

## 14. ZEMİNLERDE SUYUN HAREKETİ

### Geçirimsizlik (Permeabilite)

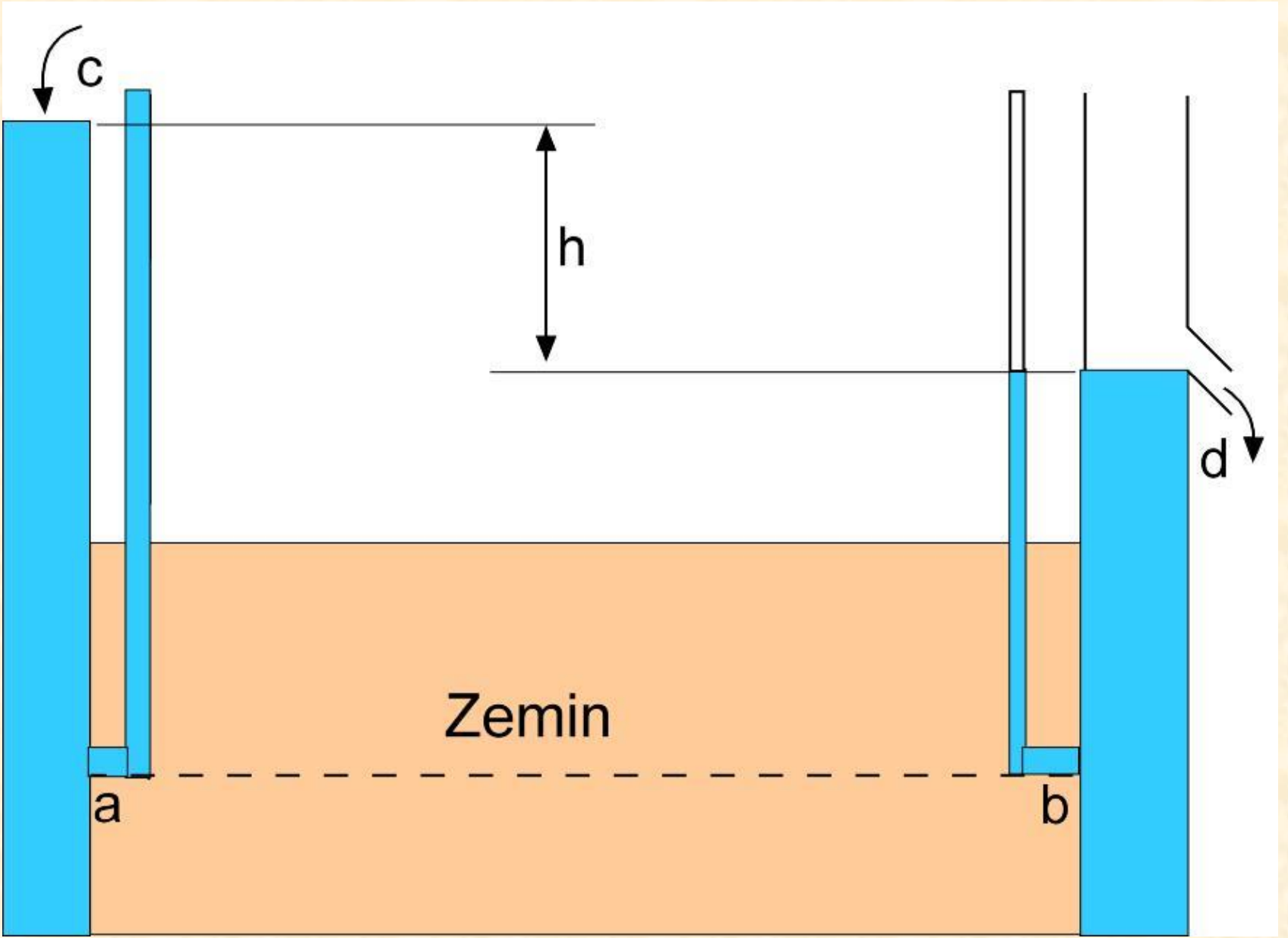
Zemin taneleri arasındaki boşluklar irtibatlı olup, suyun akışına izin verir. Suyun hareketi genel hidrolik kanunlarına uygun olarak sürer.

Genel olarak zemindeki suyun hareketini veren bağıntılar 4 amaç için geliştirilmiştir:

1. Sızıntı miktarının hesaplanması
2. Akım bölgesinin belirlenmesi
3. Akım anında zeminde duraylılık
4. Geçici akım şartlarında zeminin davranışı

Zemin boşluklarında suyun hareketini; yerçekimi, kılcallık (kapilarite), buz oluşumu ve uygulanan dış basınçlar sonucu meydana gelen hidrostatik kuvvetler sağlar.

Zemindeki suyun bu etkenlerle meydana gelen hareketine sızma (seepage) denir. Sızmanın birimine geçirimsizlik katsayısı adı verilir ve  $k$  ile gösterilir.



Şekil 14.1. Zemin içinde suyun hareketi

Şekilde c noktasından su verildiğinde bir süre sonra zemindeki akım nedeniyle d' den su akmaya başlar.

Burada suyun akmasına neden olan eğim "h" yüksekliğidir.

d noktasından birim zamanda geçen su miktarına "geçirimsizlik katsayısı" adı verilir.

Geçirimsizliği etkileyen faktörler şunlardır:

1. Zemin boşluklarının şekli
2. Suyun viskozitesi
3. Suyun ısısı
4. Zemin boşluklarındaki hava miktarı
5. Tabakaların durumu
6. Suyun kimyasal bileşimi

## Darcy yasası

Zemindeki boşluklardan geçen suyun hızı,

$$V = k.i$$

$q = k.i.A$  eşitliği ile hesaplanır.

Zeminlerde geçirimsizlik katsayısı değişik yöntemlerle belirlenir.

### A- Laboratuvarda

1. Sabit seviyeli permametre ile (iri zeminlerde)
2. Düşen seviyeli permametre ile (ince taneli zeminlerde)
3. Yatay kılcallık
4. Diğer fiziksel özelliklerden yararlanarak hesaplama
5. Odometre ve üç eksenli deneylerden dolaylı olarak hesaplama

### B- Arazide

1. Dışa pompalama
2. İçer pompalama

Çizelge14.1. Casagrande geçirimlilik çizelgesi

k (cm/s)	$10^2$	$10^1$	$10^0$	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$	$10^{-8}$	$10^{-9}$
Geçirimlilik sınıfı	Aşırı geçirimli		İyi drenaj özelliği				Drenaj güç			Geçirimsiz		
Zemin türü	İri ve temiz çakıl		Temiz kum, kum ve çakıl karışımları			Çok ince kum; organik silt, kum-silt-kil karışımı ve tabakalı killer			Ayrışma bölgesinin altında homojen killer			
Zemin sembolü	GP	GW	SP	SW	GM	SM	SC			CL	CH	
Doğrudan ölçüm	Arazide doğrudan ölçümle											
	Sabit seviyeli permametre ile											
	Düşen seviyeli permametre ile											
Dolaylı (Hesap, deney)	Tane dağılımı, gözeneklilik ile hesap											
	Yatay kılcılık deneyi ile									Konsolidasyon ve üç eksenli deneyden		

## Geçirimliliğin (permeabilite) hesapla bulunması

Özellikle kumda geçirimliliğin hesaplanmasında tane boyları belirlenerek granülometri özelliğinden yararlanır.

**Allen Hazen bağıntısı**  $k = \frac{0.70 + 0.3t}{86400} CD_{10}^2$

$t = C^\circ$  olarak ısı derecesi

$C = 100-150$  arasında değişen sabit bir sayı  $C = 150 \left( \frac{n}{0.45} \right)^6$

$D_{10}$  = Ağırlıkça %10' dan geçen etkili tane çapı

$k = \text{cm/s}$

**Terzaghi bağıntısı:**  $K = e^2 \cdot D_{10}^2 \cdot 200$

**Kapiler yükseklik:**  $h_c = \frac{c}{e \cdot D_{10}}$

## Gerçek süzülme hızı:

Zeminde akan suyun hızı, süzülme hızı veya filtre hızı olarak tanımlanır. Süzülme zeminin boşluk oranı  $0.70 < e < 0.86$  arasında ise meydana gelir.  $V = ki$  dir.

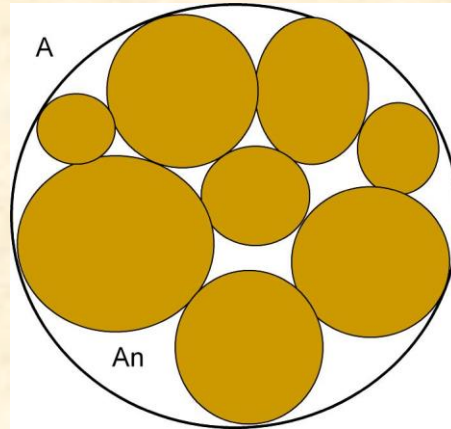
Ancak suyun hesaplanan hızı zemin içindeki gerçek hızından daha küçüktür. A toplam alan ise  $A_n$  boşluk alanıdır (Şekil 22).

$A_n < A$  dir.

$$V = Q / A$$

$V_{gerçek} > V_{filter}$

$V_{gerçek} = V_{filter} / n$



Şekil 14.2. Toplam alan (A) ve boşluk alanı( $A_n$ )



## Kritik hidrolik eğim ve kaynama:

Kuyulardan su alma ve drenaj problemlerinde yararlanır. Temel çukurlara su dolması sırasında meydana gelen önemli problemlerin çözümünde kullanılır.

Basınç doğrusunun eğimi:

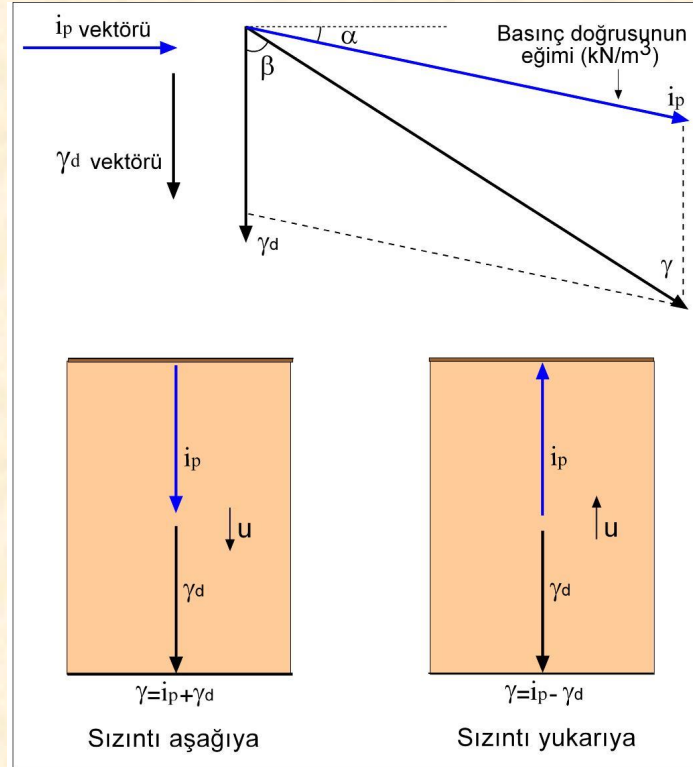
$$i = \frac{\Delta h}{L}$$

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

$$\Delta U_{A-B} = U_A - U_B$$

$$I_p = \frac{\Delta u}{L} = \frac{1}{L} \Delta h \cdot \gamma_w$$

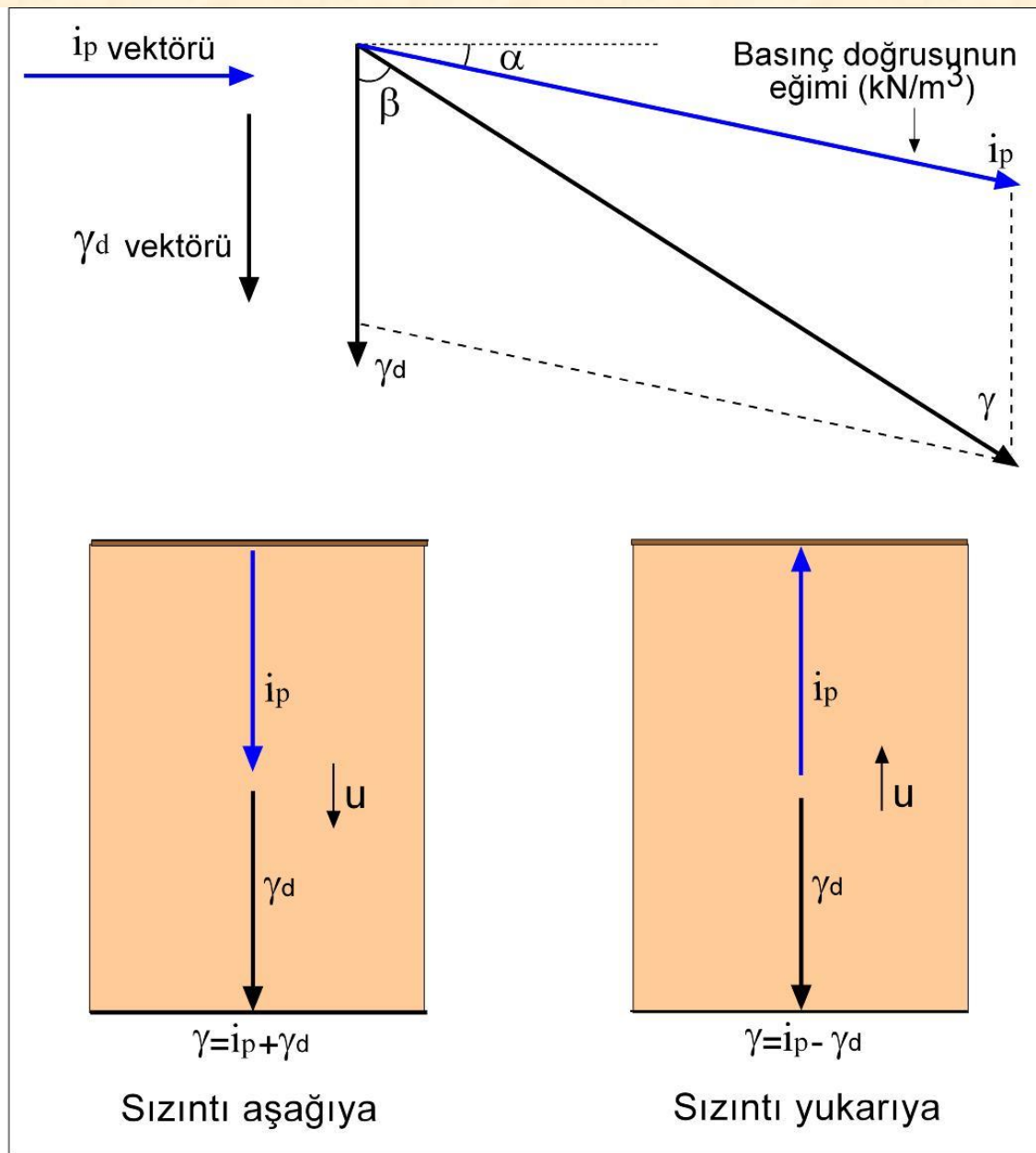
$$I_p = i \cdot \gamma_w \quad \text{kN/m}^3$$



Vektör olan  $i_p$  kendisi ile aynı birime sahip zeminin birim hacim ağırlığını bir bileşke vektöre götürür. Bu bileşke vektöre zeminin etkin birim hacim ağırlığı denir (Şekil 14.3).

Eğer sızıntı aşağıya doğruysa  $i_p$  ile  $\gamma_d$  aşağıya doğrudur (Şekil 14.3).





Şekil 14.3. Sızıntının aşağıya ve yukarıya doğru olmasında  $\gamma_d$  ve  $i_p$

Eğer sızıntı yukarıya doğruysa  $i_p$  ile  $\gamma_d$  zıt yönlüdür. İçindeki suyun hareket halinde olduğu zeminde hidrolik eğim öyle bir değer alır ki; o değerde zeminin etkin birim hacim ağırlığı sıfır olur. Zeminin etkin birim hacim ağırlığı sıfır olursa tanelerin birbirleriyle olan teması sona erer ve zeminin taşıma gücü kaybolur ve çöker. Yani kritik hidrolik eğime gelindiğinde zemin dış kuvvetlere karşı dayanım gösteremez. Bu durumda zeminin üstündeki yapı göçer buna "**hidrolik zemin göçmesi**" denir.

Zeminin sızıntı durumuna bağlı birim hacim ağırlığı Çizelge 14.2 da verilmiştir.

Çizelge 14.2. Zeminin sızıntıya bağlı birim hacim ağırlığı

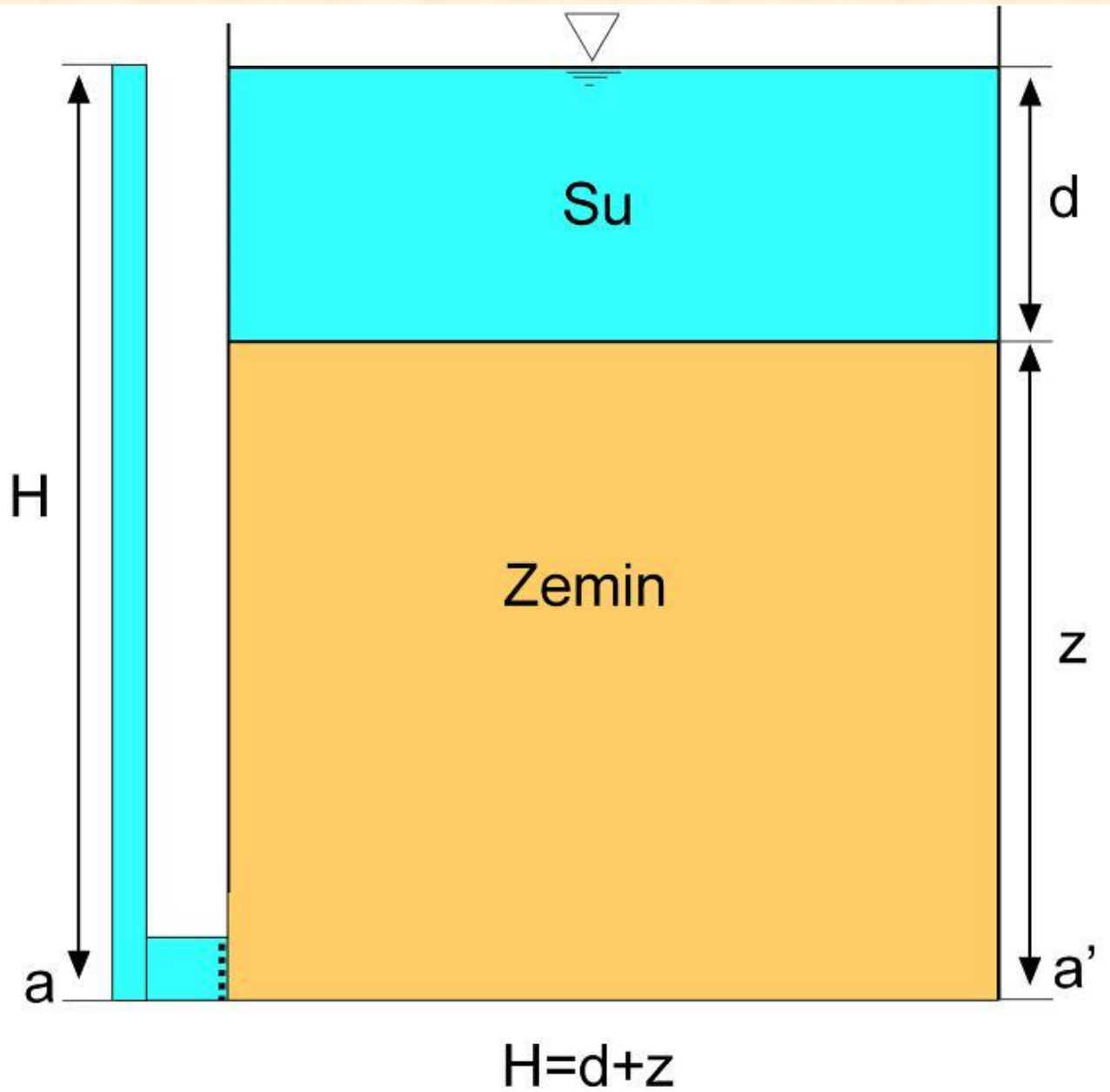
Zeminin durumu	$\gamma$
Kuru	$\gamma = \gamma_d$
Su altında (sızma yok)	$\gamma = \gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$
Sızıntı aşağıya	$\gamma = \gamma_{sat} + i_p$
Sızıntı yukarıya	$\gamma = \gamma_{sat} - i_p$

$$\gamma_d - I_p = \gamma$$

$$\gamma_d - \frac{\Delta h}{L} \gamma_w = 0$$

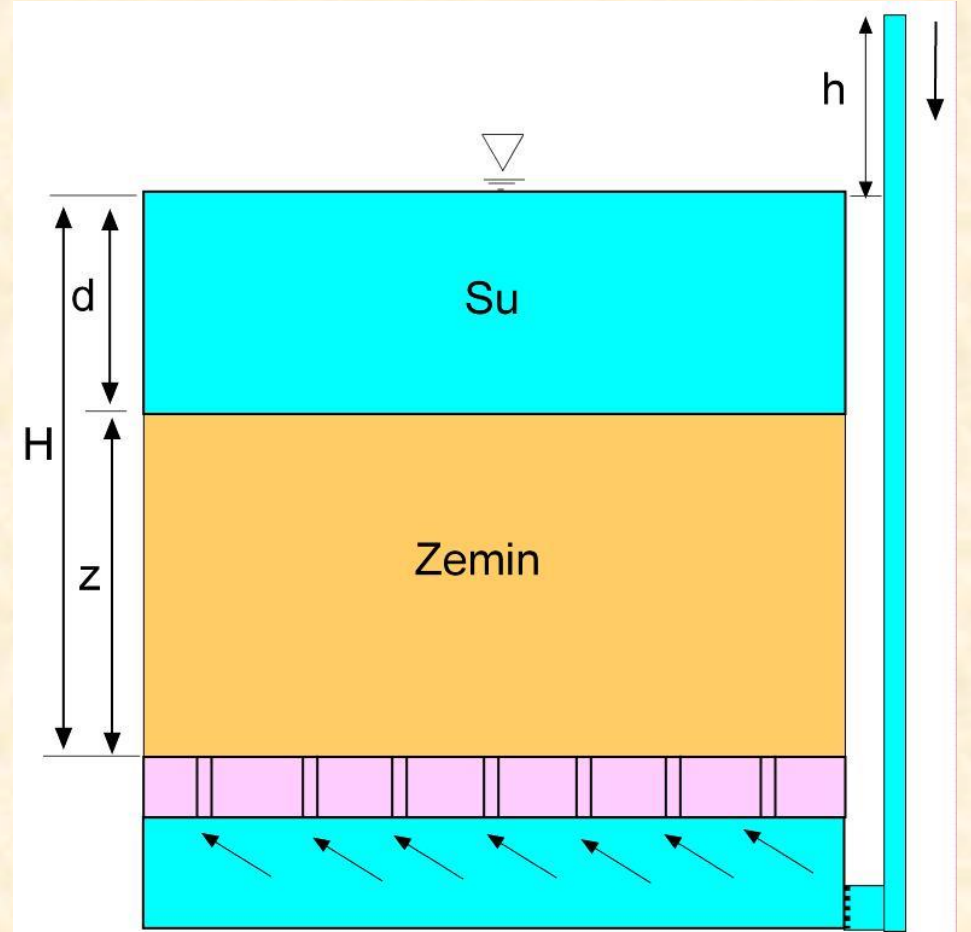
$$\gamma_d = i \cdot \gamma_w$$

$$i = \frac{\gamma_d}{\gamma_w}$$



Şekil 14.4. Hidrolik eğim

Zeminde akım şartlarını yandaki borudan yükü artırarak sağlarsak bu durumda boşluk suyu basıncının akımı oluşturan hidrolik eğim teriminide kapsamayı gerekecektir. Suyun borudan gelerek zemin içinden yukarıya doğru sızdığı düşünülürse diğer şartlar değişmediğinden boşluk suyu basıncı artışı  $\Delta u = h \cdot \gamma_w$  olacaktır.



Şekil 14.5. Hidrolik eğimin ek su ile artışı

$$\Delta u = i.z.\gamma_w \quad i = \frac{h}{L} \quad h = iz$$

Artan;  $\Delta u = h.\gamma_w = i.z.\gamma_w$   
 Önceden;  $Ua-a = (d+z)\gamma_w$   
 Sonradan;  $\Sigma Ua-a' = d.\gamma_w + z.\gamma_w + i.z.\gamma_w$   
 $\sigma a-a = d.\gamma_w + z.\gamma_d$

$$\sigma^1 = \sigma a - a - \Sigma U a - c = d\gamma_w + z\gamma_d - d\gamma_w + z\gamma_w + iz\gamma_w$$

$$\sigma^1 = z(\gamma_d - \gamma_w) - i.z.\gamma_w = 0$$

$$z(\gamma_d - \gamma_w) = i.z.\gamma_w$$

$$\gamma_d - \gamma_w = i.\gamma_w$$

$$\gamma_d - \gamma_w = \gamma_b$$

$$\dot{I}_{kririt} = \frac{\gamma_d - \gamma_w}{\gamma_w} = \frac{\gamma_b}{\gamma_w} = \frac{h}{z} = \frac{\Delta h}{l} = \frac{Gs - 1}{1 + e}$$

$u=\sigma$  olduğu anda taneler arasındaki temas kaybolur ve duraylılık bozular.

Düşey kuvvetler aşağıya doğru =  $\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$  x alan

Düşey kuvvetler yukarıya doğru =  $\gamma_{\text{sat}} + \gamma_w$  x alan

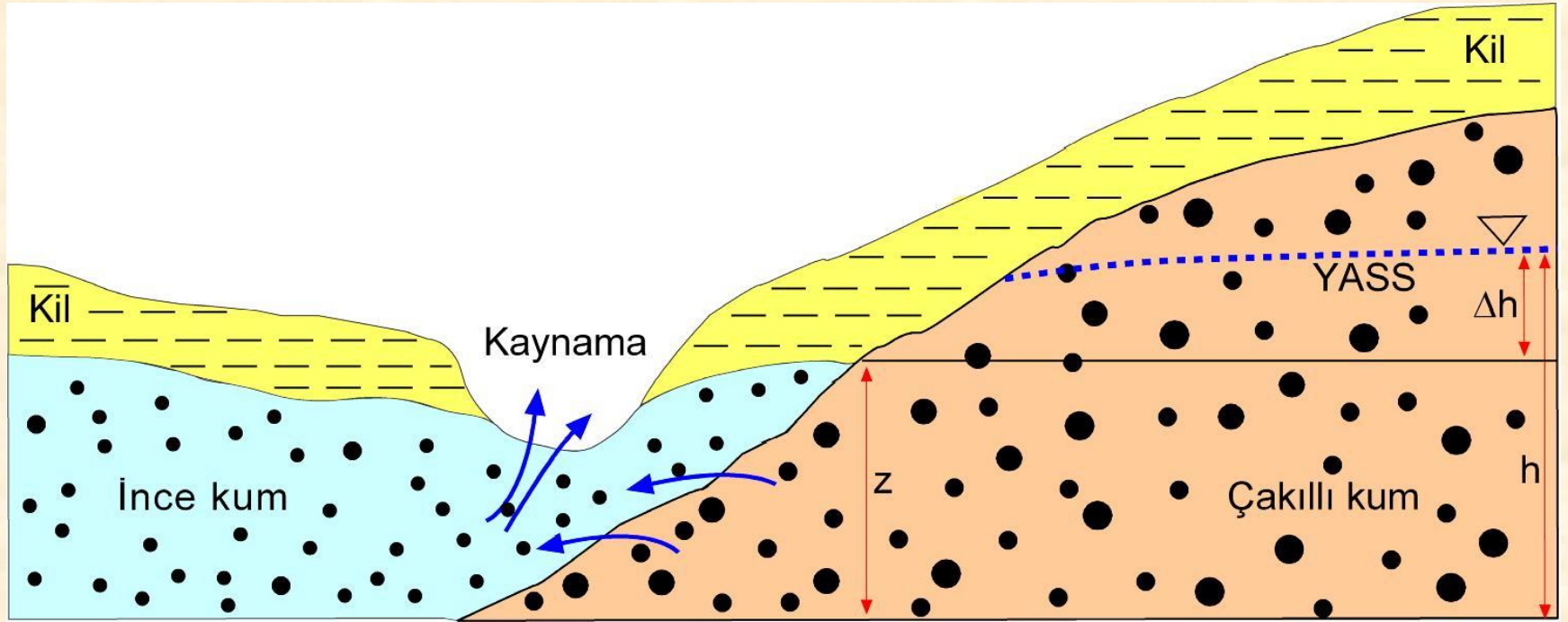
$$h\gamma_w A = \gamma_w \frac{G_s - 1}{1 + e} Az$$

$$i_{\text{kritik}} = \frac{h}{z} = \frac{G_s - 1}{1 + e}$$



# Zeminlerin kaynama özellikleri

Hidrolik eğim kritik değere ulaştığında duraylılık bozulur ve **kaynama** meydana gelir.



Şekil 14.6. Kumda kaynama

Zemin Türü

CH

GW,SW

Kaynama Yeteneği

yok

orta

## Filtre şartları

Filtre yada drenaj malzemesinin görevi;

1- Filtre ince malzemeyi korumalıdır.

2- Akan suyun belli bir hızla geçmesini sağlamalıdır. Filtre malzemesi için aşağıdaki şartlar bulunmalıdır.

*Not : D15-filtre, D85-zemin tane çapına aittir*

$$\frac{(D_{15})_f}{(D_{85})_s} < 4 - 5 \rightarrow \text{Kumun kaynamasını önler}$$

$$\frac{(D_{15})_f}{(D_{15})_s} > 4 - 5 \rightarrow \text{Yeterli permeabilite}$$

$$\frac{(D_{50})_f}{(D_{50})_s} < 25 \rightarrow \text{Yeterince büyük permeabilite}$$