

## Yeraltısuyundan İçme ve Kullanma Suyu Temin Amaçlı Kuyularda Tasarım Teknikleri

Tahir ÇEBİ  
İller Bankası Genel Müdürlüğü,  
İçmesuyu Dairesi Başkanlığı, ANKARA

### GİRİŞ

Bir sondaj kuyusunun projelendirilmesi kuyunun yapısına uygun olacak faktörleri ve kuyu inşaatında kullanılacak materyallerin seçimini içerir. İyi bir kuyu tasarımı kuyunun uzun süreli hizmet vermesi yanında, maliyet boyutunu da kapsmalıdır.

Bu kapsamda, öncelikle çimentosuz zeminlerde, kuyu filtresinin yerleştirilmesine ilişkin prensipler tartışılacaktır. Çimentolu kaya kütlelerinde açılan kuyulara göre, çimentosuz akifer alanlarda açılan kuyularda, dizayn olayı daha fazla önem taşımaktadır. Ancak, temel prensipler her iki tür ortamda da açılan kuyular için dikkate alınmalıdır.

Maliyet ve teknik faktörler, uyumlu olarak analiz edilmelidir. Örnek olarak 15lt/sn. su sağlamak amaçken, 50 lt/sn. su sağlayan bir kuyu tasarlamak, iyi bir mühendislik değildir. Diğer taraftan, ilk maliyeti düşürmek amacıyla, yetersiz boyutta kuyu teçhizi ve filtresi kullanmak veya kalitesi düşük materyalleri seçmek de, kötü bir mühendisliktir. Bu tür düşünceler, ilerideki işletme aşamasında, kuyu sahibine yüksek pompaj ve bakım maliyetlerini yüklemek demektir.

Bu konu kapsamında tartışılacak hususların büyük bir bölümünü, sulama, endüstri ve belediye ihtiyaçlarını karşılama amacına yönelik açılacak kuyulara ilişkin tasarım teknikleri oluşturmaktadır. Bu amaçlarla açılan kuyularda, akiferden en yüksek verimin elde edilmesini ve randımanlı işletmeyi sağlayacak tasarım teknikleri kullanılmalıdır. Bu faktörler direkt olarak işlem maliyetine dayanır. Bu konuda bir diğer önemli maliyet faktörü de, servisin hizmet dışı kalması sonucunda meydana gelen ekonomik kayıplardır. Kuyunun iyi tasarlanması,

bu riskleri en aza indirir. Tartışacağımız konular arasında; sığ kuyular, içmesuyu amaçlı kuyular, çiftlik ve ticari kuyulara ilişkin özel tasarım faktörleri bulunmaktadır.

Kuyu yapısının, iki ana elementten oluştuğunu gözönünde bulundurmak, önem taşımaktadır. Bu elementlerden birisi, kuyu pompa ekipmanının yer alacağı iç bölümdür ki, akiferden gelen yeraltısuyu pompa ile bu bölüm içine çekilerek kuyu ağızına doğru hareket eder. Bu bölüm kuyunun borulanmış bölümüdür. Ancak, çimentolu zeminlerde, borulama yapılmamış olabilir.

Bir diğer bölüm ise, kuyuya su girişinin olduğu bölümdür (çakıl zarfı). Akiferden gelen su, bu bölümden geçerek kuyuya gireceğinden, bu bölüm kuyu performansını direkt olarak etkilemektedir. Bu nedenle, bu bölümün oluşturulmasına ilişkin parametrelerin çok dikkatli seçilmesi ve akifer parametrelerini olumsuz etkilememesine özen gösterilmesi gerekmektedir. Bu bölümü oluşturan, çakıl zarfı ve filtreler, çimentosuz akifer ortamlardan çimentolu kuyu içine malzeme girmemesi görevini de yapar.

Uygun seçilmiş ve tatbik edilmiş kuyu filtresi, suyun kuyuya serbest ve düşük bir hızla girmesini sağlar ve su ile birlikte, kum ve daha ince malzemelerin akiferden kuyuya girişini önler. Diğer taraftan, formasyon kayıplarını önleme amacıyla bir tutucu görevini de üstlenir.

Konsolide olmuş bir kaya akifer ortamında açılan kuyunun su giriş bölümünü, çıplak kuyu deliği oluşturduğundan, böyle bir kuyudaki verimi, kuyunun delik ve derinlik boyutları ile, formasyondaki çatlak veya boşluk sistemleri denetlemektedir.

### KUYU ÇAPI

Kuyunun yapım maliyetine direkt etkisi olması nedeniyle, kuyu çapının uygun seçimi, çok önem taşımaktadır. Kuyu çapı, ağızdan tabana kadar farklı olabilir. Buna bağlı olarak seçilecek teçhiz boru çaplarında da değişim söz konusudur.

Kuyu çapı, aşağıda verilen iki gerekliliği tatmin amacıyla seçilmelidir.

1. Kuyu çapı, içine yerleştirilecek pompa ekipmanının uygun yerleşimini sağlayacak ve etkin işletme yaratacak yeterli genişlikte olmalıdır.

2. Kuyunun su giriş bölümünün çapı, kuyuya en iyi hidrolik randımanını sağlayacak boyutta olmalıdır.

Teçhiz çapının seçimini kontrol eden en önemli faktör, kuyunun potansiyel veya arzu edilen verimini sağlayabilecek pompanın boyutudur. Kuyunun teçhiz borusu çapı, konacak pompanın nominal çapından 2 numara daha büyük olmalıdır. Ancak elde olmayan koşullara bağlı olarak, teçhiz borusu çapı, pompa başlığı çapından bir numara büyük seçilmiş olabilir.

Çizelge 1. pompaj verimi veya kuyu verimindeki değişen oranlar için önerilecek teçhiz çaplarını göstermektedir. Hazırlanan bu tablo, verilen bir miktardaki suyu çekebilecek randımanı en yüksek düşey türbin pompasının başlık boyutunu tesbit içinde kullanılır.

**Çizelge 1.** Pompaj verimi ile kuyu verimindeki değişen oranlar için önerilecek teçhiz çaplarını gösteren tablo

Beklenen verim gpm	Pompa başlığının nominal çapı inches	Kuyu teçhizinin optimum boyutu inches	Kuyu teçhizinin en küçük boyutu inches
Den. az 100	4	6 ID	5 ID
75 - 175	5	8 ID	6 ID
150 - 400	6	10 ID	8 ID
350 - 650	8	12 ID	10 ID
600 - 900	10	14 OD	12 ID
850 - 1300	12	16 OD	14 OD
1200 - 1800	14	20 OD	16 OD
1600 - 3000	16	24 OD	20 OD

Optimum teçhiz çapı en iyi başlık çapının iki numara daha geniş olarak seçilmektedir. Suyun düşey hareketiyle kuyu tabanından teçhiz borusu içinde yeralan pompaya girmesiyle oluşan hız ve su seviye kayıpları da değerlendirmeye alınmıştır.

Şayet teçhiz çapları, verilen tabloya göre seçilirse, düşey türbinli pompalar için uygun bir açıklık sağlanmış olur. Bu açıklık sayesinde, pompa şaftı şakuli isti-

kamette indirildiğinde, teçhiz borusu tam şakuli olmazsa bile, pompanın kuyuya sağlıklı olarak indirilmesi mümkün olacaktır. Şayet pompa teçhiz borusu bulunmayan bir bölüme konursa, suyun pompa girişine ulaşabilmesi için, suyun düşey yönde hareketini sağlayacak ve minimum seviye değişimi için pompa etrafında uygun bir boşluk alanın bırakılması gerekir.

Yüksek statik ve dinamik seviyeye sahip olan derin kuyularda, pompanın monte edileceği derinlik düşünülerek, kuyu çapları buna göre seçilmelidir.

### KUYU DERİNLİĞİ

Arzu edilen kuyu derinliği, açılacak kuyuların bulunduğu havzadaki kuyu loglarının değerlendirilmesiyle veya delme aşamasında geçilen litolojinin yorumlanmasına göre seçilir. Genellikle, bir kuyu akiferin tabanında sonuçlandırılmalıdır. Bu durum, iki şart için arzu edilir:

- En yüksek kapasiteyi sağlamak ve kuyuya su giriş bölümü olarak akiferin daha fazla kalınlığından yararlanmak.

-Kuyudan en yüksek verimi sağlamak amacıyla, kuyuda daha fazla düşüm sağlayabilmek.

Bu kuralda bir istisna, akiferin taban ve tavanı arasında yerleştirilen kuyu filtresinin nerede yapıldığıdır.

Temel kurallarda bir değişiklik gerektiren diğer bir durum da, bir akiferin en alt bölümünde kötü kaliteli suyun bulunması ve nerede olduğudur. Böyle bir durumda, kuyunun bir derinlikte bırakılması zorunludur. Öyle ki, bu derinlik, arzu edilen en iyi su kalitesini sağlayacak ve arzu edilmeyen hususları giderecek bir derinlik olmalıdır. Kuyu açıldığı ortamda kötü kalite su içeren bir seviyeyi katetmek zorunda olabilir. Bu durumda, bu seviyenin çok dikkatli bir biçimde tecrit edilmesi gereklidir.

Tecrit malzemesi, kısmen geçirgen olmayan bir malzemedir teşekkül ettirilmelidir. Tecrit malzemesi, öyle sıkıştırılmalıdır ki, bu durum kuyu teçhizinde oturma meydana getirmeksizin teçhize destek vermelidir.

### KUYU FİLTRE UZUNLUĞU

Kuyu filtresinin en uygun uzunluğu, akiferin kalınlığı, elde edilen düşüm ve akiferin tabakalanması gibi hususlarla olan ilişkilere göre seçilir. Dört tip durum için başvurulan kurallar aşağıda verilmektedir:

#### 1. Homojen Artezyen Akifer

Bu tip akiferde; su taşıyan formasyon kalınlığının % 70-80' lik kısmı filtrelenmelidir. Burada pompaj so-

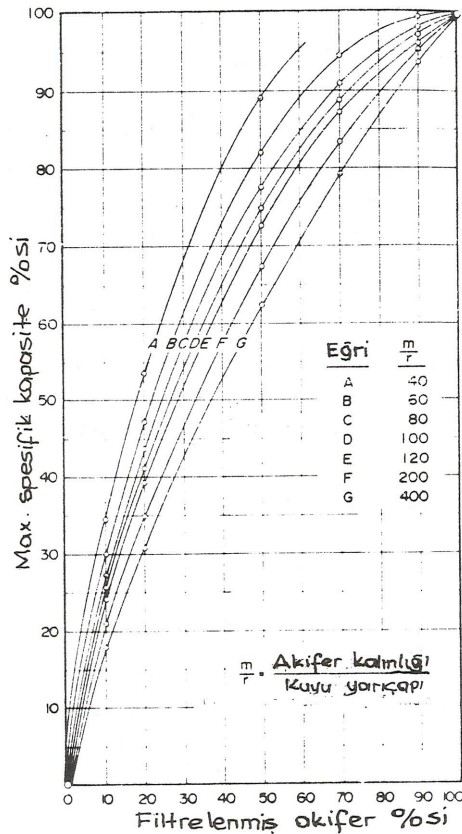
nucu oluşan su seviyesinin akifer tavanının altında olmayacağı kabul edilmektedir. İyi kuyu proje pratikleri göstermiştir ki, elde edilen maksimum düşüm, statik su seviyesinden akiferin tavanına kadar olan bölüm kadar olmalıdır.

Şayet akifer seviye kalınlığı, 7.5m den az ise, % 70' lik bölümünün teçhiz edilmesi en tatminkar uygulamadır. Şayet akifer kalınlığı 7.5-15m. arasında ise bu kalınlığın % 75' lik bölümü filtrelenmelidir. Eğer akifer kalınlığı 15m. den daha fazla ise bu kalınlığın % 80' lik bölümü filtrelenmelidir. Filtrelemede bu kurallara uyulduğunda akiferden kuyuya olabilecek su girişinde % 90' lik maksimum başarı sağlanmış olur (Şekil 1).

En iyi sonuçlar, filtrenin akiferin bir bölümünde merkezleştirilmesi veya aralıklı filtre kullanılmasıyla sağlanabilir (Şekil 2, Şekil 2A).

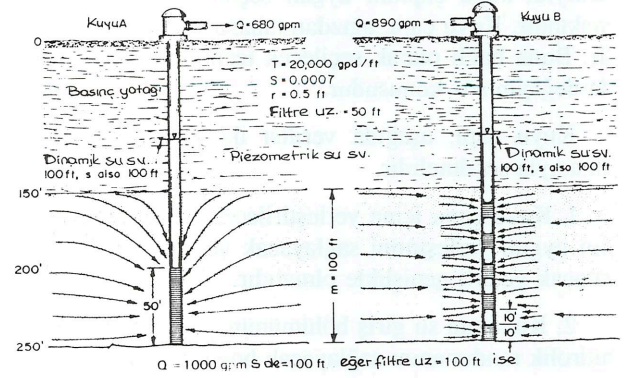
## 2. Homojen Olmayan Artezyen Akifer

Bu tip akiferde, en geçirgen olan seviyenin filtrelen-

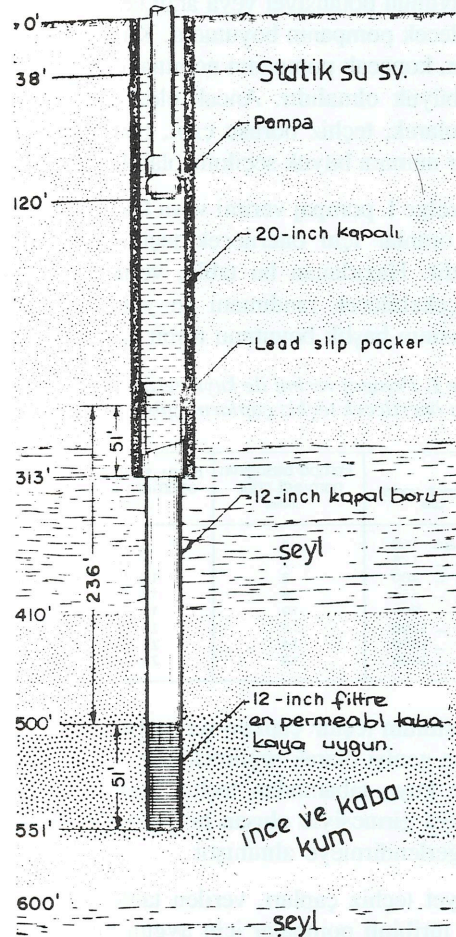


Şekil 1. Homojen artezyen akiferlerdeki filtre-maksimum spesifik kapasite ilişkisi.

mesi en doğru uygulamadır. Daha geçirgen veya verimli olan tabakanın belirlenmesi, aşağıda verilen teknikler veya birkaçıyla yapılabilir;



Şekil 2. Homojen artezyen akiferde filtreleme tekniğine ilişkin iki örnek



Şekil 2 / A. Çok seviyeli basınçlı akifer ortamında uygun filtreleme.

a. Su taşıyan formasyonun, her tabakasını temsil eden örnekler üzerinde permeabilite testleri yapılır.

b. Her tabakayı temsil eden örneklerin elek analizleri yapılır. Elde edilen bu değerlere göre sağlanan, dane-boyutu eğrilerinin karşılaştırılmasıyla, her örneğin nisbi (göreceli) permeabilitesi tesbit edilebilir. Eğer, dane-boyutu eğrilerinin eğimleri aşağı yukarı aynı ise, nisbi (göreceli) permeabilite her örneğin efektif boyutunun karesinin karşılaştırılmasıyla tahmin edilmiş olabilir.

Efektif boyut, elek analizi eğrilerinden tariflenir. Efektif boyut, elek analizi yapılan malzemenin % 90'ına tekabül eden yatay çizginin eğriyi kestiği noktadaki boyuttur. Durum, Şekil 3 üzerinde gösterilmektedir. Buradaki efektif boyut 0.002 inç (1 inç=2.54 cm) olup, önemsiz bir değerdir.

Elek analizlerine göre çizilen bir dane dağılım eğrisinin yorumlanmasında; eğri dik eğimde ise, malzemenin daha geçirgen ve daha uniform boyutlanmış olduğuna işaret eder.

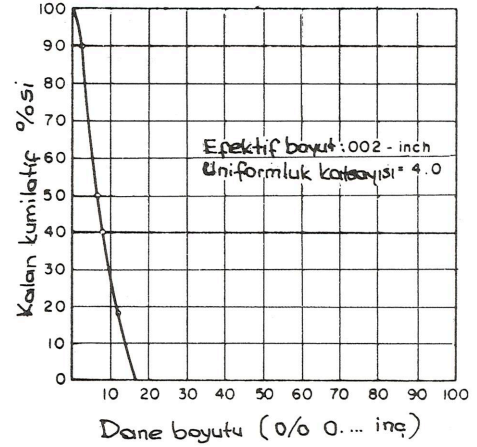
c. Gözlem ve karşılaştırmalar, her tabakayı temsil eden örnekler üzerinde yapılır. Nispi permeabilite tahminleri, eldeki materyalin temizliğine (yıkamışlığına) ve malzemeyi oluşturan tanelerin kabaılığına (kil ve silt noksanlığına) göre tahmin edilir.

Yukarıda sıralanan bu üç teknik, kuyudaki güvenilirlik ve maliyet faktörünü ilgilendiren ve yapılması gerekli ilk üç işlemdir.

Ekonomik faktörlerin idare çalışmaları, akiferin en uygun bölümlerinin daha doğru karar verilmesi konusundaki gerekli maliyetide kapsamalıdır. Sulama, içme, kullanma ve endüstriyel amaçlarla açılan kuyulardan alınan örnekler üzerinde en küçük açıklıklı elek analizlerinin bile yapılması önemle önerilir.

### Homojen Su Tabanlı Akiferler

Teori ve deneyimler göstermiştir ki, bu tür akiferlerde katedilen akifer kalınlığının 1/3 bölümünün filtrelenmesi ile, kuyudan optimum verim sağlanabilmektedir. Bazı kuyularda, akifer tabanında geçilen seviyenin yarısı, yüksek verim elde etmek amacıyla, filtrelenebilir. Ancak, bazı durumlarda, kuyudan yüksek verim sağlanmaktan çok yüksek randıman eldesinin düşürülmesi daha doğru seçimdir.



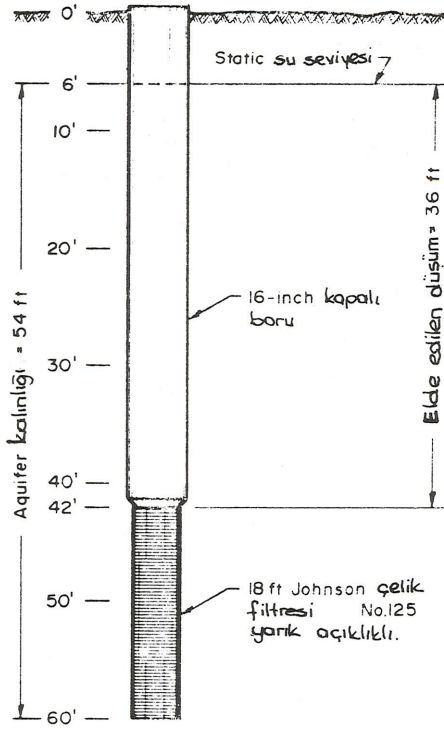
Şekil 3. Dane dağılım eğrisi.

Bu tür akiferlerde açılan kuyularda kullanılacak filtre uzunluğu, iki koşulu uyandıracak nitelikte olmalıdır. Bu koşullardan birisi, kuyuda daha fazla düşüm sağlamak için kısa filtre kullanılması, diğeri ise kuyudan daha fazla verim eldesi için, uzun filtre kullanılmasıdır. Bu iki uyumsuzluğu gündemden kaldırmak için, bölümler halinde filtre kullanmak gerekmektedir.

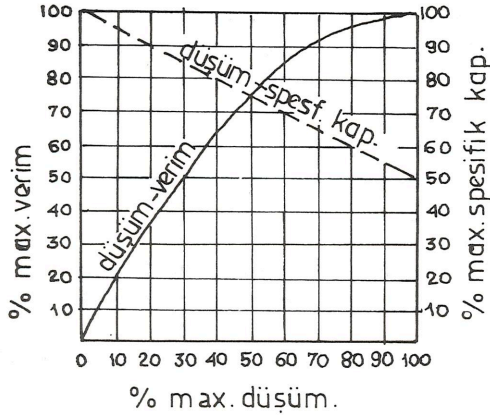
Mevcut (elde edilen) düşüm, statik su seviyesi ile filtrenin üst kısmının biraz üst tarafındaki veya hemen filtre borusu üstündeki nokta arasındaki mesafe olmalıdır. Yani kuyuda yapılacak bir pompajla elde edilecek dinamik su seviyesinin maksimum kuyu filtresinin üst bölümünde oluşmasına özen gösterilmelidir. Anlatılan bu koşulların sağlanabilmesi için, kuyu filtresinin akifer bölümünün taban veya en alt kısmına yerleştirilmesi gerekmektedir.

Şekil 4 homojen bir akifer ortamda açılan bir kuyuda yapılacak en uygun projeyi göstermektedir.

Bu tür akifer ortamda, su içeren malzeme kalınlığının 2/3 ünün penetre edilmesi pratik değildir. Şekil 5' teki örnek göstermektedir ki, böyle bir ortamda açılan bir kuyuda %65' lik maksimum düşüm ile kuyudan %88' lik maksimum verim sağlanır. Şayet düşümü %95'lik bir değere çıkarmak mümkün olsaydı, kuyudan maksimum %99'luk bir verim sağlanabilecektir. Burada açıkça görülmektedir ki, düşüm oranında yapılacak %34' lük bir artışa karşılık, kuyudan elde edilen verimde sadece %11'lik bir değer artışı sağlanabilmektedir.



Şekil 4. Homojen bir akifer ortamında açılan kuyuda yapılacak en uygun filtreleme modeli.



Şekil 5. Max. verim, max. ortamda açılan kuyuda yapılacak en uygun filtreleme modeli.

#### Homojen Su Tabanlı Olmayan Akiferler

Bu tip akifer ortamlarda açılan kuyularda uygulanacak proje prensipleri, homojen su tabanlı akifer ortamlarda açılan kuyu proje prensipleri ile aynı özelliktedir.

Burada uygulanması gerekli yegane prensip değişik-

liği; ortamdaki su tablasının özelliği itibariyle, kuyudan elde edilebilecek maksimum verimin sağlanabilmesi için, gerekli düşümü elde edebilmek amacıyla, filtre seksiyonunun, permeabilitesi en yüksek tabakanın en alt bölümüne, konması zorunluluğudur.

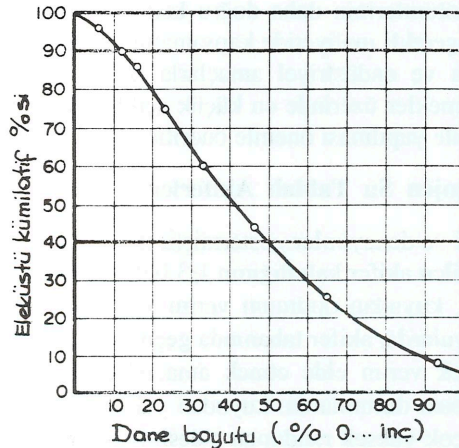
#### KUYU FİLTRE YARIK AÇIKLIKLARI

Doğal ortam içinde geliştirilmiş kuyular için, su taşıyan formasyonları temsil eden örnekler üzerinde yapılan elek analizi verilerine göre, kuyu filtre yarık açıklıkları seçilir.

Her örnek için bir kum analiz eğrisi çizilir. İyi uniform kumdan oluşan homojen bir formasyon için, seçilecek filtre yarık açıklığı, kum kalınlığının %40-50 sini karşılayacak şekilde olmalıdır.

Şekil 6, da da görüleceği üzere, doğru filtre yarık açıklığının belirlenmesi için, grafik üzerindeki %40 noktasından geçen yatay çizginin kum analiz eğrisini kestiği noktadaki değer alınır. Şekil 6' da, iyi uniform kumdan oluşan bir ortam için, dane dağılım eğrisi örneği gösterilmektedir. Bu ortam için seçilecek filtre yarık açıklığının, 0.008 inç olacağı görülmektedir. Ancak bu boyut, filtrenin kum kalınlığının %40 lık bölümünü karşılayacak şekilde konması halinde geçerlidir. Şayet filtre boyu kum kalınlığının %50' sini karşılayacak şekilde yerleştirilirse, bu durumda seçilecek en uygun boyut 0.006 inç olmaktadır.

Alınan örneklerin güvenilirliğinde bazı şüphelerin olması ve yeraltısuyunun kısmen korrozif olması durumlarında, %40' lık filtre boyutu seçilmesi uygundur.



Şekil 6. İyi uniform kumdan oluşan bir ortam için dane dağılım eğrisi.

Bu şartların tersi durumda ise, %50' lik filtre boyutunun tercih edilmesi en uygun seçimdir. Suyun korrozif özelliğinde olması durumunda, başka koruyucu önlemlerin alınması daha yaygındır. Filtre açıklıklarının genişletilmesi, bu tedbirlerden birini teşkil etmektedir. Ancak, filtre açıklıklarının genişletilmesi, korzyona karşı bir tedbir olmakla birlikte, kuyuya kum ve silt malzemenin girişi gibi olumsuz bir etki ile de sonuçlanabilir.

Kuyu projecisinin, iyi nitelikli kum ve çakıldan oluşan homojen bir formasyon için, filtre açıklığı belirleme konusunda geniş bir seçme şansı vardır. Kum ve çakıldan oluşan bir formasyonun dane dağılım eğrisi, sadece iyi ve uniform kumdan oluşan bir formasyona ait dane dağılım eğrisinden daha düzdür. Açıklık boyutunda yapılacak binde oranında değişiklikler kuyu filtre açıklıklarından kuyu içine girecek malzeme oranında bir farklılık oluşmasına neden olabilir. Bu nedenle, filtre yarık açıklık boyutunun seçimi, kum boyutunun % 30-50, sine karşılık gelecek filtre uzunluğuna göre seçilmelidir. Eğer açıklık boyutu, filtre uzunluğunun % 30' luk orana karşılık durumuna göre seçilmişse, işletme sürecinde kuyu filtrelerinden içeri daha fazla malzeme girer. Giren malzemede artış olması, kuyunun işletmeye hazır duruma getirilmesini sağlayacak geliştirme işlemleri için daha fazla zamanı gerekli kılar. Böylece, ekstra bir geliştirme maliyet artışı meydana gelir. Bu durumu dengelemek için, filtre açıklık alanlarında yeni düzenlemeler yapmak gerekir. Suyun kabuk yapıcı (incrustant) özellikte olduğu yerde, tıkanmadan önce yapılan uzun süreli işletmenin, kuyu verimini azaltan bir etki yapacağı söylenebilir. Geniş filtre açıklığı da, filtre etrafındaki materyalde kalın bir zon oluşturmaya neden olabilir. Bu durumda, genellikle kuyunun spesifik verim kapasitesini artırır.

Örneklerin gerçeğe uygunluğu hakkında, bazı şüphelerin olması durumunda, açıklık boyutunun seçiminde daha koruyucu seçimler yapılır. Örneğin akiferin ince ve iyi dane dağılımı olmayan bir materyal tarafından örtüldüğü ve daha uzun gelişme zamanına ihtiyaç duyulduğu durumlarda bu tür önlemlere başvurulmalıdır. Böylesi koşullarda, açıklık boyutları akifer materyalinin %40-50' sine karşılık gelecek şekilde seçilmelidir.

Homojen olmayan formasyonlar (tabakalı akiferler), doğada daha fazla bulunan durumlardır. Homojen olmayan bu tür ortamlarda kullanılacak filtre açıklık boyutları, her akifer seviyenin özelliğine göre, ayrı ayrı belirlenir. Bu durumlarda, çok yönlü filtre seçimi için,

aşağıda verilen iki ilave kurala da başvurulmalıdır.

**Kural-1:** Şayet, iyi nitelikli malzeme kalın malzeme üzerinde yayılmışsa, kuyu filtre açıklıkları 2 ft (1ft=0.3048 m) i geçmeyecek şekilde ayrı ayrı seçilir. İnce malzeme için, daha az sayıda yarık içeren filtre, kalın malzeme için, daha fazla yarık içeren filtre seçilir.

**Kural-2:** Şayet, iyi nitelikli malzeme kalın malzeme üzerinde yayılmışsa, kaba kum içine yerleştirilecek filtrenin yarık boyutu, üstteki iyi nitelikli malzeme içine yerleştirilecek filtrenin açıklık boyutunun iki katından daha fazla olmamalıdır.

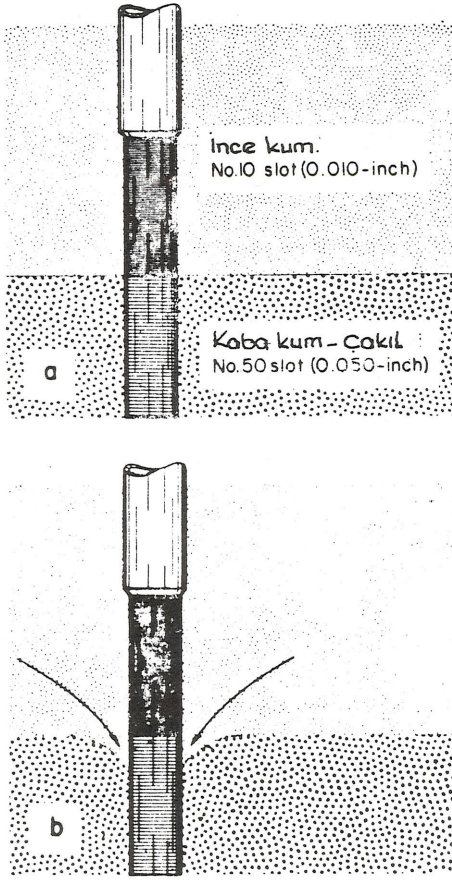
Akiferin, tabanından tavanına olan derinlikteki ayrı seviyelerin, tam olarak tanımlanamaması durumunda, yukarıda verilen kuralların tatbiki ile, pompaj esnasında kuyuya girecek kum oranında, minimum bir değer sağlanmış olur.

Yarık boyutlarının seçimine ilişkin şartnameler, kuyu geliştirme sırasında filtre açıklıklarından kuyuya girebilecek materyalin, %60 oranında engellenmesini sağlayacak önlemin alınması zorunluluğunu şart koşar. Bu şart sağlanmadığı takdirde, Şekil 7' de görüldüğü gibi, filtre çevresindeki malzemede bir oturma meydana gelir ve bu oturma sonucu oluşan boşluğu, üst tarafta yer alan daha ince malzeme doldurur.

Şekil-7; Şekil-8 deki kum analiz eğrilerinde gösterilen, 25ft. kalınlığındaki bir artezyen akiferin iki değişik tabakasına göre çıkarılmış eğri analizlerine göre yapılmış bir kuyu tasarımını göstermektedir.

Şekilde de görüleceği üzere, en iyi tasarım akifer kalınlığının 18 ft. lik bölümünün filtrelenmesidir. Bunun anlamı, filtrenin uzunluğunun yarıdan daha fazlasının akiferin en permeabl seviyeleri içine yerleştirilmesidir. Çeşitli durumlarda değerlendirmeler yapabilmek için, elde edilen tüm bilgileri içeren bir tasarım tablosu örneği aşağıda verilmektedir(Çizelge 2).

Her seviyenin kalınlığı, derinliği ve her örneğin efektif dane boyutu ile, her örneğin boyutunun % 40' ı öncelikle tabloya konur. Daha sonra izafi permeabiliteyi göstermek için, tabloya efektif çapın karesi konur. Bu bilgilere bağlı yarık boyutlarının, % 40' ın alt ve üstündeki değerleri tabloda gösterilir. Bu değerler, altta veya üstteki diğer tabakaların mevcudiyetini dikkate almaksızın, her seviyede uygulanacak filtre için dikkate alınabilecek değerler olmalıdır.



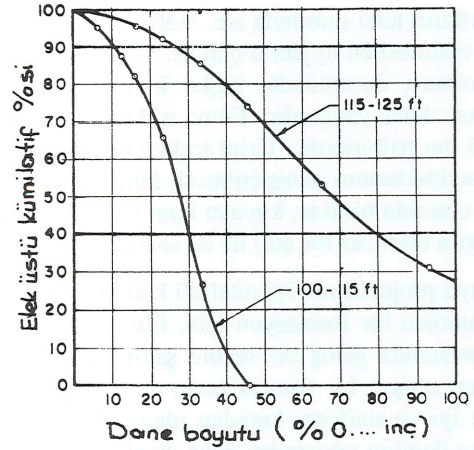
Şekil 7. Şekil 8'deki duruma göre yapılmış filtreleme örnekleri

Çizelge 2. Kuyu tasarımı için gözönünde bulundurulacak parametrelerin karşılaştırılması.

Derinlik ft.	Kalınlık ft	Etkelif dane boyut %inç	Etkelif boyutun karesi	Mümkün filtre açıklıkları %inç		
				Min.	%40 alıkoyan	Max.
100-115	15	10	100	28	30	30
115-125	10	26	676	68	80	95

Sadece iki seviyeden oluşan bir formasyonda kullanılacak filtre yarık açıklıkları, bir tablo düzenlemeye gerek duyulmaksızın isteğe bağlı olarak seçilebilir. Ancak, bahse konu edilen tablo, farklı dane dağılımındaki materyal örneklerinin geniş bir sayısında bahse konu edilen, farklı dane dağılımındaki karşılaştırma yapma fırsatını verdiğinden, oldukça kullanışlıdır.

Yukarıda örneğini verdiğimiz durumda, ortalama



Şekil 8. 25ft. kalınlığındaki bir artezyen akiferin iki değişik tabakasına göre çıkarılmış eğri analizleri.

koşullar, materyalin %40' ına karşılık gelecek yarık açıklığına ilişkin bir projedir. Bu örneğe göre, en üst tabaka için, filtre bölümü No 30 yarık açıklığına, alt tabaka için ise, No 80 yarık açıklığına sahip olmalıdır.

Burada kural-1 uygulanırsa, en iyi açıklığa sahip filtrenin 2ft. uzunluğundaki bölümü, su içeren materyale karşı gelecek şekilde, en alt bölümde yerleştirilmelidir. Bunu örneğimizle bağlarsak, 117ft. de, No 30 yarık açıklıklı filtre en düşük limite yerleştirilir. Bu nedenle, filtrenin 10ft.lik en üst bölümü, yani 107-117 ft. arası, No.30 yarık açıklığına sahip filtre ile teçhiz edilmelidir.

Şayet burada kural-2 uygulansaydı, filtrenin 8ft. uzunluğundaki alt bölümü için, No 80 yarık aralığına sahip filtre seçilebilirdi. 80, 30' un iki katından daha fazla değerde olduğundan, kural-2 ihlal edilmiş olabilirdi. Kural-2' ye uyum sağlamak için, en son 1 ft. uzunluk-taki bölümde, No 80 açıklıklı filtre ile No 30 açıklıklı filtre arasına girecek şekilde, No 60 açıklıklı bir filtre kullanılmalıdır. Bu durumda teçhiz dizaynı aşağıdaki şekilde olur.

107-117ft.: No 30 yarıklı 10 ft.uzunluğunda

117-118ft.: No 30 yarıklı 1 ft. uzunluğunda

118-125ft.: No 80 yarıklı 7 ft.uzunluğunda

Katmerli filtre kullanılması, maliyeti artıran bir faktör olması nedeniyle, kuyu dizayncısının filtrelemeyi ihtiyatlı bir biçimde düzenleyebilmesi için, kuyunun bulunduğu çevre koşullarını iyi incelemesi ve bunlara

uyum sağlaması gereklidir. Her değişik tabaka ile uyum sağlayacak uygun filtre kullanılması, kuyudan en yüksek kapasitenin elde edilmesini sağlarken, kuyuya girecek kum oranında da minimum düzeye inilmesini sağlar.

### KUYU FİLTRE ÇAPI

Kuyu hidroliğinin analizleri göstermiştir ki, bir kuyu içine konan teçhizin çapı, kuyu verimini veya spesifik kapasiteyi önemli oranda etkilemeksizin değiştirilebilir. Kuyuda kullanılacak filtrenin çapının iki kat artırılması kuyunun spesifik kapasitesini sadece yaklaşık % 10 oranında yükseltir, diğer özellikler ise aynı kalır.

Filtre çapı, zorunlu olan bir prensibi yerine getirmek amacıyla seçilmelidir. Bu prensip, suyun kuyuya girişinde hızın etkilenmeyeceği şekilde filtre aralıklarının ve toplam yüzey alanının sağlanabileceği çapta filtre borusu seçmektir. Filtre uzunluğu, kumlu malzemenin kalınlığına, filtre aralığı ise, dane dağılımına bağlı olarak belirlenir.

Laboratuvar deneyleri ve arazi araştırmaları, filtre giriş hızının 0.1ft/s' ye eşit veya bu değerden az olması durumunda, aşağıdaki kuralların geçerli olduğunu göstermiştir.

1-Filtre açıklıklarındaki sürtünme kayıpları ihmal edilebilir.

2-Incrustant (kabuk bağlama) oranı minimum düzeyde kalacaktır.

3-Korrozyon etkisi ve oranı minimumda kalacaktır.

Giriş hızı; filtredeki toplam açıklık alanı ile kuyunun beklenen debisinin birbirine bölünmesiyle hesaplanır. Şayet, hesaplanan değer 0.1 ft/s' den büyük ise giriş hızının 0.1 ft/s değerinin altına düşürülmesi için, yeterli filtre açıklık alanının sağlanması amacıyla, filtre çapı yükseltilebilir.

Diğer taraftan, eğer hesaplanan giriş hızı, 0.1 ft/s' den küçük ise (örneğin 0.05 ft/s), filtre çapı bazı durumlarda azaltılabilir. Açıklık alan yüzdesi fazla olan kuyu filtresinin, maliyete bir avantaj sağlaması için, bazı giriş hızlarında filtre tiplerinin karşılaştırılmasının yapılması gereklidir. Giriş hızının, 0.1 ft/s limitinin altında kalmasını sağlamak için, filtre çapı mümkün olduğuna kadar geniş seçilmelidir.

Yukarıda bahsedilen durumlarda, kuyu pompasının

filtre zonu üzerinde yerleşeceği kabul edilmiştir. Bu sayede kuyunun üst bölümündeki filtre içine olacak düşey akışlar küçük olacaktır.

Aşağıda verilen Çizelge-3, filtre yarık açıklıklarının değişen genişlikleri için ve filtrenin her boyutu için, filtrede olması gerekli filtre açıklık sahasını tesbit etmeye yardımcı örnek bir tablodur. Kuyu filtresi üreten firmalar, kendi üretim özelliklerine göre bu tür tablolar vermektedirler.

Çizelge 3. Teleskopik Johnson filtre boyut tablosu

Nominal Filtre boyu T <sub>u</sub> , inches	Filtrenin her birim uzunluğundaki giriş alanı (in <sup>2</sup> )						
	Slot No. 10	Slot No. 20	Slot No. 40	Slot No. 60	Slot No. 80	Slot No. 100	Slot No. 150
3	10	19	32	42	43	55	65
4	14	26	44	57	58	74	88
5	18	33	55	72	73	94	112
6	21	39	65	85	87	111	132
8	28	51	87	113	116	131	160
10	36	65	110	143	147	166	203
12	42	77	130	170	174	180	223
14 OD	38	71	123	163	177	198	251
15 OD	39	76	132	171	190	217	268
16 OD	35	69	123	164	171	198	250
18 OD	39	78	139	186	193	224	283
20 OD	47	88	156	209	218	252	318
24 OD	46	87	158	217	266	307	389
26 OD	49	91	166	227	278	321	406
30 OD	57	108	192	268	329	379	480
36 OD	65	124	224	307	376	434	550

### FİLTRE TRANSMİSSİBİLİTE KAPASİTESİ

Kuyu filtresinin iletme kapasitesi, filtrenin her foot uzunluğu için galon/dakika olarak tanımlanır. Giriş hızının 0.1 ft/s olarak kabulü durumunda, açıklık alanından hiçbir güçlük olmaksızın, geçen su olarak hesaplanır.

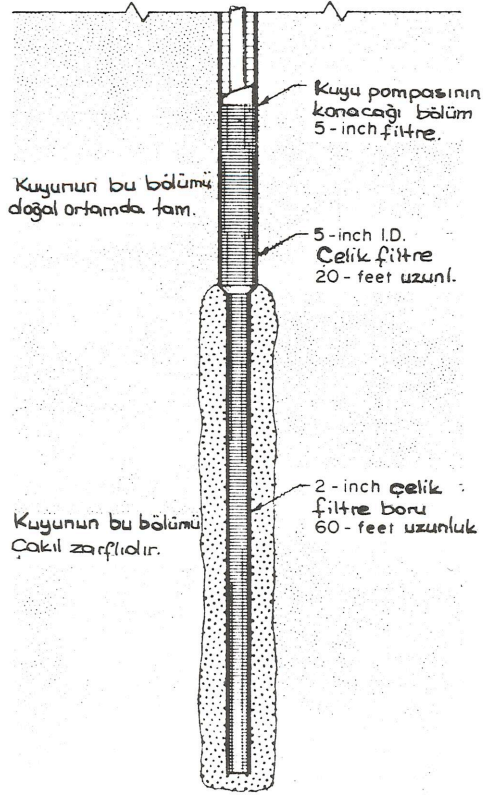
Örneğin, 60 numaralı 8 inçlik bir Johnson filtresindeki açıklık alanı, filtrenin her birim ft uzunluğu için, 113 ft<sup>2</sup> dir. Geçirme kapasitesi 0.31x 113 veya filtrenin her ft uzunluğu için, 35 gpm' dir. Çizelge 3' de de görüleceği gibi, açıklık alanın inç karesinin sayısını çoğaltmak için, 0.31 değerinde bir faktör kullanılmaktadır)

Kabul edilmelidir ki, bir kuyu filtresinin geçirme kapasitesi, kabul edilen giriş hızında, filtrenin hidrolik bir karakteristiği olup, filtre karşısına gelen su taşıyan formasyonun verim kabiliyetinin bir ölçütü değildir.

Filtre boru karşısına veya iki filtre bölümü arasındaki kapalı boru karşısına, pompa monte etmek gerektiğinde, belirlenecek en düşük pompa seviyesi, (Bkz.Çizelge-1) belirlenebilir. Seçilen pompa seviyesinin altındaki kuyu bölümündeki filtreli bölümler, giriş hızı koşullarının dikkate alınmasıyla, daha küçük çapta olabilir.

Şekil-9' da bu tasarım şekline bir örnek verilmektedir.





Şekil 9. Çizelge'ye göre belirlenmiş bir pompa seviyesinin altında düşük çaplı filtre kullanımını gösteren tasarım.

Şekilde görüldüğü gibi, 50 gpm kapasiteli bir pompa, formasyonun en üst bölümündeki geniş çaplı teçhiz içinde pozisyonlandırılmıştır. Alt bölümdeki 60ft. uzunluğundaki formasyon, boydan boya 2 inç çapında bir filtre ile teçhiz edilmiştir. Bu özel durumda, kuyu bütün derinliği boyunca aynı çapta delinmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, pompanın yerleştirildiği üst bölümdeki 5 inç çaplı filtrenin dışı, tamamen doğal malzemeden oluşmakta ve alttaki 2 inç çaplı filtrenin dışı ise, suni çakıl zonu ile çevrelenmektedir.

### MATERYALİN SEÇİMİ

Kuyuya indirilecek filtre malzemenin seçiminde, üç hususu göz önünde bulundurmak gereklidir.

1. Suyun mineral içeriği.
2. Bakteri içeren çamurlu seviyelerin varlığı
3. Gerekli olan filtre uzunluğu.

Yeraltı suyunun mineral içeriği alınan su örneklerin-

de yapılacak kimyasal analizler ile elde edilmiş olabilir. Genellikle, yapılacak bir kimyasal analiz çalışması, yeraltısuyunun korrozif (aşındırıcı) veya incrustant (çökteltici, kabuk yapıcı) özellikte olup olmadığını ortaya koyar. Bazı durumlarda su her iki özelliğe de sahip olabilir.

### KORROZİF SU

Kuyudaki teçhizin filtreli bölümünün, korrozyona karşı etkilenmesi, kapalı boruya oranla daha fazladır. Önlem olsun diye, filtre açıklığının sadece inç' in birkaç binlik oranda artırılması sonucu yapılan genişletme, kuyuya girecek kum ve ince malzemenin artmasına neden olacaktır. Diğer taraftan korrozyon, teçhiz duvar kalınlığının 1/8, 1/4 inç boyutunda incelmeye neden olabilir ve bu yüzden, kuyuya istenmeyen suyun girişi veya kuyunun çökmemesini sağlayacak yeterli teçhiz kalınlığının kalmamasına neden olabilir. Bu nedenle, kuyu teçhizatında, korrozyona dayanıklı veya mukavemet gösteren metalden yapılmış malzemelerin, kullanılması önemlidir.

Korrozif sulara ilişkin aşağıdaki listede verilen göstergeler kuyu tasarımcısına, korrozyon koşullarının potansiyelini belirleme konusunda, yardımcı olabilir:

**1. Düşük pH:** Eğer, suyun pH değeri 7' den küçük ise, bu durum suyun asidik ve korrozif özellikte olduğunu gösterir.

**2. Çözünmüş Oksijen:** Eğer, sudaki çözünmüş oksijen oranı 2ppm miktarında ise, su korrozif demektir. Çözünmüş oksijen oranı, sığ su seviyeli kuyularda oldukça yüksek değerde olabilir. Ancak, çözünmüş oksijen oranının, doğru biçimde tayin edilmesi, oldukça güçtür.

**3. Hidrojen Sülfid:** Hidrojen sülfid'in mevcudiyetini, sudaki çürük yumurta kokusundan anlayabiliriz. Bu maddenin, sudaki 1 ppm' den daha az miktarı dahi, şiddetli korrozyona neden olur. Sudaki hidrojen sülfid oranı, koklama veya test ile saptanabilir.

**4. Toplam Çözünmüş Katı Maddeler:** Eğer sudaki çözünmüş mineraller, 1.000 ppm miktarındaysa, suyun elektriki kondüktivitesi (EC) ciddi elektrolitik korrozyon yaratmak için yeterli düzeydedir. Bundan sakınmak için, korrozyona dayanıklı metalden yapılmış kuyu filtrelerinin kullanılması gereklidir.

**5. Karbondioksit:** Şayet bu gaz, suda 50 ppm ora-

nında mevcut ise, bu o suyun korrozif özellikte olduğunu gösterir.

**6. Klorid:** Suda 500 ppm oranında klorid bulunması, suyun korrozif özellikte olduğunu gösterir.

Yukarıda sayılan bu korrozif maddelerin herbirinin suda bulunması suyun korrozif etkisini giderek arttırır.

Yani, bu korrozif madde sayısı suda arttıkça, suyun korrozif özelliği artar.

### INCRUSTANT (KABUK YAPICI, ÇÖKTÜRÜCÜ) SU

Kabuk yapıcı sular içerdikleri mineralleri, filtre yüzeyine ve filtre dışındaki formasyonun poroz ortamlarına depolamaya eğilimlidirler. Bu nedenle, zaman içinde bu tür depozit maddeler, filtre ve formasyon boşluklarının her ikisini de tıkarlar. Suyun kabuk yapıcı özellikte olduğunu gösteren belirteçler şunlardır:

**1.Yüksek pH:** Sudaki pH değerinin 7.5' dan büyük olması, suyun kabuk yapma eğiliminde olduğunu gösterir.

**2.Karbonat sertliği:** Şayet yeraltısuyundaki karbonat sertliği, 300 ppm oranında ise, kalsiyum karbonat birikimi (çökmesi) yüzünden, bir kabuk yapma olayı gelişir.

**3.Demir:** Şayet, suda 2 ppm oranında demir varsa, demir çökmesine bağlı, bir kabuk yapma olayı söz konusudur.

**4.Manganez:** Şayet suda 1.0 ppm oranında manganez bulunursa, manganez çökmesine bağlı, kabuk yapıcı olay meydana gelir.

Kabuk yapıcı özellikli yeraltısuyundan oluşan mineral birikimlerini çözmek için, zaman zaman kuyu içine, seyreltik hidroklorik asit sevk edilir. Bu tür su taşıyan formasyonlarda açılan kuyularda kullanılan kuyu filtreleri, asit davranışlarının korrozif etkisine mukavemet göstermek için, korzyona dayanıklı malzemeden yapılması gerekmektedir.

Bazı ortamlardaki yeraltısularında bakteriler (yaygın olarak demir bakterileri) bulunabilir. Bu bakteriler, sağlığa zararlı değildir. Demir bakterileri, su taşıyan formasyondaki poroz ortamlar ile filtre açıklıklarını tıkayan özellik göstermeleri nedeniyle, sıkıntı veren organizmalardır. Bu bakteriler, aynı jel yoğunluğunda yapışkan maddelerin birikimine neden olarak, demir ve

manganezin okside olmasını sağlamakta ve bozuşmayı hızlandırmaktadır. Hızlanan mineralizasyon ve organizmaların birleştirilmiş etkileri nedeniyle, kuyuda kısa zaman içinde tıkanmalar oluşur. Karşılaşılan durumlar göstermektedir ki, bir yılın 3 aylık bir periyodunda kuyu veriminde %75 mertebesinde bir azalma meydana gelebilmektedir.

Bu tür organizmaların yok edilmesi için, etkili bir davranış, organizmaların yanmasını sağlayan kuvvetli klorin içeren bir çözeltinin kullanılmasıdır. Bunu sağlayacak maddelerden biri, seyreltilmiş hidroklorik asittir. Bu madde, pompajla kuyu içine enjekte edilir ve bu sayede ortamdaki bu tür maddelerin bertaraf edilmesi sağlanır. Kuvvetli klorin solüsyonlarının korrozifliğinin yaratacağı olumsuz etkilerin ortadan kaldırılması için, kuyularda korzyona dayanıklı maddelerden oluşan teçhiz boruları kullanılmalıdır.

### FİLTRE MUKAVEMETİ

Bazen kuyu filtre malzemesinin seçimi, mukavemet gerekliliğine bağlıdır. Filtrelerdeki kolon yükü ve çökme basıncı önemle dikkate alınmalıdır. Filtre boru dışındaki boşluklu materyaller ve yer basıncı, filtrenin ezilip sıkışmasına neden olabilir. Bu nedenle, filtre malzemesinin iyi bir kolon ve çökme dayanımına sahip olması gereklidir. Filtrenin kolon ve çökme yüklemesine karşı olan mukavemeti, fabrikasyon filtrelerde kullanılan malzemenin elastisite modülü ile orantılıdır.

Dayanıklılığın artırılması için, kuyu filtrelerinin bakır yerine, paslanmaz çelikten yapılması gerekir. Ancak, suyun kalitesi gereği, bakır filtrenin kullanılması tercih edilebilir.

Kuyu teçhizinde, dayanıklılığın artırılması amacıyla, filtre alanlarının daraltılması doğrultusundaki uygulama tercihleri, iyi bir tasarım tekniği değildir. Filtrenin ikinci bir amacı, sürtünme kayıplarını mümkün olabilecek en küçük seviyeye indirerek, yeraltısuyunun kuyuya girişini sağlamaktır. Filtre, yüklere karşı koyabilmek için uygun mukavemete sahip olmalıdır.

### ÇAKIL ZARFI TASARIMI

Suni çakıl zarfı oluşturulan kuyu, doğal ortamda direkt olarak açılan kuyuya göre, farklılıklar gösterir. Kuyu çakıl zarfı; kuyu filtresi ile kuyu cidarı arasındaki homojen boyutlu ortamı dolduran, kuyuya ince malzeme girişini önleyen, daha geçirgen malzemeden oluştu-

ruhan bir zondur. Doğal ortamda açılan kuyularda ise, bu görevi yapacak malzeme, kuyuda yapılan uzun süreli geliştirme çalışmaları sonucu doğal formasyonun kuyuya yakın bölümünde, daha geçirgen olan bölgedir. Her iki durumda, kesin olan hidrolik sonuç, kuyunun efektif çapında bir artış sağlamaktır.

Doğal ortamda açılmış kuyularda, doğal formasyonun %40' lık bölümünü karşılayacak şekilde filtre kullanıldığında, geliştirme çalışmaları sonucunda, bu boyutu oluşturan açıklıkların %60' ından su girişi olabildiği görülmüştür. Kuyu çakıl zarfının oluşturulmasında, formasyondan kuyuya girebilecek materyalin önlenmesi amacıyla, suni olarak boyutlandırılmış çakıl malzeme kullanılır. Ancak, bu bölümde kullanılacak malzemenin de kuyuya girmemesi için, uygun açıklıklı filtre seçmek şarttır. Suni çakıl zarfı olmaksızın açılan kuyulara göre daha fazla olmasına karşın, bazı koşullarda suni çakıl zarfının maliyeti oldukça ucuzdur. Bazı jeolojik koşullar, suni çakıl zonuna yardımcı özellik gösterirler. Bu durumda, maliyet karşılaştırmalarına bakılmaksızın, bir tasarım sistemi gözönünde bulundurulmalıdır.

Kesin bilinen bazı ortam koşulları, suni çakıl zonu oluşturulması gerekliliğini gündeme getirirler. Bu durumlara ilişkin bazı örnekler aşağıda verilmektedir.

**İyi Uniform Kum:** Bu tip formasyonda, filtrenin geniş açıklıkta kullanılacağını varsayarak, çakıl zonu oluşturulmasında, bu durum dikkate alınmalıdır. Bu tip formasyonlarda açılan kuyularda, genel olarak filtre açıklığı büyük olan filtre kullanılır. Eğer, doğal ortamda geliştirilmiş bir kuyuda, filtre için yarık açıklığı seçilirse, bu boyut 0.010 inçten küçük olmalıdır. (No.10 slot). Bu limitten, zaman zaman sapmalar olabilir ki, bu da suyun mineral konsantrasyonuna bağlıdır. Eğer, su aşırı derecede kabuk yapıcı özellikte ise, bu limit 0.010 inç yerine 0.015 veya 0.020 inç olarak kullanılabilir.

**Kalın Artezyen Akifer:** Bu tip akiferlerde, uzun boylu filtre kullanılması ve kuyu pompasının filtrelenmiş bölümün üstüne konması gerekir. Yine bu tip akiferlerde, daha kısa boyda filtre kullanılması tercih edildiği zaman, filtreli bölüm akiferin merkezine gelecek şekilde yerleştirilir ve filtre kuyu cidarı arasında çakıl zonu oluşturulur.

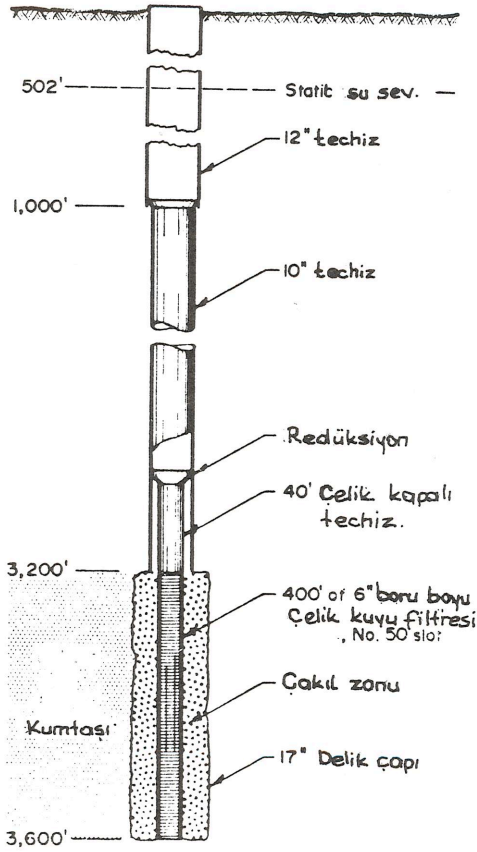
**Gevşek Çimentolu Kumtaşı:** Birçok iyi akifer nitelikli kumtaşı, az çimentoludur. Böyle bir ortamda açıl-

an kuyuda teçhiz yapılmamışsa, kuyu cidarındaki kum taneleri kuyu tabanına çöker ve pompaj esnasında su ile birlikte kum çekilmesine neden olur. Birçok kumtaşı formasyonunun, iyi dane boyutuna sahip olması yüzünden, bu tür ortamlarda açılan kuyularda, kullanılacak filtrelerin açıklığı, 0.005 inç veya daha küçük boyutta seçilmesi gereklidir. Bu nedenle, her formasyon için, filtre ile kuyu duvarı arasında; dane boyutu filtre yarık açıklığından daha büyük boyutta çakıldan oluşan bir malzemeyle, suni çakıl zarfı oluşturulması gerekir.

Kumtaşı akiferlerde uygulanan çakıl zonu için, gözardı edilmemesi gerekli diğer bir sonuçta, genellikle formasyon materyalinin filtre için küçük ve yanal olmayan destekler sağlamasıdır. Filtre karşısına gelen bu formasyon (konsolide olmamış kumtaşı dışında) kuyudaki pompaj geliştirmesi süresince çökme ve oyulmalara fırsat vermez. Açılan kuyu deliğine filtrenin yerleştirilmesinden sonra, kuyu cidarı ile filtre arasında, bazı boşluk alanlar kalabilir. Bu durum, formasyon malzemesinin bu boşluklara çökerek filtre ile yüzyüze gelmesine ve süreç içinde filtrenin zarar görmesine neden olabilir. Bu tür formasyon kayıplarını önlemek için, kuyu cidarı ile filtre arasında yeralacak bir çakıl zonu oluşturulması zorunludur. Bu zon, aynı zamanda kuyu filtresi etrafını sararak, filtreye yanal destek sağlar. Şekil 10 böyle bir ortamda açılmış bir kuyuya ilişkin tasarım şeklini göstermektedir.

**Ardalanmalı Tabaka Yapısına Sahip Formasyonlar:**Bazı akiferler, farklı dane boyutuna sahip kum malzemedan oluşan tabakaların ardalanması şeklinde oluşmuştur. Her zaman, bağımsız tabaka birimlerinin kalınlığının ve pozisyonunun saptanması mümkün değildir. Buna bağlı olarak, tabakalaşmaya uygun düşecek katmerli filtre açıklıklı filtre boylarının seçimi de mümkün olmamaktadır. Genellikle, hata şansını minimuma indirmek için, kuyu ile filtre arasında suni bir çakıl zonu oluşturmak en cazip seçenek olmaktadır.

Suni çakıl zonunda, kullanılacak çakılın boyutu, geçilen formasyon içindeki en iyi materyal içeren seviyelere dayandırılmalıdır. Şayet, su taşıyan formasyondaki kumlu seviyelerin permeabilitesi ile, suni çakıl zonunda kullanılan malzemenin permeabilitesi arasında farklılık olursa, formasyondan olacak kum akışının sınırlandırılmaması söz konusu olur. Suni çakıl zarfında kullanılan malzemenin, akiferin kumlu seviyelerine göre, daha uniform ve yıkanmış olması nedeniyle, kuyunun permeabilitesi artar.



Şekil 10. Filtre zonu etrafında oluşturulacak çakıl zonunu gösteren tasarım.

### MALİYET FAKTÖRÜ

Daha önce suni çakıl zarfı oluşturulan bir kuyunun maliyetinin, doğal ortam içinde çakıl zarfsız olarak açılmış kuyuya göre daha fazla olduğunu söylemiştik.

Bunu yaratan iki ana neden şudur:

- Kuyu delik çapının daha geniş olması nedeniyle daha kalın çakıl zarfı oluşturma gerekliliği,
- Özel olarak boyutlandırılmış çakıl malzemenin satın alınması ve iş yerine nakledilme zorunluluğu.

Kuleye asılı delme ekipmanları ile, iki kat genişlikte çapa sahip bir kuyunun delinmesi, maliyeti kesinlikle iki kat arttırıcı bir faktördür. Yine geleneksel Rotary sistemle kuyu açarken, matkap tarafından kırılan kırıntı malzemenin ağır ve viskoz sondaj çamuru ile yüzeye taşınması zorunluluğu yüzünden, kuyunun daha geniş çapta açılması gerekmekte ve bu da maliyeti arttırıcı bir faktör olmaktadır. Yine aynı şekilde, ters sirkülasyon

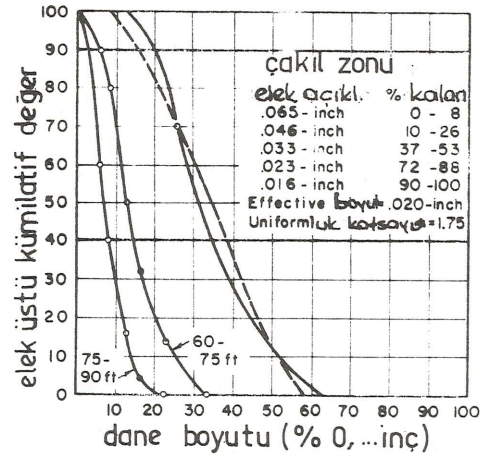
yöntemlerini kullanan ekipmanlarla delinen kuyularda da, geniş çaplı olma zorunluluğu vardır. Açıkça belirtilebilirki, 36 inç delik çapına sahip bir kuyunun maliyeti, 24 inç delik çapına sahip bir kuyuya göre daha fazla olmaktadır. Geniş bir matkap, daha geniş bir sondaj çamuru hendeği, daha fazla çakıl malzeme gereksinimi, ekstra maliyet artışına neden olan durumlardır.

### ÇAKIL ZONUNUN TASARIMI

Çakıl zonu oluşturulurken takip edilecek esaslar şunlardır:

1. Tüm akifer seviyeleri için, elek analiz eğrileri düzenlemek, iyi nitelikli malzeme içeren seviyeleri tesbit etmek ve bu malzemenin elek analizi eğrilerine dayanan çakıl zonu malzemesinin boyutunu seçmek. Şekil 11' de, 30 ft. kalınlıktaki bir akiferde, su taşıyan iki ayrı formasyona ait örneklerin, dane dağılım eğrileri görülmektedir. Örneğimizde en iyi nitelikli materyal, 75-90 ft.' ler arasında yer almakta olup, çakıl zonunda kullanılacak malzeme, bu seviyeye ait verilere göre seçilmelidir.

2. Kum formasyon boyutunun % 70'i, 4 ile 6 arasındaki bir faktörle çarpılır. Eğer formasyon iyi nitelikli ise, çarpan olarak 4, şayet kumdan oluşmuş ve uniform değilse, çarpan olarak 6 kullanılır. Bu çarpımların sonucunda elde edilen değerler, dane boyutunun % 70'i olarak grafik üzerine yerleştirilir. Şekil 11' de, 75-90 ft arasındaki kumun boyutu, 0.005 inç'tir. 5 çarpan olarak kullanılırsa,  $5 \times 0.005 = 0.025$  inçlik bir değer elde edilir ki, bu dane boyutunun % 70'i'dir. Bu eğri üzerinde ilk nokta olup, çakıl zarfının dane dağılımını temsil etmektedir.



Şekil 11. 30 ft. kalınlığındaki bir akiferde su taşıyan iki ayrı formasyona ait örneklerin dane dağılım eğrileri.

3. Çakıl zarfı eğrisindeki, ilk noktaya doğru çizilen düz çizgi, uniformluk katsayısı 2.5 veya daha az olan bir materyali temsil eder. Bu işlem, çeşitli yolları deneyerek yapılmalıdır. Şekil 11 de yaklaşık 1.75' lik bir uniformluk katsayısına sahip materyali temsil eden eğri kalın çizgi ile çizilmiştir. Bunun biraz farklı durumu da, yine aynı şekil üzerinde kesikli çizgi olarak gösterilmiştir. Bu eğrinin temsil ettiği materyal de, 2.47' lik bir uniformluk katsayısına sahiptir. Bu şekilde yapılan çeşitli değerlendirmeler sonucunda, en uygun materyali temsil eden eğri bulunmuş olur. Örneğimizde de görüldüğü gibi, kalın çizgiyle temsil edilen materyal, kesikli çizgi ile temsil edilen materyale oranla, daha arzu edilen materyal niteliğindedir.

4. İlk aşamada 4 veya 5 boyutlu eleğin seçilmesiyle, çakıl zonunda kullanılacak materyal için şartlar belirlenir. Burada seçilen eleklerin, gerekli yüzde oranı için kabul edilebilir olması gerekir. Elde edilen sonuçlara göre, çizilecek eğri üzerinde bir yayılma alanı (sahası) belirlenir. Bu yayılma alanı, eğri üzerindeki birçok noktada gerekli olan yüzde oranının % 8 altında veya üstünde olabilir. Bizim örneğimizde, en geniş elek 0.065 inçlik bir açıklığa sahip olmalıdır. Eğri, bu elek üzerinde tutulabilen yüzdeyi sıfır olarak göstermektedir. Örneğimizdeki belirlemede, dane boyutu için maksimum kabul edilebilir değer, 8' dir. Bu değerden bir sonra gelen açıklık boyutunun en küçüğü, 0.046 inçtir. Çizilen eğride, bu elek üzerinde % 16 oranında malzeme kaldığı görülmektedir. Bu durumda, izin verilen değeri bulmak için, % 8' lik oran eklenir veya çıkartılır. Böylece, 0.46 inçlik elek üzerindeki yayılım alan genişliği % 10' dan %26' ya kadar olmaktadır. Bu prosüdür, her elekteki kabul edilebilir açıklığı buluncaya kadar tekrarlanır. Şekil 11'de, çakıl malzemenin dane dağılımını kapsayan 5 ayrı açıklıkta elek boyutundan elde edilen sonuçlar gösterilmektedir. Bu çalışmayı yapmak, uygulayıcıya uygun maliyette ve arzu edilen nitelikte çakıl malzemenin temininde gerekli bilgileri verir. Çakıl zonu materyali tasarlanacağı zaman, tasarımı yapan kişinin, hızlı kum filtreleri için, filtrenin lokal kaynağını da düşünmelidir.

5. Son adım olarak, çakıl zonu materyalinin % 90 veya daha çoğunu tutacak filtre açıklıklarının boyutu seçilir. Bizim örneğimizde doğru yarı açıklığı boyutu 0.020 inçtir. Şayet kuyu tasarımcısı bu adımları dikkatli bir şekilde takip ederse, formasyonun dane boyutu ile, çakıl zonunda kullanılan malzemenin dane boyutu, birbirine uyum göstermesi nedeniyle, kuyuya pompaj

esnasında kum girişi önlenmiş olacaktır.

Çakıl zonunda kullanılan materyal, temiz, pürüzsüz ve uniform olmalıdır. Bu karakteristikler, çakıl zonu materyalinin porozite ve permeabilitesini yükseltir. Çakıl zonunda kullanılan malzemenin, kalker parçalarından çok, silis malzemedan oluşması tercih edilir. Çakıl zonunda kullanılacak çakıl malzemedeki kalker oranının üst limiti % 5' tir. Bu durum, asidik özellik gösteren ortamlarda açılan kuyular için, çok önemlidir. Birçok asidik madde, demir veya kalsiyum depozitlerinin (kabuk yapıcılarının) yok edilmesinden ziyade, çakıl zondaki kalker çakıllarının çözülmesini ve kuyuya girmesine neden olur. Çakıl zonu malzemesinde, jips, anhidrit ve şeyl çakıllarının bulunması arzu edilmez.

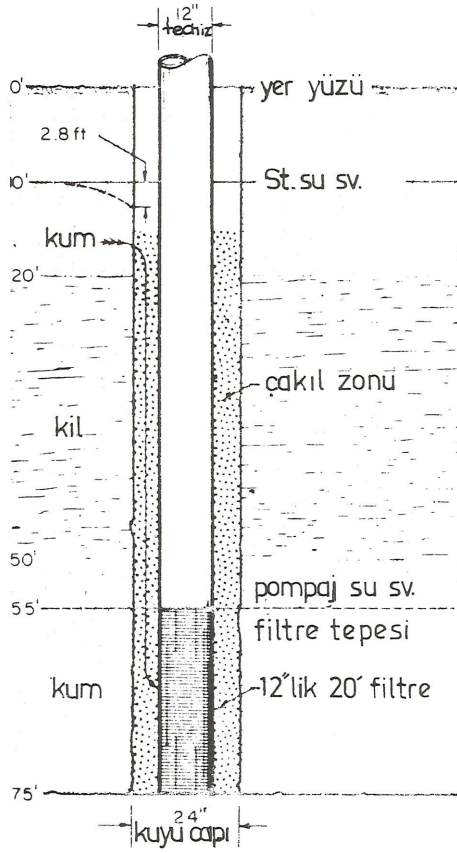
### ÇAKIL ZONU KALINLIKLARI

Çakıl zonu dane dağılımının teorik tasarımı, doğal formasyon parçacıklarının mekanik olarak ayırtlanması esasına dayanır. Bu nedenle, çakıl zonunda kullanılacak malzemenin niteliği ve boyutu yanında, çakıl zarfının kalınlığı da dikkate alınmalıdır. Oluşturulan çakıl zonu, filtre ile doğal formasyon arasındaki boşluğu tamamen doldurmalıdır. Kuyularda, çakıl zonu kalınlığının minimum 3 inç olması koşuldur.

Bazı durumlarda, çakıl zonu kalınlığının üst limiti yaklaşık 8 inç olmalıdır. Çok kalın çakıl zarfı, kuyunun verimini artırmadığı gibi, formasyon kumunun kuyuya girmesini önleme konusunda da bir fayda sağlamaz. Bu konudaki kontrol faktörü, daha öncede açıkladığımız gibi, formasyon materyali ile, çakıl zarfında kullanılan malzemenin dane boyutlarının uygunluğudur. Çakıl zarfının çok kalın olması, kuyunun geliştirilmesinde olumsuz rol oynar.

Kuyu çakıl zarfının, özel bir avantajı da, suyun kuyuya girmek için, düşey istikamette bu zon içinden hareket edebilmesidir. Bazıları da, kuyu filtresinin üst tarafında bulunan akifer ortamdaki suyun, bu zon sayesinde, kuyu filtresine ulaşabildiğini ileri sürmektedirler. Yine bu kişiler, akiferin sadece alt bölümünün filtrelenmesiyle, çakıl zarfının bu işlevi sayesinde, üst akifer ortamlardan su alınabileceği şartının yerine getirilmiş olacağını iddia etmektedirler.

Bu yanlış durum, Şekil-12' de çizim olarak gösterilmektedir. Bu koşul için, filtre üstünde yer alan akifer ortamlardan çakıl zonu boyunca hareket ederek filtreden kuyu içine giren su miktarı, kolayca hesaplanabilir.



Şekil 12. Üst akifer seviyeden çakıl zonu boyunca akıp filtreden kuyuya su girişi.

Suyun düşey hareketine imkan veren bu su yolu, örnekte de görüleceği gibi, 24 inç dış çaplı bir kuyu cidarı ile, 12 inçlik filtre borusu arasında kalan dairesel bir alandır. Bu boşluk, yüksek permeabiliteye sahip bir malzeme ile doldurulmuştur (çakıl zonu).

Çakıl zarfındaki düşey hareket için formül:

$$Q=PIA \text{ dır.}$$

Q: Çakıl zonundaki düşey akış miktarı (galon/gün)

1 galon= 4.546 lt.

I: Hidrolik eğim (çakıl zonunda düşey akış anında oluşan)

A: Çakıl zonunun yatay kesitteki yüzey alanı (ft<sup>2</sup>)

P: Çakıl zonunun permeabilitesi (galon/gün ft<sup>2</sup>)

Örneğimizdeki suya doymun kalınlık 45 ft.dir. Aki-ferin orta bölümünden filtrenin orta noktasındaki girişe kadar su yaklaşık 50 ft' lik bir yol katetmektedir.

**Bu durumda hidrolik eğim;**

$$I=45/50=0.9 \text{ ve } A=2.26 \text{ ft}^2 \text{ dir.}$$

Çakıl zonunun permeabilitesi tahmin edilmelidir. Çakıl zarfları için kabul edilen en üst permeabilite değeri  $p=20.000$  (galon/gün/ft<sup>2</sup>)

**Bu değerlere göre üst taraftan kuyuya içine transfer olan su miktarı:**

$$Q=20.000 \times 0.9 \times 2.26=40.600 \text{ galon/gün veya } 28 \text{ gpm dir.}$$

Bu miktar su ise, kuyudan çekilen suyun çok küçük bir bölümünü oluşturmaktadır. Eğer örneğimizdeki aki-ferin en alttaki seviyesi 800 galon/gün/ft<sup>2</sup> değerinde bir permeabiliteye sahipse, böyle bir kuyudan her ft' lik düşüm için yaklaşık 10gpm. verim elde edilir. Filtrenin üst seviyesine kadar yapılacak düşüm karşılığında (yaklaşık 45 ft) elde edilecek verim 450gpm' dir. Buradan da açıkça görülmektedir ki, üst akiferden çakıl zarfı boyunca düşey yönde hareket ederek kuyuya giren 28gpm' lik su, toplam verimin sadece % 6 lık bölümünü oluşturmaktadır.

### FORMASYON DENGELİYİCİSİ

"Formasyon dengeleyicisi" terimi belli amaçlar için kullanılan dolgu materyalinin tanımlanması amacıyla üretilmiştir. Bu terim, özellikle çakıl zonu için kullanılan uniform boyutlanmış materyalden farklı bir materyali tanımlar. Formasyon dengeleyicisi oluşturan materyalin dane boyutlarının karışımı, daha az uniformdur. Formasyon dengeleyicisi, doğal ortamda açılmış bir kuyuda kullanılan dolgu maddesidir.

Su taşıyan formasyonlarda, Rotary sistemle açılan kuyularda kullanılacak filtre dış çapından biraz daha geniş matkap kullanılması, bir zorunluluktur. Bu matkap boyutu, kuyu delme işleminin tamamlanmasından sonra, filtrenin kuyu cidarına değmeden en alt derinliğe kadar inmesine imkan verecek bir boyuttur. Kuyu açımında kullanılacak matkap çapı, teçhiz borusu çapından 4 inç daha geniş olmalıdır. Bu sayede, kuyu teçhiz borusu çevresinde, 2 inç et kalınlığında bir boşluğun oluşmasını sağlar. Bu boşluğa, kuyunun geliştirme işlemleri sırasında üst akifer zonlardan oyulma ile gelebilecek malzemenin engellenmesi amacıyla, dolgu malzemesi konur.

Formasyon dengeleyicisi olarak kullanılan malzemenin suni çakıl zonunda kullanılan malzeme gibi özel dane boyutuna sahip olması gerekmez. Formasyon dengeleyicisi kullanılan kuyularda, filtre aralığı seçimi, filtre etrafındaki akifer malzemenin gelişmesine izin verecek şekilde seçilmelidir. Formasyon dengeleyicisine rağmen, geliştirme işlemleri sırasında, gerek formasyon dengeleyicisinin içerdiği ve gerekse akifer formasyondaki ince malzemeler kuyu içine girebilecektir. Bu durum, çakıl zonunun gördüğü göreve tezat bir durumdur. Formasyon dengeleyicisi olarak kullanılan malzemenin, filtre çevresini tamamen doldurması, o kadar önemli değildir. Doğal formasyonun tamamen gelişmesini sağlayacak filtre açıklığının seçilmesi ile, tam bir çakıl zarfı oluşturulmasına gerek duyulmaksızın, kuyunun doğal formasyonda kendi koşullarında açılması mümkün olabilir.

### FORMASYON Dengeleyicisinin YERLEŞTİRİLMESİ

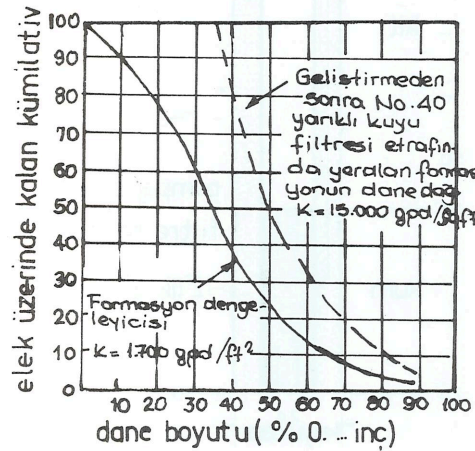
Formasyon dengeleyicisinin yerleştirilmesi için, önceden özel önlemlerinin alınmasına gerek yoktur. (çakıl zarfının oluşturulmasında kullanılacak malzemenin belirlenmesinde olduğu gibi). Bu malzeme, özel alet ve işlemlere gerek duyulmaksızın, sondaj çamurunun sıvıdığı kuyu cidarı ile kuyu teçhizi arasındaki boşluğa yerleştirilir.

Formasyon dengeleyicisinin miktarı, kuyuda kullanılan filtrenin 30ft. üst noktasına kadar olan boşluğu dolduracak miktarda olmalıdır. Kuyu geliştirme işlemleri (pompaj) sırasında, doğal formasyon ve formasyon dengeleyiciden kuyu içine giren malzeme miktarı kadar, formasyon dengeleyicisinde oturma olacaktır. Aslında, doğal formasyon ve formasyon dengeleyicisinden kuyu içine malzeme akışı sayesinde, kuyu cidarını sıvayan kil pastada kopma ve eksilmeler meydana gelir. Kuyu geliştirme çalışmaları devam ettikçe, formasyon dengeleyicisi bulunduğu boşlukta yerleşme ve oturmaya devam eder. Bu durumda, oluşan çalkalanmalar sayesinde, kuyu cidarını sıvayan kil pastanın sökülmesi sağlanır.

Formasyon dengeleyicisinin, kuyu filtresinin üstünde kalan bölümü, kuyu geliştirme çalışmaları yüzünden bir değişime uğramaz. Bu sayede, kuyu geliştirme çalışmaları esnasında, filtrelili bölümün üzerinde yer alan akifer seviyelerden gelecek ince malzeme akışı önlenmiş olur. Kuyu geliştirme çalışmaları, formasyon

dengeleyicisi malzemenin yıkanması ve daha iyi boyutta dizilmesine neden olarak, bu zondaki permeabilitenin artmasını sağlar. Şekil-13'te, formasyon dengeleyicisinde meydana gelen bu değişimin sonuçları gösterilmektedir.

Akifer malzeme örneklerine dayanan testler, No.40 yarık açıklığında bir kuyu filtresinin bu formasyonda kullanılabileceğini göstermektedir. Şekil-13 teki sol taraftaki eğriden, kuyu geliştirme işlemleri sırasında, formasyon dengeleyicisinin % 60'lık bölümünün kuyu içine taşınabileceği anlaşılmaktadır.



Şekil 13. Formasyon dengeleyicisinin kullanıldığı ilk hal ile kuyuda yapılan geliştirmeden sonraki hal arasındaki permeabilitenin farklılığını gösteren durum.

Formasyon dengeleyicisinin permeabilitesi, bu eğride 1700 galon/gün/ft<sup>2</sup> olarak görünmektedir. 0.040 inç boyutundan küçük parçacıkların, kuyu içine taşınmasından sonra, dane dağılımındaki değişim, Şekil-13'te sağ taraftaki eğri ile gösterilmektedir. Bu eğride, permeabilite değerinin orijinal değerinin 9 katına çıkarak 15.000 galon/gün/ft<sup>2</sup> değerine ulaştığı görülmektedir.

Şekil-13'teki şeklin temsil ettiği, formasyon dengeleyicisi tipik beton veya bina yapımında kullanılan kum malzemesidir. Bu nitelikteki bir malzemede, düşük bir maliyetle birçok yerden sağlanabilir. Örneğin kaba kum malzemesi, formasyon dengeleyicisi olarak yaygın olarak kullanılan bir malzemedir. Böyle bir malzemenin, su taşıyan formasyonun gerektirdiği No.20 (0.020 inç) den küçük, filtre açıklığının kullanıldığı yerlerde, dolu malzemesi olarak kullanılması çok uygundur.

### EVSEL KULLANMA SUYU SAĞLANAN KUYULARIN TASARIMI

Geniş kapasitede su sağlamayı amaçlayan; endüstriyel gereksinimler, belediye gereksinimleri, sulama gereksinimleri gibi amaçlar için açılan kuyulara ilişkin proje tekniklerinin, çiftlik ve evsel su ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla açılan kuyular için de geçerli olduğunu söyleyebiliriz. Kuyu filtre açıklıklarının, fabrikasyon metalin, gerekli su giriş hızının seçimi önemlidir.

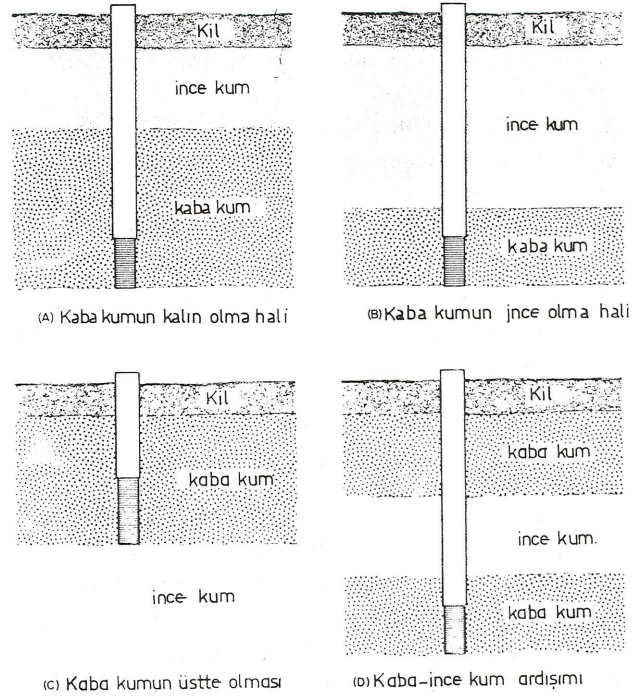
Her yıl gereksindiği su miktarı, 5-30 gpm olan binlerce çiftlik ve ev sahibi, bu amaçlarını sağlamak için kuyu açmaktadır. Bu amaçla açılan kuyularda, nispeten kalın akiferler için uzun filtrelerin kullanılması uygundur. Bu amaç için açılan kuyularda, gereksinilen suyun sağlanabilmesi için, kuyuda makul bir düşümün sağlanması gerekmektedir. Bu noktada, kuyu yeterliliği ve kuyu maliyeti arasında bir karşılaştırma yapılması gereklidir. Filtre seçimini sınırlayan koşullardan vazgeçilmeyebilir. Ancak böyle durumlarda, kısa filtrenin nasıl ve hangi koşullarda kullanılacağına ilişkin gerekli prensipleri tanımlamak gerekir.

Şekil-14/a' daki gibi bir ortamda açılan kuyuda, filtre uzunluğu, kaba kum kalınlığının 1/3' ü kadar olmalı ve bu seviyenin en alt bölümüne yerleştirilmelidir.

Şekil-14/b ve d' de gösterilen durum için, filtre borusu en altta yer alan kaba kum seviyesinin kalınlığına eşit uzunlukta seçilmelidir. Eğer bu uzunluklarda seçilen filtre boyları, istenilen suyu sağlayacak açık alan yaratamazsa, bu takdirde filtre borusu üstteki ince kum seviye içine doğru uzatılabilir.

Şekil-14/ c durumundaki bir ortamda açılan kuyu, üstte yer alan kaba kum seviyesinin taban noktasında sonuçlandırılmıştır. Böyle bir kuyu için, filtre borusu uzunluğu yaklaşık kaba kum seviyesi kalınlığının yarısı kadar seçilmeli ve teçhizin en alt kısmına yerleştirilmelidir.

Uygulamalar, sık kuyularda uzun filtre kullanımının ekonomik olmayabileceğini göstermiştir. Kuyu için seçilecek filtre uzunluğu, ihtiyaç sahibinin elde etmeyi amaçladığı su miktarının kuyuya girişini sağlayacak açıklık alanı oluşturacak uzunlukta olmalıdır. Bu seçimi yaparken su ihtiyacının zamana bağlı olarak artabileceği durumunda gözden kaçırılmamak gerekir. Bir



Şekil 14. Çeşitli özellikteki akifer ortamlarındaki malzeme istiflenmesi dikkate alınarak yapılan en uygun filtre tasarımı gösteren örnekler.

çok müteahhit, küçük mali kazançlar sağlayabilmek için, kuyu sahibinin bugünkü veya gelecekteki gereksineceği su ihtiyaçlarını ve koşullarını gözönünde bulundurmaksızın filtre boylarında kısıtlamalar yapmaktadırlar. Bu tür davranışlar, kuyu sahiplerini bir çok açıdan olumsuz etkilemektedir.

Bir çok tarla, çiftlik ve evsahiplerine ait kuyularda, bu tür yanlış uygulamaların yapıldığı gözlenmiştir. Oysa, bu kuyularda, yeterli boyda filtre boruları kullanılmış olsa idi, kuyulardan daha fazla verim elde edilmesi mümkün olabilirdi.

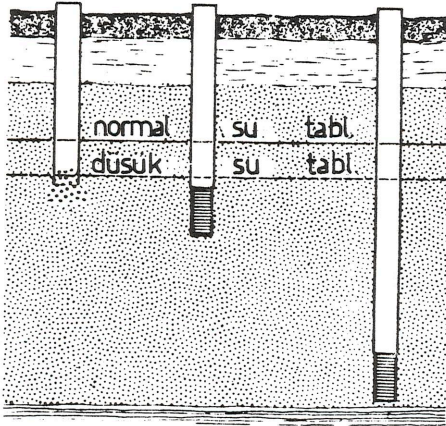
İsabetli bir seçimle, çok daha kısa boyda bir filtre borusu ile, çok daha uzun boydaki bir filtre boyundan elde edilebilecek su kadar su sağlanabilir. Örneğin; 7-8ft. kalınlıktaki bir filtre yerine, 3ft. uzunluktaki bir filtre borusu kullanmakla, aynı miktardaki düşümle % 50 kadar daha fazla su çekimi sağlanabilir. Oysa böyle bir kuyuda filtre boyunu 4ft. olarak seçmek, kuyudan sağlanan verimde, 3ft.' lik teçhize sahip kuyuya göre, sadece 1/3 oranında bir artış sağlanabilir.



Hatırlamalıyız ki, bir kuyuda verimin artırılması kuyu çapının geniş tutulmasıyla değil, kuyu filtre çapının geniş ve boyunun uzun tutulmasıyla mümkündür. Birçok durumlarda, filtre boyunun iki misline çıkarılmasıyla, kuyu veriminde de iki kat artış sağlanabilmektedir. Bunun aksine kuyunun çapının 2 katına çıkarılmasıyla, kuyu veriminde sağlanabilecek artış oranı %10-15 düzeyinde kalmaktadır. Tabiki, kuyu çapının seçimini denetleyen faktörler, kuyuya indirilecek teçhizatın boyutları ve filtre ile kuyu cidarı arasında oluşturulacak çakıl zarfının durumudur.

Şekil-15' de, sığ kuyularda kullanılacak filtrelere ilişkin temel hususların karşılaştırması yapılmaktadır.

Şeklin sol tarafında, sadece tabanı (çarık bölümü) açık sığ bir kuyu görülmektedir. Statik su seviyesinin yüksek olduğu şartlarda, böyle bir kuyudan, 6 inç uzunlukta filtreye sahip kuyuya eşdeğer oranda, su temin edilebilir. Ortada görülen kuyu tasarımıyla, verimde 3 veya 4 kat artış sağlamanın yanında, kuyu içine girecek ince malzeme oranındada önemli azalmalar sağlanmış olur. Ancak, kurak mevsim şartlarında veya bölgedeki diğer kuyularda yapılan su çekimleri yüzünden, statik su seviyelerinde meydana gelecek düşüşlerde, bu iki koşuldaki kuyuda olumsuz yönde etkilenecektir. Şeklin en sağında ise, sadece çarık bölümü açık olan kuyuya oranla, 20 kat daha fazla verim sağlayabilecek ve yukarıda bahsedilen olumsuzluklardan etkilenmeyecek olan bir kuyu tasarımı gösterilmektedir.



Şekil 15. Sığ kuyularda kullanılacak filtrelere ilişkin temel hususların karşılaştırılması.

### SAĞLIK ÖNLEMLERİNİN KUYU TASARIMINA ETKİLERİ

Kuyu delik çapının, kuyu teçhizine oranla daha geniş olma gerekliliği ve kuyu cidarını oluşturan çaplardaki kaçınılmaz düzensizlikler yüzünden, kuyu ekipmanlarının kuyuya yerleştirme metodu ne olursa olsun, teçhiz borusu ile, kuyu cidarı arasındaki bölümde bazı boşlukların kalması kaçınılmazdır. Bu boşluklar, kuyu yakın çevresindeki kirletilmiş suların kuyuya girişini kolaylaştırırlar.

Bu tür kirlilik etkisinin ortadan kaldırılması için, kuyu teçhizi ile kuyu cidarı arasında kalan boşluğun kuyu ağzından kuyu pompa seviyesine kadar olan bölümüne, kil veya su geçirmez diğer önlemlerle tectir yapılmalıdır. Burada ana ilke, akifer ortamdaki suyun olumsuz çevre koşullarından etkilenmeden, kuyuya girişinin sağlanmasıdır.

Suyun sağlık koşullarını sağlamaya yönelik önlemler alınırken, daha önce tartıştığımız tasarım tekniklerinin gözardı edilmemesi gereklidir.

Sağlık koşullarının sağlanmasına yönelik, kuyu tasarımı tekniğine katılacak iki sorudan biri, kuyuya indirilecek kapalı borunun uzunluğunun ne olacağı, diğeri de, kuyu üst bölümünde oluşturulacak kil tectir boyutunun ne olacağıdır.

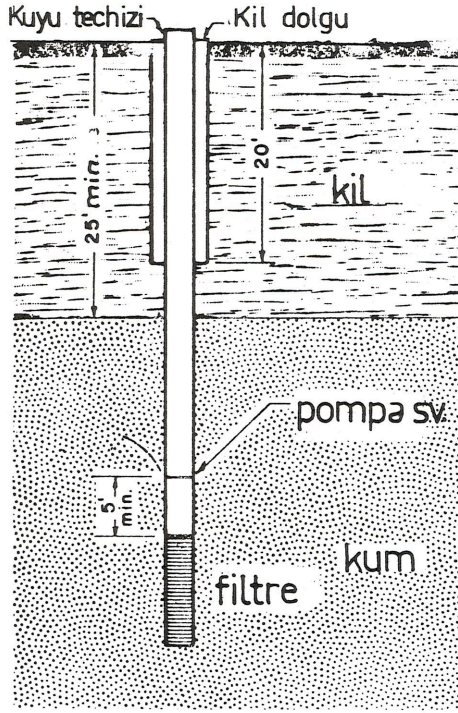
Örneğin, kumdan oluşan bir akifer ortamda açılan kuyuda, kapalı boru uzunluğu, kuyuya indirilecek pompa seviyesinin minimum 5 ft. daha altında olması gereklidir.

Şekil-16' da görüldüğü gibi, basınçlı akifer ortamda açılan bir kuyuda, kapalı borunun uzunluğu üstteki basınç sağlayan seviye tabanından en az 10ft. daha aşağıya kadar uzatılması gereklidir.

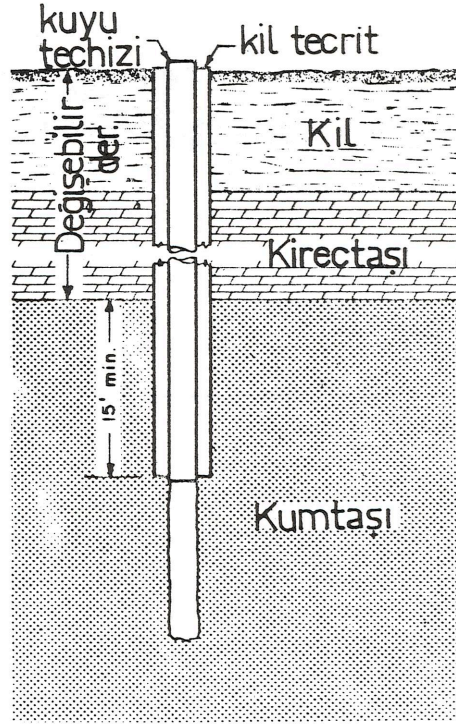
Şekil-17' de görülen ortamda açılan bir kuyuda ise, kapalı muhafaza borusu, kumtaşını üstten örten seviyeleri kattettikten sonra, kumtaşı içindedey en az 15ft. daha uzatılmalıdır.

Kırık ve çatlaklı kaya akiferlerde de, aynı şekilde muhafazalama işleminin, belli bir derinliğe kadar yapılması gerekebilir.

Bu tür önlemlerin alınmasıyla, çevrenin olumsuz etkilerine maruz kalmadan, daha sağlıklı ve kaliteli su temini amaçlanmaktadır.



Şekil 16. Şekilde görülen akifer ortam istiflemesine göre yapılması gerekli kuyu tecriti.



Şekil 17. Şekilde görülen akifer ortam istiflenmesine göre yapılması gerekli kuyu tecriti

#### DEĞİNİLEN BELGELER

Ground Water and Wells : Edward E. Johnson, Inc.Saint Paul, Minnesota.

Yeraltısuları (Hidrojeoloji): M.Kemal ERGUVANLI  
İ.T.Ü-1973-İSTANBUL.