

Sayı (Number): 2



## Yeraltı Suyu Akifer Parametre ve Özellikleri

Zekâi Şen

Şubat (February) 2017  
İstanbul - Türkiye

**YERALTI SUYU KÜLLİYESİ**  
**TURKISH WATER FOUNDATION**  
**GROUNDWATER FACULTY**

## YERALTI SUYU BÜLTENİ : SAYI 2

Yeraltı Suyu Akifer Parametre ve Özellikleri

*Zekai ŞEN*

©2017 SU VAKFI

Tüm yayın hakları anlaşmalı olarak Su Vakfı'na aittir.  
Kaynak gösterilerek alıntı yapılabilir, izinsiz çoğaltılamaz, basılamaz.

Basıma Hazırlayan :  
Muhiddin YENİGÜN



SU VAKFI

Libadiye Cad. Doğanay Sokak No:6 Kat:4 Üsküdar İstanbul  
Tel: (216) 412 3383 - Faks: (216) 412 3390  
suvakfi@suvakfi.org.tr - www.suvakfi.org.tr

# Yeraltı Suyu Akifer Parametre ve Özellikleri

Zekâi Şen

Su Vakfı

## 1. Giriş

Bir yerdeki yeraltı suyu potansiyelinin iyice hesaplanabilmesi için değişik akifer parametrelerinin neler olduğunun tanımlanması ve bunların akifer fiziksel özellikleri ile ilişkilendirilmesi gereklidir. Yeraltı suyu akış ve depolama özelliklerinin güvenilir biçimde yorumlanması, hesaplanabilmesi, sonuçlandırılması ve öngörülmesi, bu parametre değerlerinin ince bir şekilde tespit edilmesi ile olur. Ayrıca, yeraltı suyunun bölgesel ölçekte zamanla olan akış, dağılım ve özelliklerinin belirlenmesinde jeolojik yapının doğrudan etkisi bulunmaktadır. Bunun sonucunda, akifer parametrelerinin de zaman, konum ve jeolojik tabaka özelliklerine bağlı olacağı anlaşılır. Bereket versin ki, hidrojeolojik hesaplamalarda jeolojik bakımında parametreler zamandan bağımsızdır. Bunlar jeolojik zamanlara bağlıdır ama bu zamanların insan ömrü ile kıyaslanmasında milyonlarca yıllar ile ifade edilmesi bakımından hidrojeolojik parametrelerin zamana bağlı olmadıkları kabul edilir. Bu bakımdan, sadece konuma bağlı olan parametrelerin değişimlerini göstermek için daha sonra izah edileceği gibi izotropluk ve homojenlik kavramlarına değinilecektir. Şekil 1’de birçok akiferin bir arada bulunduğu temsili bir kesit verilmiştir.

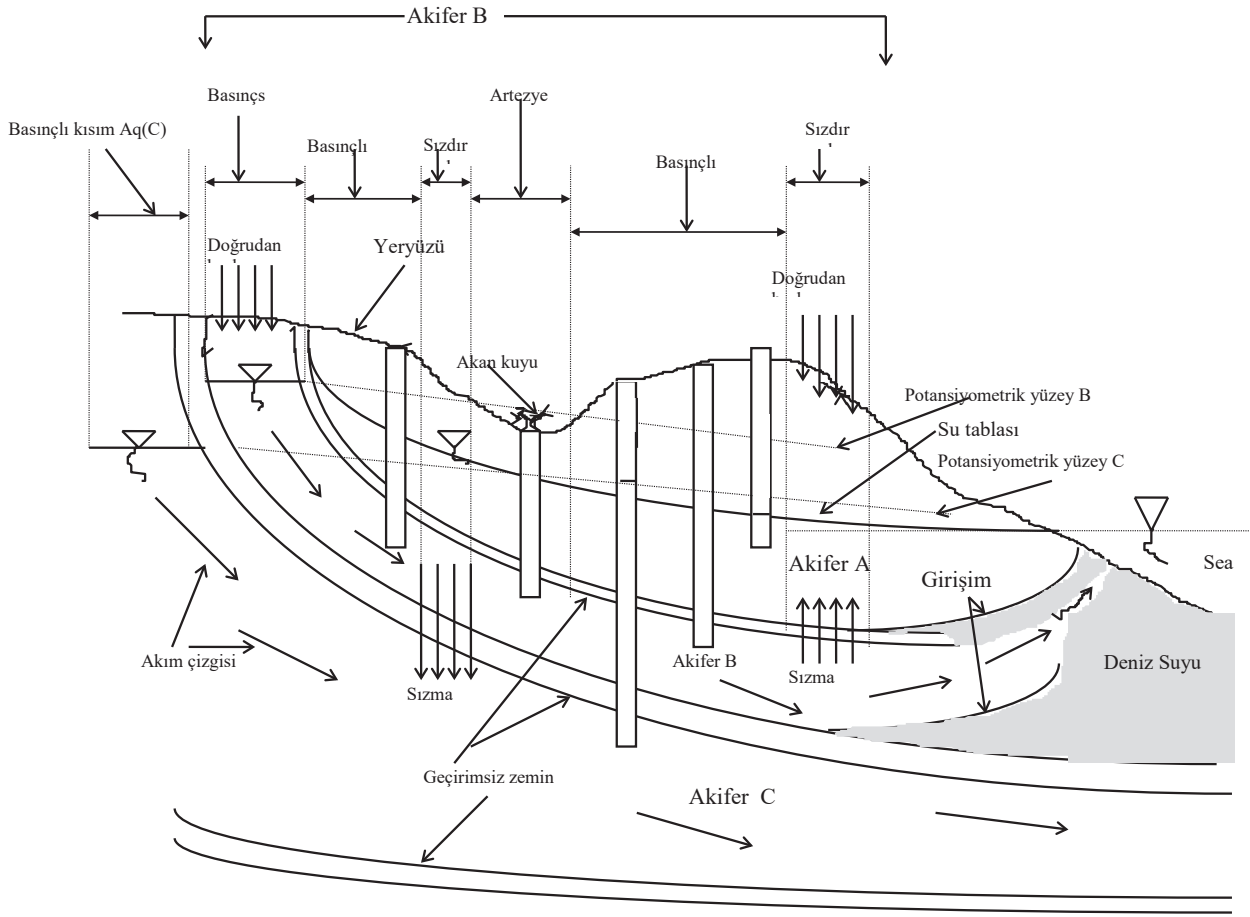
Bu parametreleri iyi bir biçimde kontrol edebilmemiz için arazide veya laboratuvarlarda sürekli ölçümlerin yapılmasında yarar vardır. Bu bakımdan yeraltı suyu kaynaklarının hesaplanmalarındaki güvenilirliğin temel parametre hesaplamalarındaki veya tespitlerindeki güvenilirlikle doğrudan irtibatlı olduğu akıldan çıkarılmamalıdır. Diğer taraftan, bir yeraltı suyu uzmanının yapacağı yorum ve hesaplamaların başarısı, sadece bu parametrelerin tanımlarında değil, onların hidrolojik, jeolojik ve fiziksel olaylarla ilgili yönlerinin bilinmesi ile mümkündür.

## 2. Akifer parametreleri

Yeraltı sularının mekanik olarak değerlendirilmesi yerine gerekli bilim yorumlarının incelenen yere öz olarak yapılması için akifer parametrelerinin ayrıntılı olarak bilinmesi gereklidir.

### 2.1. Porozite (Gözeneklilik)

Bir kaya kütlesi hacminin tümünde bulunan boşlukların sayısal olarak tesbit edilmesine porozite denir. Bu fizik olarak, kaya kütlesinin içerebileceği su miktarı ile alakalı olup, matematik bakımından kayadaki boşluk hacminin toplam kaya hacmine oranı olarak tanımlanır. Porozitenin,  $n$ , basit ifadesi



Şekil 1. Çoklu akiferler

$$n = \frac{V_v}{V_T} \times 100 \quad (1)$$

burada  $V_v$  ve  $V_T$  sırası ile boşluk ve kaya hacimlerini gösterir. İncelenen kayanın jeolojik öz geçmişine göre, porozite birincil ve ikincil olmak üzere iki kısma ayrılır. Kayaların daha sonra tektonik, volkanik, kimyasal vb. dış etkilere maruz kalmadan önce meydana geldikleri andaki porozitelerine birincil porozite adı verilir. Ancak, daha sonraki değişik çatlaklaşma, kıvrılma, faylanma, tektonik hareketler ve erime gibi olayların meydana getirdiği boşlukların porozitesine de ikincil porozite adı verilir. Aşağıdaki çizelgede değişik kayaların poroziteleri hakkında değerler verilmiştir.

## 2.2. Yeraltı suyu hızı

Jeolojik tabakaların içinde bulunan yeraltı suyu uygun hidrolik eğimlerin ortaya çıkması ile boşluklarında akmaya başlar. Yeraltı suyu hızının önemi sadece yeraltı suyu potansiyeli hesaplamaları için değil, ayrıca

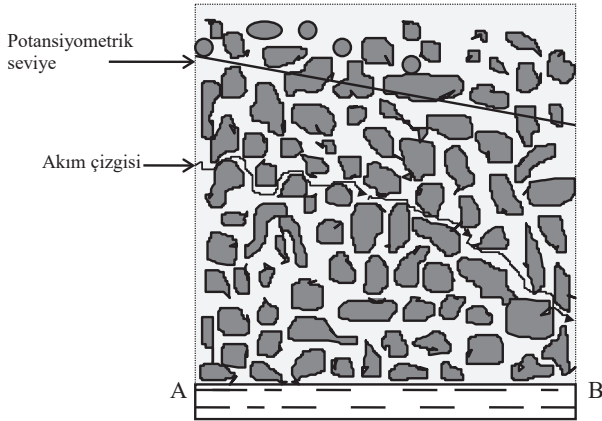
Çizelge 1. Porozite değerleri (Şen, 1995)

Sediment sınıfları	Porozite (%)
İyi karışmış kum ve çakıl	25-50
Karışmış kum ve çakıl	20-35
Buzul döküntüleri	10-20
Silt	35-50
Kil	33-60
Marn	47-50
Kireçtaşı	0,5-17
Mermer	0,1-0,2
Şist	1-10
Gre	4-26
Dolomit	3-5
Granit	0,02-15
Alçıtaşı	3-4
Bazalt	0,1-12

yüzey çevre kirliliğinden, yeraltı haznelerine olabilecek kimyasal, biyolojik ve nükleer atık kirleticilerinin taşınması bakımından da önemlidir. Fizik bakımından, hız basitçe kat edilen mesafenin zamana oranı olarak tanımlanır. Yeraltı suyu durumunda kat edilen mesafenin belirlenmesinde güçlükler vardır. Bunun sebebi jeolojik kayaların içinde yeraltı suyunun hareketine müsaade edecek olan boşlukların gerek kendilerinin gerekse bunların birbiri ile ilintileri sonucunda ortaya çıkan akış yollarının fazlaca rastgelelik içermesidir. Bunun tabii sonucu olarak, araştırmacılar yeraltı suyu hızının tarif edilmesi için üç farklı durumu incelemişlerdir. Bunlardan ilki,  $V_r$  olarak gösterilen hız olup Şekil 2’de gösterilen akım çizgisi uzunluğunun zamana oranı şeklinde tanımlanır. Gerçek hız denilen bu tür akım çizgisi uzunluğu  $S$ ’nin zamana,  $t$ ’ye oranı olarak

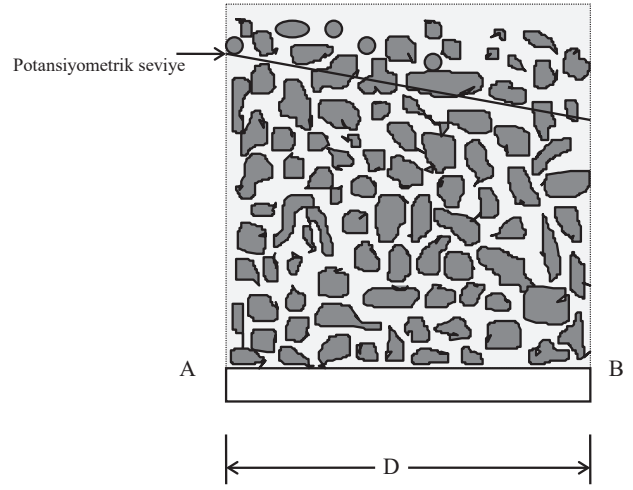
$$V_r = \frac{S}{t} \quad (2)$$

tanımlanır.



Şekil 2. Gerçek yeraltı suyu hızı

İkinci türden yeraltı suyu hızı, akım çizgisi uzunluğu yerine iki nokta arasında su molekülünün bir doğru ile birleştirilerek tarif edilen hayali yol uzunluğunun zamana oranı olarak tarif edilir. (bak Şekil 3).



Şekil 3. Gerçek yeraltı suyu hızı

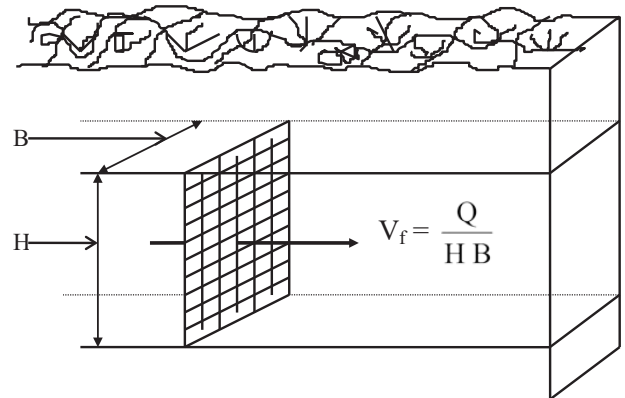
Üçüncü türden yeraltı suyu hızına “filtrasyon”, “sızma” veya “Darcy” hızı adı verilir. Buna ayrıca özgül debi adı da verilir. Bu akım çizgisine dik bir kesitin birim alanından geçen su debisi olarak tanımlanır (bak Şekil 4). Toplam geçen su debisini  $Q$ , kesit alanını da  $A$  ile gösterirsek filtre hızı

$$V_f = \frac{Q}{A} \quad (3)$$

şeklinde tanımlanır. Bu tarifte dikkat edilmesi gerekli çok önemli bir nokta, yeraltı suyunun sanki göz önünde tutulan akış yönüne dik kesitin tümünden hiç kaya kısmı yokmuş gibi akmasının düşünülmesi olmalıdır. Bu hız, porozitenin aracılığı ile gerçek hız

$$V_f = n V_r \quad (4)$$

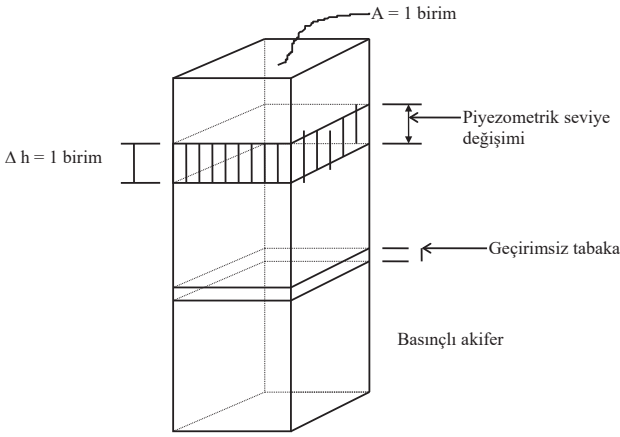
ifadesi ile bağlıdır. Pratik uygulamalarda, boya veya izleyici maddeler vasıtası ile gerçek hız ölçülür.



Şekil 4. Filtrasyon hızı

### 2.3. Depolama ve özgül depolama katsayısı

Depolama veya depolama katsayısı,  $S$ , olarak Şekil 5’de basınçlı bir akifer için tarif edilen akifer parametresi aslında birim yüzey alanına sahip tüm akiferi kapsayan düşey bir prizmadan, piezometre seviyesinin birim (1 metre) düşmesi (artması) durumunda akiferden alınabilecek (akifere verebilecek) toplam su miktarıdır. Buradaki piyezometre seviyesindeki birim artış veya azalışın, piyezometre yüzeyine dik olması gereklidir.



Şekil 5. Depolama tanımı

Basınçlı akiferlerin en önemli özelliği, su çekilmesi durumunda bile doymun bölge kalınlığının sabit kalmasıdır. Basınçlı akiferlerde, depodaki su iki yolla bırakılır. Bunlardan birinci kısım yeraltı suyunun üzerindeki basıncın azalması ile daha önceden sıkışarak hacmi küçülmüş olan suyun genişlemesi, diğeri ise tıpkı basınçsız akiferlerden suyun atmosfer basıncı altında çekilmesine benzer. Basınçlı akiferlerde,  $10^{-4} < S < 10^{-6}$  olup yaklaşık olarak çekilen suyun %40’lık bir kısmı, suyun elastik genişlemesinden, geri kalanı ise boşluklardaki sudan ve akifer sıkışmasındandır (Bear, 1979). Diğeri taraftan, Şen (1995) depolama katsayısını sudan arındırılan akifer hacminin,  $V_w$ , toplam akifer hacmine,  $V_D$  oranı şeklinde tanımlamıştır.

$$S = \frac{V_w}{V_D} \quad (5)$$

Depolama katsayısı tarif olarak tüm akifer doymun tabaka kalınlığı için geçerlidir.

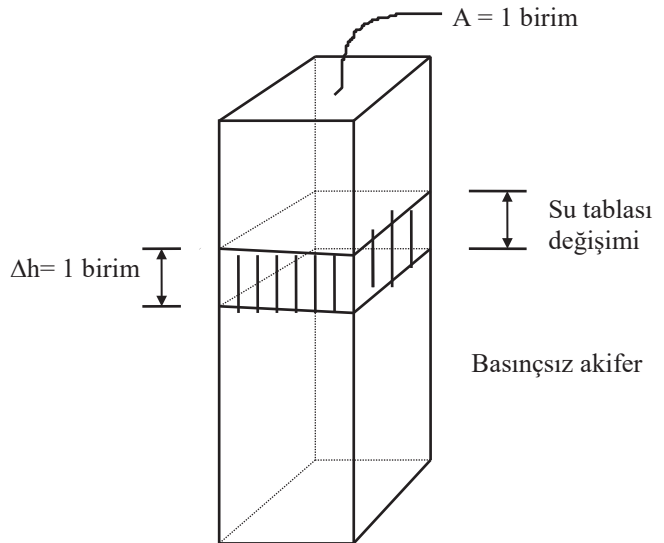
Bunun birim akifer kalınlığı için tarif edilen şekline ise özgül depolama katsayısı adı verilir. Depolama katsayısının birimi bulunmamasına rağmen, özgül depolama katsayısı,  $S_s$ ’nin tanım icabı birimi ters uzunluk birimidir.

$$S_s = \frac{S}{H} \quad (6)$$

Burada,  $H$  doymun tabaka kalınlığını gösterir. Fizik olarak,  $S_s$  birim akifer hacminin birim hidrolik yük değişimi durumunda aldığı veya bıraktığı su hacmi olarak tanımlanır.

### 2.4. Özgül verim ve tutma

Özgül verim,  $S_y$  basınçsız akiferler için kullanılan bir depolama katsayısıdır ve akiferin birim yüzey alanlı doymun tabaka yüksekliğinden birim hidrolik yük değişimi sonrasında bırakabileceği veya alabileceği su hacmi olarak tanımlanabilir. Bu durum Şekil 6’da gösterilmiştir. Kohezyon ve kapiler çekme kuvvetlerinin etkisi altında, basınçsız akiferin boşluklarındaki tüm su çekilemez. Bu kuvvetler vasıtası ile suyun bir kısmı boşluk yüzeylerinde tutulur. Bu bakımdan, özgül verim akiferin boşluklarındaki suyun yerçekimi etkisi altında alınabilen hacminin toplam akifer hacmine oranı şeklinde de tarif edilebilir. Benzer olarak özgül tutmada,  $S_r$  de tanımlanır.



Şekil 6. Özgül verim tanımı

Özgül verime ayrıca efektif yani etkin porozite adı da verilir. Bu bakımdan, porozite özgül verim ve tutmanın toplamından ibarettir. Bunlar aşağıdaki denklem takımı ile matematik olarak ifade edilir.

$$n = S_y + S_r$$

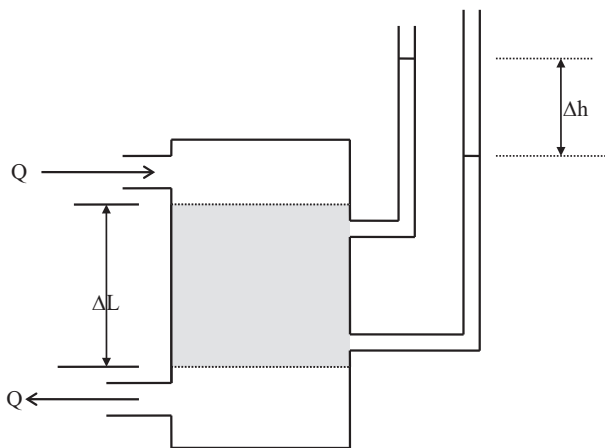
$$S_y = \frac{V_w}{V_T} \quad (7)$$

$$S_r = \frac{V_r}{V_T}$$

burada  $V_w$  drene edilebilir suyun,  $V_r$  tutulan suyun ve  $V_T$  de akiferin toplam hacimlerini gösterir. Genel olarak,  $0,01 < S_y < 0,3$ 'dir (Freeze and Cherry, 1979). Yüksek  $S_y$  değerleri basınçsız olan akiferlerde suyun çok önemli bir kısmının boşluklarda bulunan yeraltı suyunun drene edilmesi ile elde edildiğini gösterir. Basınçlı akiferlerde ise bu durum suyun üzerindeki basıncın bırakılması ile ikincil derecede önemli olan su genişmesi veya akifer genişmesinden elde edildiğini gösterir. Aynı verim basınçsız akiferlerde basınçlılara göre daha az hidrolik yük düşmesi ile elde edilir.

### 6.5. Darcy kanunu

Darcy (1856) doygun ortamlardaki yeraltı suyu hızını ve akışını incelemek için Şekil 7'de gösterilen deney düzeneğini kurmuştur.



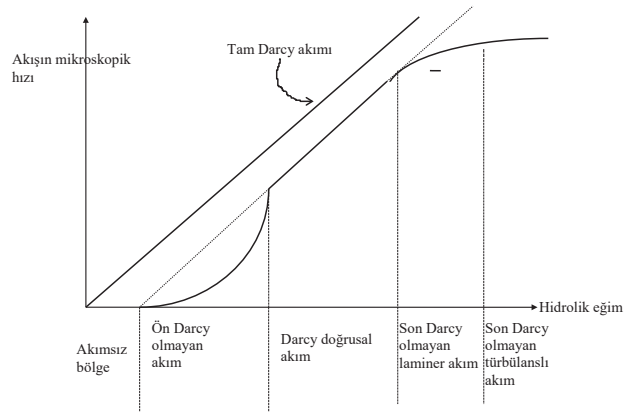
Şekil 7. Darcy cihazı kısımları

Buradan, akifer materyalinin homojen ve izotrop olduğunu kabullenerek akış doğrultusuna dik olarak geçen toplam yeraltı suyu debisinin, iki kesit arasındaki hidrolik eğim-

le doğru orantılı olduğunu deneysel olarak tespit edebilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonrasında aşağıdaki ifade elde edilmiştir.

$$\frac{Q}{A} = K \frac{dh}{dl} \quad (8)$$

burada Q hacim olarak, A alanına sahip kesite dik geçen suyun debisini, K hidrolik geçirgenlik olarak bilinen orantılılık katsayısını,  $\frac{dh}{dl}$  ise hidrolik eğimi gösterir. Yapılan deneysel çalışmaların gayesi, aslında hidrolik geçirgenlik katsayısının değerini tespit etmek içindir. Darcy kanununun en önemli özelliği doğrusal bir ilişki şeklinde ortaya çıkması ve Şekil 8'de gösterilen durumda kullanılması gereklidir. Bu kanun, yeraltı suyu hareketi hesaplamalarında ve öngörmelerinde sıkça kullanılır (De Wiest, 1969).



Şekil 8. Değişik akım kısımları

Bir yeraltı kuyusunun hemen civarında hidrolik eğim çok dik olduğundan, akım laminar değil de türbülanslı haldedir. Aynı durum, kısmen akifere nüfus eden kuyulara doğru olan düşey akımın tesiri ile de ortaya çıkar. Bu kanunun geçerliliği kitabın sonraki bölümlerinde ayrıntılı olarak izah edilecektir.

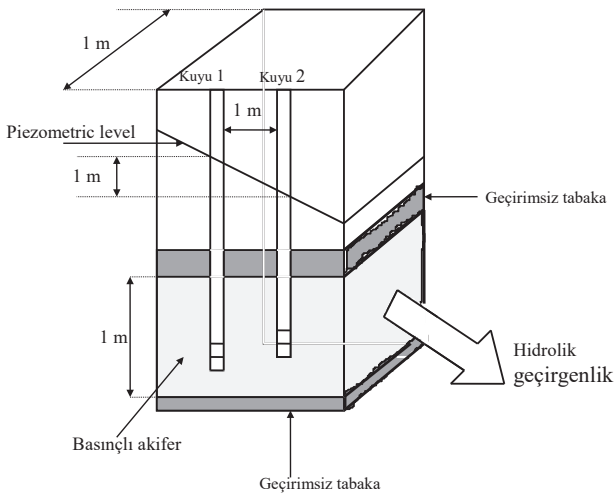
### 2.6. Hidrolik geçirgenlik

Bir akiferin yeraltı suyu bakımından potansiyeli, depolama katsayısı ile suyun hareketine müsaade edecek olan parametreler vasıtası ile hesaplanır. Su hareketini izah etmesi bakımından en önemli yeraltı suyu

parametresi hidrolik geçirgenliktir. Bu akiferin efektif porozitesine bağlıdır. Efektif porozite ise akifer materyalinde bulunan boşlukların birbiri ile bağlantılı olmasının bir ölçüsüdür. Boşluklar arasındaki bağlantı ne kadar fazla ise, yeraltı suyunu hareketi o kadar kolay ve hidrolik geçirgenlik katsayısı da, o kadar büyük olur. Darcy kanunundan hidrolik geçirgenlik

$$K = \frac{v_f}{i} = \frac{Q}{A_i} = \frac{Q}{WH_i} \quad (9)$$

şeklinde yazılabilir. Burada,  $V_p$ , özgül debiyi,  $i$ , hidrolik eğimi,  $Q$  hacim olarak akım debisini,  $W$  akifer genişliğini,  $H$ , doygun tabakanın kalınlığını ve  $A$ 'da akım kesitinin alanını gösterir. Diğer bir ifade ile hidrolik geçirgenlik birim zamanda birim alandan birim hidrolik eğim altında akım doğrultusunda birim olarak geçen suyun miktarını gösterir (bak Şekil 9). Hidrolik geçirgenliğin birimi  $L^3/T/L^2$  şeklindedir ama pratikte genel olarak  $L/T$  kullanılır.



Şekil 9. Hidrolik geçirgenlik tanımı

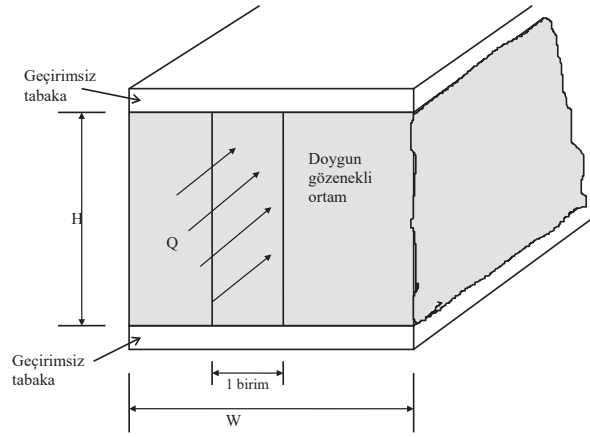
## 2.7. İletkenlik katsayısı

Bir akiferdeki yeraltı suyunun hareketi ile ilgili bir başka parametre iletkenlik katsayısıdır. Bunun hidrolik geçirgenlikten farkı, hidrolik geçirgenlik birim akifer kalınlığı için geçerli olmasına karşılık bu parametre tüm akifer kalınlığı esasına dayanır. İşte bu bakımdan da tanım olarak hidrolik geçirgenliğin akifer kalınlığı daha doğrusu

doygun tabaka kalınlığı ile çarpımına eşittir. Yeraltı suyu akımının doğrusal, yani Darcy kanununa göre olması durumunda iletkenlik katsayısı,  $T$

$$T = K H = \frac{Q}{W_i} \quad (11)$$

olarak tanımlanır. Bu denklemdeki tüm notasyonlar, önceki bölümlerde açıklanan anlamlara sahiptir. Diğer bir tabirle,  $T$  Şekil 10'da gösterildiği gibi bir akiferin tüm kalınlığından birim genişlikten, birim hidrolik eğim altında birim zamanda geçen su hacmi olarak da tanımlanabilir.



Şekil 10. İletkenliğin tanımı

Bu tanımdan iletkenlik katsayısının biriminin  $L^3/T/L$  olduğu ancak pratik uygulamalarda genel olarak  $L^2/T$  kullanıldığına dikkat edilmelidir. İletkenlik katsayısının bu tanımı sadece yatay doğrusal yeraltı suyu hareketi için geçerlidir. Yeraltı suyu akımının üç boyutlu olması veya laminar akım olmaması halinde iletkenlik katsayısı bu tanımını kaybeder (Bear,1979; Şen, 1996).

Yukarıda verilen  $K$  ve  $T$ 'nin tanımları üzerinde biraz düşünülürse, hidrolik geçirgenliğin birim genişlik ve birim kalınlık için iletkenlik katsayısının ise birim genişlik ama tüm akifer derinliği için tanımlandığı kolayca anlaşılır. Bu düşünceden hareketle, tüm akifer genişliği ve kalınlığını işin içine katan başka bir iletme parametresinin tarif edilebileceği anlaşılır. Bu tanım yeraltı suyu hidroliği literatürüne ilk defa Şen(1995) tarafından verilmiş olan "Toplam iletkenlik"



(Gross transmissivity) (GT) olarak tarif edilerek Denklem (10)'dan yararlanarak

$$GT = K W H = \frac{Q}{i} \quad (11)$$

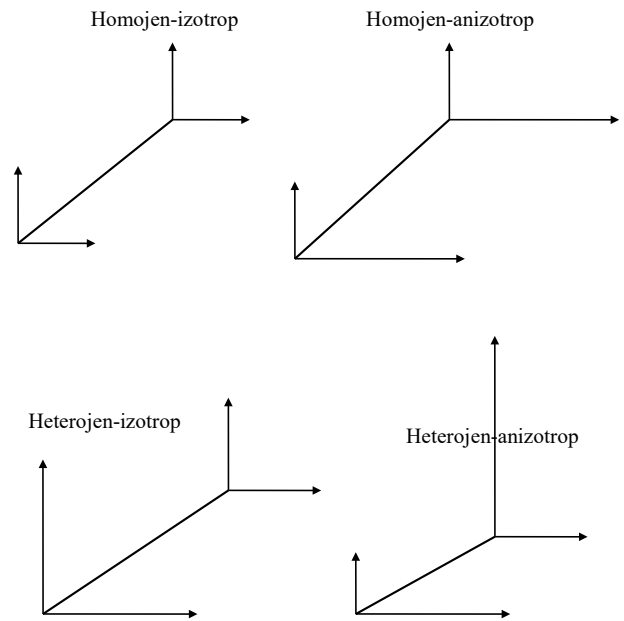
şeklinde yazılabilir. Bu ifadede, W akifer genişliğini, H ise kalınlığını gösterir. Burada, GT birim zamanda birim hidrolik eğim altında tüm akım kesitinden geçen suyun hacmi olarak belirlenir. GT'nin boyutu tıpkı debi boyutu gibi  $L^3/T$ 'dir.

### 3. Homojenlik ve izotropluk

Akiferlerin iletkenlik özellikleri, jeolojik materyalin cinsine ve hidrolik geçirimsiliğine bağlı olarak değişir. Hidrolik geçirgenlik bir akiferin değişik noktalarında değişik değerler alabileceği gibi, aynı noktanın değişik yönlerinde de değişik değerler alabilir. Bunlardan noktadan noktaya değişime heterojenlik, ama aynı noktanın değişik yönlere göre değişimine ise anizotropluk adı verilir. Jeolojik kayaçların meydana gelmesi sırasında bu geometrik özellikler konumla ilgili olarak ortaya çıkar. Tabiattaki sistemler bu iki özellikle örülmüştür. Yer kabuğundaki jeolojik kayaçlardan başlarsak, bu özellikler okyanuslarda da yüksek ve düşük tuzlanma bölgeleri olarak kendilerini gösterir. Atmosferde de sıcaklık paketleri şeklinde veya sıcak bölgelerin başka sıcaklıktaki bölgelerle sınırlanması ile kendilerini gösterirler. Güneş yüzeyinde bulunan lekelerde bile bu özelliklerden bahsedilebilir. Yapılan bütün çalışmalarda genel olarak, hiçbir tabii olayın ortaya çıkışında mutlak homojenlik ve/ya izotropluğun bulunmadığı anlaşılmıştır. Jeolojik kayaçlarda heterojenlik ve anizotropluğun bulunması bizim için yapılacak hesapların zorlaşması ve bazı kabullerin yapılması gerekliliğini doğurur. Ayrıca bu özellikler bir akifer materyalinde değişik ölçeklerde bulunabilir. Bölgesel yeraltı suyu akımlarının modellenenilmesi için mutlaka en azından bazı alt kısımlar için homojenlik ve izotropluk kabullerinin yapılması gerek-

lidir. Bu kabuller sayesinde yeraltı suyu hareket denklemlerinin elde edilmesi mümkün olabilmektedir.

Yeraltı suyu denklemleri, bu idealleştirmelerin yapılarak gerçeklikten bazı tavizlerin verilmesi sureti ile çözülebildiklerinden elde edilen matematik model sonuçları gerçeğin ya büyük veya küçük miktarlarda öngörülmesine sebep olur. Araştırmacılar yaptıkları teorik çalışmalarda kaçınılmaz olarak homojenlik ve izotropluk kabullerini yaparak klasik biçimde sorunlara çözüm ararlar ve bulurlar. Bulunan bu sonuçların yaklaşık olmasından kaçınılmaz. Bunlar analitik çözüm olarak önümüzde bulunurlar ama homojen olmayan jeolojik yapılar dolayısı ile asla tam çözümleri göstermezler. Gerçeğe yakın çözümlerin elde edilebilmesi için heterojenlik ve anizotropluğun da modellemelerde göz önünde tutulması gereklidir. Bu konularda ayrıntılı bilgiler Şen (1994), Schad ve Teutsch (1994), Knochenmus ve Robinson (1996) ve Meier, Carrera ve Sanchezvila (1998) gibi araştırmacılar tarafından verilmiştir. Şekil 11'de gösterildiği gibi tabiatta izotropi (anizotropi) ve/veya homojenlik (heterojenlik) durumları söz konusudur.

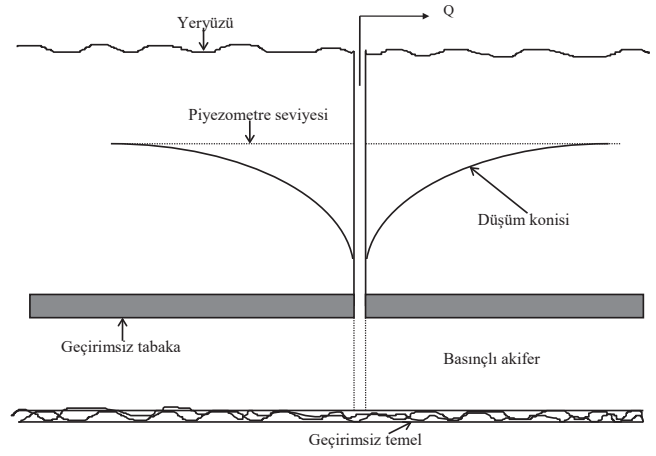


Şekil 11. İzotropi ve homojenite

#### 4. Düşüm konisi

Bir akiferin yeraltı suyu haznesinden pompa vasıtası ile su çekilmeden önce, yeraltı suyu tablası veya piyezometrik yüzeyin yatay olduğu kabul edilir. Pompanın çalıştırılması ile kuyudaki su seviyesi derhal düşerek kuyu etrafındaki yeraltı suyunun da kuyuya girmesi ile civardaki piyezometrik seviyelerde düşümler ortaya çıkar. Böylece, kuyu civarındaki akiferde bulunan yeraltı suyu seviyesi ile kuyudaki su seviyesinin ani olarak azalması ile kuyuya doğru olan bir hidrolik eğim baş gösterir. Bu akiferdeki basıncın azalması anlamına gelir.

İşte bu hidrolik yükler arasında kuyu etrafında kalacak biçimde düşen su seviyelerini birleştiren veya içeren bir yüzeyin düşünülmesi ile ters ve yanal yüzeyi eğik olan bir konik şekil ortaya çıkar ki, buna düşüm konisi adı verilir. Aslında, pompa başlamadan önceki yatay yeraltı hidrolik yük seviyeleri ile pompa çalışmasından sonra meydana gelen ters konik şeklindeki hidrolik yükler arasındaki kısma düşüm konisi adı verilir. Böyle bir koninin tepesi, ters olarak kuyu üzerinde tabanı ise pompaya başlamadan önceki yatay piyezometrik yüzey üzerindedir. Koninin yatay piyezometrik seviye üzerindeki taban alanına tesir alanı denir. Bunun dairesel olarak kabul edilmesi durumunda taban dairesinin yarıçapına tesir yarıçapı adı verilir. Tabii böyle bir dairenin meydana gelebilmesi için akifer malzemesinin homojen ve izotrop olması gereklidir. Yani dairesel tesir alanı durumunda bu kabuller otomatik olarak yapılmıştır. Herhangi bir andaki ve mesafedeki düşüm konisinin düşümü  $s(r,t)$  ile gösterilirse, bunun başlangıçtaki statik su seviyesi (statik piyezometre seviyesi) ile pompa çalışması sonrasında meydana gelen dinamik piyezometre seviyesi arasındaki farka eşit olduğu görülür. Grafik olarak düşüm konisinin biçimi Şekil 12’de verilmiştir.



Şekil 12. Düşüm konisi

Basıncılı akiferde düşüm konisi hayali, basıncılı akiferde ise fizik olarak gerçektir. Akifer malzemesi homojen, izotrop ve üniform kalınlıkta ise düşüm konisi tabanı daireseldir. Düşüm konisinin her noktasında hidrolik eğim birbirinden farklıdır ama dışarıya gidildikçe eğim azalır ve belirli mesafeden sonra sıfıra ulaşır. İşte bu noktada düşüm sıfırdır. Bir bakıma tesir yarıçapı, kuyunun merkezi ile akifer içinde düşümü sıfır olan böyle bir nokta arasındaki yatay mesafedir diye de tanımlanabilir. Kuyudan suyun çekilmesine devam edildikçe düşüm konisinin dışarıya doğru yayılması giderek azalan bir oranda artar. Teorik olarak, akifere dışarıdan hiçbir beslenme yoksa düşüm konisinin bu artışı az da olsa hiç durmadan devam eder.

Düşüm konisini şeklinin hesaplanması akifer türü (basıncılı, basıncısız, sızmalı), jeolojik tabakaların malzemelerinin türü (homojen ve/ya heterojen, izotrop ve/ya anizotrop), ve bazı geometrik ilişkilere (değişik hidrolik geçirimsizliğe sahip tabakaların veya besleme sınırlarının bulunması, mercekillerin bulunması) göre yapılır. Bir düşüm konisinin yöne bağlı konum ve zaman dinamikliği vardır. Yukarıda söylendiği gibi zamanla genişler ve değişik jeolojik yapı ve malzemeleri içerir. Düşüm konisinin geometrik yapısına göre bir akiferin türü, sınırlı olup olmadığı, değişik su içeren tabakalardan oluştuğu gibi değişik özellikleri hakkın-

da bilgi edinilebilir. Yani akifer malzemesinin heterojen veya izotrop olup olmadığı belirlenebilir. Yukarıda verilen tüm temel akifer parametre tanımları homojen ve izotrop akifer malzemeleri ve üniform yani sabit kalınlıkta ve yatay olan akiferler içindir.

## **Kaynaklar**

- Darcy, H. (1856). Les fontaines publiques de la ville de Dijon, Victor Dalmont, Paris.
- Knochenmus, L. A. and Robinson, J. L. (1996). Descriptions of anisotropy and heterogeneity and their effect on groundwater flow and areas of contribution to public supply wells in a karst carbonate aquifer system, U. S. Geological Survey Water Supply Paper 2475, pp. 7-10.
- Meier, M. P., Carrera, J. and Sanchezvila, X. (1998). An evaluation of Jacob method for the interpretation of pumping tests in heterogeneous formations, Water Resources Res., vol. 34, pp. 1011-1024.
- Schad, H. and Teutsch, G. (1994). Effects of the investigation scale on pumping test results in heterogeneous porous aquifers, Jour. of Hydrology, vol. 159, pp. 61-77.
- Şen, Z. (1994). Hydrogeophysical concepts in aquifer test analysis, Nordic Hydrology, vol. 25, pp. 183-192.
- Şen, Z. (1995). Applied Hydrogeology for Scientists and Engineers, CRC, Lewis pub. New York, pp. 161-299.



# SU VAKFI YERALTI SUYU KÜLLİYESİNDE DAHA ÖNCE YAYINLANAN BÜLTENLER

SAYI 1	Durağan Olmayan Yeraltı Suyu Hareket Denklemi <i>Zekâi Şen</i>
2017 Şubat (February)	
TÜRKÇE	



SU VAKFI

Libadiye Cad. Doğanay Sokak No:6 Kat:4 Üsküdar İstanbul  
Tel: (216) 412 3383 - Faks: (216) 412 3390  
suvakfi@suvakfi.org.tr - www.suvakfi.org.tr