimlerini paylaşmalarını sağlayınız. Güvenlik önlemlerinin önemi konusunda tartışmalarını sağlayınız.
- **İş Sağlığı ve Güvenliği:** İSG konusundaki temel kuralları içeren afiş hazırlayınız.

PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ	3 Puan	2 Puan	1 Puan
İş sağlığı ve güvenliği kavramlarını doğru bir şekilde açıkladı.			
İş güvenliği ekipmanlarının hangi durumlarda kullanılacağını açıkladı.			
Temel iş sağlığı ve güvenliği kurallarını uyguladı.			
Takım dizileri, matkaplar ve muhafaza borularını doğru bir şekilde tanımladı.			
Verilen iş güvenliği ekipmanlarını doğru bir şekilde kullandı.			
Verilen materyal ve İSG ekipmanlarını kullanarak uygulamayı gerçekleştirdi.			
Öğrenciler grup tartışmalarında etkili iletişim becerileri sergiledi.			
Öğrenciler etkinliğe aktif bir şekilde katıldı.			

1.4. TEMEL SONDAJ PARAMETRELERİ

Sondaj işlemi temelde yeryüzünden derinliklere doğru kayaların delinmesiyle yapılır. Bu kayaların farkı dirençte olmaları, sondaj makineleri ve kullanılan ekipmanların performansını etkiler. Delme çalışmalarına birçok faktör etki edebilir ancak delmeyi etkileyen en önemli faktörler, jeolojik özellikler ve formasyonun mekanik özellikleridir. Bu durum sondajda delme işlemini etkileyen parametrelerdendir. Bu parametreler şu şekilde sıralanır:

- Uygun ekipman seçilmesi
- Zemin ve formasyon koşulları
- Matkap çeşidi
- Başlangıç noktasının belirlenmesi
- Matkap devir hızı
- Delme rotası
- Sondaj sıvısı
- Matkap üzerine verilen ağırlık

1.4.1. Delme Hızı

Sondaj işleminde kullanılan matkabın kesilen formasyon içinde ilerlemesi delme hızı olarak ifade edilir ve metre / saat birimiyle gösterilir. Matkap türü, kesilen kayaçların kırıntıları, kullanılan su veya havanın basınç düzeyi, baskı, dönüş hızı delme hızını belirleyen faktörlerdir.

Delme işleminin etkili bir şekilde yapılması için delme hızının yüksek olması gerekir. Kayacın delinebilirliğinin göstergesi matkabın delici ucunun kayaç içinde belirli bir zamanda kolayca ilerlemesidir. Genellikle metre / dakika olarak tanımlanır. Bu durum kayaç kütlesinde delik açma kolaylığı olarak ifade edilebilir.

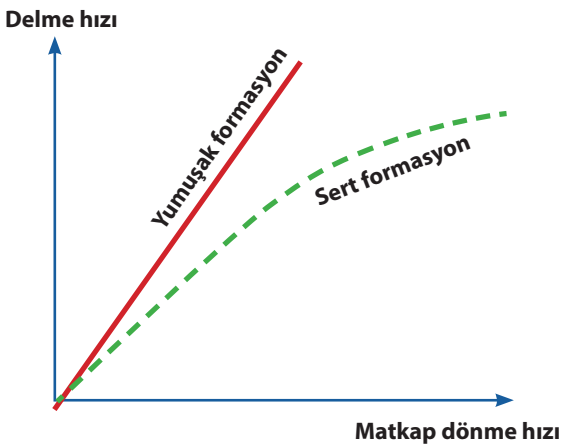
Günümüzde genel olarak döner ve darbeli delme işlemi olmak üzere iki farklı delme yöntemi kullanılır. Dolayısıyla bu yöntemler arasından seçilecek delme sistemine göre tasarımlar yapılır.

Delinebilirliğe; makine ve ekipmana bağlı (delme makinesinin tipi, dönme hızı, baskı kuvveti, matkap tipi vb.), delme işlemine bağlı (delme metotları, makinenin çalışma ve bakımı, makine operatörünün deneyimi, vb.) ve jeolojik olmak üzere birçok parametre etki eder. Makine, ekipman ve delme işlemine bağlı parametreler genelde kontrol altına alınabilir fakat kayaç kütlesine bağlı, delici ekipmanlara bağlı parametreler ve işletme parametreleri delme performansını ve matkap aşınmasını etkiler.

Yumuşak formasyonlarda matkabın dönme hızı artırılabilir. Delinme sırasında ortaya çıkan formasyon atıkları temizlenirse delme hızındaki artış ile dönme hızındaki değişim orantılı olur. Sert formasyonlarda matkabın dönme hızındaki artış daha zordur. Sert kayaçların yapıları matkap ve diğer ekipmanların performansını olumsuz etkiler.

Matkap dönme hızı ile delme hızı arasındaki ilişki formasyon sertleştikçe yavaşlar (Grafik 1.1).

Sondajda ilerleme hızına etki eden değiştirilebilen faktörlerin en önemlileri, matkap türü ve tasarım özellikleri, uygulanan baskı miktarı ve matkap dönüş hızıdır.



Grafik 1.1: Delinen formasyon sertleştikçe delme hızının yavaşlaması

Elmas Matkaplar: Elmas matkaplar taneli ve emprenye olmak üzere ikiye ayrılır. Taneli matkaplar, matriks üzerine elmas tanelerinin yerleştirilmeleri ile üretilir ve ortalama SPC'si (karattaki taş sayısı) 100'den azdır. Emprenye matkaplar ise toz hâlindeki elmaslar ile matriks tozları karıştırılarak üretilir ve ortalama karattaki taş sayısı 100'den fazladır. Derinliği 500 metreden fazla olan kuyularda yüksek kalitede elmas taşların kullanılması gerekir. Matkap devri ve baskısının oluşturduğu kesme hareketi ile ilerleme sağlanır.

Matkap Baskısı: Matkap üzerindeki ağırlık matkap basıncı olarak da bilinir. Sondaj yapılan matkap üzerine verilen ağırlık miktarının belirlenmesi birkaç faktöre bağlıdır. Bunlar kaya tipi, zemin koşulları gibi değişkenler, kullanılan sondaj sıvısının akış hızı, sondaj kuyusunun derinliği, sondaj takım dizisinin uzunluğu şeklinde ifade edilir. Çok yüksek olan matkap basıncı erken aşınmaya neden olabilir. Matkap üzerine verilen ağırlık çok fazla ise sondaj kuyu sapması olasılığı da daha yüksek olur. Matkap üzerine verilen ağırlık düşük olursa üretkenlikte azalmaya yol açar. Matkap baskısı aşağıdaki eşitliğe göre belirlenir.

B = 2/3 x c x spc rt x K

Baskı (kg)

Karat ağırlığı (1 karat * 0,203 g)

Karattaki ortalama taş sayısı

Elmas taşın dayanımı (kg / taş)

Yeni kullanılan elmas matkaplarda ilerleme hızı yüksektir ancak matkap kullanıldıkça elmas tanesinin yüzeyi aşınarak kaya ile teması, ilerleme hızını ve performansını düşürür. Bu sebepten matkabın kullanımı arttıkça baskı miktarı artırılmalıdır.

BİLGİ KÖŞESİ

Farklı matkap ve kayaçlar için **a** ve **s** teorik olarak sabittir.

1.4.2. Matkap Devir Sayısı

Devir hızı, takım dizisinin sondaj kuyusu içinde saniyede kaç kez döndüğünü tanımlar ve **devir / dakika** birimi ile gösterilir. Sondaj kuyusunun genişliği ve matkap çapı, devir hızının belirlenmesinde dikkate alınır. Çok yüksek bir dönüş hızı matkabın çabuk aşınmasına neden olabilir. Elmaslı sondajlarda döner (rotari) sondajlara göre yüksek devir uygulanır. Matkabın ilerleyerek kayacın kesilmesi bu dönme olayı sonucunda gerçekleşir.

Elmaslı sondajlarda, elmas başına bir dönüşteki kesme derinliği olarak tanımlanır. Aşağıdaki eşitlik, ilerleme hızı, kesici taş sayısı, birim kesme derinliği ve dönme hızı arasındaki ilişkiyi gösterir.

V = C x a x s x n

Burada

V: İlerleme hızı, (m/sn)

C: Değişim faktörü, (6x1O"2)

A: Çap üzerindeki ortalama kesici taş adeti

S: Spesifik kesme derinliği (mm)

N: Matkap devri (dakika"1)

1.4.3. Baskı

Baskı, sondaj sırasında delme işlemi yapılırken matkabı etkileyen kuvvettir. Matkaba uygulanan baskı, sondajda ilerleme hızını etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Matkaba uygulanan baskı düzeyinin sabit tutulması sondajın ilerlemesini olumlu etkiler. Delinen formasyonun sertlik derecesi matkaba uygulanan baskı düzeyini belirler. Kaya kütlesi içinde ilerleyen matkabın baskı göstergesi sıfıra kadar düşebilmektedir.

1.4.4. Sondaj Sıvısı Basıncı

Sondajda delme işlemini belirleyen parametrelerden biri de sondaj işleminde kullanılan sondaj sıvısıdır (çamur). Sondaj sıvısı sondaj pompası yardımıyla delinen formasyon içine gönderilir. Delinen formasyonun özelliği sondaj sıvısının pompa üzerindeki basıncını etkiler (Görsel 1.27). Örneğin killi formasyonlarda geçirgenlik düşük olduğundan sondaj sıvısında kaçak daha az olur. Bu durumda pompa basınç göstergesinde artış görülür. Kumlu çakıllı formasyonlarda ise geçirgenlik daha fazla olduğundan çatlak kaya kütlelerinde pompa basınç göstergesinde azalma görülür. Sondaj sıvısı basıncı, yüksek geçirgenliğe sahip formasyon ve çatlakların belirlenmesine yardımcı olabilir.

1.4.5. Titreşim

Delme işlemi sırasında özellikle darbeli sondaj makinelerinden kaynaklanan titreşim, sondajda ilerlemeyi etkileyen parametrelerdendir. Delinen kayanın sertlik derecesi darbe miktarından kaynaklanan titreşim miktarını artırır (Görsel 1.28). Yumuşak ve killi kayaçlarda ise titreşim değeri düşer. Bu durum titreşim özelliğinden yararlanılarak delinen formasyonlarda içi boş ve dolu çatlakların ayırt edilebilmesini sağlar.

Görsel 1.27: Sondaj sıvı basıncıyla dışarı atılan çamurlu su

Görsel 1.28: Sert yüzeylerde basınç ve titreşimin yüksek olması

4. ETKİNLİK

Döner ve darbeli delme işlemlerinde kullanılan sondaj ekipmanları ve temel sondaj parametreleri ile ilgili araştırma yaparak bir sunum hazırlayınız. Hazırladığınız sunumu sınıfınızda paylaşınız.

İşlem Basamakları

- Sunuda döner ve darbeli sondaj ile ilgli yazı, resim, video, şekil, fotoğraf vb. en az dört farklı materyal kullanınız.
- Temel sondaj parametrelerine yer veriniz
- Döner ve darbeli sondaj ekipmalnarının kullanımında İSG önlemlerine değininiz.
- Sununun değerlendirmesi aşağıdaki puanlama anahtarına göre yapılacaktır.

PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ	3 Puan	2 Puan	1 Puan
Ekipmanların Tanıtımı ve Fonksiyonları: Sunumda döner ve darbeli delme işlemlerinde kullanılan temel sondaj ekipmanlarını (matkap uçları, borular, korozyon önleyiciler vb.) tanıttı. Bu ekipmanların nasıl çalıştığı ve hangi amaçla kullanıldığını anlattı.			
Sondaj Parametrelerinin Açıklanması: Sunumda döner ve darbeli delme işlemlerinde dikkate alınması gereken temel sondaj parametrelerini (devir hızı, ilerleme hızı, basınc vb.) açıkladı. Bu parametrelerin işlem verimliliğine ve güvenliğine etkisine değindi.			
Uygulama Örnekleri ve Görseller: Sunumda gerçek yaşam örnekleri ve görseller (videolar, resimler, şemalar) kullanarak döner ve darbeli delme işlemlerinin ekipmanları ve parametrelerini destekleyen örnekler sundu.			
Teknoloji ve Trendlerin Açıklanması: Sunumda döner ve darbeli delme işlemlerinde kullanılan ekipmanlar ve parametrelerle ilgili güncel teknolojik gelişmeler veya sektör trendleri hakkında bilgi verdi.			
Dil ve İfade Kullanımı: Sunumu açık, anlaşılır ve dil bilgisi kurallarına uygun yaptı.			
İletişim ve Katılımcı Etkileşimi: Sunum sırasında arkadaşlarından gelen sorulara etkili ve yetkin bir şekilde cevap verdi.			

DİKKAT EDİYORUM

Sondaj ekipmanları genellikle açık hava şartlarında kullanılır. Hava şartlarından kaynaklı riskler sondaj ekipmanlarının arızalanması ve iş kazalarına sebep olabilir. Bu risklerin önüne geçilmesi için gerekli önlemler alınmalıdır. Sondaj ekipmanlardan kaynaklı iş kazalarının önlenmesi için Ekipmanların Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği hükümleri dikkate alınmalıdır. Makineleri ve ekipmanları farklı ortamlarda kullanmaya uygun özellikte olmalı ve bakım ve onarımı periyodik olarak yapılmalıdır. Sondaj ekipmanlarından sorumlu çalışanlar iş güvenliği konusunda sık sık bilgilendirilmelidir.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerin başındaki kutucuklara verilen bilgiler doğruysa D, yanlışsa Y yazınız.

☐ **1.** Sondaj kuyusunun genişliği devir hızının belirlenmesinde dikkate alınır.

☐ **2.** Matkap çapı sadece devir hızının belirlenmesinde dikkate alınır.

☐ **3.** Matkap üzerine verilen ağırlık miktarının belirlenmesinde kayaç tipi etkilidir.

☐ **4.** Matkap üzerine verilen ağırlık düşük olursa üretkenlikte azalmaya yol açar.

B) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerleri uygun ifadelerle tamamlayınız.

5. Kendi ekseni etrafında dönerek kazı işlemini gerçekleştiren sondaj elemanına ..... denir.

6. Muhafaza boruları ..... ve ..... yöntemleri olmak üzere iki şekilde yapılandırılır.

7. Muhafaza borularının çapları ..... standardına göre belirlenir.

8. Sondaj sırasında ve sondajın bitiminde kuyuya çelik borulardan oluşan birtakım dizilerin indirilmesine ..... denir.

9. Roller cone ve PDC matkap özelliklerini bir arada barındıran matkaplara ..... denir.

10. Sondaj işlemi sırasında sondaj kuyusu, sondaj ekipmanları ve sondajın tüm sürecini takip eden kişiye ..... denir.

C) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

11. Kellynin döndürme hareketini matkaba ileten takım elemanı aşağıdakilerden hangisidir?

A) Döner masa B) Karotiyer C) Matkap

D) Taç makara E) Tij

12. API (American Petroleum Institute) Standardı'na göre muhafaza borularının çaplarının mm cinsinden aralığı aşağıdakilerden hangisidir?

A) 114,3 mm ile 508 mm

B) 171,6 mm ile 840 mm

C) 183,4 mm ile 470 mm

D) 220,5 mm ile 640 mm

E) 540,2 mm ile 1040 mm

13. Aşağıdakilerden hangisi sondajda en uygun performansın elde edilmesi için dikkat edilmesi gereken unsurlardan biri değildir?

A) Uygun ekipman seçilmesi

B) Zemin ve formasyon koşulları

C) Başlangıç noktasının belirlenmesi

D) Yeterli sayıda personel bulunması

E) Matkap devir hızı

14. I. Et kalınlıkları

II. Çelik malzemenin mukavemeti

III. Diş tipi

IV. Formasyon yapısı

Yukarıdaki ögelerden hangileri muhafaza borularının çaplarının sınıflandırılmasında kullanılır?

A) I-IV B) II-III C) III-IV

D) I-II-III E) I-II-IV

15. Sondaj yapılan matkap üzerine verilen ağırlık miktarının belirlenmesi birkaç faktöre bağlıdır. **Aşağıdakilerden hangisi bunlardan biri değildir?**

A) Kayaç tipi B) Sondaj sıvısı C) Sondaj takım dizisi

D) Sondaj kuyusu E) Matkap türü

16. Aşağıdakilerden hangisi bir sondaj makinesinin ana bölümlerinden değildir?

A) Çamur pompası B) Kamyon C) Kule

D) Tahrik sistemi E) Tij takımı

17. Aşağıdakilerden hangisi sondajda delme işlemini etkileyen parametrelerden biri değildir?

A) Sondaj kulesinin yüksekliği

B) Zemin ve formasyon koşulları

C) Matkap devir hızı

D) Sondaj sıvısı

E) Uygun ekipman seçilmesi

Ç) Aşağıdaki soruların cevaplarını verilen noktalı alanlara yazınız.

18. Tij takımı elemanlarının özelliklerini karşılaştırınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

19. Sondaj ekipmanlarının sondajın başarısına etkisini değerlendiriniz.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ÖĞRENME BİRİMİ

SONDAJ ÇAMURU VE POMPALARI

KONULAR

- 2.1. SONDAJ ÇAMURU VE TİPLERİ
- 2.2. TEMEL BASINÇ / DEBİ HESAPLAMALARI
- 2.3. SONDAJ POMPALARI VE ÇEŞİTLERİ
- 2.4. SONDAJ HİDROLİK HESAPLAMALARI

TEMEL KAVRAMLAR

Sondaj çamuru, basınç, debi, sondaj pompası, hidrolik hesaplama

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Sondaj çamuru ve tipleri
- Temel basınç ve debi hesaplamaları
- Sondaj pompa ve çeşitleri
- Temel sondaj hidrolik hesaplamaları

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

"Sondaj çamuru" denince aklınıza neler geliyor? Arkadaşlarınızla paylaşınız.

2.1. SONDAJ ÇAMURU VE TİPLERİ

Sondaj çamuru, **sondaj sıvısı** olarak da adlandırılır. Sondaj çamuru, sondaj sürecinde sondaj işleminin sağlıklı biçimde ilerlemesi, ekipmanların korunup kullanılması ve sondaj kuyusunun temizlenmesi için kullanılan akışkandır.

Sondajda delme işlemini kolaylaştırmak için özellikle döner sondaj yöntemi uygulanırken sondaj çamuru kullanılır (Görsel 2.1). Sondaj araçlarının soğutulması, yağlanması ve delme işlemi sonucunda çıkan kalıntıların yeryüzüne taşınması amacıyla sondaj sıvılarından yararlanılır. Sondaj çamuru, sondaj kuyusunda hava dolaşımının (sirkülasyonunun) oluşmasına yardımcı olur.

Görsel 2.1: Sondaj çamuru

BUNU BİLİYOR MUSUNUZ?

Yapılan çalışmalar sonrasında eski Çin ve Mısır'da basit döner (rotari) sondajlarda sondaj akışkanı olarak su kullanıldığı belgelenmiştir.

2.1.1. Sondaj Çamurunun Özellikleri

Sondaj çamurunun temel işlevleri arasında kuyu tabanını temizlemek, kuyu tabanında aşınmaya karşı koruma sağlamak, üretim yapılacak alanın kirlenmesini önlemek yer alır. Sondaj çamurunun diğer özellikleri şu şekilde sıralanır:

Zemin Basıncını Kontrol Etme

Sondaj çamuru delme sırasında formasyondan kaynaklanan basıncın dengelenmesini sağlar. Çamur ağırlığından kaynaklanan hidrostatik basınç zemin basıncını dengeler. Zemindeki akışkanların kuyu içine akması ve kuyu içinde oluşabilecek basınç sorunlarının önlenmesine yardımcı olur. Özellikle sert zeminlerde basınçların kontrol edilmesinde sondaj çamurundan yararlanılır (Görsel 2.2).

Kuyu Tabanındaki Zemin Kalıntılarını Yüzeye Çıkarma

Sondaj çamuru, sondaj işlemi sırasında oluşan kesintileri matkap ve kuyu tabanından uzaklaştırır. Kuyu döküntülerini kuyu içinden çıkararak kuyu temizliğini sağlar (Görsel 2.3). Ayrıca matkabın zemini kesmesi ile oluşan kırıntıları yüzeye taşıyarak kuyu dibinin sürekli temiz tutulmasına yardımcı olur. Bu sayede matkabın kuyu içinde daha rahat hareket etmesini sağlar. Kuyu dibinin temiz tutulması sondaj işleminin daha hızlı ilerlemesi için oldukça önemlidir.

Matkap ve Sondaj Dizisini Soğutma ve Yağlama

Sondaj işlemi sırasında matkap ve sondaj dizisi delinen zemine temas eder. Bu temas nedeniyle zemin ile sondaj ekipmanları arasında sürtünme meydana gelir. Sondaj çamuru ortaya çıkan sürtünmenin etkisini azaltarak sondaj işlemin etkisini artırır.

Sondaj çamuru, delme işlemi sırasında ısınan matkap, sondaj dizisi ve boruların soğutulması ve yağlanmasını sağlar.

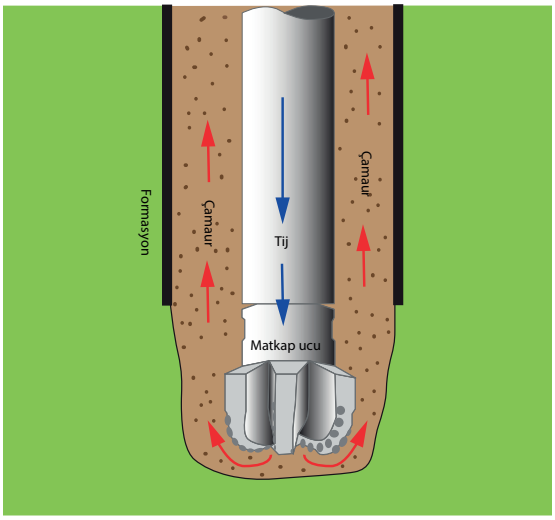
Delme İşlemi Durduğu Durumlarda Kırıntıları Askıda Tutma

Sondaj işleminin bazı durumlarda durdurulması gerekebilir. Delme işlemi durdurulduğunda zemin kırıntılarının kuyu dibinde birikmesini önlemek için sondaj çamurundan yararlanılır. Sondaj çamuru, zemin kırıntılarını askıda tutarak kalıntıların kuyu dibinde birikmesini engeller ve sondaj işleminin daha etkili yapılmasını sağlar (Görsel 2.4).

Hidrolik Gücü Matkaba Taşıma

Kule ekipmanları tarafından yüzeyde oluşturulan hidrolik güç, matkaba sondaj çamuru vasıtasıyla taşınır. Bu sayede sondaj çamuru, matkap hidroliğinin etkinleştirilmesini sağlar.

Görsel 2.2: Sondaj sırasında basınç oluşması



Görsel 2.3: Sondaj çamurunun takım dizisini soğutması ve kalıntıları yüzeye çıkarması

Görsel 2.4: Sondaj çamurunun sondajın durduğu durumlarda kırıntıları askıda tutması

Sondaj Dizisinin Ağırlığının Taşınmasına Yardımcı Olma

Sondaj çamuru, kazılan zemine ait numune taşınmasını etkili hâle getirir. Dizi ağırlığını kaldırma kuvveti oranında taşır.

Geçirgen Formasyonlarda Sıvı Kaybını Azaltma

Sondaj çamuru, geçirgen ve çatlaklı yapıdaki formasyonların kapatılmasını sağlayarak sıvı kaybının azalmasını sağlar (Görsel 2.5).

Görsel 2.5: Çamurun geçirgen formasyonlarda daha az sıvı kaybı sağlaması

2.1.2. Sondaj Çamuru (Sıvıları)Türleri

Sondaj çamuru iç ve dış faz olarak iki kısma ayrılır. Sondaj çamurunun dış fazı tatlı, tuzlu su ve organik sıvılardan oluşur. Sondaj çamurunun iç fazı ise katı maddelerden oluşur. Katı maddeler, sondaj çamurunu ağırlaştırdığı için basınçlı formasyonlardaki kuyularda fışkırma ve göçükleri önlemek için kullanılır. Sondaj sıvıları, bentonitli çamur ve barit ilave edilerek ağırlaştırılır. Ayrıca çamurun istenen yoğunlukta olması için farklı oranlarda katı maddeler de eklenebilir. Barit, hematit, kalsiyum karbonat, siderit gibi maddeler sondaj çamurunun viskozitesi için kullanılan maddelerdir. Kullanılan bu katkı maddeleri delinen formasyonun türüne ve yapısal özelliklerine bağlı olarak değişebilir.

Sondaj çamurları, dış fazın kimyasal özelliklerine ve tiplerine göre üç ana başlık altında incelenir. Bunlar; su, organik ve hava bazlı sondaj çamurlarıdır (Tablo 2.1, 2.2 ve 2.3). Sondaj çamuru türlerinin sınıflandırması aşağıdaki gibidir.

Tablo 2.1: Su Bazlı Çamurlar

Kireç çamuru
Jips çamuru
Doymuş tuzlu su çamuru
Deniz suyu çamuru
Potasyum / polimer (phpa) çamuru
Glikol çamuru
Katı maddesiz / düşük katı maddeli tuz çözeltileri
Katyonik polimer çamuru
Metal hidroksit çamuru
Silikat çamurları

Tablo 2.2: Organik Bazlı Çamurlar

Petrol çamuru
Sentetik çamur
Birinci kuşak sentetik çamurlar
Ester bazlı çamur ve PAO bazlı çamur
Ether bazlı çamur ve asetal bazlı çamur
İkinci kuşak sentetik çamurlar
Lab bazlı çamur ve LAO bazlı çamur
IO bazlı çamur ve LP bazlı çamur

Tablo 2.3: Hava Bazlı Çamurlar

Hava
Gaz
Köpük
Mist

2.1.2.1. Su Bazlı Sondaj Çamurları

Su bazlı sondaj çamurları, en eski ve ekonomik sondaj sıvılarındandır. Bu tip çamurlar, su (tatlı, tuzlu), kil (genellikle bentonit) ve diğer kimyasallardan oluşur. Su bazlı sondaj çamuruna eklenecek diğer kimyasalların miktarı ve özellikleri formasyonun durumuna göre değişkenlik gösterir. Kilin üstlendiği temel görev, sondaj çamuru içinde taşınan kesintileri askıda tutmak ve formasyon üzerinde geçirimsiz bir tabaka oluşturarak sıvı kaybını azaltmaktır (Görsel 2.6). Su bazlı sondaj çamuru, çevreye zararsız ve daha düşük maliyetli olması nedeniyle tercih edilir.

Su bazlı sondaj çamurları, kendi içinde inhibitiv ve inhibitiv olmayan sondaj çamurları olmak üzere ikiye ayrılır. İnhibitiv çamurlar tuz, jips-anhidrit ve şeyl gibi çamurla fiziksel ya da kimyasal tepkimeye girerek sondaj kuyusunda sorun oluşturabilecek formasyonların delinmesi için kullanılır. Bu tip çamurlar yatay kuyu sondajlarında tercih edilir. İnhibitiv olmayan sondaj çamurları ise kimyasal olarak aktif olmayan formasyonların delinmesinde kullanılır.

Görsel 2.6: Killi çamur

2.1.2.2. Organik Bazlı Sondaj Çamurları

Bu çamurlar petrol bazlı ve sentetik çamurlar olmak üzere ikiye ayrılır. Petrol bazlı çamurun dış fazını mineral yağı, mazot veya ham petrol oluşturur. İç fazını ise kalsiyum klorür veya sodyum klorür ile kontrol edilmiş sudan oluşan bir petrol içinde bulunan su emülsiyonu oluşturur (Görsel 2.7). Bu sondaj çamurunun en önemli özelliği yüksek sıcaklık ve basınç şartlarında iyi sonuç vermesidir. Petrol bazlı sondaj çamuru diğer sondaj çamurlarına göre inhibitiv özelliği en güçlü olan çamurdur. Bu sondaj çamuru çevre üzerinde olumsuz etkiye sahiptir. Bu etkiyi azaltmak için uygulanan süreçlerin pahalı olması bu çamurların yaygın olarak kullanımını azaltmıştır.

Görsel 2.7: Petrol bazlı çamur havuzu

2.1.2.3. Hava Bazlı Sondaj Çamurları

Hava bazlı sondaj çamuru genellikle büyük oranda gaz ya da havadan oluşur. Bazı durumlarda ise sondaj sıvısının dış fazı su, iç fazı ise hava olan köpük ve hava karıştırılmış çamur tipi olarak kullanılır (Görsel 2.8). Bu tip sondaj çamurları düşük basınçlı formasyonların kolay ve hızlı bir şekilde delinmesini sağlar.

Görsel 2.8: Hava bazlı çamur

2.1.3. Sondaj Çamurunun Hazırlanmasında Kullanılan Katkı Maddeleri

Bentonit: Kil minerallerinden oluşan çamurun temel katkı maddesini oluşturur. Çamurun akışkanlığını artırmak ve sıvı kaybını azaltmak için kullanılır (Görsel 2.9).

Ağırlaştırıcı Katkı Malzemeleri: Sondaj çamurunu ağırlaştırmak için kullanılan katkı maddeleridir. Barit, hematit, kalsiyum karbonat gibi malzemeler sondaj çamurunun ağırlaştırılmasında kullanılır (Görsel 2.10).

Görsel 2.10: Barit, hematit, kalsiyum karbonat

Tuzlar: Sondaj çamurunu ağırlaştırmak için sodyum klorür (NaCl), potasyum klorür (KCl) ve kalsiyum klorür ($CaCl_2$) gibi suda çözünebilen tuzlar kullanılır (Görsel 2.11).

Polimerler: Nişasta, zantam sakızı, CMC (karboksimetil selüloz), PAC (polianyonik selüloz), CFL (kromsuz lignosülfonat), SAPP (sodyum asit payrofosfat), PHPA (kısmen hidrolize poliakrilamitler) benzeri polimerler sondaj çamurunun sıvı kayıp oranı, akışkanlığı gibi özelliklerini belirlemek ve kontrol etmek için kullanılan katkı malzemeleridir. Bu maddeler sondaj çamurunun hazırlanması için en sık kullanılan polimerlerden bazılarıdır (Görsel 2.12).

Kaçak Önleyici Malzemeler: Sondaj sırasında formasyon çatlaklarını tıkayarak çamur kaçaklarının önlenmesi için kullanılan malzemelerdir. Bunlar; fiber yapılı (saman vb.), pullu (mika vb.) ve granüllü (fındık kabuğu vb.) malzemeler olarak üçe ayırılır.

Diğer Katkı Malzemeleri: Sondaj çamurunun hazırlanmasında kullanılan malzemelerden biri de kostiktir (NaOH). Bu malzeme sondaj çamurunun pH'sini ayarlamada kullanılır. Sondaj çamurunun pH'sini düzenlemek ve kimyasal kirliliklerin önlenmesi için sodyum bikarbonat, soda külü ve kireç gibi malzemeler de kullanılır. Ayrıca sondaj sırasında sürtünmeyi en aza indirmek için katı veya sıvı kayganlaştırıcı, bakteri önleyici gibi malzemeler de kullanılır.

Görsel 2.9: Bentonit

Görsel 2.11: Sodyum klorür

Görsel 2.12: Polimerler

DİKKAT EDİYORUM

Sondaj çamurunda kullanılan bentonit kili ve kimyasal maddelerin kullanımından kaynaklı solunum sistemi, göz, cilt ve kulak hastalıkları ve çeşitli kazalar oluşmaması için sondaj eğitimi sürecinde kişisel koruyucu donanım kullanılması gerekir. Bunlar, eldiven, gözlük, ağızlık, maske, kulaklık gibi koruyucu malzemelerdir. Bu risklere karşı ayrıca sondajcılık ve iş güvenliği eğitimi verilmeli, çalışanların sağlık kontrolleri periyodik olarak yapılmalıdır.

2.1.4. Sondaj Çamurunun Özellikleri ve Ölçümü

Sondaj çamurunun fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bilinmesi sondaj işleminin etkili bir şekilde yapılmasını sağlar. Sondaj sürecini etkileyen temel sondaj çamuru parametreleri sondaj çamuru yoğunluğu, vizkozitesi, jel kuvveti ve tixotropidir.

Sondaj Çamuru Yoğunluğu: Sondaj çamurunun yoğunluğu, içinde bulunan maddelerin (su ve kil) yoğunluk ve miktarına bağlıdır. Sondaj çamurunun yoğunluğu sondaj işleminin ilerleme hızını etkileyen parametrelerden biridir. Sondaj çamurunun yoğunluğu arttıkça sondajda ilerleme hızı yavaşlar. Sondaj sıvısının yoğunlaşması kuyu içinde hidrostatik basıncın artmasına neden olur. Sert formasyonların delinmesinde çamur yoğunluğunun yüksek olması beklenir. Yüksek basınçlı formasyonların geçilmesinde çamurun yoğunluğu 2,5 g/cm^3 e kadar çıkabilir. Ancak daha yumuşak formasyonların delinmesinde sondaj sıvısının yoğunluğuna bağlı olarak artan basınç, zayıf formasyonların çatlaması ve çamur kaçaklarına neden olur. Hidrostatik basınç nedeniyle çatlayan formasyonların geçilmesinde çamur yoğunluğunun birden küçük değerlere düşürülmesi gerekebilir. Sondaj çamurunun yoğunluğu hidrometre ve çamur terazisi yardımıyla ölçülür (Görsel 2.13).

Görsel 2.13: Çamur terazisi

Sondaj Çamuru Viskozitesi: Viskozite bir sıvının akmaya karşı gösterdiği dirençtir. Sondaj sıvısının akmaya karşı göstereceği direnç (viskozite) ne kadar fazla ise hareket eden noktalar arasındaki hız farkı da o kadar fazladır. Sondaj sıvısının viskozitesi iri kum ve çakılları kaldırmak için gereklidir. Vizkozitesinin düşük olduğu sıvılar, delinen formasyondaki iri kum ve çakılların kaldırılmasında yetersiz kalır. Sondaj işleminde viskozite fan viskozimetresi denen aletle ölçülür. Sondaj kulelerinde viskozite ölçmelerinde en sık kullanılan alet **marsh (marş) hunisi**dir (Görsel 2.14).

Görsel 2.14: Marsh hunisi

BİLGİ KÖŞESİ

Sondaj yapılırken sondaj çamuru ve akışkan malzemelerin viskozitesini belirlemede marsh hunisi kullanılır. Sondaj çamurlarının viskozite ölçümü içinde kullanılan huninin ağız açıklığı 4,7 mm'dir. Huni ağzının yarısında 2 mm gözeneklere sahip elek yer alır. Konik bir gövdesi vardır. Altına bakır bir boru bağlanmıştır.

Sondaj Çamuru Jel Kuvveti ve Tixotropi: Durgun sondaj çamuru içinde bulunan kil tanelerinin birbirini çekme ölçüsüne **jelleşme** denir. Hareketsiz ve durgun sondaj çamurlarında jel kuvveti artar. Sondaj çamurunda jel kuvvetinin artması ve hareketin etkisiyle jel kuvvetin azalmasına **tiksotropik özellik** denir. Sondaj çamuru jel kuvveti, fann viskozitemetresi ile ölçülür (Görsel 2.15).

Görsel 2.15: Fann viskozitemetresi

2.1.5. Sondaj Çamuru Islahında Kullanılan Yöntem ve Araç Gereç

Sondaj işlemi sırasında ve sonrasında bazı atık türleri ortaya çıkar. Bu atıklar sondaj çamuru ve onunla ilgili olan malzemelerdir. Bu malzemeler, hidrolik kırılma, kuyu tahrik, kuyudan hidrokarbon çıkarma veya çıkarılan hidrokarbonun taşınması esnasında ortaya çıkar.

Sondaj işleminin en önemli sorunlarından biri sondaj çamuru ve sondaj kırıntılarının ıslah edilmesidir. Sondaj çamurunun hazırlanmasında kullanılan kimyasalların çevre üzerindeki olumsuz etkilerine karşı çevre sağlığının korunması için önlemlerin alınması gerekir.

Sondaj akışkanı ıslahında sorun oluşturan en önemli maddeler ağır metaller, tuzlar, yağ veya yağlayıcı greslerdir. Bu katkı maddelerinin etkilerinin azaltılması, insan ve çevre sağlığının korunması, sondaj çamurunun ıslahı için önemli çalışmalar yapılmaktadır.

Ülkemizde jeotermal sondajlardan sonra ortaya çıkan sondaj atıklarının bir bölümü yerel yönetimlerin izni ile taşınır. Bu amaçla bu atıkların belirlenen alanlara boşaltılmasıyla sondaj çamuru ıslah edilir.

Su bazlı sondaj sıvılarının çevre üzerindeki olumsuz etkileri, petrol bazlı olanlara göre daha düşük seviyededir. Atık sondaj sıvısının ıslahı için yöntem belirlenirken içerdiği kimyasalların neler olduğu bilinmelidir. Sondaj çamuru atıkları, genellikle bu işlem için hazırlanan **çukur** olarak adlandırılan alanlarda biriktirilir (Görsel 2.16). Çukurlar, sondaj atıklarını biriktirmek için de kullanılan kazılmış alanlardır.

Sondaj çamuru atıklarının ıslah edilmesi için kullanılan yöntemler, saha ve saha dışında olmak üzere iki şekilde sınıflandırılır.

Görsel 2.16: Sondaj çukurları

2.1.5.1. Sahada Arıtma Yöntemleri

Bu yöntemler fiziksel, fiziksel-kimyasal, biyolojik ve termal arıtmadır.

Tablo 2.4: Sahada Arıtma Yöntemleri

Arıtma Yöntemi	Arıtma Tekniği
Fiziksel arıtma	Susuzlaştırma
Fiziksel-kimyasal arıtma	Solidifikasyon / stabilizasyon
Biyolojik arıtma	Biyoremediasyon
	Fitoremediasyon
	Zemine uygulama
Termal arıtma	Yakma
	Vitrifikasyon
	Termal desorpsiyon

Fiziksel Arıtma-Susuzlaştırma

Sondaj işlemi sırasında büyük miktarda sondaj çamuru atığı oluşur (Görsel 2.17). Susuzlaştırma yöntemi ile oluşan bu atığın hacmi azaltılır. Susuzlaştırma işlemi iki yöntem kullanılarak yapılır. Bunlar, doğal yol veya mekanik yöntemlerle yapılan işlemdir. Doğal yöntemde sondaj sıvıları buharlaştırılır. Bu işlem büyük açık çukurlarda biriktirilen sondaj atıklarının açık havada buharlaştırılırması ile yapılır. Bu sayede sondaj sırasında açığa çıkan su uzaklaştırılır (Görsel 2.18). Bu uygulama için uygun çukur alanların yapılması önemlidir. Mekanik yöntemle kurutma ise buharlaştırma ile suyun uzaklaştırılmasının çok yavaş olduğu durumlarda uygulanan bir yöntemdir. Bu yöntemde şeyl çalkalayıcılar, hidrosiklonlar veya yerleşim havuzları ile serbest sıvının uzaklaştırılması sağlanır.

Görsel 2.17: Sondaj atıklarının biriktirildiği çamur havuzu

Görsel 2.18: Suyu buharlaştırılan çamur

Fiziksel-Kimyasal Arıtma (Solidifikasyon / Stabilizasyon)

Solidifikasyon / stabilizasyon, zararlı atık arıtma ve uzaklaştırma için sıkça kullanılan bir yöntemdir. Sondaj çamuru içeriğindeki zararlı maddeleri azaltmak için kullanılır. Bu yöntemde çeşitli katkı malzemeleri kullanılır. Fiziksel ve kimyasal işlemler uygulayarak sondaj sıvısı atıkları daha kararlı bir forma dönüştürülür. Bu uygulama ile atıktan bileşenlerin sızması en aza indirilerek, atığın toksisitesi azaltılıp tehlikeli olma özelliği giderilir (Görsel 2.19).

Görsel 2.19: Suyu buharlaştırılan çamur

Biyolojik Arıtma Biyoremediasyon

Bu yöntemde mikro organizmalar kullanılarak atığın bozunumu sağlanır. Biyolojik arıtma yönteminde bakteriler yardımıyla sondaj atıklarının çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılması sağlanır. Sondaj faaliyetleri sırasında ortaya çıkan atıklar, bakteri ve fungi gibi mikroplar sayesinde biyolojik olarak karbondioksit ve suya indirgenebilir. Bu yöntemde atık su işleme ünitesinin inşasına gereksinim duyulur (Görsel 2.20). Bu yüzden diğer yöntemlere göre daha pahalıdır.

Görsel 2.20: Biyoremediasyon

Fitoremediasyon

Fitoremediasyon yönteminde ağır metalleri absorbe eden, dokularında yüksek seviyelerde biriktirip çeşitli süreçlerden sonra etkisiz hâle getirebilen hiperakümülatör bitkiler kullanılır (Görsel 2.21). Bu yöntem kullanılarak sondaj işlemi sırasında ortaya çıkan sondaj sıvılarının ıslah edilmesi sağlanır.

Görsel 2.21: Çamurdaki ağır metalleri absorbe edebilen hiperakülmatör bitki

Zemine uygulama

Zemine uygulama yönteminde sondaj çamurunun biriktirildiği rezerv çukurları açılır. Bu çukurlar genellikle atıkların sıvı kısmının çekilmesi ile susuzlaştırılır ve sondaj sıvıları ıslah edilir. Katı maddeler genellikle kimyasal solidifikasyonla işlenir.

Termal Desorpsiyon

Bu yöntem, sondaj atığının 600 ^{0}C'nin altındaki sıcaklıklarda ısıtılması ile atığın düzenli depolamaya gönderilebilir hâle getirilmesi işlemidir. Bu işlem sırasında uçucu sıvılar uzaklaştırılır ve petrol de geri kazanılır (Görsel 2.22).

Görsel 2.22: Termal desorpsiyon yöntemiyle çamurun susuzlaştırılması

Termal Arıtma

Termal arıtma yöntemlerinden biri olan yakma, sondaj akışkanında organik maddelerin yakılmasıyla sağlanan bir atık iyileştirme yöntemidir. Bu yöntem sayesinde sondaj çamuru kırıntılarında korunan temel akışkan yoğunluğu azaltılarak ıslah işlemi daha iyi gerçekleştirilir.

2.1.5.2. Saha Dışında Arıtma Yöntemleri

Boru Hattıyla Deşarj

Bu yöntemde sondaj sıvısı bir boru hattı ile sondaj sahası dışına taşınır (Görsel 2.23). Katı kontrol ekipmanında taşınan çamur genellikle çukur alanlarda depolanır. Bu yöntemle genellikle sulu çamurlar taşınır.

Görsel 2.23: Çamurun borular yardımıyla sondaj alanından uzaklaştırılması işlemi

Enjeksiyon

Özellikle yer altı suları koruma bölgeleri açısından şartlar uygunsa izin alınmak suretiyle tercih edilebilecek bir yöntemdir. Yöntem, boşta bulunan kuyulara atıkların enjekte edilmesiyle uygulanır (Görsel 2.24).

Görsel 2.24: Enjeksiyon işlemi

1.ETKİNLİK

Sondaj çamuru ve tipleriyle ilgili aşağıda verilenleri uygulayınız.

Malzemeler

- Farklı tipte toprak veya kum
- Su
- Plastik kaplar veya bardaklar
- Renkli kalemler
- Tahta ve tebeşir veya projeksiyon cihazı (sunum için)

Etkinlik Süresi: 1 ders saati

1. **Sondaj Çamuru Hakkında Konuşma:** Tahta veya projeksiyon cihazı kullanarak sondaj çamurlarının ne olduğu ve neden sondaj işlemlerinde kullanıldığı ile ilgili video izlenir.
2. **Sondaj Çamuru Tipleri Sunumu:** Farklı sondaj çamuru tiplerinin (kil, polimer, bentonit vb.) nasıl oluşturulduğu, kullanım alanları ve avantajları hakkında fikirler paylaşılır.
3. **Sondaj Çamuru Deneyi:** Öğrencilere farklı tipte toprak veya kum, su, plastik kaplar ve renkli kalemler verilir. Her bir öğrenci veya grup, farklı tipte sondaj çamuru oluşturmak için darklı malzemeleri kullanmalıdır. Deney sonunda, oluşturdukları sondaj çamurları renkli kalemlerle etiketlenir.
4. **Grup Tartışmaları:** Öğrencileri gruplara ayırarak oluşturdukları sondaj çamurlarının özelliklerini ve kullanım alanlarını tartışmaları sağlanır. Her grup, oluşturdukları çamurun hangi tip sondaj çamuruna benzediğini açıklar.
5. **Grup Sunumları:** Her grup, oluşturdukları sondaj çamurunun tipini ve özelliklerini sınıfa sunar. Sunum sırasında, diğer grup üyeleri eklemeler yapabilir veya fikirlerini paylaşabilir.
6. **Sonuç ve Genel Değerlendirme:** Etkinlik özetlenir, öğrencilerin farklı sondaj çamuru tipleri hakkında öğrendiklerini ifade etmeleri sağlanır.

PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ	3 Puan	2 Puan	1 Puan
İSG önlemleri: Uygulama başlamadan önce kişisel koruyucu ekipmanları gözlük, eldiven vs. kullandılar.			
Sondaj Çamuru Tiplerinin Anlaşılması: Öğrenciler farklı sondaj çamuru tipleri (kil, polimer, bentonit vb.) ve bu tiplerin kullanım amaçları hakkında doğru bilgiler sundular.			
Deneyin Doğru Yürütülmesi: Öğrenciler toprak veya kum, su, plastik kaplar kullanarak farklı tipte sondaj çamurları oluşturdular. Oluşturulan çamurları özelliklerine göre etiketlediler.			
Grup Tartışmaları ve Sunumları: Öğrenciler oluşturdukları sondaj çamurlarının özelliklerini ve kullanım alanlarını etkili bir şekilde tartıştılar.			
Dil ve İfade Kullanımı: Öğrenciler, grup tartışmaları ve sunumları sırasında etkili iletişim yollarını kullandılar.			
Etkinliğe Katılım ve İş birliği: Öğrenciler etkinliğe aktif olarak katılıp grup üyeleriyle iş birliği içinde çalıştılar.			
Toplam Etki ve Öğrenme: Etkinlik sonunda öğrenciler, farklı sondaj çamuru tipleri hakkındaki deneyimlerini paylaştılar.			

2.2. TEMEL BASINÇ / DEBİ HESAPLAMALARI

Sondaj işleminde basınç ve debi hesaplamaları sondaj hidroliğine bağlı olarak gerçekleştirilir. Sondaj hidroliği sondaj çamurunun akışkanlık (viskozite), debi ve sirkülasyon basınçlarının bütününü ifade eder (Görsel 2.25). Sondaj çamuru, sondaj işlemi sırasında özgül ağırlığı ve kuyunun derinliğine bağlı olarak hidrostatik basınç uygular. Kuyuda herhangi bir derinlikteki sondaj akışkanı nedeniyle oluşan basıncı hesaplamak mümkündür. Sondaj çamurunun özgül ağırlığının derinliğe göre değişmemesi durumunda aşağıdaki şekilde hesaplanır:

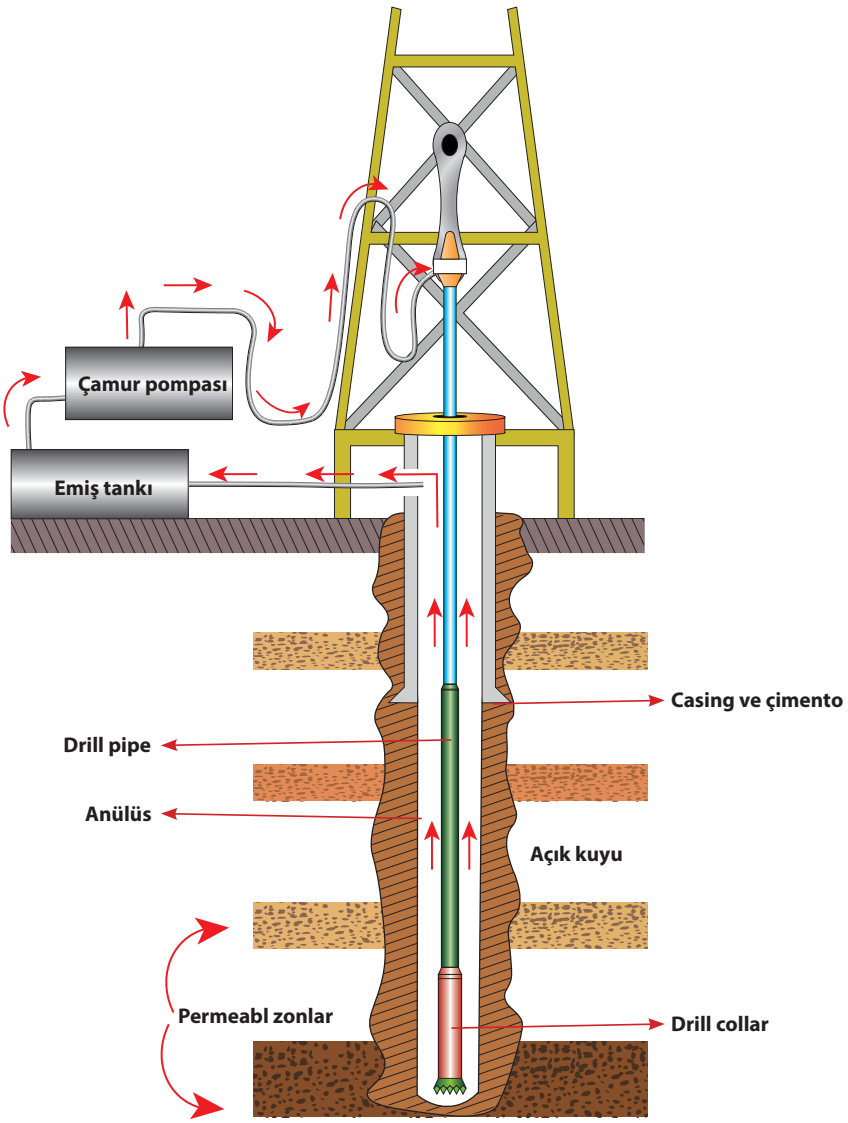
$P = \rho \times D/10 + P0$

P = Basınç (kg/cm^2)

ρ = Özgül ağırlık (g/cm^3)

D = Uzunluk (m) D = Uzunluk (ft)

P0 = Atmosfer basıncı (kg/cm^2)



Görsel 2.25: Şematik sondaj kesiti

Sondaj hidroliği ve sondaj sıvısının etkili bir şekilde yönetilmesi, sondaj işleminin başarılı bir şekilde tamamlanması için kritik bir öneme sahiptir. Sondaj sıvısı, sondaj çamurunun kule ekipmanları içindeki yolları kat ederken karşılaştığı basınç kaybını aşmak için kullanılır. Basınç, birim alana uygulanan bir yüktür ve akmaya karşı sürtünme direnci ve sirkülasyon sisteminde akışkanı ittiren basınç gereği ile ilgilidir. Bu ana bileşenlerin detayları şunlardır:

Debi (Q): Debi, birim zamanda pompalanan akışkan miktarını ifade eder ve genellikle m^3/s (metreküp/saniye) cinsinden ölçülür. Sondaj sıvısının pompalar tarafından kuyu içine iletilme hızını belirler. Debi, sondaj işleminin verimliliği ve hızı üzerinde büyük bir etkiye sahiptir.

Akış Alanı (A): Akışkanın aktığı alanı ifade eder ve m^2 (metrekare) cinsinden ölçülür. Sondaj kulesi içindeki boruların çapı ve yüzey hattının tasarımı, akışkanın bu alanda hareket etmesini sağlar. Bu alanın büyüklüğü, akış hızını ve basınç kaybını etkiler.

Sistem Uzunluğu (L): Akışkanın pompalandığı boruların veya yüzey hattının uzunluğunu ifade eder ve metreye (m) cinsinden ölçülür. Sistem uzunluğu, akışkanın kuyu tabanına iletilmesi sırasında karşılaşılan sürtünme kaybını etkiler. Uzun bir sistem, daha fazla sürtünme kaybına neden olabilir.

Akışkan Özellikleri: Sondaj sıvısının birim hacim ağırlığı, kg/m^3 cinsinden ifade edilen bir özelliktir. Bu özellik, sondaj sıvısının yoğunluğunu ve dolayısıyla hidrolik davranışını etkiler.

Sondaj hidroliğinin en az maliyetle yapılması önemlidir. Sondaj hidroliğinin yapılma aşamaları şöyle sıralanır:

- Sondajın derinlik aralığına göre kullanılacak çamurun özellikleri belirlenir.
- Belirlenen derinlikte kullanılacak matkap çapı ve sondaj dizisi belirlenir.
- Sondaj kuyusunda ortaya çıkan kırıntıları yukarı çıkarmak için sondaj takım dizisiyle kuyunun duvarları arasında kalan açıklık belirlenir.
- Sondaj işleminde kullanılacak pompa debisi bulunur.
- Debiye karşılık gelen basınç kayıpları, akışkanın aktığı çap ve bunların uzunluğu ile bulunur.
- Sondaj takım dizisiyle kuyunun duvarları arasındaki basınç kayıpları bulunur.

Sondaj işlemi sırasında karşılaşılan yüksek sıcaklık ve basınç, büyük risk taşıdığından sondaj makinesi ve ekipmanlarının sondajın tüm şartlarını karşılayabilecek özellikte olması gerekir (Görsel 2.26). Sondaj sırasında yaşanabilecek iş kazalarının önüne geçebilmek için sondaj işleminde görev alan tüm ekibin sondaj konusunda tecrübeli olması gerekir.

Görsel 2.26: Koruyucu kıyafetler giymiş sondörler

BİLGİ KÖŞESİ

Avrupa'nın en eski sondaj kuyusuna, MS 1126 yılında Fransa Artois'te rastlanmıştır. Suyu depolayabilen geçirimli ve basınçlı jeolojik birimlerde açıldığı için su kendiliğinden fışkırmıştır. Bu özellik nedeniyle ilk açıldığı bölgenin adıyla ilgili olarak **Artoisienme** kelimesinden gelen **artezyen** kelimesi kullanılmaya başlanmıştır.

Sondaj işlemlerinde temel basınç ve debi hesaplamaları, dolaşım sıvısının etkili bir şekilde kuyu içinde dolaşmasını sağlamak ve kuyu istikrarını korumak amacıyla önemlidir.

Temel Basınç Hesaplama: Temel basınç, sondaj sıvısının formasyon basıncını dengelemek ve kuyu duvarlarını istikrarlı bir şekilde tutmak için gereken basınçtır. Bu basınç, sondaj sıvısının kuyu içinde dolaşımının yanı sıra, kuyu içindeki doğal basınçları da dikkate alır.

Temel Basınç = Formasyon Basıncı + Ekstra Uygulanan Basınç

- **Formasyon Basıncı:** Kuyu içindeki formasyonların doğal basıncını ifade eder.
- **Ekstra Uygulanan Basınç:** Kuyu istikrarını sağlamak için gereken ilave basınçtır.

Örnek

Bir sondaj operasyonunda, bir formasyonun doğal basıncı 2500 psi olarak belirlenmiştir. Kuyu istikrarını sağlamak ve dolaşımı sürdürebilmek amacıyla ekstra olarak 1200 psi basınç uygulanmaktadır. Temel basınç hesaplamasına göre, kuyunun içinde toplam kaç psi basınç bulunmaktadır?

Çözüm

Temel Basınç = Formasyon Basıncı + Ekstra Uygulanan Basınç

Verilen bilgilere göre: Formasyon Basıncı = 2500 psi Ekstra Uygulanan Basınç = 1200 psi

Temel Basınç = Formasyon Basıncı + Ekstra Uygulanan Basınç Temel Basınç = 2500 psi + 1200 psi = 3700 psi

Kuyunun içinde toplam 3700 psi basınç bulunmaktadır.

Debi Hesaplama: Debi, birim zamanda kuyu içinde dolaşan sondaj sıvısının miktarını ifade eder. Bu hesaplama, dolaşım hızını ve kuyu çapını kullanarak gerçekleştirilir.

Debi (Q) = Kuyu Çapı Alanı (A) x Dolaşım Hızı (v)

Kuyu Çapı Alanı (A): Kuyu çapı alanı, kuyunun enlemesine kesilmiş kesitin alanını ifade eder. Bu alan, π (pi sayısı) ile kuyu çapının karesinin çarpımının dörtte biri olarak hesaplanır.

Kuyu Çapı Alanı (A) = π x (Kuyu Çapı) ^2 / 4

Dolaşım Hızı (v): Dolaşım hızı, birim zamanda dolaşan sondaj sıvısının hacmini ifade eder. Genellikle litre / dakika veya galon / dakika cinsinden ifade edilir.

Örnek

Bir sondaj operasyonunda kuyunun çapı 20 cm ve dolaşım hızı 180 litre / dakika olarak belirlenmiştir. Debi hesaplamasına göre birim zamanda kaç litre sondaj sıvısı dolaşır?

Çözüm

Kuyu Çapı Alanı (A) = π x (20 cm) ^2 / 4 = π x 100 cm^2 / 4 ≈ 78,54 cm^2

Dolaşım Hızı (v) = 180 litre / dakika

Debi (Q) = Kuyu Çapı Alanı (A) x Dolaşım Hızı (v) = 78,54 cm^2 x 180 litre / dakika ≈ 14137,2 cm^3/ dakika

Yaklaşık 14137,2 cm^3 / dakika

Örnek

Bir sondaj işleminde kuyunun çapı 12 inç ve dolaşım hızı 250 galon / dakika olarak kabul edilmiştir. Debi hesaplamasına göre birim zamanda kaç galon sondaj sıvısı dolaşır?

Çözüm

Kuyu Çapı Alanı (A) = π x (12 inç) ^2 / 4 = π x 144 inç^2 / 4 ≈ 113,1 inç^2

Dolaşım Hızı (v) = 250 galon / dakika

Debi (Q) = Kuyu Çapı Alanı (A) x Dolaşım Hızı (v) = 113,1 inç^2 x 250 galon / dakika ≈ 28275 galon / dakika

Yaklaşık 28275 galon / dakika

DİKKAT EDİYORUM

Sondaj işlemi sırasında çamur pompaları ve basınç altında çalışan hortumların aşırı basınç ve deformasyona uğraması sonucunda patlamalar ve iş kazaları meydana gelmektedir. Bu kazaların önlenmesi için çamur hortumlarının kontrolü düzenli yapılmalıdır. Pompa ve sirkülasyon hatlarında gaz veya sıvı akışkanlarının basıncını ölçmek için monometreler bulundurulmalıdır (Görsel 2.27). Sondajda görev alan çalışanlara iş güvenliği eğitimi verilmeli, hortumların kullanım süreleri ve hortumların basınçlarını içeren kontrol listeleri oluşturulmalıdır.

Görsel 2.27: Monometre

2. ETKİNLİK

Aşağıda temel debi ve basınçla ilgili örnek sorular verilmiştir. Verilen soruları çözerek cevaplarınızı boş alanlara yazınız. Cevapları arkadaşlarınızla karşılaştırarak tartışınız.

1. **Bir sondaj işleminde, formasyon basıncı 3500 psi ve ekstra uygulanan basınç 1200 psi olarak belirlenmiştir. Temel basınç hesaplamasına göre toplam basınç ne kadardır?**

2. **Bir sondaj operasyonunda, kuyu içindeki formasyon basıncı 2800 psi ve ekstra olarak 800 psi basınç uygulandığı kabul ediliyor. Temel basınç hesaplamasına göre toplamda kaç psi basınç uygulanmıştır?**

3. **Bir sondaj işleminde, formasyon basıncı 4000 psi ve ekstra uygulanan basınç 1500 psi olarak belirlenmiştir. Temel basınç hesaplamasına göre toplam basınç kaç psi olur?**

4. **Bir sondaj operasyonunda, kuyu içindeki formasyon basıncı 3200 psi ve ekstra olarak 900 psi basınç uygulandığı düşünülüyor. Temel basınç hesaplamasına göre toplam basınç kaç psi olur?**

5. **Bir sondaj operasyonunda kuyunun çapı 12 inç ve dolaşım hızı 150 galon / dakika olarak belirlenmiştir. Debi hesaplamasına göre birim zamanda kaç galon sondaj sıvısı dolaşır?**

6. **Bir sondaj işleminde kuyunun çapı 18 cm ve dolaşım hızı 200 litre / dakika olarak kabul edilmiştir. Debi hesaplamasına göre birim zamanda kaç litre sondaj sıvısı dolaşır?**

7. **Bir sondaj operasyonunda kuyunun çapı 10 inç ve dolaşım hızı 120 galon / dakika olarak belirlenmiştir. Debi hesaplamasına göre birim zamanda kaç galon sondaj sıvısı dolaşır?**

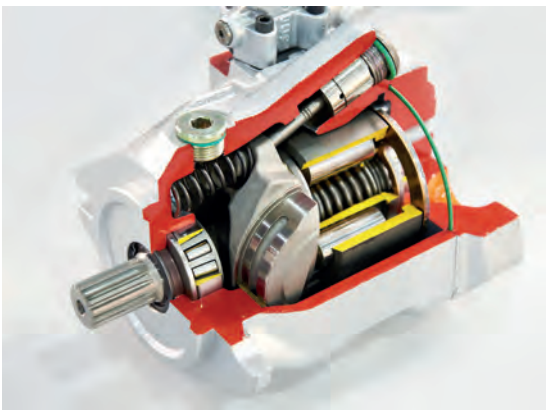
8. **Bir sondaj işleminde kuyunun çapı 24 cm ve dolaşım hızı 250 litre / dakika olarak kabul edilmiştir. Debi hesaplamasına göre birim zamanda kaç litre sondaj sıvısı dolaşır?**

2.3. SONDAJ POMPALARI VE ÇEŞİTLERİ

Sondaj işlemi sırasında kullanılan sondaj çamuru, ana teçhizat pompalarına yani çamur pompası ve ardından yüzey boruları, dikey boru, kelly hortumu, fırdöndü, kelly, sondaj borusu, matkap bileziği gibi ana bileşenlere gider. Sondajın devam edebilmesi için kesilen formasyon atıklarının sondaj kuyusundan çıkarılması gerekir. Bu işlem sondaj çamurunun matkap içinden ve halkadan yukarı pompalanmasıyla yapılır. Sondaj pompaları, sondaj sırasında sondaj sıvısını sirküle etmek için kullanılır ve sondaj sıvısı sirkülasyon sisteminin ana bileşenidir. Sondaj çamuruna enerji veren ekipmanlara **pompa** denir. Pompalar, sondaj çamurunun basıncını ve toplam enerjisini artırarak sondaj sıvısının taşınmasını sağlar. Sondaj işleminde kullanılan pompalar dört ayrı gruba ayrılır.

2.3.1. Pistonlu Pompalar

Pistonlu pompalarda temel prensip, bir silindir içinde bulunan pistonun ileri ve geri hareketi ile enerji naklinin sağlanmasıdır (Görsel 2.28). Bu pompalar tek pistonlu, iki pistonlu ve üç pistonlu olarak üretilir. Pistonlu pompaların basıncının yüksek olması sondaj işleminde tercih edilmesini sağlar.



Görsel 2.28: Pistonlu pompa

2.3.2. Dalgıç Pompalar

Sondaj işleminde kullanılan pompalardan biri de dalgıç pompasıdır. Bu pompalar elektrikle çalışır. Pompa ve motor suya batarak çalışır. Ancak pompanın su ile sürekli temas hâlinde olması motorun zarar görmesine neden olacağından bu durumu önlemek amacıyla su geçirmez muhafazanın içine yerleştirilmesi gerekir. Bu pompalar derin sondaj kuyularında suyun pompalanması için kullanılır (Görsel 2.29).

Görsel 2.29: Dalgıç pompa

2.3.3. Derin Kuyu Pompaları

Sıvı emme yüksekliğinin 6-7 m'den fazla olduğu yerlerde kullanılır. Suyun basma özelliğinden yararlanarak çalışır. Bir derin kuyu pompası seçerken kuyu derinliğinin yanı sıra su akışı gereksinimleri de dikkate alınmalıdır. Derin kuyu pompasının suyu dipten yukarı çekmesi için iki boru kullanılır. Böylece pompanın kuyunun çok daha derinlerinden su çekmesi sağlanır. Ancak bu, iki borunun döşenmesi için gereken ekstra emek nedeniyle pratik değildir. Aynı anda iki boru döşenmesi, özellikle derin kuyu pompalarının döşenmesi ve kurulumu oldukça zordur. Bu özelliğinden dolayı kuyu pompaları ekonomik olarak pahalıdır (Görsel 2.30).

Görsel 2.30: Derin kuyu pompası

2.3.4. Sirkülasyon Pompaları

Sondaj kuyusunda dolaşan sondaj çamuru, sirkülasyon pompaları tarafından pompalanır ve kuyu içinde dolaşmasını sağlar. Enjeksiyon pompaları, yüksek basınç altında suyu sondaj kuyusuna enjekte ederek sondaj işleminin ilerlemesini ve kontrolünü sağlar. Bu pompaların belirtilen özellikleri, sondaj işleminin verimliliği ve güvenliği için kritik öneme sahiptir (Görsel 2.31).

Görsel 2.31: Sirkülasyon pompa

2.3.5. Santrifüj Pompalar

Sondaj işleminde en sık kullanılan pompalardan biridir (Görsel 2.32). Bu pompalarda enerji, sıvıya bir eksen etrafında dönen tek veya belli adetteki kanatlar ile bir çark tarafından kinetik enerji şeklinde ve sürekli olarak devredilir. Basınç gereksinimi küçük ve debisi büyük yerlerde kullanılır. Santrifüj pompalar ile sıvı basıncı yükseltilir ve sıvı transfer edilir. Hidrolik ve mekanik bakımdan uygun olmaları santrifüj pompalarının tercih edilmesinde önem taşır.

Santrifüj pompada debi (Q), bir zaman diliminde pompa basma ağzına gönderilen sıvının hacmidir. Hacim için m^3/h, m^3/s, l/s, l/h birimleri kullanılır. Santrifüj pompanın debisi pompalanan sıvının yoğunluğundan bağımsızdır. Pompalanan sıvının viskozitesi santrifüj pompanın debisini etkiler. Sondaj çamurunun vizkozitesi arttıkça debi düşer, vizkozite düştüğü zaman ise debi artar. Debi, pompa dönüş hızıyla orantılı olarak değişir.

Santrifüj pompanın debi hesabı aşağıdaki şu formülle yapılır:

$Q = (V \times n \times \mu) / 1000$

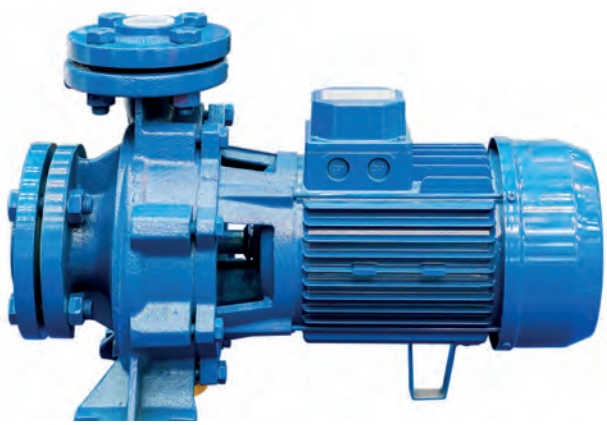
Q : Debi (litre/dakika)

V : Pompanın iletim hacmi (cm^3/devir)

n : Kullanılan elektrik motorunun devri (devir/dakika)

μ : Pompanın volümetrik verimi (0,90-0,95 alınabilir.)

Debi pompa dönüş hızıyla orantılı olarak değişir. Sondaj işleminin en az hatayla yürütülmesi için debiye uygun pompa seçimi büyük önem taşır. Pompaların gerekli debi ve boru direncine uygun olarak seçilmesi gerekmektedir. Pompa tipinin seçiminde en önemli değişkenler, debi (Q) ve çalışma noktasında istenen basma yüksekliği (H) değerleridir. Pompanın büyüklüğü ve devri, pompa seçim eğrileriyle belirlenir.



Görsel 2.32: Santrifüj pompa

3. ETKİNLİK

Sondaj pompaları temel pompalama prensiplerini kavramak için aşağıdaki etkinliği uygulayınız.

Malzemeler

- Su dolu plastik kova
- Hortum
- Farklı türden pompalar (manuel el pompası, elektrikli pompa vb.)
- Tahta ve tebeşir veya projeksiyon cihazı (sunum için)
- Renkli kalemler
- Kâğıt ve kalem (notlar almak için)

Etkinlik Süresi: 1 ders saati

1. **Sondaj Pompalarının Tanıtımı:** Tahta veya projeksiyon cihazı kullanarak sondaj pompalarının ne olduğu ve hangi amaçla kullanıldığı öğrencilere anlatılır.
2. **Farklı Pompaların Tanıtımı:** Farklı türden pompaları (manuel el pompası, elektrikli pompa vb.) öğrencilere tanıtılır. Her bir pompanın nasıl çalıştığı gösterilir ve hangi durumda hangi pompaların kullanılabileceği açıklanır.
3. **Pompalama Deneyi:** Öğrencilere su dolu plastik kova ve hortum verilir. Farklı pompalar kullanarak suyu yukarıya pompalamaları sağlanır. Deney sonunda her öğrenci veya gruptan, deneyde kullandıkları pompa ve sonuçları, renkli kalemlerle yazmaları istenir.
4. **Grup Tartışmaları:** Öğrencileri gruplara ayırarak kullandıkları pompaların nasıl çalıştığı ve hangi durumlarda etkili olduğu konusunun öğrenciler tarafından tartışmaları sağlanır.
5. **Pompa Çeşitlerinin Sunumu:** Öğrencilere farklı pompaların özellikleri ve avantajları sunulur. Elektrikli, hidrolik, pnömatik vb. pompaların ne amaçla kullanıldığı anlatılır.
6. **Sonuç ve Genel Değerlendirme:** Öğrenciler, etkinlik hakkındaki görüş ve deneyimlerini paylaşır.

PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ	3 Puan	2 Puan	1 Puan
İSG önemleri: Öğrenciler, uygulama başlamadan önce kişisel koruyucu ekipmanları gözlük, eldiven vb.ni kullandılar.			
Pompa Çeşitlerinin Anlaşılması: Öğrenciler farklı pompaların türlerini ve bu pompaların nasıl çalıştığını doğru bir şekilde açıkladılar.			
Deneyin Doğru Yürütülmesi: Öğrenciler, deneyi doğru şekilde yürüttü ve farklı türdeki pompaları kullanarak suyu yukarı pompaladılar.			
Grup Tartışmaları ve İş Birliği: Öğrenciler deney sonunda pompaların avantaj ve dezavantajlarını etkili bir şekilde tartıştılar.			
Pompa Çeşitlerinin Sunumu: Öğrenciler, pompaların türünü, özelliklerini ve kullanım alanlarını anlatırken açık ve anlaşılır bir dil kullandılar.			
Etkinliğe Katılım ve İş Birliği: Öğrenciler, etkinliğe aktif katılıp grup içinde iş birliği içinde çalıştılar.			
Toplam Etki ve Öğrenme: Öğrenciler, etkinlik sonunda farklı pompaların çalışma prensipleri hakkındaki deneyimlerini paylaştılar.			

2.4. SONDAJ HİDROLİK HESAPLAMALARI

Sondaj hidroliği, sondaj çamurunun viskozite, debi ve sirkülasyon basınçlarının bütünüdür. Derin sondaj işlemlerinde ortaya çıkan yüksek sıcaklık ve basınç, delinen formasyondan kaynaklanan basınç formasyonun çatlaması gibi risklerden dolayı sondaj işleminin doğru planlanmasını gerektirir. Sondaj kuyusunda meydana gelebilecek bu risklerin azaltılması, sondaj hidroliğinin uygulanması ile mümkün olmaktadır. Sondaj işlemi yapılırken oluşabilecek basınç değişimlerini engellemek ve kontrol altına almak için sondaj hidrolik hesaplamalarında sondaj çamurunun özelliklerinin iyi bilinmesi gerekir. Sondaj çamuru, sondaj kuyusunda sorunsuz ilerlemek ve sondaj ekipmanlarından kaynaklanan riskleri en aza indirmek için kullanılır. Sondaj işleminin yapıldığı zorlu ortamlarda örneğin formasyondan kaynaklı basıncın yüksek olduğu ortamlarda sondaj sıvısı sürkülasyonunun doğru hesaplanması gerekir.

Sondaj hidroliğini etkileyen parametreler şunlardır:

- Sondaj çamurunun reolojisi
- Reolojik modeller
- Kaldırma kapasitesi
- Kritik hız
- Laminar ve turbulent akıştaki basınç kayıpları
- Eş değer sirkülasyon yoğunluğu
- Surge ve swab basınçları
- Matkap hidrolik optimizasyonu

Basınç, birim alana etki eden kuvvet olarak tanımlanır. Sondaj kuyusunda belirli bir noktadaki basıncın bilinmesi sondaj çamur hacmini belirli bir hızda pompalamak için gereken toplam basıncın hesaplanmasında önemlidir (Görsel 2.33).

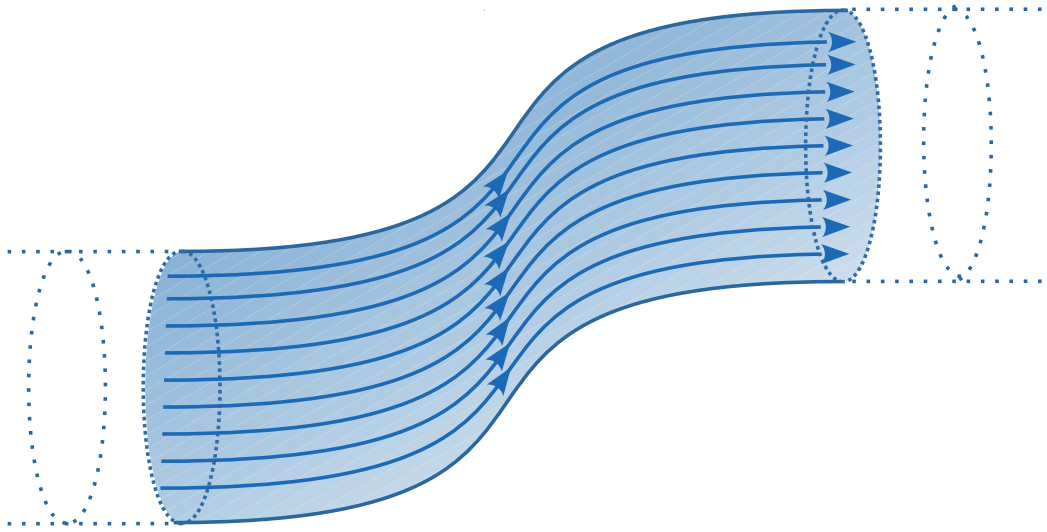
Herhangi bir delme işleminin başarısı, büyük ölçüde sondaj sıvısının uygun şekilde seçilmesi ve izlenmesine bağlıdır. Sondaj sıvısının belirli bir işlevi yerine getirme yeteneği, reolojik (akışkanlık) özelliklerine bağlıdır. Sondaj sıvısının özellikleri sondaj kuyusunda açılan formasyon üzerindeki basıncı ve sondaj sürecini etkiler. Döner sondajda sürtünme basıncını değerlendirmek için çamurun reolojik özellikleri kullanılır. Sondaj borusundaki basınç düşüşü ve çamur akış hızında değişim meydana gelebilir.

Sondaj kuyusunun içinde oluşan basınç dalgalanmaları ikiye ayrılır. Kuyu içindeki akışkanın sirkülasyonu nedeniyle hidrolik devrede ortaya çıkan sürtünme basınç değişimleri **stand pipe** basıncı olarak tanımlanır. Sondaj dizisi veya koruma borusu (casing) hareketinden kaynaklanan basınç değişimlerine ise **surge** veya **swab** (negatif surge) basınçları denir. Sondaj işleminde sondaj sıvısının akışı ile ilgili bilgi veren modellerden en sık kullanılan model **bingham plastik** ve **power law** akışkan modelleridir. Bu modeller yardımıyla sıvı akışı, viskozite, akış tipleri, sıvı akış tipini etkileyen faktörler, akışkan tipleri hakkında bilgi üretilir.

Görsel 2.33: Basınç, sondaj sürecini etkileyen faktörlerden biridir.

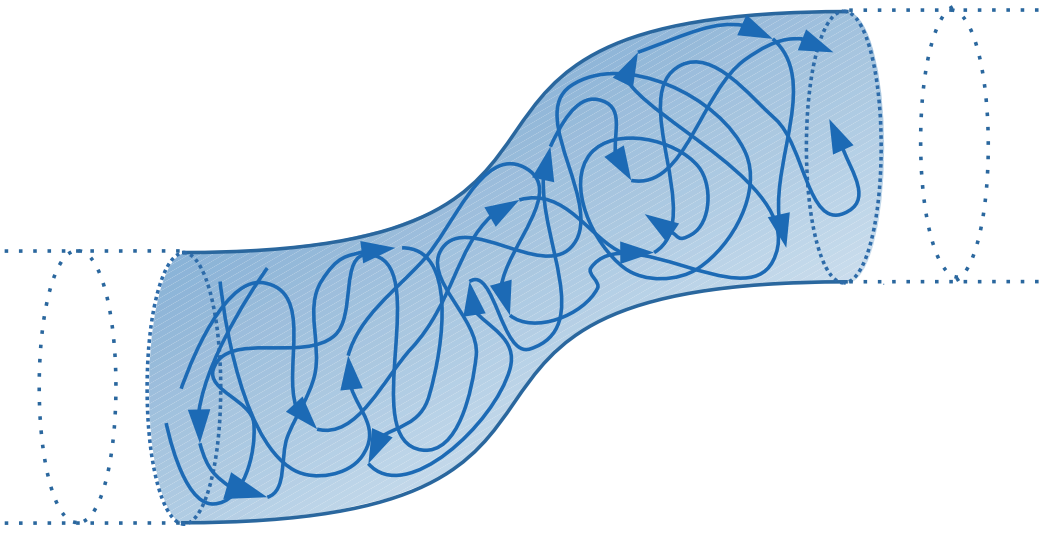
2.4.1. Sıvı Akışı ve Akış Tipleri

Sondaj borusu içindeki sondaj sıvısının sirkülasyonu çamur pompası yardımıyla sağlanır. Bu sırada çamur pompasından kaynaklanan bir basınç meydana gelir. Bu tip basınç, dolaşım sistemindeki herhangi bir noktada hesaplanabilir. Sondaj işleminde basıncı etkileyen parametreler sondaj sıvısının akış özellikleridir. Sondaj sıvısının akış tipleri laminer ve türbülanslı akıştır. **Laminer akış,** sondaj çamurunun sondaj borusu içinde görece düz bir şekilde akmasıdır (Şekil 2.1). Laminer akışta sıvı parçacıklarının hareketi çok düzenlidir. Tüm parçacıklar boru duvarlarına paralel düz çizgiler hâlinde hareket eder. Laminer akış, sondaj sıvı akışının yavaş olduğu durumda oluşur. **Türbülanslı akış** ise akış hızının artmasına bağlı olarak oluşan sondaj çamurunun vizkozitesine göre meydana gelen akıştır.



Şekil 2.1: Laminer akış

Türbülanslı akış elde etmek için yüksek çamur hızları gerekir. Bu da yüksek basınç düşüşlerine neden olur (Şekil 2.2). Türbülansa rağmen sondaj borusunun kenarlarına doğru azalır. Boru kenarlarında sıvı akışı laminer bir akış gösterir. Türbülanslı akış, basınç kayıplarına ve kuyu duvarında aşınmaya neden olduğundan özellikle petrol sondajlarında tercih edilmez.



Şekil 2.2: Türbülanslı akış

2.4.1.1. Viskozite

Her sıvının yoğunluk derecesi akışkanlığını etkilemektedir (Görsel 2.34). Örneğin suyun akışkanlığı ile balın akışkanlık özelliği birbirinden farklıdır. Sıvıların akışkanlığa karşı gösterdiği direnç, sıvının viskozitesini ifade eder. Sondaj borusu içinde akan sıvının hızı ne kadar fazla olursa viskozite oranı (yoğunluğu) o kadar azalır. Bu durum sondaj sırasındaki basınç değişimini etkileyen parametrelerden biridir.

Görsel 2.34: Sondaj sıvısının akışkanlığı

Sondaj hidrolik hesaplamaları, bir sondaj işleminin tasarımı ve yürütülmesi için gereken hesaplamaları içerir. Bu hesaplamalar, sondaj sıvısının dolaşımı, basınç kontrolü, kuyu istikrarı ve diğer faktörleri içerir. Aşağıda, temel sondaj hidrolik hesaplamaları için bazı önemli durumlar verilmiştir.

Dolaşım Hızı Hesaplamaları: Sondaj sıvısının uygun bir hızla kuyu içinde dolaştığından emin olmak önemlidir. Dolaşım hızı, kuyu çapı, dolaşım hızı (gpm veya litre/dakika) ve dolaşım hızı (ft/s veya m/s) gibi parametreler kullanılarak hesaplanabilir.

Sondaj Sıvısının Dolaşım Hızını (Q) Hesaplama

Dolaşım hızı, birim zamanda kuyu içinde dolaşan sondaj sıvısının miktarını ifade eder. Bu hesaplama, genellikle galon başına dakika (gpm) veya litre başına dakika (l/min) cinsinden ifade edilir.

Dolaşım Hızı (Q) = Kuyu Çapı Alanı x Dolaşım Hızı

Kuyu Çapı Alanı: π x (Kuyu Çapı) ^2 / 4

Dolaşım Hızı: ft/s veya m/s cinsinden ifade edilir.

Dolaşım Hızı Hızını Belirleme: Dolaşım hızı, sondaj sıvısının kuyu içindeki hareket hızını belirtir. Bu değer genellikle ayarlanabilir bir parametredir ve sondaj ekipleri, kuyu istikrarı, temizlik ve diğer faktörlere bağlı olarak bu düzenlenir.

Örnek

Bir sondaj kuyusunun çapı 8 inç (0,2032 metre) ve dolaşım hızı 0,5 ft/s (0,1524 m/s) olarak belirlenmiştir.

Kuyu Çapı Alanı = π x (0,2032 m) ^2 / 4 ≈ 0,0325 m^2

Dolaşım Hızı (Q) = 0,0325 m^2 x 0,1524 m/s ≈ 0,00495 m^3/s

Dolaşım Hızı (Q) ≈ 4,95 l/s veya 296,7 l/min

Bu örnek, verilen kuyu çapı ve dolaşım hızı hızına dayalı olarak dolaşım hızını hesaplamaktadır. Gerçek sondaj operasyonlarında, kuyu istikrarı, temizlik gereksinimleri ve diğer faktörler göz önünde bulundurularak daha ayrıntılı hesaplamalar yapılmalıdır.

Basınç Hesaplamaları

Sondaj sıvısının uygun basınçla kuyu içinde dolaştığından emin olmak gerekir. Basınç kayıpları, sıvının akış yolu boyunca ne kadar dirençle karşılaştığını belirler. Boru hatlarının çapı, uzunluğu, sıvı yoğunluğu ve viskozitesi gibi faktörler, basınç kayıplarını hesaplarken göz önünde bulundurulmalıdır. Sondaj sıvısının dolaşımı boyunca boru hatlarında ve diğer bileşenlerde meydana gelen basınç düşüşlerini hesaplamak, sistemin etkili ve güvenli bir şekilde çalışmasını sağlamak için önemlidir. Basınç kaybı hesaplamasında aşağıdaki işlemler yapılır.

Direnç Kaynaklarını Tanımlama: Boru hatları, vanalar, boru dirsekleri, darbe çözücüler ve diğer bileşenler gibi dolaşım yolunda direnç yaratan unsurları tanımlar. Her bir direnç kaynağının özellikleri, çapı, uzunluğu ve akışkan özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır.

Direnç Katsayılarını Belirleme: Her direnç kaynağı için bir direnç katsayısı belirlenir. Bu katsayılar, deneyler veya yayınlanmış veriler kullanılarak elde edilebilir. Direnç katsayıları; kaynağın tipi, boyutu ve akışkanın özelliklerine göre değişir.

Basınç Kaybı Hesaplaması

Her bir direnç kaynağının basınç kaybı hesaplanır ve toplam basınç kaybı belirlenir. Basınç kaybı, direnç katsayısı, akış hızı ve akışkanın yoğunluğuna bağlı olarak hesaplanır. Genel olarak Darcy-Weisbach denklemi veya Hazen-Williams denklemi gibi basınç kaybı denklemleri kullanılır.

Örnek

Örneğin 1000 metre uzunluğunda ve 6 inç çapında bir boru hattınız var. Akışkan olarak 60 viskoziteli bir sondaj sıvısı kullanıyorsunuz. Bu boru hattında birkaç dirsek ve bir vana bulunuyor. Bu durumda yapılması gerekenler şunlardır:

Direnç katsayıları belirlenir.

Her direnç kaynağı için basınç kaybı hesaplanır.

Hesaplanan basınç kayıpları toplanarak toplam basınç kaybı elde edilir.

Pompaların gereksinim duyacağı güç hesaplanır ve dolaşım hızı ayarlanır.

Sirkülasyon Oranı Hesaplamaları

Sirkülasyon oranı, sondaj sıvısının ne kadar sıklıkla yenilendiğini belirtir. Bu oran, kuyunun stabilitesini sağlamak ve kesintisiz bir dolaşım sağlamak için önemlidir.

Dolaşım Hızı Hesaplama: İlk olarak dolaşım hızı (Q) hesaplanır. Bu, birim zamanda kuyu içinde dolaşan sondaj sıvısının miktarını ifade eder. Dolaşım hızı, genellikle litre / dakika veya galon / dakika cinsinden ifade edilir.

Kuyu Hacmi Hesaplama: Kuyunun iç hacmi hesaplanır. Bu, kuyunun derinliği ve çapı kullanılarak elde edilir. Kuyu iç hacmi, sondaj sıvısının toplam hacmini belirtir.

Sirkülasyon Oranı Hesaplama: Sirkülasyon oranı, dolaşım hızını kuyunun iç hacmine bölerek hesaplanır.

Sirkülasyon Oranı = Dolaşım Hızı (Q) / Kuyu İç Hacmi

Dolaşım Hızı (Q): litre/dakika veya galon/dakika cinsinden ifade edilir.

Kuyu İç Hacmi: litre veya galon cinsinden ifade edilir.

Örnek

Bir sondaj kuyusunun iç hacmi 1000 litre ve dolaşım hızı 200 litre / dakika.

Sirkülasyon Oranı = 200 l/min / 1000 l = 0,2

Bu durumda sirkülasyon oranı 0,2 veya %20 olarak hesaplanmış olur. Bu, kuyunuzun iç hacminin %20'si kadar sondaj sıvısının birim zamanda dolaştığını gösterir.

Sirkülasyon oranı, kuyu istikrarını sağlamak ve sondaj sıvısının kesintisiz olarak dolaşmasını sağlamak için önemlidir. Kuyu içinde oluşabilecek tortu birikimini önlemek, kesintileri minimize etmek ve formasyon stabilitesini sürdürmek için yeterli bir sirkülasyon oranı sağlamak gereklidir.

İleri ve Geri Basınç Hesaplamaları

Kuyu içindeki basınç kontrolü, sondaj sıvısının dengeli bir şekilde hareket etmesini sağlar. İleri basınç, sondaj sıvısının yüzeye çıkışını kolaylaştırırken geri basınç kuyunun çökmesini ve sıvı kaybını önler.

İleri Basınç (Pump Pressure)

İleri basınç, sondaj sıvısının dolaşım pompası tarafından kuyuya itilmesi için gereken basınçtır. Bu basınç, dolaşım sistemi içinde oluşan tüm dirençleri aşmalı ve sondaj sıvısının yüzeye çıkmasını sağlamalıdır. İleri basınç, kuyu içindeki sıvının yüzeye çıkmasını hızlandırmak ve kesintileri en aza indirmek için önemlidir.

İleri Basınç = Direnç Kayıpları + Hidrostatik Basınç

Direnç Kayıpları: Boru hatları, vanalar, dirsekler gibi bileşenlerde oluşan basınç kayıpları.

Hidrostatik Basınç: Sondaj sıvısının kuyu derinliği nedeniyle oluşan doğal basınç.

Geri Basınç (Back Pressure)

Geri basınç, kuyu içindeki sıvının yüzeye çıkmasını engellemek için uygulanan bir basınçtır. Bu basınç, kuyu içinde formasyonun istikrarını sağlamak ve sıvı kaybını önlemek amacıyla kullanılır. Geri basınç, sıvının kuyu içinde çatlaklara veya boşluklara sızmasını ve kuyunun çökmesini engellemek için kullanılır.

Geri Basınç = Hidrostatik Basınç + Ekstra Uygulanan Basınç

Hidrostatik Basınç: Sondaj sıvısının kuyu derinliği nedeniyle oluşan doğal basınç.

Ekstra Uygulanan Basınç: Kuyu içindeki formasyonun istikrarını sağlamak için uygulanan ekstra basınç.

İleri basınç, dolaşımın düzgün bir şekilde gerçekleşmesini sağlar ve tortuların kuyu içinden çıkmasına yardımcı olur. Geri basınç ise formasyon istikrarını korurken sıvı kaybını ve kuyu çökmesini önler. İleri ve geri basınç sondaj operasyonlarının güvenli ve etkili bir şekilde gerçekleşmesi için önemli bir denge sağlar.

Pompa Gücü Hesaplamaları

Kuyu içindeki sıvıyı yüzeye çıkarmak için kullanılan pompanın gücü hesaplanır. Pompa gücü, sıvının viskozitesi, akış hızı ve yükseklik farkı gibi faktörlere bağlıdır.

Pompa gücü hesaplamasında kullanılan denklem şu şekildedir:

$P = (Q * P) / \eta$

Burada

- P, pompa gücünü (kW) ifade eder.
- Q, dolaşım hızını (m^3/s) ifade eder.
- P, basınç düşümünü (Pa veya N/m^2) ifade eder.
- η, pompa verimliliğini ifade eder.

1. **Dolaşım Hızı (Q) Hesaplama:** Dolaşım hızı, daha önce belirtildiği gibi birim zamanda kuyu içinde dolaşan sondaj sıvısının miktarını ifade eder. Bu değeri kullanmak için dolaşım hızı litre / dakika veya m^3/s cinsinden ifade edilir.
2. **Basınç Düşümü (P) Hesaplama:** Basınç düşümü, pompalamanın sonucu olarak boru hattında meydana gelen basınç kaybını ifade eder. Bu kayıp, boru hatlarının çapı, uzunluğu ve direnç kaynaklarına bağlı olarak değişebilir. Basınç düşümü paskal (Pa) veya newton / metrekare (N/m^2) cinsinden ifade edilir.
3. **Pompa Verimliliği (η):** Pompanın verimliliği, pompanın enerjiyi ne kadar etkili bir şekilde dönüştürdüğünü gösterir. Genellikle yüzde (%) olarak ifade edilir. Pompanın verimliliği hakkındaki bilgi tedarikçi belgelerinden veya saha testlerinden elde edilir.

Örnek

Dolaşım hızı 0,005 m^3/s (veya 5 l/s), basınç düşümü 4000 Pa (veya 4000 N/m^2) ve pompa verimliliği % 80 ise

$P = (0{,}005\ m^3/s * 4000\ N/m^2) / 0{,}80 = 25$ kW olarak hesaplanır.

Bu örnek, verilen dolaşım hızı, basınç düşümü ve pompa verimliliği değerleri ile pompanın gereksinim duyduğu gücü hesaplar. Gerçek pompa gücü hesaplamaları, daha fazla faktör ve parametreyi içerebilir. Sondaj operasyonlarında ileri ve geri basınçlar, kuyu derinliği, formasyon özellikleri, sondaj sıvısı bileşimi ve diğer faktörlere bağlı olarak ayarlanır. Bu basınçlar, operasyonun başarısı ve kuyu istikrarı için dikkatlice kontrol edilmelidir.

Kuyu İstikrarı Hesaplamaları: Sondaj sürecinde kuyu duvarlarının stabilitesini sağlamak önemlidir. Kuyu istikrarı hesaplamaları, kuyu duvarlarının çökmesini veya çatlamasını engellemek için gerekli olan basınç ve dolaşım oranını belirler.

1. **Formasyon Basıncı (Pore Basıncı) Hesaplama:** Kuyunun içindeki formasyon basıncı, çevresel kaya ve toprak tabakalarının doğal basıncını ifade eder. Bu basınç, kuyu duvarlarının çökmesini ve istenmeyen sıvı veya gaz sızıntılarını önlemek amacıyla karşılanmalıdır.
2. **Köpük Basıncı Hesaplama:** Sondaj sırasında köpük veya hafifletilmiş sıvılar kullanılıyorsa köpük basıncı dikkate alınmalıdır. Köpük basıncı, kuyu duvarlarından çökmeyi önlemek ve istenmeyen akışkan sızıntılarını engellemek için gereklidir.

3. **Eş Değer Sirkülasyon Basıncı Hesaplama:** Kuyu içindeki dolaşım sıvısının, kuyu duvarlarına yeterli basınç uygulayarak formasyon basıncını dengelemesi gereklidir. Eş değer sirkülasyon basıncı, formasyon basıncını karşılamak ve kuyu duvarlarını stabilize etmek için gereken basınçtır.
4. **Dolaşım Oranı Hesaplama:** Dolaşım oranı, kuyu içindeki dolaşım sıvısının formasyon basıncını dengelemek için yeterli hızda dolaştığı oranı ifade eder. Bu oran, kuyu istikrarını sağlamak ve çökme riskini azaltmak için kritiktir.
5. **Paketlenme Basıncı Hesaplama:** Kuyu duvarlarının çatlamasını engellemek ve istikrarını sağlamak için gereken minimum basınçtır. Paketlenme basıncı, formasyon basıncı ve istikrarın korunması için gereken basınçtır.

Kuyu istikrarı hesaplamaları, kuyunun derinliği, formasyon özellikleri, sondaj sıvısı özellikleri ve diğer faktörlere bağlı olarak değişebilir. Bu hesaplamalar, kuyunun güvenli ve etkili bir şekilde sondaj işlemini sürdürebilmesi için önemlidir. Sondaj operasyonları sırasında sürekli olarak kuyu istikrarının izlenmesi ve gerektiğinde ayarlamaların yapılması gereklidir.

4. ETKİNLİK

Sondaj hidroliğini etkileyen unsurlarla ilgi araştırma yaparak bir sunum hazırlayınız. Hazırladığınız sunumu arkadaşlarınızla paylaşınız.

İşlem Basamakları

- Sunuda sondaj hidroliğini etkileyen durumlarla ilgili yazı, resim, video, şekil, fotoğraf vb. en az dört farklı materyal kullanınız.
- Su basıncı akış hızı ve sondaj sıvılarına yer veriniz.
- Sunu süresini belirleyiniz.
- Sununun değerlendirmesi aşağıdaki puanlama anahtarına göre yapılacaktır.

PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ	3 Puan	2 Puan	1 Puan
Derinlik ve Zemin Koşulları: Sunumda sondaj hidroliğini etkileyen en önemli faktörlerden biri olan derinlik ve zemin koşulları (toprak türü, sıkıştırılabilirlik, geçirgenlik vb.) hakkında doğru ve detaylı bilgi verdi.			
Su Basıncı ve Akış Hızı: Sunumda sondaj hidroliği sırasında su basıncı ve akış hızının sondaj işlemine nasıl etki ettiğini anlattı. Bu parametrelerin nasıl kontrol edilip optimize edildiğini açıkladı.			
Sondaj Sıvısı Karışımı ve Bileşimi: Sunumda sondaj sıvısının (çamur) karışımı ve bileşiminin hidroliğe etkisi hakkında bilgi verdi. Farklı zemin türleri ve sondaj amaçlarına göre nasıl değişiklikler yapıldığını anlattı.			
Ekipman ve Teknoloji: Sunumda sondaj hidroliği işleminin kullanılan ekipman ve teknoloji ile nasıl optimize edildiği, basınç ve akış kontrol sistemlerinin nasıl çalıştığı hakkında açıklamalar yaptı.			
Çevresel Etkiler ve Güvenlik: Sunumda hidrolik sondajın çevresel etkileri ve güvenlik konuları hakkında bilgi verdi.			
Uygulama Örnekleri ve İletişim: Sunumda farklı sondaj projelerinden örnekler verdi ve hidroliğin gerçek dünyada nasıl uygulandığına dair örnekler sundu.			
Dil ve İfade Kullanımı: Sunumu açık, anlaşılır ve dil bilgisi kurallarına uygun yaptı.			
İletişim ve Katılımcı Etkileşimi: Sunum sırasında arkadaşlarından gelen sorulara etkili ve yetkin bir şekilde cevap verdi.			

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerin başındaki kutucuklara verilen bilgiler doğruysa D, yanlışsa Y yazınız.

☐ **1.** Sondaj sıvısının akış tipleri laminer ve türbülanslı akıştır.

☐ **2.** Sondaj sıvısı akış tiplerinden biri olan laminer akış, sıvı akışının hızlı olduğu durumda oluşur.

☐ **3.** Su bazlı sondaj sıvılarının çevre üzerindeki olumsuz etkileri, petrol bazlı olanlara göre çok daha düşük seviyededir.

☐ **4.** Sondaj işleminin en önemli sorunlarından biri sondaj çamurunun ve sondaj kırıntılarının ıslah edilmesidir.

☐ **5.** Hareketsiz ve durgun sondaj çamurlarında jel kuvveti azalır.

☐ **6.** Sondaj çamurunun yoğunluğu sondaj işleminin ilerleme hızını etkileyen parametrelerden biridir.

☐ **7.** Sondaj çamurunu ağırlaştırmak için suda çözünebilen tuzlar kullanılır.

B) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerleri uygun ifadelerle tamamlayınız.

8. Sondaj güçlüklerini ortadan kaldırmak için çeşitli kimyasallar kullanılarak hazırlanan sıvıya ..... denir.

9. Sondaj çamurunun viskozite ölçmelerinde ..... kullanılır.

10. Sondaj çamurunun viskozite, debi ve sirkülasyon basınçlarının bütünü ..... olarak ifade edilir.

11. Sondaj kuyusundaki akışkanın sirkülasyonu nedeniyle hidrolik devrede ortaya çıkan sürtünme basınç değişimlerine ..... denir.

12. Sondaj sırasında sondaj sıvısını sirküle etmek için ..... kullanılır.

13. Sondaj atığının 600 ^{0}C'nin altındaki sıcaklıklarda ısıtılması ile atığın düzenli depolamaya gönderilebilir hâle getirilmesi ..... işlemi ile yapılır.

C) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

14. Aşağıdakilerden hangisi sondaj çamurunun görevlerinden biri değildir?

A) Matkabı soğutmak

B) Kuyu duvarında oyuklar oluşmasını önlemek

C) Formasyon basıncını önlemek

D) Takım ve muhafaza borularının hareketini kolaylaştırmak

E) Sondaj süresini kısaltmak

15. Aşağıdakilerden hangisi su bazlı sondaj çamurlarından değildir?

A) Kireç çamuru

B) Jips çamuru

C) Doymuş tuzlu su çamuru

D) Ether bazlı çamur

E) Deniz suyu çamuru

16. Aşağıdakilerden hangisi sondaj çamurunu ağırlaştırmak için kullanılan katkı maddelerinden biridir?

A) Barit B) Bentonit C) Kostik

D) Nişasta E) Polimer

17. Aşağıdakilerden hangisi sondaj çamuru atıklarının ıslah edilmesi için kullanılan yöntemlerden mikro organizmaların kullanılarak atığın bozunumunu sağlayan iyileştirme yöntemidir?

A) Biyoremediasyon B) Enjeksiyon C) Fitoremediasyon

D) Susuzlaştırma E) Termal arıtma

18. Aşağıdakilerden hangisi sondaj sıvısının akmaya karşı sürtünme direnci ve sirkülasyon sisteminde akışkanı ittiren basınç gereğinin ana bileşenlerinden değildir?

A) Debi

B) Akış alanı

C) Sistem uzunluğu

D) Akışkanın birim hacim ağırlığı

E) Akışkanın kimyasal özelliği

19. Sıvı emme yüksekliğinin 6-7 m'den fazla olduğu yerlerde kullanılır. Suyun basma özelliğinden yararlanarak çalışır. Buna göre özelliği verilen sondaj çamur pompası aşağıdakilerden hangisidir?

A) Dalgıç B) Derin kuyu C) Pistonlu

D) Santrifüj E) Sirkülasyon

20. Aşağıdakilerden hangisi sondaj hidroliğini etkileyen parametrelerden biri değildir?

A) Sıvı reolojisi B) Kritik hız C) Laminar akış

D) Matkabın özelliği E) Sondaj dizisi

21. Aşağıdakilerden hangisi organik bazlı sondaj çamurlarından değildir?

A) Birinci kuşak sentetik çamurlar

B) Silikat çamurları

C) Ester bazlı çamur, PAO bazlı çamur

D) Ether bazlı çamur, asetal bazlı çamur

E) İkinci kuşak sentetik çamurlar

22. Sondaj çamurunun yoğunluğunu ölçen alet aşağıdakilerden hangisidir?

A) Santrifüj pompa B) Monometre C) Hidrometre

D) Fan viskozimetresi E) Marsh hunisi

Ç) Aşağıdaki soruların cevaplarını verilen noktalı alanlara yazınız.

23. Sondaj çamuru nedir? Özelliklerini karşılaştırarak yazınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

24. Sondaj çalışmalarında kullanılan pompalar nelerdir? Özelliklerini karşılaştırarak yazınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ÖĞRENME BİRİMİ

SONDAJ TEKNİKLERİ

KONULAR

- 3.1. KAROTLU SONDAJ TEKNİĞİ
- 3.2. ROTARİ SONDAJ TEKNİĞİ
- 3.3. HAVALI VE KÖPÜKLÜ SONDAJ TEKNİĞİ

TEMEL KAVRAMLAR

Karotlu sondaj, rotari sondaj, havalı sondaj, köpüklü sondaj, karotiyer

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

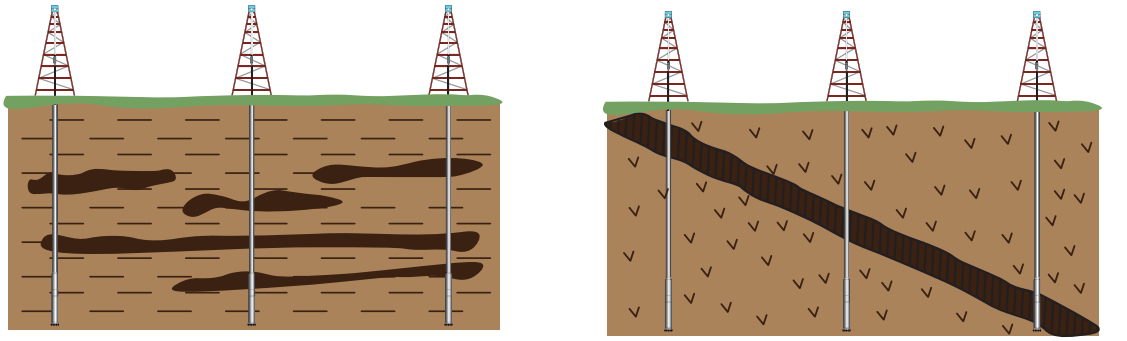
- Karotlu sondaj tekniği
- Rotari sondaj tekniği
- Havalı ve köpüklü sondaj tekniği

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

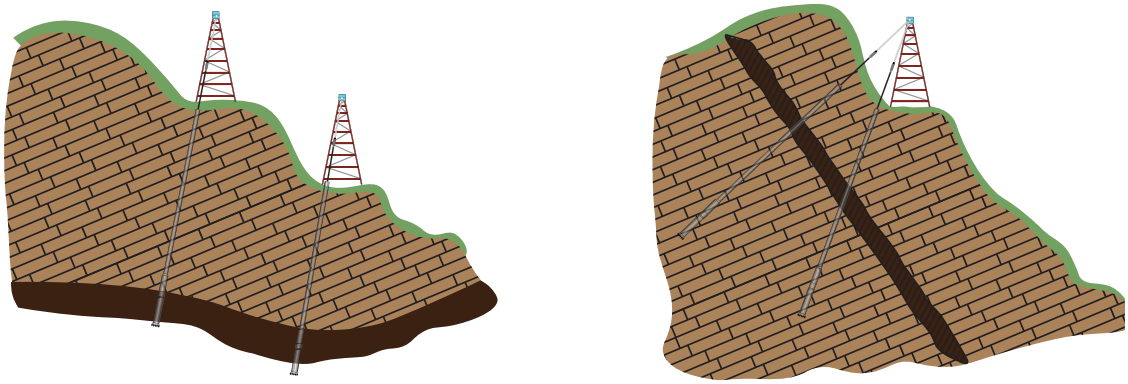
Yer altı kaynaklarıyla ilgili bilgi edinme yolları neler olabilir? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

3.1. KAROTLU SONDAJ TEKNİĞİ

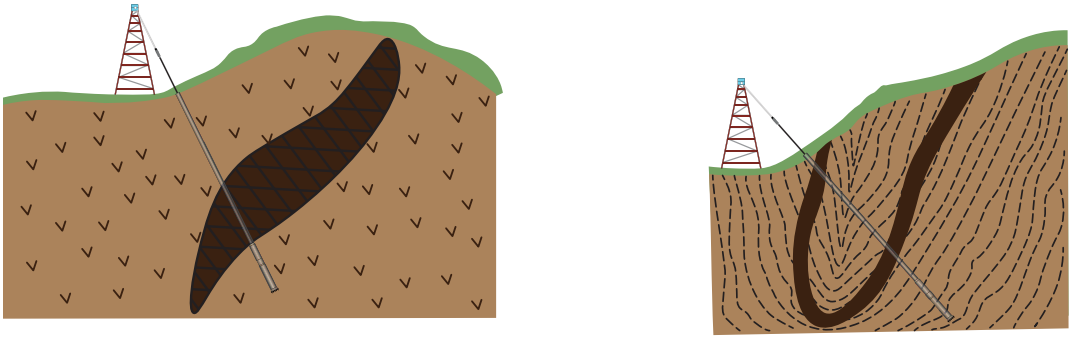
Sondaj farklı amaç ve uygulamalarla yapılır (Görsel 3.1). Madencilik sektöründe yer altı kaynaklarının araştırılmasında sondaj işleminden yararlanılır. Bu işlem; kullanılan araç ve ekipman, sondajın yapılış amacı, aranan yer altı kaynağının türü ile bulunduğu ortama göre farklılık gösterir. Sondaj işlemi sondaj yerinin seçimi ve sondaj kuyusunun açılması ile başlar.



a) *Dikey sondaj kuyusu*



b) *Yatay sondaj kuyusu*



c) *Yatay sondaj kuyusu*

Görsel 3.1: Madencilikte sondaj uygulama şekilleri

Sondaj kuyularının derinliği, çalışmanın amacı ve formasyonun özelliğine göre değişebilir. Derinliğine göre sondajlar aşağıdaki gibi sınıflandırılır.

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

Sığ sondaj genellikle maden arama ve su sondajları için tercih edilir. **Derin sondaj** ise petrol ve doğal gaz aramalarında yapılan sondajlardır. **Çok derin sondaj** kuyularının açılması yüksek maliyet gerektirir. Bunlar genellikle doğal gaz çıkarmak amacıyla açılan sondajdır. Bunlar sondaj kuyusu derinliğinin yanı sıra kuyu çapının genişliğine göre de sınıflandırılır.

Dar Çaplı Sondajlar: Kuyu çapı 6 inçten (152,4 mm) daha küçük olan sondajdır.

Geniş Çaplı Sondajlar: Kuyu çapı 6-24 inç (152,4 - 609,6 mm) arası olan sondajdır.

Çok Geniş Çaplı Sondajlar: Kuyu çapı 24 inçten (609,6 mm) daha geniş olan sondajdır.

BİLGİ KÖŞESİ

4500-6000 m derinliğe kadar inmiş sondajlar çok derin sondajdır. 6000 m'den daha derine inmiş sondajlar ise **ultra derin sondaj** olarak adlandırılır. Dünyada bugüne kadar yapılmış en derin sondaj 9500 m'dir. Ülkemizde ilk derin petrol kuyusu, 1934 yılında Midyat'ta 1351 m derinlikte darbeli yöntemle Petrol Arama ve İşletme İdaresi adına yapılmıştır.

Sondajlar yapılış amacı ve yapıldıkları yere göre sınıflandırılır. Sondajların büyük bir kısmı karada yer üstünde yapılır. Kara dışında su altındaki kaynakların araştırılması amacıyla göl, deniz ve okyanus gibi alanlarda da sondaj yapılır.

Kara Sondajları: Bu sondajlar yer üstünde ya da tünel galeri gibi yer altı boşluklarında yapılır (Görsel 3.2). Genellikle petrol arama ve su sondajları ile maden aramaları amacıyla yapılan sondajlardır. Sondaj kuyusu derinliği sığ veya derin olabilir.

Görsel 3.2: Karada sondaj

Sığ Deniz Sondajları: Su derinliğinin yaklaşık 200 m'yi bulduğu yerlerde deniz tabanına kurulan platformlarla sondaj kuyusu açılır (Görsel 3.3). Sondaj işlemi aranan maddenin özelliğine göre karalarda yapılan sondaja benzer şekilde gerçekleştirilir.

Derin Deniz Sondajları: Bu sondajlarda suyun derinliği 1000 m'nin üzerindedir. Su derinliğinin fazla olması sabit sondaj platformlarının kurulmasını engeller. Bu nedenle özel donanımlı sondaj gemileri yardımıyla sondaj işlemi gerçekleştirilir.

Görsel 3.3: Denizlerde sondaj

Sondaj işlemi yapılış amaçlarına göre arama, geliştirme ve üretim sondajı olarak sınıflandırılır. **Arama sondajı**, yer altı kaynaklarının tespiti, miktarı, türü ve diğer özelliklerini saptamak amacıyla yapılır. **Geliştirme sondajı**, tespit edilen yer altı kaynağının yayılışı, büyüklüğü ve boyutunu belirlemek amacıyla yapılır. **Üretim sondajı** ise sınırları, özellikleri tespit edilmiş ve işletilmesine karar verilen kaynakların yer üstüne çıkartılması amacıyla yapılır.

Yer altında bulunan kaynaklar hakkında bilgi edinmek amacıyla çeşitli araçlar kullanılarak yapılan sondaj işlemine **karotlu sondaj** denir (Görsel 3.4). Karotlu sondaj döner sondaj yöntemlerinden biridir. Karotlu sondaj tekniği, kara yolu, demir yolu, havaalanı, liman, etüt ve inşaatlarda kullanılmakla birlikte en yaygın kullanım alanlarından biri madenciliktir.

Görsel 3.4: Karotlu sondaj

Karotlu sondaj; bir maden sahasının aranması, değerlendirilmesi ve işletilebilirliğinin araştırılması amacıyla özel ekipmanlar kullanılarak yapılır. Metalik madenler ve kömür sahalarının bulunması, rezervlerinin tespit edilmesi ile maden sahasının üretime uygun hâle getirilmesi için karotlu sondaj tekniğinden yararlanılır. Karotlu sondaj tekniğinde maden yatağından örnek alınmasını sağlayan özel ekipmanlar kullanılır. Sondaj işlemi sırasında kesilen formasyondan silindirik numune alma işlemlerine **karot alma** denir. Bu işlemi yapan ekipmana ise **karotiyer** adı verilir.

Sondaj işlemi sırasında alınan örneğe **karot örnek** denir (Görsel 3.5). Karotlu sondaj tekniğinde sondaj kuyusu genellikle dikey yönde açılır. Bu durum karot örneğinin daha etkili bir şekilde yer üstüne çıkarılmasını sağlar. Karotlu sondajlar, konvensiyonel ve wire-line (vayır-layn) yöntem olarak ikiye ayrılır.

Görsel 3.5: Alınan karot örnekleri

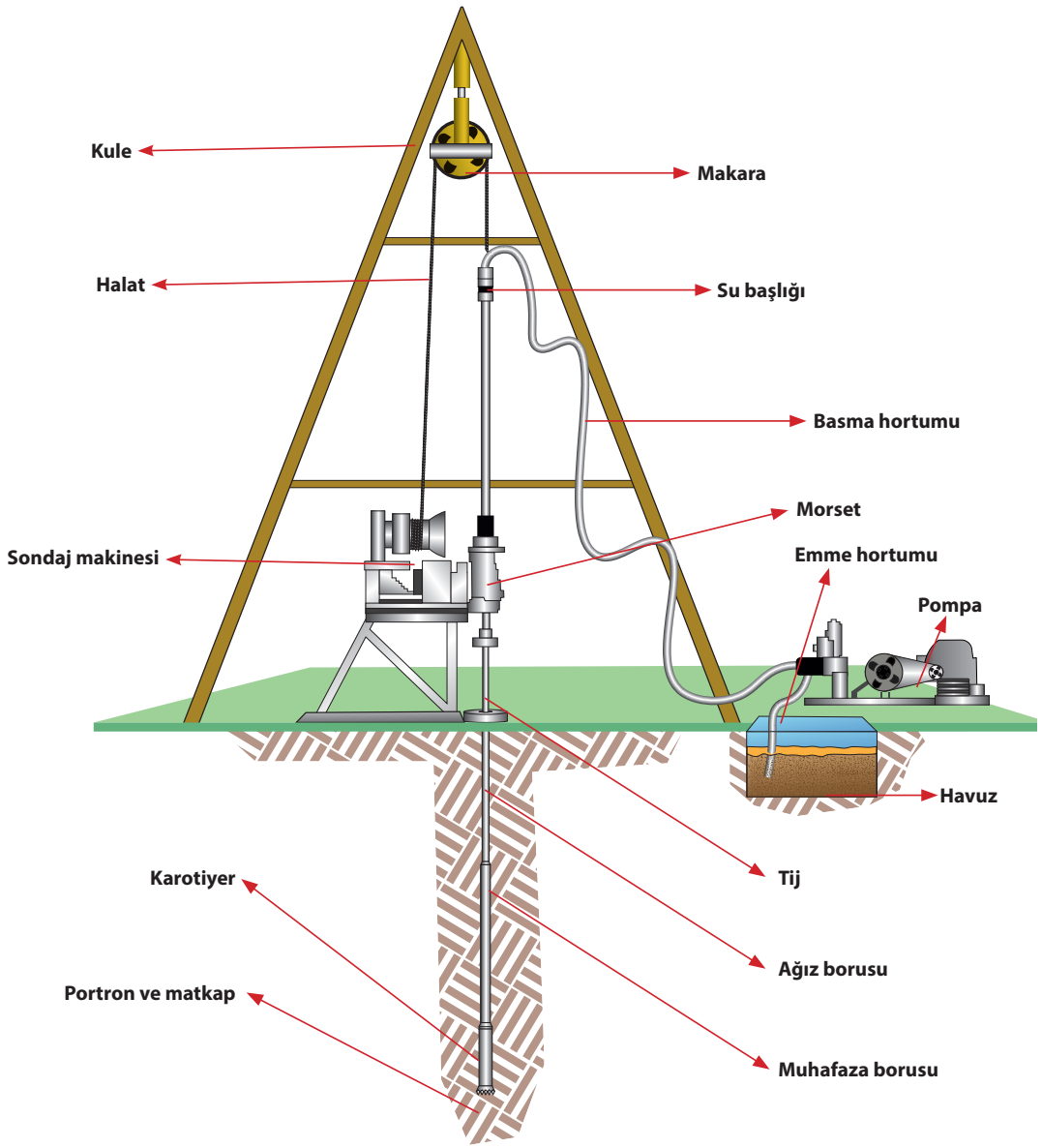
BİLGİ KÖŞESİ

Karot makinesi ilk olarak Almanlar tarafından betondan örnek almak için yapılan araştırmalar sonucunda bulunmuştur. Bu makineyle betonu silindir biçiminde delerek silindir içinde kalan ve havucu andıran betonu çıkartmışlardır. Havucu andırıyor olmasından kaynaklı, havuç anlamına gelen karot kelimesi ile isimlendirilmiştir. Böylelikle betonu silindir biçiminde delme eylemine **karot** ismi verilmiştir.

Konvensiyonel Karotlu Sondaj Tekniği

Konvensiyonel karotlu sondaj tekniği geleneksel karot alma yöntemlerinden biridir. Bu yöntemde karot alınabilmesi için sondaj kuyusunun iç ve dışında farklı özelliklere sahip ekipmanlar gerekir. Bu yöntemde sondaj takımının ucunda bulunan matkabın dönmesi ve ilerlemesi için gereken baskı, morset tarafından ve takım aracılığı ile uygulanır (Görsel 3.6).

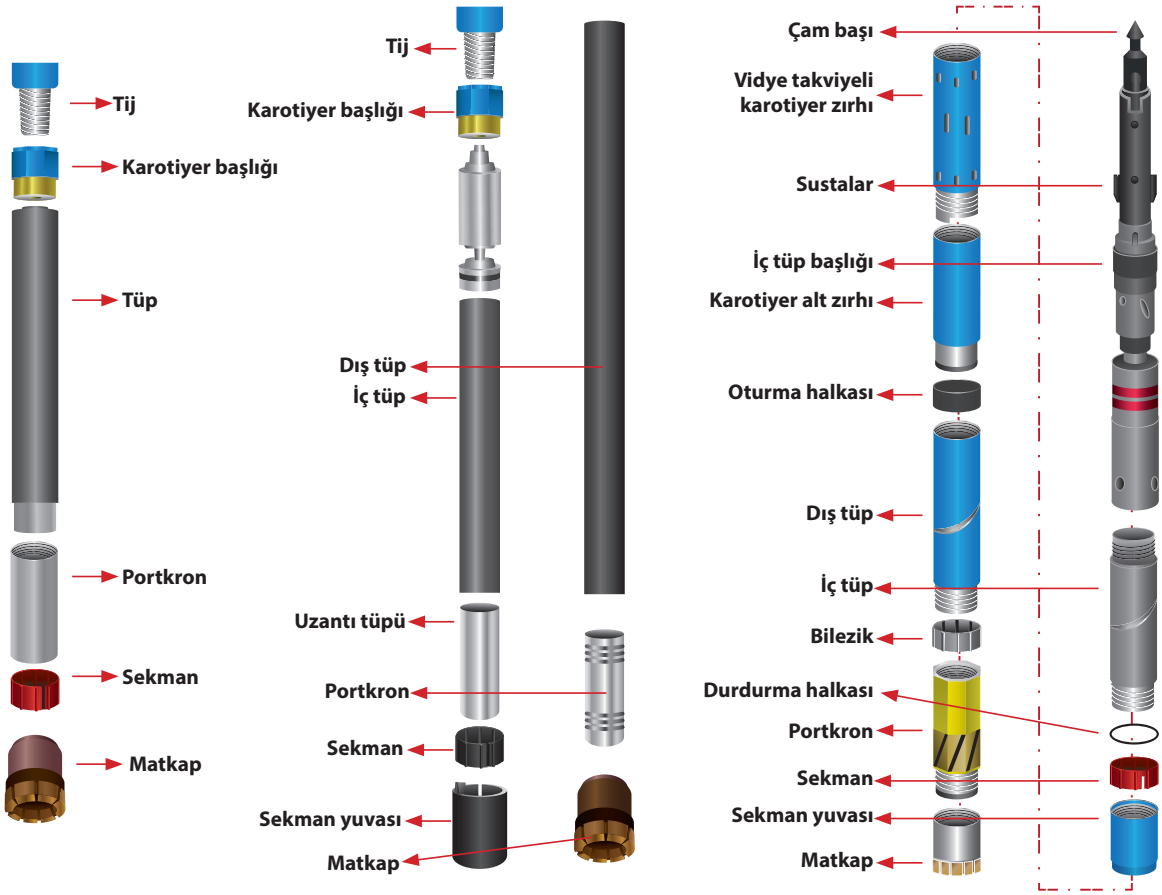
Delme işlemi sırasında kesilen formasyon, karotiyer içine alınır. Karotiyer dolduğu zaman tüm sondaj takımı sondaj kuyusu dışına çıkarılır. Matkabın formasyonu kesmesi sırasında takım içinden pompa aracılığıyla su veya sondaj çamuru uygulanır. Bu sondaj çamuru matkabın soğumasını ve kuyu tabanında yer alan kırıntıların kuyu dışına atılmasını sağlar. Konvensiyonel sondajda karot alma işleminde takımın kuyuya indirilmesi ve kuyudan çıkarılması nedeniyle sondaj kuyusunda bozulma meydana gelebilir. Ayrıca sondaj takımının her örnek alışında sondaj kuyusu dışına çıkarılması zaman kaybına neden olur. Bu nedenle konvensiyonel sondaj, genellikle sığ sondaj kuyularında karot numunesi almak için kullanılır.



Görsel 3.6: Konveksiyonel karotlu sondaj tekniği

Kablolu (Wıre-Line) Karotlu Sondaj Tekniği

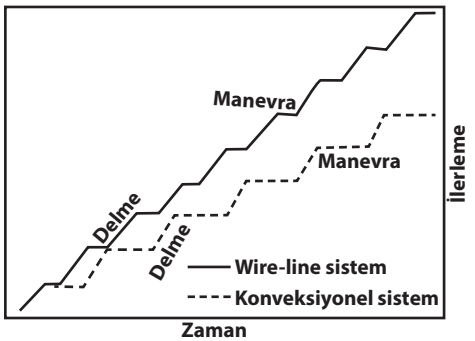
Derin sondaj kuyularında karot örneği alınırken tercih edilen yöntemlerden birdir (Görsel 3.7). Bu yöntemle alınan karot örneği, tij borularına her dolduğunda sondaj takımı kuyu dışına çıkarılmaz. Tijler içinde iç ve dış tüpler bulunur. Bu çift tüplü karotiyer içi tüp hem ekseni etrafında hem de yukarı aşağı hareket ederek tijler içinde kolayca hareket eder. İç tüpün içine dolan karot örneği, ince bir çelik halata bağlı olan ve **over shot [over şot (olta)]** adı verilen ekipman kuyuya indirilerek çıkarılır. Halat yardımıyla kuyu dışına çıkarılan iç tüpün içindeki karot numunesi boşaltılır. Bu yöntem zaman kaybını önlemesi açısından özellikle derin sondaj işlemlerinde tercih edilir.



Görsel 3.7: Wire-line karotlu sondaj çeşitleri

Wire-line karotlu sondaj, sığ kuyularda konvensiyonel karotlu sondaj tekniğine göre daha yüksek verim sağlamak amacıyla kullanılır. Bu yöntemde kullanılan sondaj ekipmanları daha hafif ve güvenlidir.

Karotlu sondaj işlemi ekonomik yönden yüksek maliyetlidir. Ancak kesin veri sağlaması nedeniyle özellikle geniş çaplı projelerde en sık kullanılan yöntemdir. Karotlu sondajlarda derinlik arttıkça sondaj koşulları zorlaşır, sondaj süresi ve maliyeti artar. Etkili bir karotlu sondaj yapabilmek için en uygun koşulların detaylı olarak planlanması gerekir (Grafik 3.1).



Grafik 3.1: Konvensiyonel ve wire-line karotlu sondajların karşılaştırılması

Karot Sandıklama

Sondaj işlemi sırasında alınan karot örneği **karot sandığı** adı verilen sandıklara yerleştirilir (Görsel 3.8). Karotların sandıklanması alınan numunelerin güvenli bir şekilde saklanması ve analiz için kullanılmasını sağlar. Karot örnek blokları araziden taşınarak laboratuvar ortamına getirilir. Karotlu sondajla alınan numuneler yer altı kaynakları hakkında bilgi vermesi açısından önemli bir veri kaynağı oluşturur.

Görsel 3.8: Karot sandıklama

DİKKAT EDİYORUM

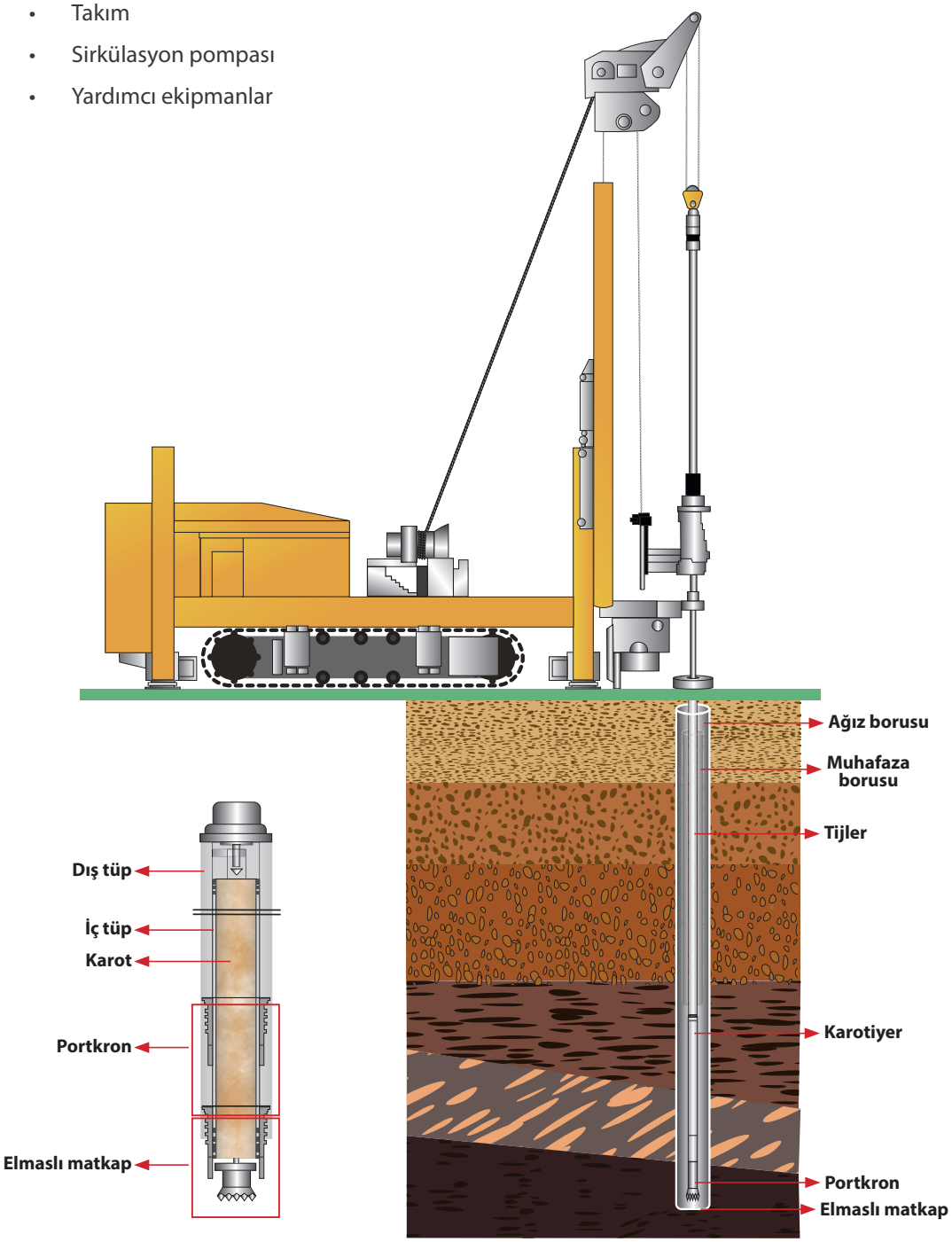
- Karot numunesi alınan yerlerden elektrik, telefon, su gibi tesisatların geçip geçmediği kontrol edilir.
- Karot makinesi çalışırken kullanılan suyun elektrik kablolarına ve fişlere temas etmemesi için gerekli tedbirler alınır.
- Makine çalışırken parça fırlamaları olabileceği düşünülerek makinenin önünde durulmaz.
- Karot makinesi, numune alınacak yere tam olarak monte edilir.
- Sondaj işlemi sırasında karot makinesi kullanan çalışanlar, kişisel koruyucu donanım ekipmanları kullanarak gerekli güvenlik tedbirlerini alır.

Karotlu sondaj tekniğinde kullanılan makine ve ekipmanların ölçü ve kalite yönünden uygun standartlara sahip olması gerekir. Sondajda kullanılan makine ve ekipmanların niteliği sondaj çalışmalarında verimliliği artırır. Karotlu sondajlarda kullanılan malzemeler ülkelere göre farklılık gösterir. Türkiye'de wire-line karotlu sondaj ekipmanları için hazırlanmış ISO 10097 Standardı bulunur. Bu standart, TSE (Türk Standartları Enstitüsü) tarafından denemesi yapılmış ve TSE-ISO 10097 olarak yürürlüğe girmiştir. Avrupa'da üretilen wire-line karotlu sondaj ekipmanları ile ilgili olarak ISO 10098 Standardı kullanılır.

3.1.1. Karotlu Sondaj Tekniğinde Kullanılan Ekipmanlar

Her sondaj tekniğinin özelliğine göre kullanılan sondaj ekipmanları bulunur. Madencilikte en sık kullanılan tekniklerden biri olan karotlu sondajın etkili bir şekilde yapılabilmesi için bazı özel makine ve ekipmanlara ihtiyaç vardır (Görsel 3.9). Bu makine ve ekipmanlar şu şekilde sıralanabilir:

- Sondaj makinesi
- Takım
- Sirkülasyon pompası
- Yardımcı ekipmanlar



Görsel 3.9: Karotlu sondajlarda kullanılan makine ve ekipmanlar

Sondaj Makinesi

Karotlu sondaj çalışmalarında kullanılan sondaj makineleri, dönüş sistemine göre morsetli veya döner kafalı olarak ikiye ayrılır. Karotlu sondaj makineleri, taşıyıcısız olarak kullanılabileceği gibi kamyon, palet, traktör ve duba üzerine de monte edilerek kullanılabilir. Wire-line karotlu sondaj çalışmalarında kızaklı ve paletli hidrolik sondaj makineleri kullanılır (Görsel 3.10 ve 3.11).

Görsel 3.10: Kamyonet monteli ve paletli döner kafalı sondaj makinesi

Karotlu bir sondaj makinesinin ana bölümleri şunlardır:

- Güç kaynağı (motor)
- Güç aktarma organları (şanzıman, dişli sistemleri)
- Sondaj ekipmanları kısmı (morset, ana vinç, wire-line vinç)
- Kule
- Yürüyüş kısmı (palet)

Görsel 3.11: Paletli sondaj makinesi

Güç Kaynağı

Sondaj makinelerinde güç kaynağının sağlanması için benzinli, dizel ve elektrikli motorlar kullanılır (Görsel 3.12). Karotlu sondaj makinelerinin motor gücü sondaj derinliğine göre ayarlanır.

Görsel 3.12: Motor

Takım

Karotlu sondaj çalışmalarında sondaj kuyusunun açılabilmesi ve sondaj kuyusundan örnek alınabilmesi için sondaj kuyusunun iç ve dışında kullanılan ekipmanlar **takım** olarak adlandırılır. Sondaj takımını oluşturan ekipmanlar şunlardır:

- Su başlığı
- Tij
- Karotiyer
- Portkron
- Matkap

Görsel 3.13: Su başlığı

Su Başlığı: Takımın en üst kısmında yer alır. Su başlığı, sondaj pompası tarafından pompalanan sondaj çamurunun tijler aracılığıyla matkaba ve sondaj kuyusuna ulaşmasını sağlar (Görsel 3.13).

Görsel 3.14: Tij

Tij: Su başlığının altında bulunur. Sondaj makinesinin dönme hareketi ve baskı kuvvetini, matkaba ve sondaj kuyusu tabanına iletir. Matkabın etkili bir şekilde çalışmasını sağlayan takım dizisinin önemli elemanlarından biridir. Silindir şeklinde ekipmanlardır (Görsel 3.14).

Görsel 3.15: Karotiyer

Karotiyer: Karotlu sondaj ekipmanlarının en önemlilerindendir. Sondaj sırasında karot alınma işlemi karotiyer aracılığıyla gerçekleştirilir. Karotiyerler içleri boş olan silindir şeklinde borudur. Karotiyerin ucundaki dişler sondaj makinesinin dönme hareketi ve baskı kuvvetinden yararlanarak kesilen formasyon üzerinde ilerler. İlerleme sırasında matkabın kestiği karotu içine alarak karotun yer üstüne çıkarılmasını sağlar. Karotiyerler sayesinde farklı çap ve ölçüde numune alınabilir. Yatay veya dikey kesim yapabilen türleri bulunur (Görsel 3.15).

Karotlu sondaj çalışmalarında kullanılan karotiyerler şunlardır (Görsel 3.16):

- **Tek Tüplü Karotiyerler**

Karotiyer başlığı ile tüpten oluşur ve tij borularının içine yerleştirilir. Sondaj çamuru karotiyerin içinden geçerek dolaşımı sağlar. Sondaj sıvısının karotla temas etmesi durumunda karot numunesi olumsuz etkilenebilir. Bu nedenle karot alma işlemi su geçirgenliği yüksek olan formasyonlarda tercih edilmez.

- **Çift Tüplü Karotiyerler**

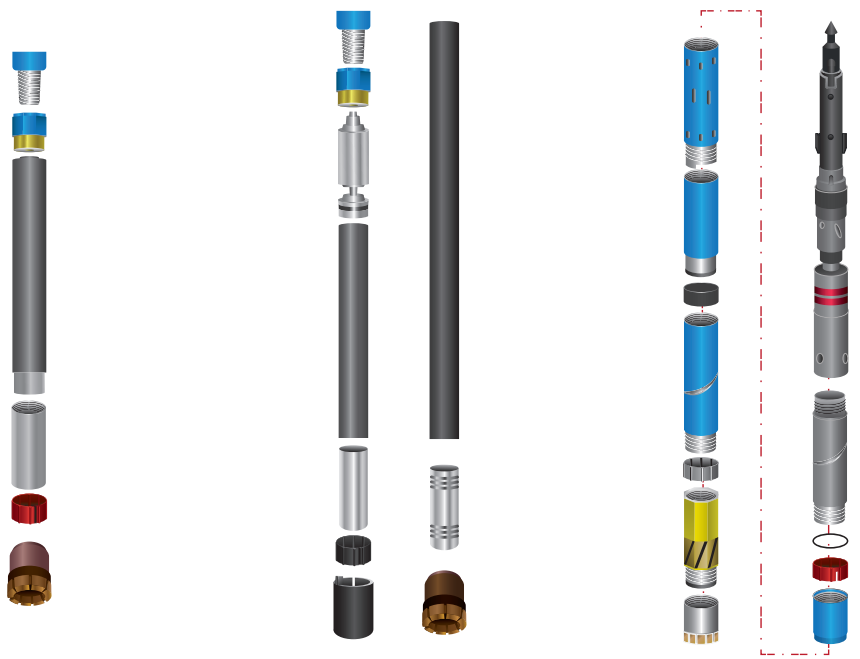
Çift tüplü karotiyerlerin gövdesi iç içe iki tüpten oluşur. Her iki tüp birlikte döner. Sondaj sıvısı, iki tüp arasından geçerek matkaba ulaşır ve karotla temas etmez. Suya karşı dayanıklılığı az olan ve zor karot alınabilen formasyonlarda kullanılır. Çift tüplü karotiyerlerle alınan karotların yüzdesi yüksektir.

- **Üç Tüplü Karotiyer**

İç içe üç tüpten oluşur ve en içteki tüp sabit durumdadır. Özellikle yumuşak formasyonlarda karot alınırken tercih edilir.

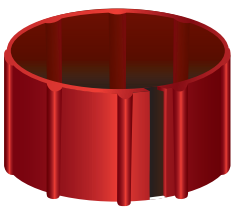
- **Kablolu (Wire-Line) Karotiyerler**

Wire-line karotiyerler, genellikle derin karotlu sondaj kuyularında zamandan tasarruf sağlamak için kullanılır. Çift tüplü karotiyerlerin benzeridir ancak bu karotiyerde iç tüp hem ekseni etrafında hem de ekseni boyunca hareket eder. En sık kullanılan karotiyerlerden biridir.



Görsel 3.16: Sırasıyla tek tüplü, çift tüplü kablolu karotiyer

Segman (Karot Tutucu): Sondaj çalışmalarında karotun tabandan koparılmasını ve karotiyer kuyu dışına çıkarılırken karotun karotiyer içinde kalmasını sağlayan ekipmandır (Görsel 3.17). Segmanlar özel çelikten yapılmış ve hassas ölçü toleranslarında olup ısıl işlem uygulanması nedeniyle esneme özelliğine sahiptir.



Görsel 3.17: Segman

Portkron: Karotiyer ve matkabı birbirine bağlar (Görsel 3.18). Portkronun çapı matkap çapından daha geniştir (yaklaşık 0,13-0,38 mm). Delme işlemi sırasında matkabın üst kısmında bulunan portkron, kuyuyu genişletir.

Görsel 3.18: Vidyeli portkron

Matkap: Karotlu sondaj çalışmalarında kullanılan takım dizisi ve kayaç özelliklerine bağlı olarak farklı özelliklerde matkap kullanılır (Görsel 3.19). Bu matkaplar şu şekilde sıralanabilir:

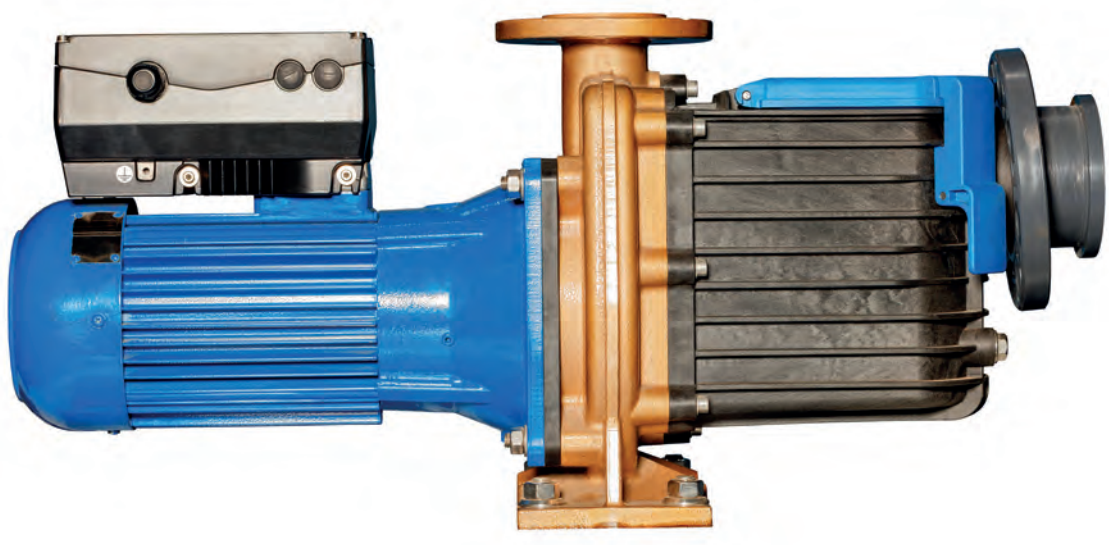
- Elmaslı
- Polikristalin elmaslı
- Vidyeli
- Üç konili

Karotlu sondajlarda genellikle görece yumuşak kayaçlar için vidyeli matkaplar, orta sert ve sert kayaçlar için yüzeyden taneli elmaslı matkaplar kullanılır.

Görsel 3.19: Matkap

Sirkülasyon Pompası

Sirkülasyon pompası, karotlu sondaj çalışmalarında matkabın soğutulmasını ve sondaj kuyusunda oluşan kırıntıların kuyu dışına atılmasını ve kullanılan sondaj sıvısının kuyu içine ulaşmasını sağlar (Görsel 3.20).



Görsel 3.20: Sirkülasyon pompası

Yardımcı Ekipmanlar

Karotlu sondaj işleminde ana ekipmanların yanı sıra sondaj işleminin etkili bir şekilde yapılmasını sağlayan yardımcı ekipmanlara da ihtiyaç duyulur. Karotlu sondajlarda kullanılan yardımcı ekipmanlar şunlardır:

- Muhafaza boruları
- Kravat
- Manevra başlığı
- Bağlantı elemanları
- Karotiyer anahtarları
- Karot çıkartıcı
- Zincirli boru anahtarları
- Boru tutucu
- Halatlar

Muhafaza Boruları: Muhafaza boruları, sondaj kuyusunda meydana gelebilecek çökmeleri ve tij borularının aşınmalarını önlemek amacıyla kullanılır (Görsel 3.21). Ayrıca çatlaklı kayaçlarda oluşabilecek su kaçaklarının önlenmesinde de muhafaza borularından yararlanılır.

Görsel 3.21: Muhafaza boruları

Kravat: Kravat, muhafaza borularının kuyu içinde kaymalarını önlemek amacıyla kullanılan karotlu sondaj yardımcı elemanlardandır. Kravatlar, kullanılacak muhafaza borularının çaplarına uygun olarak üretilir.

Manevra Başlığı: Sondaj takımının kuyuya indirilip çıkarılmasında kullanılır. Manevra başlığının üst bölümünde bir halka yer alır. Bu halkaya ana vinç çelik halatın ucundaki kanca takılır. Alt ucunda ise birlikte kullanılacağı tijin bağlantı dişleri bulunur.

Görsel 3.22: Bağlantı elemanı

Bağlantı Elemanları: İki farklı sondaj ekipmanını birbirine bağlayarak aynı takım içinde ve bir arada kullanılabilmelerini sağlayan elemandır (Görsel 3.22).

Karotiyer Anahtarları: Karot anahtarları, karotiyer sistemlerinin iç borularından karot numunelerinin çıkarılması için kullanılan ekipmandır (Görsel 3.23).

Görsel 3.23: Karotiyer anahtarı

Karot Çıkartıcı: Karot numunesinin zarar görmesini önlemek amacıyla iç tüpten çıkarılmasını sağlayan yardımcı elemanlardan biridir. Karotun iç tüp içinde sıkıştığı durumlarda hidrolik pompa ya da sondaj kulesinin hava veya su sirkülasyon sistemi kullanılır.

Zincirli Boru Anahtarları: Muhafaza borularının tijler ve matkabın bağlanıp çözülmesinde kullanılan anahtarlardır, farklı ölçü ve boyutlarda üretilir (Görsel 3.24).

Boru Tutucu: Tij ve muhafaza borularının taşınması sırasında iş kazalarının önlenmesi amacıyla kullanılan boru tutucu yardımcı ekipmandır.

Halatlar: Karotlu sondajlarda yardımcı ekipmanlardan biri de halatlardır. Bunlar, sondaj makinesi ve sondaj ekipmanlarının kuyuya indirilmesi ya da kuyudan çıkarılmasında kullanılır (Görsel 3.25).

Görsel 3.24: Zincirli boru anahtarları

Görsel 3.25: Sondajlarda kullanılan çelik halat

1.ETKİNLİK

Türkiye ve dünyada karotlu sondaj tekniğinin uygulama alanları ve kullanılan ekipmanlarla ilgili bir sunum hazırlayınız. Hazırladığınız sunumu sınıfta paylaşınız.

İşlem Basamakları

- Sunuda karotlu sondaj tekniği ile ilgli yazı, resim, video, şekil, fotoğraf vb. en az dört farklı materyal kullanınız.
- Karotlu sondaj tekniğinde kulanılan ekipmanlara değininiz.
- Sunuda karotlu sondaj sırasında İSG önlemlerine yer veriniz.
- Sunum değerlendirmesi aşağıdaki puanlama anahtarına göre yapılacaktır.

PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ	3 Puan	2 Puan	1 Puan
Uygulama Alanlarının Doğru Anlaşılması: Karotlu sondaj tekniğinin Türkiye ve dünyada hangi alanlarda kullanıldığını anlattı.			
Karotlu Sondaj Tekniğinin Açıklanması: Sunum veya görseller kullanarak karotlu sondaj tekniğinin nasıl çalıştığını ve hangi amaçlarla kullanıldığını etkili bir şekilde belirtti.			
Uygulama Alanları Örnekleri: Sunumda farklı uygulama alanlarından (örneğin madencilikte mineral araştırmaları, inşaatta temel analizi) örnekler sundu.			
Ekipmanların Tanıtımı: Sunum veya görsellerle karotlu sondaj tekniğinde kullanılan ekipmanların nasıl çalıştığını ve hangi amaçla kullanıldığını açıkladı.			
Dünya ve Türkiye Karşılaştırması: Sunumda Türkiye ve dünya genelinde karotlu sondaj tekniğinin uygulanma sıklığı ve yaygınlığı hakkında karşılaştırmalı bilgi sundu.			
Dil ve İfade Kullanımı: Sunumu açık, anlaşılır ve dil bilgisi kurallarına uygun yaptı.			
İletişim ve Katılımcı Etkileşimi: Sunum sırasında arkadaşlarından gelen sorulara etkili ve yetkin bir şekilde cevap verdi.			

3.2. ROTARİ SONDAJ TEKNİĞİ

Rotari (dönen) bir matkaba uygulanan kuvvetle kayaçların parçalanarak sondaj kuyusunun açıldığı işlemdir (Görsel 3.26). Matkap bir boru dizisinin ucunda yer altına indirilip döndürülür. Dönerken üzerine gelen ağırlık etkisiyle ve dişleri aracılığıyla kayacı parçalar. Kesilen kaya parçaları, sondaj borusu ile sondaj kuyusu arasındaki halka şeklindeki boşlukta (anülüs) yukarıya doğru sürekli olarak sirküle edilen sondaj sıvısı tarafından kuyudan uzaklaştırılır. Kuyudan çıkarılan kayaç parçaları çamur havuzlarına aktarılarak çökmeye bırakılır. Bu işlemin ardından temiz sondaj sıvısı yeniden kuyu içine gönderilir. Sirkülasyon sağlanarak sondaj kuyusu temizlenir. Rotari sondaj yönteminde formasyonun parçalanması ve kaya parçalarının yukarıya doğru taşınması sondaj işlemine ara verilmeden yapılır. Bu durum zaman tasarrufu sağlanması açısından önemlidir.

Görsel 3.26: Rotari sondaj tekniği yapılan alandan bir görünüm

Döner sondaj yöntemi, sondaj sıvısının dolaşım şekline göre düz dolaşımlı ve ters dolaşımlı olarak ikiye ayrılır. Düz dolaşımlı döner sondaj yönteminde kullanılan sondaj çamuru pompa ile havuzdan alınarak sondaj takımı içinden geçer. Kuyu duvarı ile takım arasındaki (anülüs) boşluktan yükselir. Sondaj kuyusu dışına çıktıktan sonra kanallar aracılığıyla tekrar havuza gönderilir. Ters dolaşımlı döner sondaj yönteminde ise sondaj çamuru, yer çekimi ve kanallar aracılığıyla sondaj kuyusuna getirilir. Sondaj takımı ile kuyu tabanına kadar indirilir. Matkap deliklerinden takım içine girer. Takım içine giren sondaj çamuru pompa yardımıyla yeniden havuza boşaltılır.

BİLGİ KÖŞESİ

Çamur havuzu veya tankı, sondaj yapılan nokta çevresinde devirdaim suyu veya çamurunun tekrar devirdaime sokulmak üzere toplandığı çukur veya belirli hacimlerdeki tanklardır (Görsel 3.27).

Görsel 3.27: Çamur havuzu

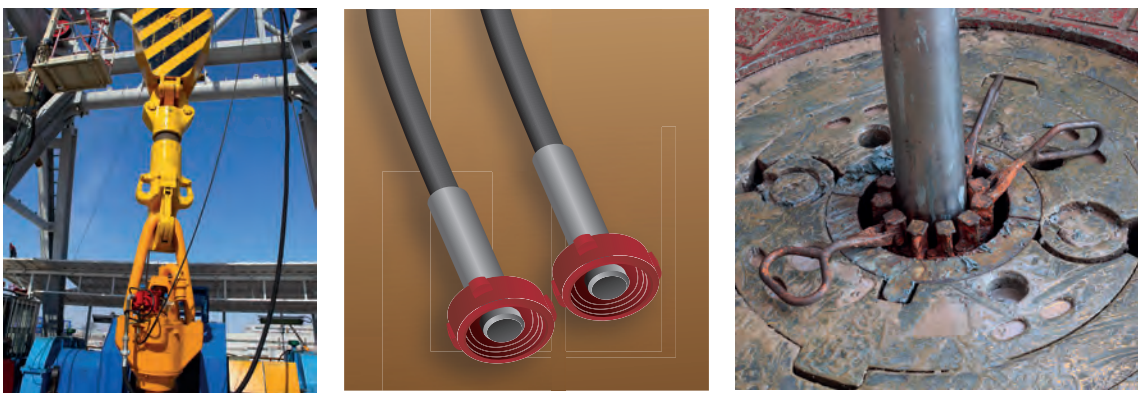
Rotari sondaj yöntemleri matkabın döndürülme şekline göre yer üstü ve altı döndürme düzenekli olarak ikiye ayrılır. Yer üstü döndürme düzeneğinde matkap ve takım dizisi birlikte döndürülür. Yer altı döndürme düzeneğinde ise matkap, boru dizisine gerek olmadan döndürülür. En sık kullanılan yöntem yer üstü döndürme düzenekli yöntemdir.

Rotari (döner) sondaj yöntemini oluşturan sistemler şunlardır (Görsel 3.28):

- Dönme sistemi
- Vinç sistemi
- Güç aktarma sistemi
- Dolaşım sistemi
- Sondaj sistemi (delgi dizisi)

Dönme Sistemi

Rotari, sondajda delme dönme sistemiyle yapılır. Döner sistemin işlevi, dönme hareketini sondaj dizisine iletmek ve matkap ucunu döndürmektir. Delme işlemi sırasında dönüş hareketi sağa doğrudur. Döner sistemin ana parçaları şunlardır: fırdöndü, döner hortum, kelly ve döner masa.



Görsel 3.28: Dönme sisteminin elemanlarından sırasıyla fırdöndü, dönme hortumu ve döner masa

BİLGİ KÖŞESİ

Leonardo Da Vinci (Liyanor dö Vinsi), 1500'lerde günümüzde kullanılan teknolojiye çok benzeyen bir döner delme mekanizması tasarımı geliştirmiştir.

Vinç Sistemi

Vinç sisteminin ana görevi, güç aktarımıyla bağlantı işlemlerini sağlamak ve asansörü sondaj kuyusu içine indirip çıkarmaktır. Rotari sondajda matkabın sondaj kuyusuna kadar taşınması, matkap ucunun değiştirilmesi vinç sistemi ile yapılır. Ayrıca sondaj kuyusu derinleştikçe yeni sondaj dizisi ya da sondaj borusu eklenmesinde vinç sisteminden yararlanılır.

Güç Aktarma Sistemi

Sondaj işlemindeki tüm ekipmana güç sağlamak için gereken enerjiyi sağlayan en önemli unsurlardan biridir. Sondaj donanımının güç kaynağı, elektrikli veya dizel motorlar yardımıyla dönme, dolaşım ve vinç sistemlerine iletilir.

Dolaşım Sistemi

Görevi delme işlemi boyunca kuyu içindeki sondaj sıvısının (çamur) sirkülasyonudur. Rotari sondajın temel özelliği olan sondaj sıvısının dolaşım sistemi, çamur pompası ve dolaşım sıvısını depolayan çamur tankları / havuzlarından oluşur.

Sondaj Sistemi

Su başlığı, kelly, maşon, tij, ağırlık borusu ve matkaptan oluşur. Rotari sondaj yönteminin en önemli bileşenlerinden biri olan sondaj sistemini oluşturan elemanlar, delme işlemini doğrudan gerçekleştirmez fakat matkabın delme işlemini yerine getirmesini sağlar.

3.2.1. Döner Sondaj Donanımı

Bu sistemde bazı ekipman ve araçlar bulunur. Bu donanımlar döner sondajın temel bileşenlerini oluşturur (Görsel 3.29). Bu ekipman ve araçlar şunlardır:

- Kule
- Kule alt yapısı
- Motorlar ve güç dağıtım düzeneği
- Vinç
- Halat ve makaralar
- Sondaj dizisi ve döner masa
- Matkaplar
- Kuyu başı donanımı
- Çamur pompaları
- Sallantılı elek, tanklar ve diğer ayırıcılar
- Ölçme ve kontrol aletleri

Görsel 3.29: Döner sondaj takımı

DİKKAT EDİYORUM

Ulusal Meslek Standartları'na göre sondaj işlemi yapılmadan önce aşağıdaki maddeler dikkate alınır.

- Sondaj yapılacak alandan yetkili olmayan kişiler ve yabancı / tehlikeli maddeler uzak tutularak çalışma ortamının güvenliği sağlanır.
- Güvenlik ve uyarıyla ilgili levhalar / yönlendirmeler kontrol edilir.
- Sondaj işlemleri sırasında oluşabilecek tehlikelere karşı önlemler alınır.
- Çalışma öncesi ve sırasında vinç halatları, her türlü halat bağlantıları, pompa hattı bağlantıları ve kompresör hattı bağlantıları kontrol edilir.
- Yapılacak işlemlere özel İSG önlemleri ve kullanılacak kişisel koruyucu donanımlar (KKD) belirlenerek çalışma ekibi bilgilendirilir.
- Tüm çalışmalar sırasında gerekli İSG önlemleri alınarak yapılan işleme uygun KKD kullanılır.

3.2.2. Rotari (Döner) Sondaj Ekipmanları

Döner sondaj yönteminde kullanılan temel ekipmanlar şunlardır:

- Sondaj makinesi
- Takım
- Diğer ekipmanlar

Rotari Sondaj Makinesi

Rotari sondaj uygulamalarında kullanılan sondaj makineleri, döner kafalı ve döner masalı olmak üzere ikiye ayrılır. Döner kafalı sondaj makineleri, baskı (yük) ve takım döndürme işlemlerinin hidrolik olarak yapıldığı sondaj makineleridir. Döner masalı sondaj makineleri ise baskı (yük) ve takım döndürme işlemlerinin mekanik / hidromekanik olarak yapıldığı sondaj makineleridir (Görsel 3.30). Su sondaj makineleri; kamyon, motor, kule, şanzuman, sondör paneli, çamur pompası gibi ana elemanlardan oluşur.

Görsel 3.30: Döner sondaj makinesi

Rotari Sondaj Takımı

Rotari sondaj tekniğinin ana elemanlarını sondaj takım dizisi oluşturur. Sondaj takımı, sondaj kuyusunun açılmasında kullanılan matkabın döndürülmesini sağlar. Döndürme işlemi yapılırken matkabın soğutulması ve kolay hareket etmesi için uygulanan sondaj sıvısının dolaşımını destekleyen farklı görevlerdeki parçalardan oluşur. Sondaj takımını oluşturan parçalar şunlardır:

- Fırdöndü (swivel)
- Köşeli boru (kelly)
- Döner masa (rotary table)
- Sondaj boruları (tij), drill pipes
- Bağlantı elamanları (tool Joints)
- Ağırlık boruları (drill collar)
- Matkaplar

Fırdöndü: Sondaj işleminde sondaj dizisinin ağırlığına dayanıklı olarak üretilmiş manevra başlığıdır. İki ana parçadan oluşur. Bu parçalardan üst kısımda yer alan sabitken alt bölümdeki parça dönme hareketini sağlar. Dönme hareketini sağlayan parça, köşeli boru olan kellye bağlıdır. Fırdöndü, sondaj dizisi ağırlığını taşıdığından yüksek basınç sızdırmazlığı sağlaması gerekir. Bu durum sondajın etkili bir şekilde yürütülmesi için önemlidir.

Köşeli Boru: Kelly, kare veya altıgen enine bir kesite sahip ve sondaj dizisinin dönüşünü sağlar. Döner masanın içinden geçen kely fırdöndünün altına bağlanır. Kellynin yüksek kalitede yapılması önemlidir. Köşeli borular, kesitlerinin dış kenar uzunluğu ile belirlenir. Boyutları 63,5-152,4 mm (2,5-6 inç) arasında değişir. Boyları ise 12,19 m'dir (40 ft). 16,46 m (54ft) boyutlarında yapılanları da vardır.

Döner Masa: Sondaj dizisini döndüren elemanlardan biridir. Ortasında matkabın kolay hareket etmesini sağlayan geniş bir açıklık bulunur. Sondaj kuyularının derinliği masa başlığı üst yüzeyinden ölçülür. Sondaj dizisi askıya alınacağı zaman döner masa ile boru dizisi arasına sondaj boruları yerleştirilir.

Sondaj Boruları: Dönme hareketini ve sondaj sıvısını matkaba ileten, deliciyi kuyu içine indiren ve çıkartan, birbirine eklenerek sondajın ilerlemesini sağlayan borudur.

Ağırlık Boruları: Ağırlık boruları döner matkabın üzerindeki ağırlığı artıran sondaj dizisi elemanlarıdır. Ağırlık gerektirecek sondaj işlerinde baskı gereksinimi 5-30 kg/cm^2 arasında değişir. Sondaj dizisine uygulanan kuvvet bir noktada yön değiştirir. Bu nokta ölü nokta olarak tanımlanır. Ölü noktanın dizinin en dayanıklı kesiminde yer alması istenir. Ağırlık borusu bu amaçla dizide kullanılabilecek en dayanıklı ekipmandır. Sondaj dizisi üzerine verilen ağırlık, dizinin burkulma ya da kopmalarına neden olabilir. Ağırlık borusu bu durumu önleyen elemandır.

Sondaj Matkapları: Kendi ekseni etrafında dönerken, sondaj dizisi ve baskı ağırlık ile üzerinde döndüğü formasyonu kırıp öğüten gereçtir.

DİKKAT EDİYORUM

Ulusal Meslek Standartları'na göre makine ve ekipmanın bakım ve temizliği aşağıdaki maddelere göre yapılır.

- Sondaj çalışmaları sırasında kirlenmiş makine ve teçhizatın yıkanıp temizlenmesi sağlanır.
- Ekipmanın korozyona ve darbeye karşı korunması için gerekli bakımı yapılıp tedbirler alınır.
- Hasarlı ekipmanların kullanımı engellenir ve tamir edilmeleri sağlanır.
- Tüm çalışmalar sırasında gerekli İSG önlemleri alınır ve yapılan işleme uygun KKD kullanılır.

2. ETKİNLİK

Türkiye ve dünyada rotari sondaj tekniğinin uygulama alanları ve kullanılan ekipmanlarla ilgili bir sunum hazırlayınız. Hazırladığınız sunumu sınıfınızda paylaşınız.

İşlem Basamakları

- Sunuda rötary sondaj tekniği ile ilgili yazı, resim, video, şekil, fotoğraf vb. en az dört farklı materyal kullanınız.
- Rotari sondaj tekniğinde kullanılan ekipmanlara yer veriniz.
- Rotari sondaj sırasında İSG önlemlerine yer veriniz.
- Sununun değerlendirmesi aşağıdaki puanlama anahtarına göre yapılacaktır.

PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ	3 Puan	2 Puan	1 Puan
Uygulama Alanlarının Anlaşılması: Rotari sondaj tekniğinin Türkiye ve dünyada hangi alanlarda (madencilik, petrol ve doğalgaz arama, su kuyusu açma vb.) kullanıldığını doğru bir şekilde açıkladı.			
Rotari Sondaj Tekniğinin Açıklanması: Sunum veya görseller kullanarak rotari sondaj tekniğinin nasıl çalıştığını, delme işleminin nasıl gerçekleştiğini ve hangi amaçlarla kullanıldığını belirtti.			
Uygulama Alanları Örnekleri: Sunumda farklı uygulama alanlarından örnekler sundu. Bu örneklerin açıklamalarını yaptı.			
Ekipmanların Tanıtımı: Sunum veya görsellerle rotari sondaj tekniğinde kullanılan ana ekipmanların (döner tabla, matkap kulesi, kaya kırıcılar vb.) nasıl çalıştığını ve hangi amaçla kullanıldığını doğru bir şekilde anlattı.			
Dünya ve Türkiye Karşılaştırması: Sunumda Türkiye ve dünya genelinde rotari sondaj tekniğinin uygulanma sıklığı, yaygınlığı ve hangi alanlarda öne çıktığı hakkında karşılaştırmalı bilgi sundu.			
Dil ve İfade Kullanımı: Sunumu açık, anlaşılır ve dil bilgisi kurallarına uygun yaptı.			
İletişim ve Katılımcı Etkileşimi: Sunum sırasında arkadaşlarından gelen sorulara etkili ve yetkin bir şekilde cevap verdi.			

3.3. HAVALI VE KÖPÜKLÜ SONDAJ TEKNİĞİ

Yer altı kaynaklarının araştırılmasında kullanılan tekniklerden biri de havalı köpüklü sondaj tekniğidir. Bu sondaj tekniğinin en önemli özelliği sert formasyonlar için uygulanabilir olmasıdır. Havalı köpüklü sondaj yöntemi, sert kayaçların bulunduğu zeminler için uygulanır. Bu yöntemde yüksek basınçlı hava yardımıyla çalışan kırıcı tabanca ve uç kısmında bulunan elmas taneli matkap ile kayaçlar parçalanarak sondaj yapılır. Sondaj kuyusu, yüksek basınçlı hava ve çeşitli kimyasallar kullanarak elde edilen köpük yardımıyla kırılan kaya parçalarının yüzeye çıkarılmasıyla temizlenir. Böylelikle kimyasal köpük sayesinde parçalanan kayaç kırıntılarının sondaj kuyusunu kapaması önlenir. Bu yöntemle kuyu çapı daha dar olur ve sondajın verimliliği artarr (Görsel 3.31).

Görsel 3.31: Havalı sondaj makinesi

3.3.1. Havalı ve Köpüklü Sondaj Özellikleri

Bu sondaj tekniği sert formasyonların delinmesinde tercih edili. Sondaj kuyusunun çapına göre daha kısa zamanda önemli derinliklere inmek ve sondaj işleminin süresini kısaltmak mümkündür. Bu sayede zaman ve maliyetten tasarruf edilir.

Sondaj işlemi yapılırken kuyudaki su, hava basıncının etkisi ile yüzeye geldiğinden çıkan suyun debisi ve miktarı tespit edilebilir. Bu nedenle sondaj işlemi için önemli parametreler önceden hesaplanabilir. Bu sayede gereksiz harcamalar engellenir. Delme işlemi sırasında sondaj kuyusuna kompresörle sürekli yüksek basınçlı hava ve köpük verilir ve su kaçakları bu işlemle engellenir. Yer altına verilen basınçlı hava, derinliklere etki ederek sondaj işleminin etkisini artırır. Sondaj işlemi sırasında kullanılan köpük sayesinde sondaj kuyusunun temizlenmesi ve sondaj pompasının daha uzun süre kullanılabilmesi sağlanır. Havalı köpüklü sondaj işlemi sayesinde dar kapalı alanlar için sondaj yapmak mümkündür.

Havalı sondaj tekniği, döner sondaj yöntemine göre delinmesi uzun süren formasyonlarda ilerleme hızını artırarak sondaj kuyusunun daha kısa sürede bitmesini sağlar. Havalı sondajın çamurlu sondaja göre avantajları şunlardır:

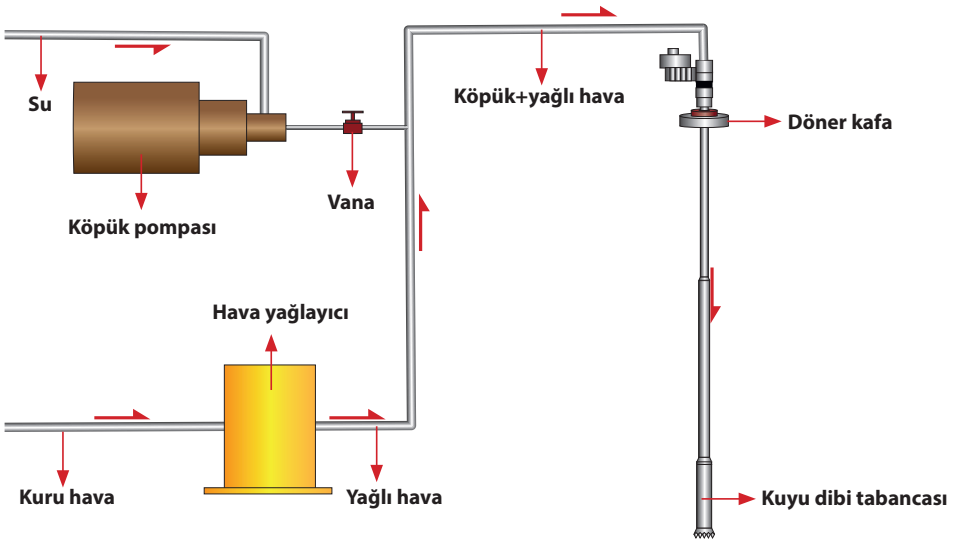
- Dar alanlarda sondaj işleminin yapılmasına olanak sağlar.
- Kırıklı yapılarda olası kaçakların önlenmesini sağlar.
- Diğer yöntemlere göre sondaj süresi daha kısadır.
- Sondaj işleminde kullanılan matkabın kullanım ömrü uzun olur.
- Sert formasyonların delinmesinde daha etkilidir.
- Sondaj kuyuları daha düzgün ve dik açılabilmektedir.
- Çalışma ortamı diğer sondaj tekniklerine göre daha temizdir.
- Maliyetleri düşüktür.

3.3.2. Havalı Köpüklü Sondaj Tekniğinde Kullanılan Ekipmanlar

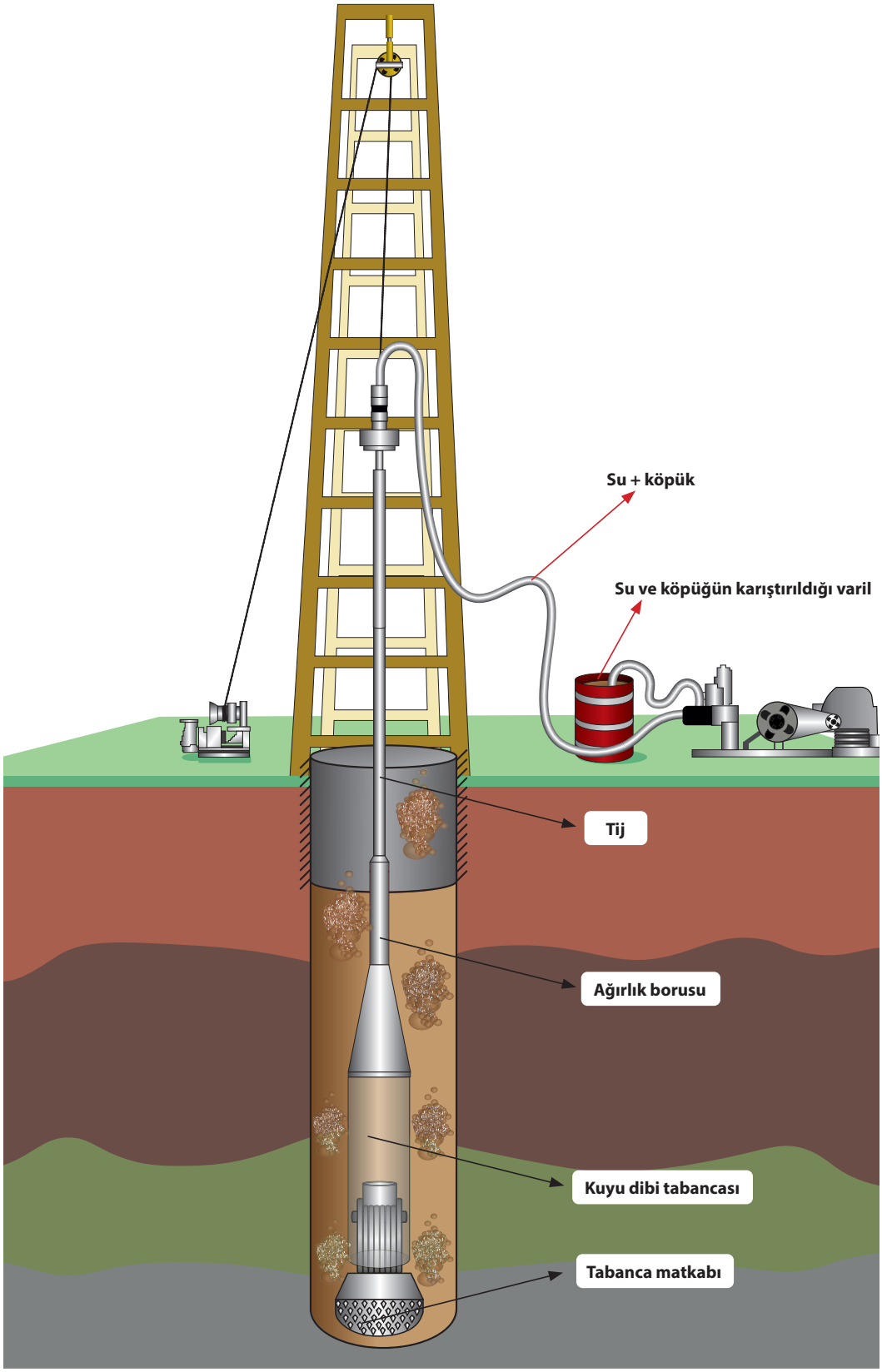
Tüm sondaj tekniklerinde kullanılan genel makine ve ekipmanlar havalı köpüklü sondaj tekniği için de kullanılır. Ancak bu yöntemde çamur dolaşımlı sondaj için tasarlanmış kulelerle havalı sondaj yapabilmek için farklı ekipmanlar kullanılır. Bunlar şu şekilde sıralanabilir:

- Kuyu dibi tabancası
- Tabanca matkabı
- Kompresör
- Enjeksiyon pompası ve tankı

Havalı sondaj tekniğinde havanın kayaç parçalarını taşıma gücünü artırmak amacıyla sisteme köpük enjeksiyonu yapılır. Havalı köpüklü sondajın en önemli unsurları aşağıda verilmiştir (Şekil 3.1 ve Görsel 3.32).



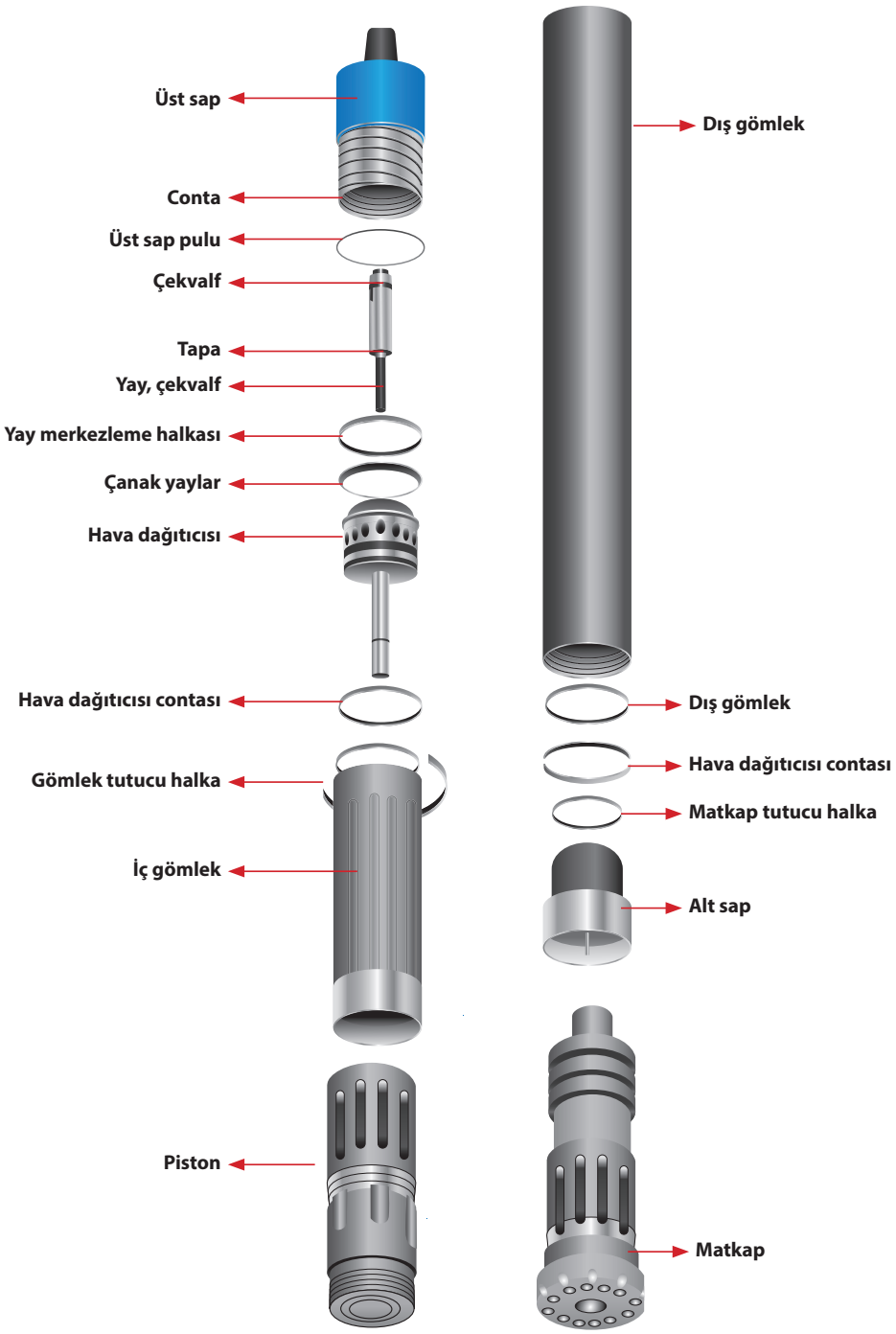
Şekil 3.1: Havalı sondaj makinesinin temel aşamaları



Görsel 3.32: Havalı sondaj uygulaması

Kuyu Dibi Tabancası

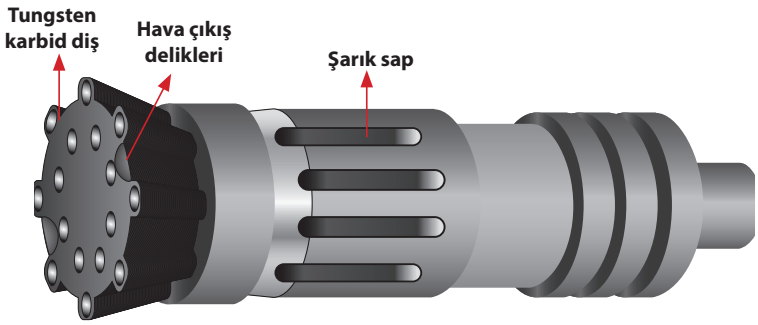
Havalı köpüklü sondaj tekniğinin uygulanması için en önemli ekipmanlardan biri de kuyu dibi tabancasıdır. Kuyu dibi tabancası, bir silindir içine yerleştirilmiş tek pistonlama düzeneğinden oluşur (Görsel 3.33). Pistonun her iki yüzeyine sıra ile basınçlı hava uygulanır. Subap mekanizmalarıyla düzenlenen bu hava akımı, pistonun büyük bir hızla yukarı aşağı hareket etmesini sağlar. Böylece gelen hava doğrudan dışarı çıkar ve darbe hareketi oluşmaz. Kuyu dibi tabancaları 7-24 bar basınçla çalışır. Formasyona bu basınç değerinde dakikada 600-1600 darbeyle vurur ve formasyonu parçalar.



Görsel 3.33: Kuyu dibi tabancası

Tabanca Matkabı

Kuyu dibi tabancasına bağlanan, ucunda tungsten karbür dişlerin bulunduğu matkaptır. Farklı diş tasarımları da bulunur (Görsel 3.34).



Görsel 3.34: Tabanca matkabı

Dışbükey Matkap: Sertlik oranı orta düzeyde olan zeminlerde kullanılır. Delme işleminde ilerleme hızı ve kuyu sapması kontrolü yüksektir (Görsel 3.35).

Düz Yüzlü Matkap: Sert ve aşındırıcı zeminlerde kullanılır. Aşınmaya karşı dirençli olan bu matkabın olumsuz özeliklerinden biri kuyu sapmalarında kontrolünün yetersiz olmasıdır (Görsel 3.36).

İçbükey Matkap: Havalı sondaj tekniğinde en sık kullanılan matkap türüdür. Çok sert ve aşındırıcı formasyonlar dışında pek çok zemin için kullanışlıdır. Delme işleminde ilerleme hızı yüksektir. Kuyularda sapma olayının en az olduğu çatlaklı kayaçlara karşı dayanıklı bir matkaptır (Görsel 3.37).

Ortası Çukur Matkap: Orta sert formasyonlarda kullanılır. Kuyunun düzgün açılmasına olanak sağlar. Delme işleminde iyi ve ilerleme hızı yüksektir. Ancak ortasındaki derin oluk nedeniyle diğer tasarımlar kadar dayanıklı değildir.

Tarama Matkabı: Küçük çaplı matkapla açılan kuyuyu genişletmek için kullanılır.

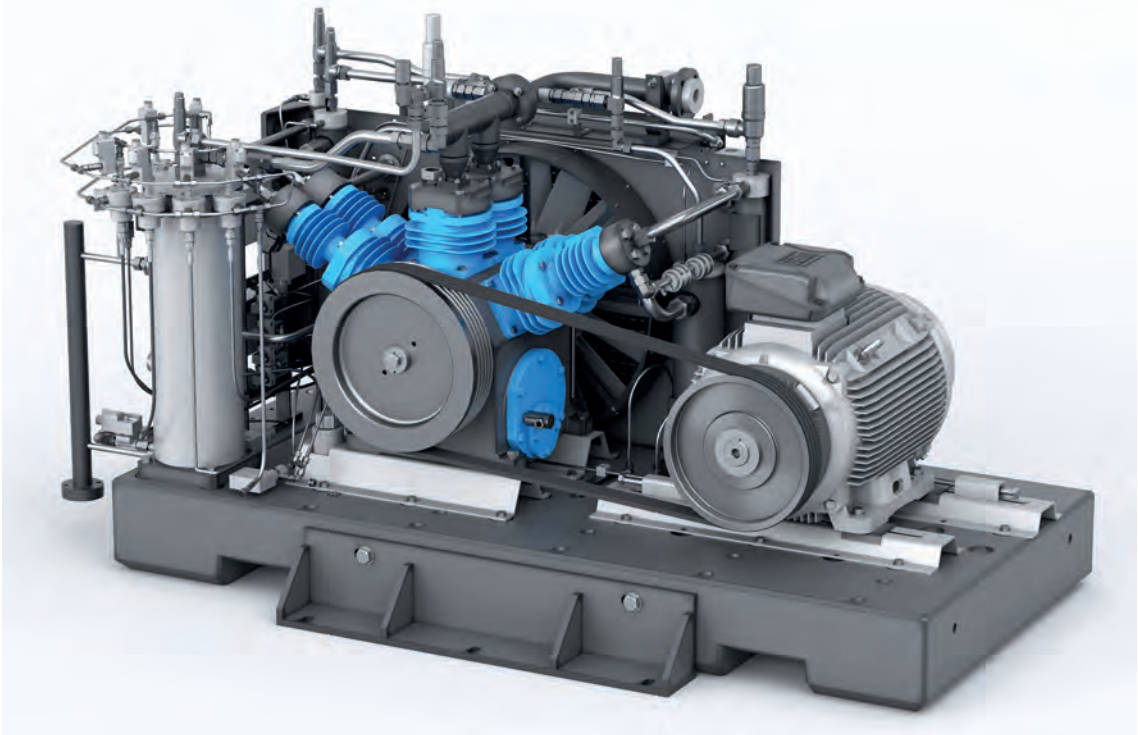
Görsel 3.35: Dışbükey matkap

Görsel 3.36: Düz yüzlü matkap

Görsel 3.37: İçbükey matkap

Kompresör

Havalı sondaj yönteminde çamur pompasının yerine kompresör kullanılır. Kompresör, kuyu dibi tabancasını çalıştırarak kuyu tabanında delme sonrası oluşan zemin parçalarının kuyu dışına atılmasını sağlar. Kuyu delme sırasında kuyuya kompresörle sürekli yüksek basınçlı hava ve sondaj köpüğü verilir (Görsel 3.38 ve 3.39).



Görsel 3.38: Kompresör

Görsel 3.39: Kompresör

Köpük Pompası

Havalı sondaj yönteminde kuyuya basılan havanın kırıntı taşıma gücünü artırmak amacıyla kompresör tarafından kuyuya köpük enjeksiyonu yapılır. Bu köpük kuyuya üç pistonlu kompresörün basıncından daha yüksek ve genellikle 90 l/dk. debili bir pompayla basılır. Bu pompa sondaj makinesi üzerine monte edilir (Görsel 3.40).

Görsel 3.40: Köpük pompası

3. ETKİNLİK

Türkiye ve dünyada havalı köpüklü sondaj tekniğinin uygulama alanları ve kullanılan ekipmanlarla ilgili bir sunum hazırlayınız. Hazırladığınız sunumu sınıfta paylaşınız.

İşlem Basamakları

- Sunuda havalı köpüklü sondaj ile ilgili yazı, resim, video, şekil, fotoğraf vb. en az dört farklı materyal kullanınız.
- Havalı köpüklü sondajda kullanılan ekipmanlara yer veriniz.
- Havalı köpüklü sondaj sırasında İSG önlemlerine yer veriniz.
- Sununun değerlendirmesi aşağıdaki puanlama anahtarına göre yapılacaktır.

PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ	3 Puan	2 Puan	1 Puan
Uygulama Alanlarının Anlaşılması: Havalı köpüklü sondaj tekniğinin Türkiye ve dünyada hangi alanlarda (madencilik, inşaat, jeotermal enerji üretimi vb.) kullanıldığıyla ilgli bilgi verdi.			
Havalı Köpüklü Sondaj Tekniğinin Açıklanması: Farklı görseller kullanarak havalı köpüklü sondaj tekniğinin nasıl çalıştığını, sondaj sıvısına hava ve köpük eklenmesinin amacını ve nasıl yapıldığını anlattı.			
Uygulama Alanları Örnekleri: Sunumda farklı uygulama alanlarından (örneğin madencilikte mineral araştırmaları, inşaatta temel analizi, jeotermal enerji üretimi) örnekler sundu.			
Ekipmanların Tanıtımı: Sunum veya görsellerle havalı köpüklü sondaj tekniğinde kullanılan temel ekipmanların (köpük üretici, sondaj kulesi, havalı kompresör vb.) nasıl çalıştığını ve hangi amaçla kullanıldığını anlattı.			
Dünya ve Türkiye Karşılaştırması: Sunumda Türkiye ve dünya genelinde havalı köpüklü sondaj tekniğinin uygulanma sıklığı, yaygınlığı ve hangi alanlarda öne çıktığı hakkında karşılaştırmalı bilgi sundu.			
Soru ve Tartışma Katılımı: Etkinlik sırasında öğrencilerin konu hakkında aktif sorular sorma, katkıda bulunma ve tartışmalara katılma isteği gözlemlendi.			
Dil ve İfade Kullanımı: Sunumu açık, anlaşılır ve dil bilgisi kurallarına uygun yaptı.			
İletişim ve Katılımcı Etkileşimi: Sunum sırasında arkadaşlarından gelen sorulara etkili ve yetkin bir şekilde cevap verdi.			

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerin başındaki kutucuklara verilen bilgiler doğruysa D, yanlışsa Y yazınız.

☐ **1.** Wire-line karotlu sondaj, konvensiyonel karotlu sondaj tekniğine göre daha yüksek verim sağlar.

☐ **2.** Karotlu sondajlarda derinlik arttıkça sondaj koşulları kolaylaşır.

☐ **3.** Karotların sandıklanması alınan numunelerin güvenli bir şekilde saklanmasını sağlar.

☐ **4.** Makinede çalışırken parça fırlamalarından korunmak için makineden yeterli uzaklıkta durulmalıdır.

☐ **5.** Rotari sondaj su başlığı; kelly, maşon, tij, ağırlık borusu ve matkaptan oluşur.

☐ **6.** Havalı köpüklü sondaj tekniğinin en önemli özelliği yumuşak formasyonlar için uygulanmasıdır.

☐ **7.** Rotari sondajda güç aktarma sisteminin görevi sondaj sıvısının sirkülasyonunu sağlamaktır.

☐ **8.** Karotlu sondaj makineleri dönüş sistemine göre morsetli ve döner kafalı olarak ikiye ayrılır.

B) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerleri uygun ifadelerle tamamlayınız.

9. Yer altında bulunan kaynaklar hakkında bilgi edinmek amacıyla çeşitli araçlar kullanılarak yapılan sondaj işlemine ..... denir.

10. Karotlu sondajlar, ... ve ..... olarak ikiye ayrılır.

11. Sondaj makinesinin dönme hareketinin ve baskı kuvvetinin matkaba ve sondaj kuyusunun tabanına iletilmesini ..... sağlar.

12. Rotari sondaj uygulamalarında kullanılan sondaj makineleri, ... ve ..... olmak üzere ikiye ayrılır.

13. Rotari sondaj tekniğinde sondaj dizisini döndüren ekipmana ..... denir.

14. Havalı sondaj yönteminde çamur pompasının yerine ..... kullanılır.

15. Karotlu sondajlarda, sondaj makinesi ile sondaj ekipmanlarının kuyuya indirilmesinde ya da kuyudan çıkarılmasında ..... kullanılır.

16. Sondaj kuyusunda meydana gelebilecek çökmelerini ve tij borularının aşınmalarını önlemek amacıyla ..... kullanılır.

C) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

17. Aşağıdakilerden hangisi karotlu sondaj makinesinin ana bölümlerinden değildir?

A) Güç kaynağı
B) Güç aktarma organları
C) Sondaj ekipmanları kısmı
D) Kule
E) Karotiyer sandığı

18. Aşağıdakilerden hangisi karotlu sondaj çalışmalarında kullanılan karotiyerden biri değildir?

A) Tek tüplü
B) Çift tüplü
C) Üç tüplü
D) Dört tüplü
E) Wire-line

19. Aşağıdakilerden hangisi muhafaza borularının kuyu içinde kaymalarını önlemek amacıyla kullanılan karotlu sondaj yardımcı ekipmanıdır?

A) Anahtarlar
B) Halatlar
C) Karot çıkartıcı
D) Kravat
E) Manevra başlığı

20. Aşağıdakilerden hangisi karotun kuyu dışına çıkartılırken karotiyer içinde kalmasını sağlayan ekipmandır?

A) Matkap B) Portkron C) Segman

D) Sirkülasyon pompası E) Tij

21. Aşağıdakilerden hangisi rotari sondaj yöntemini oluşturan sistemlerden değildir?

A) Delme B) Dolaşım C) Dönme

D) Güç aktarma E) Vinç

22. Aşağıdakilerden hangisi havalı köpüklü sondaj tekniğinde kullanılan makine ve ekipmanlardan değildir?

A) Kompresör B) Kuyu dibi tabancası

C) Karotiyer D) Tabanca matkabı

E) Enjeksiyon pompası ve tankı

23. Aşağıdakilerden hangisi havalı sondajla ilgili doğru bir ifade değildir?

A) Dar alanlarda sondaj işleminin yapılmasına olanak sağlar.

B) Diğer yöntemlere göre sondaj süresi daha kısadır.

C) Sert formasyonların delinmesinde daha etkilidir.

D) Sondaj kuyuları daha düzgün ve dik açılabilmektedir.

E) Diğer sondaj türlerine göre maliyetleri yüksektir.

24. Sondaj dizisi üzerine verilen ağırlık, dizinin burkulmasına ya da kopmalara neden olabilir.

Bu durumu önleyen sondaj ekipmanı aşağıdakilerden hangisidir?

A) Ağırlık boruları B) Döner masa C) Kelly

D) Kompresör E) Matkap

Ç) Aşağıdaki soruların cevaplarını verilen noktalı alanlara yazınız.

25. Karotlu sondaj nedir? Bu sondaj tekniğinde kullanılan ekipmanların özelliklerini karşılaştırınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

26. Rotari sondaj tekniğinin özellikleri nelerdir? Açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

27. Havalı köpüklü sondaj tekniğinin bileşenleri nelerdir? Açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. ÖĞRENME BİRİMİ

SONDAJLARDA TAHLİSİYE, ÇİMENTOLAMA

KONULAR

4.1. TAHLİSİYE OPERASYONLARI

4.2. PETROL-JEOTERMAL-GAZ SONDAJLARI

4.3. ÇİMENTOLAMA OPERASYONLARI

4.4. KUYU KONTROLÜ

TEMEL KAVRAMLAR

Tahlisiye, çimentolama, petrol-doğalgaz sondajı

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Kuyu problemleri ve sondajlarda tahlisiye operasyonları
- Petrol-jeotermal-gaz sondajları
- Çimentolama operasyonları
- Kuyu kontrolü

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

Yer altındaki kaynaklarla ilgili bilgi edinmek isteseydiniz nasıl bir yöntem kullanırdınız? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

4.1. TAHLİSİYE OPERASYONLARI

Sondaj işlemi emek ve maliyet gerektiren uzun bir süreci kapsar. Bu sürecin son aşamalarından biri de tahlisiye işlemidir. **Tahlisiye** kurtarma anlamına gelir. Bu işlemde sondaj kuyularına düşen malzeme veya sondaj sırasında kuyuya düşen parçalar dışarı çıkartılır. Kuyu boşaltılır ve yeniden çalışmaya uygun hâle getirilir.

Tahlisiye (kurtarma) işlemi gerektiren durumlar farklı şekillerde meydana gelebilir. Örneğin tahlisiye işlemi sondaj ekipmanları ya da sondaj kuyusunun zemin özelliklerinden kaynaklanabilir. Tahlisiye işlemi sondaj sürecinin en karmaşık ve zor süreçlerinden biridir.

Tahlisiye işlemlerini gerektirecek durumların önlenmesi amacıyla alınabilecek tedbirler şunlardır:

- Sondaj ekipmanlarının düzenli olarak bakım ve kontrollerinin yapılması
- Sondaj kuyusunun zemin özelliklerine göre uygun borulama ve çimentolama işlemlerinin yapılması
- Uygun sondaj pompasının kullanılması ve sondaj kuyusuna yeterli miktarda sondaj sıvısının verilmesi
- Sondaj kuyusunun uygun devir ve baskı ile açılması
- Sondajda kullanılan ekipmanların göstergelerinin çalışır durumda olması
- Sondajda görevli çalışanların dikkatli ve titiz bir şekilde çalışması

Tüm sondaj işlemlerinde olası tahlisiye işlemine karşı tahlisiye ekipmanlarının hazır bulundurulması ve kullanıma uygun hâlde tutulması gerekir (Görsel 4.1).

Görsel 4.1: Tahsiliye

4.1.1. Tahlisiye Nedenleri

Tahlisiye işlemini gerektiren nedenler; formasyon, makine, ekipman ve çalışanlardan kaynaklı olmak üzere üç grupta toplanabilir.

Formasyon Kaynaklı Nedenler

Sondaj kuyusu içinde açılan zeminin yapısında kimyasal ve hidrolik özelliklerden kaynaklı bazı sorunlar ortaya çıkabilir. Bunlar şöyle sıralanabilir:

- Yumuşak yapılı formasyonların yıkılmaya yatkın olması
- Kil, tüf gibi şişme özelliğine sahip formasyonlarda yaşanan güçlükler
- Çatlaklı, boşluklu ve mağaralı formasyonlar
- Formasyonda çalışmayı olumsuz etkileyecek düzeyde gaz bulunması

Formasyonların özelliklerinden kaynaklanan bu sorunlar; sondaj işleminde takım sıkışmaları, sondaj kuyusunda sapma ve pompa borularının sıkışması gibi olumsuzluklara neden olur.

Sondaj Ekipmanlarından Kaynaklı Nedenler

Sondaj işleminde tahlisiye gerektiren nedenlerden biri de sondaj makine ve ekipmanlarından kaynaklanır. Sondaj süresince kullanılan ekipmanların standartlara uygun olması, bakım ve onarımlarının zamanında yapılması gerekir. Sondaj ekipmanlarından kaynaklanan başlıca güçlükler şunlardır:

- Sondajda kullanılan makine ve ekipmanların kalitesiz olması
- Üretimden kaynaklanan imalat hataları
- Sondajın amacına uygun ekipmanın seçilmemesi
- Yetersiz ekipmanla çalışılması
- Sondaj makinesi mekanik bileşenlerinin ve yardımcı gerecin bakım onarımlarının düzenli yapılmaması

Çalışanlardan Kaynaklı Nedenler

- Sondaj işleminde görevli çalışanların özensiz davranması
- Sondaj ekipmanlarını kullanan çalışanların ekipmanla ilgili yeterli bilgiye sahip olmaması
- Uygulanacak sondaj tekniğine uygun davranılmaması
- Sapmayı önleyecek plan ve tedbirlerin önceden uygulanmaması
- Sondaj sıvısının kullanımında hatalı davranılması
- Çalışanların sondaj işlemiyle ilgili bilgilerin yetersiz olması

Çalışanlardan kaynaklı meydana gelebilecek güçlükler; takım kopması, kolon ve hava borularında kopmalar, sondaj kuyusuna cisim düşmesi ve matkap kilitlenmesi gibi önemli sorunlara yol açar.

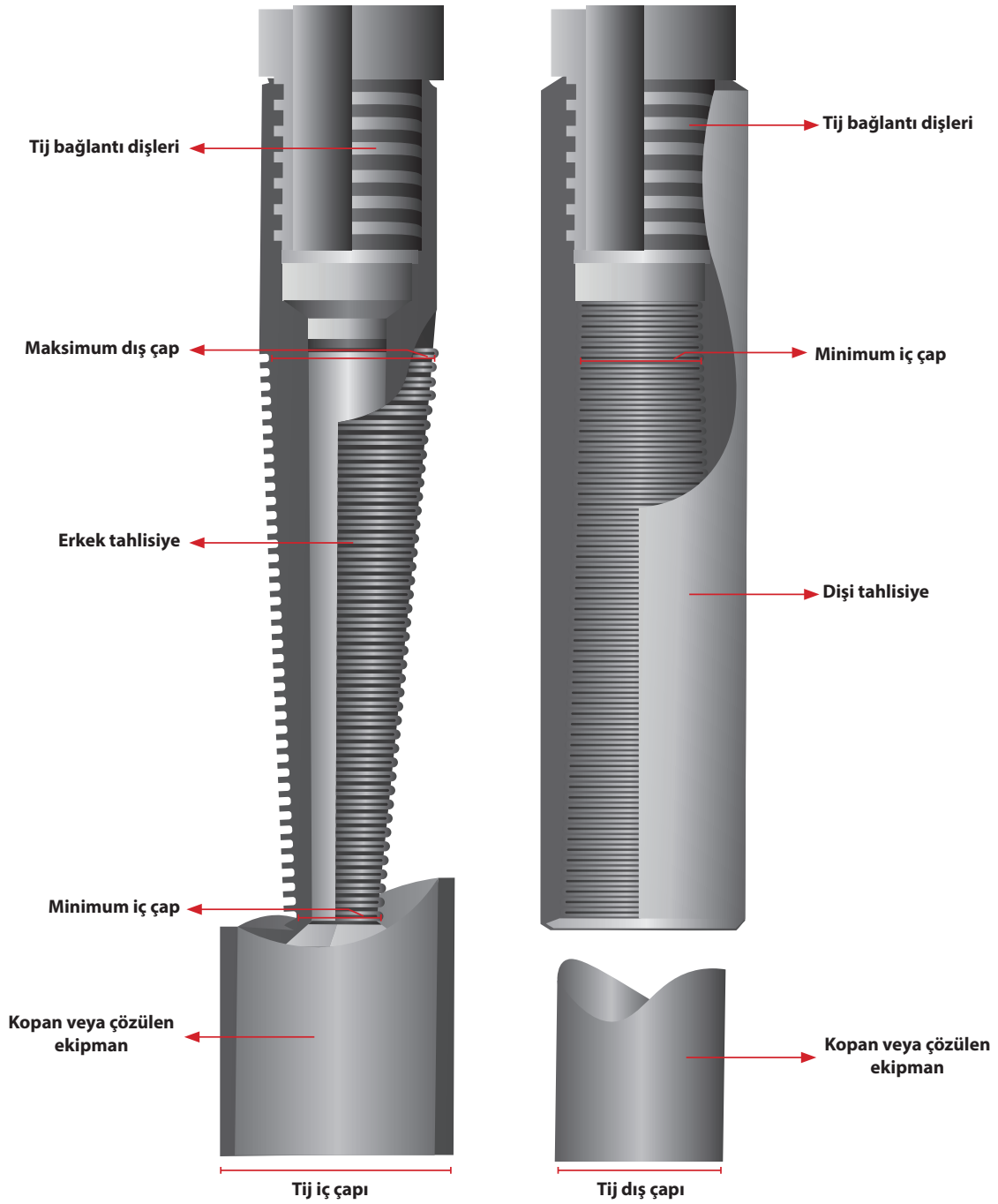
4.1.2. Tahlisiye Ekipmanları

Sondaj işlemi sırasında tahlisiye gerektiren durumlarda bazı makine ve ekipmanlara ihtiyaç duyulur. Tahlisiye işlemi için kullanılan ekipmanlar çok çeşitlidir.

4.1.2.1. Dişli Tahlisiyeler

Sondaj süresince çözülme, kopma gibi nedenlerle sondaj kuyusunda kalan ekipmanların kurtarılması amacı ile kullanılır. Bu tahlisiyeler erkek ve dişi olmak üzere ikiye ayrılır (Görsel 4.2).

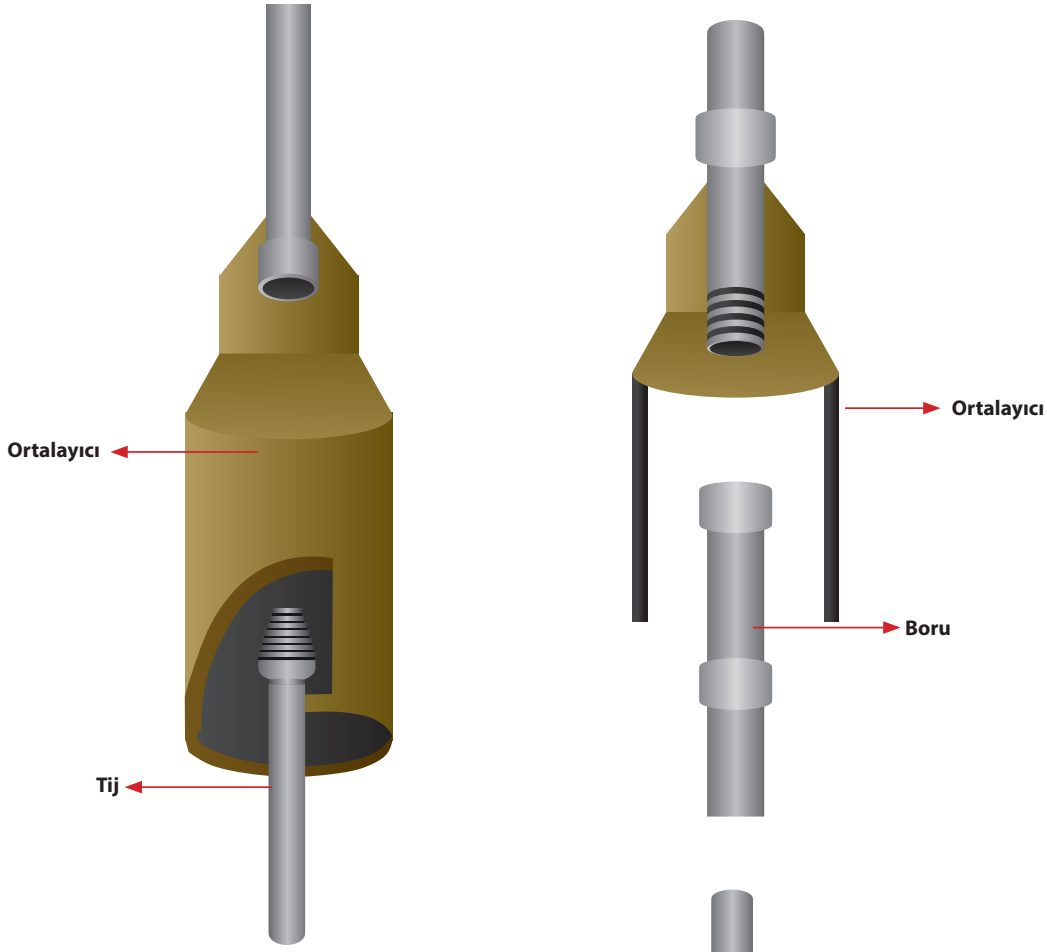
Erkek ve dişi tahlisiyeler tij ve muhafaza borularının kurtarılmasında kullanılır. Tahlisiye işlemlerinde erkek tahlisiyeler takımı içten, dişi tahlisiyeler ise takımı dıştan yakalayarak kurtarır.



Görsel 4.2: Dişli tahlisiye parçaları

4.1.2.2. Ortalayıcılar

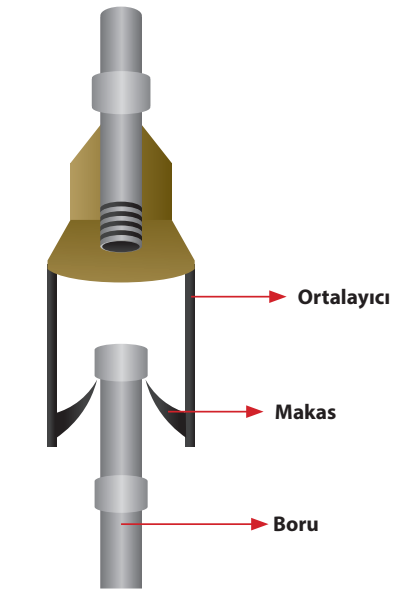
Sondaj kuyusu içinde farklı nedenlerle kalan ekipmanların kurtarılmasında kullanılan tahlisiye ekipmanıdır. Ortalayıcılar kurtarılacak ekipmanın, kuyuyu ortalamasını ve kuyu dışına çıkarılmasını sağlar (Görsel 4.3).



Görsel 4.3: Ortalayıcı

4.1.2.3. Makaslı Kurtarıcılar

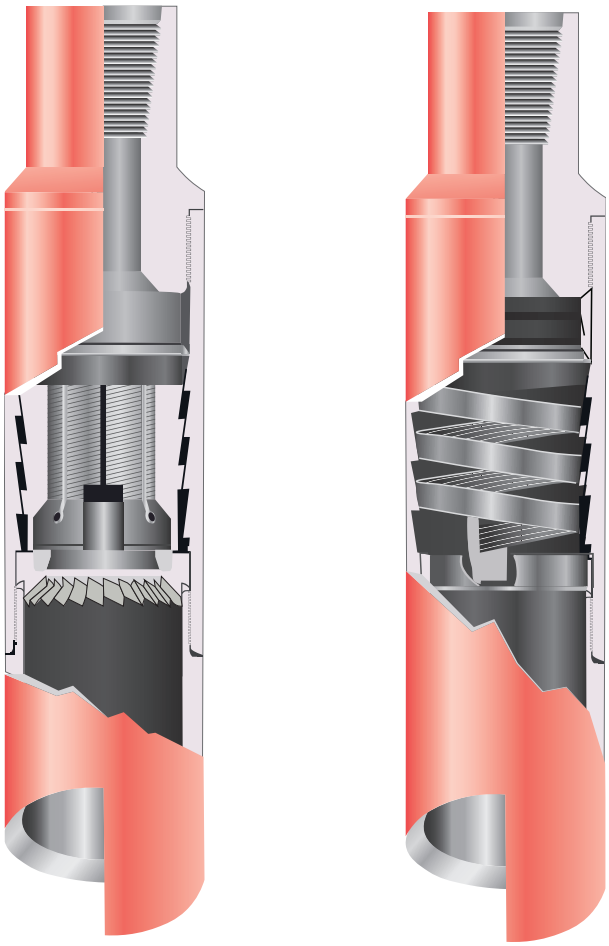
Sondaj kuyusunda kalan ekipmanı kavrayarak kuyu dışına çıkarılmasında kullanılan tahlisiye aletidir (Görsel 4.4). Kuyuda ekipmanın üst ucunda diş bulunmama veya dişli kısmın dolu olması durumunda kullanılır.



Görsel 4.4: Makaslı tahlisiye aleti

4.1.2.4. Tutuculu Tahlisiyeler

Kuyuda kalan sondaj dizisini üst kısımdan ve dışarıdan yakalayarak kuyu dışına çıkarır. Kurtarma işleminde en çok kullanılan tahlisiye aletidir (Görsel 4.5). Tutucu tahlisiyenin gövdesi konik yapıdadır. Bu sayede sondaj kuyusu içindeki ekipmanları sıkıştırarak yakalar. Sondaj kuyusundaki dişli veya çıkıntılı ekipmanların çıkarılmasında da etkilidir.



Görsel 4.5: Tutuculu tahlisiyeler

4.1.2.5. Mıknatıs Tahlisiyeler

Sondaj kuyusuna düşen metal parçaların (anahtar vb.) kuyu dışına çıkarılmasında kullanılan tahlisiye ekipmanıdır. Mıknatıs tahlisiyeler kuyu içine düşen özellikle küçük parçalar için oldukça kullanışlıdır (Görsel 4.6).

Görsel 4.6: Mıknatıs tahlisiyeler

1.ETKİNLİK

Sondajlarda kurtarma ve tahlisiye teknikleri ve ekipmanlarıyla ilgili aşağıda verilen etkinliği uygulayınız.

Malzemeler

- Sunum materyalleri (tahta, projeksiyon cihazı veya bilgisayar)
- Örnek tahlisiye ekipmanları (kurtarma halatları, emniyet kemerleri, gözlük vb.)
- Canlandırma mankenleri veya mankenlerin resimleri (kurtarma senaryosu için)
- Renkli kalemler
- Kâğıt ve kalem (notlar almak için)

Etkinlik Süresi: 1-2 ders saati

1. **Kurtarma Operasyonlarının Önemi:** Tahta veya projeksiyon cihazı kullanarak sondaj operasyonlarında meydana gelebilecek acil durumlar ve neden kurtarma operasyonlarının önemli olduğu anlatılır.
2. **Kurtarma Senaryosu Canlandırması**: Öğrencilere basit bir kurtarma senaryosu anlatın ve canlandırma mankenleri veya resimleri kullanarak bu senaryoyu canlandırmalarını sağlanır (bir sondaj kulesinde sıkışmış bir işçiyi kurtarma senaryosu gibi).
3. **Tahlisiye Ekipmanlarının Tanıtımı**: Öğrencilere farklı tahlisiye ekipmanları (kurtarma halatları, emniyet kemerleri, kurtarma gözlükleri vb.) tanıtılır. Her bir ekipmanın ne işe yaradığı ve nasıl kullanıldığı gösterilir.
4. **Grup Tartışmaları ve Senaryo Analizi**: Öğrencileri gruplara ayırarak canlandırılan kurtarma senaryosunu analiz etmeleri ve farklı tahlisiye ekipmanlarının nasıl kullanılabileceğini tartışmaları sağlanır.
5. **Tahlisiye Ekipmanları Simülasyonu:** Öğrencilerin farklı tahlisiye ekipmanlarını kullanarak basit kurtarma senaryoları oluşturmaları sağlanır (bir işçinin bir delikten çıkarılması gibi).
6. **Sonuç ve Genel Değerlendirme**: Etkinlik özetlenerek öğrencilerin sondaj operasyonları hakkındaki deneyimlerini paylaşmaları sağlanır.

PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ	3 Puan	2 Puan	1 Puan
Kurtarma Operasyonlarının Önemi: Sondaj sırasında oluşabilecek acil durumların ve kurtarma operasyonlarının neden önemli olduğunu açıkladı.			
Kurtarma Senaryosu Canlandırmasının Etkinliği: Kurtarma senaryosunu canlandırmaya aktif olarak katıldı.			
Tahlisiye Ekipmanlarının Tanınması: Etkinlik sırasında tanıtılan farklı tahlisiye ekipmanlarının ne işe yaradığını ve nasıl kullanıldığını anlattı.			
Grup Tartışmaları ve Senaryo Analizi: Grup tartışmaları sırasında farklı tahlisiye ekipmanlarının etkili kullanımı hakkında fikir alış verişi yaptı.			
Tahlisiye Ekipmanları Simülasyonunun Etkinliği: Tahlisiye ekipmanları simülasyonları sırasında acil durum senaryolarını uyguladı.			
Toplam Etki ve Öğrenme: Etkinlik sonunda sondaj operasyonlarında güvenlik ve kurtarma operasyonlarının önemi hakkında değerlendirme yaptı.			

4.1.3. Sondaj Kuyularında Oluşan Problemler

Sondaj işlemi zaman ve emek gerektiren bir süreçtir. Sondaj sırasında pek çok sorunla karşılaşılabilir. Bu sorunlar sondajın ilerlemesini ve verimini etkiler. Sondaj işlemi zorunlu hâllerin dışında ara verilmeden yapılır. Sondaja ara verildiği durumlarda kuyu çökmesi, takım sıkışması gibi pek çok sorun meydana gelebilir. Bu ve benzeri durumların önüne geçmek için sondaj işlemi sürekli olarak devam etmelidir. Sondaj sırasında çıkabilecek problemler anında hâlledilmelidir.

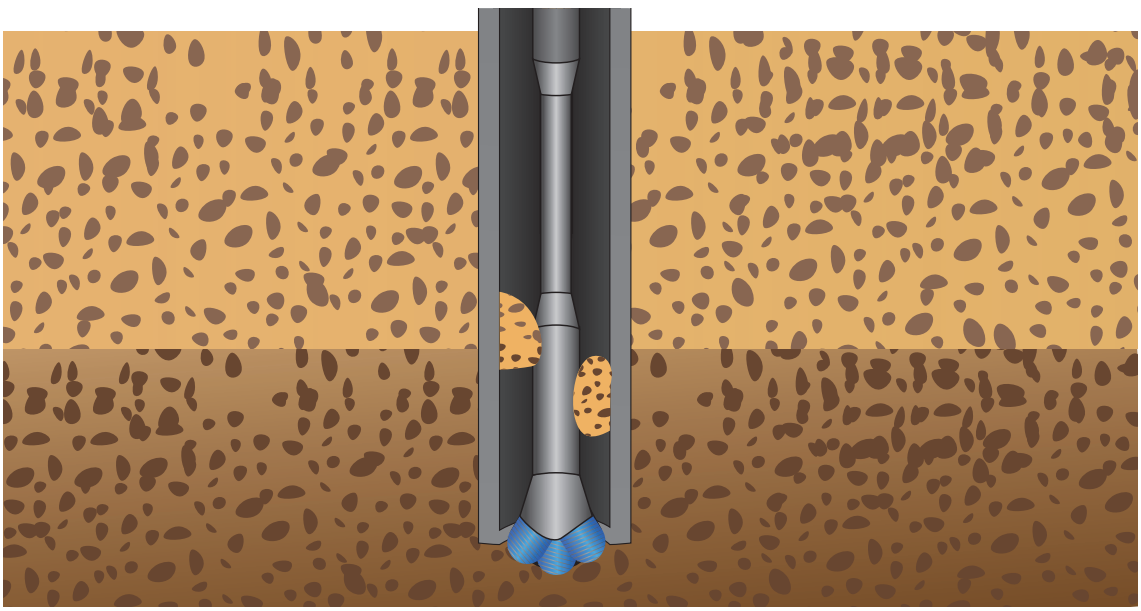
Sondaj çalışmalarında delme aşamasına geçmeden önce genel olarak delinecek formasyonun özelliğine göre sondaj ekipmanı seçilmelidir. Sondaj kuyularında formasyondan kaynaklı sapmalar meydana gelir. Bu durumu önlemek için yeterli miktarda ağırlık ve saptırmaz kullanılır. Sert formasyonların delinmesi sırasında öncelikle hava + su + köpük dolaşımı ve kuyu dibi çekici kullanılır. Sondaj kuyusunda tarama ve borulama işlemi yapılırken kuyu litolojisi ile ilgili sorunlar ortaya çıkabilir. Bu sorunun çözülmesinde sondaj kuyusu dışına atılan kırıntıların hangi derinliğe ait örnekler olduğunun belirlenmesi oldukça önemlidir. Sondaj çamurundan kaynaklı sorunları engellemek için sondaj çamurunun özellikleri (viskozite, su kaybı, sıvı kalınlığı vb.) sürekli olarak kontrol edilmelidir. Sondaj kuyusunun açılacağı formasyonun litolojik özelliğine göre uygun matkap seçilmelidir. Kuyuda meydana gelebilecek basınç değişiminden kaynaklı sorunları önlemek amacıyla kuyu içi ve kuyu dışı basınçları dengelenmelidir. Sondaj sırasında yaşanabilecek sorunlara karşı şantiyede tüm tahlisiye ekipmanları bulundurulmalıdır.

4.1.3.1. Formasyondan Kaynaklı Problemler

Sondaj çalışmalarında formasyonların delinme özellikleri farklılık gösterir. Bazı formasyonların özelliklerine göre delinme hızı düşükken bazılarında yüksektir. Delme işlemine başlamadan önce delinecek formasyonların özellikleri tespit edilmelidir.

4.1.3.2. Alüvyonlar ve Bloklu Alüvyonlarda Delme İşlemi

Alüvyon formasyonların delinmesi sırasında oluşabilecek en önemli problemlerden biri kuyu genişlemesi (yıkılma-göçme) nedeniyle kuyuda dolgu oluşmasıdır (Görsel 4.7). Bloklu alüvyonların yerinden ayrılarak matkabın üst kısmına veya tij ile kuyu duvarı arasına düşmesi sondaj güvenliği açısından tehlikeli durumlar oluşturur. Bu ve benzeri durumlarda takım kesmeleri görülür.



Görsel 4.7: Alüvyonlu formasyonda blok düşmesi

4.1.3.3. Killi Formasyonlarda Delme İşlemi

Killi formasyonların delinmesi sırasında kullanılan sondaj sıvısı nedeniyle kil şişerek akıcı hâle gelir ve dağılır. Kilin şişmesi sonucunda sondaj kuyusu daralır. Bu durum sondaj takımının sıkışması ve sondaj işleminin kesintiye uğramasına neden olur (Görsel 4.8). Killi formasyonlarda kullanılan matkabın formasyonun özeliğine göre seçilmesi sondaj işleminin sağlıklı şekilde yürümesini sağlar.

Görsel 4.8: Killi formasyonda kilin şişmesi ve dağılması

Kil formasyonların delinmesi sırasında çıkan sondaj problemleri

a) Killerin dağılması sonucunda kuyu duvarında yıkılma meydana gelir.

b) Suya doygun killer akıcı hâle gelerek sondaj takımı üzerine yapışır.

c) Suya doygun killerin şişmesi nedeniyle sondaj kuyusu daralır.

4.1.3.4. Ardışımlı Sert ve Yumuşak Formasyonlarda Delme işlemi

Sertlik dereceleri farklı olan formasyonların art arda gelmesi sondaj işleminde bazı sorunlara neden olur. Ardışımlı formasyonların delinmesi sırasında görülen en önemli sorun, kuyuların düşeyden sapmasıdır (Görsel 4.9). Düşeyden sapma nedeniyle takım sıkışmaları, çamur kaçakları, dolgu oluşması ve delme hızında azalmalar görülür.

Görsel 4.9: Kuyunun düşeyden sapması

4.1.3.5. Mağaralı ve Çatlaklı Formasyonlarda Delme İşlemi

Çatlaklı formasyonlarda yaşanan en önemli problemlerden biri sondaj kuyusunun düşeyden sapmasıdır. Bu formasyonlarda döner-çamurlu sondaj yöntemiyle çalışma yapılıyorsa sondaj çamuru formasyon çatlaklarına kaçarak dolaşımı engeller (Görsel 4.10). Ayrıca delme sırasında takım sıkışması meydana gelir.

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

Görsel 4.10: Çatlaklı ve mağaralı formasyonda çıkan sondaj sorunları

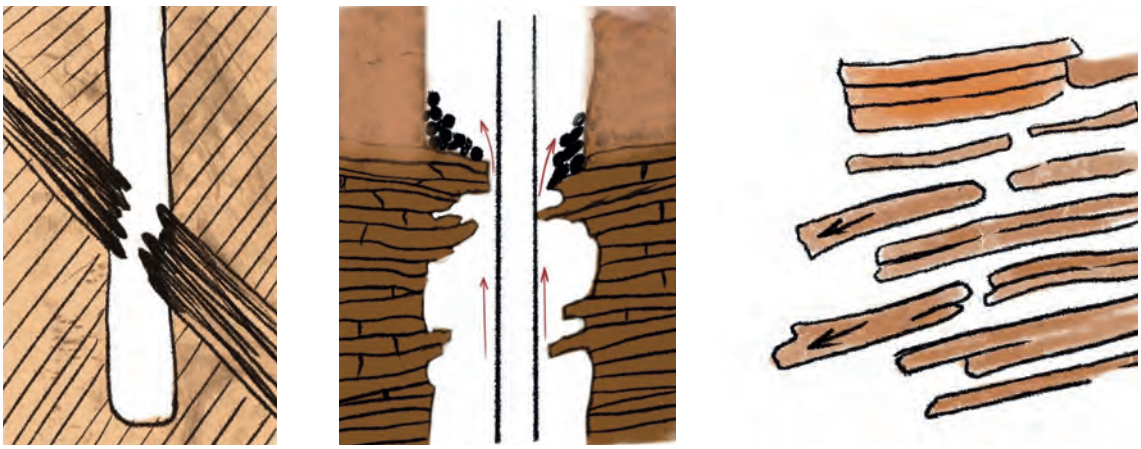
4.1.3.6. Karotlu Sondajlarda Yaşanan İlerleme Güçlükleri

Sondaj çalışmalarında uygulanan tekniğe göre farklı sorunlar yaşanır. Karotlu sondaj çalışmalarında sıklıkla yaşanan sorunlardan biri takım sıkışmasıdır. Sondaj takımının sıkışması, kuyunun yıkılması, killi formasyonların şişmesi gibi pek çok nedenden kaynaklanır. Karotlu sondaj çalışmalarında sıklıkla karşılaşılan bazı sondaj problemleri ve uygulanacak tahlisiye işlemleri vardır.

Yıkıntı Nedeniyle Takım Sıkışması: Özellikle fay zonlarında yapılan sondaj çalışmalarında kuyu duvarında bulunan malzeme sondaj takımı üzerine yıkılır. Olası yıkılma durumlarında sondaj takımı kuyu içinde kalır (Görsel 4.11). Sondaj yapılırken yıkılmaya karşı takım ve kuyu güvenliğine dikkat edilmelidir. Sondajın sağlıklı yürümesi için yıkılabilecek alanlara muhafaza borusu veya çimentolama işlemi uygulanmalıdır.

Görsel 4.11: Yıkıntı nedeniyle takım sıkışması

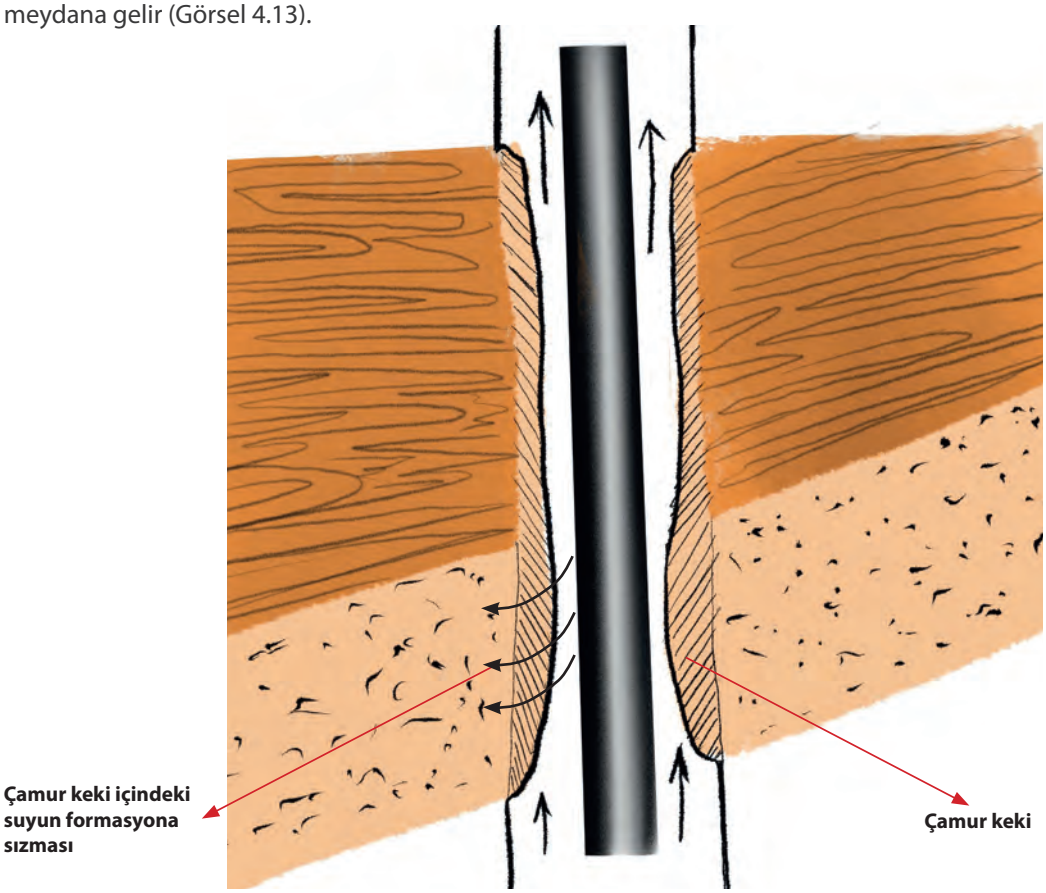
Şişme Nedeniyle Takım Sıkışması: Killi formasyonlar sondaj sıvısının etkisiyle bünyelerine su alarak şişer ve sondaj kuyusunun daralmasına dolayısıyla karotiyerin sıkışmasına neden olur (Görsel 4.12).



Şişme **Killerin akışkan duruma geçerek kuyuya hareketi ve anülüste kırıntı birikmesi**

Görsel 4.12: Killerde kuyu düzeninin bozulması

Kalın Çamur Keki Nedeniyle Takım Sıkışması: Sondaj çamuru kullanılan sondaj tekniklerinde yoğun kıvamlı çamurun, kuyu duvarında kalın bir kek (tabaka) oluşturarak sondaj takımını sıkıştırmasıdır. Özellikle wire-line takımlarda, anülüsün bu durum nedeniyle daralması sonucunda takım sıkışmaları meydana gelir (Görsel 4.13).



Görsel 4.13: Kuyu duvarında kalın kek oluşumu

Kırıntı Çökelmesi Nedeniyle Takım Sıkışması: Karotlu sondaj çalışmalarında matkabın kestiği malzemenin takım üzerine dökülmesi sonucunda ortaya çıkan sorundur. Kopan parçaların takım üzerine çökerek takımı sıkıştırması genellikle sondörün çalışmasından kaynaklanır (Görsel 4.14).

Delme işlemi sırasında kırıntı hareketi

Kırıntıların herhangi bir sebeple kuyu tabanına doğru hareket etmesi ve takım üzerine çökelmesi

Görsel 4.14: Matkabın formasyondan kestiği kırıntıların kuyu içindeki hareket mekanizmaları

Karot Bloklaması Nedeniyle Takım Sıkışması: Sert ve çatlaklı formasyonlarda formasyon parçalarının kuyu tabanına dökülerek karotun matkap ağzında veya segman içinde sıkışması sonucunda karotiyere girememesi olayına **karot bloklaması** denir. Bu durum karot kaybına, takımın zarar görmesine, matkap ağzının tıkanarak sondaj sıvısının kesilmesine ve matkabın yanmasına neden olur.

Tijlerden Su Sızması Nedeniyle Takım Sıkışması: Sondaj sırasında tijlerin bağlantı yerlerinden sızan sondaj sıvısı matkaba yeterince ulaşamaz. Bu nedenle matkap yeterince soğuyamaz ve matkapta yanma meydana gelir. Matkabın yanması kuyu tabanındaki kırıntıların taşınmasını engelleyerek takım sıkışmasına neden olur. Bu durum özellikle derin sondaj kuyularında olumsuz sonuçlara neden olur. Sondajın kesintiye uğramaması için sondörün gerekli önlemleri alması oldukça önemlidir.

Takım Elemanlarının veya Muhafaza Borularının Çözülmesi: Karotlu sondajlarda sıklıkla karşılaşılan sorunlardan biri takım ve muhafaza borularının çözülmesidir. Tij veya muhafaza borularının kuyuya indirilirken kuyu duvarına çarpması ile oluşan ani darbe ve sarsıntılar nedeniyle bağlantı dişleri gevşeyebilmekte veya çözülebilmektedir. Ayrıca sondaj kuyusu temizlenirken yapılan yıkama işlemi sırasında da takım çözülmesi yaşanabilir.

Takım Kesilmesi (Kopması): Sondaj sırasında yaşanan farklı sebeplerden sondaj takımı koparak kuyu tabanına düşer. Özellikle karotlu sondajlarda en sık yaşanan sorunlardan biridir. Bu durumun önüne geçmek için sondaj takımının kuyu içine dikkatli bir şekilde indirilmesi gerekir. Ayrıca takım dizisinin bakım ve onarımları zamanında yapılmalıdır.

Kuyu Sapması: Sondaj çalışmalarında en sık yaşanan sorunlardan biri kuyu sapmalarıdır. Kuyu sapmalarını en aza indirmek amacıyla belirli aralıklarla veya sapma durumundan şüphelenildiğinde eğimlerinin ölçülmesi gerekir. Derin sondaj kuyularında sapma oranı daha fazladır. Geniş çaplı kuyularda ise sapma oranı küçük çaplı kuyulara göre daha azdır.

Çamur Kaçağı: Sondaj çalışmalarında en önemli sorunlardan biri çamur kaçaklarıdır. Özellikle çatlaklı veya geçirgen veya gözenekli formasyonlarda sıklıkla yaşanan problemlerden biridir. Çamur kaçağına yol açan etkenlerin başında çatlaklı formasyonlar, delme işlemi sırasında oluşan çatlaklar, çamurun hidrostatik basıncının fazla olması ve takımın kuyuya indirilmesi sırasında oluşan pistonlama basıncı gelir. Çamur kaçağını önlemek için çatlaklı ve gözenekli formasyonlarda oluşan çatlakların kapatılması gerekir.

2. ETKİNLİK

Sondajlarda kurtarma ve tahlisiye teknikleriyle ilgili aşağıda verilen etkinliği uygulayınız.

Malzemeler

- Sunum materyalleri (tahta, projeksiyon cihazı veya bilgisayar)
- Örnek kurtarma senaryoları (örneğin, kuyuda mahsur kalan işçi)
- Renkli kalemler
- Kâğıt ve kalem (notlar almak için)

Etkinlik Süresi: 1 saat

1. **Sondaj Güvenliği Önemi:** Tahta veya projeksiyon cihazı kullanarak sondaj operasyonlarının neden güvenlik açısından önemli olduğu ve acil durumlarda gerekli önlemlerin neler olduğu anlatılır.
2. **Acil Durum Senaryolarının Tanıtımı:** Farklı sondaj operasyonlarında meydana gelebilecek acil durumları (kuyuda sıkışma, gaz kaçağı vb.) tanıtarak öğrencilere senaryolar sunulur.
3. **Kurtarma Senaryoları Canlandırması:** Öğrencilerin örnek kurtarma senaryolarını canlandırmaları sağlanır. Örneğin bir işçinin kuyuda mahsur kaldığı bir senaryoda yapılması gerekenler canlandırılır.
4. **Senaryo Analizi ve Tartışma:** Öğrencileri gruplara ayırarak verilen kurtarma senaryolarını analiz etmeleri ve çeşitli kurtarma yöntemleri ve ekipmanları hakkında tartışmaları sağlanır.
5. **Önleme Stratejileri:** Öğrencilerden acil durumların nasıl önlenebileceği ve güvenlik önlemlerinin nasıl alınması gerektiği hakkında fikir üretmeleri istenir.
6. **Sonuç ve Genel Değerlendirme:** Etkinlik sonunda öğrencilerin sondaj sırasında güvenlik ve kurtarma operasyonlarının önemi hakkındaki görüşleri alınır.

PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ	3 Puan	2 Puan	1 Puan
Acil Durum Senaryolarının Anlaşılması: Öğrenciler, farklı sondaj operasyonlarında meydana gelebilecek acil durumları (kuyuda sıkışma, gaz kaçağı vb.) ve bu durumların neden kurtarma operasyonlarını gerektirdiğini kavradılar.			
Senaryo Canlandırmalarının Etkinliği: Öğrenciler kurtarma senaryolarını uyguladılar.			
Tartışma ve Analiz Katılımı: Öğrenciler, grup tartışmaları ve senaryo analizi sırasında acil durum senaryoları hakkında fikirlerini paylaştılar.			
Güvenlik Önemine Duyarlılık: Öğrenciler etkinlik sırasında iş sağlığı ve kişisel koruyucu ekipmanların önemine dikkat çektiler.			
Önleme Stratejileri Fikirleri: Öğrenciler, acil durumları önlenebilmesi için hangi stratejilerin kullanılabileceği ve güvenlik önlemlerinin nasıl alınması gerektiği hakkında fikirler önerdiler.			
Toplam Etki ve Öğrenme: Etkinlik sonunda öğrenciler, sondaj operasyonlarında güvenlik ve acil durum kurtarma operasyonlarının önemi hakkında değerlendirme yaptılar.			

4.2. PETROL, JEOTERMAL VE GAZ SONDAJLARI

Petrol, dünyanın en önemli enerji ve sanayi ham maddelerinden biridir. Petrol; bitki ve hayvan kalıntılarının denizlerde biriken çökel katmanlar içinde milyonlarca yıl ve zaman boyunca oksijensiz bir ortamda çürüyerek belirli basınç ve sıcaklık altında ayrışması sonucu oluşmuştur. Ham petrol, katran ve hidrokarbonlarla değişen oranlarda çözünmüş gazlardan oluşur.

Ham petrolün fiziksel özellikleri birbirinden çok farklıdır. Hafif petroller açık kahverengi, sarı ya da yeşil renklidir. Ağır (düşük graviteli) petroller ise koyu kahverengi ya da siyah renklidir. Yüksek graviteli petrolün işlem görmesiyle (damıtılmasından) çoğunlukla benzin, gazyağı ve motorin gibi hafif beyaz ürünler, düşük graviteli petrolün işlem görmesiyle de fuel-oil ve asfalt gibi ağır siyah ürünler elde edilir.

Petrol ve gaz sahalarının yer tespiti için uzun jeolojik etütler yapılır. Jeolojik etütler olumlu ise jeofizik etütler yapılır. Yer altındaki petrol ya da gazın rezervuar durumu sadece kuyular açılıp üretim yapılarak tespit edilebilir. Yeni bir rezervuar bulmak nedeniyle açılan kuyular arama kuyularıdır. Açılan arama kuyusunda petrol ya da gaz rezervuarı bulunursa bu kuyuya **keşif kuyusu** denir. Bazı durumlarda keşif kuyusu sonrası aynı rezervuar üzerinde keşfi tekrar doğrulamak ve sahanın büyüklüğünü belirlemek amacıyla geliştirme kuyuları açılır. Geliştirme kuyusu sonrası artık tamamen belirlenmiş saha üzerinde üretim yapmak amacıyla üretim kuyuları açılır. Keşif, geliştirme ve üretim kuyularıyla belirlenen rezervuardaki petrol ve gaz miktarına **yerinde rezerv** denir. Yer altı koşulları ve yetersiz teknoloji sonucu keşfedilen rezervuardaki miktarın çoğunluğu üretilememektedir. Bu nedenle rezervuardan sağılabilecek petrol ve doğal gaz miktarı **üretilebilir rezerv**dir.

Petrol ve doğal gaz sondajları, arama ve üretim amaçlı yapılır. Bu sondajlar kara ve deniz sondajları olarak ikiye ayrılır (Görsel 4.15). Karada yapılan sondaj çalışmaları teknolojinin ilerlemesiyle doğru orantılı olarak denizlerde hatta okyanuslarda yapılmaktadır. Denizlerde yapılan sondajlardan da olumlu sonuçlar elde edilmektedir.

Görsel 4.15: Karada petrol sondajı

BUNU BİLİYOR MUSUNUZ

- **Hazne kaya,** ana kaya içinde oluşan petrolün, basınç ve sıcaklık sonucu sıkışan çökellerden sızarak içine yerleştiği gözenekli geçirgen çökellere denir.
- **Petrolün göçü,** petrolün kaynak kayayı terk edip hazne kayada birikme sürecine denir.
- **Örtü kaya,** hazne kaya üzerinde yer alır. Petrolün kaçmasını engelleyen geçirimsiz kayadır.
- **Kapan,** petrolün kaçmasını engelleyen petrolün birikimini sağlayan şartların bulunduğu yerlere denir.
- **Rezervuar,** kapanın gaz ve petrol içeren bölümüne denir.

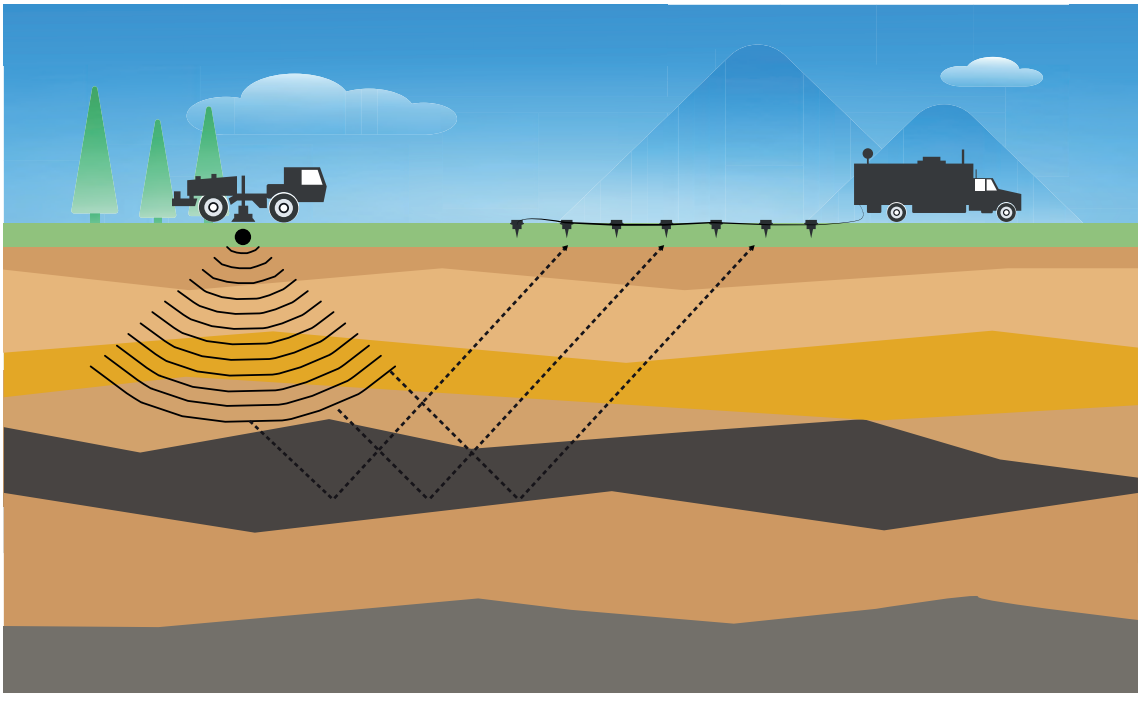
Petrol aramasında yapılan çalışmalar, sondaj yapılacak noktanın belirlenmesinden başlayarak üretim aşamasına kadar yapılan sondaj faaliyet çalışmalarını kapsar. Bunlar saha çalışmaları, sismik çalışmalar, kuyu programı hazırlama çalışmaları, kuyu yeri tespiti, sondaj çalışmaları ve kuyu tamamlama olarak sıralanır.

4.2.1. Saha Çalışmaları

Saha bazında petrol araması yapılacak bölgenin jeolojik çalışması yapılarak hedef seviyeler belirlenir.

Sismik Çalışmalar

Petrol araması yapılacak bölge tespit edildikten sonra yer altı bilgilerini detaylandırmak için bölgede sismik çalışmalar yapılır. Bu çalışmalar sonucunda sismik haritalar oluşturulur (Görsel 4.16).



Görsel 4.16: Petrol aramada sismik arama yöntemi

Kuyu Programları Hazırlama Çalışmaları

Kuyu programları hazırlama çalışmaları üç gruba ayrılır. Bunlar; arama ve araştırma, sondaj ve kuyu tamamlama grubudur.

Arama ve araştırma grupları, hazırlanan sismik haritalar ve sahanın jeolojik verileri ile sismik harita verilerini birleştirir. Arazi üzerinde kazılacak noktayı, hedef formasyonların derinliğini, formasyonların kaç metrede kesileceğini, formasyonların litolojik özelliğini ve kuyu derinliğinin ne kadar olacağını tespit ederek programa aktarır. Bölgede daha önce yapılan çalışmaların verilerini hazırlar. Sondaj grubu, formasyonların derinliğini ve litolojisini belirledikten sonra hangi tip ve kaç adet matkapla kazılacağını belirler. Kullanılacak matkabın çapı, sondaj dizisine uygunluğu sondajın derinliği gibi özellikleri belirler. Ayrıca sondaj çamurunun özellikleri, cinsi ve boruların özellikleri de sondaj grubu tarafından belirlenir. Kuyu tamamlama grubu, borular kuyuya indikten sonra kullanılacak borulama çimentosunun miktar ve özellikleri ile ilgili çalışmaları yapar.

Lokasyon Tespiti

Sondaj kulesinin yerleşeceği alan ve bir bölümü betonla kaplanmış olan düz zemin **lokasyon** olarak adlandırılır. Aynı zamanda saha ve sismik çalışmalar sonucu tespit edilen noktadır. Lokasyonda düz zemin dışında, çamur çukuru, celler havuzu ve check shot çukuru yer almaktadır.

4.2.2. Üretim Aşaması

Sondaj kulesi kurularak çalışmalar başlatılır. Programda belirtilen çapta ve özellikteki diziyle beraber yine programda belirtilen çaptaki matkapla sondaja başlanır. Belirlenen derinliğe kadar sondaj yapılır. Yapılan çalışma sırasında belirli aralıklarla kuyu sapması kontrol edilerek testler yapılır. Programda belirtilen loglar alınarak borular indirilir ve çimentolama işlemi yapılır. Çimentolama işlemi detaylı olarak ilerideki konularda işlenecektir. Düşük çaplı sondajla sondaja devam edilir. Bir sonraki borulama derinliğine kadar aynı işlemler tekrar edilir. Belirlenen hedefe gelindiğinde kaynak kayayla gözenekli seviyelerden karot örnekleri alınır. Gözenekli seviyelerden **drill stem testi** yapılır. Hedeflenen derinliğe ulaşıldığında sondaj çalışması bitirilir. Sondaj çalışması bitirildikten sonra programda belirlenen loglar alınır ve check shot yapılarak derinliğin sonuna kadar borular indirilir. Daha sonra çimentolama yapılarak kuyu tamamlama işlemlerine geçilir.

Kuyu içinden alınan log ve numunelerden petrollü seviyeler tespit edilir. Kuyunun borulama çimento kalitesini değerlendirmek için çimento logu alınır. Değerlendirme sonucu çimento bağı yetersiz ise tamir çimentosu yapılır. Daha sonra delik açma işlemine geçilir. Patlayıcı bulunan mermiler belirlenen seviyelere göre ayarlanarak patlatılır. Borularda delik açma işlemi yapılmış olur. Swablar yapılarak kuyudan gelen üretim miktarı belirlenir. Kuyudan günlük alınan verim miktarı belirlendikten sonra kullanılacak pompa türüne karar verilir. Üretim hatları bağlanarak kuyu üretime başlamış olur.

Petrol doygunluğu, formasyon basıncı, drenaj şartları gibi birçok faktöre bağlı farklı sondaj yöntemleri kullanılır. Ancak tüm yöntemlerde şu temel şartlar sağlanmalıdır:

- Delinecek formasyonun kırılması ya da yarılması
- Yüksek formasyon basıncına karşı önlemlerin alınması
- Sondaj çalışmaları sırasında kesilen formasyonlardan kesintilerin yüzeye ulaşması

Petrol ve doğal gaz aramalarında genellikle darbeli ve döner sondaj yöntemi uygulanır. Darbeli sondaj petrolün ilk bulunduğu yıllarda yaygın olarak kullanılmaktaydı. Bu yöntemde delme işlemi, çelik kablo ucuna bağlı çelik bir matkabın formasyona ardı ardına çarptırılmasıyla gerçekleştirilir. Teknolojinin ilerlemesiyle döner sondaj yöntemi kullanılmaya başlanmıştır.

4.2.2.1. Jeotermal Sondaj Teknikleri

Jeotermal enerji, dünyada ve Türkiye'de son yıllarda alternatif enerji olarak kullanılmaktadır. Kolay üretilebilen temiz, yenilenebilir, ucuz ve artığı olmayan çevre dostu bu enerji; elektrik enerjisi üretimi, turizm (kaplıca), ısıtma sistemi ve seraların ısıtılması alanlarında kullanılır. Jeotermal sondaj teknolojisi, genel olarak petrol endüstrisinde kullanılan sondaj teknikleriyle uygulanmıştır (Görsel 4.17). Ancak teknolojideki gelişmelere bağlı olarak kuyu açma tekniklerinin gelişmesiyle jeotermal sondaj kuyularında artış yaşanmıştır. Ülkemizde delinen jeotermal kuyuların büyük bir kısmı, MTA tarafından gerçekleştirilmiştir. Jeotermal sondaj uygulamaları şunlardır:

- Gradyan
- Arama
- Üretim
- Geliştirme
- Re-enjeksiyon
- Gözlem kuyusu

Görsel 4.17: Jeotermal kaynak

Sondajlı aramalar ve jeotermal sondajlar, yer altı kaynaklarını araştırmak ve değerlendirmek için önemli araştırma yöntemleridir. Bu tür çalışmaların bir parçası olarak, çeşitli destekleyici çalışmalar ve incelemeler yapılır. Kuyu yerleşimi, rezervuarın karakterizasyonu, üretilebilirlik değerlendirmeleri ve jeotermal kaynakların araştırılması gibi farklı aşamalarda önemli bilgiler sağlar. Bu çalışmaların sonuçları, yer altı kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde keşfi ve kullanımı için temel veriler sunar.

Gradyan Sondajları

Sahada sıcaklık dağılımının yoğunlaştığı seviyeleri belirleyen sondajlardır. Derin arama kuyularının yerlerini belirlemede yardımcı olur. Maliyeti yüksek olan sondajlardır. Sahanın genel jeolojik yapısı, hedefe göre sayısı ve derinliği değişkenlik gösteren sondajlardır.

Jeotermal Sondajların Programlanması

Öncelikle hidrojeolojik, jeolojik, jeokimyasal ve jeofizik etütlerden elde edilen bilgilere göre muhtemel borulama planı, kuyu derinliği ve muhtemel litolojik log hazırlanır. Jeotermal anlamda önemli olan veri, koşul ve jeolojik seviyeler litolojik logda yer alır. Litolojik logda yer alan bilgiler şunlardır:

- Soğuk yer altı suyu girişimi olabilecek seviyeler
- Örtü kaya oluşturabilecek seviyeler
- Muhtemel rezervuar seviyeleri
- Muhtemel karot alınacak seviyeler
- Muhtemel karşılaşılabilecek sıcaklık değerleri
- Kuyuda karşılaşılacak akışkanın muhtemel kimyası
- Ani geliş (blow-out) ihtimali olup olmadığının belirlenmeye çalışılması
- Kuyunun çapı ve derinliği
- Borunun tipi, çapı ve yerleştirilme derinlikleri
- Çamur türü ve ilave malzeme miktarları
- Çimentolanacak seviye ve programı
- Çimentonun türü ve miktarının sondaj operasyonundan sorumlu yetkili tarafından belirlenmesi

Yıkıntı ve akma, çamur kaçağı ve şişme, ani akışkan, buhar ve gaz geliş yapabilecek ve sondaj problemlerine sebep olabilecek seviyeler sondaj tekniği açısından belirlenmeye çalışılır.

Jeotermal sondaj işlemi sırasında şu gözlemler yapılır:

- İşleme başladıktan hemen sonra her metrede bir sondaj sirkülasyon sıvı giriş-çıkış sıcaklığı ölçülür.
- Her metrede bir çamurla birlikte gelen kayaç kırıntıları incelenir. Kırıntı örneği her on metrede bir karot arşivine girecek şekilde muhafaza edilir.
- Derinlik arttıkça kırıntı geliş zamanındaki gecikmeler göz önüne alınarak kırıntının hangi derinliği temsil ettiğine dair kontroller yapılır.
- Çamur tuzluluğunda oluşan değişimler, çamurda renk ve viskozite değişimi olup olmadığı gözlenir.
- Çamurda gaz, kabarcık gibi oluşumların olup olmadığı gözlenir.
- Sondajın ilerleme sürecine göre karot alma ihtiyacı gözlenerek ihtiyaç görülen seviyelerde kuyu logu alınır ve blow-out riski değerlendirilir.
- Jeotermal sondajda kullanılan yöntemler döner ve döner-darbeli sondajdır. Jeotermal amaçlı kuyularda formasyon ve basınç özellikleri dikkate alınarak aşağıda belirtilen döner sondaj yöntemleri kullanılır:
    - Gerekli olması durumunda karotlu sondaj
    - Düz çamur dolaşımlı sondaj tekniği
    - Çift duvarlı tij ile ters dolaşımlı sondaj ve üç konili matkap sondajı

Borulama Yöntemi

Jeotermal sondaj kuyularında muhafaza borularının amacı şunlardır:

- Düşük sıcaklıklı akışkan taşıyan zon ya da yüzey akiferlerini kapatmak
- Kuyularda oluşan zayıf ve çatlaklı seviyeleri kapatmak
- Sondaj sırasında tercih edilmeyen farklı basınçlardaki sıvıların kuyuya girişini engellemek
- Kaçaklı zonlardan geçilme zamanında çamur kaçaklarını önleyebilmek
- Kuyu başı ekipmanları için bağ oluşturmak
- Formasyonlar arası akışkan geçişini engellemek
- Mevcut kuyu çapını korumak
- Sondaj sırasında kuyuda basınç kontrolü oluşturmak ve olabilecek ani gelişleri önleyebilmek
- Üretim sıvısının yüzeye çıkarılmasını sağlayarak kuyu üretiminin sürekliliğini sağlamak

Jeotermal sahalarda değişken fiziksel-kimyasal formasyon (rezervuar) oluşma şartları olasılığı ve boruların indirileceği derinlikler farklı olabilir. Bu borular et kalınlıkları, mikro yapıları, diş ve manşon tipi olarak farklı tiplerde üretilir. Jeotermal sondaj kuyularında, kuyu problemleri ve yapılan pratik uygulamalara bağlı olarak muhafaza boru indirme derinlikleri değişebilir.

Jeotermal kuyularda filtre boru dizisi haricinde kuyuya indirilen koruma boru dizileri, tabandan itibaren kuyu ağzına kadar çimentolanır. Bu işlemin amacı sıcaklık ve basınç etkisi ile borularda meydana gelme ihtimali olan uzama ve kısalmalara engel olmak, borularda kopma ve çökmeleri önlemektir (Görsel 4.18).

Görsel 4.18: Sondajlarda muhafaza borusu kullanımı

Çimentolama Yöntemi

Muhafaza borusuyla kuyu duvarı ve kuyu kademeleri duvarının çimento şerbeti ile doldurulmasına **çimentolama** denir (Görsel 4.19). Çimentolama işleminin görevi, muhafaza boruları ile formasyon arasında ve muhafaza borularının kendi aralarında bağ oluşturarak özel kuyu şartlarına karşı dayanıklılık oluşturmak ve yük taşımaktır. Çimetolamanın diğer faydaları sıcak akışkan ve gazların neden olabileceği korozyona karşı muhafaza borularını koruma ve sıcak akışkanın muhafaza borusu dışından kontrolsüz akışını engellemektir. Çimentolama sonucunda boşluk kalmışsa sıcaklığın etkisi ile muhafaza borusunda arıza ve önlenemeyen problemler oluşur.

İyi bir planlama, sürecin düzgün ilerlemesi ve sonucun değerlendirmesi başarılı ise iyi bir çimentolama işlemi yapılmış demektir. Başarılı çimentolama sonraki işlemlerde tecrübe olarak kullanılırsa daha verimli çimentolama gerçekleşmiş olur.

Görsel 4.19: Çimentolama yöntemi

Türkiye'de Petrol ve Doğal Gaz Aramaları

Türkiye, enerji ihtiyacını karşılamak ve enerji arz güvenliğini artırmak amacıyla petrol, jeotermal enerji ve doğal gaz aramalarına yönelik çalışmalar yapmaktadır. Bu çalışmalar kapsamında hem ulusal hem de uluslararası kuruluşlarla iş birliği yapılmıştır. Ülkemizde petrol ve doğal gaz arama çalışmaları her geçen gün artarak devam etmektedir (Görsel 4.20).

Görsel 4.20: Kanuni derin su sondaj gemisi

Karadeniz'deki Araştırmalar: Karadeniz, uzun yıllardır kara ve deniz alanlarında hidrokarbon arama çalışmalarının odak noktası olmuştur. Özellikle sığ deniz alanında sınırlı miktarlarda gaz keşfedilmiş olsa da en dikkat çeken keşiflerden biri 2020 Ağustos'unda gerçekleşmiştir. Bu önemli keşif, Romanya-Türkiye sınırında yer alan Tuna nehrinin altında bulunan denizaltı yelpazesi olarak bilinen Tuna-1 kuyusunda yapılmıştır.

Akdeniz'deki Araştırmalar: Türkiye, Akdeniz'de hidrokarbon kaynaklarını araştırmak üzere çeşitli sondaj çalışmaları gerçekleştirmektedir. Bu çalışmalar, bölgedeki enerji potansiyelini anlamak ve enerji güvenliğini sağlamak amacıyla yapılmaktadır.

Yer Altı Petrol Depolama Tesisleri: Türkiye'de enerji güvenliğini artırmak amacıyla yer altı petrol depolama tesisleri geliştirilmektedir. Bu tesisler, stratejik olarak önemli bir rol oynayarak petrol arz güvenliğini sağlamayı hedeflemektedir.

Jeotermal Enerji Aramaları: Türkiye, jeotermal enerji kaynaklarını elektrik üretimi, ısıtma ve seracılık gibi alanlarda kullanma potansiyeline sahiptir. Ülke genelinde jeotermal kaynakların tespit ve kullanımı için çalışmalar yapılmaktadır. Türkiye, jeotermal enerji potansiyelinin belirlenmesi amacıyla harita ve veri tabanları oluşturmaktadır. Bu sayede potansiyel bölgelerde daha etkin kullanım sağlanması hedeflenmektedir. Türkiye, jeotermal enerji üretimini artırmak için sondaj çalışmaları yapmaktadır.

Türkiye'nin enerji aramaları ve kullanımı, enerji arz güvenliğini artırmak ve çeşitlendirmek amacıyla önemli bir yer tutmaktadır. Bu çalışmaların sürdürülebilirlik, çevresel etkiler ve enerji politikaları açısından önemi büyüktür.

Türkiye'de jeotermal enerji aramalarına şu örnekler gösterilebilir:

Denizli Jeotermal Alanı: Denizli, Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyeli yüksek bölgelerinden biridir. Bölgede jeotermal kaynakların tespiti ve kullanımı için sondaj çalışmaları yapılmıştır. Jeotermal enerji, bölgede ısıtma ve seracılık gibi alanlarda kullanılır (Görsel 4.21).

Görsel 4.21: Denizli jeotermal alanı

Kızıldere Jeotermal Santrali: Türkiye'nin ilk jeotermal elektrik santrali olan Kızıldere Jeotermal Santrali, Denizli ilinde bulunur. Bu santral, jeotermal kaynakları elektrik enerjisine dönüştürerek enerji arzına katkı sağlar.

Salihli Jeotermal Projesi: Salihli ilçesinde jeotermal kaynakların araştırılması ve kullanılması amacıyla çalışmalar yapılmaktadır. Bu proje, jeotermal enerji potansiyelinin belirlenmesi ve sürdürülebilir kullanımının sağlanması hedefiyle yürütülmektedir.

Türkiye'de yapılan bu arama ve üretim çalışmaları, enerji arz güvenliğini artırmak, enerji kaynaklarını daha etkin kullanmak ve çeşitlendirmek amacıyla gerçekleştirilmektedir. Bu projeler hem enerji üretimini artırmayı hem de çevresel etkileri en aza indirmeyi amaçlayan bir yaklaşımı yansıtmaktadır.

3. ETKİNLİK

Jeotermal enerji ve doğal gaz sondajlarının nasıl gerçekleştirildiğini araştırınız.Bu süreçlerde iş sağlığı ve güvenliğinin önemi ile ilgili verilen işlem basamaklarını uygulayınız.

Malzemeler

- Basit bir model sondaj platformu veya görseller
- İş güvenliği ekipmanları (kask, eldiven, gözlük, maske gibi örnekler)
- İş sağlığı ve güvenliği broşürleri veya posterleri
- Sunum materyalleri (görseller, videolar, bilgi slaytları)

İşlem Basamakları

Öğrencilere petrol, jeotermal enerji ve doğal gaz sondajlarının ne olduğu ve neden gerçekleştirildiğini anlatınız. Basit bir model veya görsel yardımıyla sondaj sürecini açıklayınız.

- **İş Sağlığı ve Güvenliğinin Önemi:** Öğrencilere iş sağlığı ve güvenliği kavramlarını anlatınız. Bu aşamada neden iş güvenliği önlemlerinin alınması gerektiğini vurgulayınız. Gerçek hayattan örnekler veriniz.
- **İş Güvenliği Ekipmanları Tanıtımı:** Öğrencilere iş güvenliği ekipmanlarının neler olduğunu ve neden kullanılması gerektiğini gösteriniz. Ekipmanları fiziksel olarak gösteriniz veya görsellerle tanıtınız.
- **Grup Tartışmaları ve Soru-Cevap:** Öğrencileri gruplara ayrınız ve birer enerji sondajı senaryosu veriniz. Öğrencilerin bu senaryoları kullanarak hangi iş güvenliği önlemlerini almaları gerektiği konusunda tartışmalarını sağlayınız.
- **İş Sağlığı ve Güvenliği Broşürleri:** Öğrencilere iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili broşür veya posterler dağıtınız. Bu materyallerle, öğrencilerin iş sağlığı ve güvenliği konusunda daha fazla bilgi edinmelerini sağlayınız.
- **Tartışma:** Öğrencilere iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerinin neden önemli olduğu konusunda sorular sorarak tartışmalarını sağlayınız.

PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ	3 Puan	2 Puan	1 Puan
Petrol, jeotermal enerji ve doğal gaz sondajlarının temel prensiplerini anladı.			
Enerji sondajları ve İSG hakkındaki sunum ve tartışmaları değerlendirdi.			
Verilen enerji sondajı senaryosuna uygun iş güvenliği önlemlerini tartıştı.			
Tartışmalarda ve grup çalışmalarında etkin katılım gösterdi.			
Grup içinde iş birliği yaptı.			
Uygulama sırasında doğru adımları takip etti.			
Öğrenciler grup tartışmalarında etkili iletişim becerileri sergiledi.			
Öğrenciler etkinliğe aktif bir şekilde katıldı.			

DİKKAT EDİYORUM

Sondaj Operasyonlarında İş Sağlığı ve Güvenliği Tedbirleri

- Sondaja başlamadan önce kule düzeninin belirlenen standartta olması sağlanmalıdır.
- Sondaj süresince çevrede gerekli tedbirler alınmalıdır.
- Kulede makine ve techizatların bakımları yapılmış olmalıdır.
- Kulede baretsiz çalışmaya izin verilmemelidir.
- Kuleye gelen kimyasallar, güvenlik tedbirleri alınarak stoklanmalıdır.
- Tehlikeli derinlikler işaretlenip, gerekli uyarı ikaz levhaları asılarak çevre aydınlatılmalıdır.
- Çalışma alanında kullanılan araç gereç, ekipman vb. kullanılacak malzemeler planlanan yerlerinde olmalı ve tertip düzen sürekli kontrol altında olmalıdır.
- Görevli olmayan personelin çalışma alanına girmesine izin verilmemelidir.
- Yapılacak iş başlangıçtan sona kadar planlanarak her adımın risk değerlendirmesi yapılmalıdır.
- Çalışacak personelin işiyle ilgili uzmanlık belgesi olmalıdır.
- Çalışacak kişilere iş sağlığı ve güvenliği konusunda gerekli eğitim verilerek bilgi sahibi olmaları sağlanmalıdır.
- İşe başlamadan önce kullanılacak araç gereç sağlamlık konusunda kontrol edilmelidir.
- Elektrikli ekipmanlarla ilgili açık alanda ve ekipmanları kullanım sırasında gerekli güvenlik önlemleri alınmalıdır.
- Hava şartlarına bağlı olarak elektrikli ekipman ve aletlerde kontroller sürekli yapılmalıdır.
- Kullanılan araç gerecin üzerinde gerekli sağlık güvenlik işaretleri bulunmalıdır.
- Kişi, standartlarda belirtilen ağırlık dışında manuel ağırlık kaldırmamalı ve taşımamalıdır.
- Çalışma alanında emniyetsiz bir durum görüldüğünde bölüm sorumlusuna haber verilmelidir.
- Çalışma sırasında yüzük, kolye, bileklik vb. takılar takılmamalıdır.
- Yüksek alanlarda çalışma sırasında emniyet tedbirleri alınmalıdır.
- Kurulan iskele platform vb. malzemelerde gerekli güvenlik tedbirleri alınmalıdır. Sondaj dizisi dışarıdayken kuyu ağzı kapalı tutulmalıdır.
- Çalışma alanındaki atıklar temizlenmelidir.
- İşe başlamadan önce küçük toplantılar yapılarak risk ve tedbirler hatırlatılmalıdır.

4.3. ÇİMENTOLAMA OPERASYONLARI

Çimento kullanımı her kuyu için ihtiyaç olan bir durumdur. Açılan kuyuların uzun süre işlevini sürdürebilmesi, kuyulara indirilen koruma borusunun (casing) uzun süre işlevini sürdürmesi ile eş değerdir. Bu koruma borusunu doğal yıpranmalardan korumak da çimentonun görevidir. Çimentolama operasyonları kuyu ömrünün uzamasında etkendir.

Çimento, marn, kil, kalker ve demir cevheri gibi ham maddelerin belirlenen oranlarda karıştırılarak sinterleme sıcaklığına kadar pişirilmesiyle oluşan klinkerin, alçıtaşı veya katkı maddelerin ilavesiyle elde edilen hidrolik bağlayıcılardır (Görsel 4.22).

Görsel 4.22: Çimentolama yöntemi

4.3.1. Kuyularda Çimentolamanın Önemi

Kuyuların çimentolanması sondaj aşamasından üretim aşamasına kadarki tüm aşamalar için önemlidir.

Sondaj sırasında matkapla açılan kuyularda planlanan derinliğe inebilmek ve delinen formasyonun yıkılmasını önlemek için kuyu içine çelik koruma boruları indirilir.

Çimento ve çimentolama işlemleri kuyuların uzun ömürlü olması ve emniyetini korumak adına çok önemlidir. Kuyularda çimentonun doğru zaman ve doğru oranda kullanılmaması kontrolsüz sızıntılara neden olur. Bu durum sonucu büyük ekonomik kayıp yaşanır ve (ülkeye, şirkete vs.) güven kaybedilmiş olur.

Kuyularda çimentolama sayesinde yüzey sularına karışabilecek olası sondaj çamuru kimyasallarının önüne geçilir. Böylece çevreye hassasiyet konusunda önemli bir değer katılmış olur. Yüzey sularından ve farklı derinlikteki formasyonlardan da kazılan kuyulara su girişi olabilir. Bunlar sondaj çamurunun yapısını bozabilir. Bu olumsuzluğun yanında bu sular koruma borusu indirildikten sonra da koruma borusunda korozyona neden olabilir. Çimento sayesinde koruma borusu ve formasyon arasında oluşturulan bu izolasyon, çamur stabilitesini koruma aynı zamanda koruma borusu dayanımını sağlamada en önemli etkendir.

Çimentonun sağlamlığı ve kuyuya doğru yerleştirilmesi büyük avantajlar sağlar. Bu avantajlar şöyle sıralanabilir:

- Kuyunun ömrünü uzatır.
- Koruma borusunun ömrünü uzatır.
- Çamurun özelliklerini korur.
- Derinliklere inilirken geçilen farklı formasyonların birbiriyle temasını önler.
- Basınç kontrolünü sağlar.
- Kuyunun çökmesini önler.
- Üretimin kuyu içinde olmasını sağlar.
- Yer altı araçlarının kolaylıkla yerleştirilmesini sağlar.

4.3.2. Kuyularda Çimentolama İşlemi

Çimentolama operasyonları, tasarım ve uygulama alanında her bir dalda uzmanlık ister. Yapılacak operasyon çeşidine göre farklı yaklaşımlar izlenmesi gerekir.

İşlem öncesi çimentolama ünite ve ekipmanları sondaj kulesinin bulunduğu alanda yerleşimlerini tamamlar ve operasyon hazırlıkları başlatılır (Görsel 4.23).

Çimentolama işlemi, kuyuya koruma borusu indirildikten sonra koruma borusu dış duvarı ile formasyon arasında kalan alanın çimeto şerbeti ile doldurulması işlemidir.

Görsel 4.23: Çimentolama araçları

Yapılan işlemin tekniği ise sondaj çamuruyla çimento şerbetinin yer değiştirmesidir. İşlem sırası şu şekildedir: Çimentosu yapılacak boru dizisinin içine çimento şerbeti pompa ile basılır. Dizinin en altındaki boru pabucundan çıkan çimento, anülüste yükselerek sondaj çamurunu yukarı doğru iter ve yer değiştirir.

Çimentolama işleminin amaçları şunlardır: Formasyon zonları arasında izolasyon sağlar. Boruları sülfatlı yer altı sularının korozyon etkisinden korur. Formasyonu sağlamlaştırır ve koruma boru dizisinin eksenel yüküne destek olur. Çimentolanan alanlar muhafaza borularının birbirleriyle ve aynı zamanda kuyu duvarı ile bağ oluşturarak yük taşıma görevi görür. Çimentolamanın bir diğer görevi ise özel kuyu şartlarına karşı dayanım sağlamasıdır. Sertleşmiş çimento sütunu sıcak akışkanın muhafaza borusu dışından kontrolsüz akışını önler.

Koruma borusu çimentolamasının başarılı olması, sondajın hedefine ulaşması ve maliyet açısından büyük öneme sahiptir. Bu nedenle çimentolama operasyonunda özensiz davranılması kuyu şartlarında testlerin yapılmaması büyük kayıplara neden olabilir.

Çimentolama işleminde kuyu durumu ve yere göre tek kademeli, çok kademeli ve layner çimentolama şeklinde üç farklı teknik uygulanır.

Tek Kademeli Çimentolama

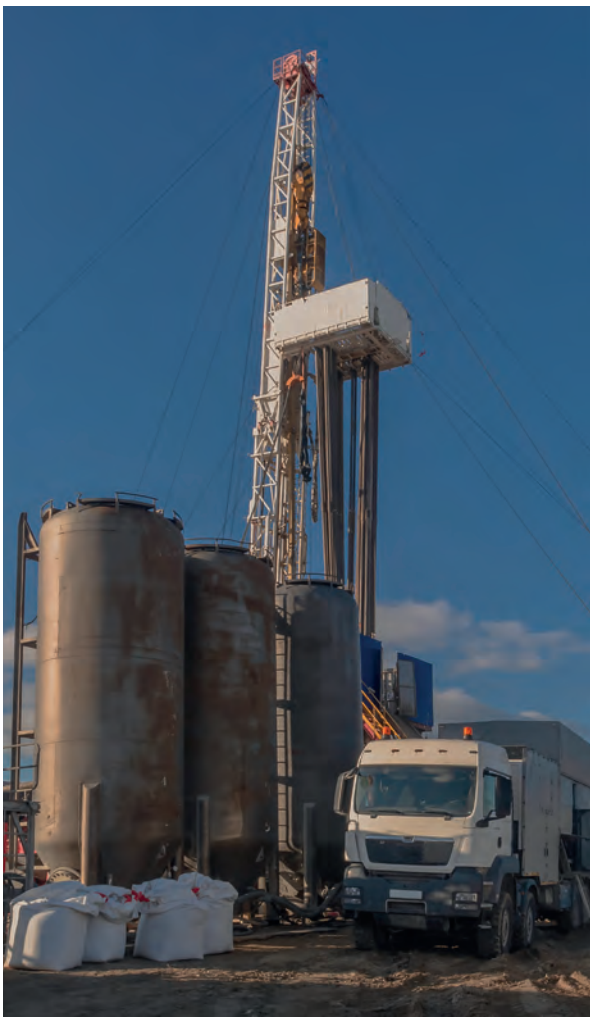
Geleneksel bir yöntemdir. Genellikle sığ derinliklerde başarılı olur. Bu çimentolama işleminde öncelikle kuyu tabanına koruma boruları indirilir, sonra borunun en üst ucuna çimentolama başlığı monte edilir (Görsel 4.24).

Çimentolama başlığı üzerindeki en alt vana açılarak sondaj çamuruyla sirkülasyon yapılır. Sirkülasyon yapılmaya kuyu içindeki çamur inceltilene kadar devam edilir. Çamurun incelmesi sonrası belli miktarda ara sıvı (Genellikle su kullanılır.) boru içine basılır.

Bu işlemlerden sonra çimento başlığı üzerindeki alt vana kapatılarak ortadaki vana açılır ve alt tapa serbest bırakılır. Hesaplanan miktar ve belli bir yoğunluktaki çimento şerbeti boru içine basılır.

Çimento şerbeti basma işlemi sonrası ortadaki vana kapatılır. Üst tapa serbest bırakıldıktan sonra en üstteki vana açılır.

Sondaj çamuru ile çimento şerbeti anülüste ötelenir ve öteleme işlemi üst tapanın alt tapa üzerine oturmasıyla sonlanır. Çimentolama işleminin tamamlanmasından sonra 24 ila 28 saat arasında beklenerek çimentonun prizlenmesi sağlanır.



Görsel 4.24: Çimentolama ekipmanı

Çok Kademeli Çimentolama

Tek kademeli çimentolama işlemlerinde karşılaşılan problemleri çözmek için uygulanan sistemlerden birisi çok kademeli çimentolamadır. Çok kademeli çimentolama yönteminin seçilme sebepleri şunlardır:

- Düşük pompa basınçlarını sağlar.
- Zayıf formasyonların çatlamasını sağlar. Formasyonlardan kaçağı önlemek için çimento şerbetinin toplam hidrostatik basıncı düşürür.
- Farklı formasyonlar için doğru çimento seçimine olanak sağlar.
- Koruma boru dizisinin tamamının çimentolanmasını sağlar.
- Kuyu içinde en alttaki boru dizisinin çimentolanması konusunda kesin sonuç verir.
- Çok kademeli çimentolama aşağıda belirtilen işlem basamakları şeklinde gerçekleştirilir.

Koruma borusu kuyu tabanına indirilir. Kuyu hacminin en az iki katı hacminde kapasite ile sirkülasyon yapılarak çamur inceltilir. Bu işlemin diğer faydası yüzdürme aparatlarının düzenli çalıştığını ve boru içinde yabancı madde olup olmadığının kontrolü için gereklidir. Ayrıca kuyu içindeki çamurun sirkülasyon basıncının değerlendirilmesine yardımcı olur.

Birinci kademe çimentolama, tek kademeli çimentolama işlemi ile hemen hemen aynıdır. Ancak boru içine basılan çimento şerbeti sütununun en üst ucunda ikinci kademe çimento aparatının hemen altında kalır.

Yüzeyden atılan açma bombası, kademe aparatındaki açma valfini hareket ettirerek ikinci kademe çimentolama işlemini başlatır. Açma bombası valfin üzerine oturduğunda çamur sirkülasyon basıncının üzerindeki ilave pompa basıncı pimleri kırar ve kademe, deliklerin önündeki kolları aşağı doğru iter. Sonrasında açılan delikler boru ile anülüsü birbirine bağlar. İkinci kademeye başlamadan önce çamur ile sirkülasyonu yapılır. Çimentola operasyonu sırasında ilk kademedeki çimento şerbeti prizlenir ve mukavemet kazanmaya başlar.

İkinci kademe için ihtiyaç olan çimento şerbeti basıldıktan sonra çimento şerbeti kapatma tapasıyla itilmeye başlanır. Bu işlem sırasında çimento, kademe aparatındaki deliklerden geçip yukarıya doğru yükselir.

Tapa, kademe aparatına ulaştığında çimento şerbetinin sirkülasyonu yapılması için gerekli basıncın üzerinde uygulanan ilave basınç, tapanın kademe deliklerini kapatır ve anülüsle boru içi arasındaki bağlantıyı keser. Boru dizisinde çimentolanma gerçekleşir.

Layner Çimentolama

Layner, yüzeye ulaşmayan, kuyu içinde kalan boru dizisi olarak tarif edilir. Layner çimentolaması için yüzdürme pabucu, yüzdürme aparatı, tapa oturma aparatı, layner askısı, layner yerleştirme aletleri, layner temizleme tapası ve tapaları iten pompa gibi araçlar gereklidir.

Çimento şerbeti sondaj çamurunu sorunsuz bir şekilde ortamdan uzaklaştırabilirse başarılı bir layner çimentolama işlemi gerçekleşmiş olur. Koruma borularının kuyu içindeki konumu başka bir deyişle sorunsuz merkezlemesi, çimento şerbetinin çamur ile yer değiştirmesinde çok önemlidir.

Layner çimentolama işleminin uygulama aşamaları şunlardır:

Layner dizisi bir önceki borunun içine 60 ila150 metre uzunluğunda indirilir. Layner yerleştirilmeden önce sirkülasyon yapılıp çamur iyileştirilerek kuyunun durumu kontrol edilir.

Layner tutma aracı aktif hâle getirilir. Layner dizisi 10 ila12 tur sağa döndürülür. Layner yerleştirme kolları serbest bırakılıp yerleştirme kollarının aktif olduğu kontrol edilerek dizi yukarıya doğru yavaşça çekilir. Yüzeyde kanca yükündeki düşme nedeniyle çözünme gözlendiğinde çimentolamaya başlanır.

Belirlenen çimento miktarı layner indirme dizisi içinden basılmaya başlanır. Çimento şerbetinin peşinden alt tapa yüzeyden bırakılır ve arkasından pompa ile çamur basılarak öteleme işlemi yapılır.

Pompa öteleme tapası, layner askısında olan temizleme tapasına yerleştiğinde pompa basıncında bir yükselme gözlenir. Basınçtaki yükselmeyle birlikte temizleme tapasını tutan pimler kırılarak alt tapa ve temizleme tapasıyla birlikte layner içinde hareket eder.

Temizleme tapası, tapa oturma aparatına kadar laynerin etrafındaki çamuru çimento şerbeti ile yer değiştirir. Temizleme tapasının tapa oturma aparatına oturması sonucunda yüzeydeki pompa basıncındaki ani yükselim, laynerin etrafına çimento şerbetinin tamamen yerleştiğini anlatır.

Layner askısındaki tutma aparatları aktif edilir ve boru tutma aparatları laynerdan ayrılır. Layner indirme dizisi, layner askısından çözülür. Çözülme, yüzeydeki dizi ağırlığının düşmesinden anlaşılır. Layner indirme dizisi, layner askısının biraz üzerine alınarak anülüsteki fazla çimento şerbeti ters sirkülasyon yöntemiyle temizlenir.

Çimentolamanın başarısı çimentonun koruma borusuyla formasyon arasına hatasız yerleştirilmesiyle belirlenir. Bu yerleştirme sırasında çamurun çok iyi şekilde süpürülmesi gerekir. İyi süpürülmeyen çamur tamamlama operasyonu, petrol ve gazın kaybolması, formasyon sıvılarının üretilememesi ve kuyunun istenilen şekilde desteklenemeyip yıkılmasına neden olabilir.

Başarılı bir çimentolama üç aşamadan oluşur.

- Planlama
- İşlemin yapılması
- Sonuç ve değerlendirme

Aşamalar birbirine bağlantılıdır. İşlem sonucunda daha sonra gerçekleşecek çimentolama planlamasında önceki sonuçlara göre planlama yapılırsa daha kaliteli ve başarılı bir çimentolama gerçekleşmiş olur (Görsel 4.25).

Görsel 4.25: Çimentolama planının yapılması için iş sağlığı ve güvenliğinin önemi

4.3.3. Çimentolama Sırasında Meydana Gelebilecek Başlıca Sorunlar

Çimentolama operasyonlarında meydana gelebilecek sorunları öngörebilmek için risk değerlendirmesinin iyi yapılması gerekir. Böylelikle verimli ve uzun ömürlü bir çimentolama yapılmış olur. Bu sorunlar beş maddede şöyle sıralanabilir:

- Koruma borularında çimentonun erken donması
- Tapa sorunları
- Çimentonun homojen hazırlanamamasının sonuçları
- Çimentolama borusu ile kuyu duvarı arasına gaz girişi
- Kanallaşma

Koruma Borularında Çimentonun Erken Donması: Çimento işlemlerinde oluşabilecek en büyük problemlerin başında çimentonun erken donması gelir (Görsel 4.26). Bu duruma neden olabilecek başlıca sebeplerse şunlardır:

- Çimento suyuna istenmeyen madde ve kimyasalların karışması
- Kuyu sıcaklığının doğru tespit edilememesi ya da öngörülememesi
- Operasyon sırasında çimentodaki ani su kayıpları
- Analiz veya bilgi eksikliği sonucu doğru çimento tipinin seçilememesi
- Çimentonun geç donmasını sağlayan geciktiricinin yeterli miktarda kullanılmaması

Görsel 4.26: Donmuş çimento

Tapa Sorunları: Koruma borusu çimentolama operasyonlarında tapa kullanımı, yapılan çimentonun kalitesinin kuyu duvarı ile koruma borusu arası boşlukta homojen olarak dağılmasını sağlamaktadır. Bu yüzden tapa sorunları, başarılı bir çimentolamanın en önemli engellerinden biridir, tapa sorunları şöyle sıralanabilir:

- Tapanın kuyu dibine gönderilmesi esnasında kullanılan cementing head (sementing hed) içinde tapanın sıkışması
- Kuyuya atılan tapaların sırasının karıştırılması
- Tapanın imalat ya da benzeri kaynaklı hata sonucu basınç dayanımı olmaması
- Tapa öteleme debisinin hatalı hesaplanması

Çimentonun Homojen Hazırlanamamasının Sonuçları: Daha kaliteli bir çimento sağlamak için homojen karışım şarttır. Karıştırıcı ünitesindeki mekanik arızalar, su ve basıncın yetersizliği gibi nedenlerden dolayı homojen karışım sağlanamamaktadır.

Çimentolama Borusu ile Kuyu Duvarı Arasına Gaz Girişi: Kuyuya çimento operasyonu sırasında anülüse gaz girişi olumsuz bir durumdur. Engellenememesi durumunda başarısız bir işlem kaçınılmaz olur.

Aşağıdaki maddelerden birisi gerçekleşirse anülüse gaz girişi önlenemez. Bu maddeler şöyle sıralanır:

- Çamur ağırlığı azlığı nedeniyle yetersiz hidrostatik basınç
- Çimentonun suyunu kaybetmesi
- Çimento-çamur ana yüzeyindeki jelleşme
- Gazlı kumlu formasyonlarda çimentolamadaki hata

Kanallaşma: Operasyon sırasında kanallaşma gerçekleşirse basınç ve debi farklı noktalarda farklı değerler alarak çimentonun yüzeye erken ulaşmasına ve işlemin erkenden kesilmesine neden olur.

Borunun formasyonla teması, kötü çamur özellikleri (yüksek plastik viskozite), boru hareketlendirmesindeki hata, düşük öteleme debisi ve kuyu genişlemesi gibi nedenler kanallaşmaya sebep olur.

4.3.4. Çimentolama Planlamasını Etkileyen Faktörler

Çimentolama işlemine başlamadan önce çimentolamada kullanılacak işlem adımları, ekipmanlar netleştirilmelidir. Planlamayı etkileyen faktörler şunlardır: Kuyu, sondaj sıvısı, koruma borusu (casing), kule operasyonları, çimento kompozisyonu, karıştırma ve pompalama üniteleridir.

Kuyu: Kuyunun çimentolamaya etkisi şöyledir:

- Kuyunun çapı çimento hacmi ve akış rejimlerini etkiler (Görsel 4.27).
- Kuyunun derinliği uygulanacak metodu ve katkı maddelerini etkiler.
- Kuyunun sıcaklığı çimentodaki katkı maddelerini etkiler.
- Kuyunun eğimi metot ve casing dizaynını etkiler.
- Kuyunun formasyon özellikleri çimento kompozisyonu ve katkı maddelerini etkiler.

Görsel 4.27: Sondaj kuyusu

Sondaj Sıvısı: Sondaj sıvısının özellikleri ve ağırlığı, kullanılacak ayıraç seçimini belirler. Çimentoya uyumluluğu, çimento ile sondaj sıvısının karışımını etkiler (Görsel 4.28).

Görsel 4.28: Sondaj sıvısı

Koruma Borusu: Dizaynı, çimento kompozisyonunu etkiler. Diş tipi basınç dayanımını, dolaylı olarak da çimento ağırlığını etkiler. Set derinliği çimento miktarını etkiler. Merkezleyiciler çimentonun akış rejimini etkiler. Kazıyıcılar, formasyon ile casing arasındaki bağı etkiler. Kademeli çimentolama aletleri, üretim zonunun kirlenmesini engeller.

Kule Operasyonları: Koruma borusu set etme hızı ve zamanı yıkıntıyı etkiler. Çimento öncesi sirkülasyon zamanı ise kuyunun temizliğini etkiler.

Çimento Kompozisyonu: Çimentonun tipi, çimento kalitesini etkiler. Çimentonun hacmi, kullanılacak içeriği etkiler. Ağırlığı, oluşturacağı basıncı ve özelliklerini etkiler. Reolojik özellikleri akış özelliklerini etkiler. Katkı maddeleri, çimento özelliklerini etkiler. Homojen karışımı, formasyonla koruma borusu arasında homojen dağılım için önemli bir faktördür. Saha suyuyla önceden yapılan çimento testi olası aksiliklerin önceden belirlenmesini sağlar.

Çimentonun hazırlanması için gerekli su miktarı önceden belirlenmelidir. Su analizinin önceden mutlaka yapılması gerekir. Su miktarını belirlemede hat testi, pompa temizliği, çimento karıştırılma hızı, havanın sıcaklığı gibi faktörler de düşünülerek belirlenmelidir. Sondaj çalışmalarında kullanılacak suyun temiz ve kimyasal maddelerden arınmış olması gerekir.

4.3.5. Çimentolama Operasyonlarını Etkileyen Faktörler

Çimentolama yapmanın amacı, koruma borusu ile formasyon arasını tamamen doldurarak koruma borusu ile formasyon arasında sorunsuz bir bağ oluşturmaktır. Bunu sağlayabilmenin tek yolu anülüsteki çamuru çimento şerbeti ile tamamen süpürebilmektir. Çamurun süpürülmesindeki bir hata anülüste malzeme kalmasına neden olabilir.

Koruma Borusu Merkezlenmesi

Koruma borusu (casing) merkezlenmediğinde oluşan çekme kuvvetlerinin etkisi akış alanı boyunca farklı olur. Bu fark, merkezden uzaklaşma sonucu çamurun anülüsün dar kısmından geniş kısmına doğru hareket etmesiyle artar. Koruma borusunun boyu iyi merkezlenmiş veya kuyu duvarına oldukça yaklaşmışsa akmaya karşı mukavemet anülüsün bu dar kısımlarında daha çok olacaktır. Dolayısıyla çimento anülüsün geniş kısımlarından çok daha çabuk akacak ve çamur bu şekilde daha kolaylıkla süpürülecektir.

Dizinin iyi merkezlenmesi için saha tecrübelerinden yararlanılır (Görsel 4.29). Kuyu tabanından itibaren her üç casinge birer tane, üretim zonunun karşısındaki her casinge bir taneye kalan casinglerin her üç tanesine bir tane merkezleyiciler kullanılırsa merkezlenme sağlanmış olur.

Görsel 4.29: Koruma borusunun ayarlarını yapan sondör

Koruma Borusunun Hareketlendirilmesi

İki farklı hareketlendirme yapılabilir. Birincisi döndürme diğeri ise dikey hareketlendirmedir. Dikey hareketlendirmede sondör, makarayla askıya alınan koruma borusu özel bir parça gerektirmeden koruma borularını manevra vinci yardımıyla yukarı ve aşağıya doğru hareket ettirebilir. Rotasyonu sağlamak için sabit çimento kafası ile koruma borusu arasına bir döner koruma borusu koymak gerekir. Bu durumda dahi merkezleyiciler kullanılabilir. Koruma borusu, kuyu cidarına sabit olarak kalan merkezleyiciler içinde rahatlıkla dönebilir. Dikey hareketlendirme pratikte daha fazla kullanılır fakat döndürme bazı sebeplerle daha etkindir.

- Model çalışmalarında özellikle öteleme işlemi, tapa akışı ile yapıldığı zaman döndürmenin daha etkili olduğunu gösterir.
- Dikey hareketlendirme, formasyon çatlamasına yol açabilen basınç ve hız dengesizliği oluşturabilir.
- Yukarı hareket esnasında koruma borusunun sıkıştığı yer mutlaka bilinmelidir. Bu, koruma borusu indirme işlemi sırasında problemlere neden olabilir.

Çamur Kazıyıcılar

Statik durumdaki jelli çamuru dağıtır, türbülanslı akışın oluşumuna yardım eder ve çamur kekinin yumuşak kısımlarını kolayca kazır.

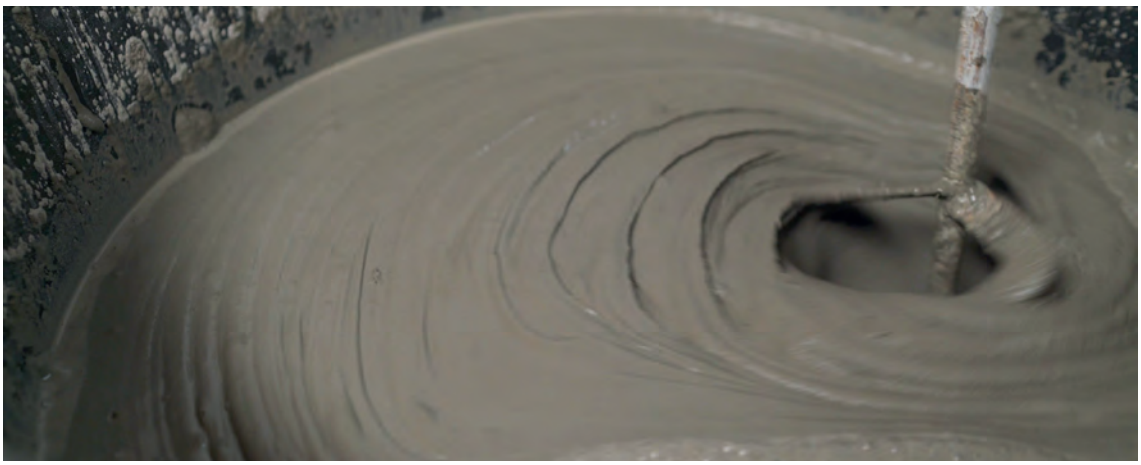
Çimento Şerbetinin Formasyon veya Çamur Tarafından Kirletilmesi

Çimento şerbeti formasyon sıvılarıyla ya da sondaj çamuru ile karışırsa çimentonun özelliğini bozar ve operasyonun istenen sonucu vermesini engeller.

Çamur bulaşımının olası etkileri şunlardır:

- Çimentonun prizlenmesini geciktirir ya da hızlandırabilir.
- Prizlenmiş çimentonun basınç dayanımını azaltabilir.
- Su kaybını artırabilir.
- Karışımın özellikle petrol bazlı çamurda pompalanmaz bir kütle oluşturabilme olasılığı vardır.

Kuyuda çamurla çimento kendi özel işlevlerini yapar ve operasyon birbirinden bağımsız olarak gerçekleşir. Çamur bulaşımına karşı çimento karışımında bir düzeltme yapılamaz. Çamurla çimentoyu fiziksel ayırma tek çözüm yoludur. Bu casing içinde tapalar yardımıyla çok kolaydır (Görsel 4.30).



Görsel 4.30: Çimento şerbeti

DİKKAT EDİYORUM

Çimentolama İşlemlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Tedbirleri

- Çimento silo, kamyon ve lag araçlarının diğer donanımlardaki gibi ayrı ayrı risk değerlendirmesi yapılmalı ve gerekli önlemler alınmalıdır.
- Saha çalışmaları uzun olduğundan ve çalışanlar uzun süre arazi koşullarında kaldıkları için stres faktörü de değerlendirmeye alınmalı ve gerekli tedbirler alınmalıdır.
- Yüksek basınçla ilgili işlemlerde gerekli tedbirler alınmalıdır.
- Elektriksel alanda çalışanlar bilgilendirilmeli, uzman kişiler tarafından yönetilmelidir.
- Duruş bozukluklarına karşı çalışanlar bilgilendirilmeli ve gerekli tedbirler alınmalıdır.
- Tozlu ortamlarda uygun maske seçilerek çalışanların kullanması sağlanmalıdır.
- Titreşimli işlerle ilgili maruziyet sürelerine dikkat edilmeli ve gerekli önelemler alınmalıdır.

4. ETKİNLİK

Sondaj kuyularında çimentolama gerektiren durumla ilgili bir sunum hazırlayınız. Hazırladığınız sunumu sınıfınızda paylaşınız.

İşlem Basamakları

- Sunuda çimentolama ile ilgili yazı, resim, video, şekil, fotoğraf gibi en az dört farklı materyal kullanınız.
- Çimentolamada kullanılan ekipmanlara değininiz.
- Çimentolama sırasında İSG önlemlerine yer veriniz.
- Sununun değerlendirmesi aşağıdaki puanlama anahtarına göre yapılacaktır.

PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ	3 Puan	2 Puan	1 Puan
Konu İçeriği ve Anlaşılırlık: Sondaj kuyularında çimentolama işleminin neden gerektiğini ve çimentolamanın temel amaçlarını hakkında bilgi verdi.			
Çimentolama Yöntemlerinin Anlatımı: Sunumda farklı görseller kullanarak çimentolama işleminin nasıl gerçekleştirildiğine değindi.			
Güvenlik Önemine Duyarlılık: Sondaj kuyularında çimentolama sırasında alınması gerken güvenlik önlemlerine örnekler verdi.			
Soru ve Tartışma Katılımı: Sunum sırasında sorulara etkili cevap verdi.			
Dil ve İfade Kullanımı: Sunumu açık, anlaşılır ve dil bilgisi kurallarına uygun yaptı.			
İletişim ve Katılımcı Etkileşimi: Sunum sırasında arkadaşlarından gelen sorulara etkili bir şekilde cevap verdi.			

4.4. KUYU KONTROLÜ

Kuyu testleri, kuyu sistemlerindeki veri ihtiyacını karşılayan en önemli unsurlardan biridir. Rezervuar ve kuyu özellikleri verileri ve bilgilerinin toplanması için yapılan akışkan testler, **kuyu testi** olarak tanımlanır. Jeotermal rezervuar, sistemin sıcak ve geçirgen kısmını tanımlar.

Rezervuar özelliklerinin değişip değişmediğini izlemek için belli bir üretim sonrasında veya rezervuar işletilmeden önce kuyu testleri yapılır. Bu testler sonucunda rezervuar ve kuyu hakkında fiziksel ve kimyasal veriler toplanır. Üretimin rezervuar üzerindeki kısa, orta ve uzun vadedeki etkisi gözlemlenir. Bunun sonucunda uzun vadeli üretim stratejisi belirlenmesi amaçlanır. Kuyu testlerinden elde edilen en önemli rezervuar ve akışkan özellikleri şu şekildedir:

- Akışkanın faz durumu (basınç, sıcaklık / entalpi)
- Rezervuarın faz durumu (sıvı , buhar baskın)
- Rezervuar geçirgenliği, akışkan kimyası (tuzluluk, katyon ve izotopik oranlar)
- Yoğunlaştırılmayan gaz içeriği

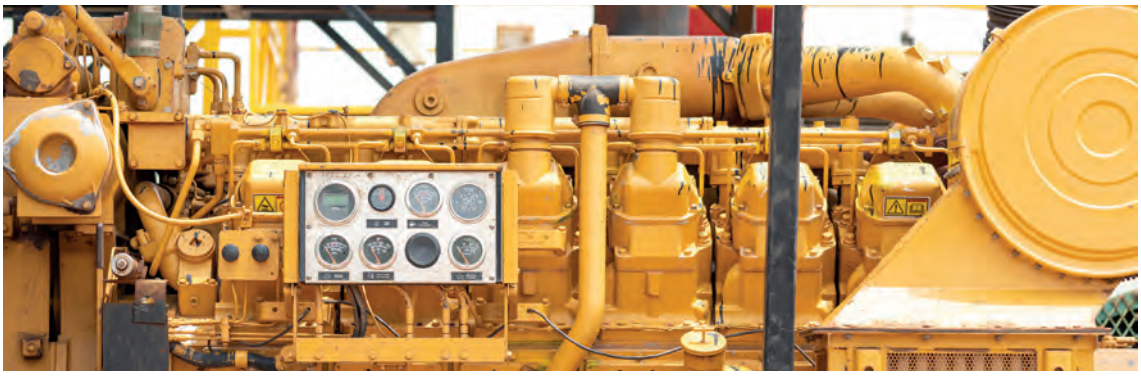
Bağlı kuyu özellikleri de şu nitelikleri içerir:

- Kuyudaki besleme bölgelerinin yeri
- Besleme bölgesi geçirgenliği / üretim karakteristiği
- Kuyu yakını geçirgenlikteki değişimler (zar faktörü)
- Kuyunun fiziki durumu (muhafaza borusu, liner ve çıplak kuyu)

4.4.1. Sondaj Sırasında Yapılan Testler

Sondajın daha başarılı ilerlemesi için kuyu kontrolleriyle ilgili bazı testler yapılır. Bu testler sondaj kuyusunun niteliği hakkında bilgi verir.

Sıcaklık Ölçümleri: Sıcaklık ölçümlerinde sondaj akışkanı olarak kullanılan çamurun sıcaklığı kuyu ağzında sürekli ölçülür (Görsel 4.31). Gözlem sonucu elde edilen ısı artışlarına göre sıcak bir zona girildiği anlaşılır. Giriş ve çıkış çamur sıcaklıkları, termometre ile ölçülerek kayıt edilir. Ölçümü yapılan kısımda yalnızca kondüksiyon yoluyla ısı iletimi gerçekleşmelidir. Isınma için geçen zamanın sirkülasyon zamanı ile aynı tutulması (15 ila 20 saat) sağlanır. Kuyuda ölçülen çamur seviyesi kontrol edilip kuyuda oluşan basıncın sabitliği gözlemlenir. Basıncın yüksek olduğu formasyonlarda akışkanların kondüksiyonu boz-



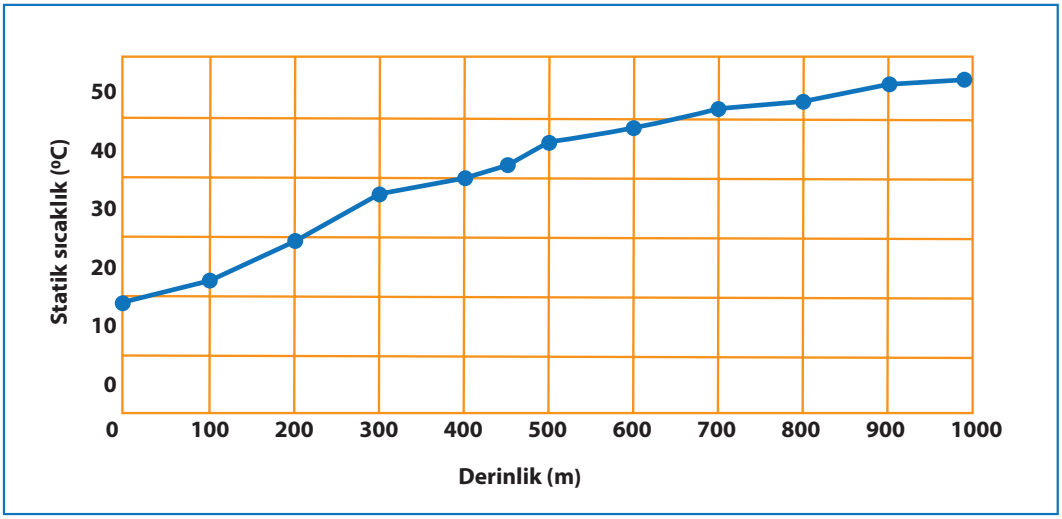
Görsel 4.31: Sıcaklık ve basınç gibi unsurların kontrolü

ması sonucu, alınan sıcaklık verileri geçersiz olur.

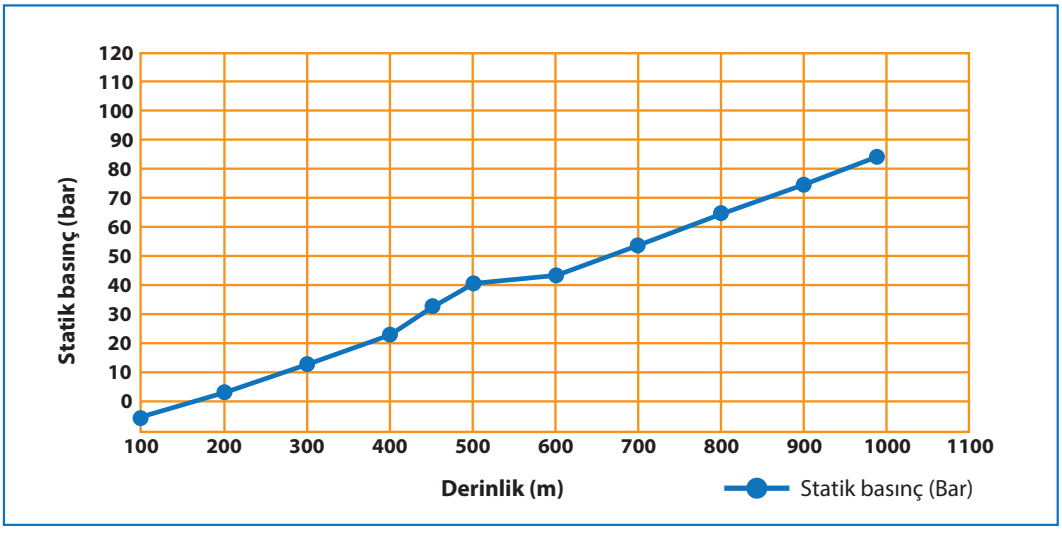
Çamur Kayıpları: Çamur kayıplarının takip edilmesi, üretim zonu hakkında bilgi verir. Kaçağın hangi metrede olduğu ve debisinin bilinmesi, nasıl bir üretim zonuna girildiğini belirler. Çamurun yoğunluğu ve statik seviyesinden formasyon basıncı hesaplanır. Üretim zonu özelliklerinin belirlenmesi, gerekli önlemlerin alınmasında önemlidir.

Kuyu Tamamlama Testleri: Kuyu tamamlama testleri kuyuda yapılma sırasına göre sınıflandırılır.

Statik Sıcaklık ve Basınç Testleri: Kuyuda sondaj çalışması tamamladıktan sonra mevcut sondaj çamuru uzaklaştırılır ve kuyu başı vanası kapatılır. Kuyu en az yirmi dört saat ısınmaya bırakılır ve özel cihazlarla statik sıcaklık ve basınç testi yapılır. Test cihazı, kuyu başından başlayarak kuyu tabanına kadar belirli aralıklarla ölçüler alır ve gerekirse ölçme işlemi belli zaman aralıklarıyla tekrarlanır. (12, 24, 72 saat gibi) Grafik 4.1 ve Grafik 4. 2'de statik sıcaklık ve statik basınç grafikleri verilmiştir.

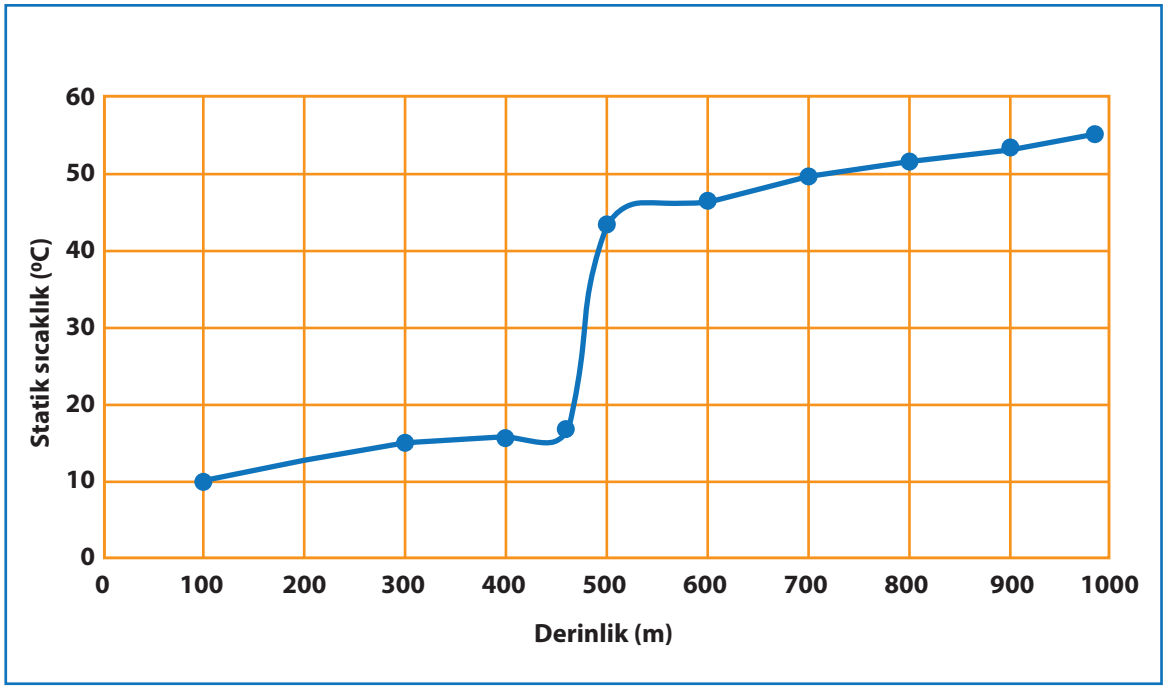


Grafik 4.1: EMA-2013/12 kuyusu statik sıcaklık grafiği (MTA, 2013a)



Grafik 4.2: EMA-2013/12 kuyusu statik basınç grafiği (MTA, 2013a)

Su Kaybı Testi: Su kaybı testinin amacı kuyudaki besleme zonlarını belirlemektir. Test kuyu üretime açılmadan önce ve statik ölçüler belirlendikten sonra yapılır. Uygulama aşamasında kuyuya kuyu hacmi kadar sabit ve düşük debide soğuk su basılarak kuyunun soğutulması sağlanır. Sonra su basma işlemi devam ederken test cihazı kuyuya indirilir ve kuyu başından başlayarak kuyu tabanına kadar belirli aralıklarla ölçüler alınır. Suyun rezervuara gittiği veya rezervuardan kuyuya aktığı seviyeler, kuyuya soğuk su basılırken alınan sıcaklık veya akış profillerinden belirlenir (Grafik 4.3).

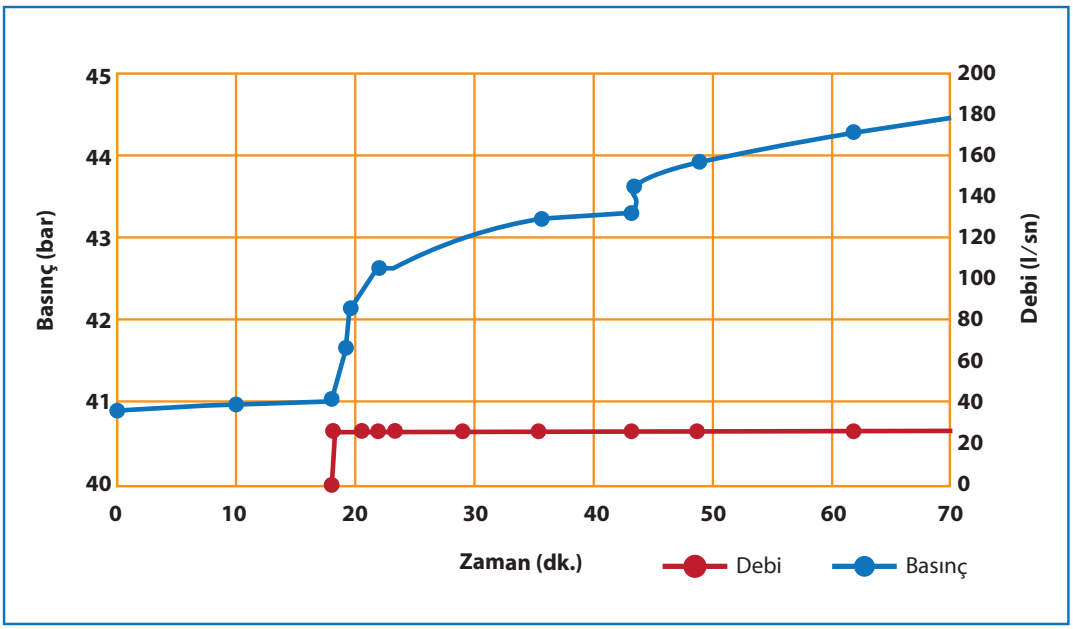


Grafik 4.3: EMA-2013/12 kuyusu su kaybı grafiği (MTA, 2013a)

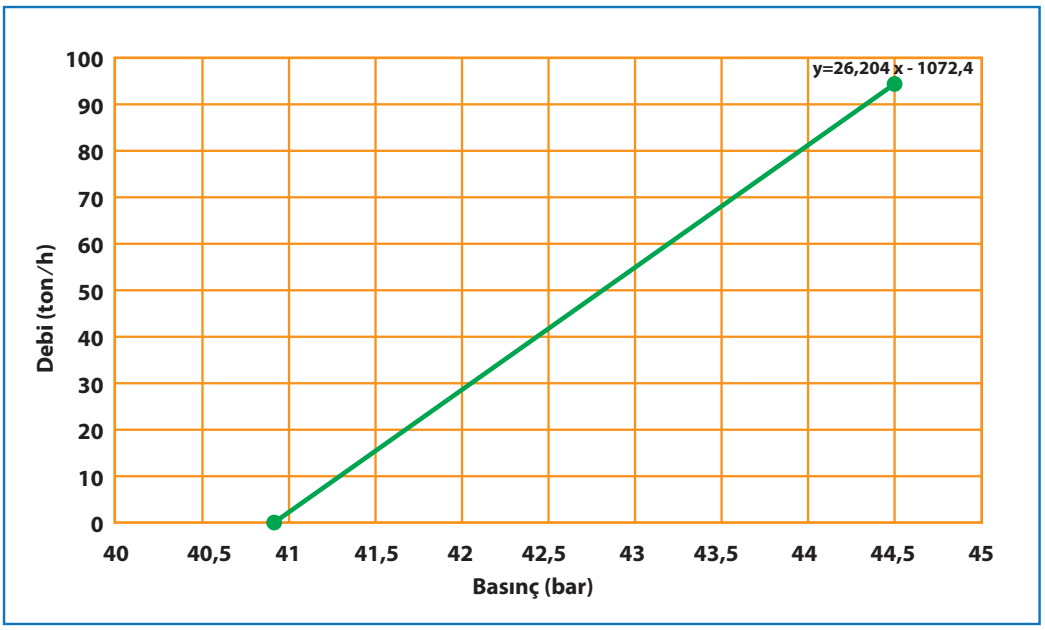
Maksimum soğuma suyun en çok kaçtığı yerlerde olacaktır. Kuyuda pompa debisinin değişiklik gösterdiği durum ve birden fazla üretim seviyesi olması durumunda birden fazla su kaybı testi yapılması gerekir. Bu testler sonucu belirlenen seviyeler, kararsız basınç testleriyle değerlendirildiğinde bekleme seviyesi; asitleme gibi operasyonlarla değerlendirildiğinde asit basma seviyesi olarak kullanılabilir.

Enjeksiyon Testi: Kuyuya sabit debide su basılması sırasında kuyunun içindeki basınç değişiminin değerlendirildiği testtir. Su kaybı testinden sonra yapılır. Bu testte çamur pompa ve tankları kullanılır. Testin süre ve enjeksiyon debisini belirleyen en önemli faktörler; basılacak temiz suyun temini, depolanması, pompanın debisi ve basınç kapasitesi olarak sıralanır. Test sırasında kuyu içindeki basınç verileri ile kuyu başı basınç verileri veya pompanın su basma debisi verileri toplanır. Enjeksiyon testinde mevcut basıncı ölçebilmek için basınç elementi su kaybı testinde belirlenen ana geçirgen seviyesine indirilir. Sonra sabit debide su basılarak kaybedilen basınç değerleri bulunur ve rezervuar parametreleri hesaplanır. Pompa ve su miktarının uygunluğuna göre tek ve çok debili enjeksiyon testleri yapılır.

Tek Debili Enjeksiyon Testi: Bu testte basınç elementi, su kaybı testinde belirlenen besleme seviyesine indirilir. Kuyuya sabit debili su basılır ve kapalı olan kuyu başı vanası kontrol edilir. Kuyu başı basınçları, pompa stroku (pistonun yukarıdan aşağıya veya tersi yönde hareket ettiği motor döngüsünün bir aşaması) ve debi takip edilerek kayıt altına alınır. Bu test esnasında geçirgenliğin az olduğu kuyularda rezervuar basıncı kısa sürede yükselir. Kuyu başı vanası basıncının yükseldiği gözlenir ve çok dikkatli takip edilir. Aşırı yükselme olursa test durdurulur. Geçirgenliğin yüksek olduğu kuyularda ise basınç değerlerinde küçük yükselmeler gözlenebilir veya hiç yükselme gözlemlenmez. Asitlemenin olması planlanan kuyularda basınç değişimi önemlidir. Geçirgenliğin düşük olduğu kuyularda asit basımı zordur veya hiç gerçekleşmez (Grafik 4.4, Grafik 4.5).

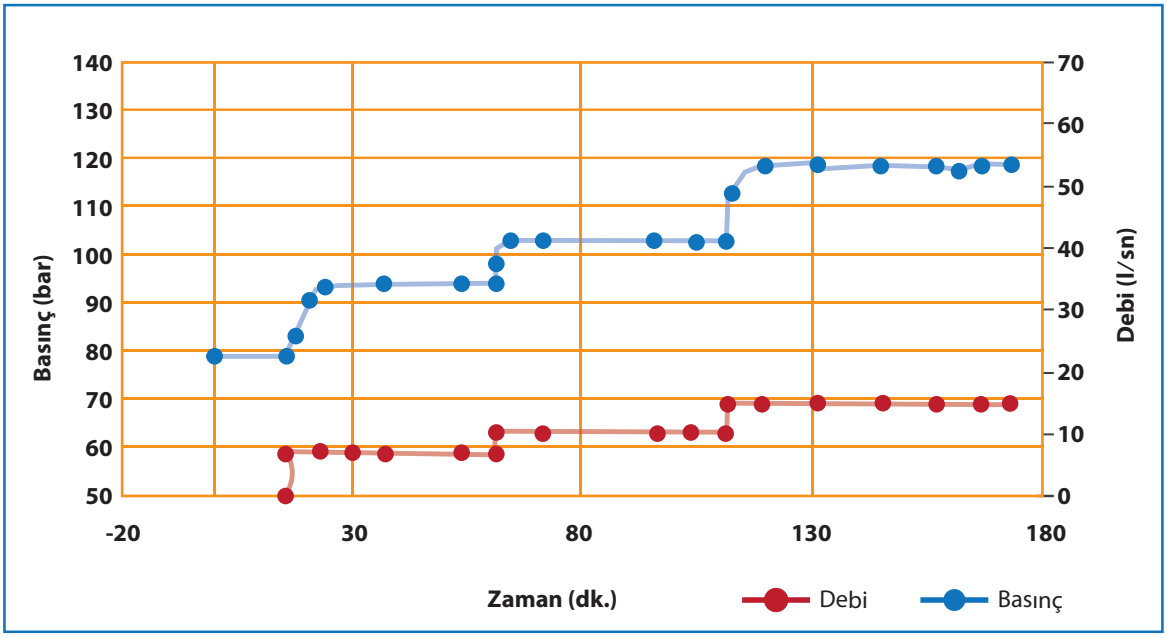


Grafik 4.4: EMA-2013/12 kuyusu tek debili enjeksiyon grafiği (MTA, 2013a)



Grafik 4.5: EMA-2013/12 kuyusu tek debili enjeksiyon indeksi grafiği (MTA, 2013a)

Çok Debili Enjeksiyon Testi: Tek debili enjeksiyon testinden sonra yapılır ve kuyuya farklı yükselen debili su basılarak rezervuarın su alma kapasitesi belirlenir. Kuyu başı basınçları, pompa stroku ve debi takip edilerek kayıt altına alınır. Bu testte pompa stroku sabit kalmalı ve değişimi engellenerek istenen debiyi karşılamalıdır. Testte kuyu basınç ve kararlı akış değerleri gözlenene kadar diğer debi hızına geçilmemelidir. Bu testle elde edilen değer, enjekvite endeksidir (Grafik 4.6).



Grafik 4.6: EMA-2013/12 kuyusu asitleme sonrası çok debili enjeksiyon grafiği (MTA, 2013b)

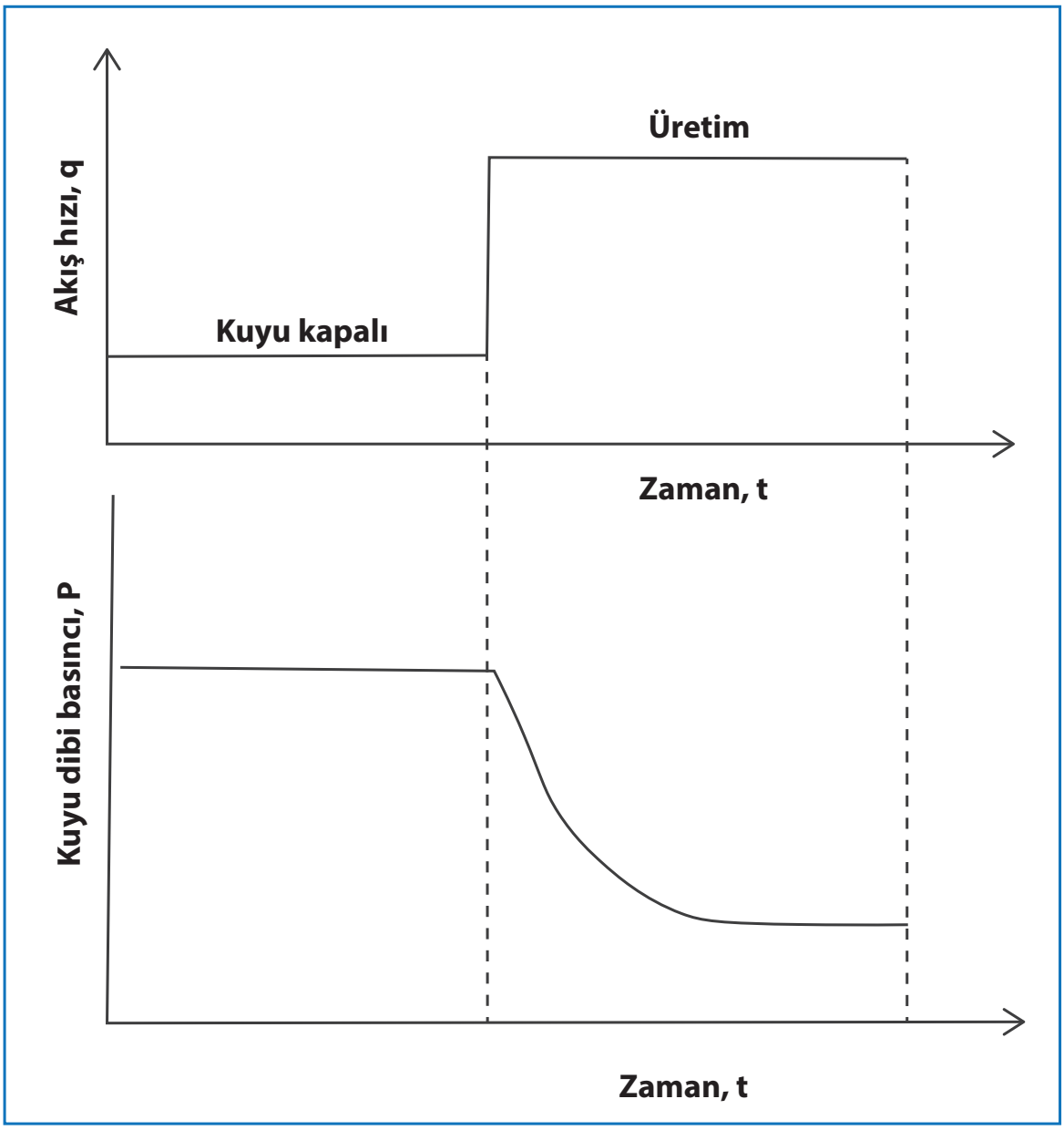
Fall off Testi: Fall off testi, kuyu içinde oluşan basınç değişimin gözlemlendiği bir kuyu tamamlama testidir. Enjeksiyon testlerinin sonunda veya test esnasında bir sorun oluştuğu, pompa durdurulduğu ya da kuyuya su basma kesildiğinde yapılır. Bu testte basınç aleti ana geçirgen seviyeye su basıldığı esnada indirilir ve kısa bir süre bekledikten sonra su basma işlemi sonlandırılır. Bu bekleme sırasında rezervuar parametreleri basınç değerleri kullanılarak belirlenir. Enjeksiyon anında rezervuarda oluşan basıncın yükselip, enjeksiyon sonladığı andaki düşüşü gözlemlenerek kaydedilir.

4.4.2. Kuyu Üretime Alındığında Yapılan Testler

Bu testler üretim faaliyetlerinden sonra yapılır. Üretim sırasında yapılan testler şu şekilde sıralanabilir:

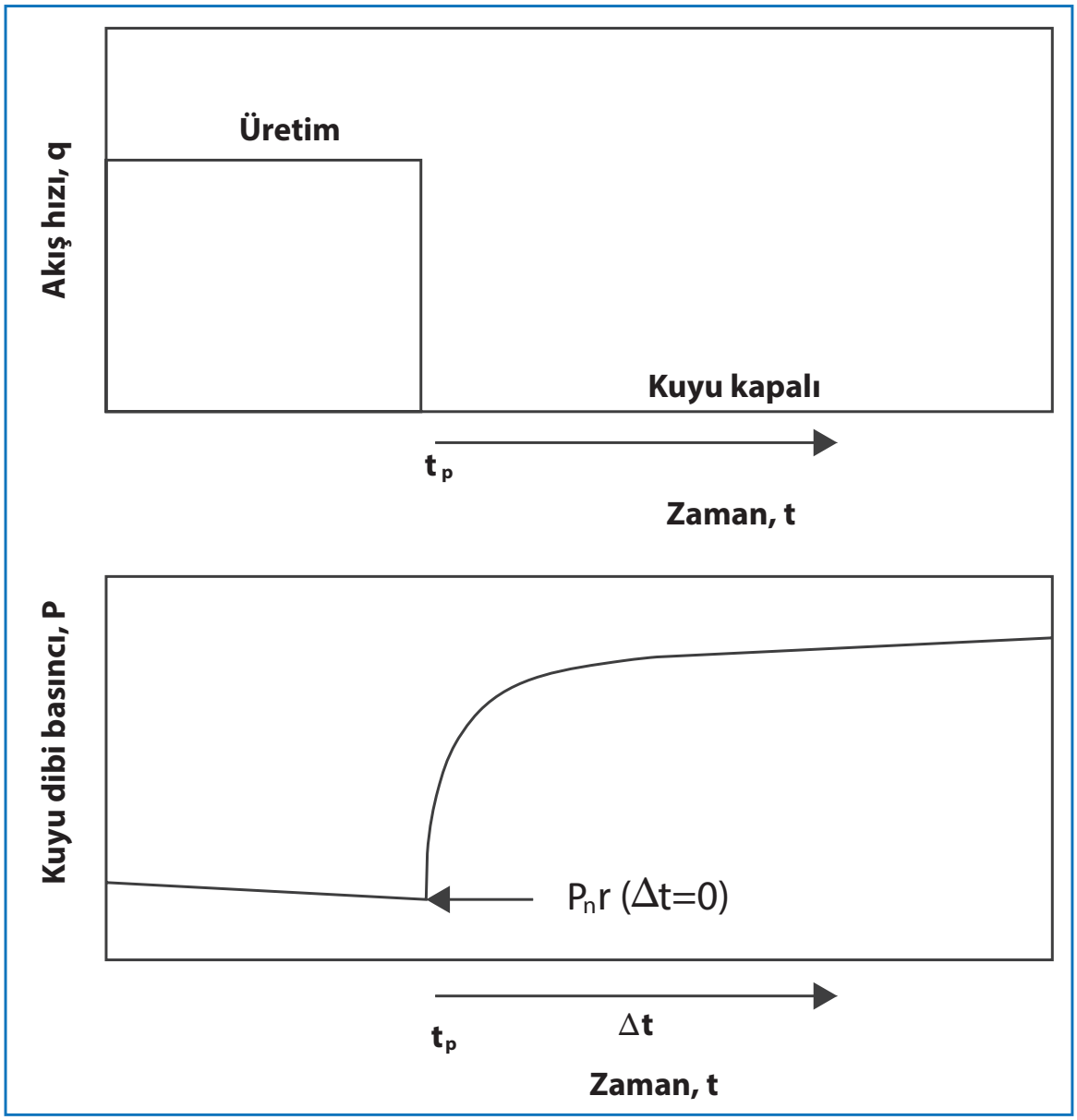
Dinamik Sıcaklık ve Basınç Testi: Kuyu üretime alındıktan sonra kuyunun ısınması veya dengeye gelmesi için birkaç gün beklenir. Kuyu başı düzenlenerek dinamik sıcaklık ve basınç testi yapılır. Test cihazı, kuyu ağzından başlayarak kuyu tabanına kadar indirilir ve sabit aralıklarla ölçü alır. Gerekirse ölçme işlemi belli zaman aralıklarıyla tekrarlanır.

Basınç Düşüm Testi (Pressure Draw-Down Test): Test cihazı, besleme zonuna indirilerek kısa bir süre bekletilir ve rezervuar basıncı belirlenir. Daha önceden üretime kapalı olan kuyu tekrardan üretime açılır ve sabit debide üretimin gerçekleştirilmesi ile rezervuardaki basınç düşüşleri tespit edilir. Rezerv ve kuyu parametreleri belirli yöntemler kullanılarak hesaplanır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: Basınç düşüm testi grafiği

Basınç Yükselim Testi (Pressure Build-Up Test): Sabit debide üretim yapan kuyu durdurulur ve kuyu dibinde oluşan basınç yükselmesi tespit edilir. Test cihazı besleme zonuna indirilir ve kuyu başı kapatılarak üretim durdurulur. Kuyuda oluşan basınç yükselişleri kaydedilir. Rezerv ve kuyu parametreleri ile verimlilik endeksi (Productivity Index (PI)) belli yöntemlerle hesaplanır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2: Basınç düşüm testi grafiği

Geçirgenlik-kalınlık (kh) değeri, rezervuar basıncı ve zar faktörü semi-log bir grafik, log-to-log ve fonksiyonun eğim değerleri ile hesaplanır.

PI (Productivity Index) = Üretim hızı (ton/saat) /Δ Basınç (kg/cm^2)

Susturucu (Silencer) Savak ile Yapılan Üretim Testi: Bu yöntemde su-buhar karışımı, açık hava şatlarında susturucuya boşaltılır. Su ve buhar birbirinden ayrılır. Susturucunun yukarısında buhar havaya salınır, su ise susturucunun aşağısına bağlı savağa yönlendirilir (Şekil 4.3).

Savak formülü ile su miktarı hesaplanır. Susturucudaki suyun buharlaşma miktarının savaktaki miktara eklenmesi ile kuyunun toplam üretimi bulunur. Ön yüzeyleri çeşitli şekillerde olabilen savaklarda yüksek üretimli kuyular için dikdörtgen yüzeyler tercih edilir.

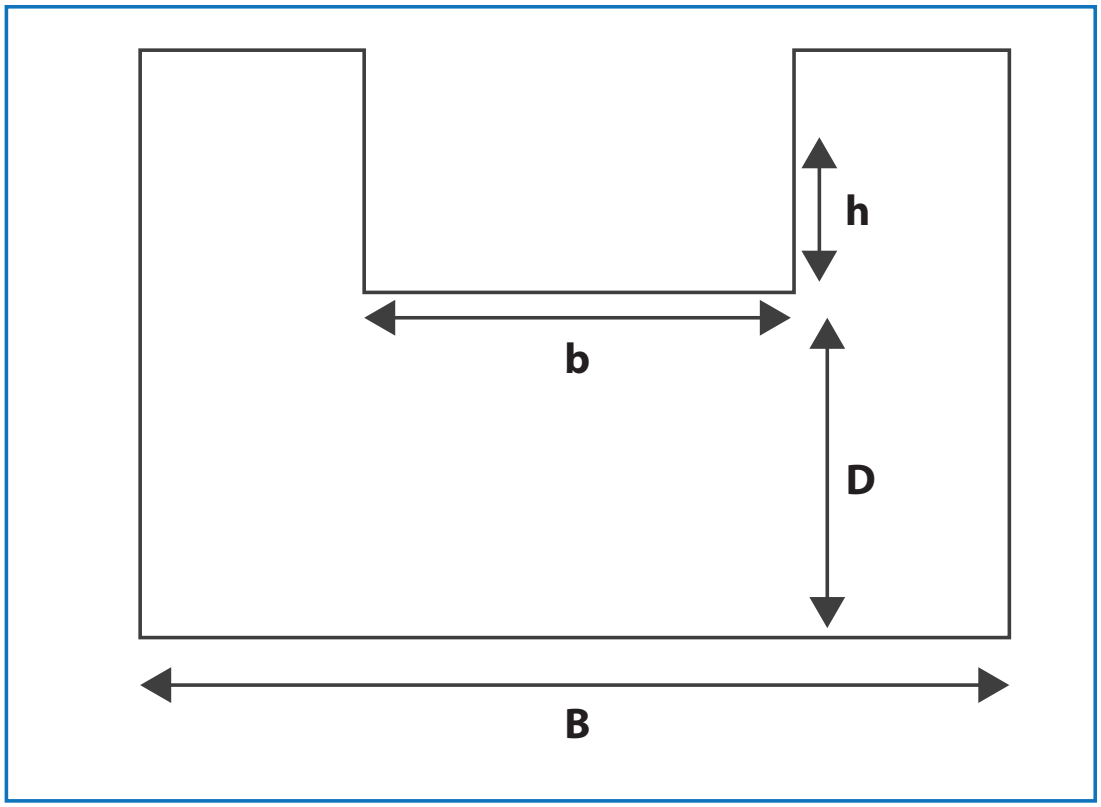
Savak Formülü

$$M_w = 60 * \rho_w * h^{1,5} * \left(107{,}1 + \left(\frac{0{,}177}{h}\right) + \left(1\frac{4{,}2*h}{D}\right) - \left(\frac{25{,}7*\sqrt{(B-b)+h}}{D*B}\right) + 2{,}04 * \sqrt{\frac{B}{D}}\right)$$

M_w= Savak akış hızı, (ton/saat)

P_w= Savak akış yoğunluğu (gr/cm^3)

b, h, D, ve B aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 4.3: Savak ön yüzü

Buharlaşma miktarını bulmak için rezervuar ve kuyu başı sıcaklıklarının bilinmesi gerekir ve hesaplamak için buhar tabloları kullanılır. Buhar oranı, akışkanın rezervuarda bilinen sıcaklıktaki sıvı hal entalpisi (sabit basınç altındaki ısı değişimi) ile akışkanın kuyu başında ölçülen sıcaklıktaki sıvı hal entalpisi farkının akışkanın kuyu başında ölçülen sıcaklıktaki sıvı+buhar hal entalpisine bölünmesi ile bulunur.

Buna göre buhar oranı

$$X = \frac{(H_{rez-sıvı} - H_{kbaşı-sıvı})}{H_{kbaşı-sıvı+buhar}}$$

X = Buhar oranı

$H_{rez\text{-}sıv}$ = Akışkanın kuyu tabanında bilinen sıcaklıktaki sıvı hal entalpi değeri, (kcal/kg)

$H_{kbaşı\text{-}sıv}$ = Akışkanın kuyu başında ölçülen sıcaklıktaki sıvı hal entalpi değeri, (kcal/kg)

$H_{kbaşıez\text{-}sıvı+buhar}$ = Akışkanın kuyu başında ölç. sıcaklıktaki sıvı+buhar hal entalpi değeri, (kcal/kg)

$$S_w = M_w * \left(\frac{X}{(1-X)}\right)$$

S_w = Buhar üretim miktarı, (ton/saat)

M_w = Savak üretim miktarı, (ton/saat)

X = Buhar oranı

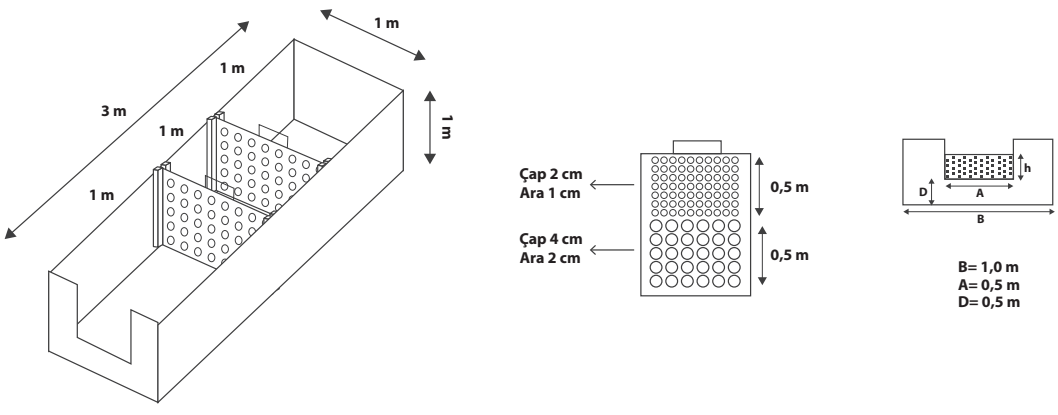
$$T_w = M_w + S_w$$

T_w = Toplam üretim miktarı, (ton/saat)

S_w = Buhar üretim miktarı, (ton/saat)

M_w = Savak üretim miktarı, (ton/saat)

Yukarıda verilen formüller yardımıyla savaktaki üretim miktarı belirlendikten sonra toplam üretim miktarı hesaplanır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4: Savak çizimi

Kuyu testleri, kuyu kapasitesini belirler ve enerji üretimini belirlemekte kullanılacak verilerin hemen hemen tamamını sağlar. Kuyu gözlem testleri, uzun vadeli çalışmalarda sıcaklık ve basınç değişimleri takibinin en verimli ve en güvenilir yoludur. Kuyu testleri, enerji üretimi süresince etkin olarak yapılmalı ve sürdürülebilirlik sağlanması için ihmal edilmemelidir. Bu etkiler, sondör tarafından kontrol edilebilecek parametrelerdir.

Yüksek pompa basıncı, zayıf formasyonların dağılmasına yol açar. Pompa basıncını yüksek tutmak için kuyu kontrolü ve kuyu dibi temizliği sağlanmalıdır. Bu koşullarda çamur yoğunluk ve viskozitesini en düşük değerde tutmak gerekir. Çamur yoğunluğunu düşürmek için çamura petrol katılması bir çözüm olabilir. Su ve dolaşım kaybı maddeleri, bu işlevlerine ek olarak sürtünmeyi azalttığı için pompa basıncını da düşürür.

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

Suyla temas ederek şişen kil kökenli formasyonlar, kuyu yıkılması ve bozulmasının en büyük sorumlusudur. Özellikle bentonit türü kil tabakaları su ile şişer, yıkılır ve dökülür. Daha sonra takıma yapışarak anülüsü daraltır, çamur dolaşımını zorlaştırır. Pompa basıncını yükseltir ve kaçağa neden olur.

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

5. ETKİNLİK

Sondaj kuyu kontrol yöntemleriyle ilgili bir sunum hazırlayınız. Hazırladığınız sunumu sınıfınızda paylaşınız.

İşlem Basamakları

- Sunuda kuyu kontrol yöntemleri ile ilgili yazı, resim, video, şekil, fotoğraf gibi en az dört farklı materyal kullanınız.
- Kuyu kontrolü sırasında kullanılan ekipmanlara yer veriniz.
- Kuyu kontrolü sırasında İSG önlemlerine yer veriniz.
- Sununun değerlendirmesi aşağıdaki puanlama anahtarına göre yapılacaktır.

PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ	3 Puan	2 Puan	1 Puan
Konu İçeriği ve Anlaşılırlık: Sondaj kuyu kontrol yöntemlerini ve bunların neden önemli olduğunu ne kadar açık ve anlaşılır bir şekilde aktardı.			
Kuyu Kontrol Yöntemlerinin Ayrıntıları: Sunumda farklı kuyu kontrol yöntemlerini (örneğin basınç kontrolü, sızıntı kontrolü, çamur kontrolü) açıkladı.			
Görsel Materyal Kullanımı: Sunumda görsel materyaller kullandı.			
Soru ve Tartışma Katılımı: Sunum sırasında sorulara etkili cevap verdi.			
Dil ve İfade Kullanımı: Sunumu açık, anlaşılır ve dil bilgisi kurallarına uygun yaptı.			
İletişim ve Katılımcı Etkileşimi: Sunum sırasında arkadaşlarından gelen sorulara etkili bir şekilde cevap verdi.			

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerin başındaki kutucuklara verilen bilgiler doğruysa D, yanlışsa Y yazınız.

☐ **1.** Sondaj çamurunun hatalı olması birçok soruna yol açarak sondajın kalitesini etkiler.

☐ **2.** Mıknatıs tahlisiyeler, sondaj çamurunun kuyu dışına çıkarılması için kullanılır.

☐ **3.** Kapanın gaz ve petrol içeren bölümüne rezerv denir.

☐ **4.** Sondaj kulesinin yerleşeceği alan ve bir bölümünün betonla kaplanmış olan düz zemine lokasyon denir.

☐ **5.** Kuyu tamamlama işlemlerinde değerlendirme sonucu çimento bağı yetersiz ise tamir çimentosu yapılır.

B) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerleri uygun ifadelerle tamamlayınız.

6. Sondaj dizisinin sıkışması durumuna ..... denir.

7. Kuyunun borulanması sırasında, boru dizisinin bir yerden yırtılıp koparak kuyu içinde kalmasına ..... denir.

8. Ham petrol ..... ve ..... ile değişen oranlarda çözünmüş gazlardan oluşur.

9. Petrolün kaynak kayayı terk edip hazne kayada birikme sürecine ..... denir.

10. Yeni bir rezervuar bulmak nedeniyle açılan kuyulara ..... denir.

11. Belirli bir basınç ve debi ile asitin formasyona enjekte edilmesine ..... denir.

12. Muhafaza borusu ile kuyu duvarı ve kuyu kademeleri duvarlarının doldurulmasına ..... denir.

13. Borunun formasyonla teması ..... sebep olur.

14. Rezervuar ve kuyu özellikleri, veri ve bilgilerinin toplanması için yapılan akışkan testler ..... olarak tanımlanır.

15. Kuyuya sabit debide su basılması sırasında kuyunun içindeki basınç değişiminin değerlendirildiği teste ..... denir.

16. Kuyu içinde oluşan basınç değişiminin gözlemlendiği bir kuyu tamamlama teste ..... denir.

C) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

17. Aşağıdakilerden hangisi kuyuların sağlıklı bir şekilde ilerlemesini engelleyen problemden değildir?

A) Kuyularda sapma

B) Takım kesmelerin yaşanması

C) Takım sıkışmalarının gerçekleşmesi

D) Takım çözülmeleri

E) Sondaj çamuru özelliklerinin iyi bilinmesi

18. Aşağıdakilerden hangisi sondaj sırasında sapmayı önlemek için alınan tedbirlerdendir?

A) Döner sondajlarda aşırı baskı yapılması

B) Sapma olasılığı olan yerlerde daha sert takım dizisi kullanılması

C) Sapma olasılığı olan yerlerde hafif takım kullanılması

D) Sapma olasılığı olan yerlerde yumuşak takım kullanılması

E) Takım dizisinin yerde çalıştırılması

19. Kuyularda kurtarma işlemi aşağıdaki aletlerden hangisi ile gerçekleştirilmez?

A) Ortalayıcılar

B) Asma pusula

C) Dişli yapma kurtarıcılar

D) Makaslı kurtarıcılar

E) Manyetik kurtarıcılar

20. Aşağıdakilerden hangisi tahlisiye işlemini gerektiren formasyon kaynaklı nedenlerden değildir?

A) Formasyonun sürekli akıcı özellikte olması ve yıkıntı yapması

B) Formasyon yapısının kil, tüf gibi şişme özelliklerinin olması

C) Formasyonda çatlak ve boşluklar olması

D) Formasyonda gaz bulunması

E) Standart dışı ekipman kullanılması

21. Aşağıdakilerden hangisi tahlisiye işlemini gerektiren sondaj makine ve ekipmanı kaynaklı nedenlerdendir?

A) Ekipman bağlantı noktalarının yeterli düzeyde sıkılmaması

B) Formasyonda çatlak ve boşluklar olması

C) Sondaj yapılırken çalışanın işlem sırasında gereken önemi vermemesi

D) Sondaj yapılan alanda kullanılan ekipmanların yetersizliği

E) Çalışanın bu konuda tecrübesiz olması

22. Ana kaya içinde oluşan petrolün basınç ve sıcaklık sonucu sıkışan çökellerden sızarak içine yerleştiği gözenekli geçirgen çökellere denir.

Yukarıdaki açıklamayı kapsayan tanım aşağıdakilerden hangisidir?

A) Hazne kaya B) Kapan C) Örtü kaya

D) Rezervuar E) Saha

23. Aşağıdakilerden hangisi jeoermal sondajlarda litolojik log da yer alan bilgilerden değildir?

A) Muhtemel karot alınacak seviyeler

B) Muhtemel rezervuar seviyeleri

C) Ana kayada oluşturabilecek seviyeler

D) Muhtemel karşılaşılabilecek sıcaklık değerleri

E) Kuyuda karşılaşılacak olan akışkanın muhtemel kimyası

24. Aşağıdakilerden hangisi jeotermal sondaj kuyularındaki muhafaza borularının işlevleri arasındadır?

A) Kuyu başı ekipmanları için bağ oluşturmak

B) Formasyonlar arası akışkan geçişini serbest bırakmak

C) Mevcut kuyu çapını büyütmek

D) Mevcut kuyu çapını küçültmek

E) Kuyularda oluşan dayanıklı seviyelerin kapatılması

25. Aşağıdakilerden hangisi çimentonun sağlamlığı ve kuyuya doğru olarak yerleştirilmesindeki avantajlar arasında değildir?

A) Üretimin kuyu içinde olmasını sağlar.

B) Çamurun özelliklerini korur.

C) Koruma borusunun ömrünü uzatır.

D) Formasyonların birbiri ile temasını sağlar.

E) Kuyunun çökmesini önler.

26. Basınç ve sıcaklık sonucunda petrolün yerleştiği alana verilen isim aşağıdakilerden hangisidir?

A) Hazne kaya

B) Kapan

C) Örtü kaya

D) Petrolün göçü

E) Rezervuar

27. Aşağıdakilerden hangisi çimentolama operasyonunu etkileyen faktörler arasındadır?

A) Çamur kazıyıcılar

B) Koruma borusu

C) Kule operasyonları

D) Kuyu

E) Sondaj sıvısı

28. Aşağıdakilerden hangisi çimento şerbetinin formasyon sıvılarıyla ya da sondaj çamuru ile karışması sonucu olası etkenlerdendir?

A) Çimentonun prizlenmesini geciktirir.

B) Çimentonun basınç dayanımını artırır.

C) Su kaybını azaltır.

D) Daha kolay pompalanabilir bir sıvı oluşturur.

E) Çamur bulaşımına düzeltme gerektirir.

29. Aşağıdakilerden hangisi kuyu tamamlama testlerinden değildir?

A) Çamur

B) Enjeksiyon

C) Fall off

D) Statik sıcaklık ve basınç

E) Su kaybı

30. Aşağıdakilerden hangisi kuyu üretime alındığında yapılan testlerdendir?

A) Dinamik sıcaklık ve basınç

B) Enjeksiyon

C) Fall off

D) Statik sıcaklık ve basınç

E) Su kaybı

Ç) Aşağıdaki soruların cevaplarını verilen noktalı alanlara yazınız.

31. Sondajın başarısını etkileyen faktörler nelerdir? Yazınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

32. Tahlisiye nedir? Açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

33. Tahlisiye işlemlerinde alınabilecek tedbirlerden beş tanesini yazınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

34. Kuyu loglarının ana görevi nedir? Açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

35. Gradyan sondajın amacı nedir? Yazınız.

36. Çimentolamanın önemini maddeler hâlinde yazınız.

37. Kuyu testlerinden elde etmek istenen en önemli rezervuar ve akışkan özellikler nelerdir? Sıralayınız.

1. ÖĞRENME BİRİMİ ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME CEVAP ANAHTARI

A-BÖLÜMÜ

1. D
2. Y
3. D
4. D

B-BÖLÜMÜ

5. matkap
6. yukarıdan aşağı-aşağıdan yukarı
7. API
8. muhafaza boruları
9. hibrid
10. sondör

C-BÖLÜMÜ

11. E
12. A
13. D
14. D
15. E
16. C
17. A

Ç-BÖLÜMÜ

Bu bölümün cevapları öğrenciye bırakılmıştır.

2. ÖĞRENME BİRİMİ ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME CEVAP ANAHTARI

A-BÖLÜMÜ

1. D
2. Y
3. D
4. D
5. Y
6. D
7. D

B-BÖLÜMÜ

8. sondaj çamuru
9. marsh hunisi
10. sondaj hidroliği
11. stand pipe
12. çamur pompaları
13. termal desorpsiyon

C-BÖLÜMÜ

14. E
15. D
16. A
17. A
18. E
19. A
20. E
21. B
22. C

Ç-BÖLÜMÜ

Bu bölümün cevapları öğrenciye bırakılmıştır.

3. ÖĞRENME BİRİMİ ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME CEVAP ANAHTARI

A-BÖLÜMÜ

1. D
2. Y
3. D
4. D
5. D
6. Y
7. Y
8. D

B-BÖLÜMÜ

9. karotlu sondaj
10. Konvensiyonel wire-line
11. tij
12. döner kafalı / döner masalı
13. döner masa
14. kompresör
15. halat
16. muhafaza boruları

C-BÖLÜMÜ

17. E
18. D
19. D
20. C
21. A
22. C
23. E
24. A

Ç-BÖLÜMÜ

Bu bölümün cevapları öğrenciye bırakılmıştır.

4. ÖĞRENME BİRİMİ ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME CEVAP ANAHTARI

A-BÖLÜMÜ

1. D
2. Y
3. Y
4. D
5. D

B-BÖLÜMÜ

6. takım sıkışması
7. boru kopması
8. katranlardan-hidrokarbonlar
9. petrolün göçü
10. arama kuyusu
11. asitleme
12. çimentolama
13. kanallaşmaya
14. kuyu testi
15. enjeksiyon testi
16. fall off testi

C-BÖLÜMÜ

17. E
18. B
19. B
20. E
21. D
22. A
23. C
24. A
25. D
26. A
27. A
28. A
29. A
30. A

Ç-BÖLÜMÜ

Bu bölümün cevapları öğrenciye bırakılmıştır.

KAYNAKÇA

Aka, M (2018) *Maden Atıkları Yönetmeliği ve Uygulamaları*

Akar, A (2020) *Sondajlarda kullanılan matkaplar, MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni,* 29: 165-175

Atmaca, İ (2020) *Jeotermal kuyu testleri, MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni*

Aydın, M.G (2020) *Pomza, Kuvarsit ve Diatomitten Üretilen Amorf Silikanın Sondaj Çamuruna Etkisi,* İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü

Ayyıldız, T. *Havalı Sondaj Tekniği,* Ankara Üniversitesi

Balkaya, T, A (2022) *Sondaj Mühendisi El Kitabı*

Bilim, N. Karakaya (2019) *Delme Hızı Ve Baskı Kuvvetinin Enerji Tüketimine Etkisinin Araştırılması*

Çakar, C (2019) *Bir Petrol Sondaj Tesisinde Hata Türü Ve Etkileri Analizi Tekniği İle Risk Değerlendirmesi-* Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi

Çelik, M. *Akiferlerde Açılan Kuyularda Girişim Prensibi Jeolojide Tasarım Notları*

Dağlı, B. A. (2016) *Yeraltı Kömür Ocaklarında Patlayıcı Kullanımının İş Sağlığı ve Güvenliği Yönünden İncelenmesi*, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi. Ankara

Delibaş, O. *Sondaj Tekniği notları*, Hacettepe Üniversitesi

Ertuş.S (2016) *Maden Arama Sondajlarının İş Sağlığı Ve Güvenli Yönünden Değerlendirilmesi*, T.C. Çalışma Ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı Ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, İş Sağlığı Ve Güvenliği Uzmanlık Tezi

Ettehadl, A. (2016) *Modellıng Wellbore Hydraulıcs Through Thermal Rheologıcal Sepıolıte Mud Propertıes,* Istanbul Technıcal Unıversıty - Graduate School Of Scıence Engıneerıng And Technology

Fazlıoğlu,E (2019) *Petrol ve Doğalgaz Sondaj Faaliyetlerinden Oluşan Sondaj Kesintilerinin Solidifikasyon/Stabilizasyonu,* Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi

Kargı, E (2015) *Sondaj Çamuru Uygulamaları İçin Kil-Polimer Etkileşimlerinin Belirlenmesi,* İstanbul Teknik Üniversitesi - Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi

Köse, E (2020) *Sert Kaya Kütlelerinin Patlatma İle Kazısında Unvan Yetki Ve Sorumlulukların İncelenmesi,* Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi

Kurt, B (2015) *Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki petrol kuyularında yapılan çimentolama operasyonları*

Kurt, B. (2019) *Petrol Ve Doğal Gaz Kuyularında Kullanılan Çimento Katkılarının Optimizasyonu*- Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi

Kuyucu,M. (2016) *Jeotermal Sondajların İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönünden Değerlendirilmesi,* İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi.Ankara

Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği- Resmî Gazete Tarihi: 19.09.2013 Resmî Gazete Sayısı: 28770

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (2013). *Ankara-Kızılcahamam-Gümele AKG-2013/5 Kuyu Tamamlama Test Raporu, Sondaj Dairesi Başkanlığı Arşivi, Ankara* (yayımlanmamış).

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (2013). *Eskişehir-Merkez-Ağapınar EMA-2013/12 Kuyu Tamamlama Test Raporu, Sondaj Dairesi Başkanlığı Arşivi*, Ankara (yayımlanmamış).

Müftüoğlu.Y, V (2003) *Delme Parametrelerin Otomatik Kayıt Yöntemleri Ve Uygulamaları,* Maden Müh. Böl. Zonguldak

Onan, M. Müftüoğlu.V, Y (1993) *Sondajında Sondaj Parametreleri Ve İlerleme Hızı İlişkilerinin Etüdü,* Türkiye X I I I. Madencilik Kongresi

Özdemir, A (2009) *Sondaj Tekniğine Giriş,* Mattek Mat yayınları

Özdemir, A (2018) *Maden Aramada Wire-Line Karotlu Sondaj Tekniği*

Özdemir, A. (2006) *Jeotermal Kuyularda Havalı Sondaj Tekniğinin Kullanımı, Jeoloji Mühendsileri Odası Jeotermal Enerji ve Yasal Düzenlemeler Sempozyumu*, Ankara,

Özüdoğru, S. Babür,E. *Jeotermal Akışkan Üretim Ve Re-Enjeksiyon Kuyuları*

Petrol ve Doğal Gaz Çalışma Grubu Petrol Alt Çalışma Grubu Raporu (2007), *World Energy Council Conseıl Mondıal De L'energı Turkish National Committee Comıte Natıonal Turc* Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi S.Ü. Müh. Bilim ve Tekn. Derg., c.7, s.1, ss. 1-11,

Sebüktekin, M, E (2019) *Bor Türevleri Katkılanmış Sondaj Çamurunun Reolojik Ve Filtrasyon Özelliklerinin İncelenmesi,* İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik Ve Fen Bilimleri Enstitüsü

Sondaj 11 Dersi Öğretim Programı, 2020, Ankara.

TDK (Türk Dil Kurumu) (2023). *Genel Açıklamalı Sözlük.* Ankara: TDK Yayınları.

Temel Sondaj ve Enjeksiyon Teknik Şartnamesi (2016) *T.C. Orman Ve Su İşleri Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel MÜDÜRLÜĞÜ Jeoteknik Hizmetler Ve Yeraltı suları Dairesi Başkanlığı*

Toka, B. (2010) *Jeotermal Kuyularda Çimentolama Operasyonları*

Tuncay, G. (2016) *Yerüstü Maden İşletmelerinde Patlatma Faaliyetlerinin İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönünden İncelenmesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi.* Ankara

Yalçın, A. (1996) *Sondaj yöntemleri ve uygulamaları.* TMMOB Maden Müh. Odası

Yolcubal, İ. *Döner Sondaj (Rotary Drilling) Yöntemleri*

*** Bu kaynakça APA-7 ye göre yapılmıştır.**

Ders materyalinin genel ağ ve görsel kaynakçasına bu karekodu okutarak ulaşabilirsiniz.

GENEL AĞ KAYNAKÇASI

https://www.jeolojitr.com/2014/09/sondaj-sivilari-sondaj-camuru.html (Erişim Tarihi: 15.02.2023)

(http://www.demsu.com.tr/sondajlarda-karsilasilan-sorunlar/) erişim tarihi (Erişim Tarihi: 16-05.2023)

https://acikders.ankara.edu.tr/course/view.php?id=3716&lang=en (Erişim Tarihi: 17.07.2023)

https://yunus.hacettepe.edu.tr/~serdar/HID453DersNotu_2017_BOLUM%201%20ve%202_SB.pdf (Erişim Tarihi: 11.05.2023)

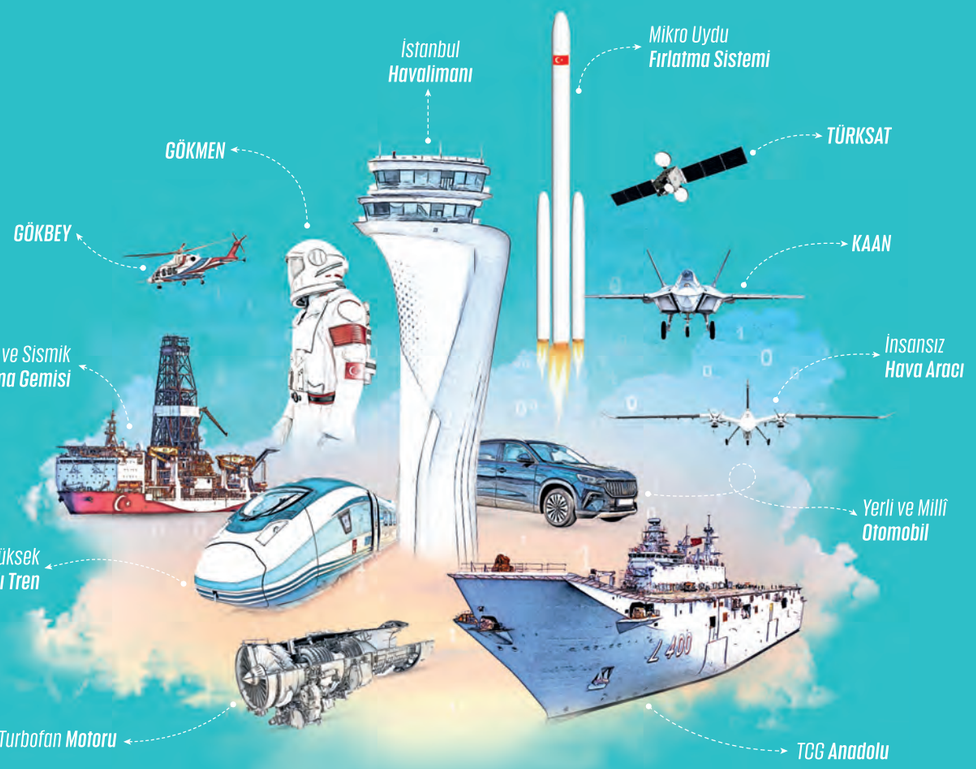
https://silo.tips/download/dner-sondajrotary-drilling-yntemleri-dner-sondaj-yntemi (Erişim Tarihi: 13.06.2023)

Bu kitaba sığmayan daha neler var!

eba
www.eba.gov.tr

Karekodu okut, bu kitapla ilgili EBA içeriklerine ulaş!

Teknoloji Yolculuğumuz



BU DERS KİTABI MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞINCA ÜCRETSİZ OLARAK VERİLMİŞTİR.
PARA İLE SATILAMAZ.

ISBN: 978-975-11-7993-7

Bandrol Uygulamasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmeliğin Beşinci Maddesinin İkinci Fıkrası Çerçevesinde Bandrol Taşıması Zorunlu Değildir.

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ MADEN TEKNOLOJİSİ ALANI **SONDAJ 11** Ders Materyali

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

MADEN TEKNOLOJİSİ ALANI

SONDAJ 11

Ders Materyali

MEB__213090 - SONDAJ 11

MEB__213090 - SONDAJ 11