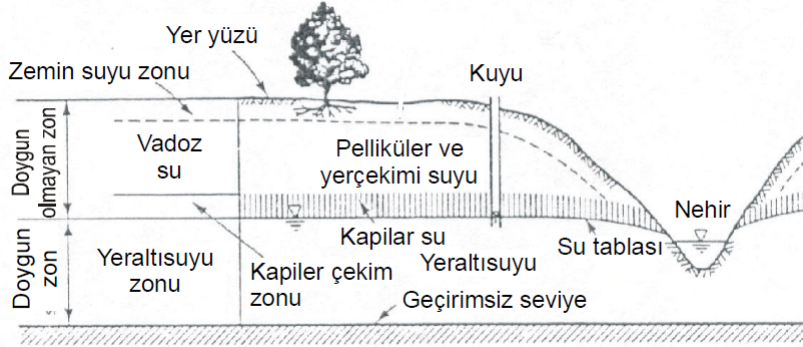


Dr. H. Sönmez –JEM719

## Bölüm 4: ŞEV DURAYLILIĞINDA YERALTI SUYUNUN ETKİSİ



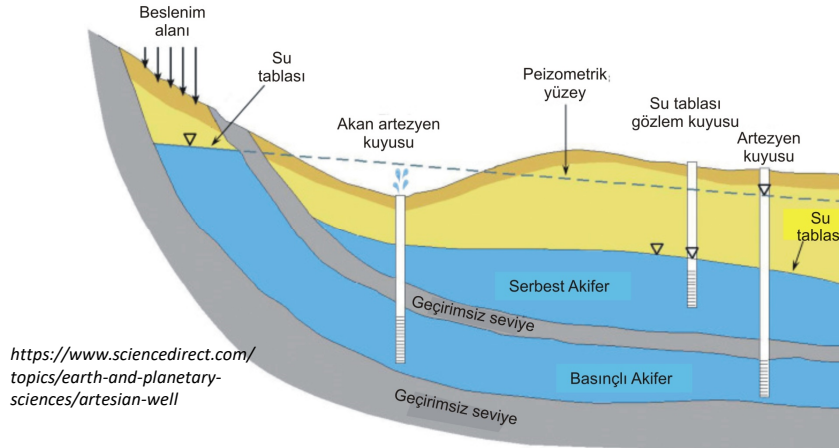
### Yeraltı suyunun yeryüzündeki dağılımı



Yeraltısuyunun dağılımı (Bear, 1979; Walker ve Moher, 1987'den).

Prof. Dr. R. Ulusay'ın JEO619 Şevlerin Duraylılığı ve Tasarımı ders notlarından

Dr. H. Sönmez –JEM719



<https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/artesian-well>

**Serbest akifer (Unconfined aquifer):** atmosferik basınç altında su tablası içeren akifer

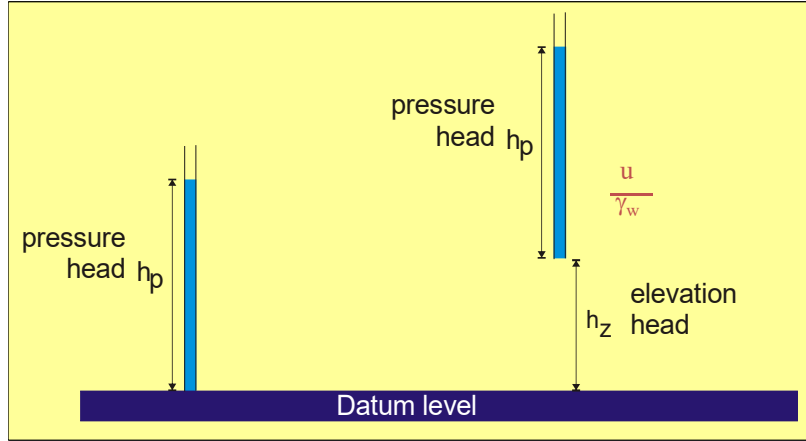
**Su tablası (Water table):** Doygun zon içinde açılan bir sondaj kuyusu içinde suyun yükseldiği seviye

**Basınçlı (Confined) akifer:** geçirimsiz birim ile örtülü olan ve su tablası basıncı birimin üzerine yükselen akifer

**Peizometrik yüzey (Potentiometric surface):** Basınçlı akiferde suyun yükseldiği seviye

Dr. H. Sönmez –JEM719

## Akış Ağı (Flow Net) Kavramı ve Şevlerde Yeraltı Suyu Akışı



Yük (Head): birim ağırlık için potansiyel enerji

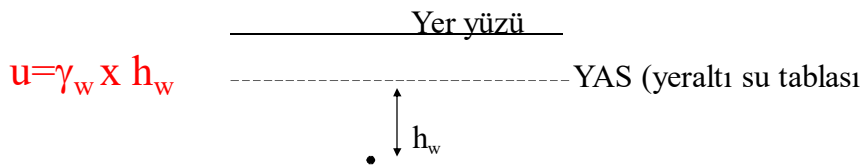
Hidrolik yük: birim su ağırlığı için potansiyel enerji

$$\text{Toplam yük (Total head)} (H) = h_z + h_p + \frac{v^2}{2g} \quad (\text{Bernoulli prensibi})$$

Dr. H. Sönmez –JEM719

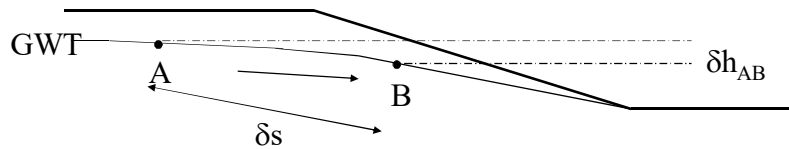
## Su tablasının altında gözenek suyu basıncı (pore water pressure)

- Su basıncı statik olabilir (su tablasına uzanan her noktada su yükü aynı).



- Belirli bir hidrolik eğim altında akabilir (su tablasına uzanan noktalarda su yükü farklı. Su yüksek potansiyelden düşük potansiyele akar)

$$i = (\delta h_{AB} / \delta s)$$



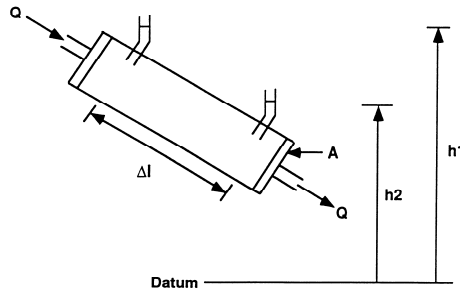
Dr. H. Sönmez –JEM719



### Kararlı durum (Steady State Condition) nedir?

- Toprak içinde su akışı **yok**
- Zamana bağlı olarak gözenek suyu basıncında değişim **yok**

**Eğer iki nokta arasında su yükü farkı varsa (su seviyeleri referans düzleme –datum- göre farklı yükseklikteyse) yüksek potansiyelden düşük potansiyele doğru su akışı olur.**



$$h_1 > h_2$$

$$V = -K (\Delta h / \Delta L)$$

$$V = -K i$$



$$Q = VA$$

$$Q = -KA(dh/dL)$$

$$Q = AKi$$

A: suyun akışına dik kesit alanı

K: permeabilite

i: hidrolik eğim

Dr. H. Sönmez –JEM719



### DARCY YASASI

- ✓ Gözenekli bir ortamda suyun akış hızı, yük kaybı ile doğru, suyun aktığı yolun uzunluğuyla ters orantılıdır.
- ✓ Laminar akış için geçerlidir.
- ✓ Ortalama akış hızı hidrolik eğim ( $i = \Delta h / \Delta L$ ) ile doğru orantılıdır.
- ✓ *Doğrusal orantı sabiti* permeabilite katsayısı (K) olarak isimlendirilir.
- ✓ Homojen kil geçirimsiz kabul edilirken, kum ve çakıllar ise geçirimlidir.

$$Q = kiA$$

“permeabilite” [cm/s]

Hidrolik eğim

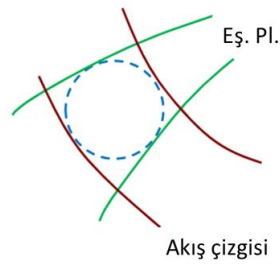
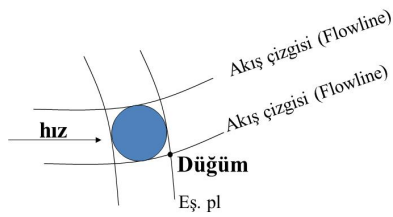
Akışa dik esit alanı

Dr. H. Sönmez –JEM719

## Akış Ağları (Flow Nets)



1. Akış çizgileri (Flowlines) ve eş potansiyeller bir birine diktir  $\perp$ .
2. Akış çizgileri paraleldir (Laminar akış koşulu).
3. Akış çizgileri ile eş potansiyeller arasındaki gridler, dik açılarla birbirlerini kesen kareye benzer şekilde olmalıdır. Yani içine çizilecek daire dört kenarında teğet geçmelidir.
4. İki akış çizgisi arasındaki kanallar boyunca aynı akış vardır.



Dr. H. Sönmez –JEM719

## Sızma Miktarı (q)



$$q = kh_L \frac{N_f}{N_d}$$

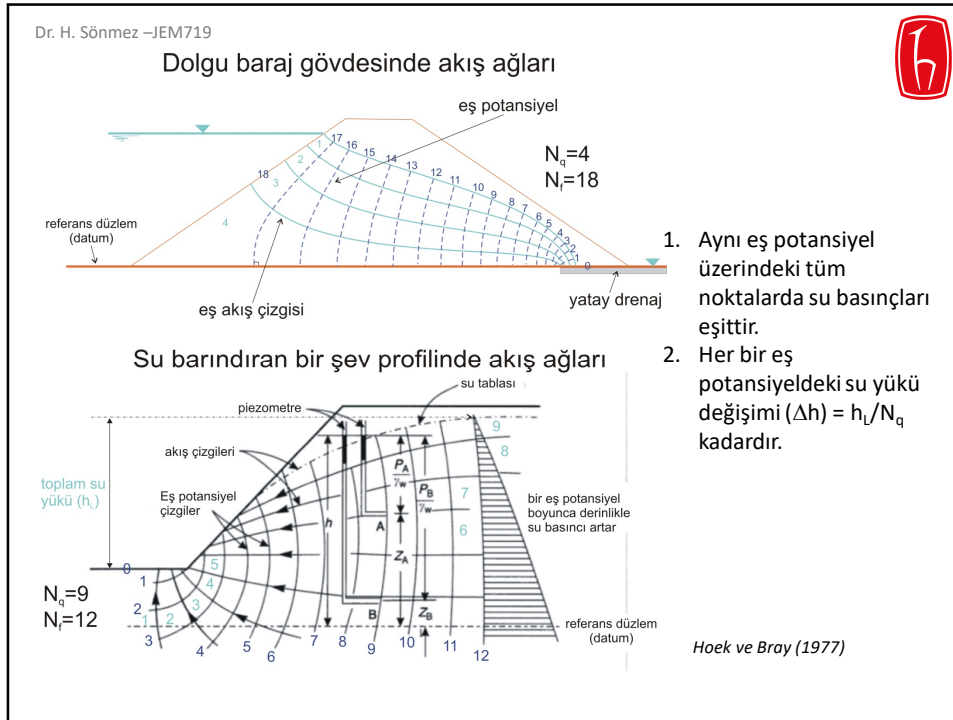
Akım çizgileri sayısı

Eş potansiyel çizgileri sayısı

hidrolik yük farkı

### Kazı Şevleri



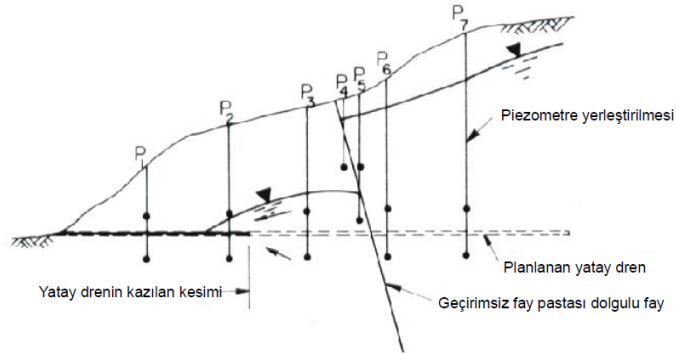


Dr. H. Sönmez –JEM719

## Şevlerde Yeraltı Suyu Akışının Yapısal Unsurlara İlişkin Değişimi ve Su Basıncı Değişimi



Kaya kütlelerinde fayların varlığı şevlerde hem de su akışını, hem de su basıncını dramatik şekilde etkiler ve düşük geçirgenliğe sahip fay zonlarında su basınçları oldukça yüksektir. Faylara yakın olan çok kırıklı ve breşik zonlar ise, akış hatları şeklinde işlev görürler



Fayların ve drenajın şevlerdeki yeraltı suyu üzerindeki etkilerine örnekler (CANMET, 1997a)

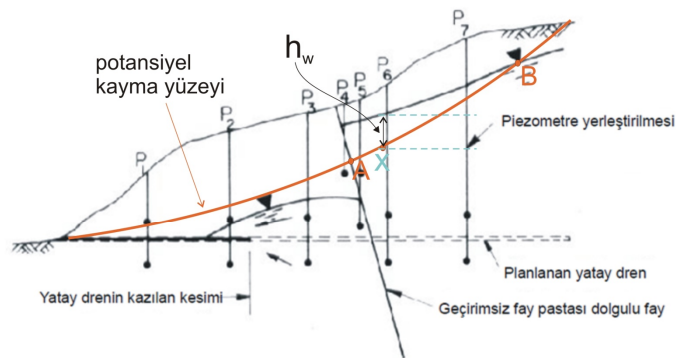
Prof. Dr. R. Ulusay'ın JEO619 Şevlerin Duraylılığı ve Tasarımı ders notlarından

Dr. H. Sönmez –JEM719

## Şevlerde Yeraltı Suyu Akışının Yapısal Unsurlara İlişkin Değişimi ve Su Basıncı Değişimi



**Örneğin:**

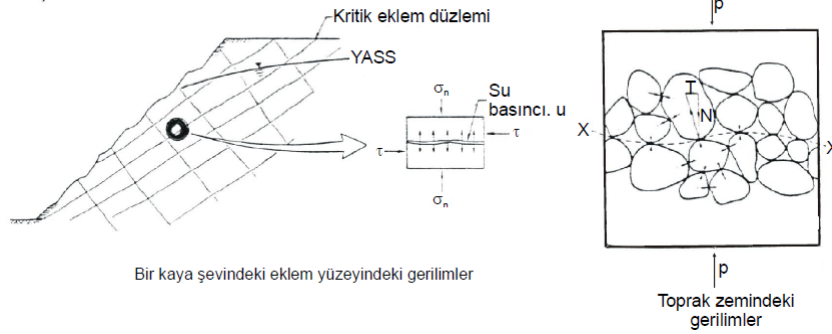


Kayma yüzeyinin sadece A ile B arasındaki bölümüne su basıncı etkir !

kayma yüzeyindeki x noktasına etkiyen su basıncı  $u_x = h_w \cdot \gamma_w$

Dr. H. Sönmez –JEM719

## Yeraltı suyunun Şev Duraylılığına Etkileri



Kaya şevindeki süreksizliğe ve toprak şevlerinde tanelere etkileyen su basıncı

Toplam gerilme  $\rightarrow \sigma$

Efektif gerilme (tanelere etkileyen gerilme)  $\rightarrow \sigma'$

$$\tau = c + \sigma_n \tan \phi \quad (\text{Toplam gerilme türünde makaslama dayanımı})$$

$$\tau' = c' + \sigma'_n \tan \phi' \quad (\text{Efektif gerilme türünde makaslama dayanımı})$$

$$\sigma' = \sigma - u$$

Dr. H. Sönmez –JEM719

## Yeraltı suyunun şev duraylılığı üzerindeki etkileri



1. Potansiyel kayma yüzeyinde drenajla birlikte etkin gerilme gelişmesi nedeniyle yüzeye etkileyen normal gerilmede azalmaya neden olur.
2. Potansiyel kayma yüzeyi üzerindeki kütlelerinin birim hacim ağırlığında artışa neden olur.
3. Kilce zengin malzemelerde dağılmalara neden olur.
4. Suyun etkisi ile malzemenin makaslama dayanımı azalır.
5. Gevşek ve ince taneli ve kohezyonlu (veya düşük kohezyonlu) zeminlerde sismik etki altında makaslama dayanımının azalmasına ve hatta zeminin sıvılaşmasına kadar uzanan etkilere neden olabilir.

### Gözenek Suyu Basıncı Oranı ( $r_u$ )

Pek çok durumda analizi yapılacak şev profili için yeterli gerçekçilikte yenilme yüzeyi boyunca etkileyecek su basıncının (YASS'ın konumuna göre) belirlenmesi zorluklar yaratabilmektedir. Bu nedenle su basıncının etkisini analizlere yansıtma amacıyla gözenek suyu basıncı oranının ( $r_u$ ) sıklıkla kullanılabilir.

Dr. H. Sönmez –JEM719



Artışmet prensibine göre; yukarı yöndeki kaldırma kuvveti yer değiştiren suyun hacmine, diğer bir ifadeyle kayan kütleinin su tablasının altında kalan bölümünün suyun birim hacim ağırlığıyla çarpımına eşittir. Bu tanıma göre  $r_u$ :

$$r_u = \frac{\text{Kayan kütleinin su altındaki kısmının hacmi (W_1) x \gamma_w}{\text{Kayan kütleinin hacmi (W_2) x \gamma_s}$$

Suyun birim hacim ağırlığını zeminin birim hacim ağırlığının yaklaşık 2 katı olduğu kabul edildiğinde  $\gamma_w = \frac{1}{2} \gamma_s$

$$r_u = \frac{A_1 \times \gamma_s \times \gamma_s}{2 \times A_2 \times \gamma_s \times \gamma_s} = \frac{A_1}{2 A_2}$$

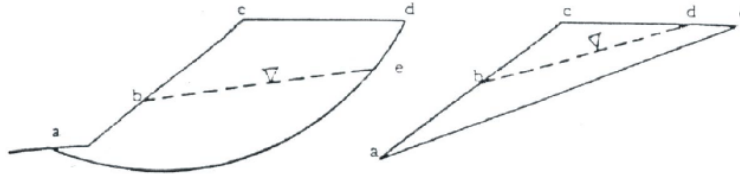
Yukarıdaki ilişkide: A1 kayan kütleinin su tablası altında kalan kısmının kesit alanı, A2kayan kütleinin tamamının kesit alanıdır.

$r_u$  kayma yüzeyi boyunca etkin gerilmeyi  $(1-r_u)$  kadar azaltır. Bu durumda normal kuvvet (N):

$$N = (1 - r_u) W \cos \alpha$$

Prof. Dr. R. Ulusay'ın JEO619 Şevlerin Duraylılığı ve Tasarımı ders notlarından

Dr. H. Sönmez –JEM719



$$r_u = \frac{\text{(abea) alanı}}{2 \times \text{(abcdea) alanı}}$$

$$r_u = \frac{\text{(abdea) alanı}}{2 \times \text{(abcdea) alanı}}$$

Dairesel ve düzlemsel kayma yüzeyleri için gözenek suyu basıncı oranının belirlenmesi (Huang, 1983)

**Önemli Hatırlatma:** Su basıncı kayma yüzeyine her zaman dik etkir.

Prof. Dr. R. Ulusay'ın JEO619 Şevlerin Duraylılığı ve Tasarımı ders notlarından



Dr. H. Sönmez –JEM719

Farklı şev duraysızlık modelleri için analizlerde yeraltı suyu koşullarının değerlendirilmesine ilişkin kılavuz (Bell, 1981)



DURAYSIZLIK MODELİ		AÇIKLAMALAR
1. DAİRESEL KAYMA		<ul style="list-style-type: none"> <li>Her bir dilim için etkin normal gerilme (<math>\sigma'</math>) hesaplanır.</li> <li>Her bir dilim için etkin makaslama dayanımını belirlenir ve girdi olarak kullanılır.</li> </ul>
2. DAİRESEL KAYMA		<p>1.'deki aşamalar geçerlidir.</p> <p>Değişik şev duraysızlığı türleri için yapılan analizlerde yeraltısuyu koşullarının etkisi değerlendirilmesinde izlenecek yol Şekil 3.53'te özet olarak verilmiştir.</p> <p>on</p> <p>on etkisi de dikkate alınır.</p>
3. DÜZLEMSEL KAYMA		<ul style="list-style-type: none"> <li>Kayma yüzeyine etkiyen YASS basıncı dağılımı tanımlanır.</li> <li>Su tarafından oluşturulan toplam kuvvet hesaplanır.</li> <li><math>\sigma'</math> ile efektif makaslama dayanımı hesaplanır.</li> <li>Eğer varsa, tansiyon çatlağı ve hidrolik kaydırıcı kuvvetler de dikkate alınır</li> </ul>

Prof. Dr. R. Ulusay'ın JEO619 Şevlerin Duraylılığı ve Tasarımı ders notlarından

Dr. H. Sönmez –JEM719

Farklı şev duraysızlık modelleri için analizlerde yeraltı suyu koşullarının değerlendirilmesine ilişkin kılavuz (Bell, 1981)

(Devam ediyor)

4. KAMA TÜRÜ KAYMA		Her iki yüzey için 3'deki aşamalar geçerlidir.
5. ÇOK YÜZEYLİ KAYMA		<ul style="list-style-type: none"> <li>3 ve 4'deki genel ilkeler geçerlidir.</li> <li>Her bir süreksizlik için etkin gerilme veya hidrolik kaydırıcı kuvvetler uygulanabilir.</li> </ul>

**Önemli Hatırlatma:** Su basıncı kayma yüzeyine her zaman dik etkir.

Prof. Dr. R. Ulusay'ın JEO619 Şevlerin Duraylılığı ve Tasarımı ders notlarından