

Hasan YAZICIĞI L

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara

Yeraltısuyu gözlem kuyularının sondajı ve taşanını

Yeraltısuyu gözlem- kuyuları yeraltısından fiziksel, kimyasal veya bakteriyolojik analizleri için örnekleme yapılması, yeraltısuyu seviyelerinin ölçülmesi ve zeminin hidrojeolojik parametrelerinin belirlenmesi amacıyla çeşitli yöntemler kullanılarak inşa edilen genelde küçük çaplı kuyulardır. Genel olarak yeraltısuyu gözlem kuyularının sondajı» teçhizi» ve inMşafı. yeraltısuyu üretim kuyuları ile benzerlik göstermesine karşıt aralarında bazı önemli farklar bulunmaktadır. Bu yazıda yeraltısuyu gözlem kuyularının tasarımında ve inşa edilmesinde gözönüne alınması gereken önemli faktörlerden sondaj tekniği, çap, derinlik, teçhiz borusu, filtre, çafallama, tecrit ve geliştirme yöntemleri hakkında bilgi verilmiş ve Mogan-Eymir gölleri civarında yapılan uygulamalardan örnekler sunulmuştur.

Giriş

Yeraltısuyu gözlem kuyuları, yeraltısulanın fiziksel kimyasal veya bakteriyolojik analizleri için örnekleme yapılması, yeraltısuyu seviyelerinin ölçülmesi ve zeminin hidrojeolojik parametrelerinin belirlenmesi amacıyla, çeşitli yöntemler kullanılarak inşa edilen genelde küçük çaplı kuyulardır. Yeraltısuyu gözlem kuyularının, tasarımında ve inşasında karşılaşılan en önemli problemler şunlardır:

1. Jeolojik ve Hidrojeolojik ortama ve potansiyel kirlenmelere uygun olmayan sondaj yönteminin seçilmesi kuyunun etkin, bir şekilde inşa edilmesini engeller ve se ve formasyon örneklerinin kirlenmesine neden olur.
2. Hidrojeolojik ortam, potansiyel kirlenmeler veya yeraltısuyu örnekleme programına uygun olmayan teçhiz borusu ve filtre kullanılması nedeniyle örneklerin kimyasal alterasyona uğraması veya kuyunun işlevini kaybetmesi
3. Standartlara uygun olmayan fitreler kullanılması (örneğin arazide açılan yarıklar veya delildi teçhiz borusu) veya filtre yarık aralıklarının yanlış seçimi kuyunun, siltasyona uğramasına ve alman örneklerin bulanık olmalarına, neden olur*

4. Uygun olmayan filtre uzunluğu seçimi veya filtrenin yanlış yerleştirilmesi, belirli tabakalardan su seviyesi ve su kalitesi verilerinin elde edilmesini imkansız kılar.

5. Uygun olmayan kum-çakıl zarfı malzemesinin seçimi ve yerleştirilmesi, kuyunun siltasyona uğramasına, fitre yarık aralıklarının tıkanmasına, su kalitesinin kimyasal aberasyonuna veya kuyunun işlevini kaybetmesine neden olur.

6. Uygun olmayan tecrit malzemesinin seçimi ve yerleştirilmesi, su örneklerinin kimyasal alterasyona uğramasına, kum-çakıl zarfının ve/veya filtrenin tıkanmasına ve uygun olmayacak şekilde tecrit edilmiş jeolojik katmanlardan kirliliğin kuyuya ulaşmasına neden olur.

7. Yüzey koruma önlemlerinin yetersiz oluşu, yüzey sularının kuyuya girmesine ve su örneklerinin kimyasal kalitesinin değişimine neden olur veya kuyunun kendisine hasar yaratabilir.

8. Kuyu geliştirme (inkışaf) işleminin yeterince yapılması kuyudan 'temsili' su örnekleri alınmasını engeller, verimi düşürür ve kuyu ile tabii formasyon arasındaki hidrolik iletişimi azaltır.

Yukarıda belirtilen problemlerden herhangi biri veya birkaçı kuyuyu 'temsili' yeraltısuyu örnekleri alınması için uygun duruma getirebilir. Bu durumda kuyunun kapatılması ve yeni bir kuyu ile değiştirilmesi gereklidir. Bu ise hem masrafa, hem de zaman kaybına neden olur.

Yeraltısuyu gözlem kuyularının sondajı

Yeraltısuyu gözlem kuyularının sondajı üretim kuyularının sondajı ile benzerlik arzemesine karşıt su kalitesinin korunması ve 'temsili' su örneklerinin alınabilmesi için bazı aşamaların daha dikkatli yapılması gerekmektedir. Seçilen sondaj yöntemi ve ekipmanı aşağıda belirtilen hususları sağlamalıdır:

1. Tim formasyon malzemelerini makul bir hızda debilemeli,
2. Uygun çapta bir gözlem kuyusunun inşasına olanak sağlamalı,
3. Kirlilik yaratmamalı,

4, Delmen tüm formasyonlarj litolojileri hakkında güvenilir bilgiler sunabilmeli,

5, Sondaj sırasında çeşitli derinliklerden su örneklerinin alınabilmesine olanak sağlamalı,

6, Sirkülasyon sıvısı kayıpları, basınçlar» yanıcı ve toksik maddeler gibi problemlere karşı önlemler sunabilmeli,

7, Gözlem kuyusunun sondaj sırasında veya hemen akabinde inşa edilmesine olanak sağlamalı,

8, Düşük maliyet içermeli,

9, Sahaya ulaşım problemleri yaratmamalı,

10, istenildiği takdirde jeofizik araştırma veya veri analizleri için kuyunun uzun bir süre açık kalabilmesini temin edebilmelidir.

Çizelge 1 'de su üretim kuyulan sondaj yöntemlerinin yeraltısuyu gözlem kuyularının sondajı için kullanılmaları durumunda avantajları ve dezavantajları belirtilmiştir. Bu yöntemler hakkında detaylı bilgiler Driscoll (1986) ve Davis ve diğerleri (1991) tarafından sunulmuştur,

Yeraltısuyu gözlem kuyularının tasarımı ve inşası

Yeraltısuyu gözlem kuyularının uygun bir şekilde tasarımı ve inşası, zemin koşullarına ait bilgiler ile kuyu tasarımı ve inşası ile ilgili yöntem ve pratik uygulamalara ait yeni bilgiler gerektirir, Zemin koşullarına ait bilgiler şunlardır:

• Yeraltısuyu izleme programının amacı (örneğin su kalitesinin veya su seviyesinin izlenmesi)

• Topografya, drenaj, ildim ve mevsimsel değişimler ve sahaya ulaşım gibi bilgiler

• Buklen veya tahmin edilen hidrojeolojik ortam, örneğin jeoloji (pekleşmiş/pekleşmemiş), akiferin fiziksel karakteristikleri (porozitenin cinsi, hidrolik iletkenlik), akiferin tipi (basıncılı/serbest), beslenme ve boşalım durumları, yüzey-yeraltısuyu ilişkileri

• Bilinen veya tahmin edilen kirleticilerin özellikleri, örneğin kimyası, yoğunluğu, viskozitesi, konsantrasyonu vb,

• İnsanların hidrolojik rejimde yarattığı değişiklikler

• Uygulanan yönetmelikler

Kuyu tasarımı ile ilgili gözönüne alınması gereken bilgiler şunlardır;

• Kapalı teçhiz boruları

• Filtreler

• Kum-çakü zarfı

• Tecrit malzemeleri

• Yüzey koruması

Gözlem kuyuları kapalı boru ve filtre malzemelerinin seçimi

Yeraltısuyu gözlem kuyularının kapalı boru ve filtre malzemelerini seçerken malzemenin fiziksel dayanımı (mukavemeti), kimyasal dayanımı ve yeraltısuyu ve/veya kirleticilerle

Çizelge 1, Yeraltısuyu gözlem kuyuları için sondaj yöntemleri (Driscoll 1986),

Sondaj Yöntemi	Avantajları	Dezavantajları
Oyuklu Burgu (Hollow-stem auger)	<ul style="list-style-type: none"> Sondaj sıvısı kullanılmadığı için sondaj sıvısı katkı maddeleri ile kirlenme olasılığı yoktur Sondaj sırasında filtreli burgu veya 'well-point' kullanarak formasyon sularından örnekleme yapılabilir Yarık tüp veya karotiyer ile alınan formasyon örnekleri çok güvenilirdir Burgu içinde 'gamma ışını' logları alınabilir Burgu çekilmeden önce kapalı boru ve filtre yerleştirildiği için kuyunun göçmesi önlenenebilir Hızlıdır Makinanın taşınımı kolaydır Genel olarak rotari ve darbeli sondaj yönteminden daha ucuzdur 	<ul style="list-style-type: none"> Sadece pekleşmemiş malzemelerde kullanılabilir 30-45 m derinlikle sınırlıdır Kabaran kumların kontrol altına alınması zordur Jeofizik logların tümü yapılamaz
Direkt Rotari (Direct Rotary)	<ul style="list-style-type: none"> Pekleşmiş ve pekleşmemiş formasyonlarda kullanılabilir Her türlü derinliğe kadar sondaj imkanı vardır Karot örnekleri alınabilir Açık kuyuda tüm jeofizik loglar alınabilir Sondaj sırasında muhafaza borusu gerektirmez Kuyu inşası için çok fazla seçenek imkanı sunar Hızlıdır Küçük sondaj makinalarının birçok yere ulaşımı kolaydır Oldukça ucuzdur 	<ul style="list-style-type: none"> Sondaj sıvısı gerekirdir ve kirleticiler sondaj sıvısı ile sirküle edilir Sondaj sıvısı formasyon suyu ile karışır ve formasyona nüfuz eder Bentonitlik sondaj sıvıları metalleri emebilir ve diğer parametrelerle karışabilir Organik bazı sıvılar bakteriyolojik analizlerde ve/veya organik parametrelerin ölçülmesinde karşılık yaratabilir Sondaj sırasında su tablasının konumu hakkında bilgi edinilemez ve su üreten formasyonlarla ilgili sadece kısıtlı bilgi alınabilir Formasyon örnekleri doğru olmayabilir

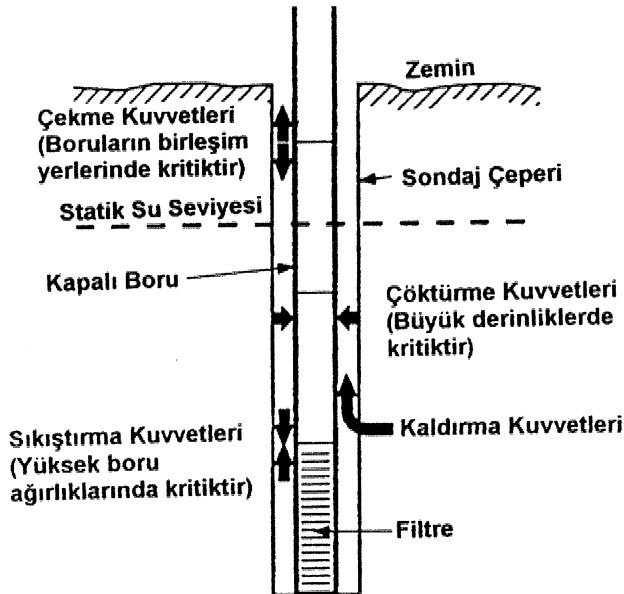
Sondaj Yöntemi	Avantajları	Dezavantajları
Havali Rotari (Air Rotary)	<ul style="list-style-type: none"> Su-bazlı sondaj sıvısı kullanılmadığı için katkı maddeleri tarafından kirlenme olasılığı yoktur Pekleşmiş ve pekleşmemiş formasyonlarda kullanılabilir Her türlü derinliğe kadar sondaj imkanı vardır Sert ve kuru formasyonlarda örnekleme çok iyidir Su ihtiva eden ilk tabakayı belirlemek mümkündür Kuyudan fişoran suyun arazide analizi ile su kalitesi hakkında bilgi edinilebilir Hızlıdır 	<ul style="list-style-type: none"> Su tablasının altında yumuşak ve göçebilen formasyonlarda sondaj sırasında muhafaza borusuna gerek vardır Hidrostatik basınçların farklı olduğu birden fazla su ihtiva eden tabakalarla karşılaşıldığı zaman sondaj sırasında ve kuyunun tecritinden önce tabakalar arası akım olabilir Göreceli olarak diğer yöntemlerden pahalıdır Küçük işler için ekonomik olmayabilir
Kablolu darbeli (Cable Tool)	<ul style="list-style-type: none"> Az miktarda ve genelde katkı maddesi içermeyen su sondaj sıvısı olarak kullanılır Pekleşmiş ve pekleşmemiş formasyonlarda kullanılabilir; çok geçirgen formasyonlarda uygundur Her türlü derinliğe kadar sondaj imkanı vardır Tecribeli bir sondör tarafından güvenilir formasyon örnekleri alınabilir Su seviyesindeki değişiklikler gözlenebilir Tecribeli bir sondör farklı zonların göreceli permeabilitelerini belirleyebilir Sondaj makinası bir çok yere ulaşabilir Oldukça ucuzdur 	<ul style="list-style-type: none"> Minimum kapalı boru çapı 4 inç olmalıdır Çelik boru kullanılmaktadır Jeofizik logların tümü yapılamaz Genelde su örneği alınmadan önce filtre yerleştirilmelidir Yavaşdır

reaksiyona girme potansiyeli gözönüne alınmalıdır. Gözlem kuyuları için kullanılan kapalı boru ve filtre malzemeleri dört

grupta toplanabilir: termoplastik malzemeler (PVC ve ABS), fluoropolimer malzemeler (PTFE)* metalik malzemeler (karbon çelik, düşük karbonlu çelik, galvanize çelik, paslanmaz çelik), ve Fiberglas kuvvetlendirilmiş epoksi malzemelerdir (FRE). Aşağıda bu malzemelerin Fiziksel ve kimyasal dayanımları ve yeraltısuyu ile kimyasal etkileşimlerine ilişkin bilgiler özet olarak sunulmuştur. Bu malzemelere ilişkin detaylı bilgiler Nielsen ve Schalla (1991) tarafından sunulmuştur.

Kapalı boru ve filtrelerin fiziksel dayanımı

Yeraltısuyu gözlem kuyuları kapalı boru ve filtrelerinin, montaj aşamasında ve çevreleyen jeolojik malzeme tarafından uygulanan kuvvetlere karşı, dayanıklı olmaları zorunludur. Kapalı boru ve filtrelerin üç önemli dayanımları: çekilme dayanımı, sıkışma (kolon) dayanımı ve çökme dayanımıdır (Şekil 1). Gözlem kuyuları için kullanılan küçük çaplı kapalı boruların çekilme ve çökme dayanımları Çizelge 2'de gösterilmiştir. Kapalı boruların birleşim yerlerindeki çekilme dayanımları bu çizelgede verilen değerlerden daha düşüktür. Çekilme dayanımları malzemenin kompozisyonuna, üretim yöntemine, birleşme emsine ve boru ebatlarına (çap ve et kalınlığı) göre değişir. Yeraltısuyu gözlem kuyularında kullanılan kapalı boruların minimum çekilme dayanımları hava ile dolu bir kuyuya yüzeyden kendi ağırlıkları ile asıldığında bu ağırlığı taşıyabilecek kadar olmalıdır, Maksimum teorik yerleştirme derinliği seçilen malzemeye ait çekilme dayanımını borunun ağırlığına bölerek elde etmek mümkündür. Boruların birleşme yerleri genelde en zayıf noktalar olduğu için birleşme yerlerinin çekilme dayanımları borunun kendi çekilme dayanımından daha önemlidir. Sıkışma (kolon) dayanımı malzemenin özelliğine (yenilme dayanımı ve rijidlik) ve et kalınlığına bağlıdır.



Şekil 1. Yeraltısuyu gözlem kuyuları kapalı ve filtreli borularına montaj sırasında uygulanan kuvvetler (Nielsen ve Schalla, 1991).

Çizelge 2. Kapalı boru malzemelerinin dayanımları (Nielsen ve Schalla, 1991).

Malzeme	Çekilme Dayanımı (lb)		Çökme Dayanımı (lb/in. ²)	
	2-inç nominal	4-inç nominal	2-inç nominal	4-inç nominal
Termoplastik (PVC)	7500	22000	307	158
Termoplastik (ABS)	8830	22000	Veri yok	Veri yok
Fluoropolimer (PTFE)	3800	Veri yok	Veri yok	Veri yok
Metalik (Paslanmaz Çelik)	37760	92000	896	315
Fiberglas epoksi (FRE)	22600	56500	330	250

Çökme dayanımı malzemenin boyutlarına, özellikle et kalınlığına bağlıdır. Et kalınlığındaki az bir artış çökme dayanımında önemli miktarda artış sağlar. Birleşme dayanımları hariç, kapalı boruların tüm dayanımları delikli filtre haline dönüştürüldükleri zaman azalır.

Termoplastik malzemeler

Termoplastik malzemelerin (PVC, ABS) dayanımları, rijiditeleri ve ısı rezistansları bu malzemelerden yapılan boru ve filtrelerin yükleme, taşıma ve montaj sırasında normal olarak karşılaşılan kuvvetlere karşı dayanıklıdır. Ayrıca rijid ve sertleştirilmiş termoplastikler galvanik ve elektrokimyasal korozyona karşı tam dayanıklı, sürtünmeye karşı çok dayanıklı, yüksek dayanım-ağırlık oranı, hafif olmaları, birçok tabii yeraltısuyu ortamlarında duraylı olmaları, az bakım gerektirmeleri, çalışmaya rahatlığı sallamaları ve düşük maliyetli olmaları bu malzemeleri yeraltısuyu gözlem kuyuları uygulamalarında ideal bir malzeme haline getirmiştir. Bu malzemeler aynece birçok asitlere, oksitleyicilere, tuzlara, alkalilere ve yağlara karşı dayanıklıdır. Bununla beraber yüksek konsantrasyonlu organik çözücülere karşı hassastırlar. Termoplastik malzemelerin hassas oldukları bazı kimyasallar ketonlar, aldehidler, aminler, klorlu alkenler ve alkanlardır. Bazı araştırmacılar (Parker ve diğerleri, 1990; Miller, 1982; Reynolds ve Gillham, 1985) termoplastik malzemelerden yapılan kapalı boruların kurşun ve bazı organik maddeleri (örneğin 1,1,2,2-tetrachlorethane, bromoform, hexachloroethane ve tetrachloroethylene) emerek su örnekleri analizlerinde doğru olmayan sonuçlar yarattığını ifade etmişlerdir. Bu nedenle, örnekleme yapılmadan önce, kuyuda uzun süre bekleyen yeraltısuyu boşaltılmalı ve kuyuya jeolojik ortamdan yeni su akışı sağlanarak 'temsilî' örnek alınmalıdır.

Fluoropolimer malzemeler

Bu malzemeler plastik malzemelere benzer ise de onlardan çok farklı özellikler sergilerler. Bu malzemeler çok konsantre ve agresif asitlere karşı (hidroflorik, nitrik, sülfürik) hidrodürlük ve organik çözücülere karşı tümüyle dayanıklıdır. Bu malzemeler ayrıca biyolojik reaksiyonlara, oksidasyona, bozunma ve ultraviyole radyasyona karşı dayanıklı olup, yüksek ısı aralığına (=240 °C-287 °C), yüksek dielektrik, düşük sürtünme ve yüksek ısı genişlemesi katsayılarına sahiptirler. Genelde üretildikleri ülkelere göre çeşitli ticari isimlerle adlandırılan bu malzemelerden en yaygın olarak bilineni Du Pont tarafından üretilen Teflon'dur. Çekilme ve sıkışma dayanımları termop-

lastik malzemelere göre daha. düşüktür; Ayrıca termoplastik ve paslanmaz çelikten daha pahalıdır.

Metalik malzemeler

Metal kapalı ve filtreli borular karbon çelik,, düşük karbon çelik,,, galvanize çelik ve paslanmaz çeliktir. Bu malzemelerden yapılan kapalı borular teraoplasttk» Oouropolimer veya fiberglas kuvvetlendirilmiş epoksi malzemelerden yapılan borulardan daha kuvvetli daha rijid ve ısıya karşı daha, az, duyarlıdır. Fakat bu malzemeler korozyona karşı duyarlı olup dayanıklılıkları etkilenebilir. Korozyon sonucu ortaya demir ve mangan oksitleri ile çeşitli metal sülfür çıkar. Karbon ve düşük karbonlu çelik boruların galvanize 'edilmeleri hernekadar korosif dayanımı artar sa 'da bu iyileşme az ve- tosa ömürüdür',... Galvanize çelik boruların korozyona uğraması demir» mangan, çinko ve kadmiyum ortaya çıkarır. Bu maddeler yeraltısu örneklerinde- 'karışıklık, yaratır ve analiz sonuçları yanlış olur... Bu nedenle,, karbon çelik, düşük karbon, çelik ve galvanize, çelik borular ve. filtreler yeraltısu kalitesinin izlendiği yeraltısu gözlem kuyularında kullanılmalıdır. Be malzemelerden, yapılan kuyular sadece yeraltısu seviyelerinin gözlenmesi veya. metal ve organik bileşiklerin izlenmediği yeraltısu örneklemesi için kullanılabilirler.. Buna karşıt, paslanmaz çelik oksitleyici ortamlarda korozyona. karşı çok. dayanıklıdır. AMD. de gözlem kuyuları için, en. yaygın- olarak kullanılan, paslanmaz çelik 304 ve- 316'dır.Bu malzemelerin kimyasal kompozisyonu Çizelge 3'de gösterilmiştir¹, 304 çeliğe yüksek miktarda nikel ve % 2-3 molibden, katılması 316 çeliği sulfur ihtiva, eden maddelere ve sülfürik asit solüsyonlara karşı daha dayanıklı hale getirmekte olup redüksiyon ortamlarında da •daha, iyi bk performans göstermelerine neden olmaktadır, Fakat her iki malzeme de uzun süre koroziif şartlarda korozyona uğrayabilir' ve yeraltısu ortamında krom ve nikel kirliliği yaratabilir. Fiberglas kuvvetlendirilmiş epoksi malzemeler

Bu malzemeler' metalik ve termoplastik malzemelerin en iyi özelliklerini ihtiva ederler. Paslanmaz çelik, kadar kuvvetli olup PVC kadar da. hafiftirler¹... Hernekadar yeraltısu gözlem kuyularında yaygın olarak kullanılmaları da hafif olmaları, yüksek dayanımları ve birçok kimyasal, ortamlara karşı duraylı olmaları gelecekte bu malzemelerin daha yaygın olarak kullanılmalarında tercih nedeni, olacaktır.

Çizelge 3» Baslanmaz çelik kapak boru/filtre malzemelerinin kompozisyonu (Nieben ve Schalh, 1991).

Kimyasal Bileşken	Pastaomaz Çelik - 304	Paslanmaz Çelik -316
Karbon	0. «	0.08
Mangam	2.00	2.00
Fosfor	0.04	0.045
Sülfür	0.03	0.03
Silikon	«75	1.0
Krom	18.0-20.0	16.0-18.0
Nikel	8.0-11.0	10.0-14.0
Molibden	.	2.0-3.0
Demir	Arta kalan	Arta kalan

Kapalı boru ve filtre çapları

Yeraltısu gözlem, kuyularının kapalı bora ve filtre çaplarının seçiminde aşağıdaki faktörler gözönüne alınmalıdır:

- 1.. Gözlem kuyusunun ,amacı (örnekleme,, su, seviyesi ölçümü, 'pompa testi vs.)
2. Kuyuya indirilecek cihazlar (Hmniğraf, beüer, jeofizik logging cihazlar' vb)
3. Sondaj yöntemi
4. Kuyunun derinliği ve gereken dayanıklılık özellikleri
5. Kuyu geliştirme (inkışaf) yöntemi
- 6.. örneklemeden önce kuyudan, boşaltılması gereken su hacmi.
7. Kuyudaki, su seviyesinin yükselme hızı
8. Maliyet

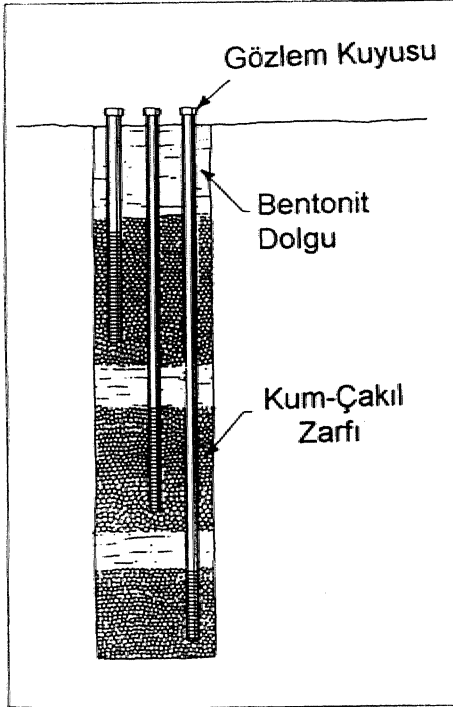
Yeraltısu gözlem kuyularının kapalı bora ve filtre çapları genelde üretim kuyularının çapından küçüktür. Yaygın, olarak kullanılan, bora ve filtre çapları 2 inç ve 4 inç olmasına, rağmen 6 ve 8 inç •çapında, olanlar da vardır... Derin olmayan veya. sadece, su seviyesi, ölçümleri için kullanılacak olan. gözlem kuyularında 2 .inç çapında olan boru ve filtreler yeterlidir. Fakat daha. doğru, örnekleme yapabilmek, iyi inkışaf» derin, kuyular, bir çeşit, pompa, deneyi veya kuyu jeofiziği .araştırmaları için boru ve filtre çapı en az 4 inç olmalıdır. Geniş çaplı (>4 inç) kuyulardan 'temsili* su, örnekleri alınması küçük çaplı kuyulara nazaran daha zordur. Küçük çaplı kuyular için geliştirilen örnekleme pompaları genelde düşük kapasiteli pompalar olup geniş çaplı kuyularda efektif olarak çalışmazlar. Ayrıca geniş çaplı kuyularda su örnekleri alınmadan önce. boşaltılması gereken kuyudaki, su miktarı daha fazla, ve su seviyesinin yükselmesi daha yavaştır. Bu da örnekleme yapılması için gereken zamanı arttırır. Diğer taraftan düşük permeabliteli formasyonlarda konuşlandırılan küçük çaplı kuyuların inkışafı daha zordur. Dolayısıyla kuyuda yeterince inkışaf yapılmadığı için, 'temsili' su örnekleri alınması güçleşir. Bilindiği gibi kuyu çapı küçüldükçe sondaj ve kışa maliyetleri azalır.

Çeşitli derinliklerden örnekleme yapabilmek, için bazen geniş çaplı sondajlar' yanılarak bunların içine- farklı, derinliklerde konuşlandırılmış kapalı boru. ve filtreler yerleştirilir (Seki. 2). Küçük çaplı borular böyle bir sondaj kuyusu içine daha fazla sayıda, gözlem, kusuyu inşa edilmesine olanak sağladığı için sondajı maliyetlerini azaltır.

Filtre

Gözlem kuyuları fitreleri aşağıda belirtilen özellikleri sağlamalıdır:

- 1 Filtre malzemeleri, su ile kimyasal reaksiyona, girmeyecek, malzemelerden, seçilmeledir,
2. Hızlı örnek alımını kolaylaştırmak için açık alan yüzdesi artırılmalıdır*
3. Filtre yarı aralıkları kum-çakü zarfının veya tabii jeolojik formasyonun belirli bir yüzdesini geçmemelidir ve kuyuya sediman girişini önlemelidir'.»



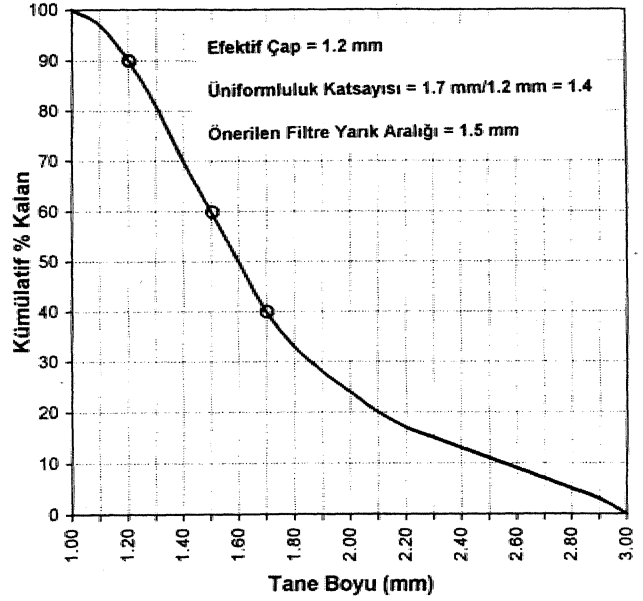
Şekil 2. Bir sondaj kuyunun içine farklı derinliklerde yerleştirilen yeraltı suyu gözlem kuyularının (Driscoll, 1986).

4. Filtre yank aralıkları tıkanmaya imkân vermeyecek şekilde tasarlanmalıdır.

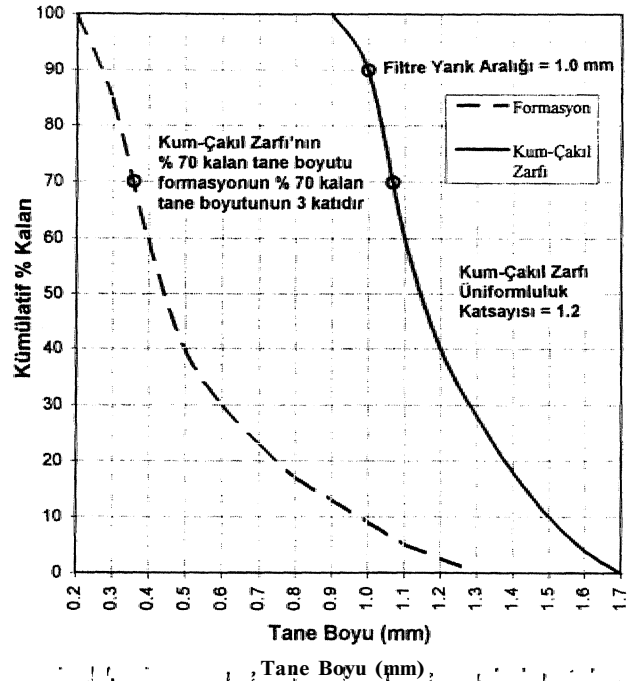
5. Filtre yank aralıklarının genişliği, tasarımı, açık alan yüzdesi ve filtre çapı kuyunun efektif bir şekilde inkişafına imkân sağlamalıdır.

Filtre malzemeleri ile ilgili bilgiler daha önce verilmiştir. Filtre yank aralıkları seçilirken filtre yapılacak formasyonun tane boyu dağılımı ve kum-çakıl zarfı kullanılıp kullanılmayacağı gibi faktörler göz önüne alınmalıdır. Kum-çakıl zarfı kullanılmayacak kuyularda filtre yank aralıkları jeolojik formasyonun düzgünlük katsayısını (Uniformity coefficient) ve filtre seviyesinin üstündeki formasyonların göçebilme durumlarını göre filtrelenecek formasyonun % 40 ila % 60'ın fazla olmeli-dür (Şekil 3). Kum-çakıl zarfı kullanılacak kuyularda filtre yank aralıkları kum-çakıl zarfının % 90 ila % 99'una tutabilmelidir (Şekil 4). Bu şartlar göz önüne alınmaksızın piyasada mevcut bulunan yank aralıklarının kullanılması kuyunun etkin bir şekilde inkişafına imkân sağlamayacağı gibi kuyuya sedimanın taşınması gibi problemler de yaratabilir. Bovendien, özellikle su kalitesi için örneklem yapılacak kuyularda örnekler için gereklili olan filtrasyonu zamanını arttırabileceği gibi kimyasal analizlerde de doğru olmayan sonuçlar yaratabilir.

Filtre yank aralıklarının bozakseni etrafında düzgün bir şekilde dağılımı inkişafın etkin bir şekilde yapılmasını temin eder. Yank aralıklarının kuyu merkezine doğru genişlemesi çakıl veya formasyon malzemesinin yank aralıkları tıkanmasını ve



Şekil 3. Pekleşmemiş zeminlerin elek analizi sonucuna göre çizilen tane boyu dağılım eğrisi.



Şekil 4. Formasyon ve kum-çakıl zarfı tane boyu dağılımı eğrileri

köprüleme oluşmasını engeller. Yank aralıkları talanmış (toplam yüzey alanı) formasyonun veya kum-çakıl zarfının efektif porozitesine uygun olarak % 10-30 arasında değişimlidir. Bunun temsili örnekler alınması için gerekli zamanı ve kuyu inkişaf süresini azaltır. Yank aralıklarının tıkanması açık alan yüzdesini azaltacağı için formasyondan temsili örnek alınması için gerekli zamanı arttırır.

Yeraltı suyu gözlem kuyularının filtre uzunlukları türetim kuyularının aksine belidionlardan, su örnekleri alınmasını

veya su seviyelerinin ölçülmesine imkan sağlayacak şekilde kısa olmalıdır¹ (0.6 m-2 m). Kalın akifeilerde farklı derinliklerde son bulan filtreler inşa edilmelidir (Şekil 2). Kısa filtre uzunluğu su kalitesinin dikey dağılımı, ve su seviyesi hakkında, dalia doğru bilgi, verir. Su tablasının üzerindeki su kalitesinin izleneceği gözlem, kuyularında filtre uzunluğu, su tablasının kon.umraid.aki beklenen mevsimsel dalgalanmalara göre, 3 m. la. 6 m arasında olmalıdır. Filtrenin bir kısmı su tablasının üzerindeki suya. doymun olmayan bölgede bulunmalıdır.. Böylelikle serbest fazdaki. lü.drokarbonlarm. veya volatil .maddelerin izlenmesine olanak sağlar.

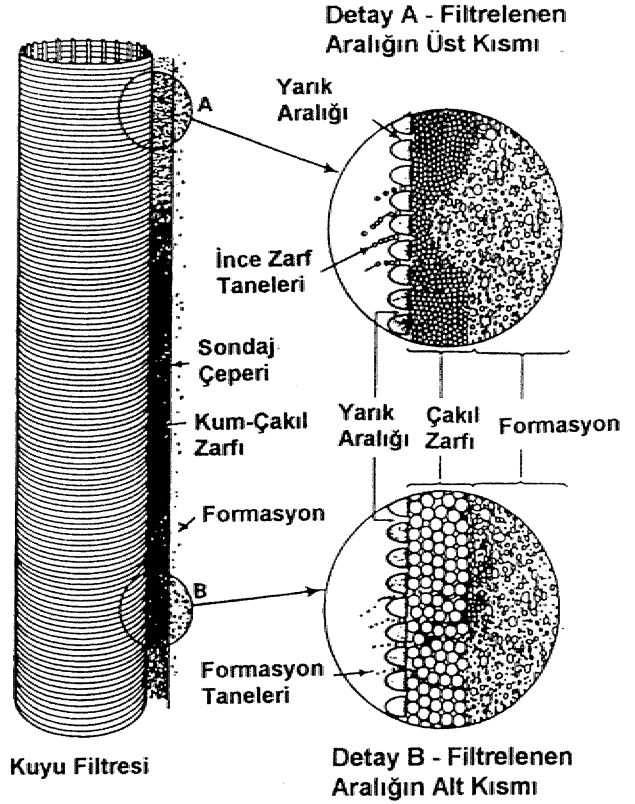
Kum-çakıl .zarfi

Yeralısuyu gözlem kuyularında kum-çakıl zarfının kullanılıp kuHanılmayacağına karar verebilmek için filtreleo.ccek formasyonun ince taneli tabakalarının tane boyu dağılımı (granülometre) eğrilerine gereksinim vardır. Tabii formasyonun % 50'sini tutabilmek için seçilen yarık aralığı 0.Ö2 inç (0.5 mm) veya daha az ise» kum-çakıl zarfi kullanılmalıdır.

Kum-çakıl zarfının tasannu için .kum-çakıl tane boyutu., tane boyu dağılım (granülometre) eğrisi, tane. şekilleri., kum-çakıl zarfının kalınlığı ve uzunluğu, ve kum-çakıl zarfi malzemesinin özellikleri g&zönüne alınmalıdır. Kum-çakıl zarfının % 70 kalan (% 30 geçen) tane boyutunu belirlemek için filtrelecek. formasyonun % 70 kalan (% 30 geçen) tane boyutu bulunarak 3 ila 6 arasında bir' rakamla çarpılır., Formasyon, .ince 'taneli ve uniform ise 3, iri taneli ve uniform değilse- 6 rakamı kullanılır. Bulunan bu ilk noktadan, geçen, ve uniformluluk katsayısı 1-2.5 arasında olan düzgün bir tane boyu dağılım eğrisi çizilir (Şekil 4). Kum-çakıl zarf mm -uniform olması oem.li.dir. Aksi. 'taktirde kum-çakıl .zarfi koyuya (su içinde) yerleştirilirken iri taneli, malzeme kuyu tabanma yakın kısımlarda ince taneli malzeme ise. filtrenin üst seviyesine yakın, .kısımlarda yerleşerek kum-çakıl zarfında bölgesel bir tane ayrışmasına neden olur ve kum-çakıl zarfi işlevini büyük ölçüde kaybeder (Şekil 5). Kum-çakıl zarfi kuyunun tabanından başlayarak filtre seviyesinin en az 0.6 m-1.5 m üst seviyesine- kadar uzanmalıdır' (Şekil 6). Kum-çakıl zarfının kalınlığı 5 cm'den az 8 cm'den fazla olmamalıdır. Kum-çakıl zarfi malzemesinin taneleri yuvarlak ve küresel şeklinde olmalıdır. Aksi taktirde filtre yarık aralıklarının tıkanmasına ve kum. köprüleri oluşmasına neden olurlar.. Kum-çakıl zarfi olarak kullanılacak malzemeler için silisli (kuvars) malzemeler' seçilmeli ve silisi, olmayan, malzeme oranı % 5'den az olmalıdır.. Bu malzemeler' yıkanıp korutduktan sonra teçhiz borusu. ile kuyu. cidarı arasına çeşitli yöntemler (kürekle dftmek, çakıl borusu kullanmak, ters sirkülasyon yöntemi, geri yıkama) kullanılarak yerleştirilir.

Tecrit

Yeralısuyu .gözlem, kuyularında teciliz, borusu ile- kuyu çeperi arasında kalan boşluk su ve/veya kirleticilerin dikey hareketleri, için bir yol oluşturur. Dolayısıyla, bu boşluğun efektif

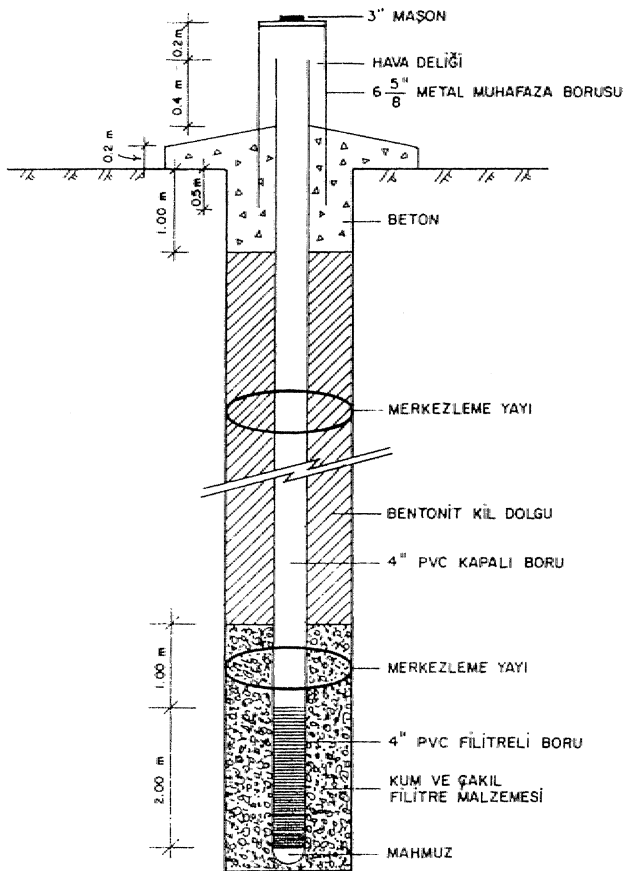


Şekil 5. Uniform olmayan kum-çakıl zarfi malzemesinde tane ayrışması (Nielsen ve Schalla, 1991).

bir' şekilde- doldurulması, gerekmektedir. Bu işleme * tecrit* denir. Tecrit işlemi. (1) yüzey sularının veya kirleticilerin, yüzeyden kuyuya girmelerini engeller, (2) farklı örnekleme zonlarını hidrolik ve kimyasal olarak birbirinden ayırır, (3) suyun (farklı kalitede olabilir)- bir akifeiden diğerine veya yüksek hidrolik yüke sahip olan zanlardan düşük .hidrolik yüke sahip olan zanlara olan dikey hareketini, önler.. Suyun bu tür dikey hareketleri 'temsili* yeralısuyu örnekleri alınmasını veya. hidrolük, yüklerin doğru, bir- şekilde ölçülmesini engeller. Kuyu tecridi ayrıca kuyuyu harici korozyona veya. kimyasal bozunmaya karşı koruyarak ömrünü artırır.

Tecrit malzemesi, olarak bentonit (peletler, granule, veya toz halinde) ve çimento yaygın olarak kullanılır; Kesinlikle sondaj kırmaları, kum, veya başka bir malzeme Mlanılmamalıdır..

Benton.it kil minerali montmorillonifden oluşan, ve su içinde^ kum hacminin 8-10 katı kadar genişleyen bir malzemedir'. Pelet ve granule bentonit kuyu cidarı boşluğuna kuru halde yerleştirilmelerine rağmen toz. halindeki bentonitin. enjeksiyon şerbeti şeklinde yerleştirilmesi gereklidir. Bentonit enjeksiyon şerbeti. 7 kg ağırlığındaki, kuru bentonitin. 27 İt temiz su ile k.arıştınılması sonucu elde edilir.. Bentonitin yüksek katyon değiştirme kapasitesine ve yüksek pH (8 ..5-105) değerine sahip olması ve potansiyel bazı katkı maddeleri (organik ve inorga-



Şekil 6. Yenilimiyu gözlem kuyutttı hı&artın di'tayı.

oik polimerler) içermesi temas, ettikleri yeraltı suyu kalitesini etkileyebilir. Bu nedenle, bentonit kil dolgusu filtrenin üst seviyesinden en az 1-1.5 m yukarıdan başlamalıdır. Bentonitin efektif bir şekilde hidrasyona uğrayarak şişmesi için ortamda yeterli miktarda ve kalitede su bulunmalıdır. Bu nedenle suya doygun olmayan zonlarda veya yüksek klorür ve toplam erimiş katı maddeler (TDS>5000 mg/lit) içeren sularda kullanılmaları tavsiye edilmez (Nielsen ve Schall a, 1991). Bu durumlarda çimento şerbeti, tecrit malzemesi olarak kullanılmalıdır.

Çimento şerbeti 50 kg portland çimentosu ile 30 lt temiz suyun kumsuz karışımı ile elde edilmelidir. Karışımdaki su miktarı çok önemlidir. Su miktarının 30 lt/50 kg'dan fazla olması çimentonun aşırı miktarda büzülmesi sonucu çatlakların ve çimento içinde su ihtiva eden boşluklara oluşmasına neden olur. Bu durum arzu edilmeyen bir tecrit malzemesi oluşturur. Çimentonun kuyuda aşırı miktarda büzülmesini önlemek veya prizlerine zamanını kısaltmak için çimento karışımına bentonit (% 3-9o 8 hacim oranında), kalsiyum klorür (%1-%3), jips (%3-%6) veya alüminyum tozu (%1) gibi katkı maddeleri ilave edilebilir. Çimento enjeksiyonunun kum-çakıl zarfının hemen üzerinden başlayacak şekilde yapılması gerekir. Aksi takdirde çimento kum-çakıl zarfının içine infiltrat olur ve çakıl

zarfını ve: filtreyi, tıkayabilir. Buna ilaveten çimentonun yüksek pH içermesi su kalitesinde de yüksek pH değerleri ölçülmesine neden olur. Bu nedenlerle çimento kum-çakıl zarfının hemen üzerine yerleştirilmemelidir. Çimento ile ana kum-çakıl zarfı arasında 0.5 m kalınlığında çok ince taneli, ikincil bir kum-çakıl zarfı veya 0.5 m-1.0 m kalınlığında bentonit yerleştirilmelidir.

Yüzey koruma»

Yüzey korumasının amacı yüzey sularının teçhiz borusu ile sondaj çeperi arasında kalan boşluktan kuyu tabanına doğru, süzülmesini önlemek, ve kuyuyu dış etkenlere karşı korumaktır. Yüzey koruması için teçhiz borusu, merkez olmak üzere kuyubaşı zemin kotunun en az 1 m altına kadar betonlanmalıdır. Kuyubaşı betonu teçhiz borusundan dışarıya doğru eğimli ve zemin kotundan en az 0.20 m yükseklikte olmalıdır. Teçhiz borusu kuyubaşı betonu üst seviyesinden en az 0.40 m çıkmalıdır. Kuyubaşı betonu, gizlenmeden önce uygun çapta, metal, bir muhafaza, borusu teciliz borusu ile sondaj çeperi arasında, alt seviyesi zemin kotunun en az 0,5 m altında, üst seviyesi teçhiz borusunun üst seviyesinden en az 0.2 m yükseklikte olacak şekilde yerleştirilmelidir (Şekil 6). Metal muhafaza borusunun ağzına mason veya menteşeli ve kilitli metal bir kapak takılmalıdır. Metal, muhafaza borusuna en az, dört adet hava delikleri açılmalıdır. Metal muhafaza, borusu boyanmamış ve üzerine kuyu numarası yazılmalıdır.

Yeraltı suyu gözlem kuyularının geliştirilmesi

Kuyu geliştirme (inkışaf) işlemi filtre civarındaki tabii jeolojik formasyondan ve kum-çakıl zarfından ince malzemeleri (silt, kil, ince kum) ve sondaj sirkülasyon sıvısı (çamuru) artıklarını dışarı atmak amacıyla yapılır. Ayrıca kuyu geliştirme işlemi filtre civarındaki malzemenin oturmasını ve stabilizasyonunu sağlar. Kuyu geliştirme işlemi (1) kuyudan ve çakıl zarfı veya tabii formasyondan yeraltı suyunun içeri ve dışarı hareketini sağlayarak ince malzemenin serbest kalmasına ve kuyuya çekilmesine olanak sağlamak üzere kuyuya yeterli miktarda bir enerjinin uygulanması ve (2) kuyuya getirilen bu ince malzeme ile kuyu civarındaki sondaj çamuru artıklarını, dışarı atılması için pompaj yapılmasından müteşekkildir. Kuyu geliştirme işlemi.

- (1) Maksimum verimi sağlar,
- (2) Kuyu ile tabii formasyon arasında hidrolik iletişimi sağlar,
- (3) Daha sonra yapılacak akifer deneylerinden elde edilen verilerin kalitesini artırır,
- (4) Kuyudan 'temsili' örnekler alınmasını sağlar,
- (5) örneklemeden önce kuyudaki suyun boşaltılması ve/veya akifer deneyleri sırasında kullanılan pompaların tıkanmasını ve zarar görmesini önler.

Köye geliştirme yöntemleri ile ilgili literatürde bulunan bilgiler genelde su üretim kuyularının geliştirilmesine aittir., Su üretim kuyuları genelde. 6 .inç ve daha geniş çaplarda, olup akiferden yüksek, miktarda su alabilmek için filtre, açık alan yüzdeleri daha fazladır; Buna karşı gözlem kuyuları yüksek verim elde etmekten, ziyade belirli derinliklerden veya zonlardan temsili su örnekleri almak ve su seviyeleri ölçmek amacıyla, kışa edirlirler. Gözlem koyulan akifer niteliği göstermeyen düşük verimli elde etmekten ziyade belirli, derinliklerden veya zonlardan temsili su örnekleri almak ve su seviyeleri ölçmek amacıyla inşa edilirlir; Gözlem kuyuları akifer niteliği göstermeyen düşük verimli formasyonlarda da açılabilirler.. Birçok, gözlem kuyuları 2 inç ve 4 .inç çaplarında genelde düşük açık alan yüzdesine sahip PVC filtreleri kullanılarak inşa edilmişlerdir. Bu nedenlerle, standard, su. üretim kuyuları geliştirme yöntemlerinin.* gözlem kuyuları için. 'bazı değişiklikler yapılmadan uygulanması doğru değildir.

Kuyu geliştirme işleminden, önce kuyunun mümkünse aynı formasyon suyu ile yoksa kimyasal karakteri önceden, belirlenmiş temiz bir su ile. yıkanması gerekir. Geliştirme işlemi sırasında kuyudan deşarj edilen su miktarı, yıkama, sırasında kullanılan su. miktardan az olmamalıdır.

Küçük çaplı (2 inç-4 inç) gözlem kuyularının geliştirilmesi için en uygun yöntemler şunlardır (Kraemer ve diğerleri» 1991): (1) Basıncılı hava ile kanştırma/pompalama ile geliştirme, (2) Santrifüj pompa ile- geliştirme, (3) Dalgiç pompa ile geliştirme, (4) Kapaklı ve hava delildi, pistonla geliştirme, ve: (5) Beiler ile geliştirmedir¹, Bu geliştirme yöntemlerine ilişkin bilgiler Kraemer ve diğerleri (1991) tar.afmd.an sunulmuştur.

Mogan-Eymir gölleri yeraltısuyu gözlem kuyuları

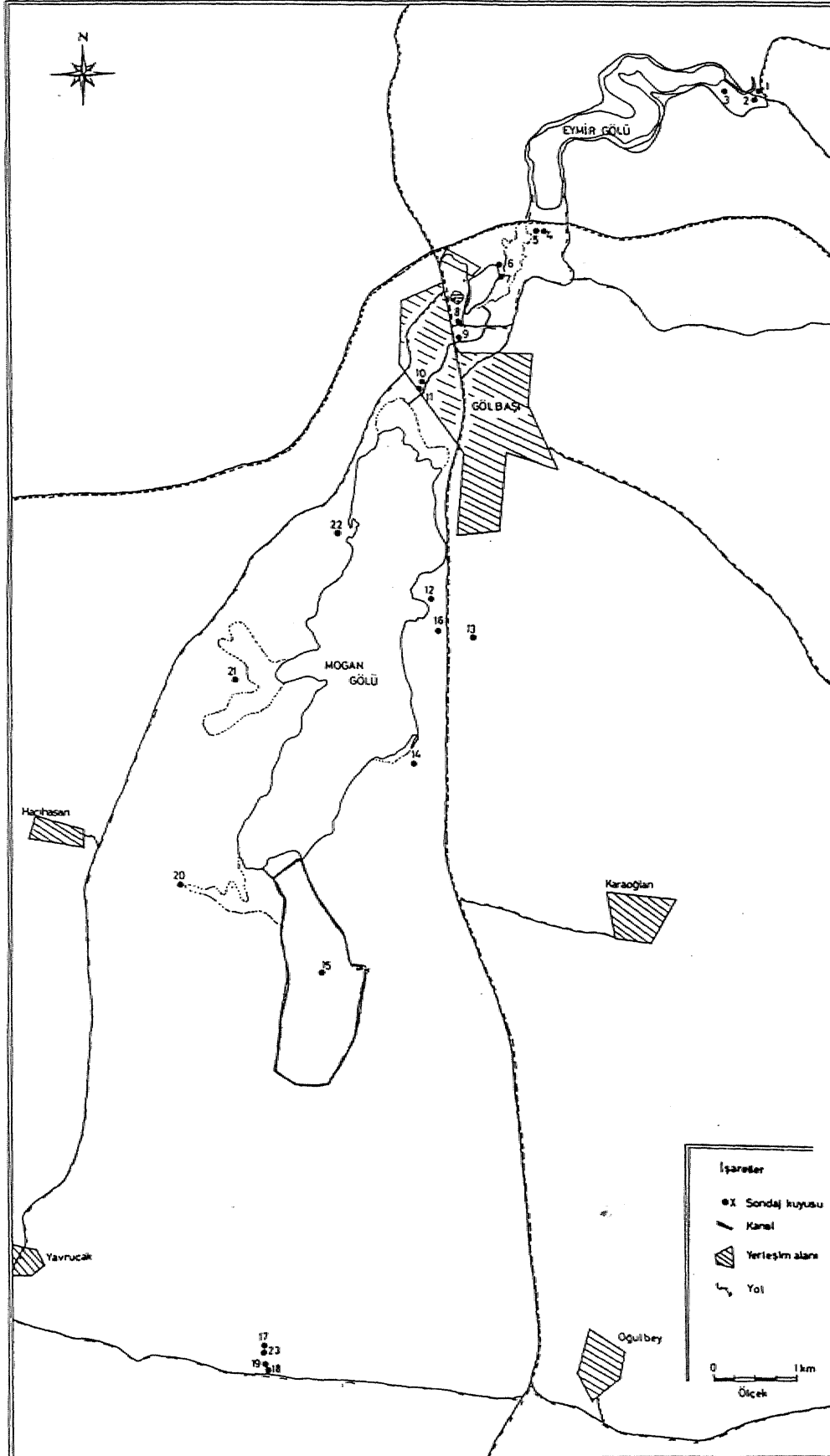
Orta Doğu Teknik Üniversitesi Rektörlüğü ile .Ankara Su ve Kanalizasyon idaresi Genel Müdürlüğü arasında imzalanan bir protokolle Temmuz 1993-Temmuz 1995 tarihleri arasında yürütülen "Gölbaşı Mogan-Eymir Gölleri için. Su Kaynaklan ve Çevre Yönetim Planı Projesi" kapsamında her iki göl civamda D.S.İ. 5.. Bölge Müdürlüğü Sondaj Şubesi ekiplerince toplam derin.liği 336 m olan. 23 adet sondaj yapılmış ve bir tanesi dışında tümü yeraltısuyu gözlem kuyusu, olarak teçhiz edilmiştir.. Yeraltısuyu gözlem, kuyularının .amacı: (1) kuyuların açıldığı yerlerde zemin profillerinin, tesbiti, (2) >akifer özelliği gösteren litolojik birimlerin hidrolik parametrelerini belirlemek üzere pompa ve beiler deneylerinin, yapılması, (3) yeraltısuyu akış hızını, ve efektif poroziteyi. belirlemek üzere izleme deneylerinin yapılması.» (4) yeraltısuyu seviye ölçümlerinin yapılması ve (5) yeraltısuyu kalitesini belirlemek için su örneklerinin alınmasıdır.

Yeraltısuyu gözlem kuyuları Mogan ve Eymnr gölleri civarında genelde ince taneli sedimanların egemen olduğu alüvyon

çinde, açılmıştır¹ (Şekil 7). Sondaj derinlikleri, genelde 10-15 m civarında olup., dört lokasyonda ikişer adet. değişik derinliklere sahip gözlem kuyuları yanyana açılmıştır; Böylece bu. lokasyonlarda farklı, derinliklerdeki yeraltı sistemlerinin davranışını izlemek için, olanak, sağlanmışır. Sondajlar rolari sondaj tekniği ile açılmış ve uçtan su püskürtmeli rokbit kullanılmıştır¹.. Sirkülasyon sıvısı olarak, civarda aynı. formasyon içinde bulunan bir- kuyunun suyu kullanılmıştır.. Teçhiz çapı 4 inç: olan kuyularda, sondaj çapı genelde 97/8 inç; 8 inç: boru ile teçhiz edilen kuyularda ise sondaj çapı 12 1/4 inedir. Böylelikle kuyu. cidarı ile teçhiz borusu arasına kum-çakıl zarfının yerleştirilmesi için gerekli boşluk sağlanmışır. Sondajlar sırasında sürekli olarak kuyu. loglan hazırlanmış, tüm litolojik birimler ayrıntılı bir şekilde tammlanmış ve- laboratuvarında elek. analizleri, için örnekler alınmıştır., Sondajların tamamlanmasından sonra gerekli görülen kuyularda SP ve Rezi.sti.vite. loglan. alınmıştır.

Açılan. 23' adet. sondaj kuyusundan 22 adedi yeraltısuyu gözlemleri için teçhiz edilmiştir., 12 numaralı sondaj kuyusunda tümüyle yüksek plastisiteli kil kesildiği için teçhiz, edilmiştir. Yeraltısuyu gözlem kuyularının tasarım detayı Şekil 6'da gösterilmiştir. Tüm gözlem kuyuları. PVC boru ve filtre ile teçhiz edilmiş olup, pompa deneyinin yapılmasına olanak sağlamak amacıyla sadece- 17 numaralı kuyuda metal bom ve filtre kullanılmıştır. Teçhiz sırasında yarıç aralıkları. 2 mm olan. 4 inç ve 8- inç çaplarında PVC filtrelili bora kullanılmıştır. Filtrelerin uzunlukları tüm kuyular için 2 m. olup, Gölbaşı Belediyesi tarafından çöp sahası olarak kullanılan bölgede konuşlandırılan 6 ve 7 numaralı kuyularda 3'er metredir. Boruların kuyu içinde^ merkezlenmesini temin amacı le., bir tanesi fikrenin üst seviyesinden 0.5 m. yükseklikte olmak koşulu, ile 1er' 6-7 m de bir merkezleme yayı kullanılmışta.. Kum ve. çakıl zarfi. kuyunun taban kotundan, başlayarak filtrenin üst seviyesinden en az 1 m yüksekliğe kadar yapılmışta., Kum-çakü zarfının üst seviyesi ile zemin kotunun, 0.5-1 m alt seviyesine kadar kuyu çeperi ile teçhiz borusu arasında kalan boşluk. Mİ dolgu malzemesi ile doldurulmuştur.. Kuyular temiz su ile yıkanarak kompresör ile kuyudan, berrak su gelene kadar geliştirilmiştir. PVC teçhiz borusu merkez olmak üzere kuyubaşı toprak seviyesinden en az Ö.2 m yüksekliğe kadar betonlanmıştır., Kuyubaşı betonu, prizlenme.deii. önce- 65/8 inç çapında metal bir muhafaza, borusu PVC bom ile kuyu cidarı araştırma, alt seviyesi zemin kotunun en az 0.3 m altında., üst seviyesi PVC borunun üst seviyesinden, en az 0.2 m yüksekte olacak şekilde yerleştirilmiştir. Metal muhafaza borusunun ağızı 3 inç çapında masonla, kapatılmıştır. Metal muhafaza, borusuna en az dört. adet havalandırma deliği, açılmış ve boyanarak kuyu numaraları yazılmıştır,

Şekil 7. Mogan-Eymir gölleri yeraltısuyu gözlem kuyuları tokasyon haritası»



Kuyuların tamamlanmasından sonra hidrolik parametreleri ve yeraltısuyu alışı hızını belirlemek üzere seçilen kuyularda pompa ve yükselme deneyleri, beşer testleri, ve Meme deneyleri yapılmıştır. Yeraltısuyu gözlem kuyularından su kalitesini belirlemek amacıyla su örneklerinin alınması ve su seviyelerinin ölçülmesi Temmuz 1994'den beri devam etmektedir.

Sonuç

Bu yazıda yeraltısuyu gözlem kuyularının tasarımı ve inşa edilmesinde gözönüne alınması gereken önemli faktörlerden sondaj tekniği, çap, derinlik, teçhiz borusu, filtre, çakılama, tecrit ve geliştirme yöntemleri hakkında bilgi verilmiş ve Mogan-Eymir gölleri civarında yapılan uygulamalardan örnekler sunulmuştur.

Değerlenen Belgeler

Davis, H., Jehn, J., ve Smith, S., 1991, Monitoring well drilling, soil sampling, rock coring, and borehole logging, in Practical Handbook of Ground-Water Monitoring, Lewis Publishers, Inc., Chelsea, MI, 195-237,

Driscoll, F. G., 1986, Ground water and wells, Johnson Division, UOP, Inc., St. Paul, MS.

Kraemer, C.A., Shultz, J.A., ve Ashley, J. W.» 1991, Monitoring well post-installation considerations, in Practical Handbook of Groundwater Monitoring, National Water Well Association, Worthington, Ohio, 236-245,

Nielsen, D. M. ve Schalte, R., 1991, Design and installation of groundwater monitoring wells, in Practical Handbook of Ground-Water Monitoring, Lewis Publishers, Inc., Chelsea, MI, 239-331.

Parker, L.V., Hewitt, A.D., ve Jenkins, T.F., 1990, Influence of casing materials on tracelevel chemicals in well water, Ground Water Monitoring Review, 10 (2), 146-156,

Reynolds, G.W. ve Gillham, R.W., 1985, Adsorption of halogenated organic compounds by polymer materials commonly used in ground water monitoring, Proceedings of Second Canadian/American Conference on Hydrogeology, National Water Well Association, Dublin, OH, 125-132.