

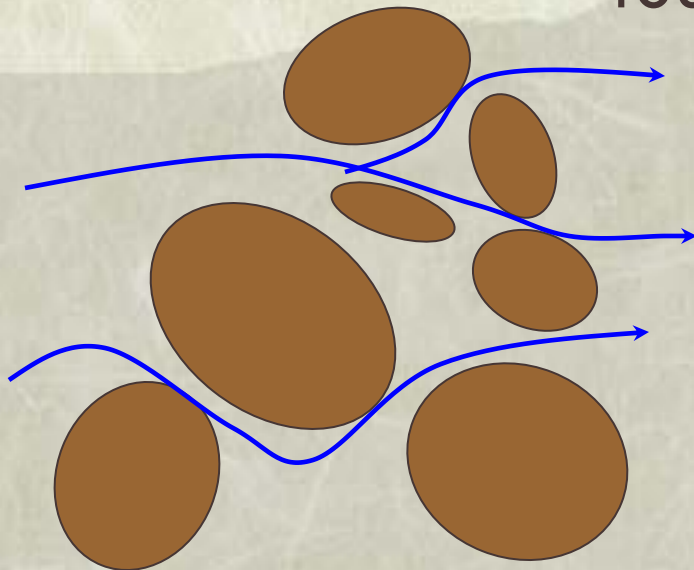
*Περατότητα και Διήθηση διαμέσου  
των εδαφών*

**Costas Sachpazis, (M.Sc., Ph.D.)**

Διάρκεια = 17 λεπτά

# *Τι είναι Περαιτότητα των εδαφών?*

Ένα μέτρο για το πόσο εύκολα ένα ρευστό (π.χ., νερό) μπορεί να περάσει μέσω ενός πορώδους μέσου (π.χ., του εδάφους).



## Χαλαρό έδαφος

- Ρέει εύκολα
- Υψηλή Περαιτότητα

νερό



## Πυκνό έδαφος

- Ρέει δύσκολα
- Χαμηλή Περαιτότητα

# Εξίσωση του Bernoulli

Η ενέργεια ενός ρευστού σωματιδίου αποτελείται από:

## 1. Κινητική ενέργεια

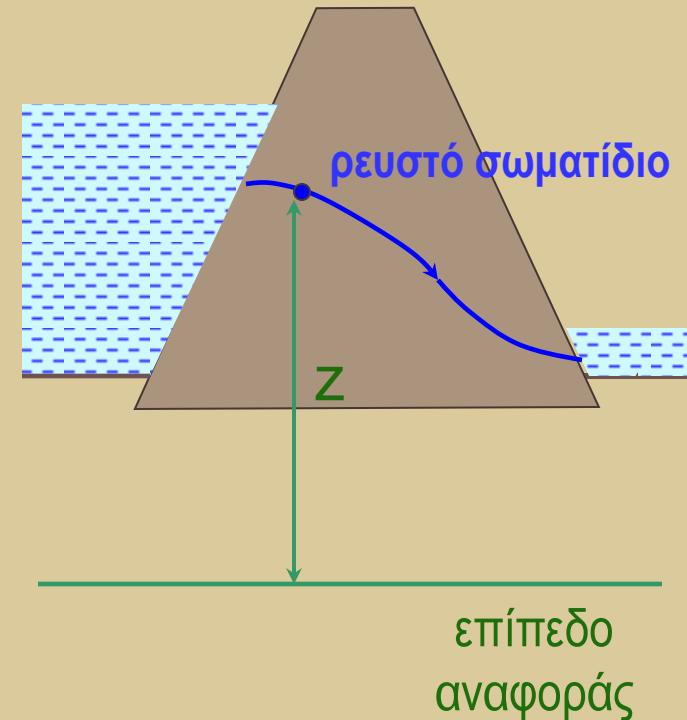
- λόγω της ταχύτητας

## 2. Ενέργεια παραμόρφωσης

- Λόγω της πίεσης

## 3. Δυναμική ενέργεια

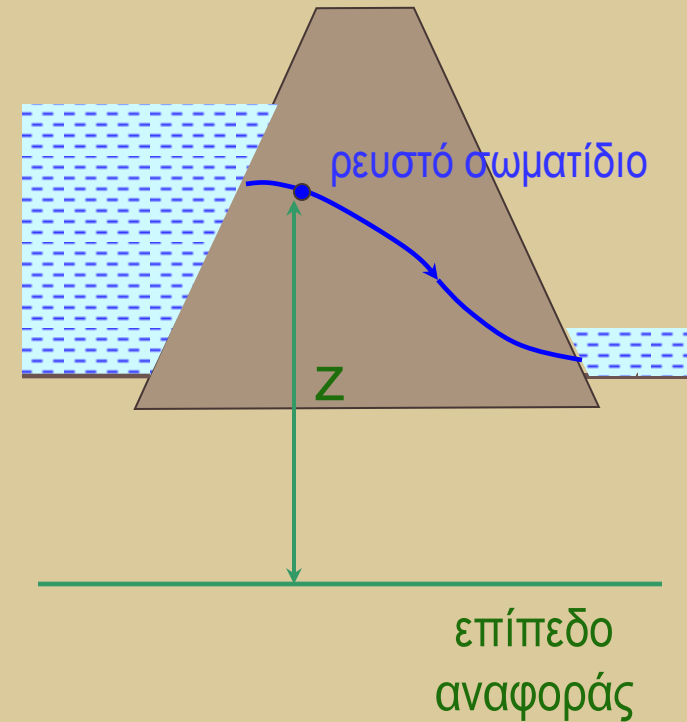
- Λόγω του υψομέτρου ( $z$ ) σε σχέση με ένα επίπεδο αναφοράς



# Εξίσωση του Bernoulli

Εκφράζοντας την ενέργεια σε μονάδες μήκους:

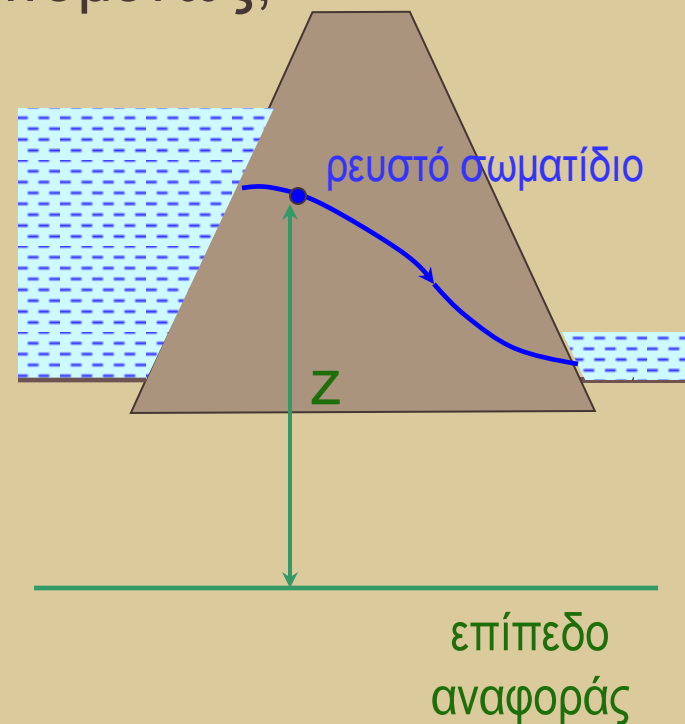
$$\text{Συνολικό Υδραυλικό Φορτίο} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Φορτίο Ταχύτητας} \\ + \\ \text{Φορτίο Πίεσης} \\ + \\ \text{Δυναμικό Φορτίο} \end{array} \right.$$



# Εξίσωση του Bernoulli

Για τη ροή μέσω των εδαφών, η ταχύτητα (και συνεπώς το φορτίο ταχύτητας) είναι πολύ μικρή. Επομένως,

$$\text{Συνολικό Υδραυλικό Φορτίο} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Φορτίο Ταχύτητας} \\ + \\ \text{Φορτίο Πίεσης} \\ + \\ \text{Δυναμικό Φορτίο} \end{array} \right.$$

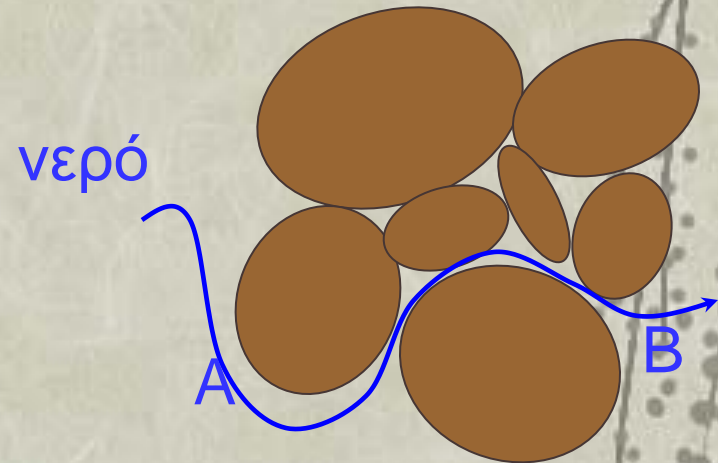


$$\text{Συνολικό Υδραυλικό Φορτίο} = \text{Φορτίο Πίεσης} + \text{Δυναμικό Φορτίο}$$

## Μερικές Σημειώσεις

Εάν η ροή γίνεται από το **A** προς το **B**, το Συνολικό Υδραυλικό Φορτίο είναι μεγαλύτερο στο **A** από ότι στο **B**.

Η ενέργεια εκτονώνεται στην υπερνίκηση της εδαφικής αντίστασης και ως εκ τούτου δημιουργείται απώλεια υδραυλικού φορτίου.



# Μερικές Σημειώσεις

Σε οποιοδήποτε σημείο μέσα στο καθεστώς ροής:

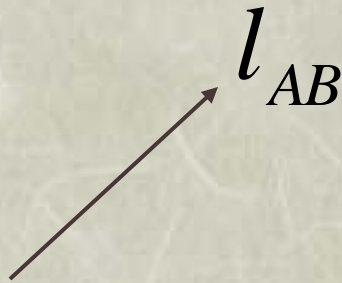
Φορτίο Πίεσης = πίεση νερού πόρων /  $\gamma_w$

Δυναμικό Φορτίο = ύψος επάνω από το επιλεγμένο επίπεδο αναφοράς

# Μερικές Σημειώσεις

Υδραυλική κλίση (i) μεταξύ των **A** και **B** καλείται η απώλεια του συνολικού υδραυλικού φορτίου ανά μονάδα μήκους ροής.

$$i = \frac{TH_A - TH_B}{l_{AB}}$$



μήκος AB, κατά μήκος της γραμμής ροής.

νερό





# Ο Νόμος του Darcy

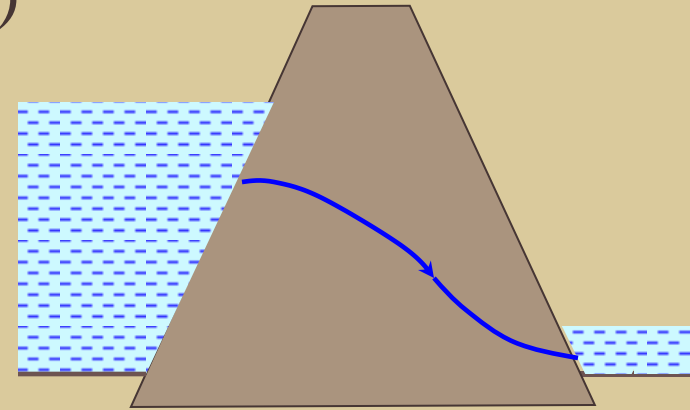
Η ταχύτητα ( $v$ ) της ροής είναι ανάλογη προς την υδραυλική κλίση ( $i$ ) - Darcy (1856)

$$v = k i$$

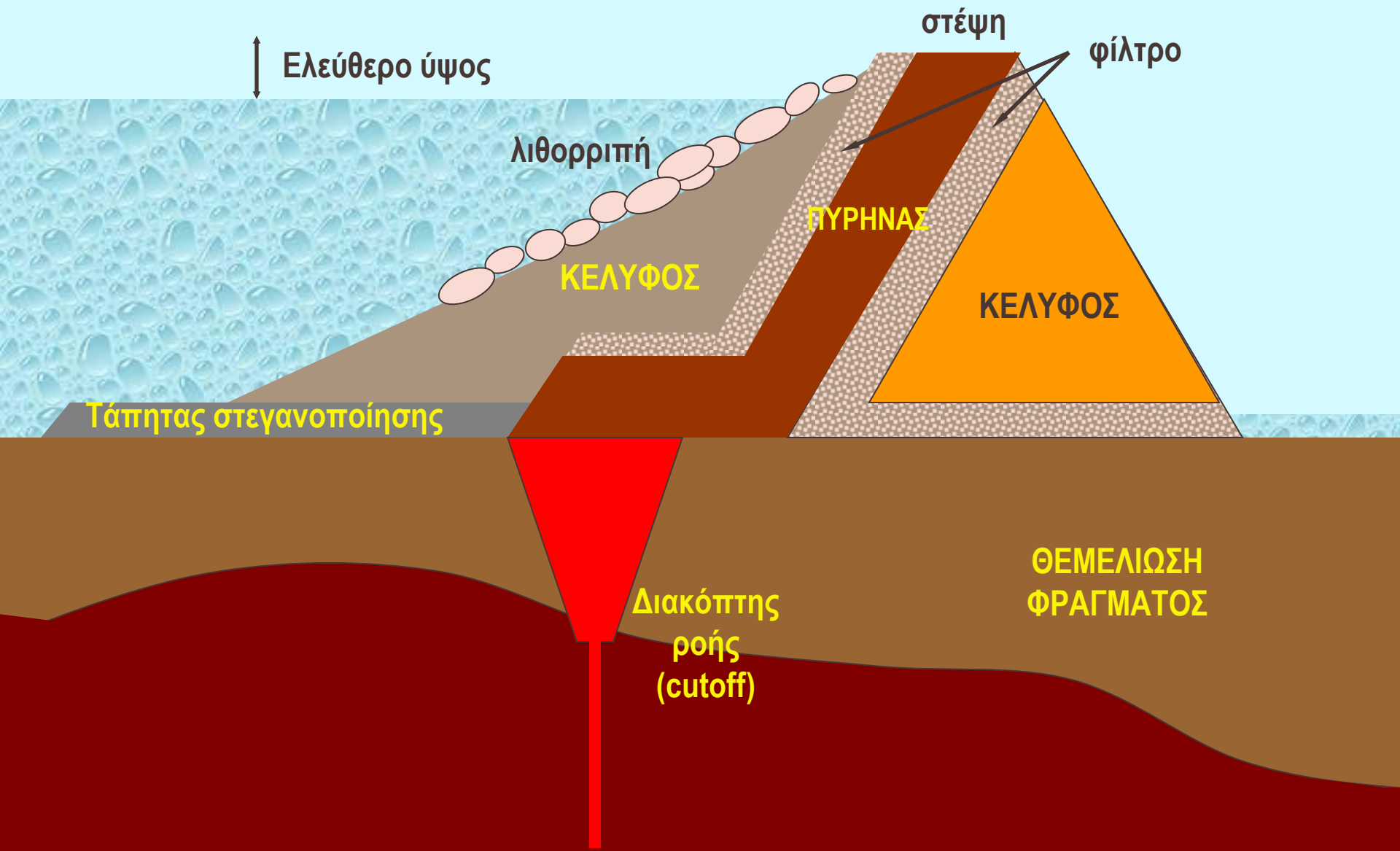


## Περατότητα

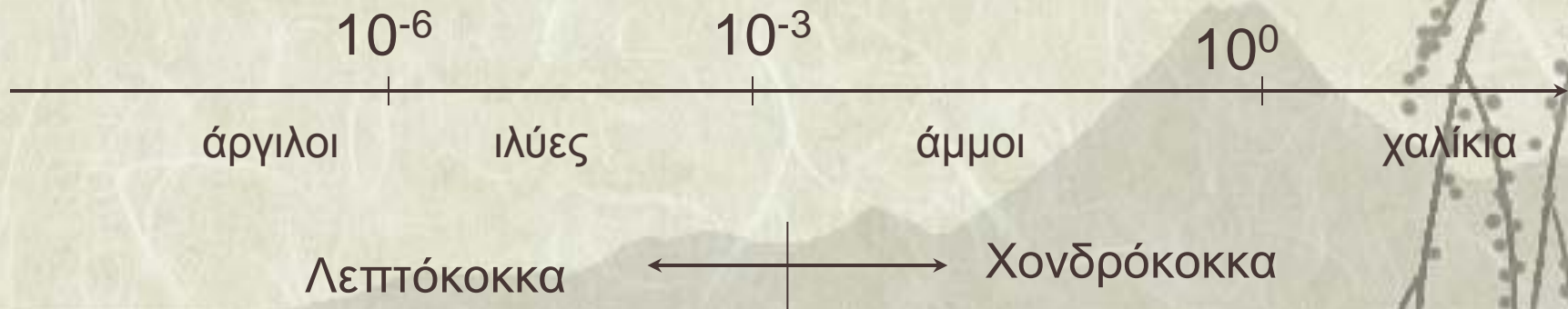
- ή υδραυλική αγωγιμότητα
- σε μονάδες ταχύτητας (cm/s)



# Μεγάλα Χωμάτινα Φράγματα



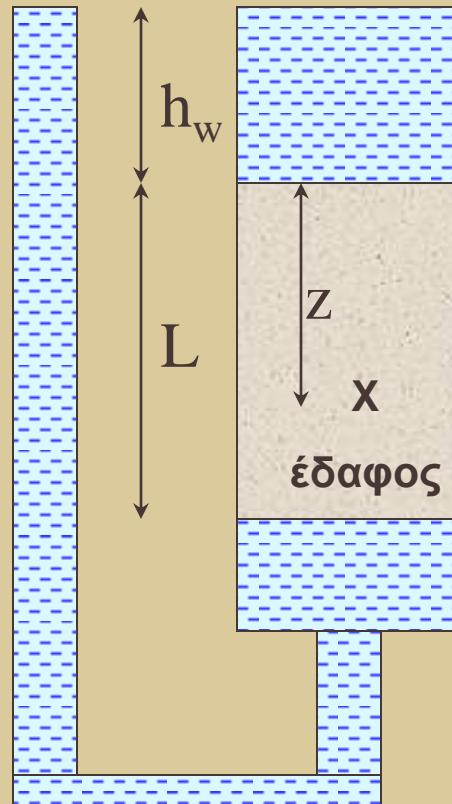
# Τιμές Συντελεστή Περατότητας ( $cm/s$ )



Για τα χονδρόκοκκα εδάφη,  $k = f(e \text{ ή } D_{10})$

# Τάσεις λόγω Υδραυλικής Ροής

## Στατικές Συνθήκες (Χωρίς ροή)



Στο X,

$$\sigma_v = \gamma_w h_w + \gamma_{sat} z$$

$$u = \gamma_w (h_w + z)$$

$$\sigma_v' = \gamma' z$$

# Τάσεις λόγω Υδραυλικής Ροής

## Ροή προς τα κάτω

Στο X,

$$\sigma_v = \gamma_w h_w + \gamma_{sat} z$$

... όπως στις στατικές συνθήκες

$$u = \gamma_w h_w + \gamma_w (L - h_L)(z/L)$$

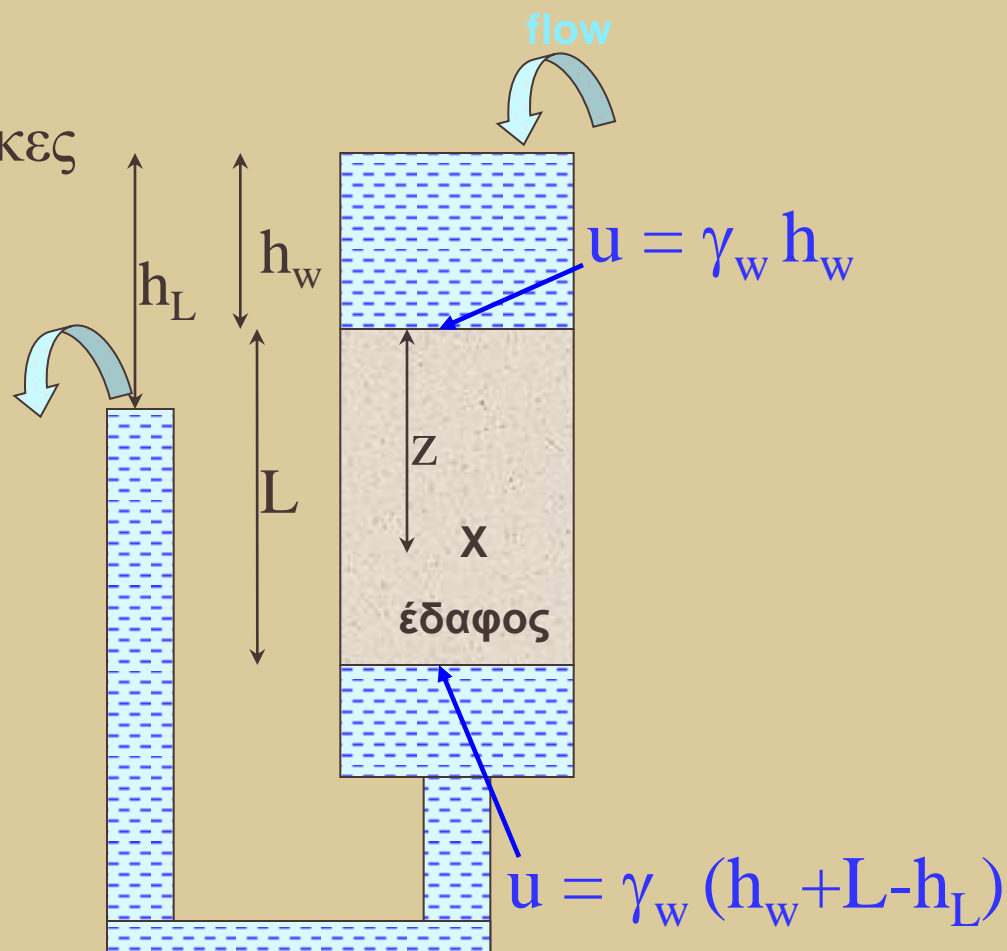
$$= \gamma_w h_w + \gamma_w (z - iz)$$

$$= \gamma_w (h_w + z) - \gamma_w iz$$

Μείωση λόγω της ροής

$$\sigma_v' = \gamma' z + \gamma_w iz$$

Αύξηση λόγω της ροής



# Τάσεις λόγω Υδραυλικής Ροής

## Ροή προς τα επάνω

Στο X,

$$\sigma_v = \gamma_w h_w + \gamma_{sat} z$$

... όπως στις στατικές συνθήκες

$$u = \gamma_w h_w + \gamma_w (L + h_L)(z/L)$$

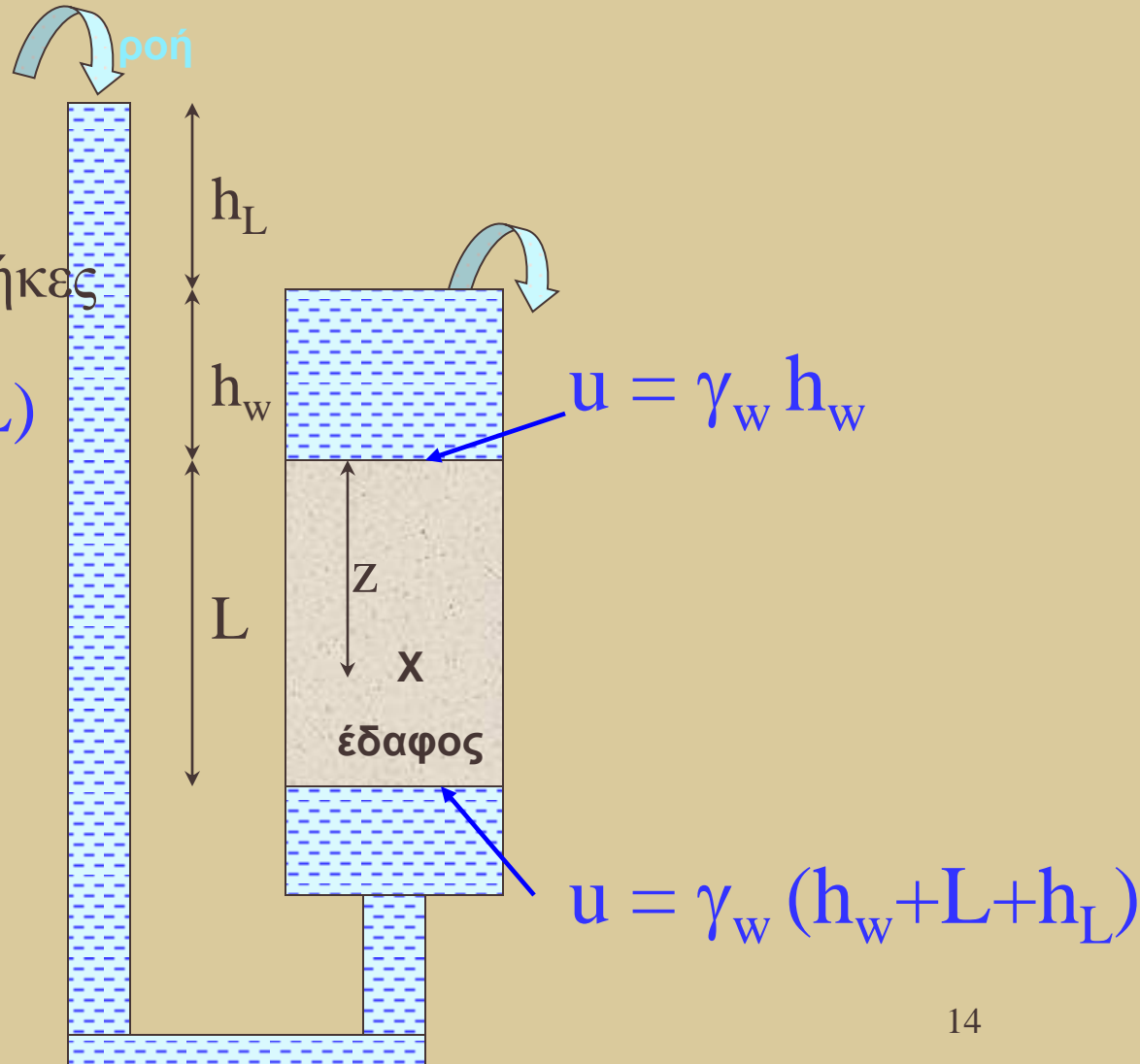
$$= \gamma_w h_w + \gamma_w (z + iz)$$

$$= \gamma_w (h_w + z) + \gamma_w iz$$

Αύξηση λόγω της ροής

$$\sigma_v' = \gamma' z - \gamma_w iz$$

Μείωση λόγω της ροής



# Συνθήκες Ρευστοποίησης στα Χονδρόκοκκα Εδάφη

Κατά την διάρκεια της προς τα επάνω ροής, στο X:

$$\sigma_v' = \gamma' z - \gamma_w i z$$

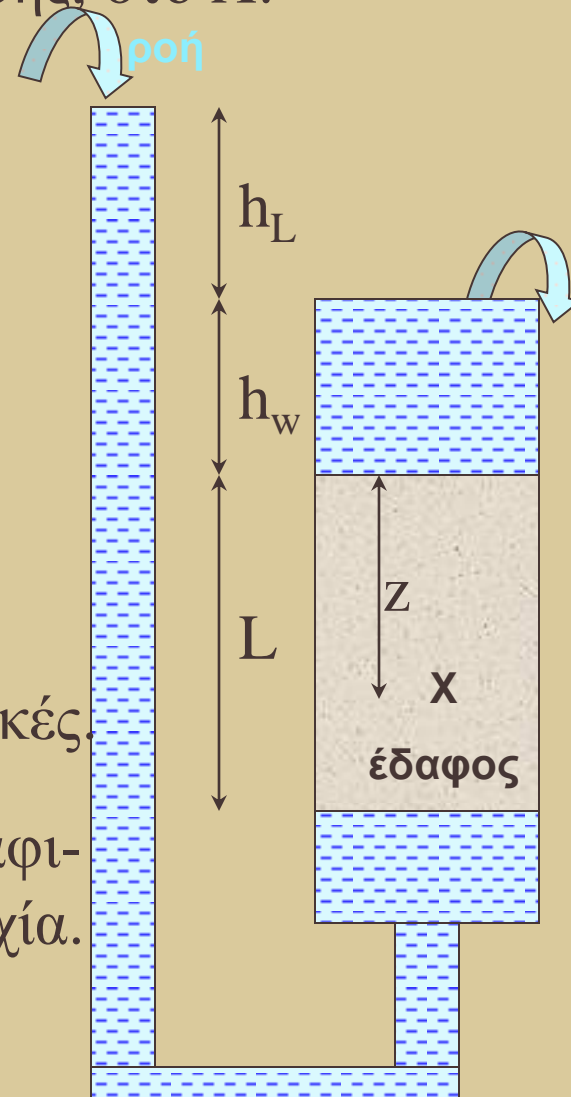
$$= \gamma_w z \left\{ \frac{\gamma'}{\gamma_w} - i \right\}$$

Κρίσιμη υδραυλική κλίση ( $i_c$ )

Εάν  $i > i_c$ , οι ενεργές τάσεις είναι αρνητικές.

δηλ., δεν υφίσταται επαφή μεταξύ των εδαφικών κόκκων & και συνεπώς υπάρχει αστοχία.

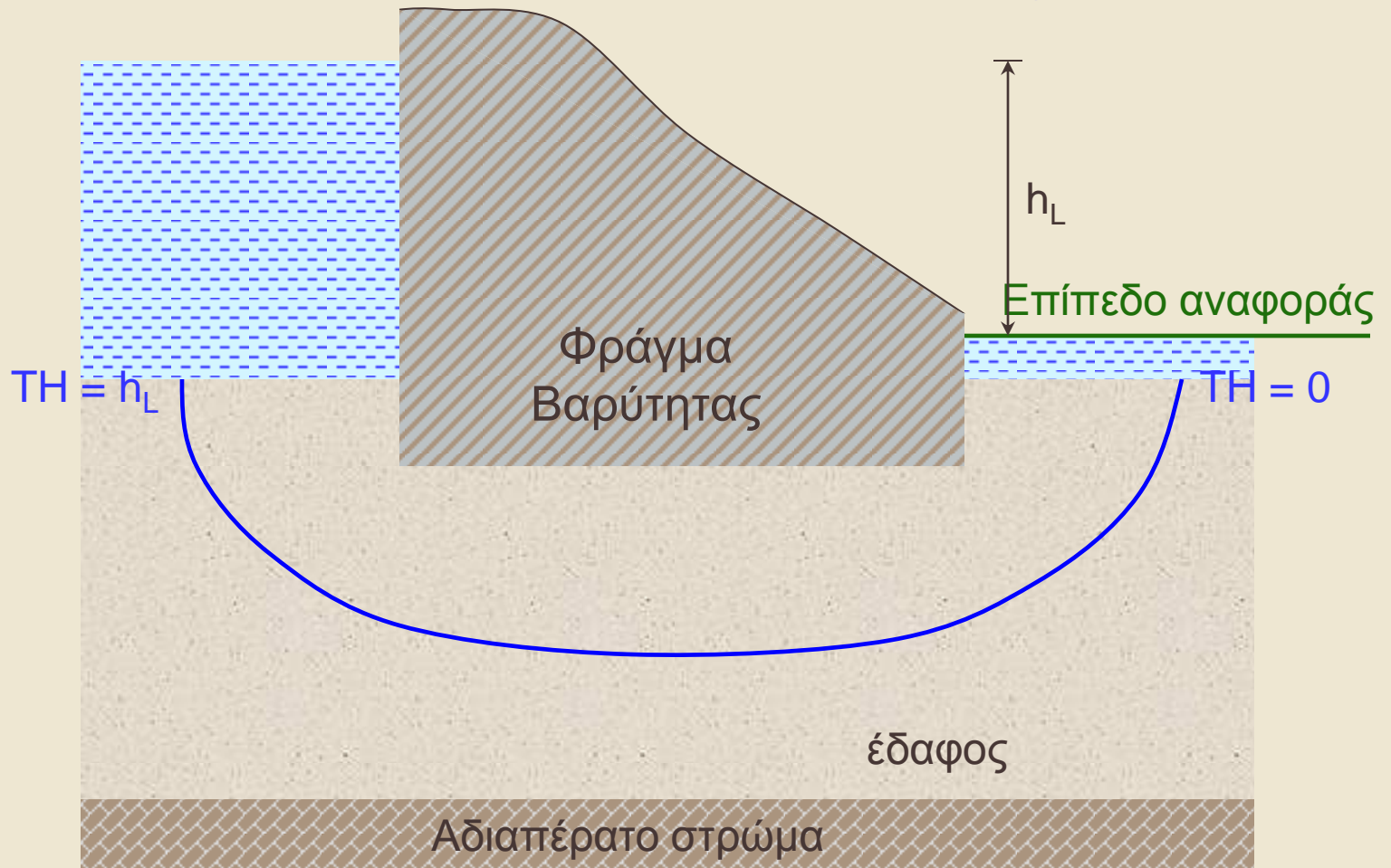
- Συνθήκες Ρευστοποίησης



# Ορολογία Διήθησης

Γραμμή Ροής απλά είναι η πορεία που διαγράφει ένα μόριο νερού.

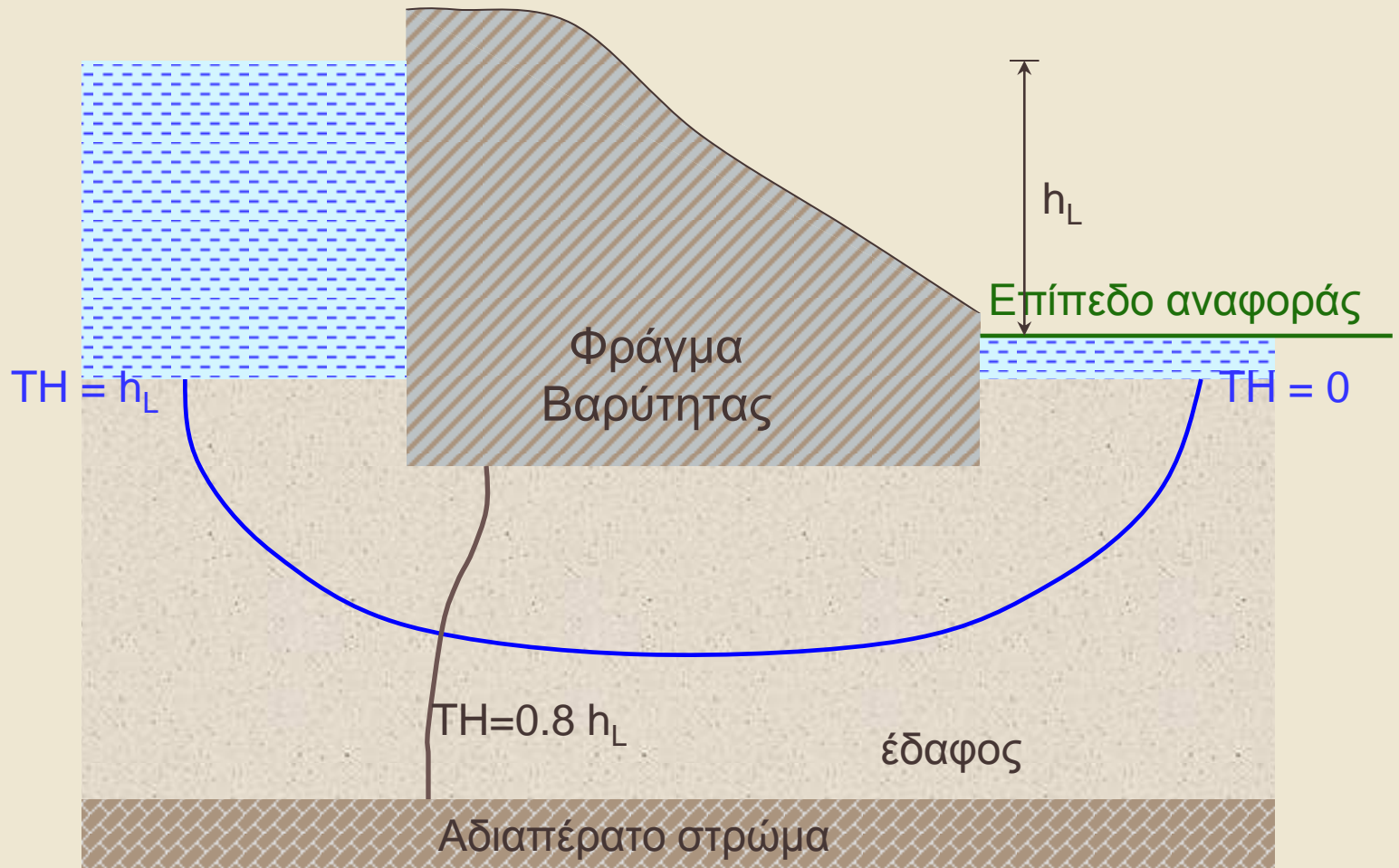
Από επάνω προς τα κάτω, το συνολικό υδραυλικό φορτίο μειώνεται σταθερά σύμφωνα με την γραμμή ροής.





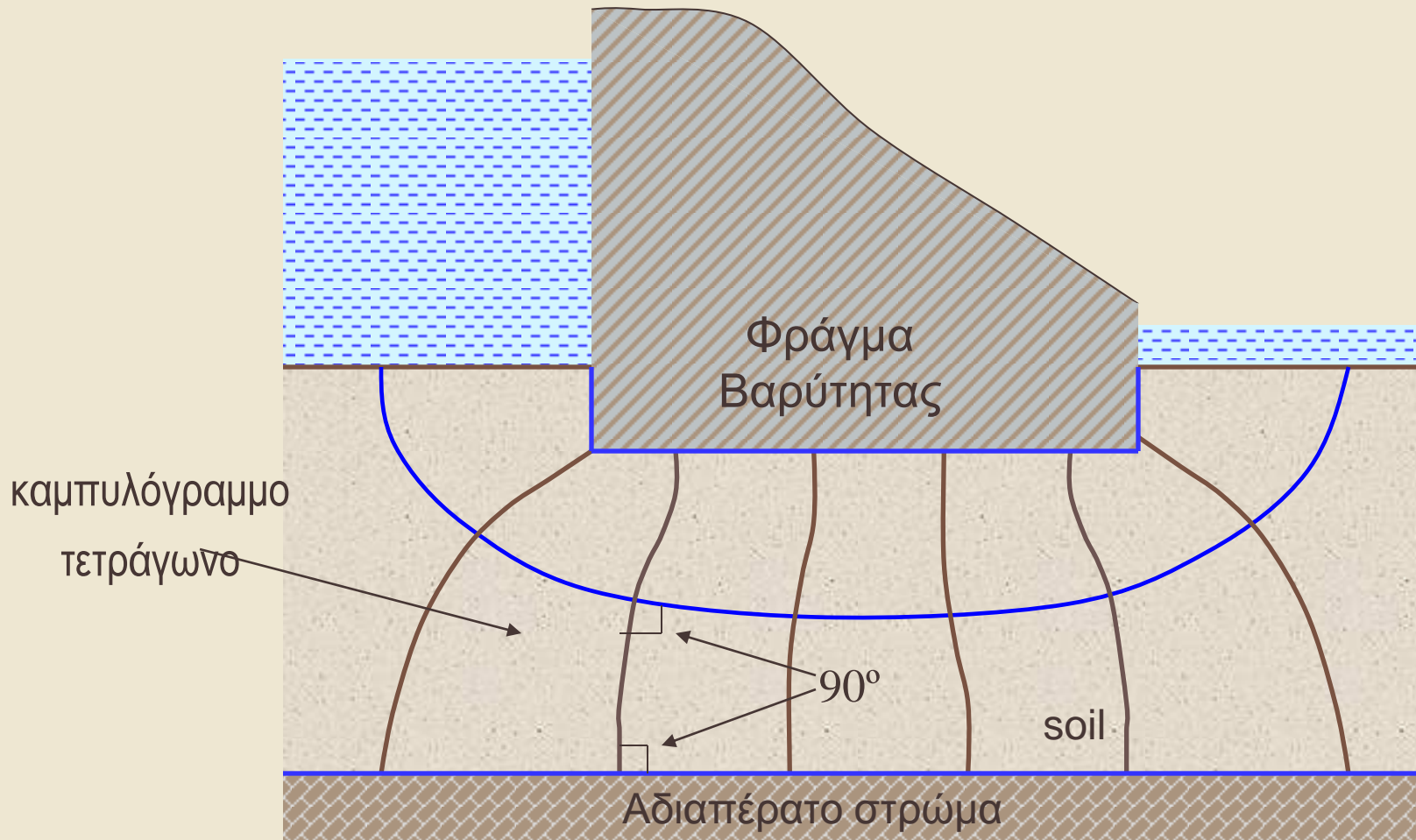
# Ορολογία Διήθησης

Ισοδυναμική Γραμμή απλά είναι η ισοϋψή του σταθερού συνολικού υραυλικού φορτίου.



# Διάγραμμα Ροής (Flownet)

Είναι ένα δίκτυο επιλεγμένων γραμμών ροής και ισοδυναμικών γραμμών.



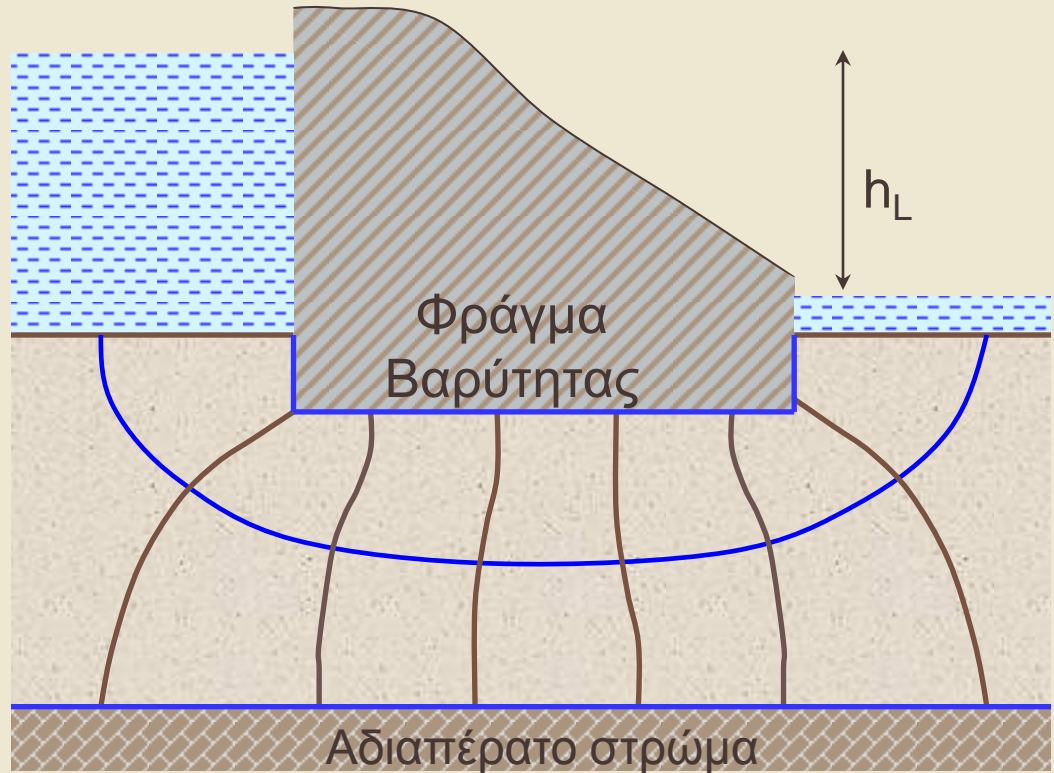
# Ποσότητα Διήθησης ( $Q$ )

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

αριθμός των καναλιών ροής  
....ανά μονάδα μήκους κάθετα στο επίπεδο

Αριθμός ισοδυναμικών πτώσεων

απώλεια φορτίου από  
ανάκτηση προς τα κατάντη



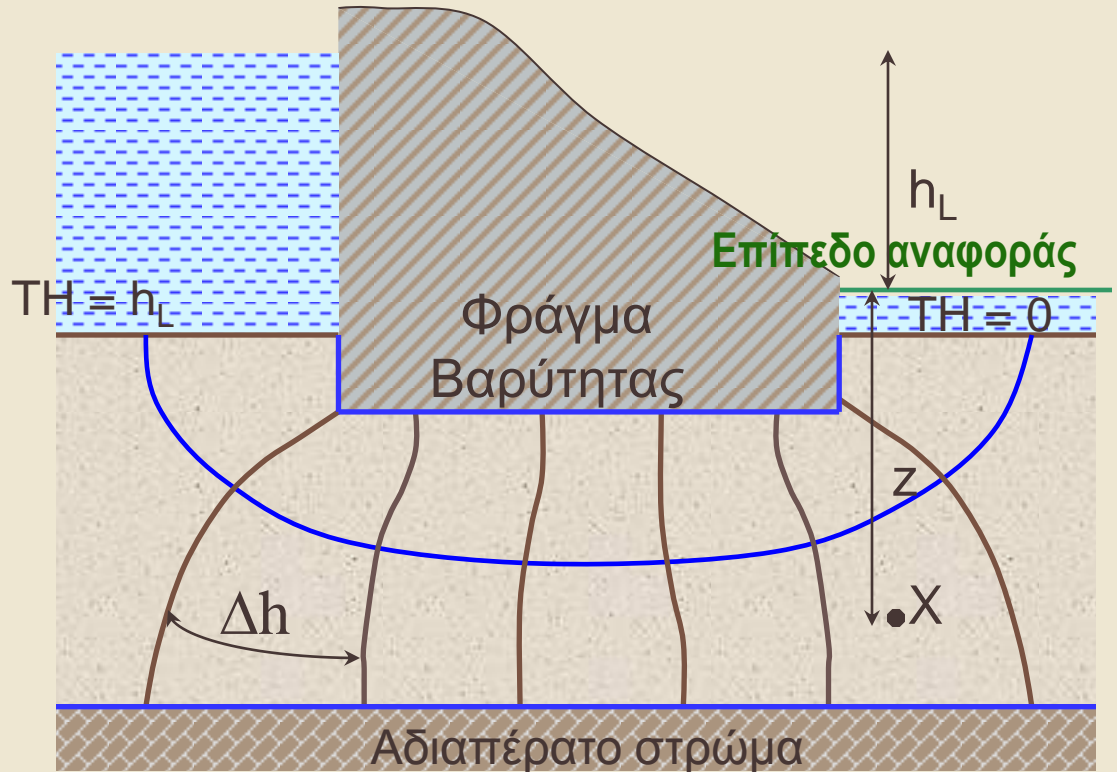
# Υδραυλικά Φορτία σε ένα σημείο X

Συνολικό Υδραυλικό Φορτίο =  $h_L$  - # πτώσεων από ανάντη x  $\Delta h$

Δυναμικό Φορτίο =  $-z$

Φορτίο Πίεσης = Συνολικό Υδραυλικό Φορτίο - Δυναμικό Φορτίο

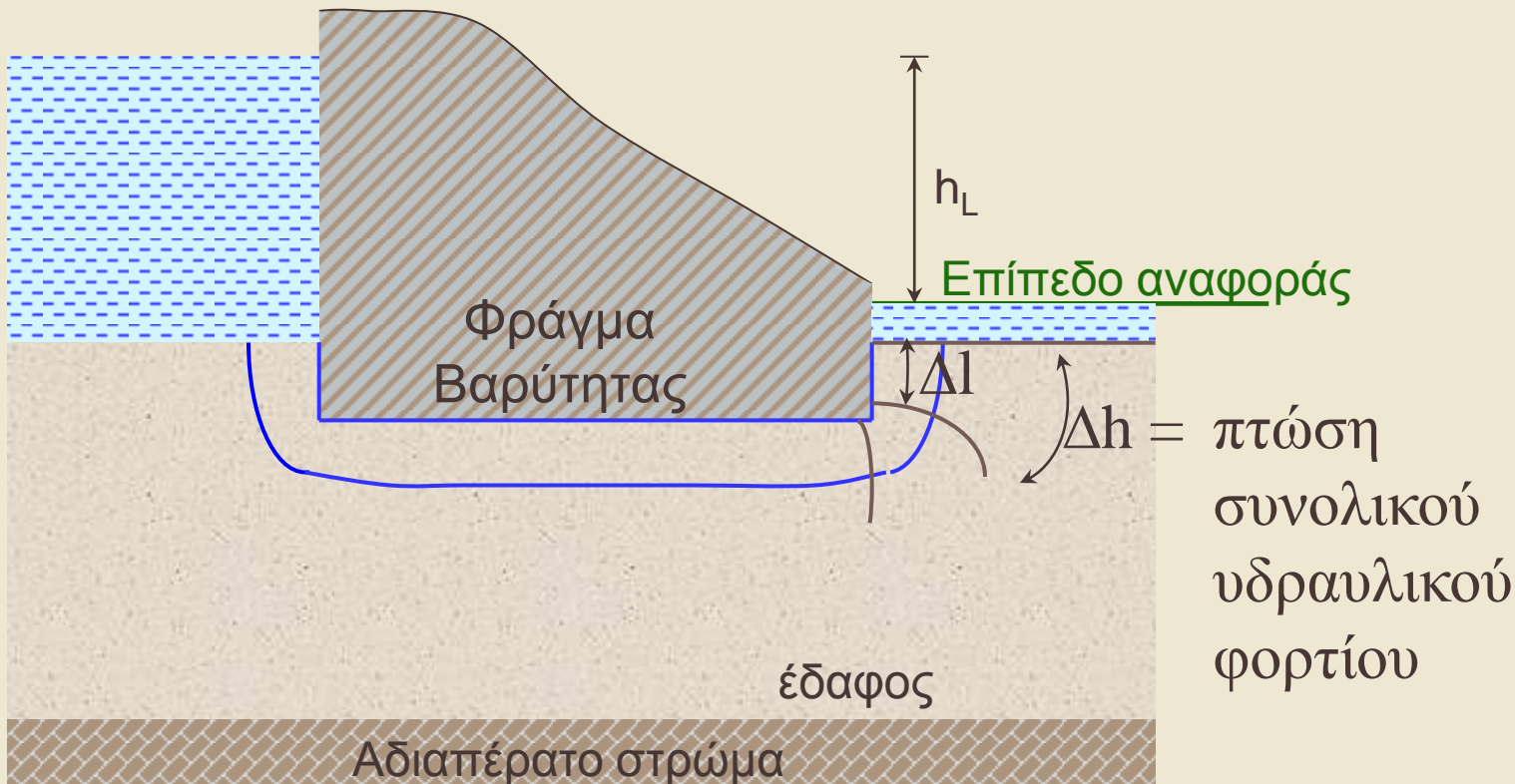
$$= \frac{h_L}{N_d}$$



# Διασωλήνωση στα Χονδρόκοκκα Εδάφη

Στα κατάντη, κοντά στο φράγμα,

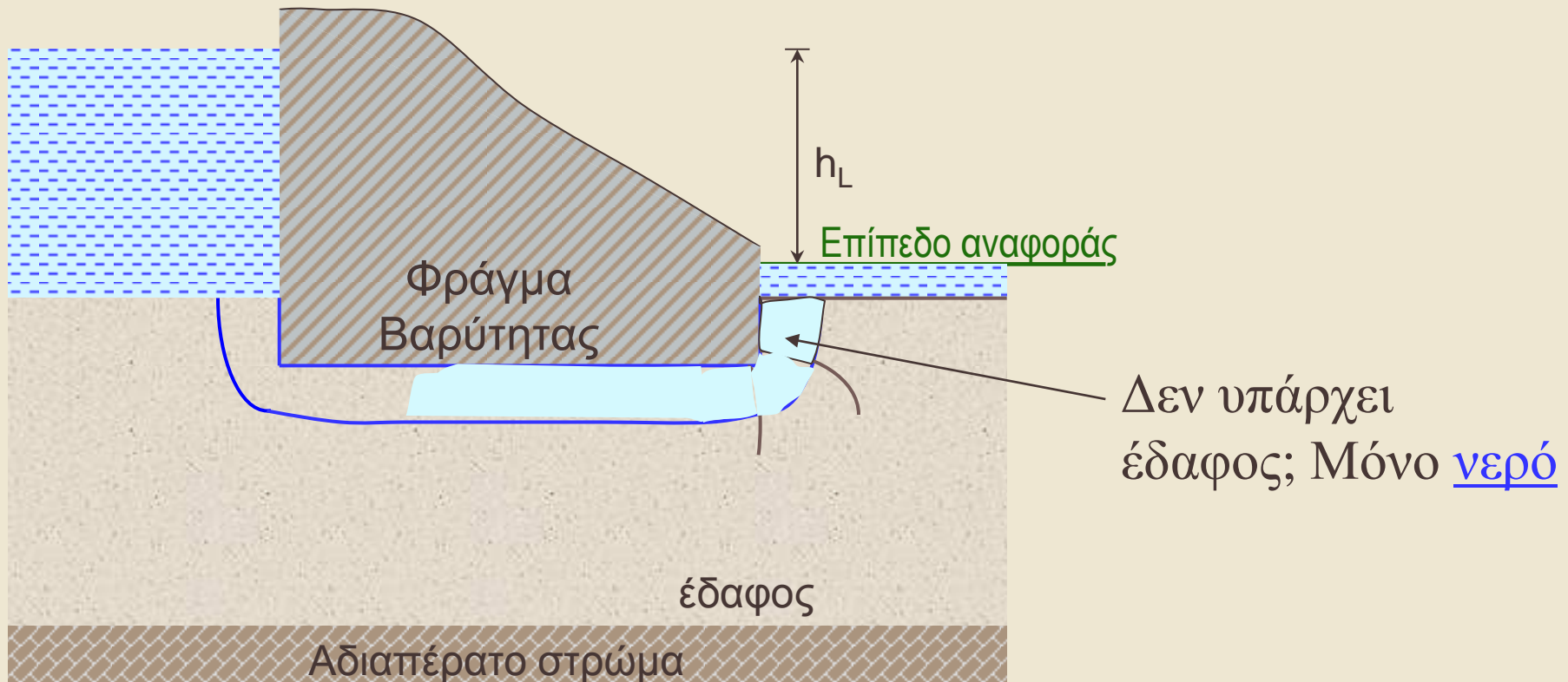
Η υδραυλική κλίση εξόδου  $i_{\text{εξόδου}} = \frac{\Delta h}{\Delta l}$



# Διασωλήνωση στα Χονδρόκοκκα Εδάφη

Εάν το  $i_{\text{εξόδου}}$  υπερβεί την κρίσιμη υδραυλική κλίση ( $i_c$ ), πρώτον οι εδαφικοί κόκκοι στην έξοδο «ξεπλένονται» και απομακρύνονται.

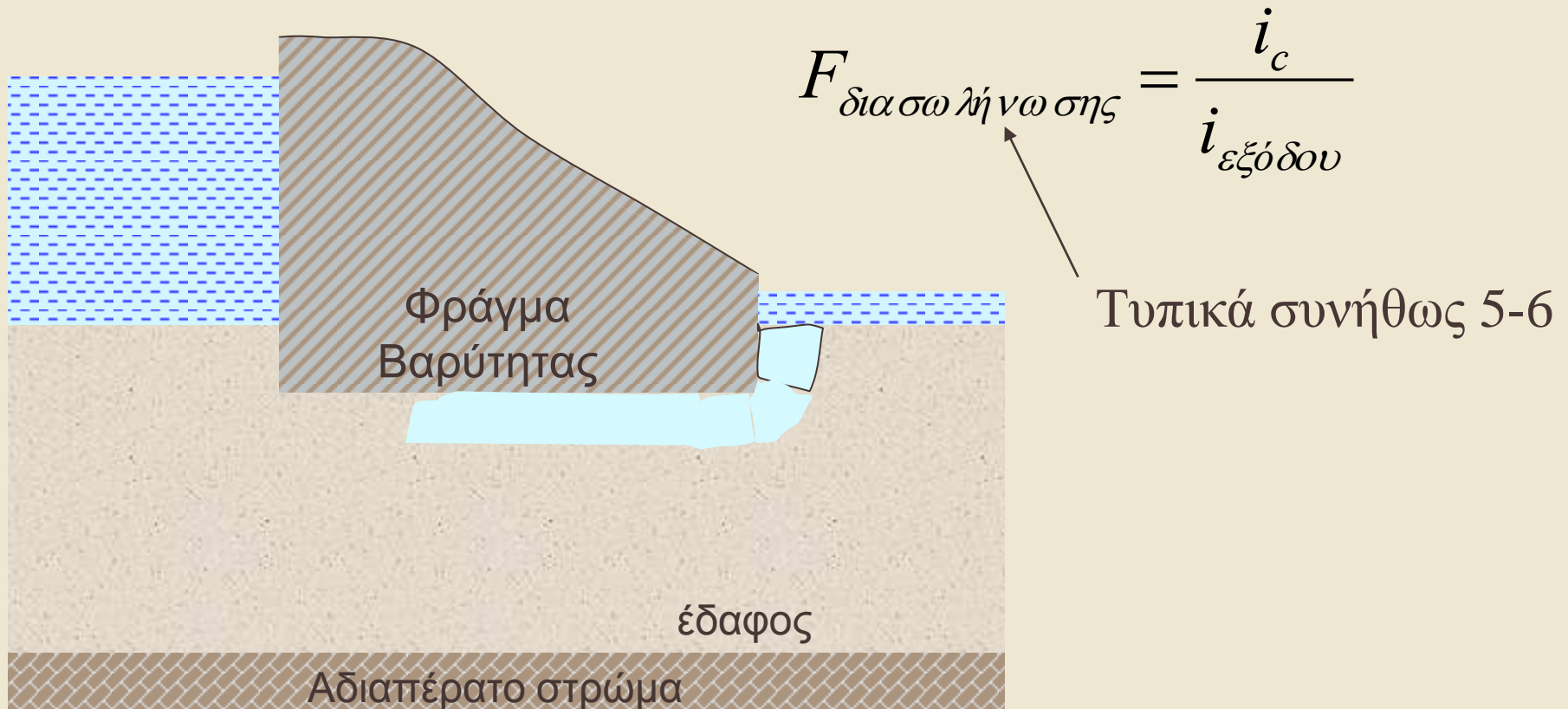
Αυτό το φαινόμενο (της διασωλήνωσης) προχωρεί προς τα ανάντη, διαμορφώνοντας μια ελεύθερη μετάβαση του νερού («σωλήνα»).



# Διασωλήνωση στα Χονδρόκοκκα Εδάφη

Η διασωλήνωση είναι ένα πολύ σοβαρό πρόβλημα. Οδηγεί σε κατάντη πλημμύρες που μπορεί να οδηγήσει σε απώλειες ζωών.

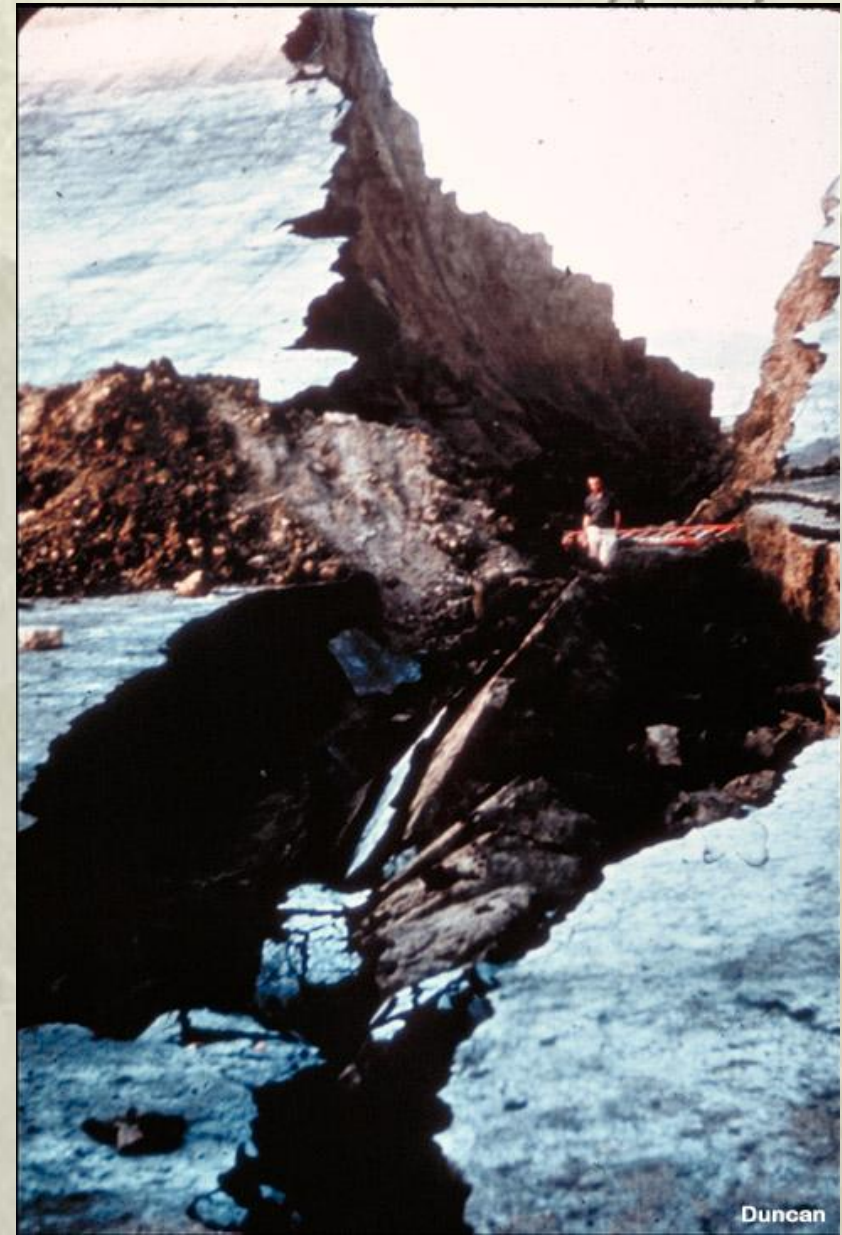
Επομένως, πρέπει να παράσχετε επαρκής συντελεστής ασφάλειας ενάντια στο φαινόμενο της διασωλήνωσης.



# Αστοχίες λόγω Διασωλήνωσης

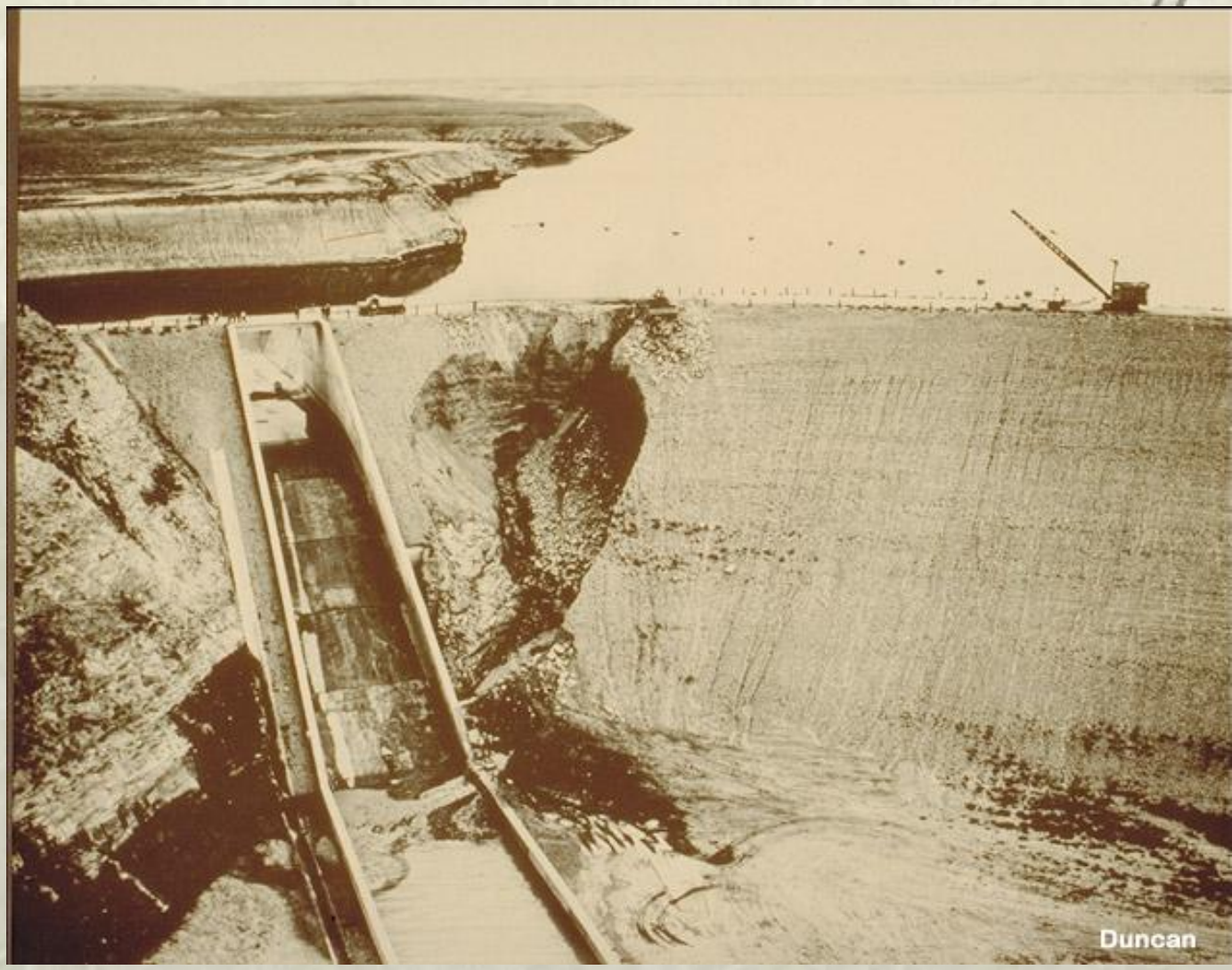
Το Φράγμα Baldwin Hills αφότου αστόχησε λόγω του φαινομένου της διασωλήνωσης το 1963. Η αστοχία εμφανίστηκε όταν αναπτύχθηκε μια συγκεντρωμένη διαρροή κατά μήκος μιας ρωγμής στο ανάχωμα, που διέβρωσε το ανάχωμα και διαμόρφωσε αυτό το ρήγμα μετάπτωσης. Περίπου τέσσερις ώρες πριν από την αστοχία χτύπησε ένας συναγερμός και χιλιάδες άνθρωποι εκκενώθηκαν από την περιοχή κατάντη του φράγματος. Η πλημμύρα που δημιουργήθηκε όταν αστόχησε το φράγμα και ο ταμιευτήρας του απελευθέρωσε το νερό προκάλεσε ζημία πολλών εκατομμυρίων δολαρίων.

**Dr. C.Sachpazis**





# Αστοχίες λόγω Διασωλήνωσης



Φράγμα Fontenelle, USA (1965)

# Φίλτρα

## Χρησιμοποιούνται για:

- ❖ να διευκολύνουν την αποστράγγιση
- ❖ Να αποτρέπουν τα λεπτόκοκκα από το να «ξεπλένονται» και να απομακρύνονται

## Χρησιμοποιούνται σε:

- ❖ χωμάτινα φράγματα
- ❖ τοίχους αντιστήριξης

## Υλικά Φίλτρων:

- ❖ κοκκώδη εδάφη
- ❖ γεωφάσματα

# Σχεδιασμός Κοκκώδους Φίλτρου

## Δύο σημαντικά κριτήρια:

### (a) Κριτήρια κατακράτησης

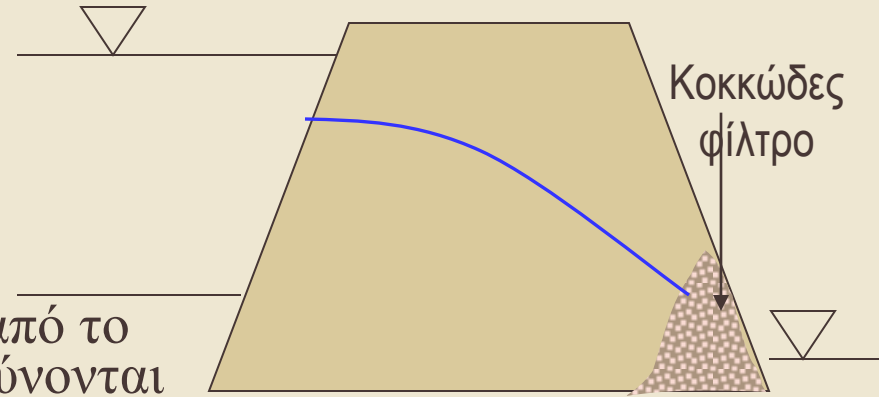
- Να αποτρέπονται τα λεπτόκοκκα από το να «ξεπλένονται» και να απομακρύνονται

∴ Οι κόκκοι των φίλτρων δεν πρέπει επίσης να είναι πολύ χονδρόκοκκοι

### (b) Κριτήρια Περατότητας

- να διευκολύνουν την αποστράγγιση και να αποφεύγεται έτσι η ανάπτυξη πιέσεων νερού πόρων

∴ Οι κόκκοι των φίλτρων δεν πρέπει επίσης να είναι πολύ λεπτόκοκκοι



# Σχεδιασμός Κοκκώδους Φίλτρου

**Κριτήρια**  
**κατακράτησης:**

$$D_{15, \text{ φίλτρου}} < 5 D_{85, \text{ εδάφους}}$$

Μέσο μέγεθος πόρων φίλτρου

$$D_{15, \text{ φίλτρου}} < 20 D_{15, \text{ εδάφους}}$$

$$D_{50, \text{ φίλτρου}} < 25 D_{50, \text{ εδάφους}}$$

**Κριτήρια**  
**Περατότητας:**

$$D_{15, \text{ φίλτρου}} > 4 D_{15, \text{ εδάφους}}$$

- κατά Terzaghi & Peck (1967)

- κατά US Navy (1971)

Οι καμπύλες Κατανομής Κοκκομετρικής Διαβάθμισης για το έδαφος και το φίλτρο πρέπει να είναι παράλληλες

# Πρόβλεψη Αποστράγγισης στους Τοίχους Αντιστήριξης

