



Sondaj Ders Programı

HAFTALAR	KONULAR
1. HAFTA	Sondaj Tekniğine Giriş
2. HAFTA	Yeraltısuyu Kaynaklarının Araştırılması ve Geliştirilmesi
3. HAFTA	Su sondajı teknikleri
4. HAFTA	Su sondajı teknikleri
5. HAFTA	Sondaj sıvıları
6. HAFTA	Kuyu filitre türleri
7. HAFTA	Su kuyusu dizaynı
8. HAFTA	Su kuyusu dizaynı
9. HAFTA	Su kuyularının geliştirilmesi ve tamamlanması
10. HAFTA	Kuyu sterilizasyonu
11. HAFTA	Korozyon ve kuyu tıkanması
12. HAFTA	Su pompaları, kuyu ve pompa maliyet faktörleri
13. HAFTA	Su kuyularının ve kuyu filitrelerinin alternatif kullanımı
14. HAFTA	Kuyu loglama



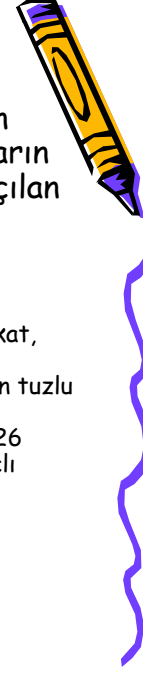
Hidrojeoloji ile ilgili dergiler

- Ground Water
- Journal of Hydrology
- Water Resources Research
- Water well journal
- <http://ngwa.org>
- Yerel ve lokal Kurumlar
- DSİ, İller Bankası, Köy Hizmetleri, MTA, Belediyeler
- <http://www.suvakfi.org.tr>



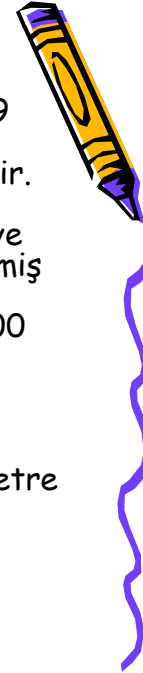
Sondaj Tanımı ve Amaçı

- Yeraltındaki su, maden, petrol gibi zenginliklerden istifade amacıyla ya da yeraltındaki jeolojik yapıların ve birimlerin özelliklerinin incelenmesi amacıyla açılan dar ve derin kuyulara sondaj kuyusu diyoruz. Bu işlemede sondaj denir.
- İlk sondajın nerde ve nasıl yapıldığıyla ilgili kayıtlı bilgi yoktur. Fakat, m.ö. 3000 yıllarında mısırlıların taş çıkarmak için aşındırıcı tozlar kullanarak siğ çukurlar açtıkları ve m.ö. 2000 yıllarında da çinlilerin tuzlu su çıkarmak için ciddi ciddi sondajla açtığı kuyular olduğu söylenmektedir. Avrupa'da açıldığı bilinen ilk sondaj kuyusu ise 1126 yılında fransa'nın artois kasabasında açılmıştır. Çıkan suyun basınçlı olduğu ve bundan dolayı kuyunun bulunduğu kasabanın adını alarak artezyen dendiği bilinmektedir.



SONDAJ TARİHÇESİ

- Dünyada petrol aramak için ilk sondaj 1859 yılında Amerika'da yapılmış ve 23 metre takriben 2 yıla yakın bir zamanda delinmiştir. Bu tarihten sonra sondaj tekniği ve sondaj makineleri süratle gelişerek bugünkü seviyeye ulaşmıştır. Bugün dünyada düşey olarak delinmiş en derin sondaj kuyusu (araştırma amaçlı) Rusya'da olup derinliği yaklaşık olarak 9.000 metre civarındadır. Türkiye'de ise en derin sondaj kuyusu Antalya civarında delinen Demre-1 kuyusu olup 6111 metredir. Bugün Türkiye'de petrol üretimi yapılan kuyuların ortalama derinliği 1350 metre ile 2500 metre arasında değişmektedir.



Yeraltılarından yararlanma

- Yeraltılarından yararlanma insanlığın çok eski devirlerinden beri süregelen bir eylemdir. Tarih öncesi devirlerden bu yana kazı tekniğinin gelişmesine paralel olarak yeraltılarından yararlanma da artmıştır. Türkiye'de yeraltılarından yararlanma 1950'den sonra hızla artmış, geniş ovaların sulanmasında, yerleşim merkezlerinin su gereksinimlerinin karşılanmasında kullanılmıştır. Yeraltı suları, yüzey sularına oranla içerlerinde daha fazla çözünmüş madde içermelerine ve genellikle daha pahalı elde edilmelerine rağmen;
 - sıcaklıklarının mevsimlere göre çok az değişmesi,
 - renksiz ve berrak oluşu,
 - temiz ve kirlenmesinin güç olması,
 - kimyasal bileşiminin değişmemesi,nedenleri ile yüzey sularından daha üstündürler.

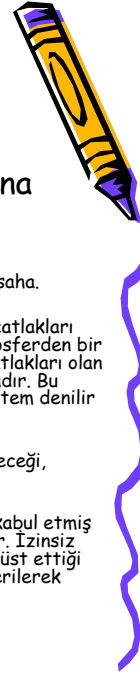


YERALTISUYU

- Bir sahada yeraltı suyu vardır diyebilmek için üç ana koşulun bir arada olması gerekir:

1. Beslenme sahası, yani yağmur sularının üzerine düşerek yeraltına bir kısmının sızacağı saha.
2. Poröz yani boşluklu bir ortam. Bu ortam kum, çakıl gibi taneli formasyonlar veya kaya çatlakları olabilir. Kayalar içerisinde yeraltı suyu taşımaya en uygun olanı kireç taşlarıdır. Atmosferden bir miktar CO₂ alan yağmur suyu kireç taşı üzerine düştüğünde yatay tabaka ve düşey çatlakları olan kireç taşına sızmakta ve zaman içerisinde çok büyük boşluk sistemlerini oluşturmaktadır. Bu sistemlerde yeraltı nehirleri bile meydana gelebilmektedir. Bu sistemlere Karstik sistem denilir ve bunlar yeraltı sularının en bol bulunabileceği ortamları teşkil ederler.
3. Üçüncü ana koşul ise boşluklu veya çatlaklı ortama sızan suların yeraltında depolanabileceği, birikebileceği bir yapının var olmasıdır.

Devlet 10 metreden daha derin kuyuları tıpkı maden yataklarında olduğu gibi kamu malı kabul etmiş ve yeraltı suyundan istifadeyi izine bağlamıştır. Bu izin DSI tarafından verilmektedir. İzinsiz açılan kuyular, yukarıda bahsi geçen kullanılabilir emniyetli su rezervi hesaplarını alt üst ettiği gibi bir çok sahada, kullanılmaması gereken kötü kaliteli suların bilinçsizce araziye verilerek yeraltı suyunun kirlenmesi, verimin düşmesi ve arazinin çoraklaşmasına neden olmaktadır.



Yeraltısuyu Arama Teknikleri

- Yerel yada devlet kurumlar tarafından hazırlanmış hidrojeolojik haritalar ve raporlar
- Yüzeyde gerçekleştirilen jeofiziksel etüdler
- Sondaj kuyularında (borehole) yapılan örnekleme
- Sondaj kuyularında yapılan jeofiziksel loglama
 - Jeofizik yöntemlerle elde edilen veriler tek başına doğruluk derecesi sınırlı olan bilgiler sunmaktadır. Bu nedenle, bu veriler kuyulardan alınan örneklerle korele edilmelidir.
 - Veriler hem bölgesel hidrojeoloji hem de metodoloji hakkında deneyimli kişiler tarafından yorumlanmalıdır.



Su kuyusu araştırmalarında temel adımlar

- Test kuyuları için en uygun yerlerin bulunması
- Sondajla kesilen formasyonları temsil eden örnekler alınması
- Tamamlanmış kuyularda jeofiziksel loglama yapılması
- Her geçirimli formasyonda statik su seviyesi derinliğinin tespit edilmesi
- Su kalitesini belirlemek için potansiyel akiferlerden su örneklerinin alınması



Yeraltısuyu Aramalarında Kullanılan Haritalar

• Haritalar

- Topoğrafik haritalar

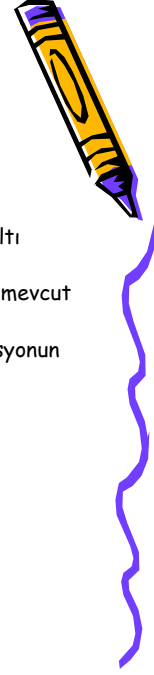
- Jeolojik birimlerin türü ve bölgenin yüzey topoğrafyası yeraltı suyunun yerini etkilemektedir.
- Bitki örtüsü, özellikle kurak iklimlerde sığ yeraltı suyununun mevcut olduğu yerleri gösterebilir
- Akarsu ağlarının yoğunluğu ve yüzey drenaj şekilleri infiltrasyonun nerede meydana geldiğinin gösterebilir.

- Jeolojik Haritalar

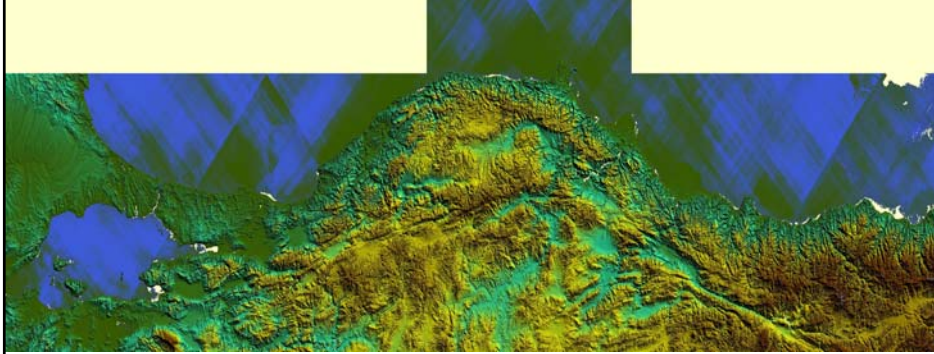
- Hidrojeolojik haritalar

- Hidrojeokimyasal haritalar

- Hava fotoğrafları



HAVA FOTOGRAFLARI



Hidrojeokimyasal Haritalar

•Hidrojeokimyasal haritalar yeraltısuyu kaynakları ve bu kaynakların belirli bir bölgenin jeolojik karakteri ile ilişkisi hakkında çok detaylı bilgi içermektedir.

Su türü	Ana iyonlar		Temsili Rengi
	Anyon	Katyon	
Bikarbonatlı Su	$HCO_3^- + CO_3^{-2}$		Mavi
Kalsiyum Magnezyum Sodyum		Ca^{+2} Mg^{+2} Na^+ veya ($Na^+ + K^+$)	Açık mavi Violet mavi Koyu mavi
Sülfatlı Su	SO_4^{-2}		Sarı ve kahverengi
Kalsiyum Magnezyum Sodyum		Ca^{+2} Mg^{+2} Na^+ veya ($Na^+ + K^+$)	Sarı Açık kahverengi Koyu kahverengi
Klorlu Su	Cl^-		Yeşil
Kalsiyum Sodyum		Ca^{+2} Na^+ veya ($Na^+ + K^+$)	Açık yeşil Koyu yeşil

Hidrojeokimyasal haritalarda kullanılan farklı sekiz su türünün temsili rengi

Formasyon Örnekleme

- Her yeraltısuyu araştırmalarında, sahadaki jeolojik birimlerin incelenmesi ve bu birimlerin su tutma ve iletme kapasitelerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Jeolojik birimler hakkında güvenilir bilgiler, sondaj sırasında kesilen formasyon örneklerinden, kuyuda yapılan jeofiziksel loglama ve akiferden yapılan test pompajı ile elde edilebilir.
- Litolojik loglar, her bir formasyonun jeolojik karakteri, değişikliğin gözlemlendiği derinlik, formasyonun kalınlığı, su seviyesinin derinliği gibi bilgiler içermektedir.
- 200ft(61 m) den az derinlikte açılan kuyularda, formasyon örnekleme her 5ft(1.5m) de ve birimlerde her değişiklik gözlemlendiği zaman yapılmalıdır.
- Formasyon örnekleme, kullanılan sondaj matkabının tipine bağlı olarak değişik metodlarla yapılabilir.
 - Rotari sondaj (yan duvardan karot alma, çift duvar metodu, auger metodu)
 - Darbeli sondaj



Jeofizik Arama metodları

- Yüzey jeofizik yöntemleri
 - Elektromanyetik
 - Elektrik Özdirenç
 - Sismik
 - Gravite
- Kuyu jeofiziği yöntemleri
 - Rezistivite logları
 - Gamma logları
 - Nötron logları
 - Sıcaklık logları
 - Kaliper logları

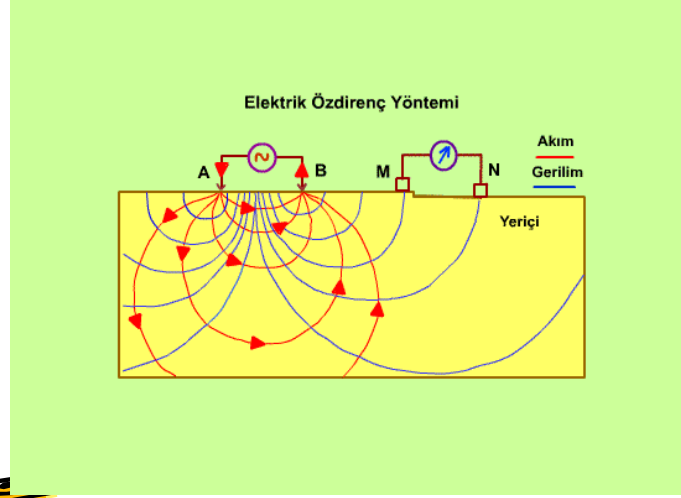


Elektrik Özdirenç (rezistivite) Metodu

- Yeraltısuyu aramalarında kullanılan temel jeofiziksel yöntem
- Jeolojik bir birimin elektrik akımını iletme potansiyeli, malzemenin gözenekliliğine, gözenekliklerinin birbiri ile bağlantılı olma derecesine, gözeneklerdeki suyun hacimine ve kondüktivitesine bağlıdır.
- Çoğu kayaç parçacıkları elektriksel akıma direnç gösterdiklerinden, ortamda suyun mevcudiyeti ve kimyasal özelliği elektrik akımının akışını kontrol eden ana etkindir
- Ortamın gözenekliliği, hidrolik kondüktivitesi, su muhtevası, suyun tuzluluk derecesi artıkça, rezistivite azalır.



Elektrik Özdirenç Yöntemi



Elektrik Özdirenç değerleri

Jeolojik malzeme	Elektrik özdirenç $\Omega\cdot m$
Islak aşırı killi toprak	1- 10
Islak aşırı siltli toprak ve siltli kil	< 10
Islak siltli ve kumlu toprak	10-100
Silt ardalı kum ve çakıl	<1000
Kaba kuru kum ve çakıl depozitleri	>1000
Çatlakları ıslak toprakla dolmuş çok kırık kayaç	100
Çatlakları kuru kumla dolmuş az çatlaklı kayaç	<1000
Masif ve sağlam olarak oluşmuş kayaç	>1000

Jeofizik yöntemlerin karşılaştırılması

Hidrojeoloji	Yeraltı Radarı	Elektromanyetik	Doğal polarizasyon (SP)	Kuyu Jeofiziği	DC Elektrik Özdirenc	Yapay Polarizasyon (IP)
Akifer kalınlığı	2	3	-	1	2	2
Yeraltı suyu akış yönü	-	2	3	-	3	-
Tuzlu su girişi	-	1	2	1	3	1
Yeraltı suyu tablası Haritalama	1	-	-	3	3	2
Sondaj Kuyusu lokasyonu	1	1	2	2	3	2

Elde edilen çözüm: **3**-En iyi **2**-İyi **1**-Orta

Kuyularla yeraltı sularından yararlanma

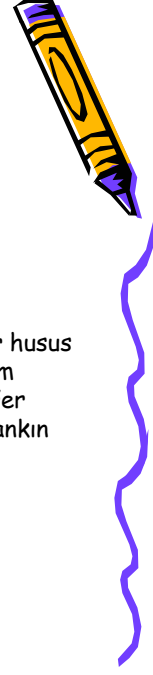
- Bir su kuyusu yeri seçerken dikkat edilmesi gereken noktalar şunlardır;
- Akarsu ve kuru derelerin taşkın alanlarının dışında,
- Heyelanlardan ve bataklıklardan yeterince uzakta,
- Septik çukur, kanal ve tanklardan vb en az 40-50 m. uzakta
- Deniz suyunun yeraltı suyu içine girişimini önleyecek kadar sahilden içeride,
- Daha önce açılmış kuyuların etki alanları dışında, olmalıdır.



Dar ve geniş çaplı kuyular

- Açılacak kuyunun genişliğini aşağıdaki faktörlere bağlı olacaktır.
- - lokasyonun jeolojisi
- - mevcut malzemeler ve maliyetleri
- - sondajı yapan kişinin deneyimi ve maliyeti
- - kuyunun kullanımı

Dar veya geniş çaplı kuyular açılırken düşünülmesi gereken diğer bir husus ise suyun depolanmasına ihtiyaç duyulup duyulmadığıdır. Bu durum özellikle geçirimsizliği düşük kayalarda önem arz etmektedir. Eğer depolama gerekirse , küçük kuyular için yüzeyde kurulacak bir tankın maliyeti, büyük çaplı kuyuların maliyeti ile karşılaştırılmalıdır.



Geniş çaplı kuyuların yapım gerekçeleri

- Pompa maliyeti ve bakım sorunu olmayışı
- Kuyuları tamir etme ve geliştirme imkanı
- Geçirimsizliği düşük akiferlerde yeraltı suyunu depolama gerekliliği
- Düşük maliyetli işçilik



Geniş çaplı kuyuların dezavantajları

- İnşaat aşamasının uzun sürmesi ve çok fazla efor gerekililği
- Yapım sırasında ve sonrasında daha fazla güvenlik sorunlarının mevcut olması
- Kuyu suyunun kirlenmesini önlemenin zorluğu
- Harçanan efor için genellikle daha düşük oranlarda su akışının elde edilmesi

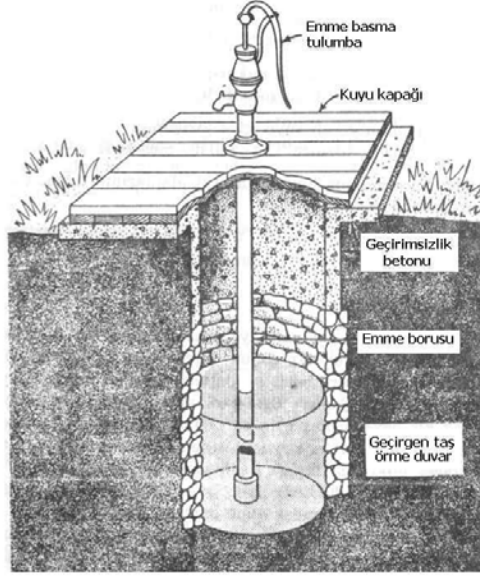


İnsan gücü ve alet kullanarak su kuyusu (sığ kuyu) açma yöntemleri

Adi kuyular (Excavated wells with brick or stone lining)

- Tarihsel devirlerden bu yana yeraltısularından en fazla adi kuyu yoluyla yararlanılmıştır.
- Adi kuyular çoğunlukla daire (bazen kare ve dikdörtgen) kesitli olmak üzere basit el aletleri (kazma, kürek vb) ile kazılarak açılır. Çapları 0,8-6 metre arasında değişir.
- 2m çapında açılacak bir kuyudan kazılan malzemenin hacimi 1 metre çapında açılacak kuyunun dört katıdır. Dolayısıyla, kazılarak açılan bir çok kuyunun ortalama çapı 1.2-1.5 metre arasındadır.
- Küçük çaplı olanlar ancak bir veya birkaç evin su gereksinimini karşılamada, geniş çaplılar sulamada kullanılırlar.
- Geniş çaplı kuyular içerisinde fazla su biriktiğinden aynı zamanda depo görevi görürler.
- Kendini tutamayan (pekişmemiş) formasyonlarda açılan kuyular taş veya tuğla ile örülürler. Genellikle derinlikleri 10-15m arasında olup bazen 30-50m derinlikte olanları vardır. Mardin'de Türkiye'nin bilinen en derin adı kuyusu 117m.dir.
- Adi kuyularda beslenme tabandan, tuğla-taş arası boşluklardan olmaktadır.

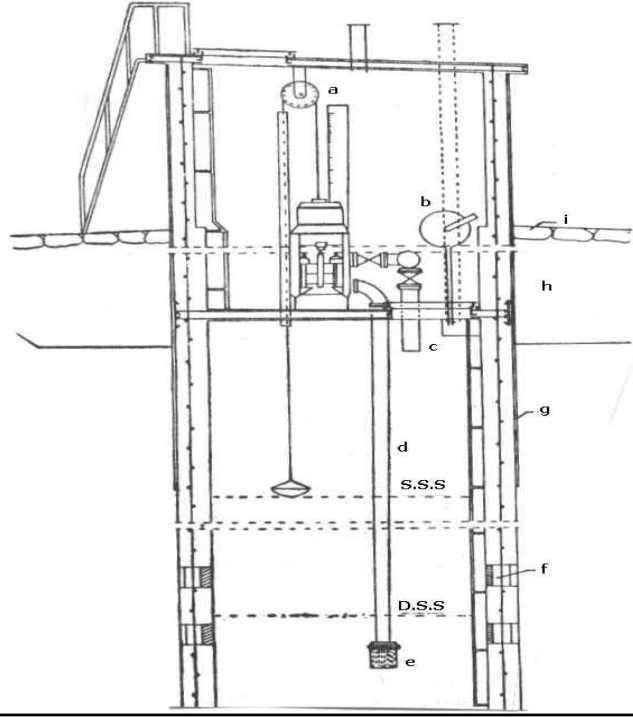
Bir adi kuyunun şematik görünümü (Todd, 1956).



Keson kuyular (Excavated wells with concrete curbs)

- Keson kuyular, kenarları beton yada betonarme olarak dökülen silindirik parçalar (curb) ile yapılır.
- Çapları 3-6m arasında değişen parçaların yükseklikleri 0,9-1,2m kadardır.
- Kuyu açmaya başlarken silindirik ilk parçanın altına çarık denilen keskin uçlu bir kısım eklenir. Sonra keson ve çarık içinde kalan kısım kazılır.
- Çarık ve keson parça, kazı ilerledikçe yerçekimi ile aşağıya inerler. Dışarıda hazırlanan silindirik parçalar eklenerek bu işleme sonuna kadar devam edilir. Yeraltından su alınacak seviyeler karşılığına, suyun akışını sağlayacak delikler (barbakan) bırakılır. ,
- Keson kuyuların derinlikleri ender olarak 30 m.yi geçer. Genellikle 10-20m arasında olur.

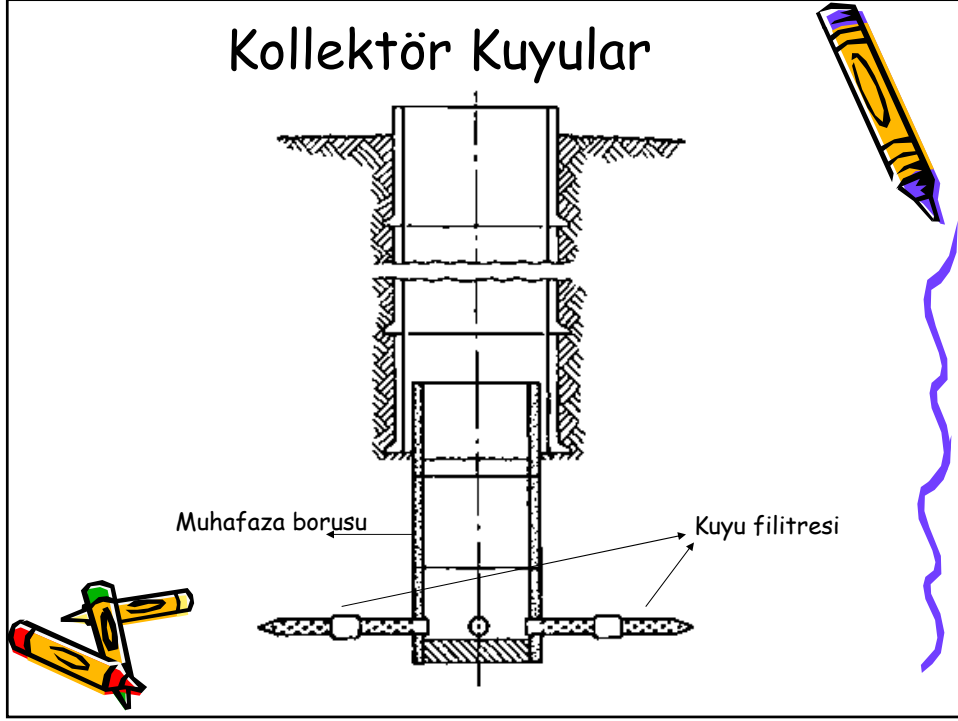
İller Bankası tarafından Trabzon'da Değirmendere alüvyonları içinde, içmesuyu sağlama amacı ile açılmış kuyu kesiti (Ergüvanlı ve Yüzer, 1973) a) su seviyesi ölçme düzeneği, b) boşaltma tulumbası, c) boşaltma borusu d) emme borusu, e) süzgeç, f) mazgal (barbakan), g) yalıtım betonu, h) yüzey yalıtımı, i) yüzey kaplaması



Kollektör Kuyular

- Büyük su gereksinimlerinin karşılanmasında, özellikle akarsulara yakın alüvyonlar içinde açılan keson kuyularda, daha geniş bir alandan suyu toplamak amacı ile akifer içine çepeçevre yatay borular yerleştirilir.
- Hidrolik kırıklarla yerleştirilen bu boruların çapları 15-20cm, boyları 30-50m kadardır. Yatay boruların çapı, boyu ve sayıları akiferin özelliklerine ve istenen suyun miktarına göre değişmektedir.
- Tek bir kuyu ile geniş bir alandan suyu toplayan bu tip kuyulara toplayıcı kuyu anlamında kollektör kuyu adı verilmektedir.
- Kollektör kuyular Amerika'da Ranney, Avrupa'da Felmann yeraltısuyu firmaları tarafından özel şekilde geliştirilmiş ve patentleri alınmıştır. Bu bakımdan, kollektör kuyular Ranney Tipi veya Felmann Tipi kuyular olarak da bilinmektedir.
- Bu kuyuların maliyeti yüksek olmakla birlikte verimleri yüksek, bakım ve onarım giderlerinin azdır. Yurdumuzda ve doğu ülkelerinde bu türe benzer kuyular çok eskiden beri kuyu dibine yatay galeriler sürülerek yapılmıştır. Türkiye'de 1963 tarihinde Bursa Sanayi Sifesi'nin su gereksiniminin karşılanmasında Nilüfer Çayı'nın alüvyonları içinde yatay borulu kollektör kuyular açılmıştır.

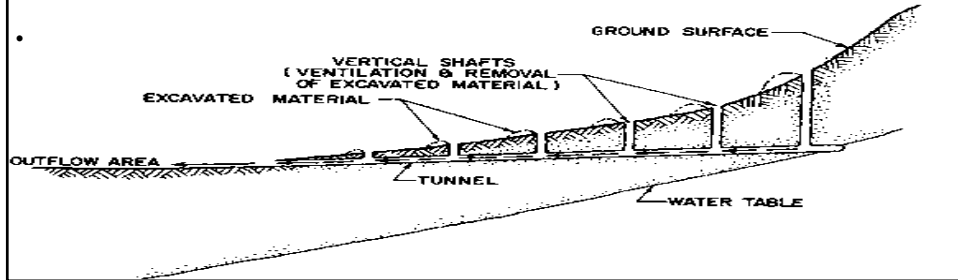
Kollektör Kuyular



Düsey olmayan kuyular: Yarma, Galeri , Tüneller

• **İnfiltrasyon galerisi.** Yeraltısuyu tablası altında inşa edilen yatay hücre. Ortamın geçirimsizliğinin düşük olmasından dolayı geniş akım alanına ihtiyaç duyulan yerlerde kullanılır. Büyük bir trenç kazılarak yapılır. Trenç çakıl ile döşenir ve bir sıra prefabrik beton silindirik trenç eksen boyunca galeri oluşturmak için yerleştirilir. Çatlaklar su girişine izin vermek için açık bırakılır. Galerinin etrafı çakıl ile döşenir ve trenç geri doldurulur.

• **Tüneller(Ghanats):** Bir dağın yada tepenin tabanında, genellikle alüvyal malzeme içerisinde açılan, yukarı ucu yeraltısuyu tablası ile kesişen hafif eğimli tünellerdir. Düsey shaftlar, tünelin tavanından yer yüzeyine doğru uzanır. Bu shaftlar, kazı sırasında hazalandırma işlemi için aynı zamanda kazılan malzemenin uzaklaştırılması için kullanılırlar. Yarmalar, orta doğuda 2500 yıldır kullanılmaktadır. Bir kaç kilometre uzunluğunda olabilirler. Hem sulama hemde kentsel su sağlama amaçlı kullanılırlar. Bir çoğu iran`ın bazı bölgelerinde halen kullanılmaktadır.



Burgu(Auger) ile açılan kuyular

- Yeraltısı seviyesi yüzeye yakın ve geçirgenliği yüksek olan çimentosuz kum-çakıl gibi akiferlerde el burguları veya motorlu burgularla kısa zamanda ekonomik olarak kuyular açılır. Derinlikleri genel olarak 30m.yi pek geçmez. Çapları 30cm kadar olabilir. Bu metotla açılmış bilinen en derin kuyu 38 m' dir.



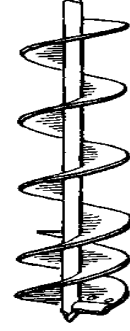
Borulu burgu



Silindirik kovalı
burgu



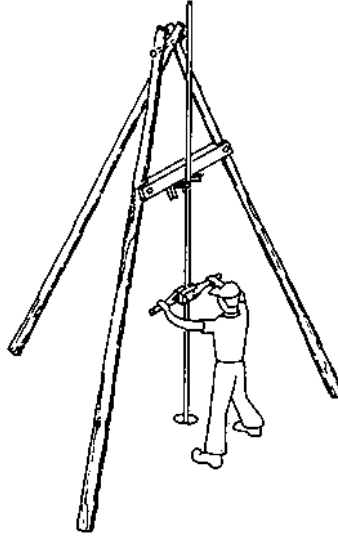
Bıçak ağızlı
burgu



Sarmal burgu

Burgu(Auger) ile açılan kuyular

Burgu ile açılan kuyularda burguyu desteklemek için Tripod kullanılır.

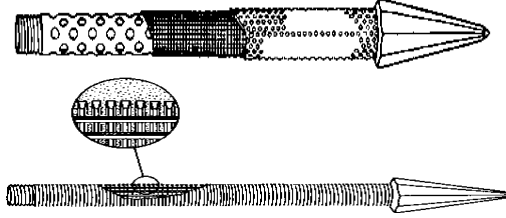


Burgu ile açılan kuyularda her seferinde burguyu boşaltma gerekliliği bu metotla açılan kuyuların derinliğine bir sınırlama getirmektedir.

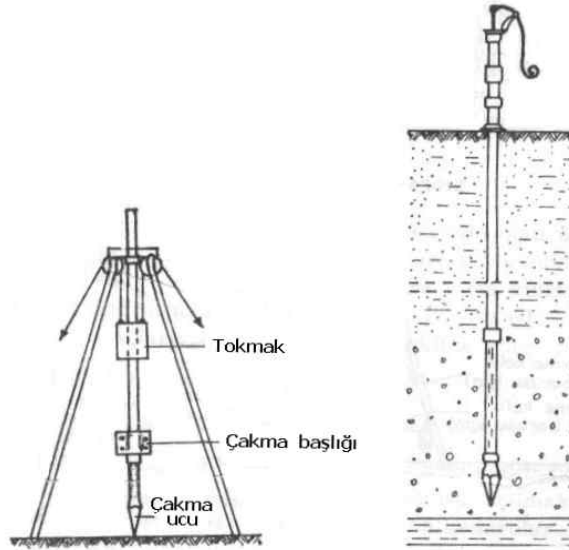
Çakma Kuyular

Çakma kuyular (Driven tube wells)

- Su düzeyinin derinde olmadığı kohezyonsuz (kum-çakıl) zeminlerde, yersel su gereksinimlerinin karşılanmasında, boruların zemin içine çakılması yolu ile açılan kuyulardan yararlanılır.
- Bu kuyular, alt ucunda sivri bir ucu bulunan boruların, üzerlerine balyoz veya tokmaklarla vurulması sonucu zemine çakılması ile açılır. Bu işte çalışanlarca, çakma sırasındaki zeminin davranışı ve ilerleme hızına göre ortamın cinsi hakkında bilgi sahibi olunabilir.
- En alttaki boru deliklidir (filtre). 3-10 cm çaplı boruların 25m.ye kadar çakılması olasıdır.



Çakma kuyu ile kuyu açılması (Erguvanlı ve Yüzer, 1973)



Sondaj makinesi kullanarak su kuyusu (derin kuyu) açma yöntemleri

- Su sondajları, darbeli, döner(rotari) veya kombine (darbeli+döner) yöntemlerden biri kullanılarak araştırma veya üretim amaçlı olarak yapılır. Üretim amaçlı yapılan sondajlar genellikle bir tasarıma göre yürütülür ve bunlara "su sondaj kuyuları" adı verilir. Bir su sondaj kuyusunun aşamaları tasarım, delme, borulama, yalıtım ve pekiştirme, çakıllama, yıkama, geliştirme, su verim deneyleri ve sterilizasyondur.

