

Φύση & Φυσικά Χαρακτηριστικά των Εδαφών

- Προέλευση εδαφών
- Περιγραφή με βάση χαρακτηριστικά των σωματιδίων
 - έδαφος: σωματιδιακό υλικό
- Σχέσεις μεταξύ φάσεων (+ ασκήσεις, 2^η σειρά)
 - έδαφος: πολυφασικό υλικό
- Χαρακτηριστικά εδαφών → Ταξινόμηση εδαφών (+ ασκήσεις, 2^η σειρά)

Φύση & Φυσικά Χαρακτηριστικά των Εδαφών – Μέρος Α

1. Βράχος → Έδαφος
2. Κύριες κατηγορίες εδαφών
3. Η ιδιαιτερότητα της αργίλου
4. Διάγραμμα φάσεων, ορισμοί μεγεθών

Προέλευση εδαφών

- Τα εδάφη προέρχονται από την αποσάθρωση βράχων. Η αποσάθρωση των βράχων διακρίνεται σε:
- **Μηχανική αποσάθρωση:** Λόγω τεκτονισμού, κλιματικών μεταβολών, διάβρωση από τη δράση νερού ή/και αέρα, ανάπτυξη ριζών φυτών, κλπ.
- *Η μηχανική αποσάθρωση δημιουργεί κυρίως χονδρόκοκκα εδάφη (χάλικες και άμμους)*
- **Χημική αποσάθρωση:** Λόγω χημικών διαδικασιών όπως οξείδωση, αναγωγή, υδρόλυση, ενυδάτωση, κλπ.
- *Η χημική αποσάθρωση δημιουργεί κυρίως λεπτόκοκκα εδάφη (ιλύες και αργίλους)*

Προέλευση εδαφών (συνέχεια)

- Το είδος του παραγόμενου εδάφους εξαρτάται και από τον βαθμό μεταφοράς των προϊόντων της αποσάθρωσης των βράχων
- Κύρια διάκριση
 - **Αυτόχθονα ή υπολειμματικά εδάφη (residual soils)**
 - Πρακτικώς χωρίς μεταφορά: επί τόπου αποσάθρωση βράχων
 - Γενικά πιο ετερογενή εδάφη
 - **Ιζηματογενή εδάφη**
 - Μεταφορά των προϊόντων αποσάθρωσης από το νερό και απόθεση στον πυθμένα θαλασσών και λιμνών
 - Περιπτώσεις όπου παίζει ρόλο η ιστορία φόρτισης

Κύριες διαφορές μεταξύ εδάφους - βράχου

Έδαφος



Βράχος



- Ανύπαρκτοι ή ασθενείς δεσμοί μεταξύ κόκκων.
- Όταν δείγμα εδάφους βυθίζεται στο νερό, οι κόκκοι αποσυντίθενται ή το έδαφος γίνεται αρκετά μαλακό.

Ισχυροί δεσμοί μεταξύ κόκκων και κρυστάλλων.

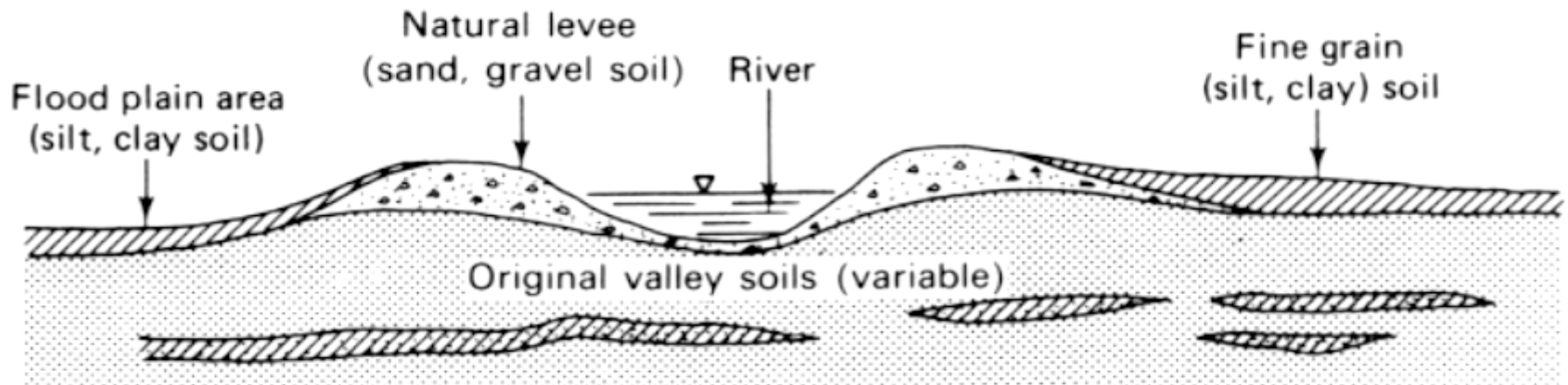
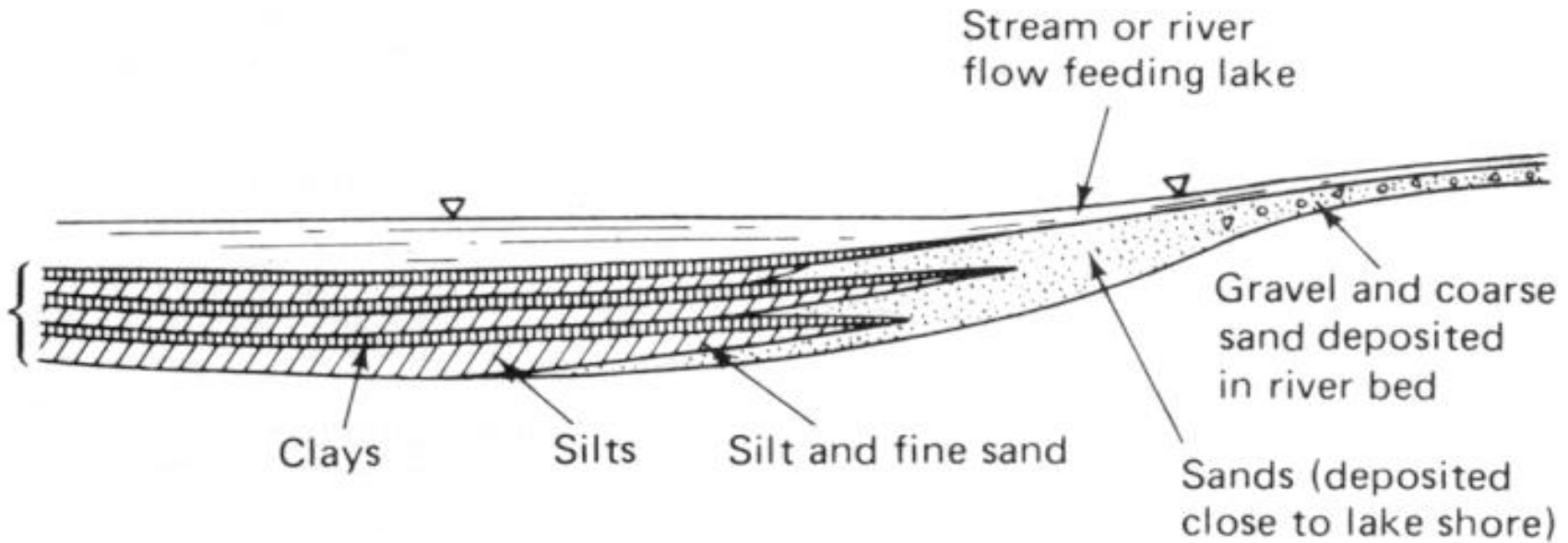
Δομικά χαρακτηριστικά όπως ρωγμές και στρωμάτωση δεν επηρεάζουν σημαντικά την αντοχή και τη στιβαρότητα της εδαφικής μάζας.

Οι ρωγμές έχουν σημαντική επίδραση στην αντοχή και στη στιβαρότητα της βραχώμαζας.

Επιφάνειες ολίσθησης δεν υπάρχουν πριν την αστοχία αλλά δημιουργούνται εξ αιτίας της αστοχίας.

Αστοχίες συμβαίνουν σε ρωγμές και ασυνέχειες που υπήρχαν πριν από την αστοχία.

Παραδείγματα ιζηματογένεσης



2. ΚΥΡΙΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΔΑΦΩΝ

Περιγραφή με βάση το μέγεθος των σωματιδίων (κόκκων)

- Τα εδάφη διακρίνονται σε :
- Χονδρόκοκκα (χάλικες και άμμοι) - $d > 60 \mu\text{m}$
- Λεπτόκοκκα (ιλύες και άργιλοι) - $d < 60 \mu\text{m}$

Κόκκοι μεγέθους άνω των $0.06 \text{ mm} = 60 \mu\text{m}$ διακρίνονται με γυμνό μάτι

Λεπτόκοκκα				Χονδρόκοκκα							
Αργίλος	Ιλύς			Άμμος			Χάλικες			Λίθοι	
Κολλοειδή →	λεπτ.	μέσοι	χονδρ.	λεπτ.	μέσοι	χονδρ.	λεπτ.	μέσοι	χονδρ.	μικροί	μεγάλοι
	1	6	20		200	600		6	20		200
2			60				2			60	
μm							mm				

Περιγραφή με βάση το είδος των δυνάμεων μεταξύ των σωματιδίων

- Τα εδάφη διακρίνονται σε:
- Κοκκώδη εδάφη (χάλικες, άμμοι, ιλύες)
 - Δυνάμεις: βαρυτικές
 - Δομικά στοιχεία: κόκκοι
- Αργιλικά εδάφη (λεπτόκοκκα εδάφη με σημαντικό ποσοστό αργιλικών ορυκτών)
 - Δυνάμεις: βαρυτικές + ηλεκτρικές
 - Δομικά στοιχεία αργιλικών ορυκτών: πλακίδια (μεγαλύτερες οι δύο διαστάσεις), ηλεκτρικά φορτισμένα

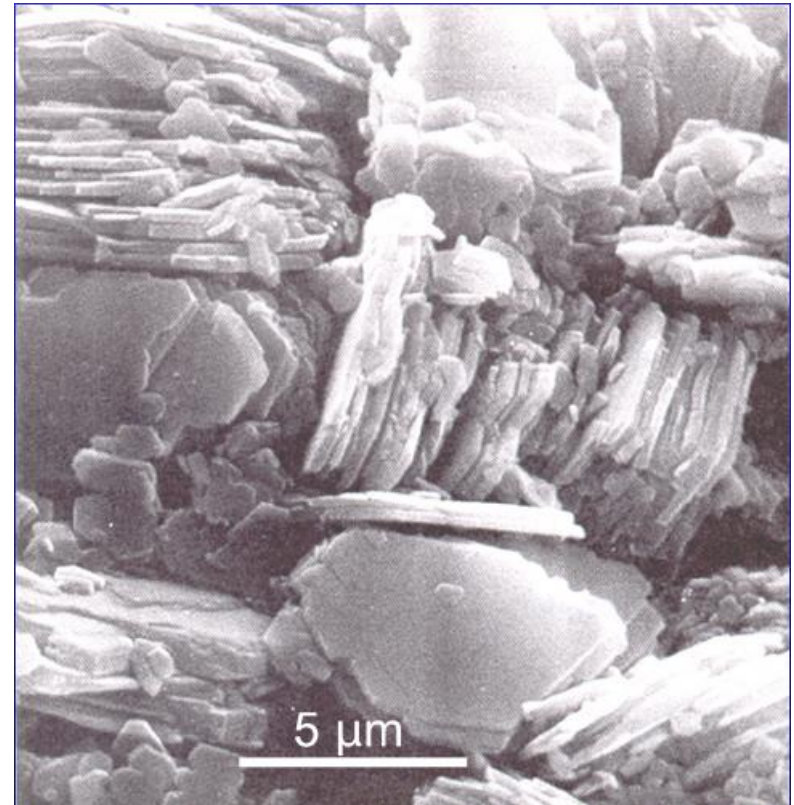
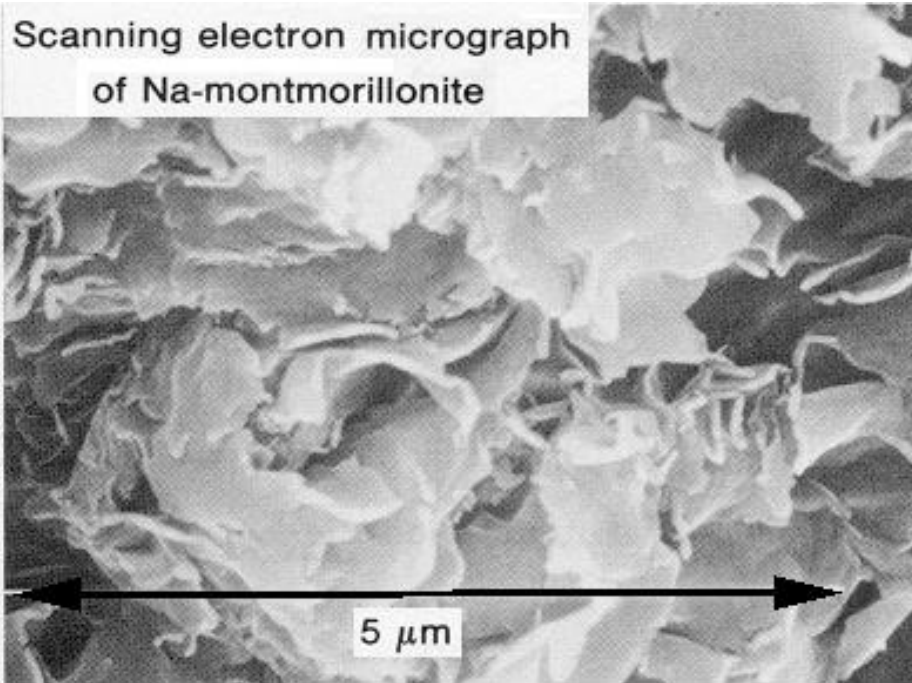
Σημείωση. Ο όρος άργιλος αντιπροσωπεύει δύο έννοιες: (1) έδαφος με «κόκκους» $d < 2 \mu\text{m}$ και (2) αργιλικό ορυκτό (= αρνητικά φορτισμένες επιφάνειες, πλάθεται μαζί με νερό). Τα δύο συχνά ταυτίζονται αλλά όχι πάντα.

3. Η ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΑΡΓΙΛΟΥ

Δύο άργιλοι: πλακίδια μοντμοριλονίτη - καολινίτη

Μοντμοριλονίτης, πάχος =
0.001 μm , Ειδική Επιφάνεια 800
 m^2/g

Καολινίτης, πάχος = 0.1 μm ,
Ειδική Επιφάνεια 5-15 m^2/g

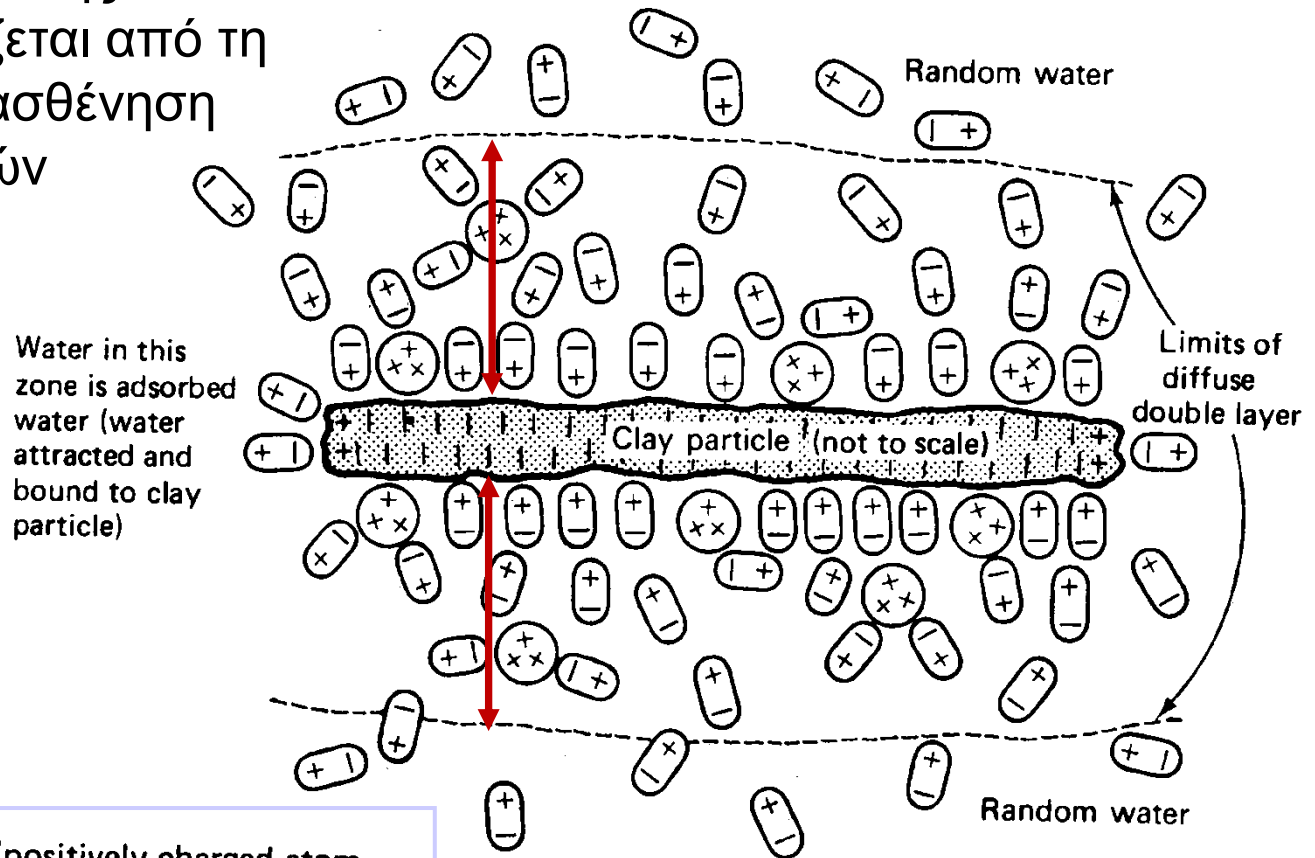


Άργιλοι

- Τα αργιλικά πλακίδια έχουν αρνητικά φορτισμένες επιφάνειες και θετικά φορτισμένα άκρα
- Στις ηλεκτρικά φορτισμένες επιφάνειες των πλακιδίων έλκονται δίπολα νερού και ιόντα
 - Ονομάζουμε το νερό με τα ιόντα που περιβάλλουν το πλακίδιο «διπλή στρώση»
 - Το πάχος της διπλής στρώσης εξαρτάται από το είδος της αργίλου και επηρεάζεται από τη σύσταση του υγρού των πόρων, πχ είναι μικρότερο για θαλασσινό νερό

Αργιλικό πλακίδιο & διπλή στρώση

Το όριο της διπλής στρώσης ορίζεται από τη σημαντική εξασθένηση των ηλεκτρικών δυνάμεων



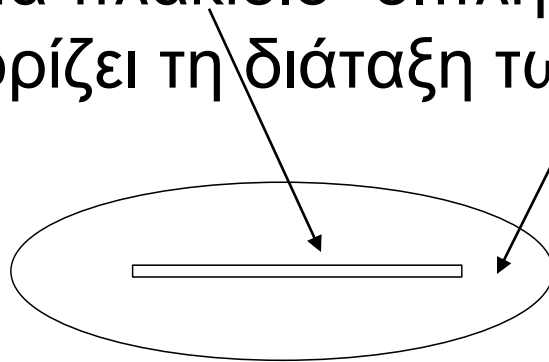
Cation (positively charged atom or group of atoms)



Water molecule

Άργιλοι (συνέχεια)

- Πιο σωστά, ως δομικό στοιχείο της αργίλου νοείται το σύστημα πλακίδιο+διπλή στρώση γιατί εν τέλει αυτό καθορίζει τη διάταξη των πλακιδίων στον χώρο

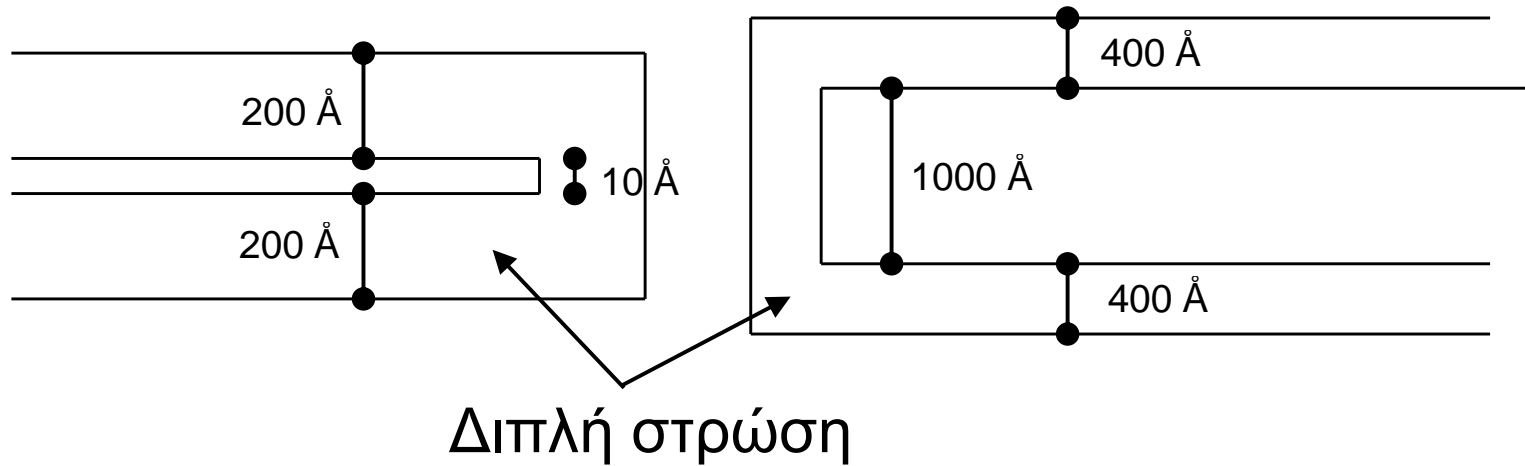


- Η αλληλεπικάλυψη των διπλών στρώσεων προκαλεί απωστικές δυνάμεις
- Μικρό πάχος διπλής στρώσης αφήνει τα πλακίδια να έρθουν κοντά (πιο πυκνή διάταξη)

Δύο αργιλικά πλακίδια (εκτός κλίμακας)

Μοντοριλονίτης
πάχος = $0.001\mu\text{m}$

Καολινίτης
πάχος = $0.1\mu\text{m}$



Σημείωση: $1\text{ \AA} = 10^{-10}\text{ m}$

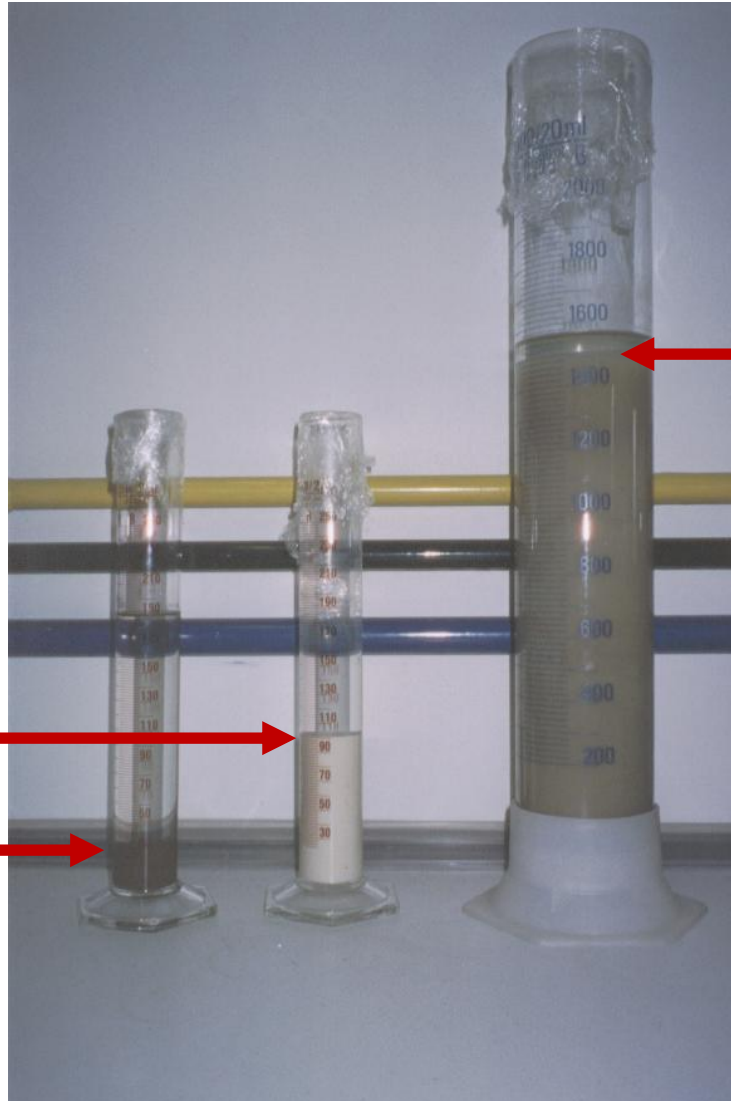
Τρία εδάφη με ίδια μάζα στερεών καθιζάνουν σε νερό

Μπεντονίτης:
αργιλικό υλικό
που περιέχει
μεγάλο
ποσοστό
μοντοριλονίτη

Το μεγάλο πάχος
της διπλής
στρώσης του
περιβάλλει τα
πλακίδια του
μοντοριλονίτη δεν
τα αφήνει να
πλησιάσουν

καολινίτης

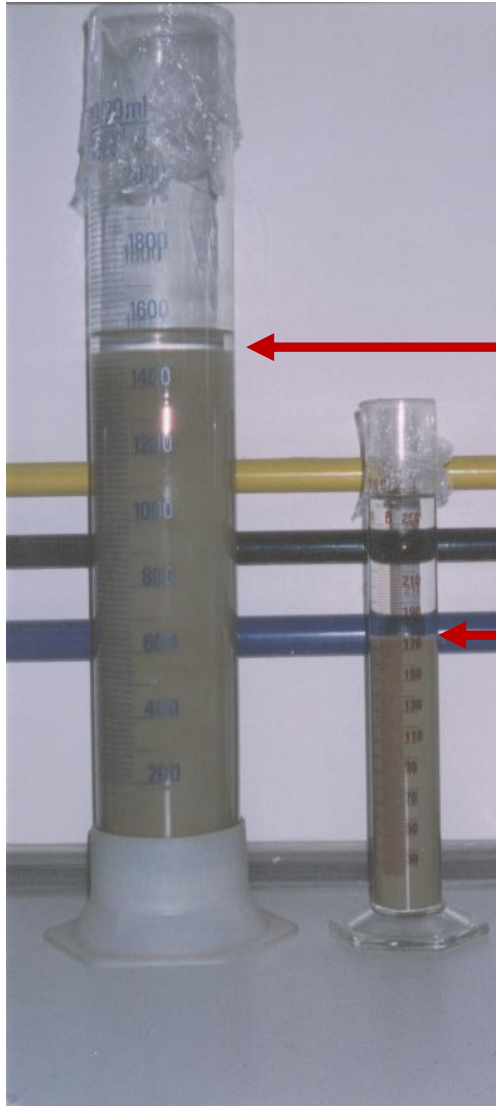
άμμος



Πρακτικές συνέπειες διπλής στρώσης

- Όταν το πάχος της διπλής στρώσης είναι μεγάλο, η άργιλος
 - μπορεί να έχει μεγαλύτερο όγκο πόρων και, άρα, μικρότερη αντοχή
 - έχει τη δυνατότητα να συγκρατεί σημαντική ποσότητα νερού (ο μπεντονίτης χρησιμοποιείται ως στεγανωτικό υλικό, πχ σε ΧΥΤΑ)

Ίδια μάζα μπεντονίτη καθιζάνει σε:



Νερό βρύσης

Θαλασσινό νερό

Μικρότερο πάχος
διπλής στρώσης

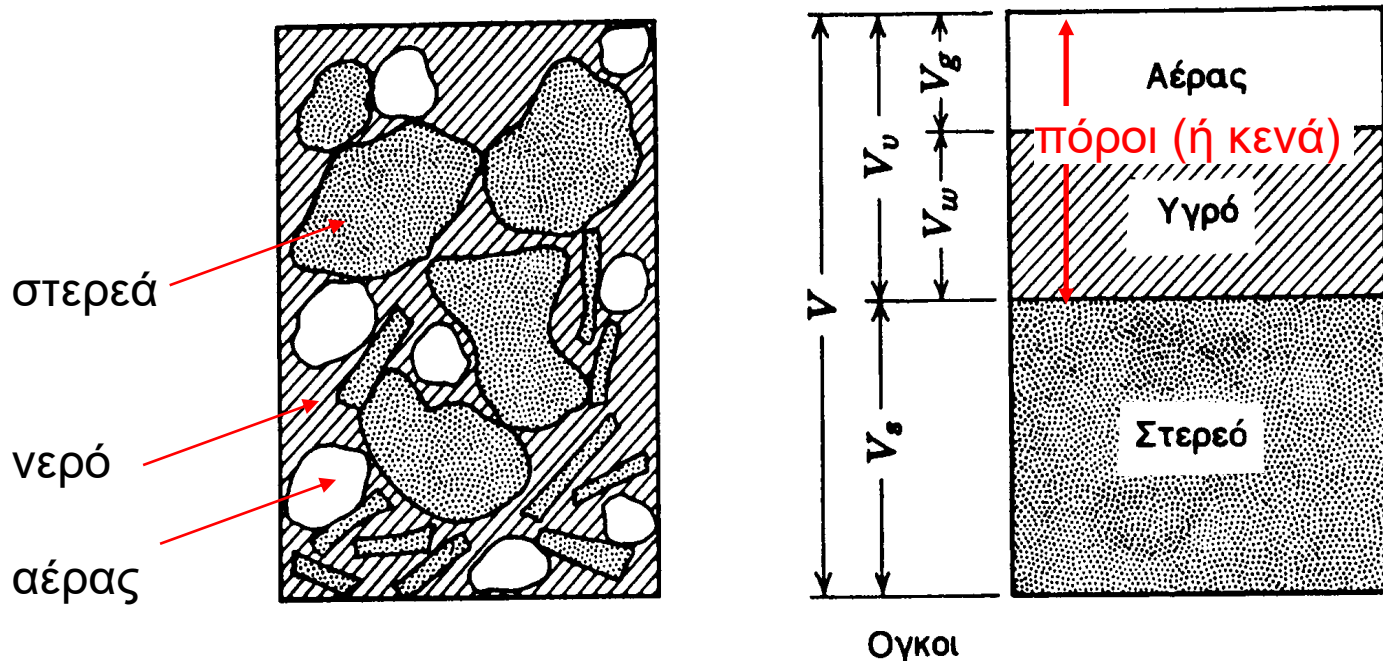
Κατολίσθηση στη Rissa, Νορβηγία

- Αργιλικό στρώμα σχηματίστηκε στη θάλασσα (με την πιο πυκνή=ανθεκτική δομή που επιτρέπει το μικρό πάχος διπλής στρώσης)
- Με το λιώσιμο των παγετώνων, η άργιλος βρέθηκε στην επιφάνεια και σιγά-σιγά το νερό της βροχής αντικατέστησε το θαλασσινό νερό
- Μια τέτοια άργιλος είναι ασταθής/ευαίσθητη (quick clay)
 - Ο καθοριστικός ρόλος του αλατιού
 - <https://www.youtube.com/watch?v=UJsoCWqCsJ8>
 - Περιγραφή της κατολίσθησης
 - <https://www.youtube.com/watch?v=3q-qfNIEP4A>

4. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΦΑΣΕΩΝ, ΟΡΙΣΜΟΙ ΜΕΓΕΘΩΝ

Σχέσεις μεταξύ φάσεων

- Τρεις φάσεις στη γενική περίπτωση: εδαφικά στερεά, νερό, αέρας



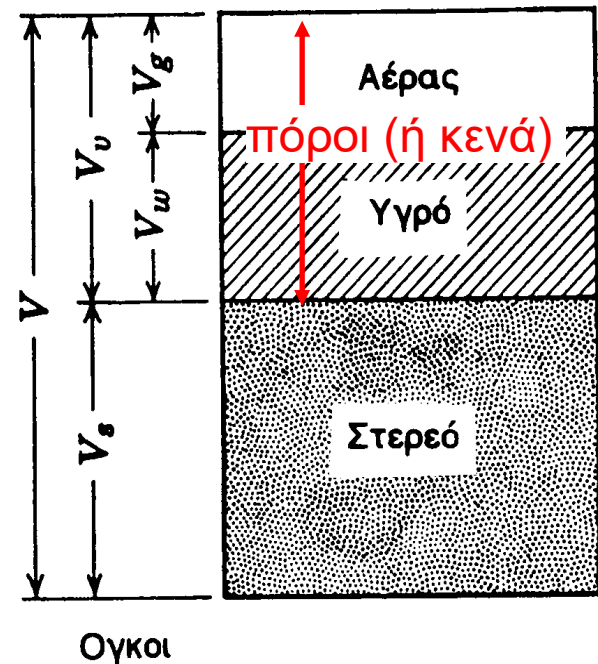
Απλοποιημένο εδαφικό στοιχείο: διάγραμμα φάσεων

- Για κάθε έδαφος με ενδιαφέρει πόσο έχω συνολικά από την κάθε φάση: πόσα τα σωματίδια (εδαφικά στερεά), πόσοι οι πόροι, πόσο το νερό

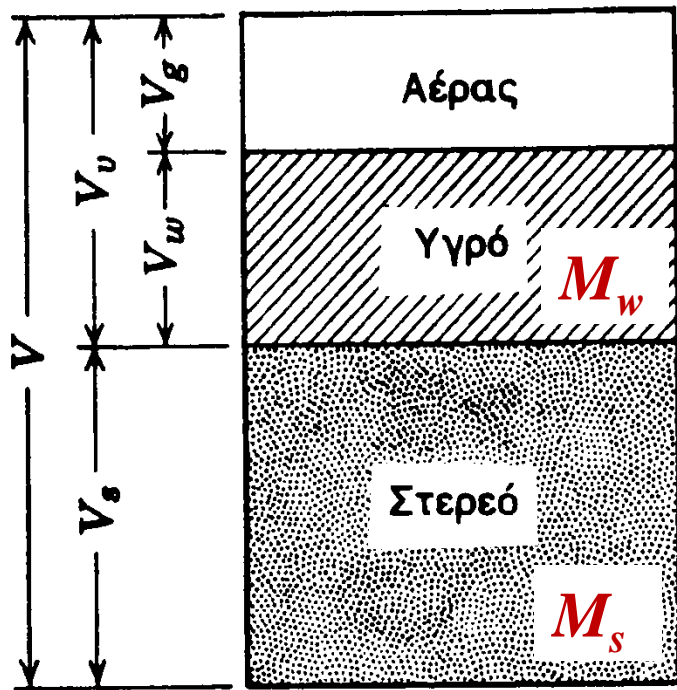
$$V_v = \text{Κενά (πόροι)} = \text{νερό} + \text{αέρας}$$

$$V_s = \text{κόκκοι (στερεό)}$$

$$V = V_v + V_s$$



Ορισμοί μεγεθών



Ογκοί

Πορώδες: $n = V_v / V$

Δείκτης πόρων: $e = V_v / V_s$

Πλεονέκτημα δείκτη πόρων:
ο παρονομαστής μένει
σταθερός σε ένα έδαφος
που αλλάζει όγκο

Βαθμός κορεσμού: $S = V_w / V_v$

ξηρό έδαφος: $S=0$

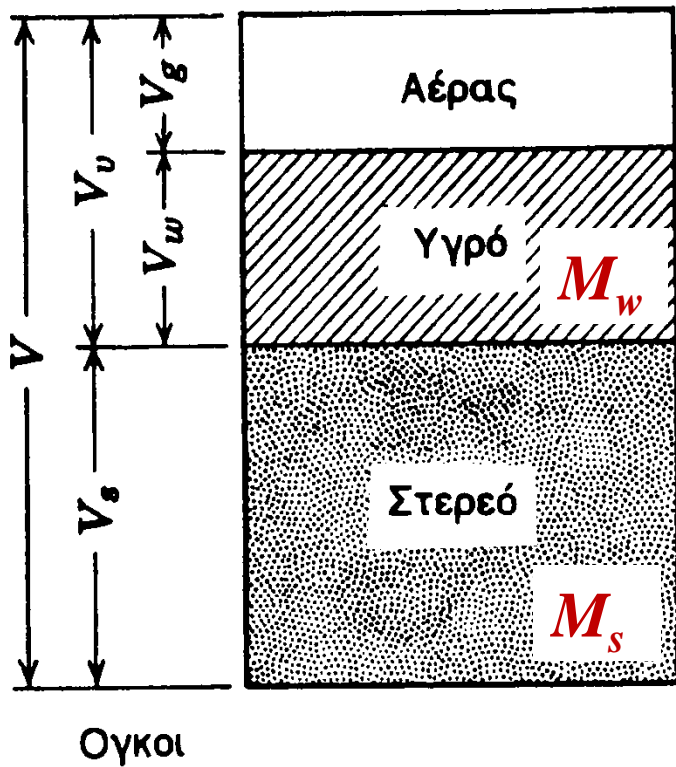
κορεσμένο έδαφος: $S=1$

Ποσοστό υγρασίας: $w = M_w / M_s$
ή υγρασία

ξηρό έδαφος: $w=0$

κορεσμένο έδαφος: $w > 0$

Ορισμοί πυκνότητας



Μάζα του εδάφους: $M = M_s + M_w$

Πυκνότητα του εδάφους: $\rho = M / V$

Πυκνότητα των κόκκων: $\rho_s = M_s / V_s$

Πυκνότητα του νερού: $\rho_w = M_w / V_w$
 $= 1 \text{ Mg/m}^3$
 $= 1 \text{ g/cm}^3$

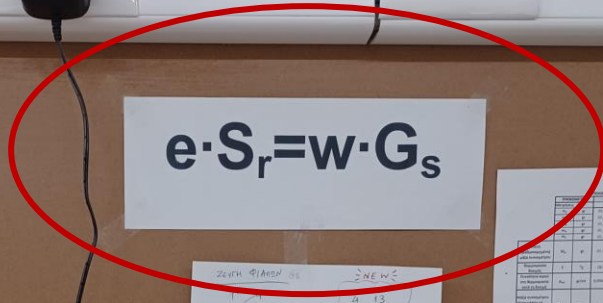
Δύο χρήσιμες σχέσεις μεταξύ των προηγούμενων μεγεθών:

$$\rho = \rho_s \left(\frac{1 + w}{1 + e} \right)$$

$$\rho_s w = S e \rho_w$$

Από Εργαστήριο Γεωτεχνικής Εταιρείας στην Αθήνα

(σύνδεσμος)

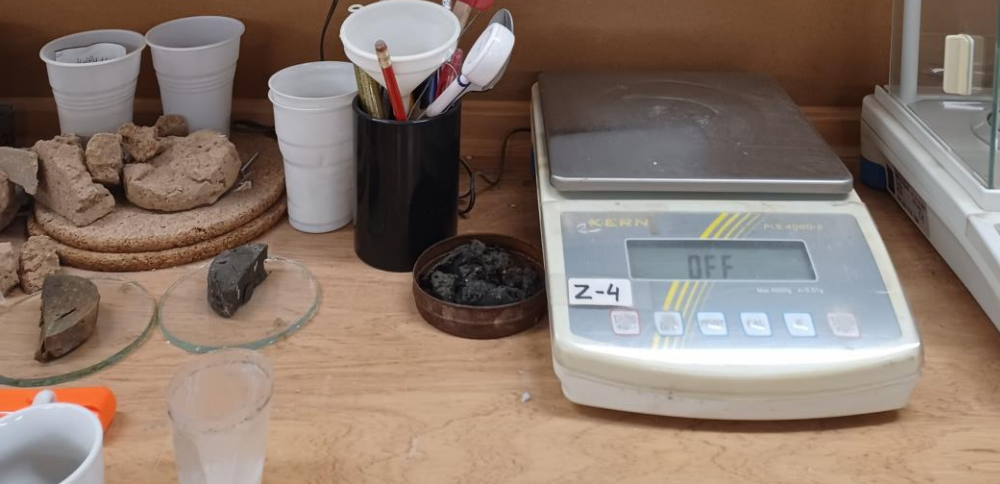


$$e \cdot S_r = w \cdot G_s$$

Σύχθ. Πλάσση 05

1	7	4	13
2	10	6	7
3	13	8	10
4	15	16	18
5	16	19	20
6	18	21	22
7	20	23	25
8	22	24	28
9	24	29	30
10	28	32	33
11	30		
12	32		

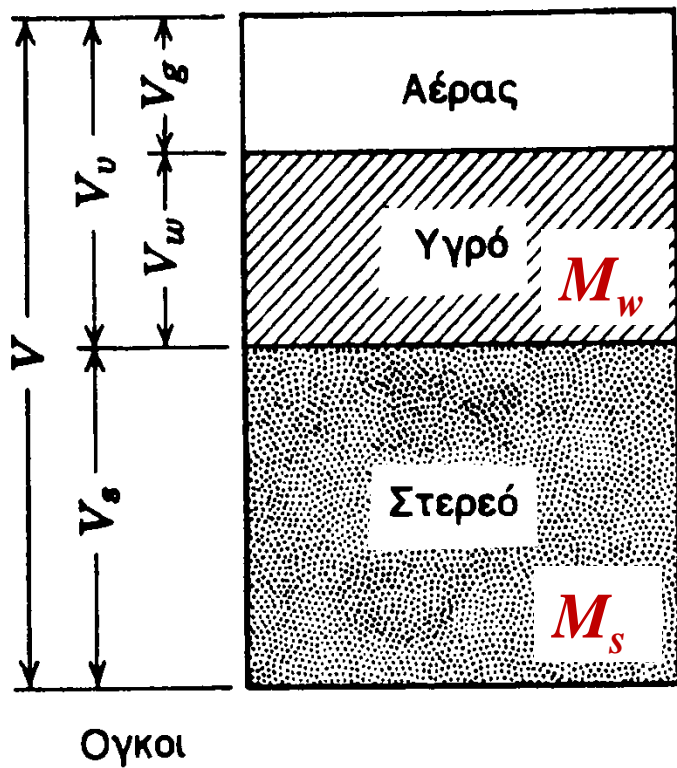
Σύχθ. Πλάσση 05	Σύχθ. Πλάσση 05	Σύχθ. Πλάσση 05	Σύχθ. Πλάσση 05	Σύχθ. Πλάσση 05	Σύχθ. Πλάσση 05	Σύχθ. Πλάσση 05	Σύχθ. Πλάσση 05	Σύχθ. Πλάσση 05	Σύχθ. Πλάσση 05
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40



Τυπικές τιμές μεγεθών

- Πορώδες
- Άμμοι 0.3-0.5, Άργιλοι 0.2-0.6 (και υψηλότερο)
- Δείκτης πόρων
- Άμμοι 0.4-1.0, Άργιλοι 0.3-**1.5** (και υψηλότερος)
- Ποσοστό υγρασίας
- Άμμοι 0-0.4, Άργιλοι 0-1 (και υψηλότερο)
- Πυκνότητα (σε Mg/m^3 ή g/cm^3)
- Άμμοι & Χάλικες 1.7-2.4, Ιλύες & Άργιλοι 1.4-2.1
- Πυκνότητα εδαφικών κόκκων
- Για όλους τους τύπους εδαφών πλην οργανικών,
 $\rho_s = 2.5-2.8 \text{ Mg/m}^3$ (σχετική πυκνότητα $G_s = 2.5-2.8$)

Πυκνότητα → Ειδικό (Μοναδιαίο) Βάρος



$$\rho = \rho_s \left(\frac{1 + w}{1 + e} \right) \quad \rho_s w = S e \rho_w$$

Πυκνότητα του ξηρού εδάφους

$$\rho_d = \rho_s \left(\frac{1}{1 + e} \right)$$

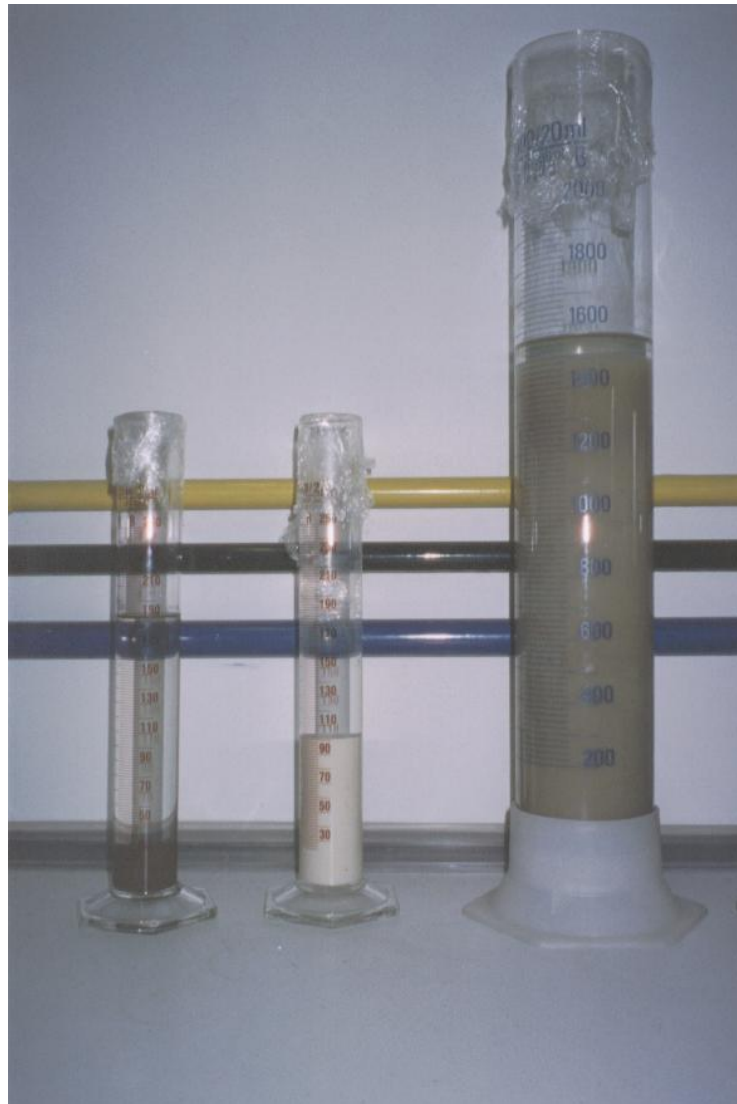
Πυκνότητα του κορεσμένου εδάφους

$$\rho_{sat} = \frac{\rho_s + e \rho_w}{1 + e}$$

Ειδικό βάρος του εδάφους: $\gamma = \rho g \rightarrow$ **ισχύουν οι ανάλογοι τύποι**

“Υπό άνωση” ειδικό βάρος του εδάφους: $\gamma' = \gamma - \gamma_w = (\rho - \rho_w) g$

Υπολογισμός n , e , για τις τρεις εδαφικές στήλες



Ίδια μάζα στερεών ίση με
40 g καθιζάνει σε νερό
υπό το ίδιο βάρος.

Ο όγκος των 3 εδαφικών
στηλών είναι:

Άμμος: 25 cm^3

Καολινίτης: 100 cm^3

Μπεντονίτης: 1460 cm^3

Για $\rho_s = 2.67 \text{ g/cm}^3$: $n_a = 0.4$,
 $n_k = 0.85$, $n_{\mu\pi} = 0.99$

(ευκαιρία εξάσκησης: ας κάνω
τους υπολογισμούς)

Να κρατήσουμε

- Λόγω των ηλεκτρικών δυνάμεων μεταξύ των πλακιδίων, οι άργιλοι μπορούν να έχουν πιο ανοιχτή διάταξη (μεγαλύτερο πορώδες)
 - Προσοχή όμως: και στην ανοιχτή διάταξη, η άργιλος θα έχει μικρή διαπερατότητα γιατί η ροή επηρεάζεται από το μέγεθος των πόρων
 - Ίδιο έδαφος, με δύο διαφορετικά πορώδη (λόγω συμπίεσης): ποιο είναι πιο περατό;
 - Δύο διαφορετικά εδάφη με ίδιο πορώδες: ίδια περατότητα; Γενικά όχι! Ποιο είναι πιο περατό;
- Η συμπεριφορά της αργίλου μπορεί να αλλάξει αν αλλάξει η σύσταση του υγρού των πόρων

Πηγές

- Διαφάνειες 6-7, 9, 11, 19-21, 24 από Διαφάνειες Μ. Καββαδά
- Διαφάνεια 5: Φωτογραφίες: Χ. Σαρόγλου (έδαφος: Αλεξανδρούπολη, βράχος: Πεντέλη), Κείμενο από Atkinson J. (2014). Fundamentals of Ground Engineering.
- Διαφάνεια 18: από Καββαδά, Μ. (2006). Στοιχεία Εδαφομηχανικής.