



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ – ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ

ΔΙΑΛΕΞΕΙΣ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

« ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ Ι - Τμήμα 2 »

4^ο ΕΞ. ΠΟΛ-ΜΗΧ. ΕΜΠ - Ακαδ. Έτος 2020 - 21

ΔΙΑΛΕΞΗ 2

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

17.02.2021

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

Το έδαφος είναι ένα πολυφασικό υλικό που αποτελείται από:

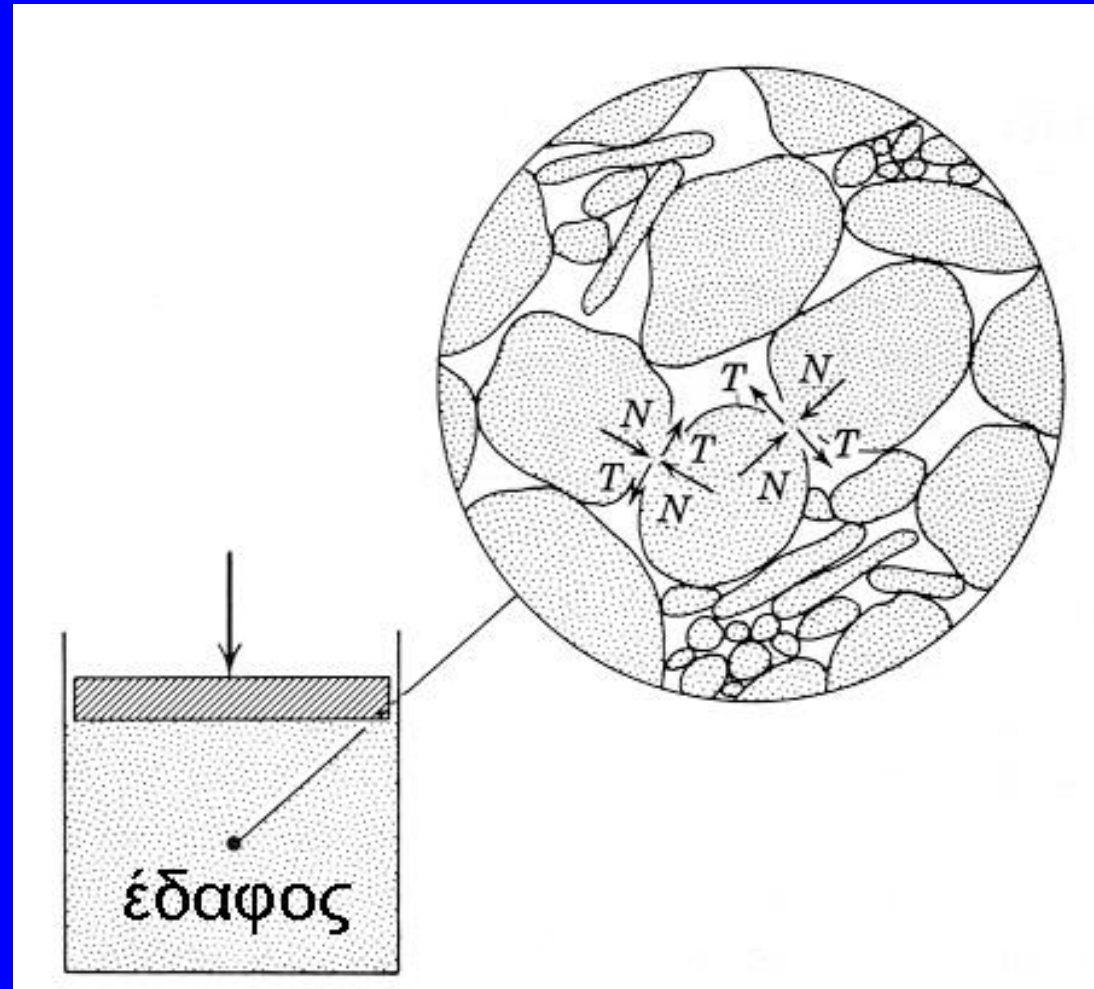
- στερεούς κόκκους
- κενά (πόρους) οι οποίοι περιέχουν νερό ή/και αέρα

Οι εξωτερικώς επιβαλλόμενες δυνάμεις αναλαμβάνονται μέσω ορθών δυνάμεων (N =πίεση) και διατμητικών δυνάμεων (T =τριβή) στις επαφές μεταξύ των κόκκων

Το έδαφος παραμορφώνεται με την κύλιση και ολίσθηση μεταξύ των κόκκων.

Ολίσθηση συμβαίνει όταν :

$$T > N * \tan\varphi_{\mu}$$



ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

Τα γεω-υλικά διακρίνονται σε : εδάφη και βράχους

Γεωλογικός ορισμός :

Έδαφος: η επιφανειακή στρώση στην οποία αναπτύσσονται τα φυτά

Βράχος: τα υποκείμενα του εδάφους υλικά, ανεξαρτήτως του βαθμού συγκόλλησης

Τεχνικός ορισμός :

Έδαφος: γεω-υλικά με μηδενική ή ασθενή συγκόλληση μεταξύ των κόκκων (οι κόκκοι διαχωρίζονται με ήπια ανάδευση του υλικού στο νερό)

Βράχος: γεω-υλικά με ισχυρή συγκόλληση μεταξύ των κόκκων (οι κόκκοι δεν διαχωρίζονται με ήπια ανάδευση του υλικού στο νερό)

Στους βράχους, η συγκόλληση μεταξύ των κόκκων γίνεται σε γεωλογικούς χρόνους με την επίδραση υψηλών πιέσεων και θερμοκρασιών. Πάντως, κάποια συγκόλληση μεταξύ των κόκκων γίνεται και στα εδάφη, σε μικρό χρονικό διάστημα (π.χ. με ξήρανση της αργίλου)

ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Τα εδάφη προέρχονται από την αποσάθρωση βράχων. Η αποσάθρωση των βράχων διακρίνεται σε:

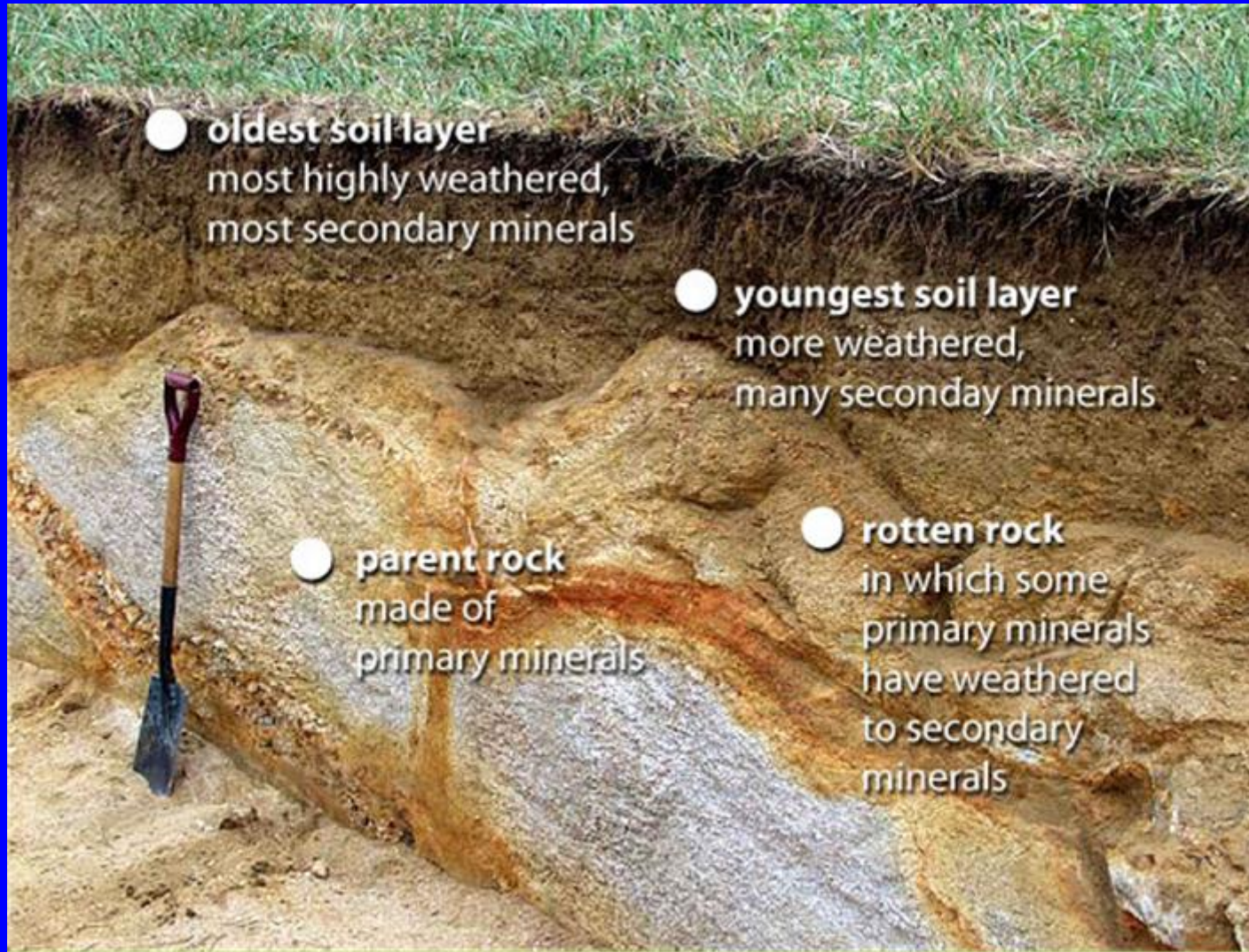
Μηχανική αποσάθρωση : Λόγω τεκτονισμού, κλιματικών μεταβολών, διάβρωση από τη δράση νερού ή/και αέρα, ανάπτυξη ριζών φυτών, κλπ.

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 (ιλείς και αργίλους)

ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ



● **oldest soil layer**
most highly weathered,
most secondary minerals

● **youngest soil layer**
more weathered,
many secondary minerals

● **parent rock**
made of
primary minerals

● **rotten rock**
in which some
primary minerals
have weathered
to secondary
minerals

ΕΔΑΦΟΣ

ΑΠΟΣΑΘΡΩΜΕΝΟΣ
ΒΡΑΧΟΣ

ΥΓΙΗΣ ΒΡΑΧΟΣ

ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

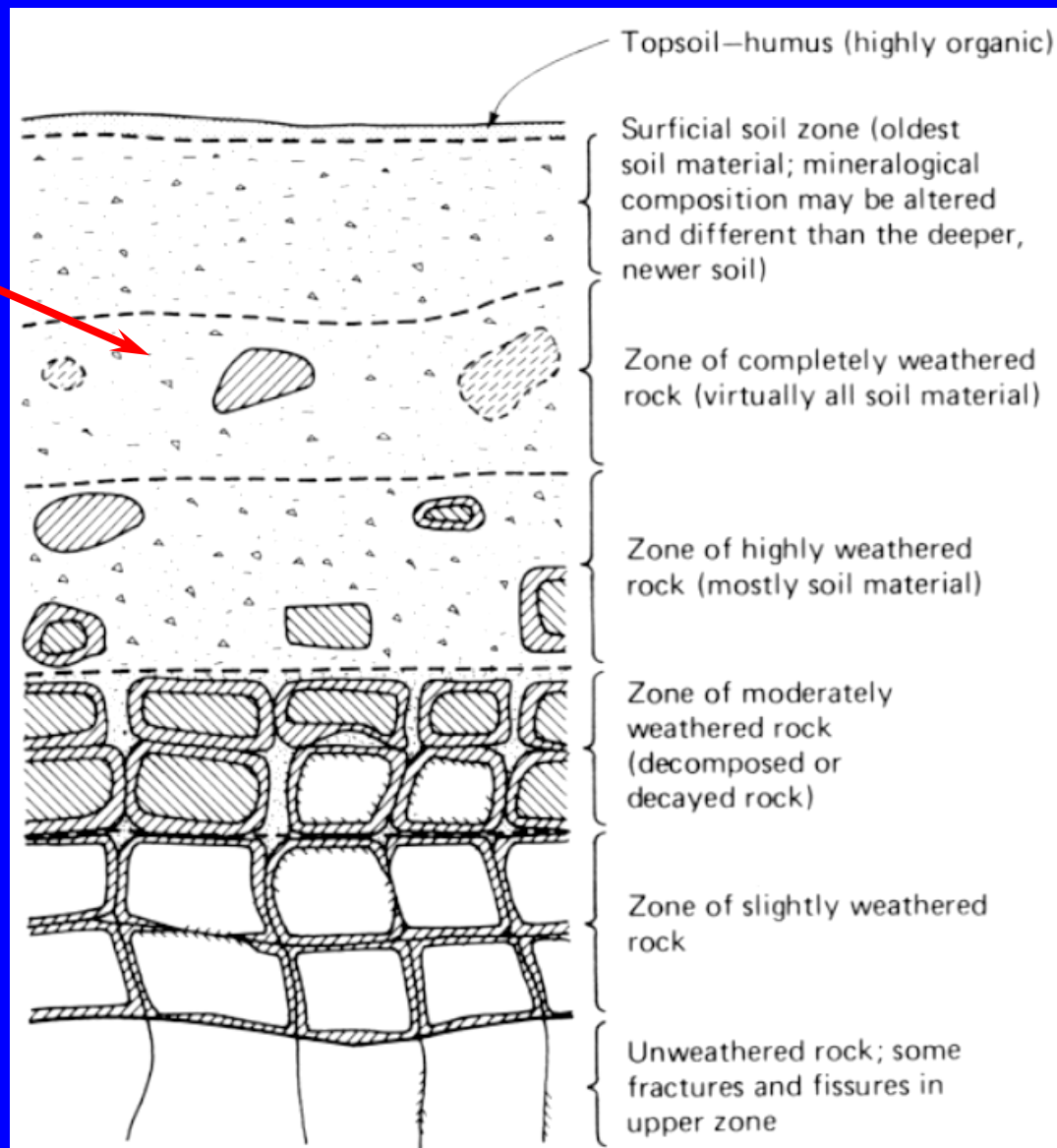
Το είδος του παραγόμενου εδάφους εξαρτάται και από τον βαθμό μεταφοράς των προϊόντων της αποσάθρωσης των βράχων

1. Υπολειμματικά ή αυτόχθονα εδάφη (residual soils)

- πρακτικώς χωρίς μεταφορά
- παράδειγμα : επιτόπου αποσάθρωση βράχων (επιφανειακός μανδύας)

2. Κορήματα (talus soils)

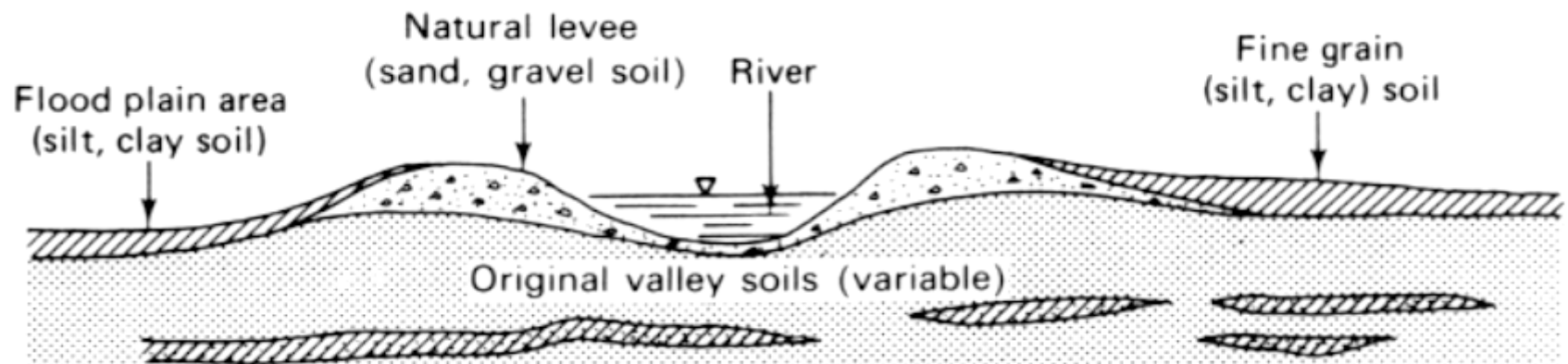
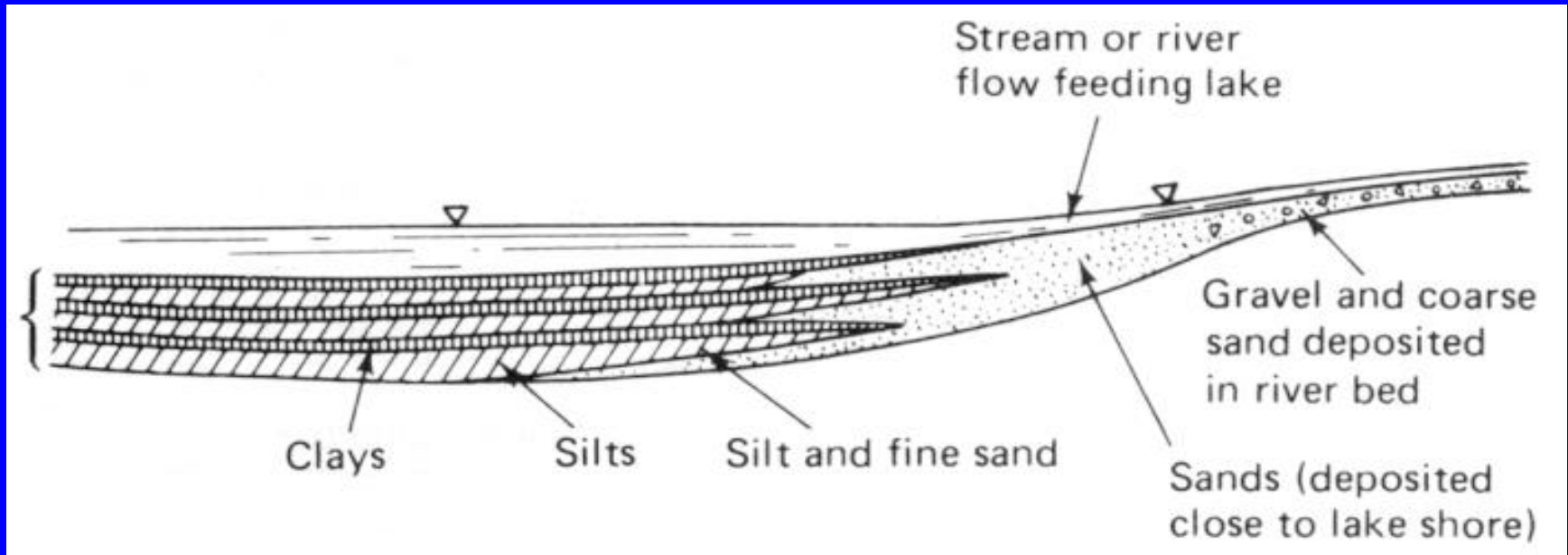
- μικρή μεταφορά έως τους πρόποδες του βουνού κυρίως μέσω βαρύτητας (κώννοι κορημάτων)



ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

3. Ιζηματογενή εδάφη (sedimentary soils)

- μεταφορά των προϊόντων αποσάθρωσης από το νερό και απόθεση στον πυθμένα θαλασσών ή λιμνών



ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΕΔΑΦΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ

Αναλόγως του μεγέθους των κόκκων, τα εδάφη διακρίνονται σε :

- Χονδρόκοκκα (χάλικες και άμμοι) - $d > 60 \mu\text{m}$
- Λεπτόκοκκα (ιλείς 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							
Άργιλος	Ίλύς			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				



Coarse gravel drainage material, 25-75mm

Χονδροί χάλικες (25-75mm)



Ποτάμιο αμμοχάλικο



Λεπτοί Χάλικες (2-6mm)

Άμμος (< 2mm)



Ιλύς



Ιλύς (διατηρεί κατακόρυφο πραινές)



Άργιλος (κολλάει στα χέρια)



Άργιλος – Χαρακτηριστικές γυαλιστερές επιφάνειες



Άργιλος – Εκσκαφή κωπηλατοδρομίου Σχοινιά



Άργιλος πυρήνα του
φράγματος Γαδουρά Ρόδου



20/4/04 14:16

Μηχανήματα και οχήματα
βουλιάζουν στην υγρή άργιλο
(αλλά όχι στην ξηρή)



Άργιλος μετά την ξήρανση

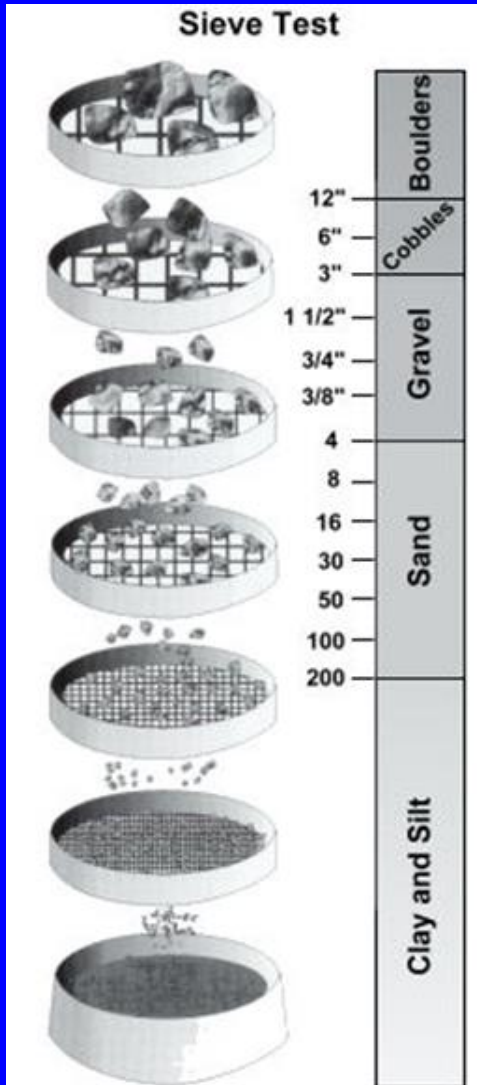
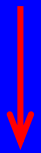


ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΕΔΑΦΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ

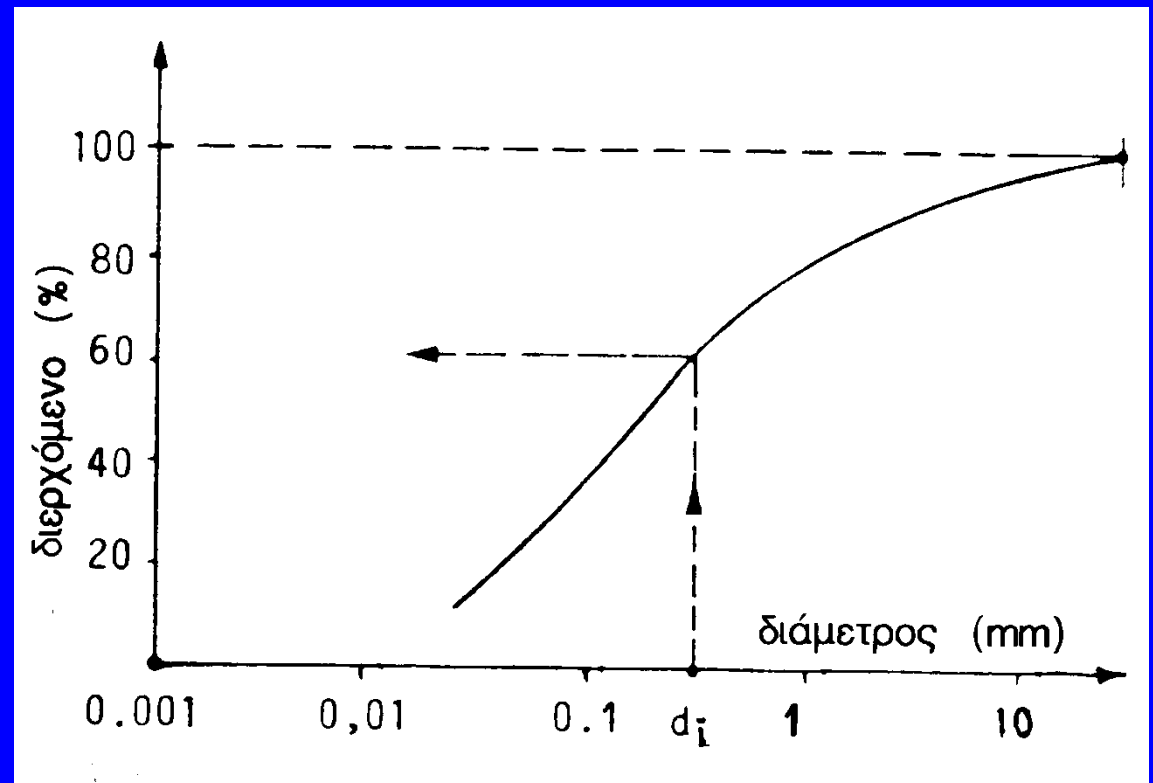
Τα εδαφικά υλικά συνήθως περιέχουν μεγάλη ποικιλία μεγέθους κόκκων :

- χάλικες / άργιλος = 20 mm / 0.002 mm = 10000
- 10-όροφη πολυκατοικία / κόκκος φακής = 30 m / 3 mm = 10000

Μειούμενη διάμετρος στις



Η κατανομή του μεγέθους των κόκκων προσδιορίζεται με κόσκινα



Κοκκομετρική διαβάθμιση χονδροκόκκων εδαφών



Σειρά κοσκίνων
10mm – 75 μ m

Δονητική τράπεζα για
κοσκίνισμα εδαφών



Αμερικανική σειρά κοσκίνων κατά ASTM

Βρετανική σειρά κοσκίνων κατά BSI

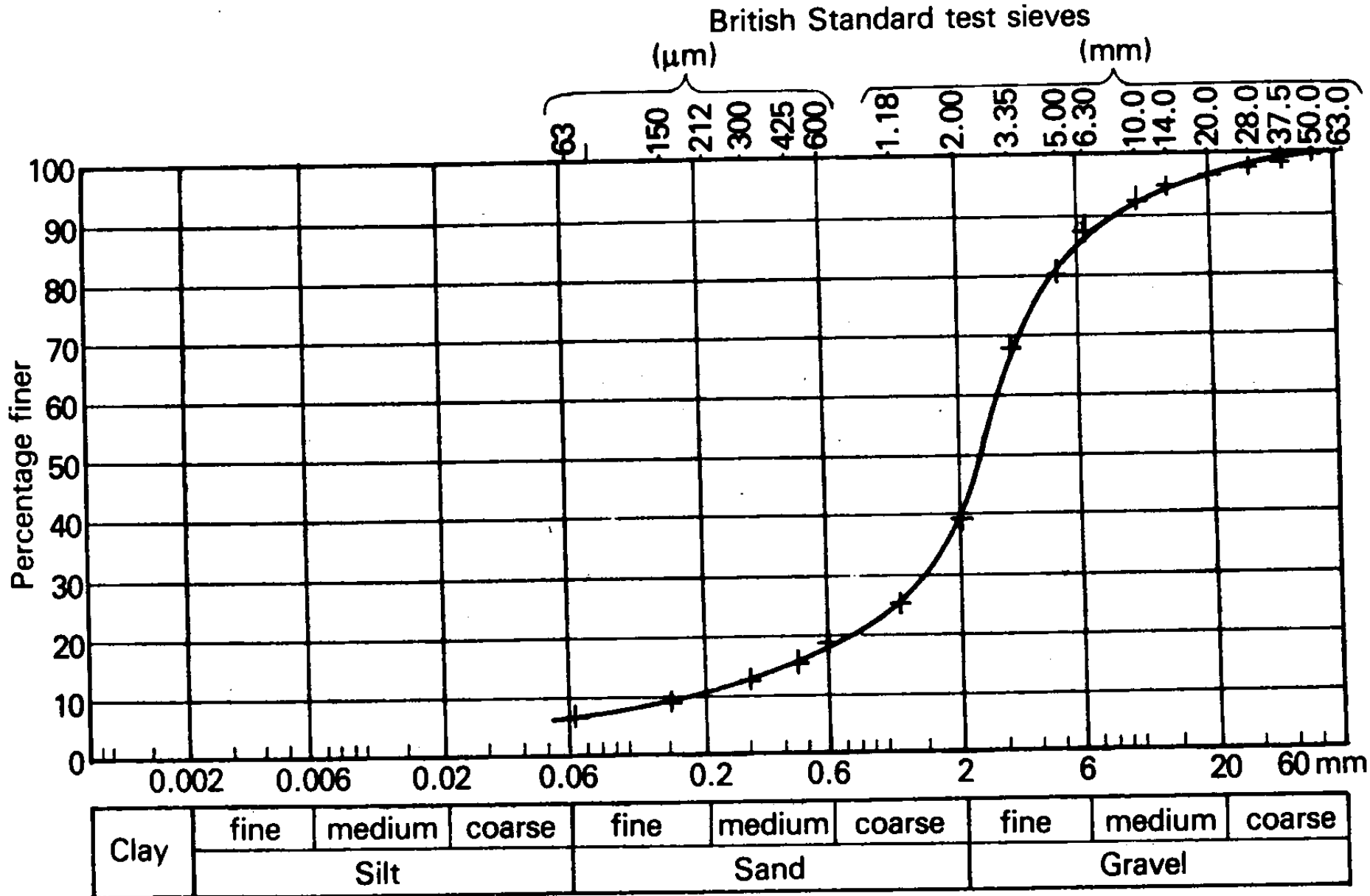
Κόσκινο	Μέγεθος οπής (mm)		Κόσκινο	Μέγεθος οπής (mm)
2"	50.8			50.0
1+1/2'	38.1			37.5
1"	25.4			28.0
3/4"	19.0			20.0
1/2"	12.7	χάλικες		14.0
1/4"	6.35			10.0
No 4	4.75			6.3
No 10	2.00			5.0
No 20	0.85			3.35
No 40	0.425			2.00
No 60	0.25	άμμοι		1.18
No 100	0.15			0.60
No 140	0.106			0.425
No 200	0.075			0.30
				0.212
				0.150
		ιλείς & άργιλοι		0.063

Κόκκοι μικρότερου μεγέθους διαχωρίζονται με τη μέθοδο του αραιομέτρου

Παράδειγμα προσδιορισμού κοκκομετρικής καμπύλης

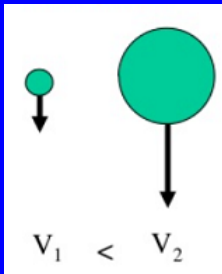
Μέγεθος οπής κοσκίνου (mm)	Συγκρατούμενο βάρος (g)	Διερχόμενο βάρος (g)	Διερχόμενο ποσοστό (%)
50.0	0	3150.0	100
37.5	44.1	3105.9	98.6
28.0	25.2	3080.7	97.8
20.0	31.5	3049.2	96.8
14.0	59.9	2989.4	94.9
10.0	72.5	2916.9	92.6
6.3	167.0	2750.0	87.3
5.0	226.8	2523.2	80.1
3.35	699.3	1823.9	57.9
2.0	589.1	1234.8	39.2
1.18	437.9	797.0	25.3
0.60	211.1	585.9	18.6
0.425	104.0	482.0	15.3
0.30	91.3	390.6	12.4
0.212	56.7	333.9	10.6
0.150	47.3	286.7	9.1
0.063	72.5	214.2	6.8
Τυφλό	214.2	0.0	0

Παράδειγμα προσδιορισμού κοκκομετρικής καμπύλης



Μέθοδος αραιομέτρου

για την κοκκομετρική διαβάθμιση λεπτοκόκκων εδαφών ($D < 0.063 \text{ mm}$)



Ταχύτητα καθίζησης λεπτών κόκκων στο νερό, ανάλογη του D^2

$$v = \frac{\rho_s - \rho_w}{18\eta} D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{18\eta}{(G_s - 1)\rho_w}} \sqrt{\frac{L}{t}}$$

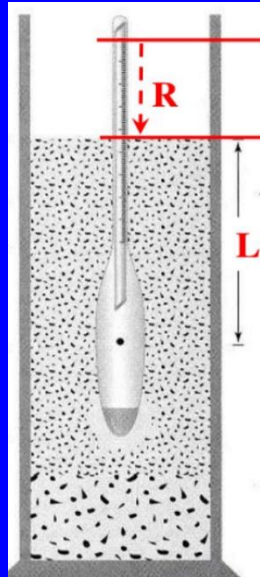
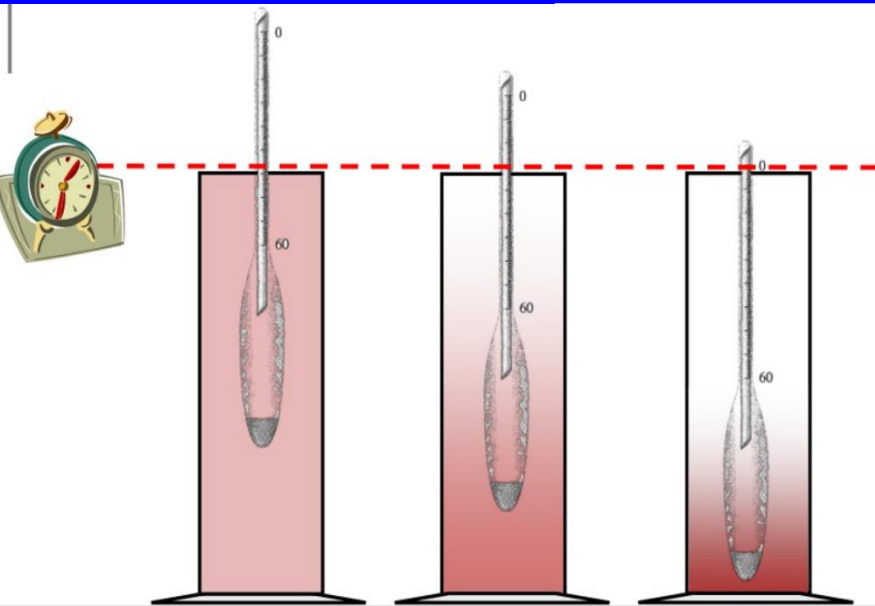
Νόμος του Stokes

η = ιξώδες του νερού

ρ_s, ρ_w = πυκνότητα εδάφους & νερού

Μέθοδος αραιομέτρου:

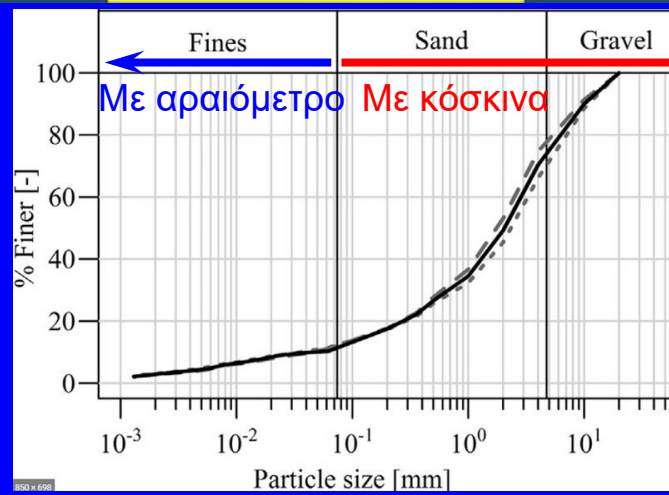
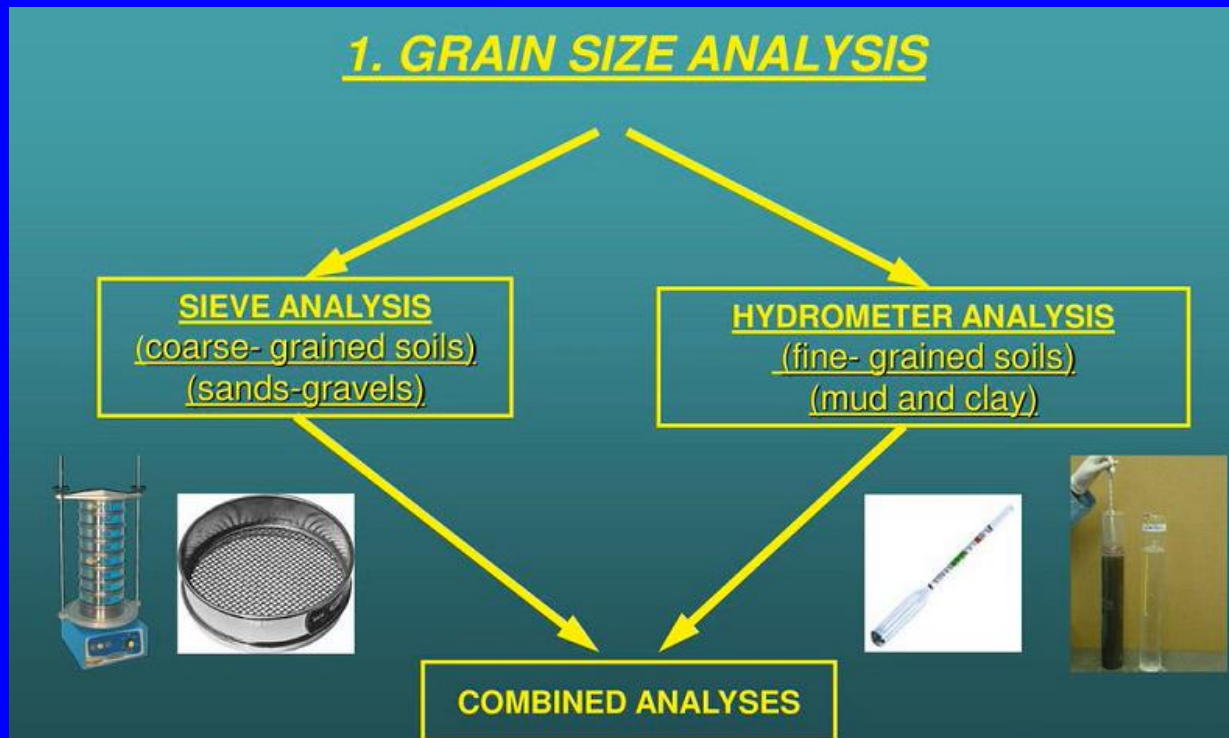
Με την πάροδο του χρόνου, το μήκος L αυξάνει



Κοκκομετρική διαβάθμιση εδαφών:

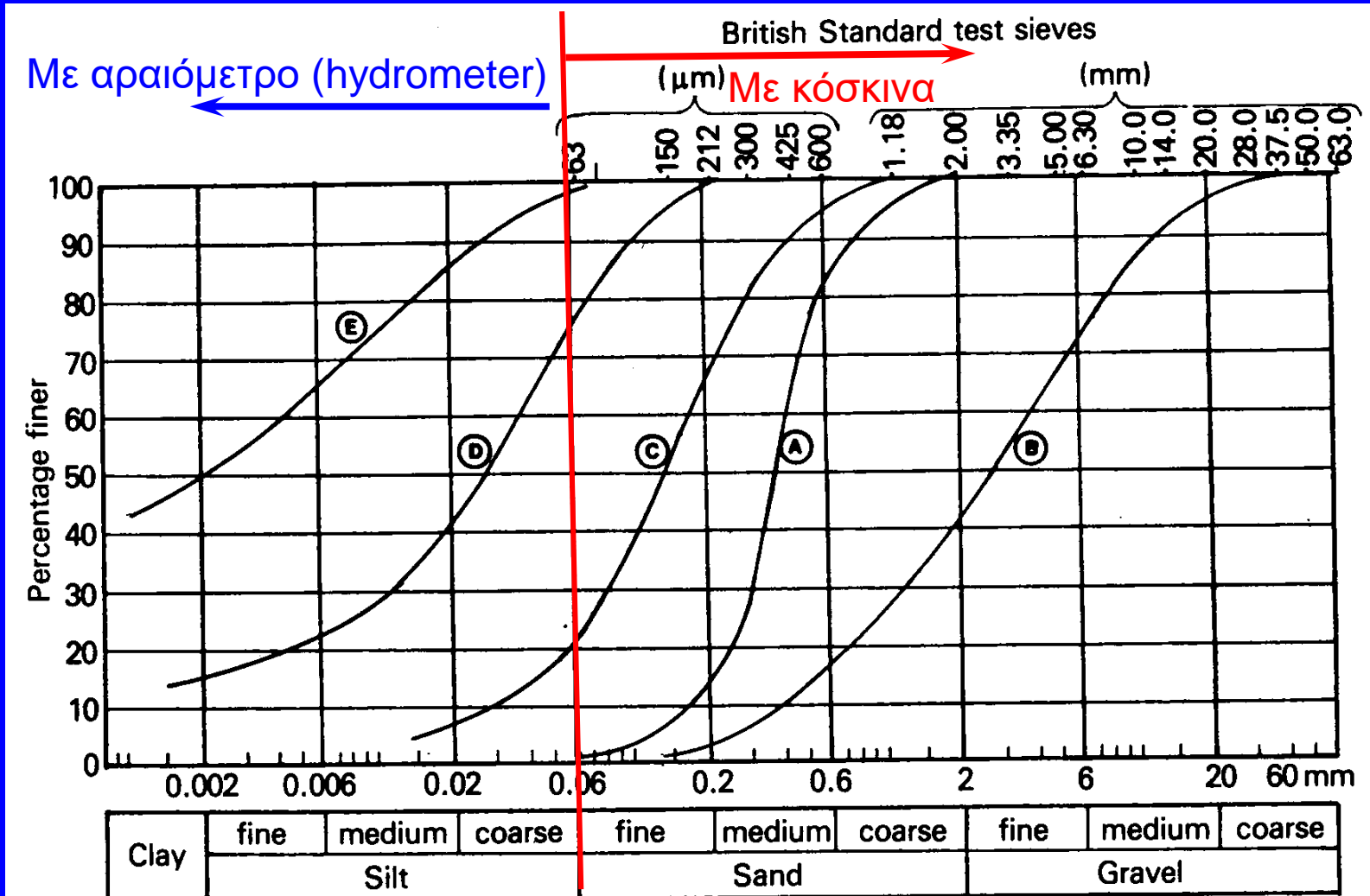
Χονδρόκοκκα ($D > 0.063\text{mm}$) → με κόσκινα

Λεπτόκοκκα ($D < 0.063\text{mm}$) → με αραιόμετρο

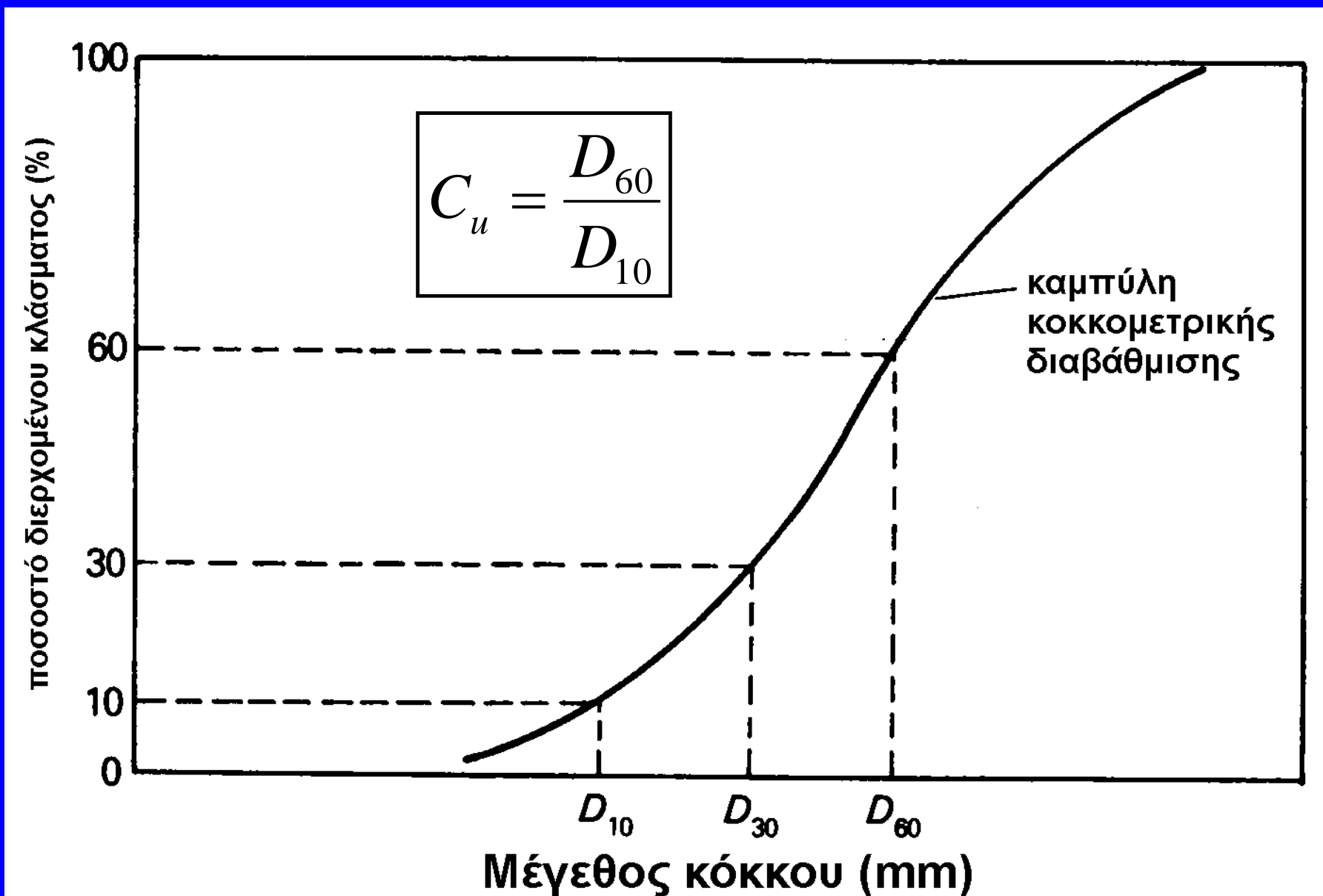


Τυπικές κοκκομετρικές καμπύλες εδαφικών υλικών

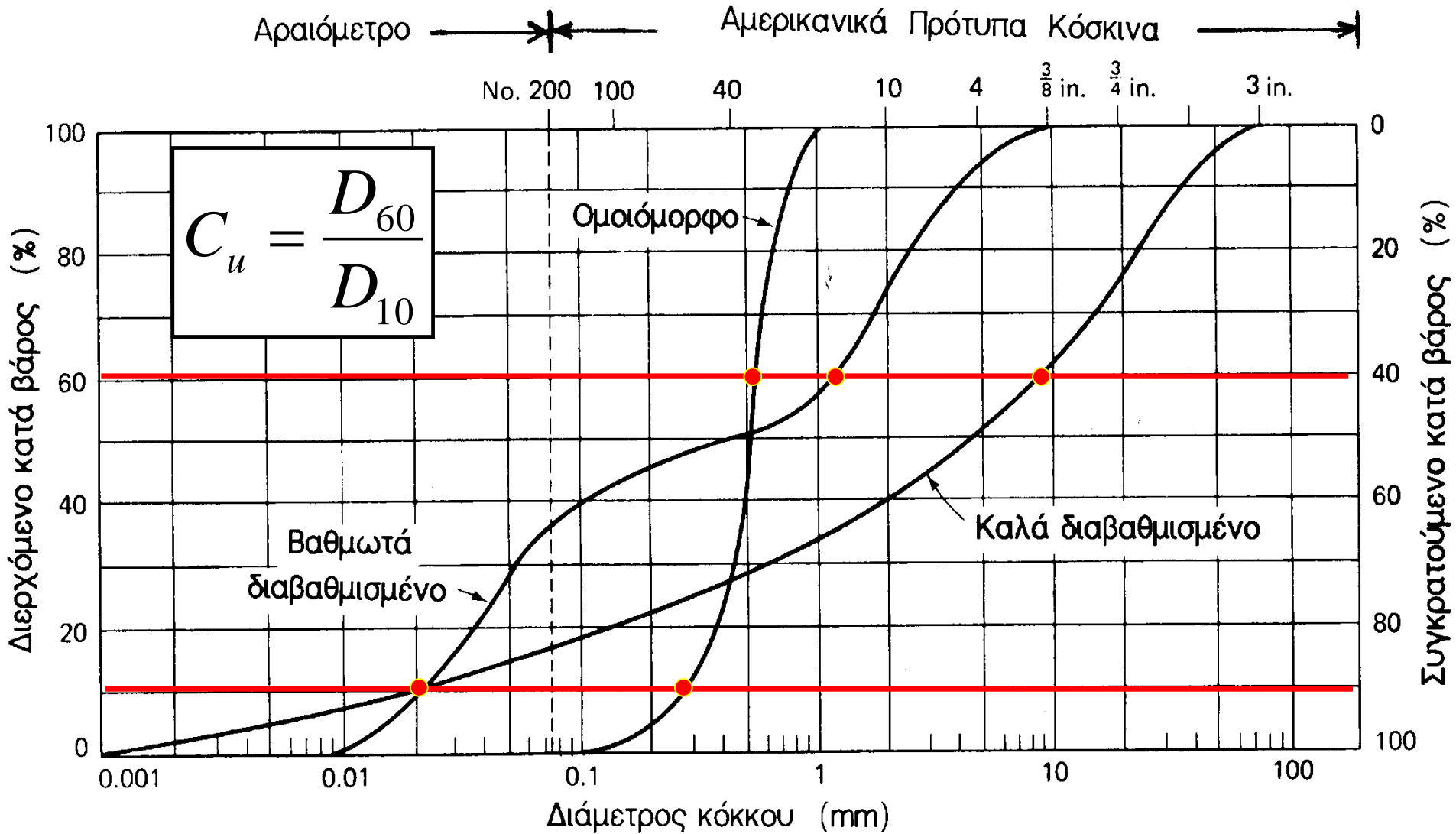
Η μέθοδος του αραιόμετρου βασίζεται στην διαφορετική ταχύτητα καθίζησης στο νερό κόκκων ποικίλων μεγεθών



Συντελεστής ανομοιομορφίας εδαφικών υλικών



Συντελεστής ανομοιομορφίας εδαφικών υλικών



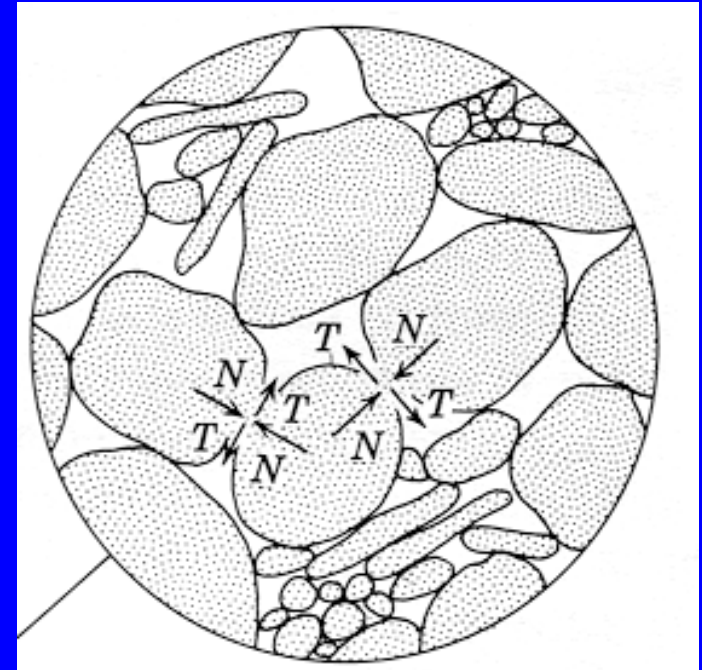
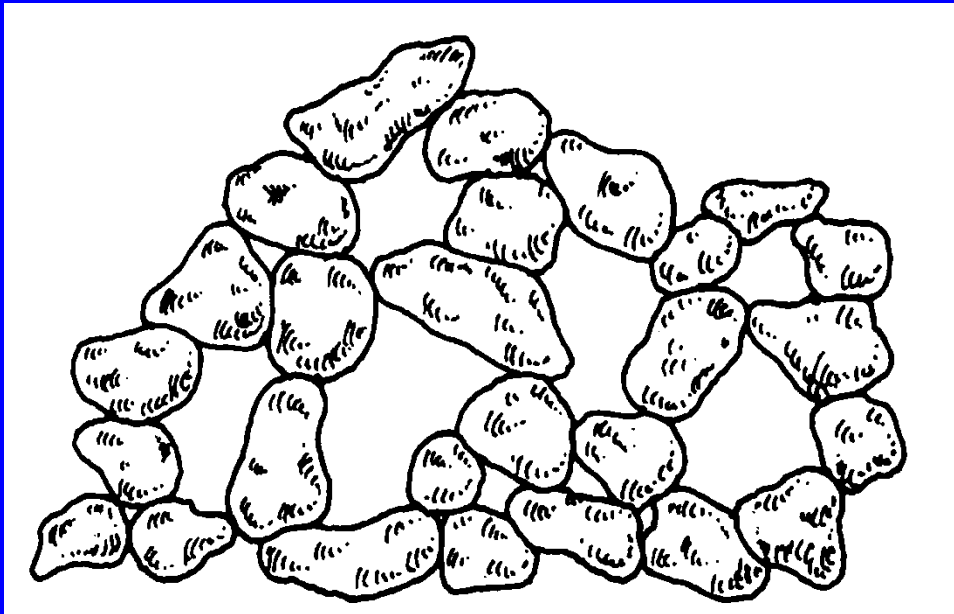
ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

Τα χονδρόκοκκα εδάφη προέρχονται κυρίως από τη μηχανική αποσάθρωση ασβεστολιθικών ή πυριτικών ορυκτών, των οποίων οι κρύσταλλοι έχουν τρι-διάστατη δομή.

Συνεπώς, οι κόκκοι των χονδρόκοκκων εδαφικών υλικών είναι περίπου σφαιρικοί

Οι δυνάμεις μεταξύ των κόκκων είναι :

1. Το βάρος
2. Οι ορθές δυνάμεις (N) και οι δυνάμεις τριβής (T) στις επαφές



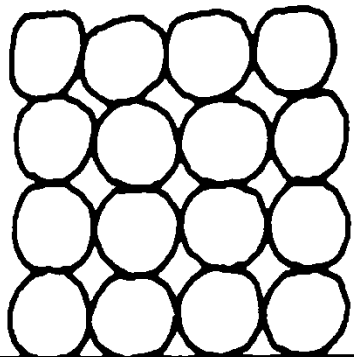
ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

Τα μηχανικά χαρακτηριστικά των χονδροκόκκων εδαφών (χάλικες και άμμοι) εξαρτώνται από :

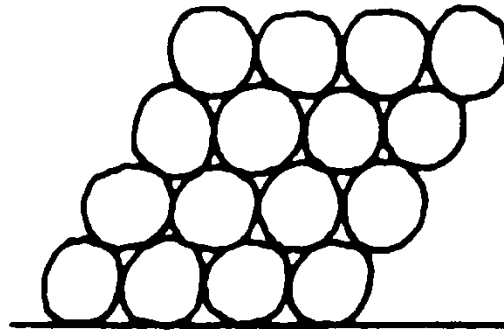
1. Την κοκκομετρική διαβάθμιση (μέγεθος των κόκκων)
2. Την σχετική πυκνότητα (δομή ή διάταξη των κόκκων)

Η δομή των χονδροκόκκων εδαφών κυμαίνεται μεταξύ πολύ χαλαρής και πολύ πυκνής, αναλόγως του βαθμού συμπίκνωσης του υλικού

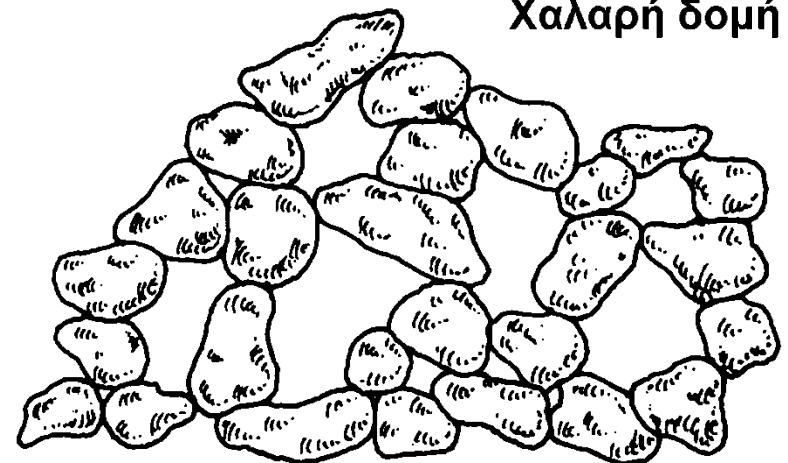
Ένα υλικό με πυκνή δομή έχει μικρότερη συμπιεστικότητα και καλύτερα χαρακτηριστικά αντοχής απ' ότι το ίδιο υλικό σε χαλαρή δομή



Χαλαρή δομή



Πυκνή δομή



Χαλαρή δομή

Προσδιορισμός της σχετικής πυκνότητας (D_r)

1. Πολύ χαλαρή διάταξη με ήπια απόθεση του υλικού. Μετράται η ελάχιστη πυκνότητα : $\rho_m = M_m / V_m$
2. Πολύ πυκνή διάταξη με έντονη δόνηση του υλικού. Μετράται η μέγιστη πυκνότητα : $\rho_M = M_M / V_M$
3. Μετράται η επιτόπου πυκνότητα : $\rho = M / V$

Σχετική πυκνότητα (D_r) :

$$D_r = \frac{\frac{1}{\rho_m} - \frac{1}{\rho}}{\frac{1}{\rho_m} - \frac{1}{\rho_M}} = \frac{\rho_M (\rho - \rho_m)}{\rho (\rho_M - \rho_m)}$$

Παράδειγμα :

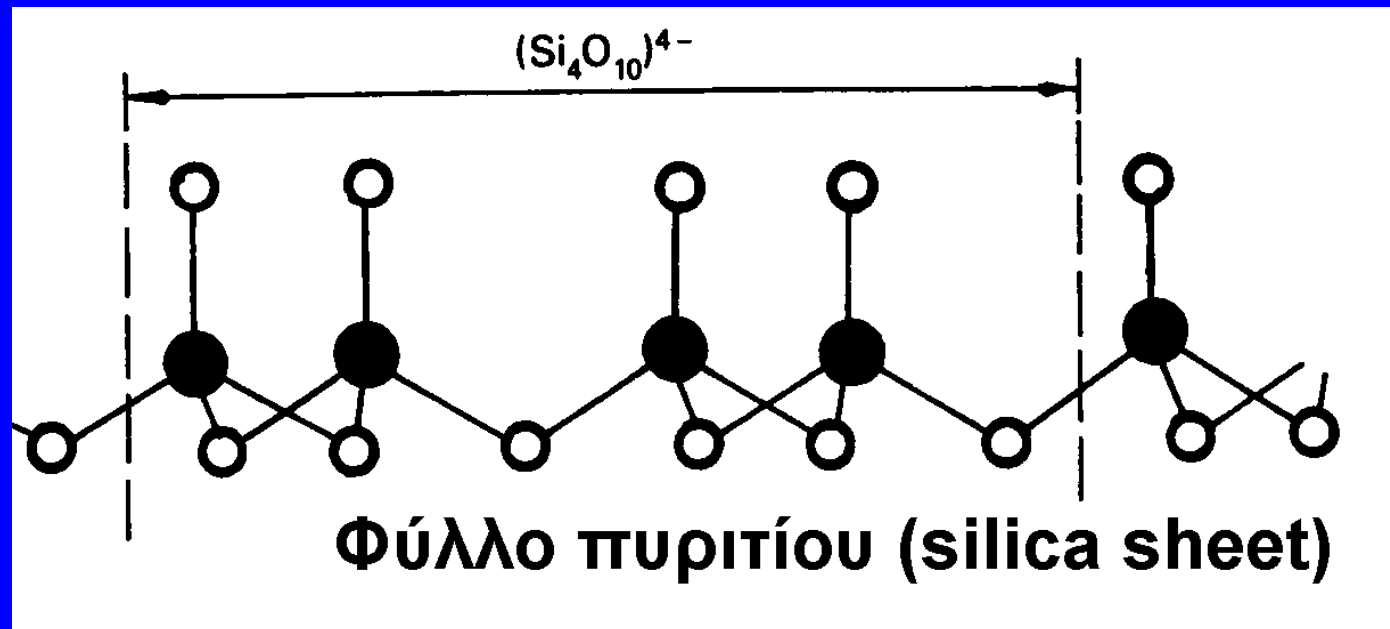
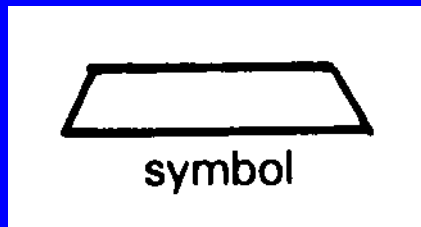
$$\rho_m = 1.7 \text{ Mg/m}^3, \quad \rho_M = 2.1 \text{ Mg/m}^3, \quad \rho = 1.9 \text{ Mg/m}^3 \quad \text{Άρα: } D_r = 55.3\%$$

ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

Τα λεπτόκοκκα εδάφη προέρχονται κυρίως από την χημική αποσάθρωση πλαγιόκλαστων (feldspars) και μαρμαρυγία (mica) τα οποία έχουν φυλλώδη δομή λόγω της δι-διάστατης ανάπτυξης των κρυστάλλων τους

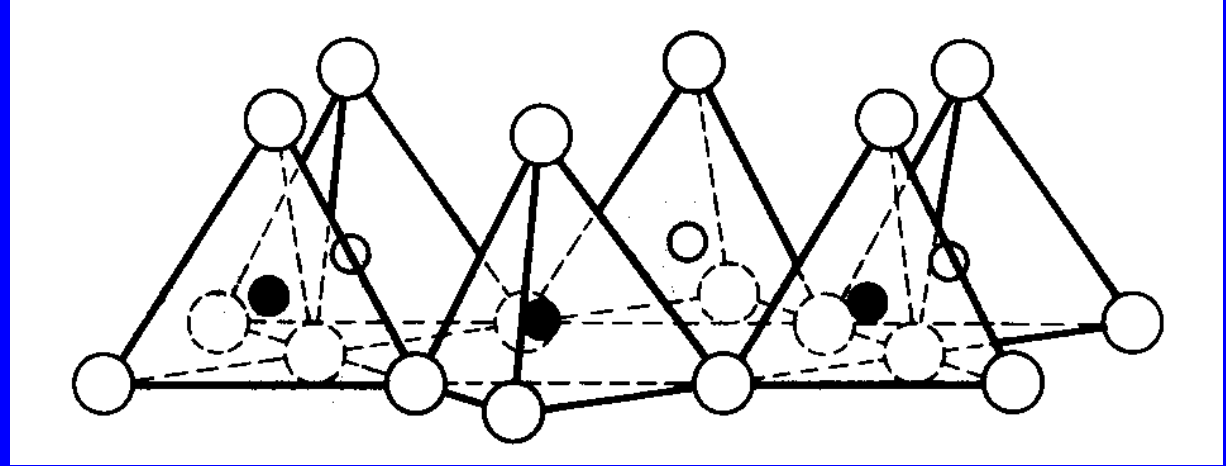
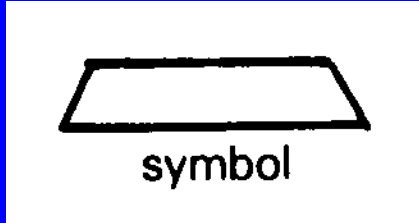
Παραδείγματα :

1. Φύλλο πυριτίου :

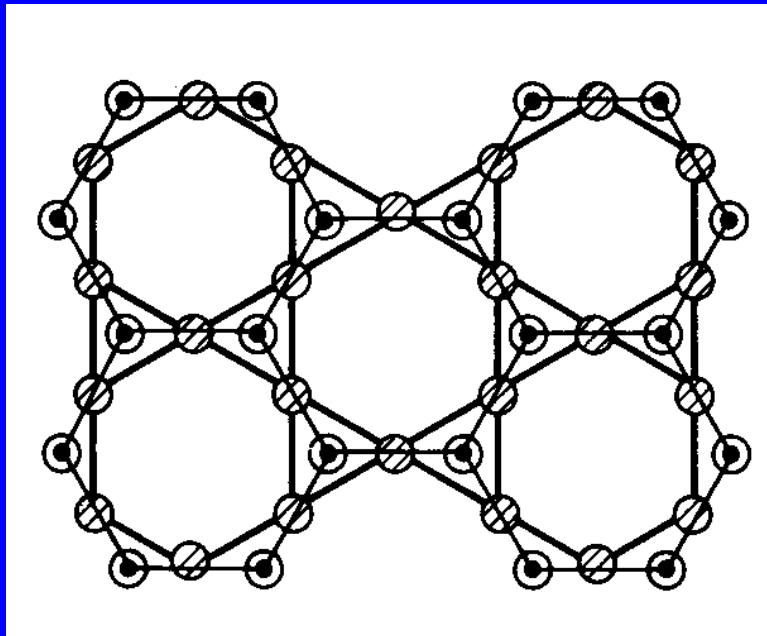


ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

1. Φύλλο πυριτίου (συνέχεια) :



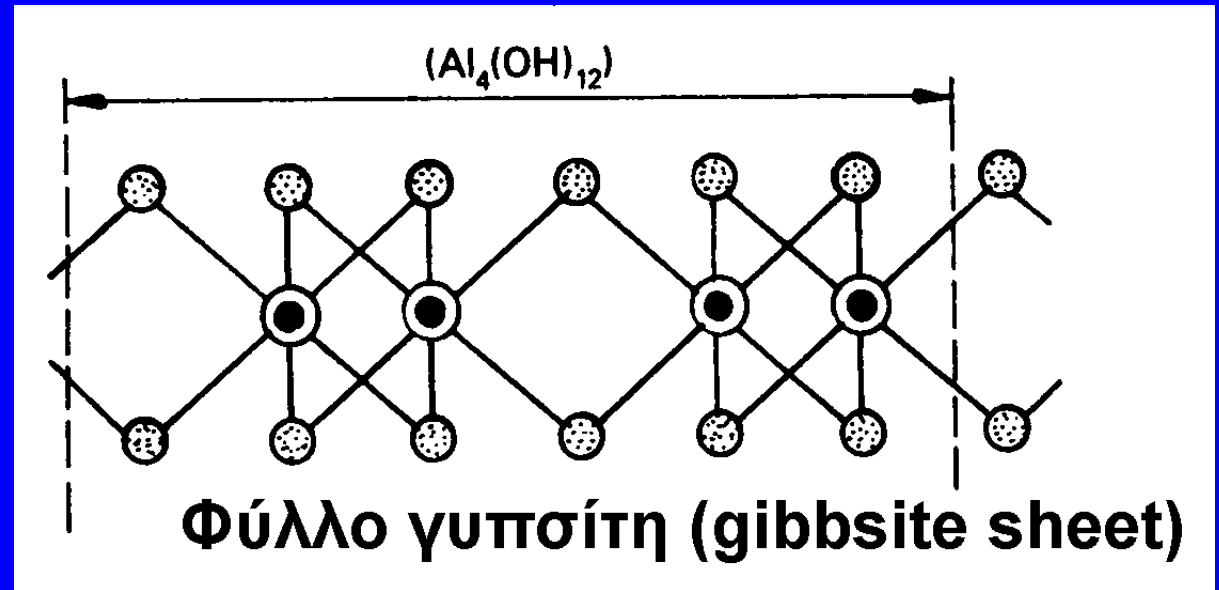
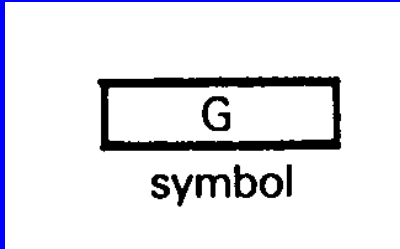
ΠΛΑΓΙΑ ΟΨΗ



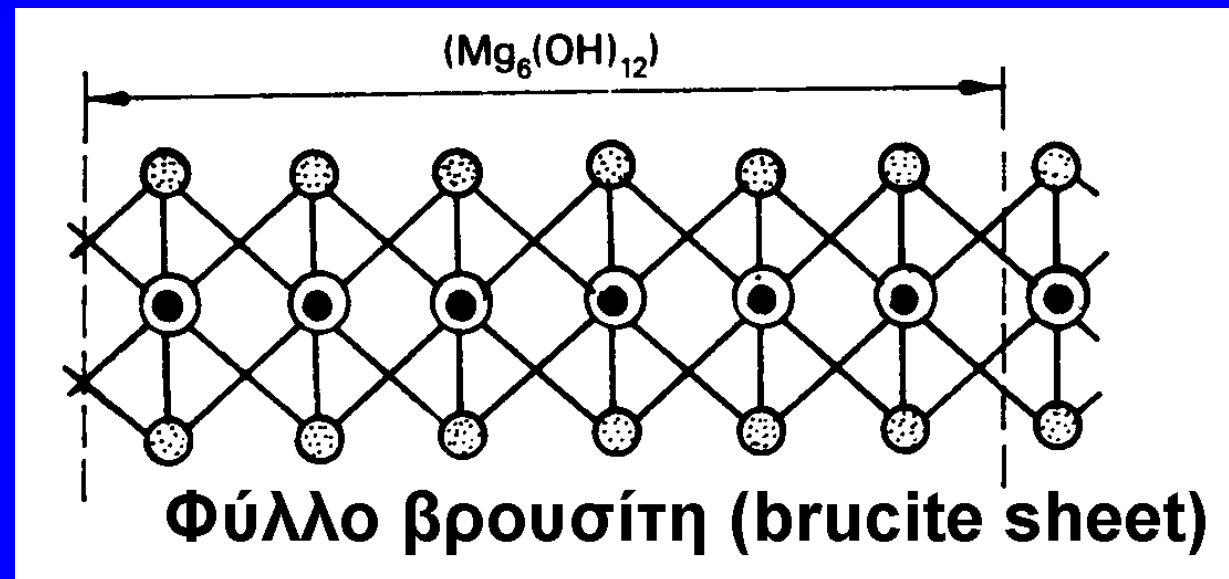
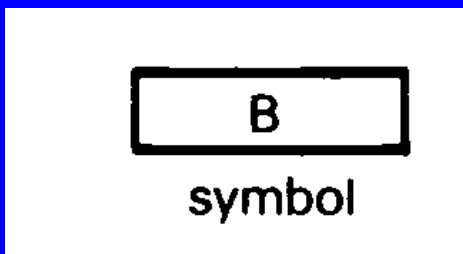
ΚΑΤΟΨΗ

ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

2. Φύλλο γυψσίτη :

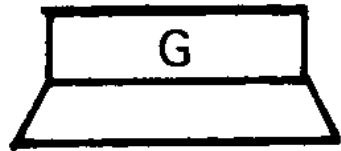


3. Φύλλο βρουσίτη :

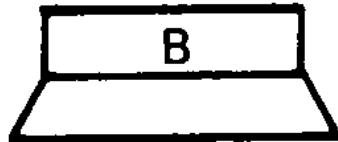


ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

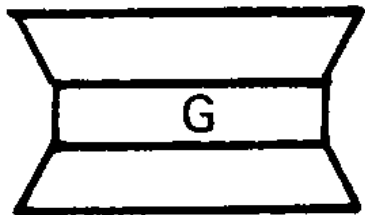
Δημιουργία αργιλικών ορυκτών με συγκόλληση αργιλικών φύλλων



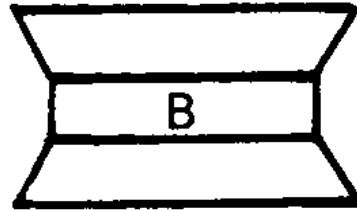
Καολινίτης



Σερπεντινίτης



Πυροφυλλίτης



Τάλκης

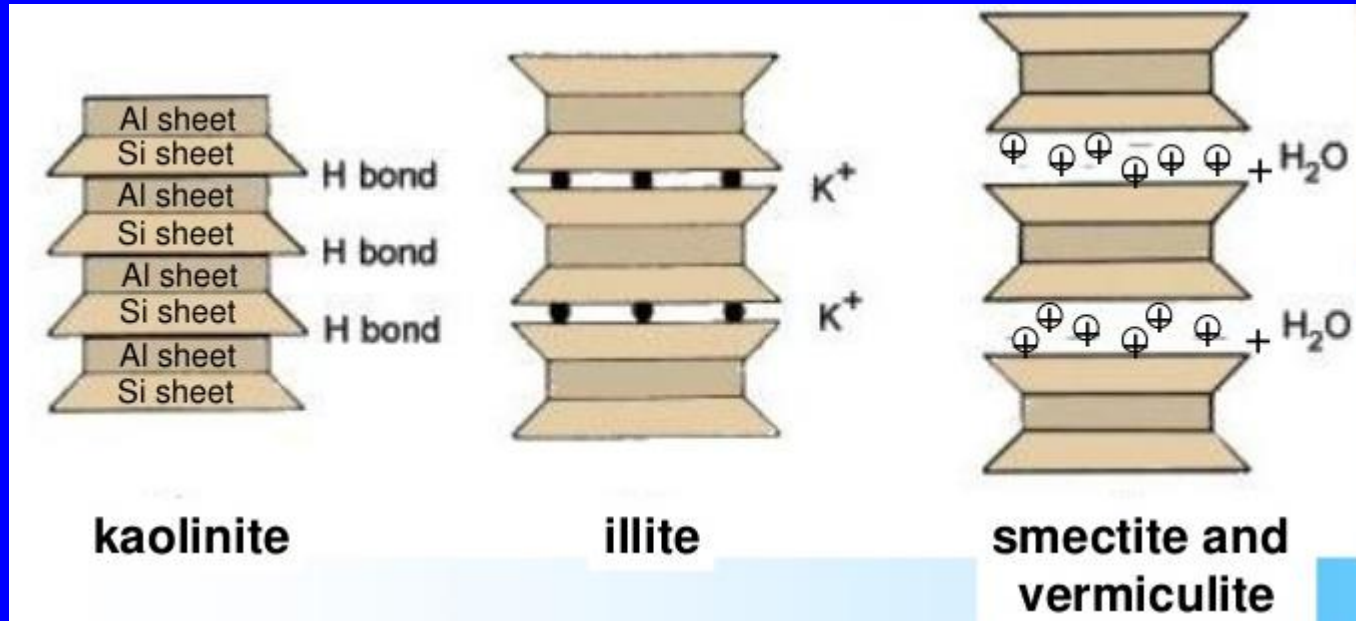
Λόγω των ασθενών δεσμών μεταξύ των φύλλων, το συνολικό πάχος είναι μικρό (2-3 φύλλα)

Αντιθέτως, οι άλλες δύο διαστάσεις των φύλλων είναι αρκετά μεγάλες

Αργιλικό ορυκτό	πάχος t (μm)	Μήκος / πάχος
Καολινίτης	0.05 - 0.2	3 - 10
Ιλλίτης	0.02 - 0.2	10 - 100
Μοντμοριλλονίτης	0.001 - 0.01	100 - 1000

ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

Δημιουργία αργιλικών ορυκτών με συγκόλληση αργιλικών φύλλων

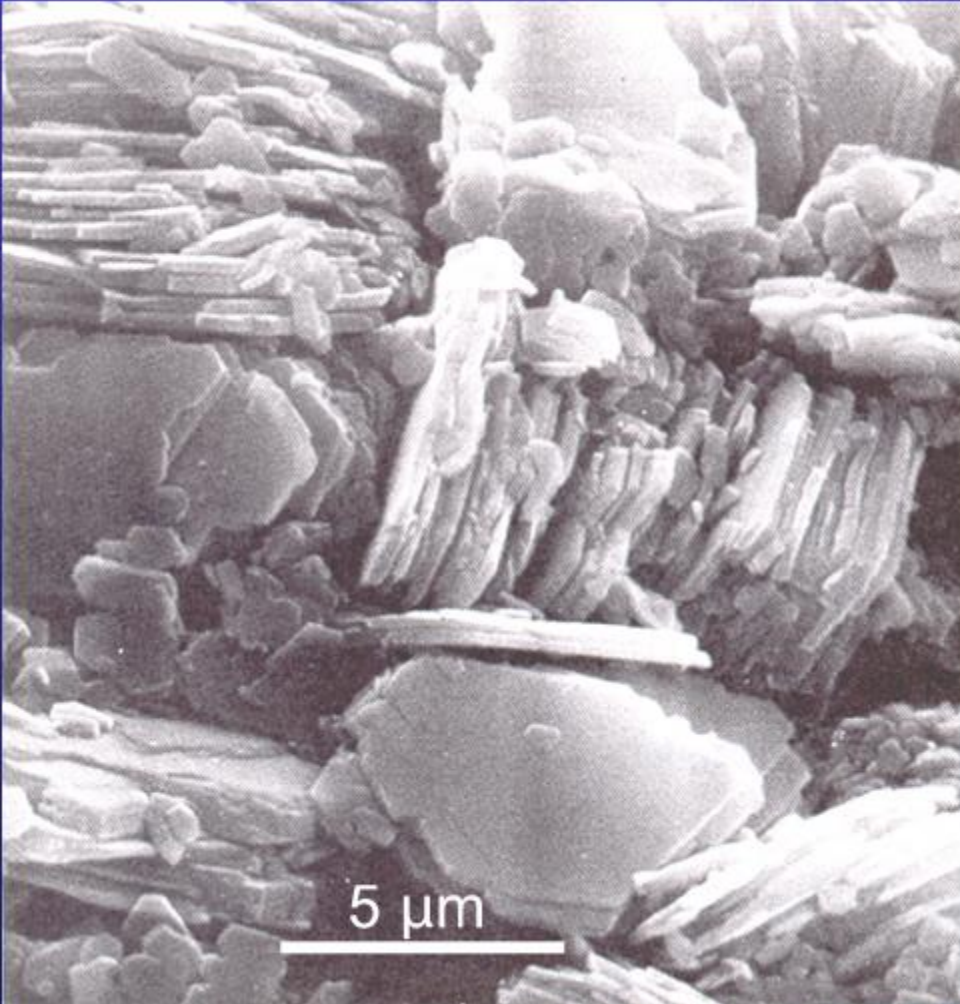


Καολινίτης

Ιλλίτης

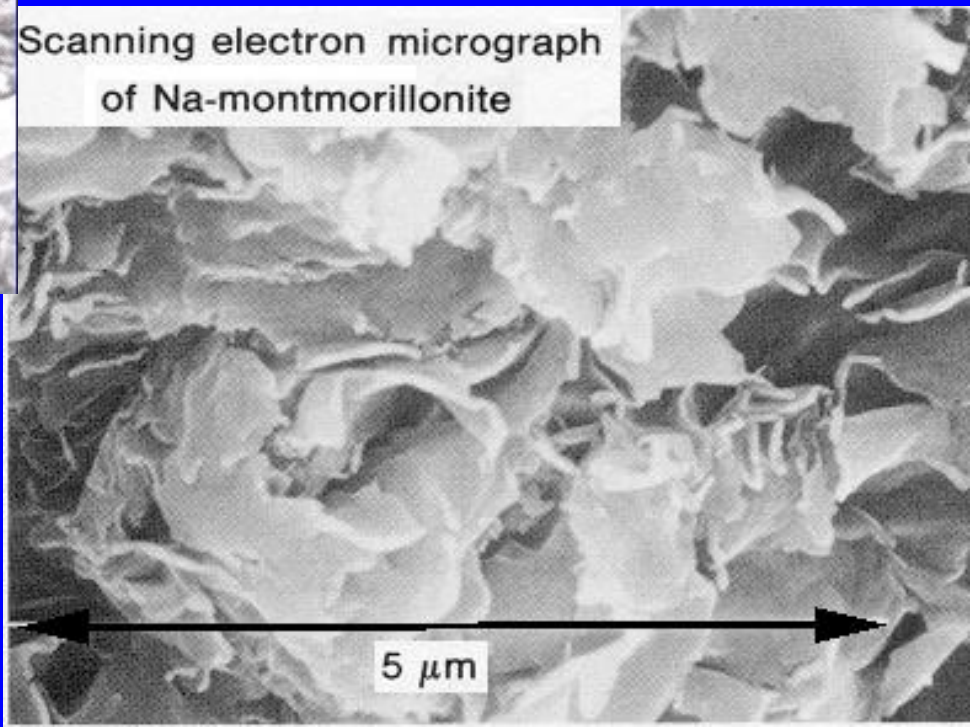
Μοντμοριλονίτης
(μπεντονίτης), σμεκτίτης και
άλλα εντόνως αργιλικά ορυκτά

Αργιλικό ορυκτό	πάχος t (μm)	Μήκος / πάχος
Καολινίτης	0.05 - 0.2	3 - 10
Ιλλίτης	0.02 - 0.2	10 - 100
Μοντμοριλλονίτης	0.001 - 0.01	100 - 1000



Πλακοειδής δομή του
μοντμοριλλονίτη

Scanning electron micrograph
of Na-montmorillonite



Πλακοειδής δομή
του καολινίτη

ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

Τα μηχανικά χαρακτηριστικά των λεπτοκόκκων εδαφών δεν εξαρτώνται τόσο από το μέγεθος και την διάταξη των κόκκων (όπως στα χονδροκόκκα εδάφη).

Λόγω του πολύ μικρού μεγέθους των κόκκων :

1. Οι κόκκοι είναι πλακοειδείς (αργιλικά πλακίδια)
2. Οι επιφανειακές (ηλεκτρικές) δυνάμεις μεταξύ των κόκκων υπερτερούν των δυνάμεων βαρύτητας (δηλαδή του βάρους), αφού :
 - Οι ηλεκτρικές δυνάμεις (E) είναι ανάλογες της επιφάνειας (d^2)
 - Οι δυνάμεις βαρύτητας (W) είναι ανάλογες του όγκου (d^3)

Άρα ο λόγος (E / W) είναι ανάλογος του ($1 / d$)

Παράδειγμα: άμμος ($d=1\text{mm}$) και άργιλος ($d=0.001\text{ mm}$)

$$\left(\frac{E}{W} \right)_{\text{αργιλος}} = 1000 \left(\frac{E}{W} \right)_{\text{αμμος}}$$

Στην άργιλο οι ηλεκτρικές δυνάμεις είναι 1000 φορές μεγαλύτερες απ' ότι το βάρος σε σχέση με την άμμο

ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

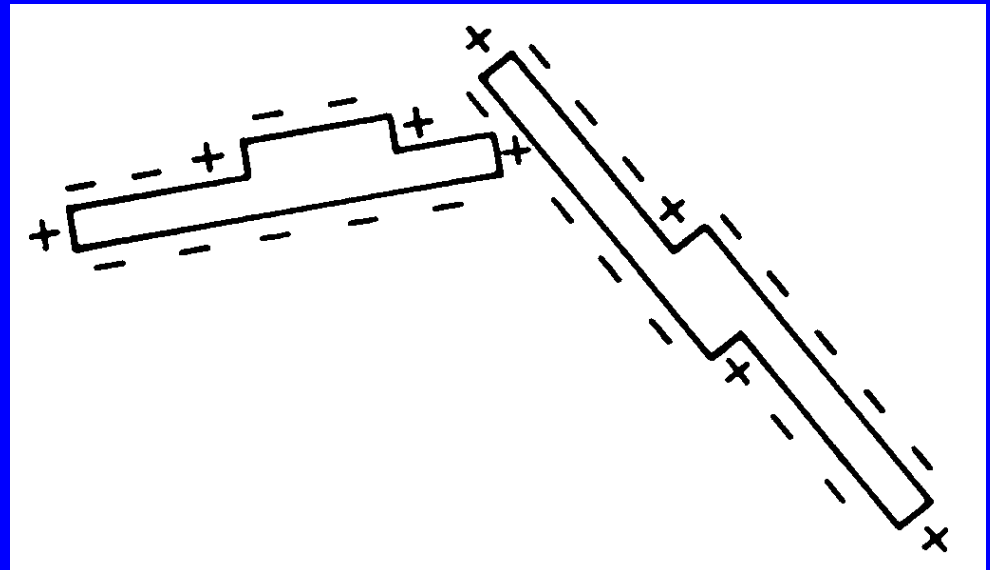
Τα αργιλικά πλακίδια εμφανίζουν :

- θετικά ηλεκτρικά φορτία στις αιχμές και
- αρνητικά ηλεκτρικά φορτία στις μεγάλες επιφάνειες

Το συνολικό φορτίο του πλακιδίου είναι μηδέν


Τα πλακίδια έλκονται και συγκολλώνται μέσω των ισχυρών ηλεκτρικών δυνάμεων


Για παράδειγμα, η ξηρή άργιλος έχει μεγάλη αντοχή λόγω της συγκόλλησης των πλακιδίων

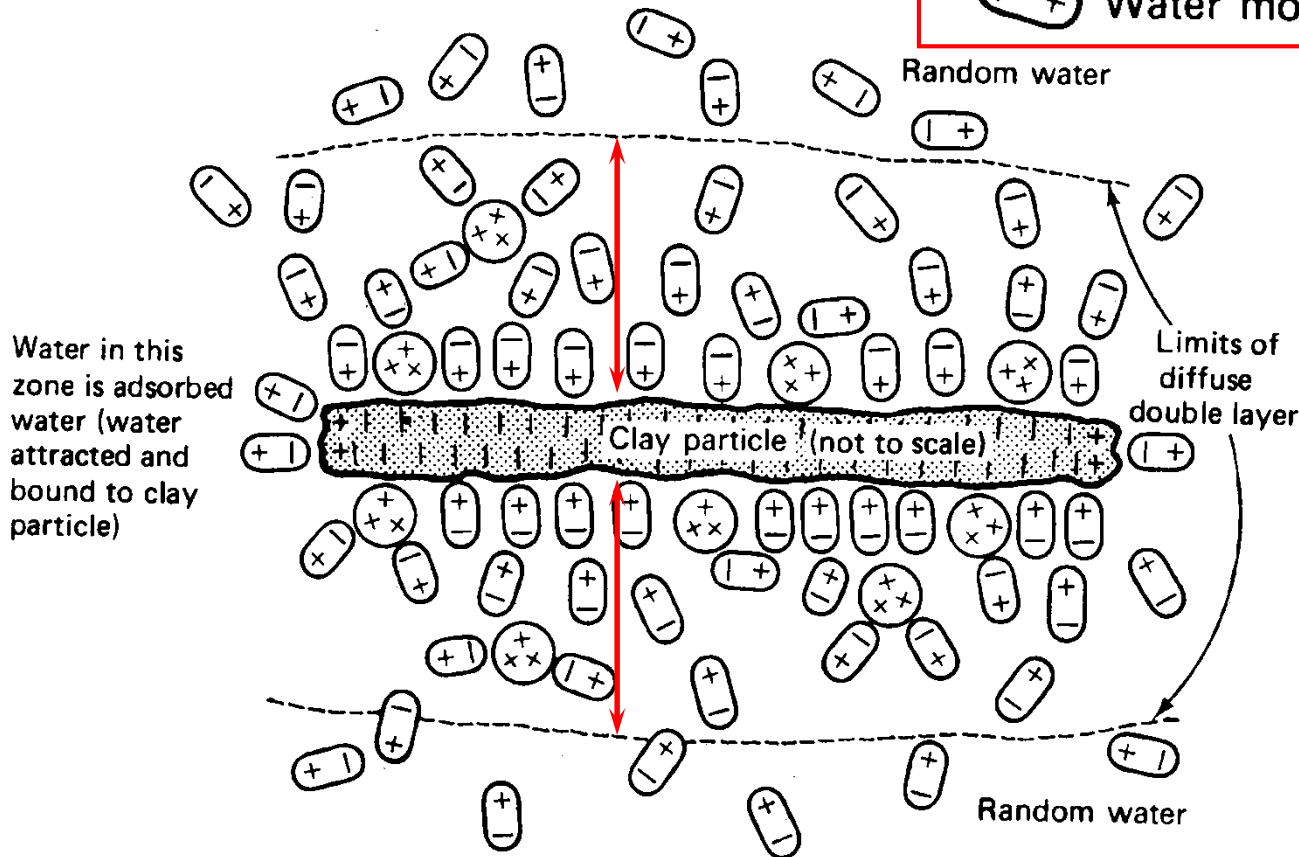


ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

Με την παρουσία νερού, τα μόρια του νερού (ηλεκτρικά δίπολα) έλκονται από τα αργιλικά πλακίδια και προσκολλώνται επ' αυτών (προσροφημένο νερό ή διπλή στρώση νερού)

 Cation (positively charged atom or group of atoms)

 Water molecule

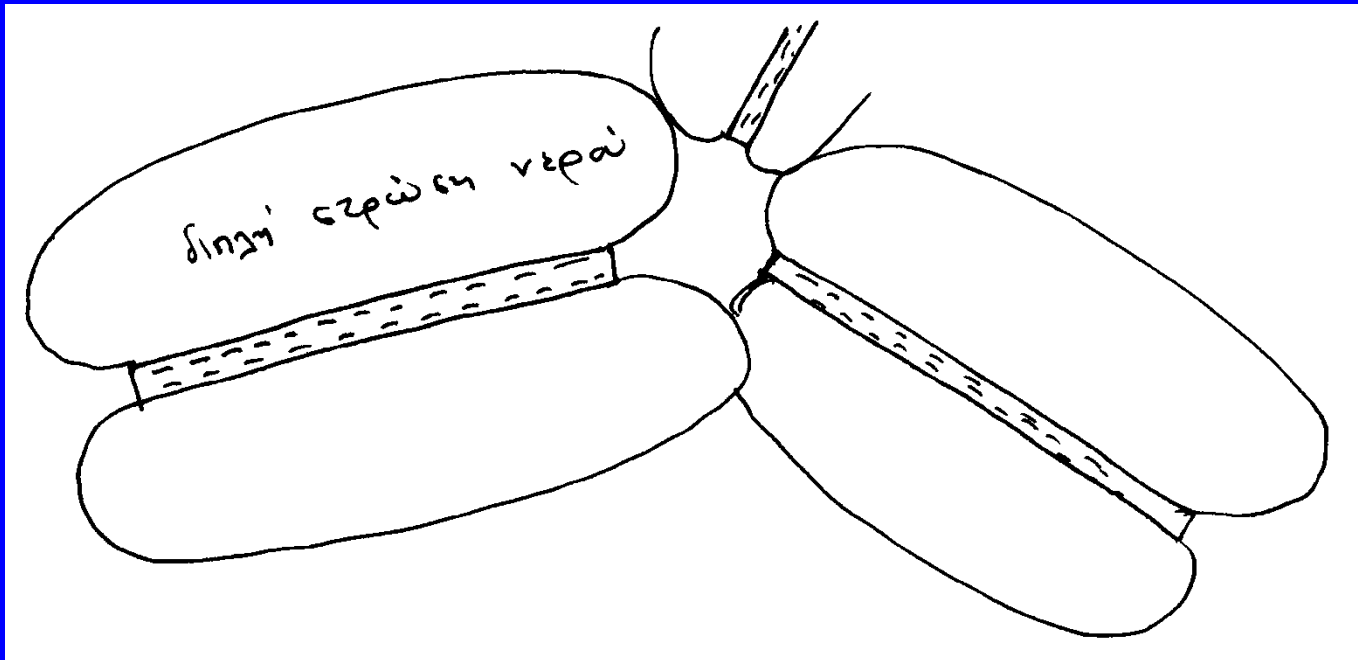


ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

Όταν το νερό είναι άφθονο, οι διπλές στρώσεις έχουν μεγάλο πάχος και συνεπώς δεν υπάρχει επαφή μεταξύ των αργιλικών πλακιδίων

Άρα:

- Η αντοχή της αργίλου είναι μικρή (μικρή τριβή νερού με νερό) και η άργιλος “γλιστράει”
- Η συμπίεστικότητα είναι μεγάλη (με τη συμπίεση φεύγει το νερό και οι κόκκοι έρχονται πιο κοντά)



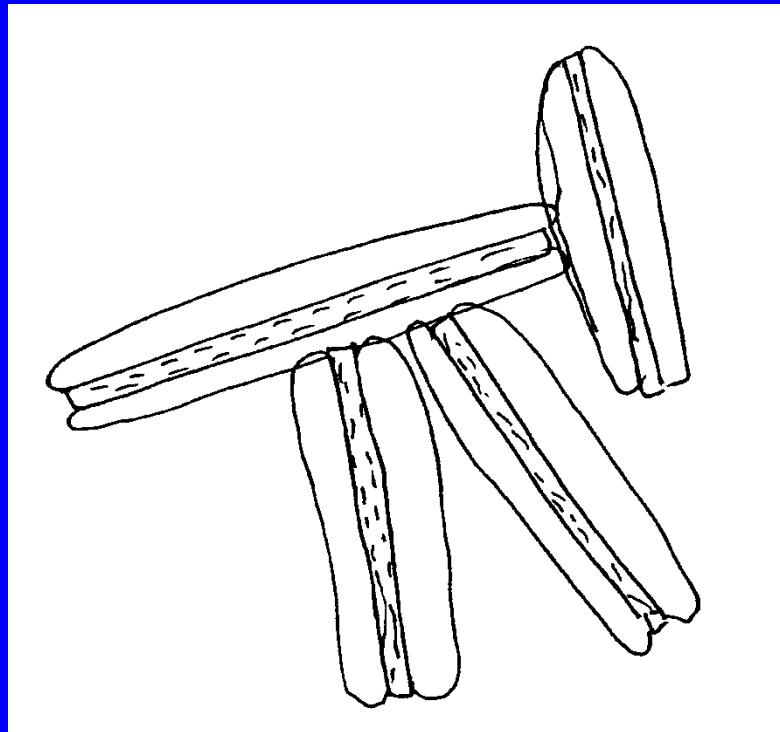
ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

Όταν το νερό είναι λίγο, οι διπλές στρώσεις έχουν μικρό πάχος και συνεπώς υπάρχει ηλεκτρική έλξη μεταξύ των αργιλικών πλακιδίων

Άρα :

- Η αντοχή της αργίλου αυξάνει
- η συμπίεστικότητα μειώνεται

όσο μειώνεται η ποσότητα του νερού και οι κόκκοι έρχονται πιο κοντά



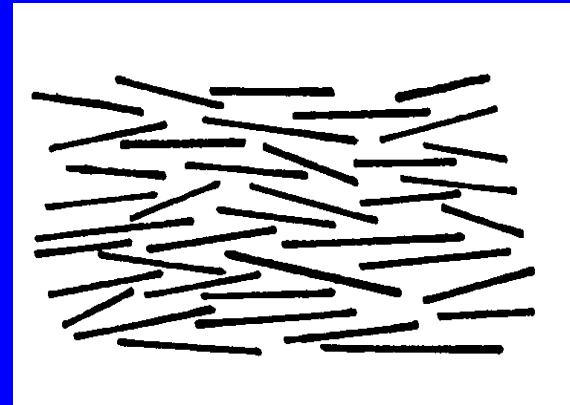
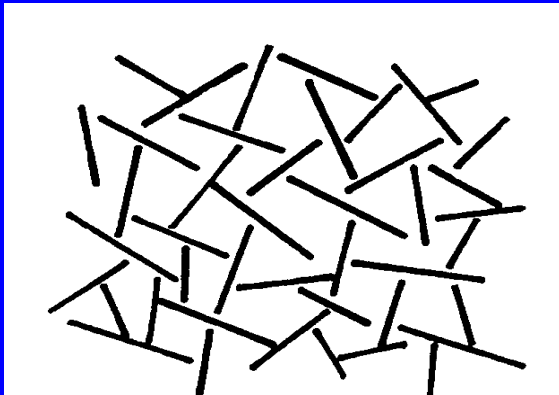
ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

Παραδείγματα :

Η ξηρή άργιλος έχει μεγάλη αντοχή

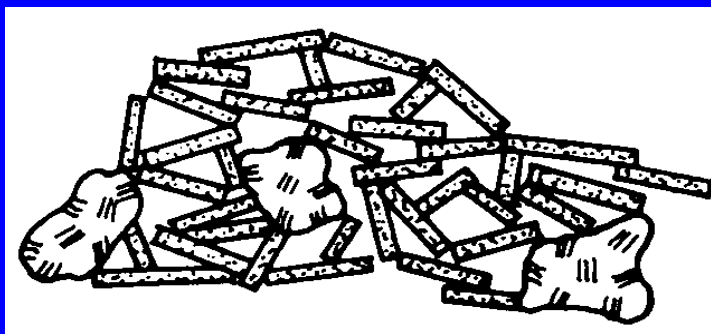
Εάν βραχεί η αντοχή μειώνεται καθώς τα πλακίδια απορροφούν νερό, οι διπλές στρώσεις διογκώνονται, τα πλακίδια απομακρύνονται και οι μεταξύ τους ηλεκτρικές έλξεις μειώνονται.

Το τούβλο (άργιλος ψημένη σε μεγάλη θερμοκρασία) έχει πολύ μεγάλη αντοχή. Το νερό έχει φύγει τελείως, και τα πλακίδια έχουν καλή επαφή. Οι έλξεις μεταξύ των πλακιδίων είναι τόσο μεγάλες που δεν αφήνουν το νερό να εισέλθει και να δημιουργήσει διπλές στρώσεις. Τα καλά ψημένα τούβλα δεν επηρεάζονται από το νερό.



ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

Τυπικές διατάξεις αργιλικών πλακιδίων



Άργιλος που αποτέθηκε σε γλυκό νερό. Οι διπλές στρώσεις είναι πλήρως αναπτυγμένες



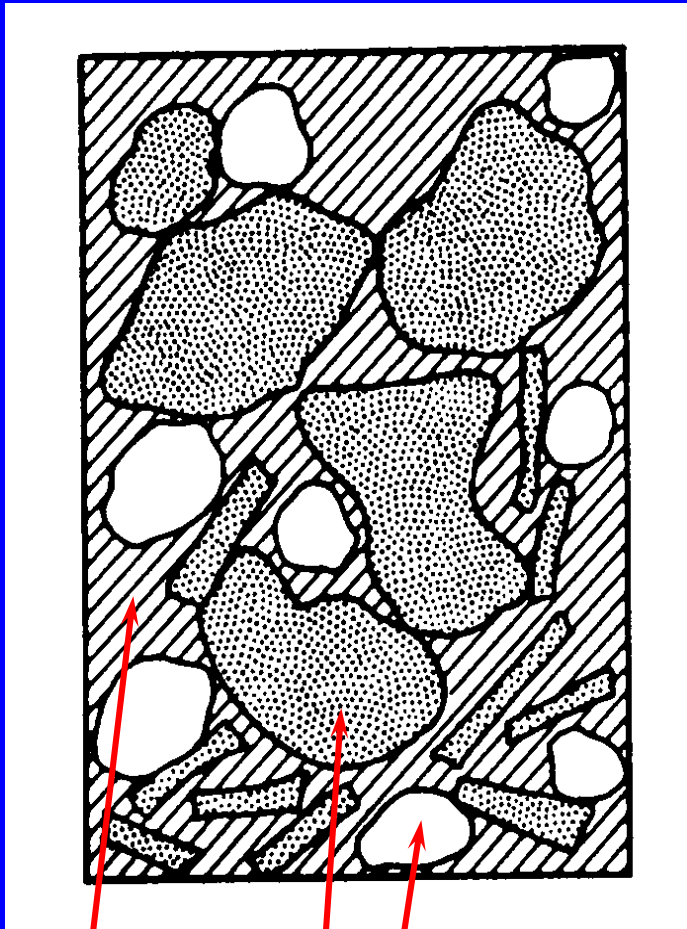
Άργιλος που αποτέθηκε σε αλμυρό νερό. Οι διπλές στρώσεις έχουν μικρό πάχος



Στο θαλασσινό νερό, τα κατιόντα (Na^+) προσκολλώνται στην αρνητικά φορτισμένη επιφάνεια των αργιλικών πλακιδίων (αντί των διπόλων του νερού) με συνέπεια να εξαφανίζονται οι διπλές στρώσεις

Τι θα συμβεί αν μια άργιλος που αποτέθηκε σε θαλάσσιο περιβάλλον εκπλυθεί από το (γλυκό) βρόχινο νερό ;

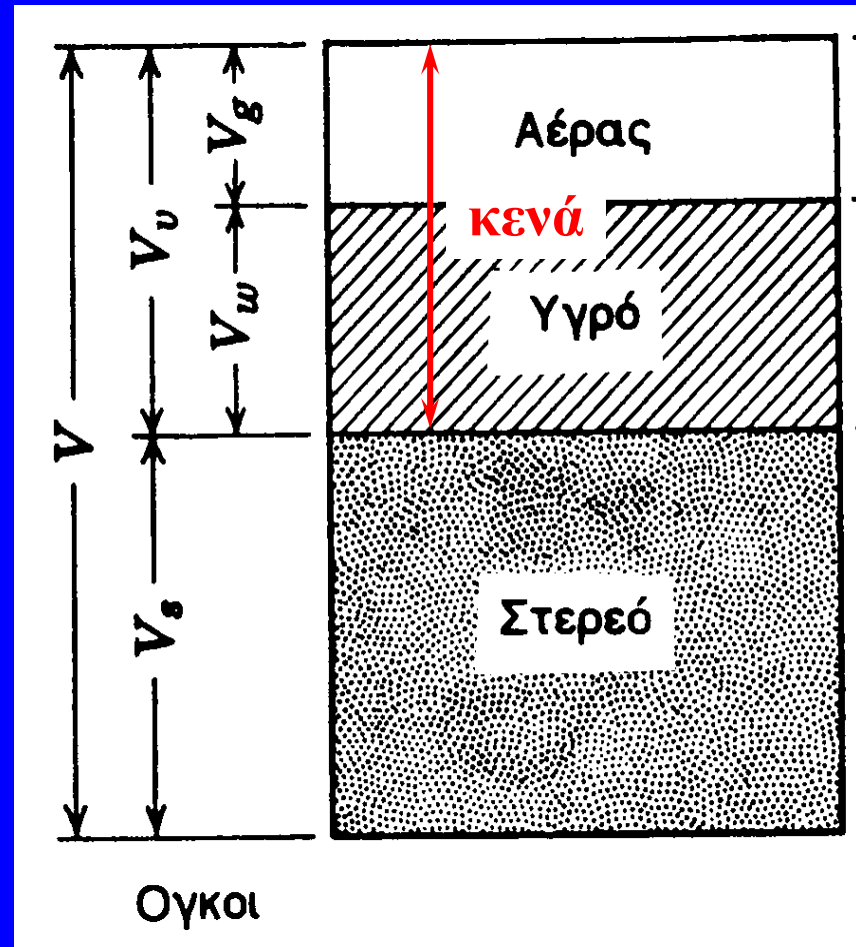
Σχέσεις μεταξύ των φάσεων



νερό

αέρας

κόκκοι (στερεό)

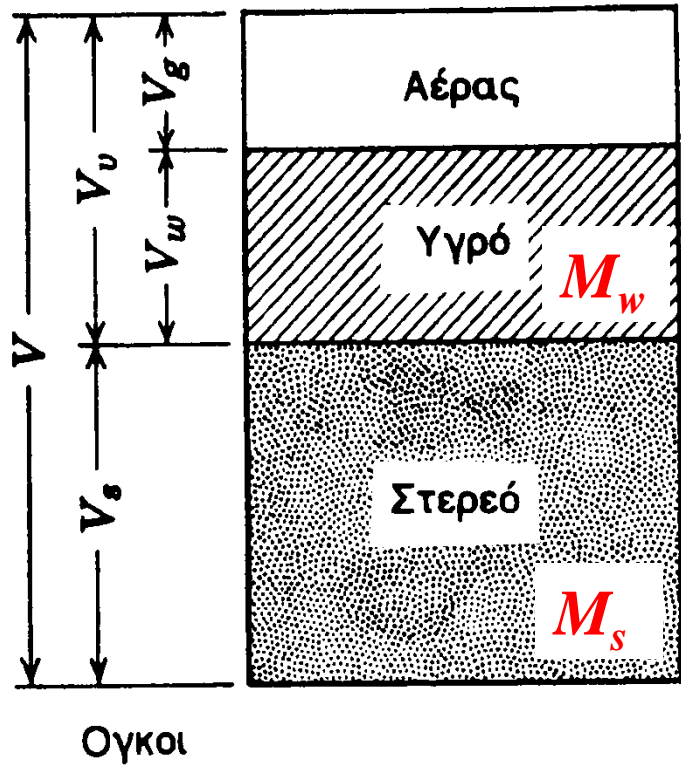


$$V_v = \text{Κενά (πόροι)} = \text{νερό} + \text{αέρας}$$

$$V_s = \text{κόκκοι (στερεό)}$$

$$V = V_v + V_s$$

Σχέσεις μεταξύ των φάσεων - Ορισμοί μεγεθών



Πορώδες : $n = \frac{V_v}{V}$

Δείκτης πόρων : $e = \frac{V_v}{V_s}$

$$\frac{1}{n} = \frac{V_v + V_s}{V_v} = 1 + \frac{1}{e} \Rightarrow n = \frac{e}{1+e}$$

Βαθμός κορεσμού : $S = \frac{V_w}{V_v}$

ξηρό έδαφος : $S=0$

κορεσμένο έδαφος : $S=1$

Ποσοστό υγρασίας : $w = \frac{M_w}{M_s}$

ξηρό έδαφος : $w=0$

υγρό έδαφος : $w>0$

Μέτρηση του ποσοστού υγρασίας εδαφικού υλικού

1. Μάζα υγρού εδαφικού δείγματος : $M_1 = 127.5 \text{ g}$
2. Ξήρανση του δείγματος στους $105 \text{ }^\circ\text{C}$ επί 24 ώρες
Μάζα του δείγματος μετά την ξήρανση : $M_2 = 78.4 \text{ g}$

Ποσοστό υγρασίας :

$$w = (M_1 - M_2) / M_2 = 49.1 / 78.4 = 0.626 = 62.6 \%$$

Πρόβλημα:

Εδαφικό δείγμα μάζας 1000g έχει υγρασία 15%.

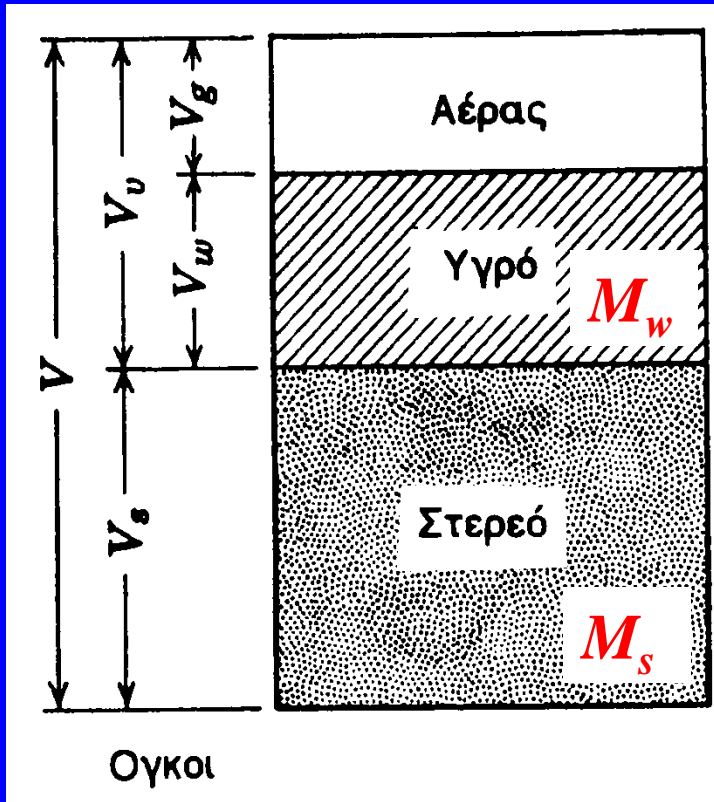
Πόσο νερό πρέπει να προστεθεί ώστε η υγρασία του να γίνει 25% ;

$$0.15 = M_w / (1000 - M_w) \rightarrow M_w = 130.43 \text{ g} \rightarrow M_s = 869.57 \text{ g}$$

$$0.25 = m_w / 869.57 \rightarrow m_w = 217.39 \text{ g}$$

$$\text{Άρα : } \Delta m_w = 217.39 - 130.43 = 86.95 \text{ g}$$

Σχέσεις μεταξύ των φάσεων - Ορισμός της πυκνότητας



Μάζα του εδάφους : $M = M_s + M_w$

Πυκνότητα του εδάφους : $\rho = \frac{M}{V}$

Πυκνότητα των κόκκων : $\rho_s = \frac{M_s}{V_s}$

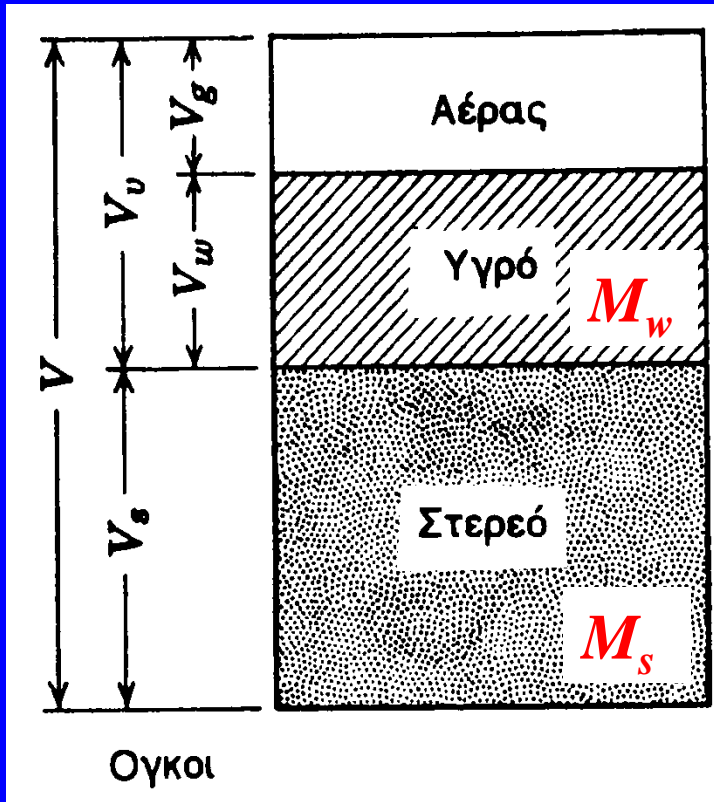
Πυκνότητα του νερού : $\rho_w = \frac{M_w}{V_w}$

Σχέσεις μεταξύ των προηγούμενων μεγεθών :

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

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

Σχέσεις μεταξύ των φάσεων



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

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 : $\gamma = \rho g$

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

Έκφραση της σχετικής πυκνότητας μέσω του δείκτη πόρων

Πυκνότητα του ξηρού εδάφους : $\rho_d = \rho_s \left(\frac{1}{1+e} \right)$

Σχετική πυκνότητα (D_r) : $D_r = \frac{\rho_M}{\rho} \frac{(\rho - \rho_m)}{(\rho_M - \rho_m)}$

Αλλά :

$$\rho_m = \rho_s \left(\frac{1}{1+e_{\max}} \right) \quad \rho_M = \rho_s \left(\frac{1}{1+e_{\min}} \right) \quad \rho = \rho_s \left(\frac{1}{1+e} \right)$$

Οπότε :

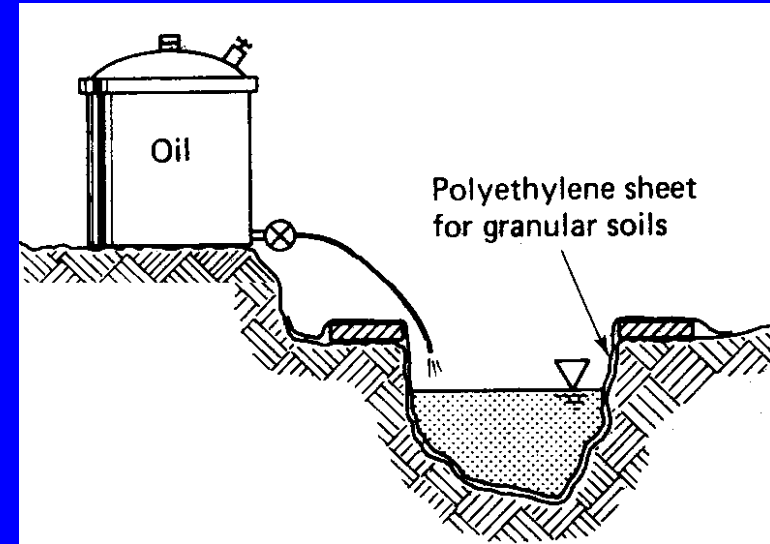
$$D_r = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}}$$

Παράδειγμα εφαρμογής

Η προδιαγραφή συμπίκνωσης ενός επιχώματος απαιτεί $D_r > 80\%$ και $w=10-14\%$. Προκειμένου να ελεγχθεί η συμπίκνωση ενός κατασκευαζόμενου επιχώματος, ανοίχθηκε οπή όγκου $V=1232 \text{ cm}^3$ με αφαίρεση υλικού μάζας $M=2.403 \text{ kg}$. Μετά την ξήρανση, η μάζα του υλικού έγινε 2.127 kg . Η πυκνότητα των κόκκων του υλικού είναι $\rho_s = 2.75 \text{ Mg/m}^3$.

Η ελάχιστη και μέγιστη ξηρή πυκνότητα είναι : $\rho_m = 1.615 \text{ Mg/m}^3$, $\rho_M = 1.763 \text{ Mg/m}^3$.

Να ελεγχθεί η ποιότητα του επιχώματος.



Λύση :

$$w = (2403 - 2127) / 2127 = 0.13 = 13\% , \text{ \u00c4\u00e1\u00e1 OK}$$

$$\rho = M / V = 2403 / 1232 = 1.95 \text{ g/cm}^3 = 1.95 \text{ Mg/m}^3$$

$$\rho = \rho_s (1+w) / (1+e) \rightarrow e = 0.5936$$

$$\text{Για το ξηρό υλικ\u00f3 : } \rho = \rho_s / (1+e) \text{ \u00c1\u00e1\u00e1 : } e_{\min} = 0.56 , e_{\max} = 0.703$$

$$D_r = (e_{\max} - e) / (e_{\max} - e_{\min}) = 0.765 = 76.5\% < 80\% \text{ \u00c1\u00e1\u00e1 \u00f3\u00c7\u00b9 OK}$$

ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ ΤΩΝ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Με την συμπύκνωση μειώνονται τα κενά που περιέχουν αέρα. Έτσι :

- Αυξάνει η αντοχή
- Μειώνεται η συμπιεστότητα (άρα μικρές υποχωρήσεις)
- Μειώνεται η διαπερατότητα

Τα επιχώματα (οδοποιίας, φραγμάτων, λιμενικών έργων κλπ) κατασκευάζονται με συμπυκνωμένα υλικά

Τα χονδρόκοκκα υλικά :

- Συμπυκνώνονται με δόνηση
- Η διαβροχή βοηθά στην έκπλυση τυχόν λεπτοκόκκων που εμποδίζουν την ολίσθηση μεταξύ των κόκκων και την αναδιάταξή τους σε πυκνή δομή. Το ποσοστό της υγρασίας δεν είναι σημαντικό.

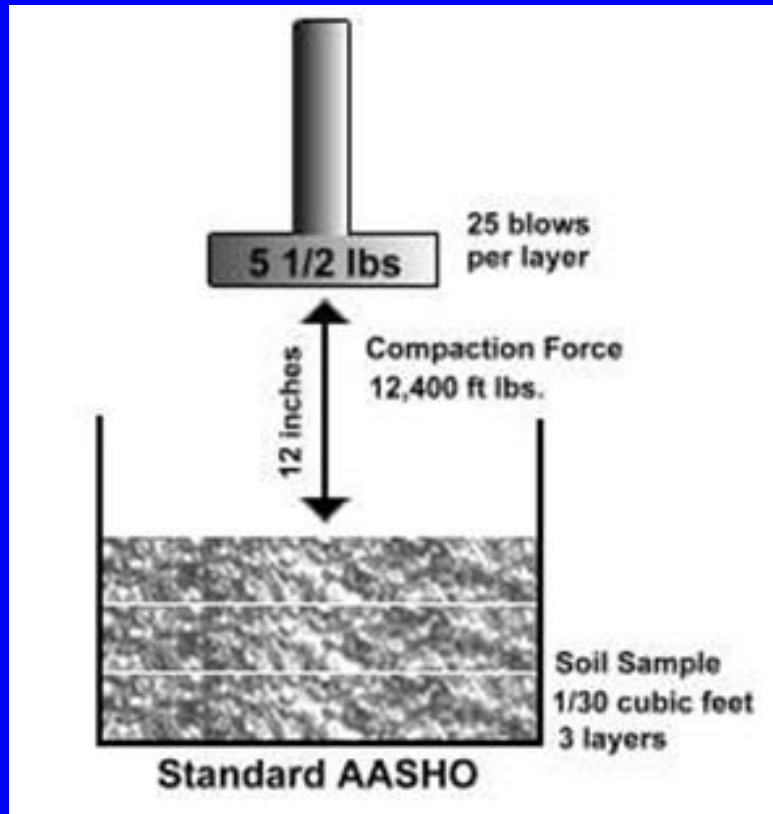
Τα λεπτόκοκκα υλικά και τα μίγματα χονδροκόκκων-λεπτοκόκκων :

- Συμπυκνώνονται με πίεση και αναμόχλευση (οδοστρωτήρες)
- Το ποσοστό της υγρασίας έχει τεράστια σημασία στον βαθμό της επιτυγχανόμενης συμπύκνωσης

ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ ΤΩΝ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Πρότυπη δοκιμή PROCTOR

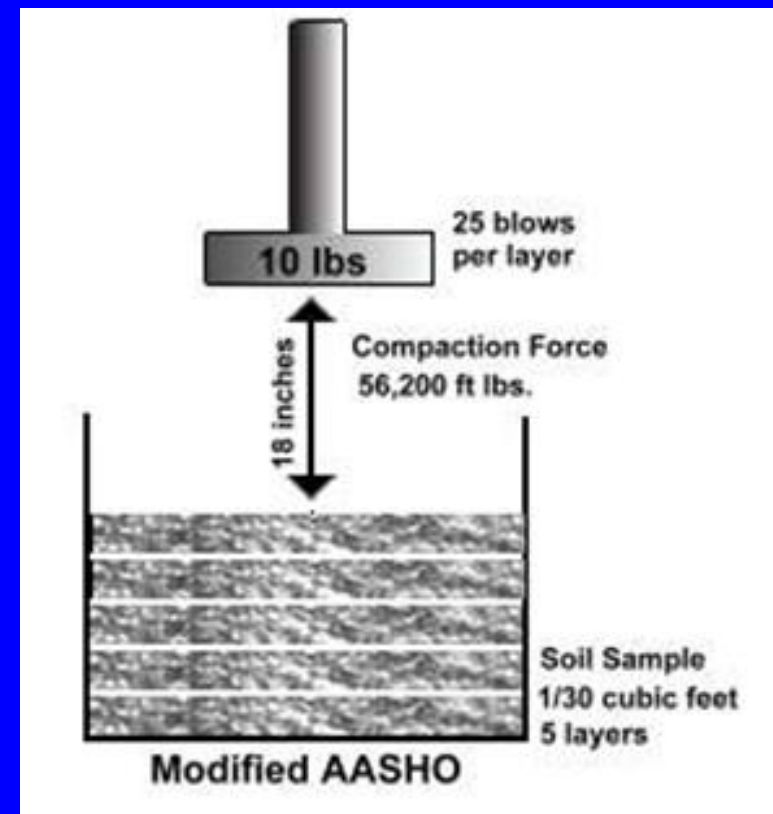
ASTM D698



Ενέργεια συμπίκνωσης : 12400 ft-lbs

Τροποποιημένη δοκιμή PROCTOR

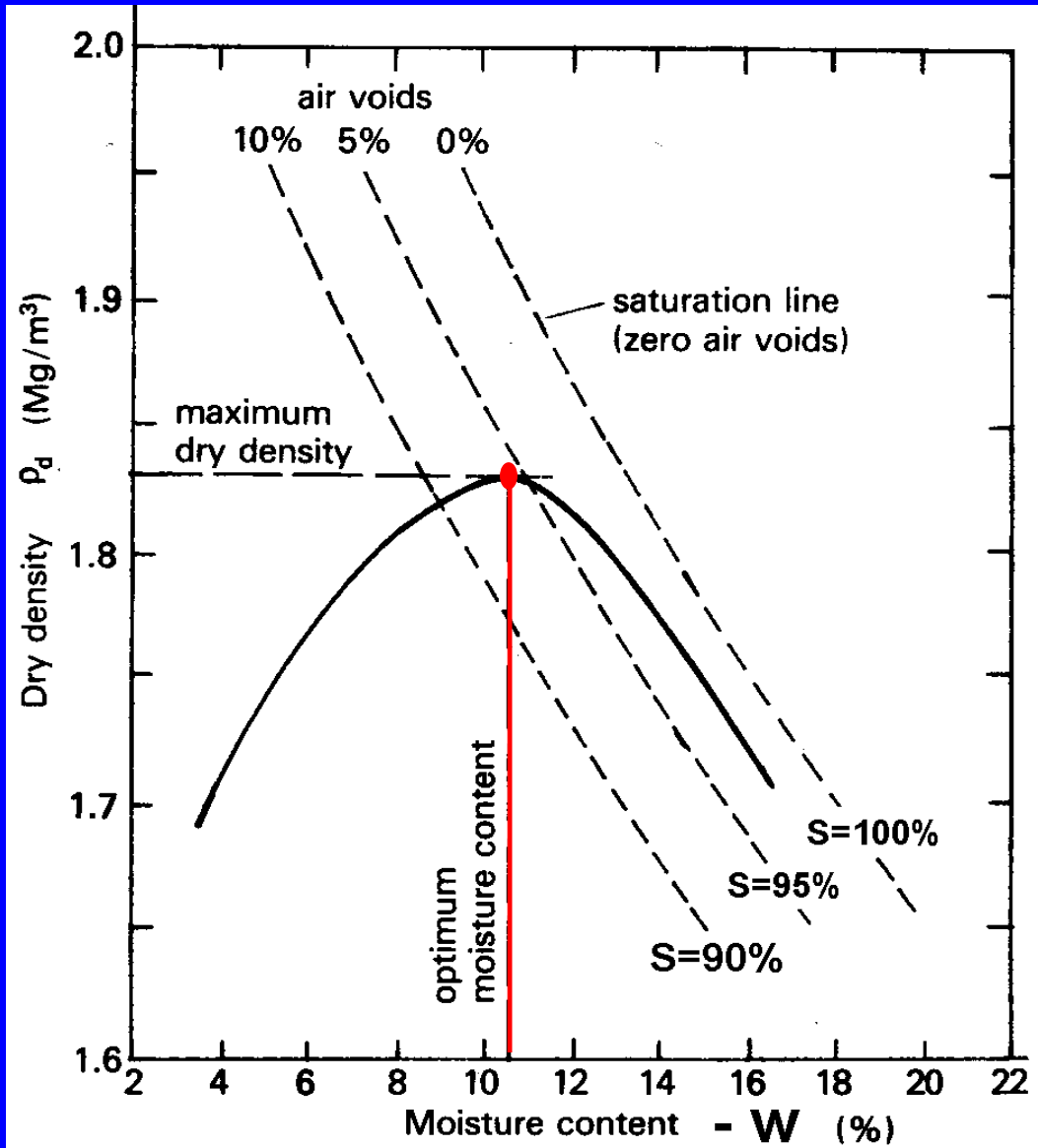
ASTM D1557



Ενέργεια συμπίκνωσης : 56200 ft-lbs
(τετραπλάσια)

ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ ΤΩΝ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

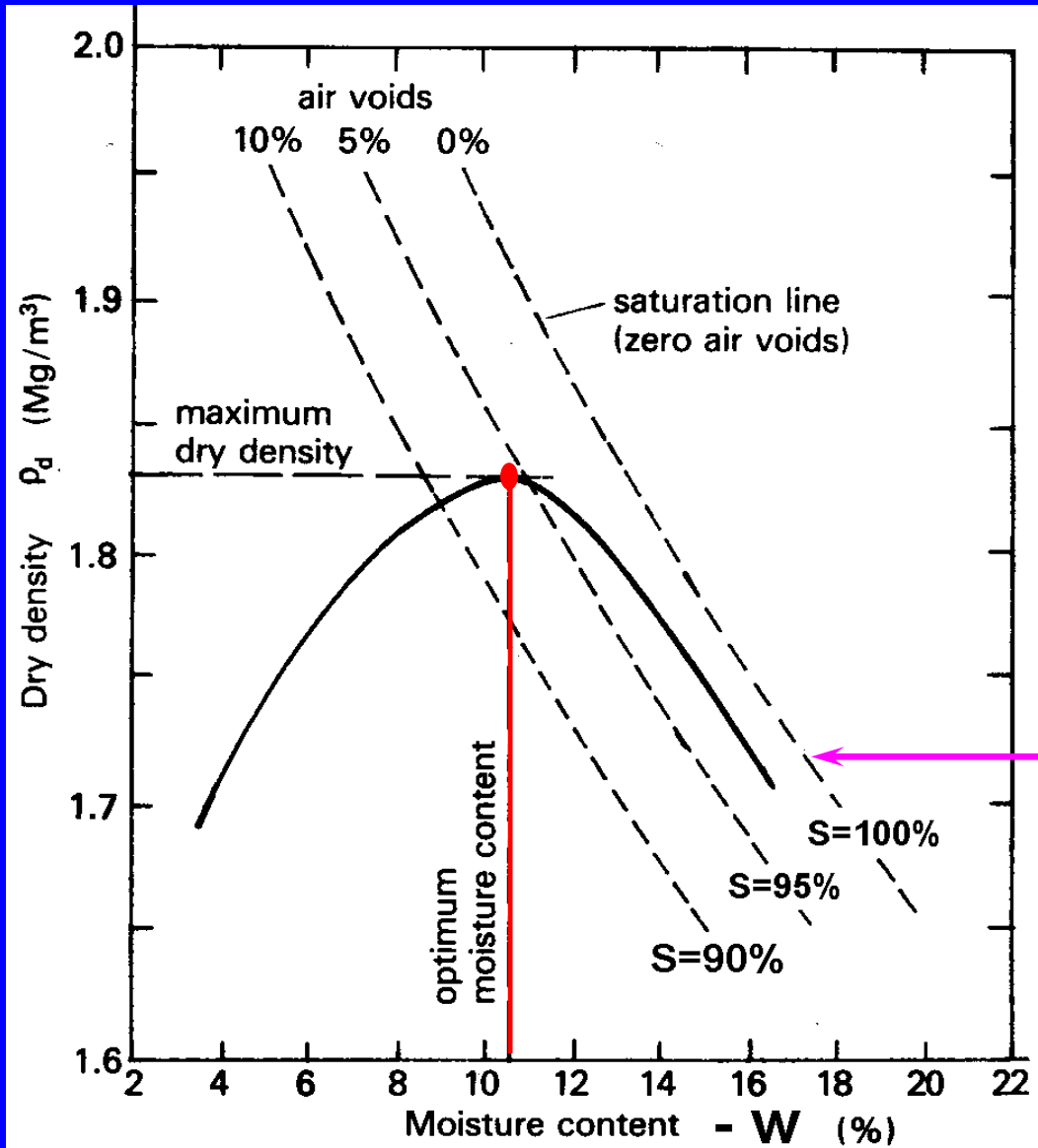
Επιρροή του ποσοστού της υγρασίας στο βαθμό συμπίκνωσης



- Σε μικρή υγρασία οι κόκκοι κολλούν και δεν αναδιατάσσονται
- Σε μεγάλη υγρασία, οι πόροι είναι γεμάτοι με νερό (που δεν μπορεί να διαφύγει), με συνέπεια την αδυναμία συμπίκνωσης. Το υλικό “ζυμώνει”.
- Η μέγιστη συμπίκνωση επιτυγχάνεται σε μια ενδιάμεση υγρασία που ονομάζεται “βέλτιστη υγρασία συμπίκνωσης”

ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ ΤΩΝ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Επίρροή του ποσοστού της υγρασίας (w) στο βαθμό συμπίκνωσης



- Η επιτυγχανόμενη συμπίκνωση μετράται μέσω της πυκνότητας του εδάφους μετά την ξήρανση (ρ_d)

$$\rho_d = \frac{S \rho_w}{w + S (\rho_w / \rho_s)}$$

Για $S=100\%$:

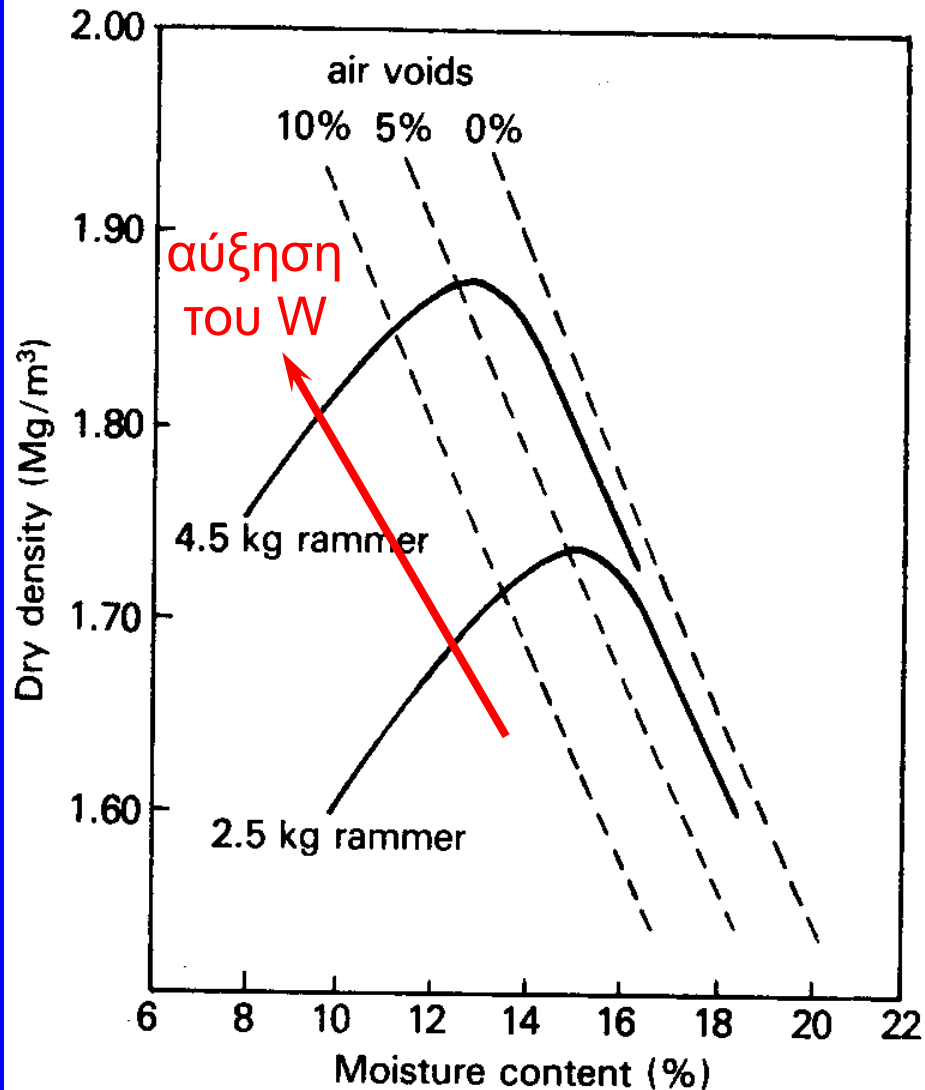
$$\rho_d = \frac{\rho_w}{w + (\rho_w / \rho_s)}$$

Παράδειγμα :

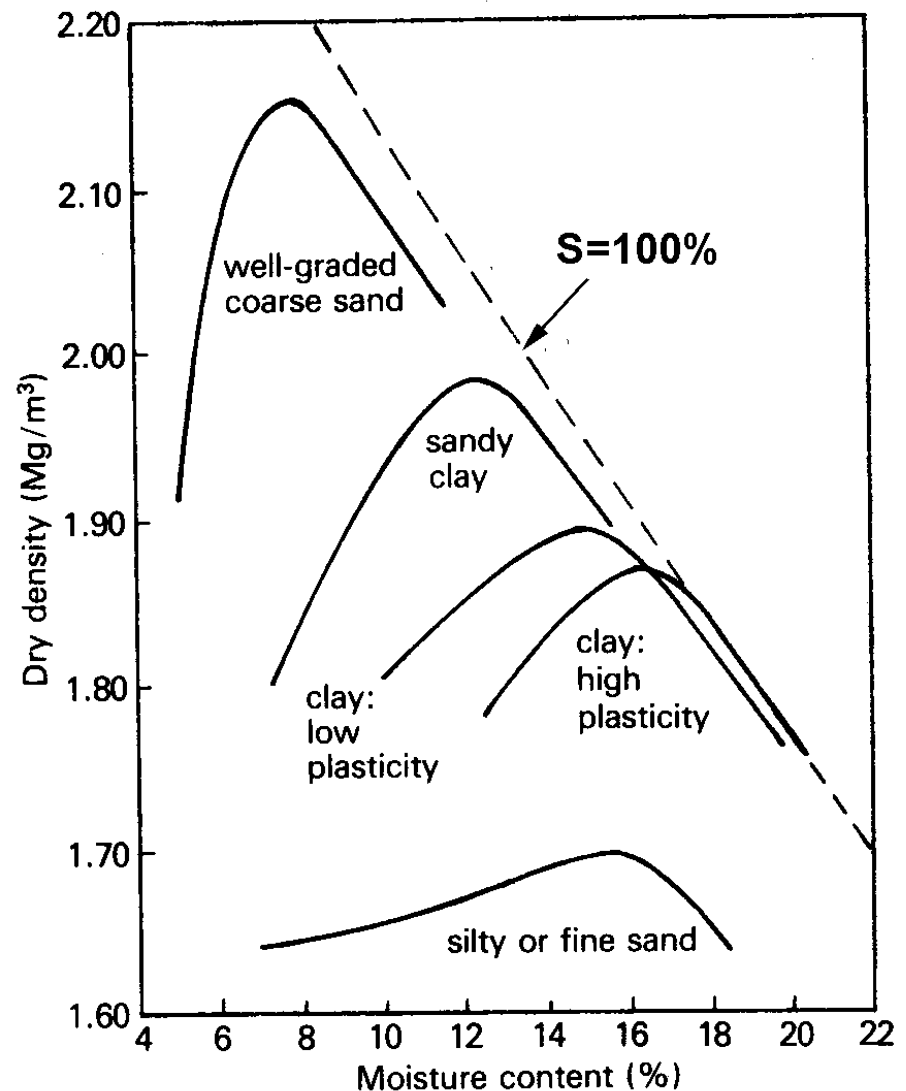
$$\rho_s = 2.30, \rho_w = 1, w = 0.105, S = 0.94 \rightarrow \rho_d = 1.83$$

ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ ΤΩΝ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

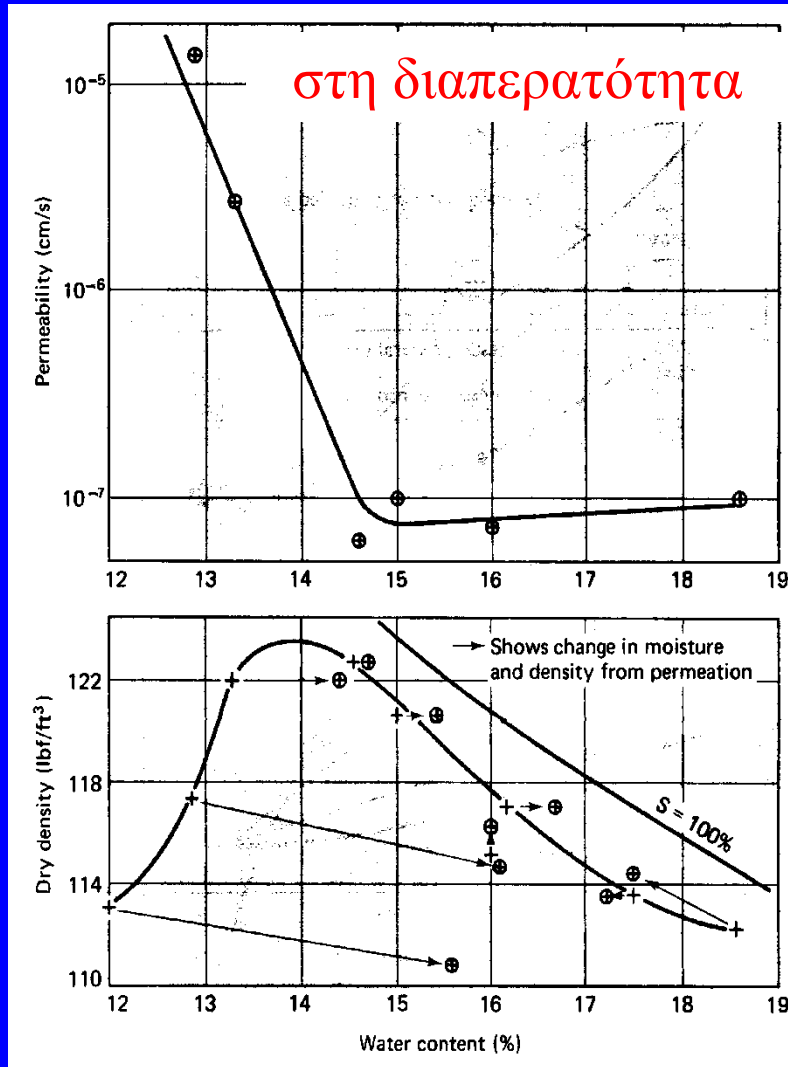
Επιρροή της ενέργειας συμπίκνωσης



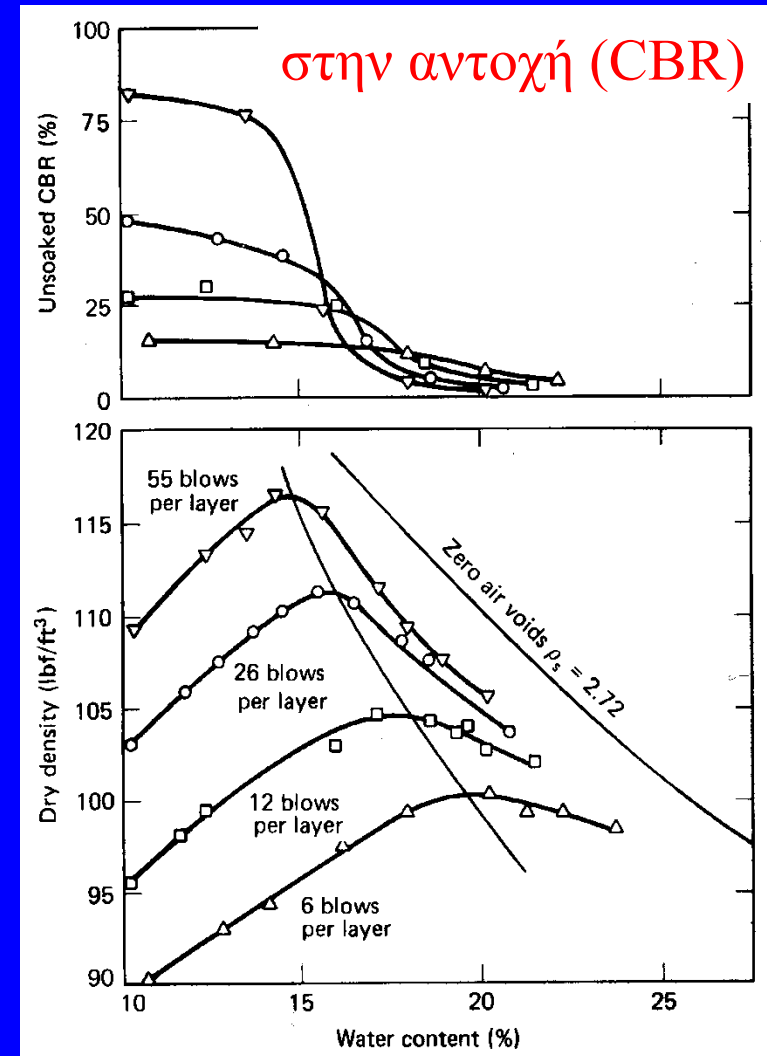
Καμπύλες συμπίκνωσης τυπικών εδαφών



Επιρροή της υγρασίας συμπύκνωσης



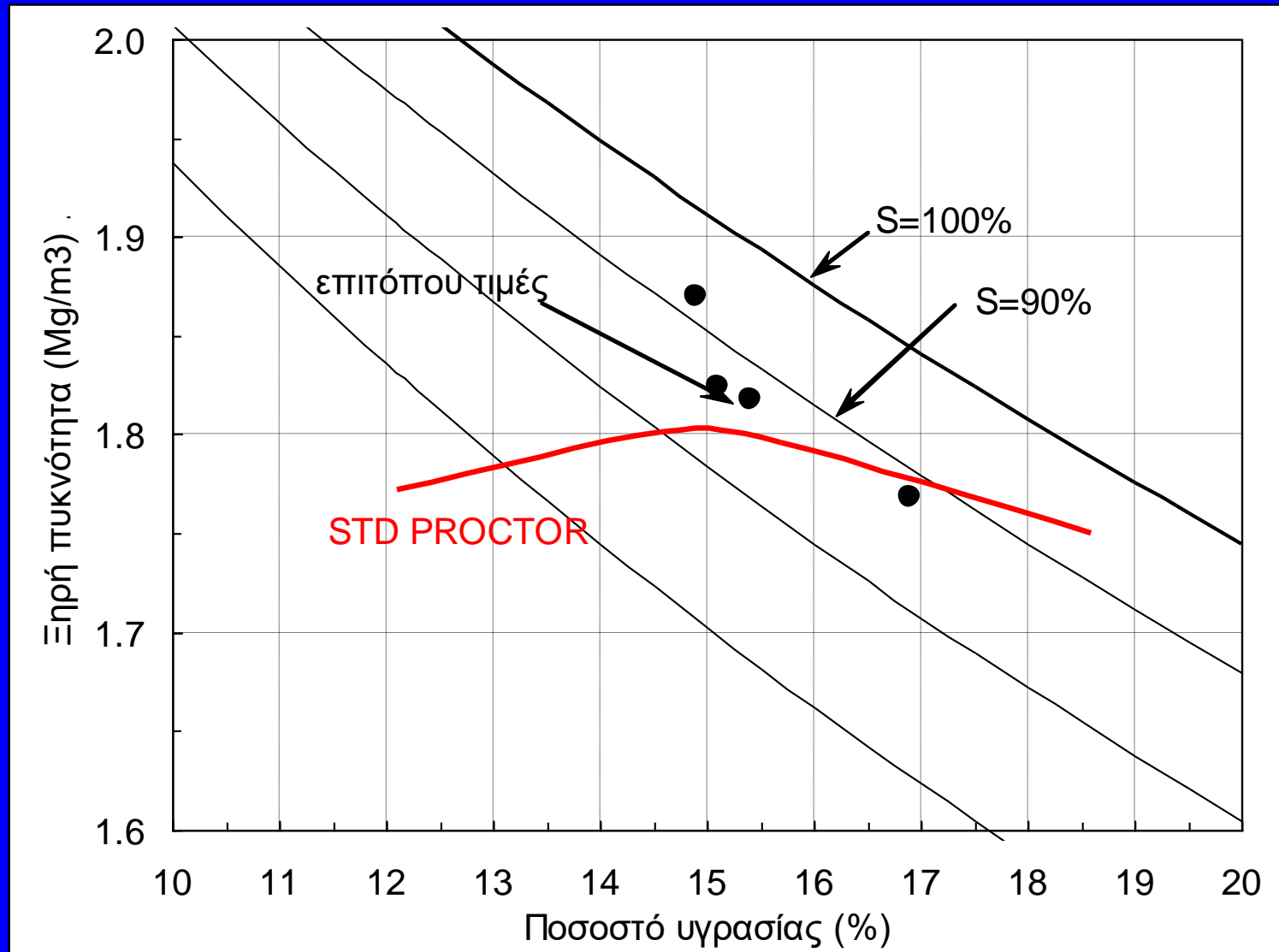
Στους πυρήνες φραγμάτων, η συμπύκνωση γίνεται σε σχετικά υψηλή υγρασία ($> w_{opt}$)



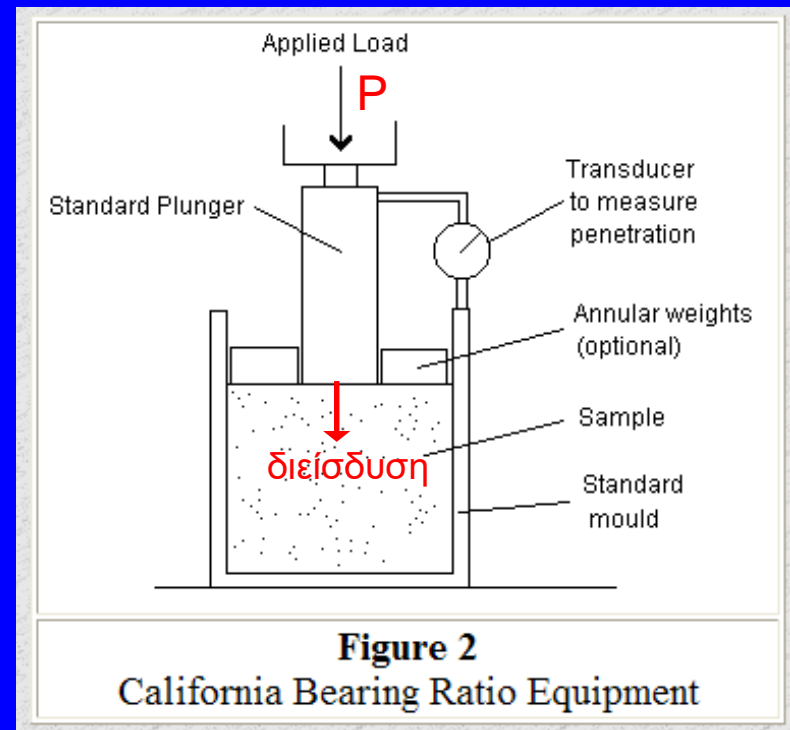
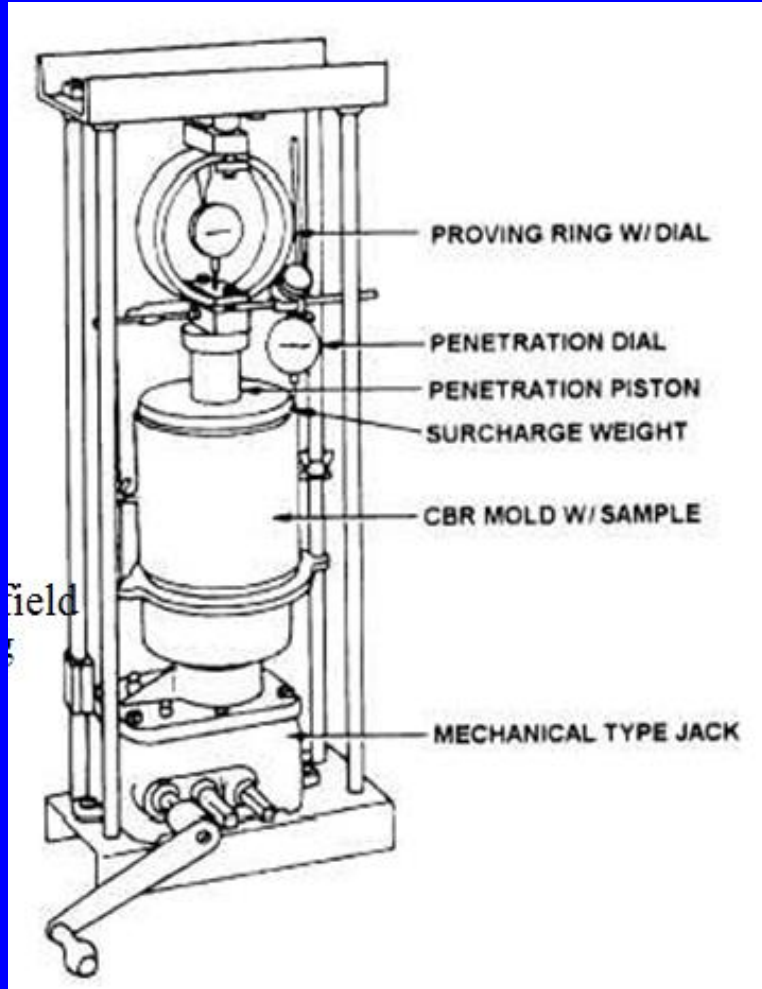
Στα επιχώματα οδοποιίας, η συμπύκνωση γίνεται σε σχετικά χαμηλή υγρασία ($< w_{opt}$)

Πρότυπη δοκιμή PROCTOR - ASTM D698

Τυπικά αποτελέσματα από την συμπίκνωση του πυρήνα φράγματος Αποσελέμη



Δοκιμή αντοχής CBR - ASTM D1883



- Συμπύκνωση δοκιμίου στις επιτόπου συνθήκες (υγρασία, ξηρή πυκνότητα) σε μήτρα Proctor
- Κορεσμός επί 4 μέρες και μέτρηση της διόγκωσης
- Φόρτιση και μέτρηση του φορτίου (P) σε kN, για διείσδυση 2.5mm (P₁) και 5mm (P₂).

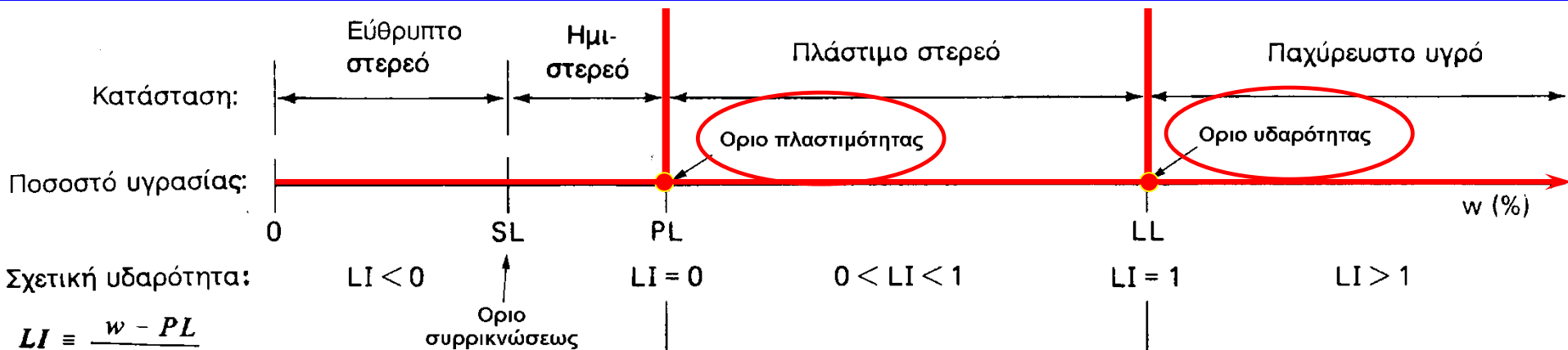
Η δοκιμή CBR μπορεί να γίνει και στο επιτόπου υλικό (χωρίς προηγούμενο κορεσμό)

$$CBR(\%) = 100 \max \left(\frac{P_1}{13.6}, \frac{P_2}{20.4} \right)$$

Τα μηχανικά χαρακτηριστικά των λεπτόκοκκων εδαφών εξαρτώνται από την υγρασία (w)

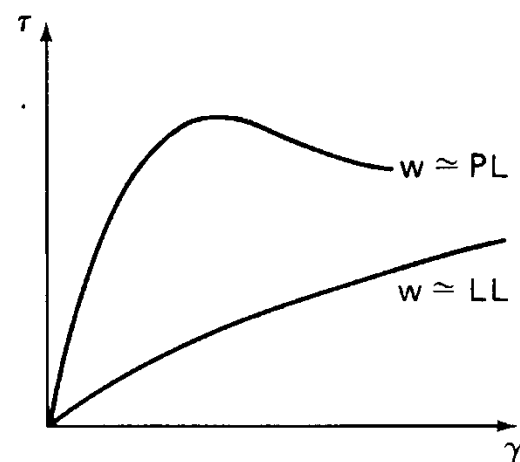
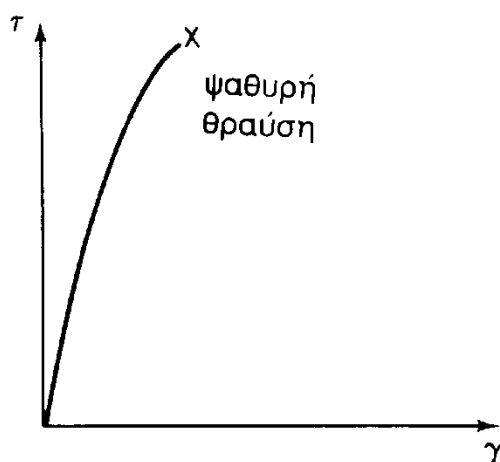
Όρια Atterberg : Όριο πλαστικότητας (w_P) και όριο υδαρότητας (w_L)

συνήθεις καταστάσεις



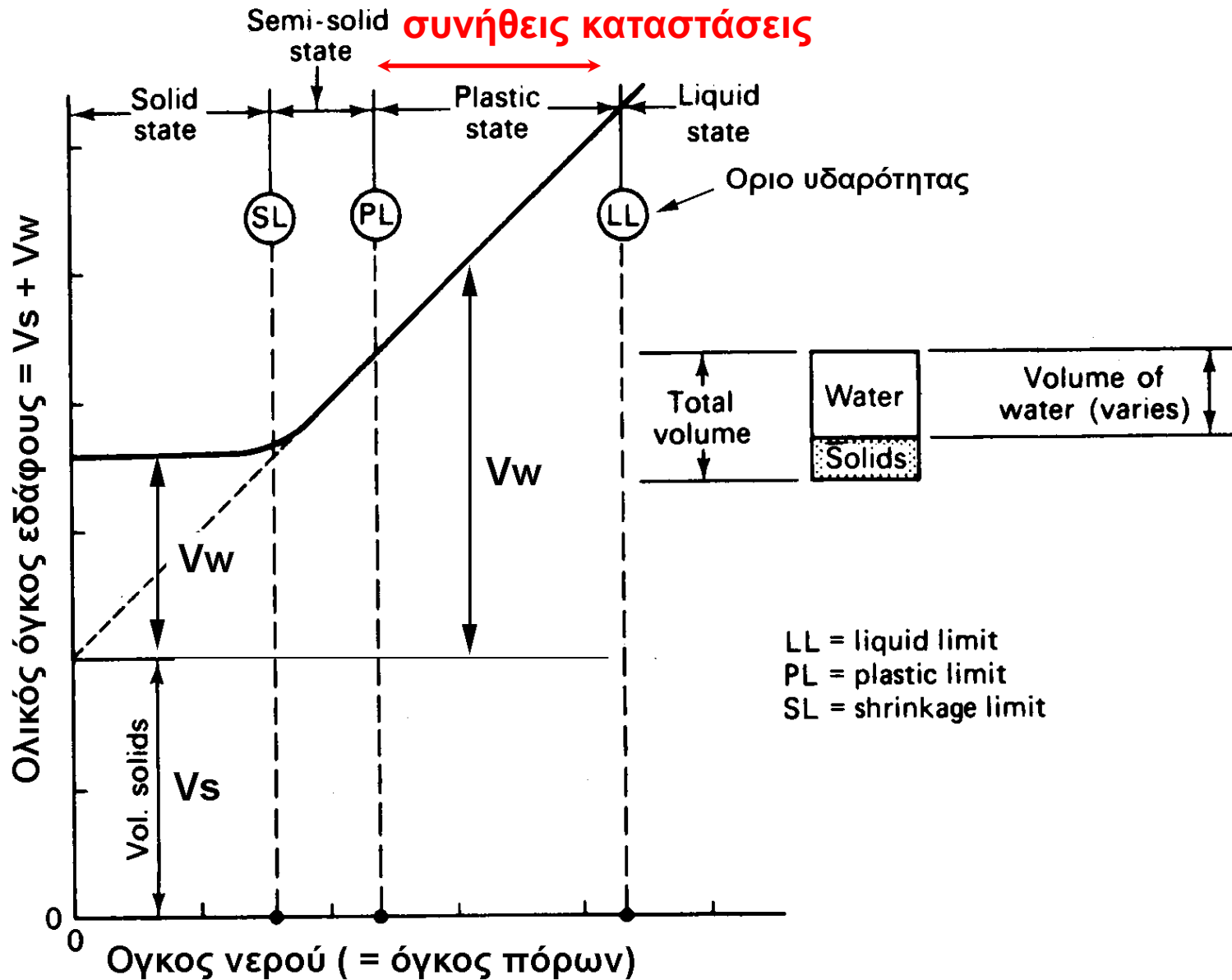
$$LI \equiv \frac{w - PL}{LL - PL}$$

Καμπύλη τάσεων-παραμορφώσεων:



$$LI = \frac{w - w_P}{w_L - w_P}$$

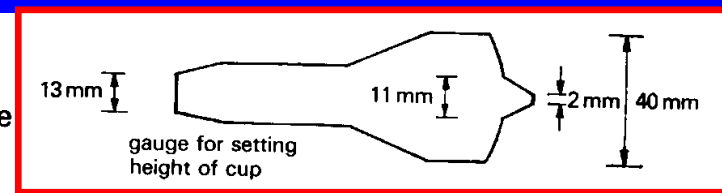
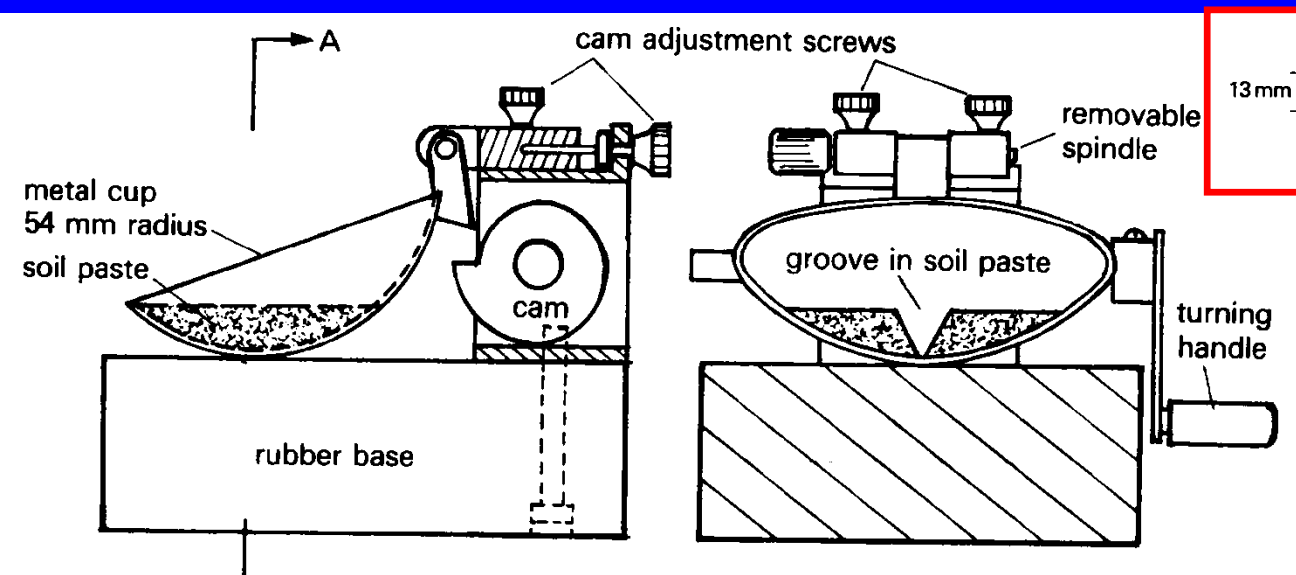
Μείωση του όγκου με την ξήρανση στα λεπτόκοκκα εδάφη



Άργιλος μετά την ξήρανση



Προσδιορισμός του ορίου υδαρότητας με τη συσκευή Casagrande



Το όριο υδαρότητας είναι το ποσοστό υγρασίας όπου η σχισμή κλείνει με μήκος 1/2 ίντσες (12.7mm) μετά από 25 γύρους

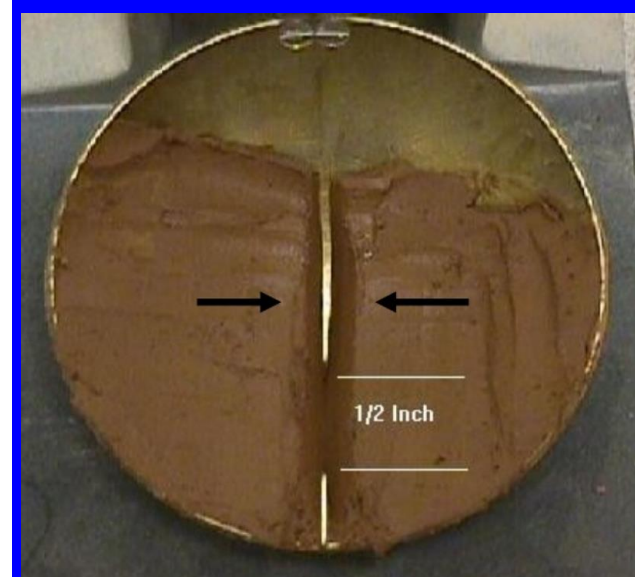
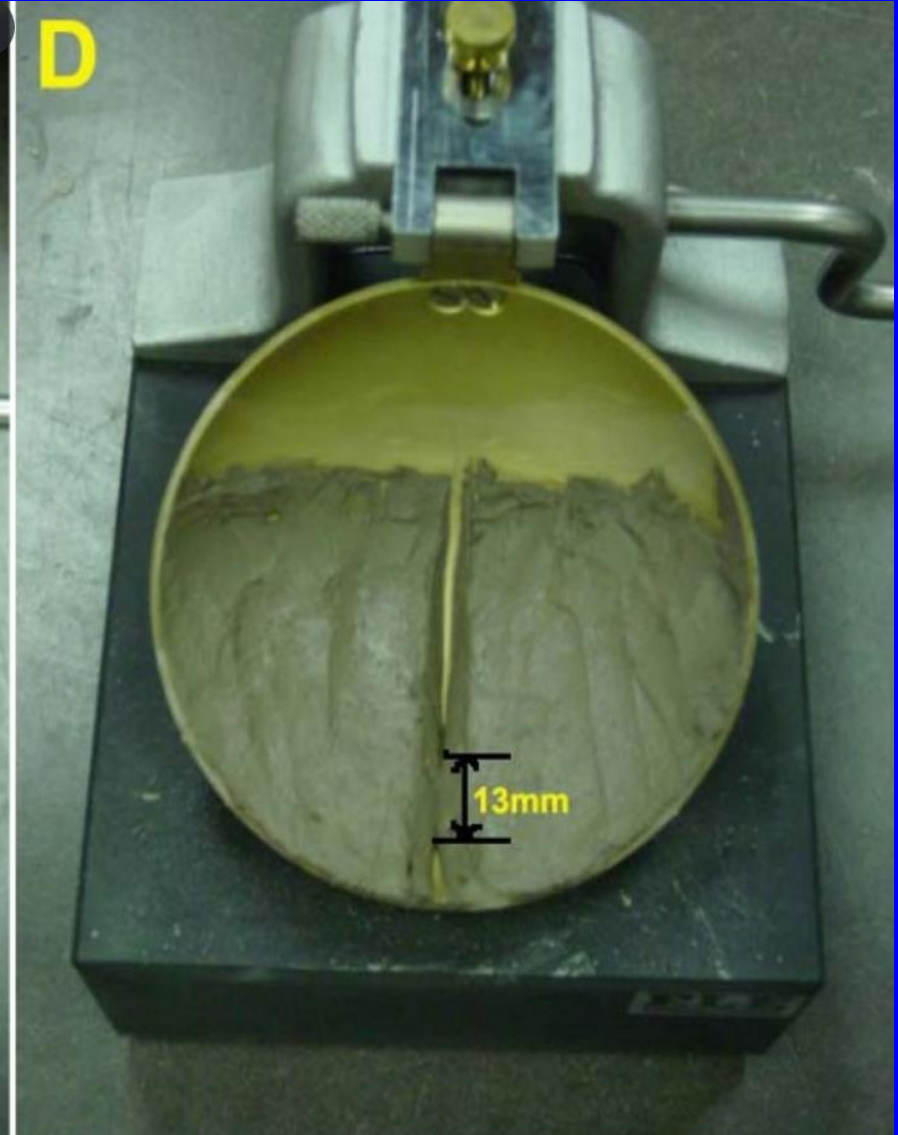


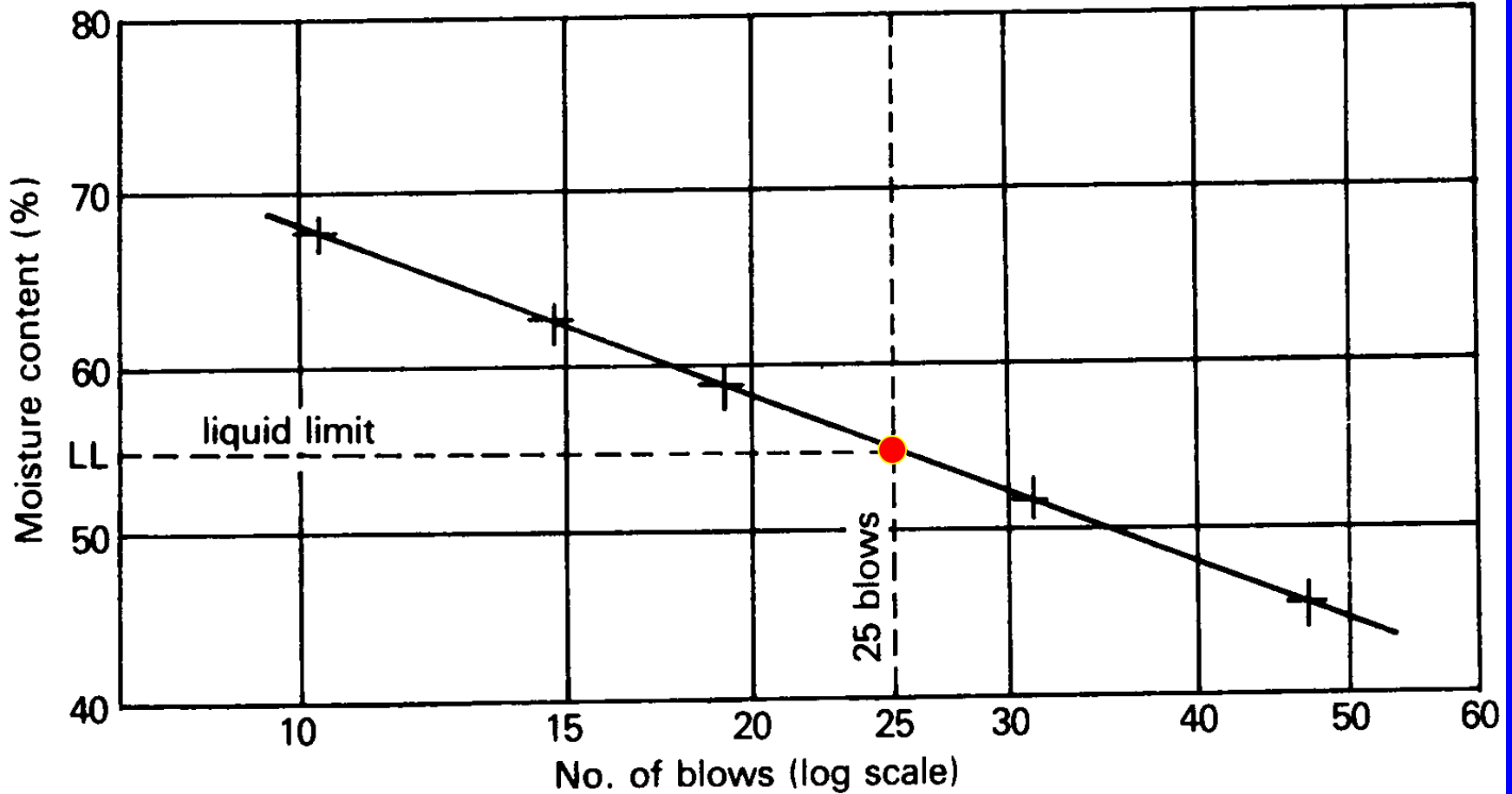
Figure 3 - Left, groove separating two halves of pat, right, stop blow counts after this length of groove closes a length of 13 cm.

Προσδιορισμός του ορίου υδαρότητας με τη συσκευή Casagrande



Στο όριο υδαρότητας, το υλικό έχει μια πολύ μικρή αντοχή (~ 2 kPa)

Προσδιορισμός του ορίου υδαρότητας με τη συσκευή Casagrande



Το όριο υδαρότητας είναι ποσοστό υγρασίας

Στο όριο υδαρότητας, το υλικό έχει μια πολύ μικρή αντοχή (~ 2 kPa)

Προσδιορισμός του ορίου πλαστικότητας

Όταν η υγρασία, μειούμενη βαθμιαία, φθάσει στο όριο πλαστικότητας, το υλικό αρχίζει να γίνεται εύθραπτο.

Στο όριο πλαστικότητας το υλικό τεμαχίζεται όταν μορφωθεί σε κυλίνδρους διαμέτρου 3mm και κάτω.


Το όριο πλαστικότητας είναι ποσοστό υγρασίας
Στο όριο πλαστικότητας, το υλικό έχει αντοχή ~
200 kPa



Δείκτης πλαστικότητας :

Το εύρος της ζώνης μεταξύ των ορίων υδαρότητας - πλαστικότητας

$$PI = w_L - w_P = LL - PL$$

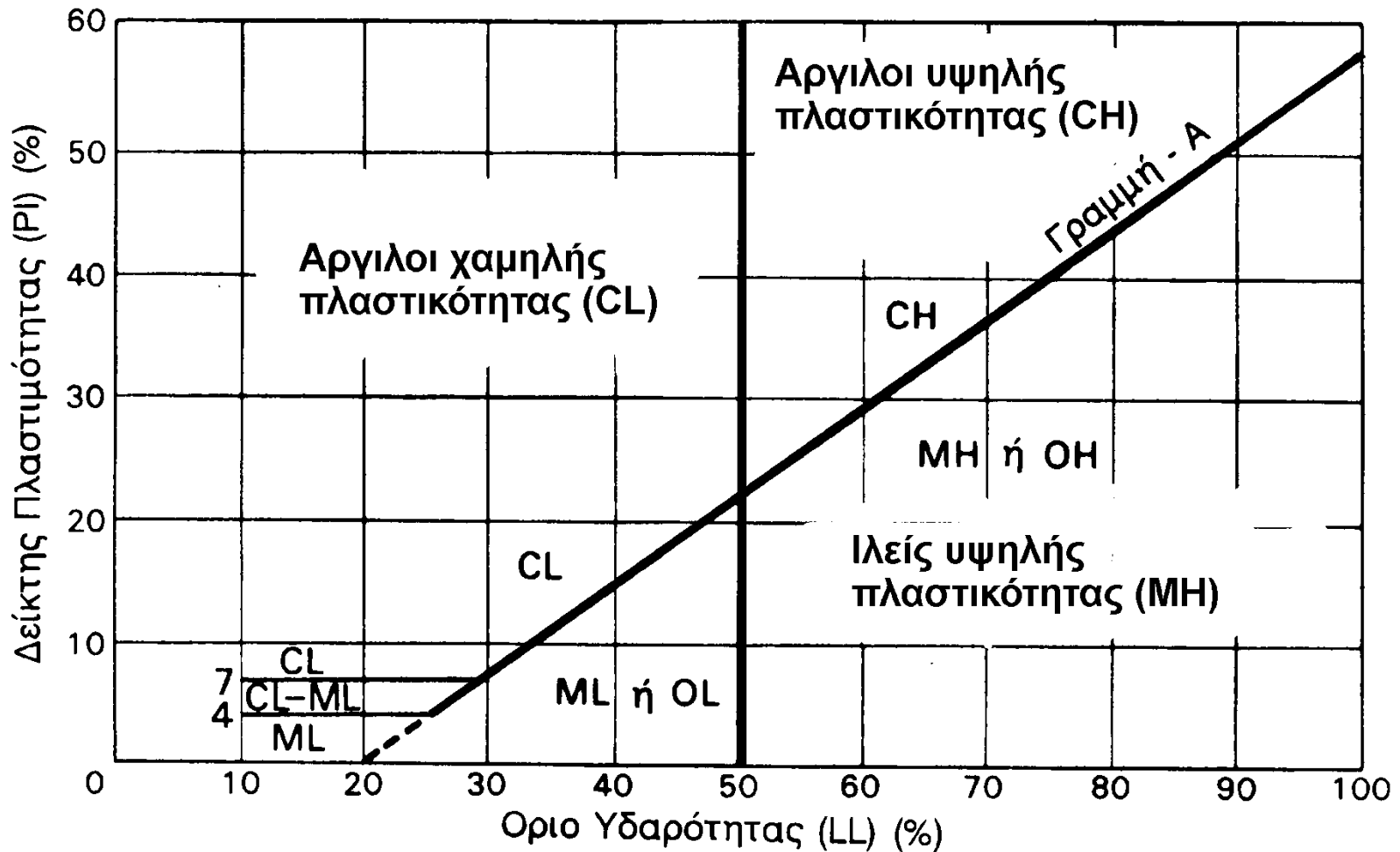


Liquid Limit Test Procedure

Atterberg Limits video: <https://youtu.be/EcXJ961qjGA>

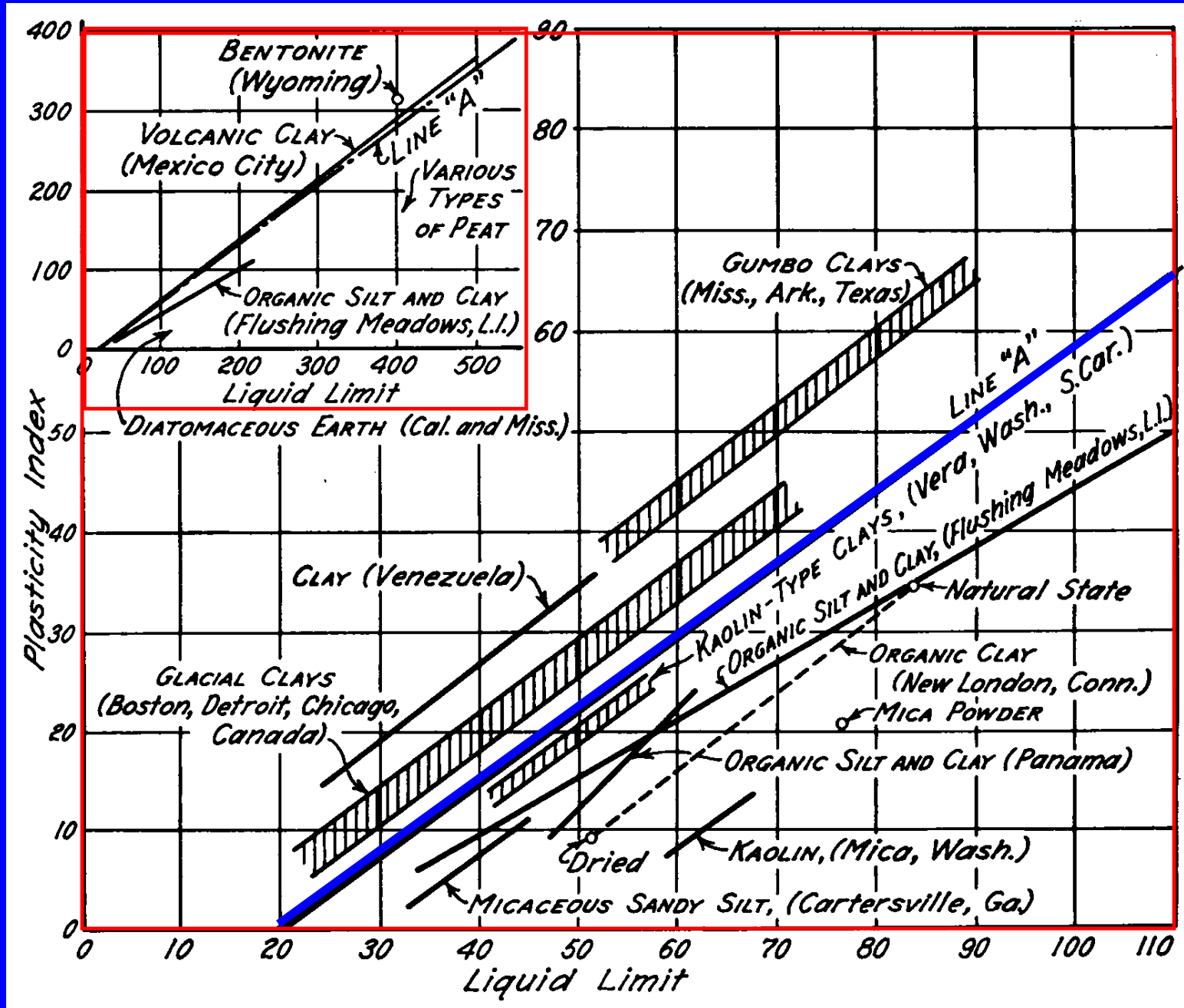
Ταξινόμηση των εδαφών με βάση τα όρια Atterberg

$$\text{Δείκτης πλαστικότητας : } PI = w_L - w_P = LL - PL$$



Χάρτης πλαστικότητας του Casagrande

Ταξινόμηση των εδαφών με βάση τα όρια Atterberg



Διαφορές ιλύων και αργίλων

- Οι ιλείς είτε δεν έχουν πλαστικότητα είτε έχουν πολύ χαμηλή πλαστικότητα. Αντιθέτως, οι άργιλοι έχουν πλαστικότητα
- Όταν η ιλύς ξηραθεί γίνεται εύθρυπτη (τρίβεται), ενώ η άργιλος γίνεται σκληρή και δεν τρίβεται
- Οι ιλείς συμπυκνώνονται με δόνηση όπως οι άμμοι, ενώ οι άργιλοι δεν συμπυκνώνονται με δόνηση (μόνον με πίεση και ταυτόχρονη αποβολή νερού των πόρων)

Πρακτικός τρόπος διαχωρισμού ιλύων - αργίλων :

Δείγμα υγρού εδαφικού υλικού δονείται στην παλάμη του χεριού. Εάν είναι ιλύς, αποκτά γυαλιστερή επιφάνεια (με τη δόνηση συμπυκνώνεται και αποβάλλει νερό). Στη συνέχεια, το δείγμα της ιλύος πιέζεται ανάμεσα στα δάκτυλα και χάνει την γυαλιστερή μορφή του, επειδή διογκώνεται και απορροφά το νερό που είχε αποβάλει.

Η άργιλος δεν αντιδρά στο πείραμα αυτό αφού παραμορφώνεται με σταθερό όγκο και δεν αποβάλλει ούτε απορροφά νερό.



Λεπτό αμμοχάλικο



Αμμος μεσόκοκκη



Ιλύς



Άργιλος

Ίλύς



Άργιλος



Άργιλος υψηλής
πλαστικότητας



Άργιλος χαμηλής
πλαστικότητας





13.11.2018

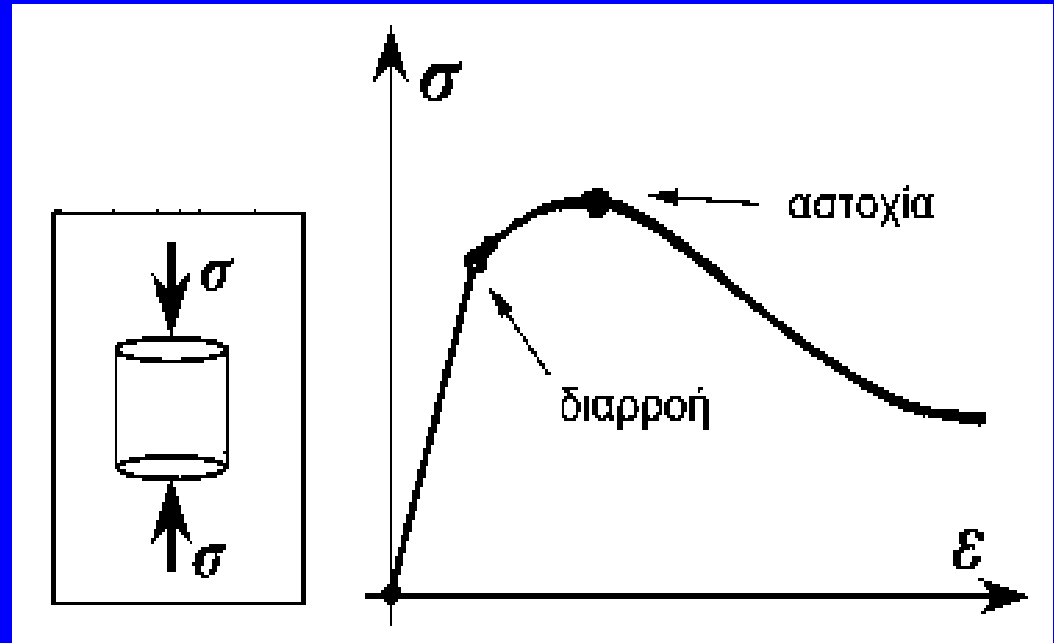
Άργιλος υψηλής
πλαστικότητας



Άργιλος υψηλής πλαστικότητας

Συνεκτικότητα των λεπτοκόκκων υλικών

- Συνήθως μετράται μέσω της αντοχής σε μονοαξονική θλίψη (q_u)
- Η αντοχή αυξάνει σημαντικά με τη μείωση της υγρασίας



q_u (kPa)	Ονομασία	Περιγραφή
< 25	πολύ μαλακή	διαφεύγει ανάμεσα από τα δάκτυλα
25 - 50	μαλακή	μορφώνεται με τα δάκτυλα με ελαφρή πίεση
50 - 100	μέση	μορφώνεται με τα δάκτυλα με ισχυρή πίεση
100 - 200	στιφρή	πιέζεται με τον δείκτη
200 - 400	πολύ στιφρή	πιέζεται με το νύχι του δείκτη
> 400	σκληρή	χαράζεται με το νύχι

Αντιστοιχία μεταξύ χονδροκόκκων και λεπτοκόκκων υλικών



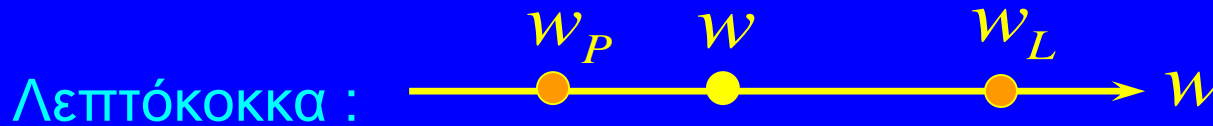
1. Κοκκομετρική διαβάθμιση

Εκφράζει το μέγεθος των κόκκων

2. Σχετική πυκνότητα

Εκφράζει την δομή του υλικού ως προς τα όρια : χαλαρή - πυκνή

$$D_r = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}}$$



1. Όρια Atterberg

Έμμεση έκφραση του μεγέθους των κόκκων μέσω της πλαστικότητας (οι μικροί κόκκοι έχουν μεγαλύτερη πλαστικότητα)

2. Σχετική υδαρότητα

Εκφράζει την υγρασία του υλικού ως προς τα όρια υδαρότητας - πλαστικότητας

$$LI = \frac{w - w_P}{w_L - w_P}$$

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

Ενιαίος τρόπος περιγραφής των εδαφών που έχουν όμοια χαρακτηριστικά και συνεπώς (κατά τεκμήριο) όμοιες μηχανικές ιδιότητες

ΕΝΙΑΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΕΔΑΦΩΝ (USCS)

ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΑ εδάφη: < 50% διέρχεται από το No. 200	ΧΑΛΙΚΕΣ: < 50% του χονδροκόκκου κλάσματος διέρχεται από το No. 4	ΚΑΘΑΡΟΙ ΧΑΛΙΚΕΣ: < 5% διέρχεται από το No. 200	ΚΑΛΩΣ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΟΙ ΧΑΛΙΚΕΣ: $C_u > 4$	GW
			ΚΑΚΩΣ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΟΙ ΧΑΛΙΚΕΣ: $C_u < 4$	GP
		ΧΑΛΙΚΕΣ ΜΕ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟ υλικό: > 12% διέρχεται από το No. 200	ΙΛΥΩΔΕΙΣ ΧΑΛΙΚΕΣ: κάτω από τη γραμμή A, ή $I_p < 4$	GM
			ΑΡΓΙΛΩΔΕΙΣ ΧΑΛΙΚΕΣ: πάνω από τη γραμμή A, ή $I_p > 7$	GC
	ΑΜΜΟΙ: > 50% του χονδροκόκκου κλάσματος διέρχεται από το No. 4	ΚΑΘΑΡΕΣ ΑΜΜΟΙ: < 5% διέρχεται από το No. 200	ΚΑΛΩΣ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΕΣ ΑΜΜΟΙ: $C_u > 6$	SW
			ΚΑΚΩΣ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΕΣ ΑΜΜΟΙ: $C_u < 6$	SP
		ΑΜΜΟΙ ΜΕ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟ υλικό: > 12% διέρχεται από το No. 200	ΙΛΥΩΔΕΙΣ ΑΜΜΟΙ: κάτω από τη γραμμή A, ή $I_p < 5$	SM
			ΑΡΓΙΛΩΔΕΙΣ ΑΜΜΟΙ: πάνω από τη γραμμή A, ή $I_p > 7$	SC
ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΑ εδάφη: > 50% διέρχεται από το No. 200	εδάφη ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ: $w_L < 50\%$	ΑΡΓΙΛΟΙ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ: πάνω από τη γραμμή A	CL	
		ΙΛΕΙΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ: κάτω από τη γραμμή A	ML	
		ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ ΙΛΕΙΣ ή ΑΡΓΙΛΟΙ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ	OL	
	εδάφη ΥΨΗΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ: $w_L > 50\%$	ΑΡΓΙΛΟΙ ΥΨΗΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ: πάνω από τη γραμμή A	CH	
		ΙΛΕΙΣ ΥΨΗΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ: κάτω από τη γραμμή A	MH	
		ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ ΙΛΕΙΣ ή ΑΡΓΙΛΟΙ ΥΨΗΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ	OH	
Κυρίως ΟΡΓΑΝΙΚΑ υλικά			Pt	

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

ΕΝΙΑΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΕΔΑΦΩΝ (USCS)

ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΑ εδάφη: < 50% διέρχεται από το Νο. 200	ΧΑΛΙΚΕΣ: < 50% του χονδροκόκκου κλάσματος διέρχεται από το Νο. 4	ΚΑΘΑΡΟΙ ΧΑΛΙΚΕΣ: < 5% διέρχεται από το Νο. 200	GW
			GP
	ΑΜΜΟΙ: > 50% του χονδροκόκκου κλάσματος διέρχεται από το Νο. 4	ΧΑΛΙΚΕΣ ΜΕ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟ υλικό: > 12% διέρχεται από το Νο. 200	GM
			GC
	ΑΜΜΟΙ ΜΕ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟ υλικό: > 12% διέρχεται από το Νο. 200	ΚΑΘΑΡΕΣ ΑΜΜΟΙ: < 5% διέρχεται από το Νο. 200	SW
			SP
		SM	
		SC	

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

ΕΝΙΑΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΕΔΑΦΩΝ (USCS)

ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΑ εδάφη: > 50% διέρχεται από το No. 200	εδάφη ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ: $w_L < 50\%$	CL
		ML
		OL
	εδάφη ΥΨΗΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ: $w_L > 50\%$	CH
		MH
		OH
Κυρίως ΟΡΓΑΝΙΚΑ υλικά		Pt

Ταξινόμηση των εδαφών κατά AASHTO

ASTM D3282-93(2004) Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes

< 35% διερχόμενο από Νο 200	< 25% διερχόμενο από Νο 200	< 50% διερχόμενο από Νο 40	< 25% διερχ. Νο 200 < 50% διερχ. Νο 40 PI < 6%	A-1
		άλλως GOTO A		
	> 50% διερχόμενο από Νο 40	< 10% διερχόμενο από Νο 200	A-3	
		άλλως GOTO A		
	25 – 35 % A διερχόμενο από Νο 200	PI < 10%	LL < 40%	A-2-4
			LL > 40%	A-2-5
PI > 10%		LL < 40%	A-2-6	
		LL > 40%	A-2-7	
> 35% διερχόμενο από Νο 200	PI < 10%		LL < 40%	A-4
			LL > 40%	A-5 (ακατάλληλο)
	PI > 10%		LL < 40%	A-6
			LL > 40%	A-7-5 (PI < LL-30 ή PL>30%) A-7-6 (PI > LL-30 ή PL<30%)

No 200 = 0.075mm - No 40 = 0.46mm

Κατάταξη εδαφών σε σχέση με την καταλληλότητά τους για χρήση ως υλικών κατασκευής επιχωμάτων κατά AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)

General Classification*	Granular Materials (35 percent or less passing No. 200)							Silt-Clay Materials (more than 35 percent passing No. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Group Classification	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
Sieve analysis percent passing:											
No. 10	50 max										
No. 40	30 max	50 max	51 min								
No. 200	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min
Characteristics of fraction passing No. 40:											
Liquid limit											
Plasticity index	6 max		N.P. ^b	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min
Usual types of significant constituent materials	Stone fragments - gravel and sand		Fine sand	Silty or clayey gravel and sand				Silty soils		Clayey soils	
General rating as subgrade	Excellent to good							Fair to poor			

^aClassification procedure: With required test data in mind, proceed from left to right in chart; correct group will be found by process of elimination. The first group from the left consistent with the test data is the correct classification. The A-7 group is subdivided into A-7-5 or A-7-6 depending on the plastic limit. For PL < 30, the classification is A-7-6; for PL > 30, A-7-5.

^bN.P. denotes nonplastic.