



Τ.Ε.Ι. Δ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΚΑΤΑΜΗΛΟΤΗΤΑΣ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Βοσνιάκος Κωνσταντίνος, M.SC., Ph.D.
Γεωτεχνικός Μηχανικός

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

Ο κλάδος της επιστήμης του Μηχανικού ο οποίος ασχολείται με το έδαφος, το υπόγειο νερό και την επίδραση του εδάφους και του νερού στον σχεδιασμό, κατασκευή και λειτουργία ενός τεχνικού έργου.

Κλάδοι της είναι:

- Εδαφομηχανική
- Βραχομηχανική
- Εδαφοδυναμική
- Τεχνική γεωλογία

- ◎ **Εδαφομηχανική:** Μελέτη μηχανικής συμπεριφοράς εδαφών.
- ◎ **Βραχομηχανική:** Μελέτη μηχανικής συμπεριφοράς βράχων.
- ◎ **Εδαφοδυναμική:** Μελέτη διάδοσης σεισμικών κυμάτων διαμέσου του εδάφους και συμπεριφορά εδαφικών σχηματισμών σε δυναμική φόρτιση
- ◎ **Τεχνική γεωλογία:** Μελέτη μηχανικών προβλημάτων από γεωλογικούς σχηματισμούς

Τι εννοούμε με τον όρο **γεωτεχνικά έργα**;

Κάθε υπόγειο η υπέργειο έργο Πολιτικού Μηχανικού που έχει άμεση εξάρτηση από της ιδιότητες του εδάφους με το οποίο βρίσκεται σε **επαφή** ή **δομείται** από αυτό.



- Θεμελιώσεις

- Τοίχοι αντιστήριξης

- Φράγματα

- Σήραγγες

- Επιχωματώσεις

- Χωμάτινα Φράγματα

ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ

Απαραίτητες για την μεταφορά φορτίων της ανωδομής στο υποκείμενο έδαφος με ασφαλή τρόπο.

Διακρίνονται σε:

- Επιφανειακές (αβαθείς)
- Βαθείς



ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ

Επιφανειακές:

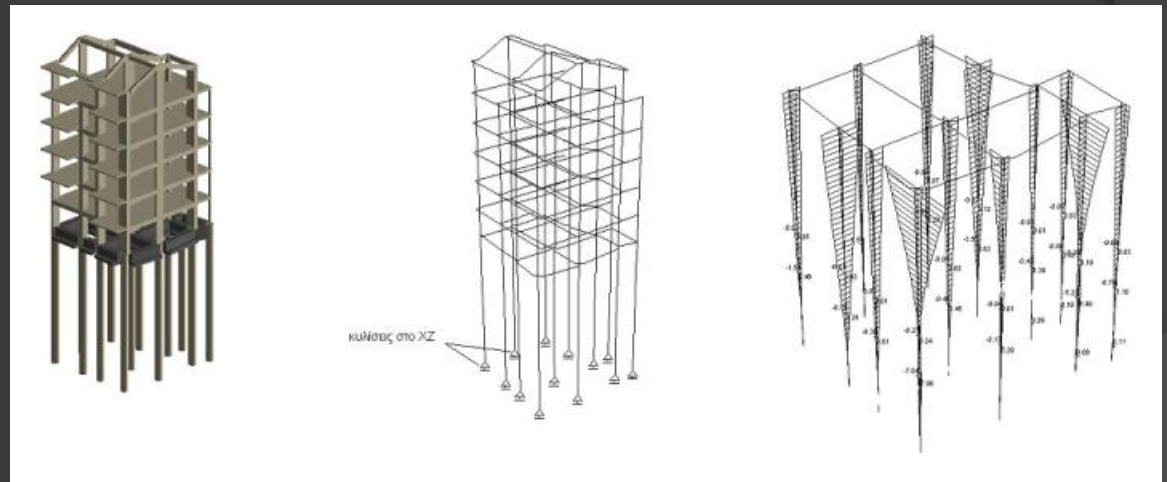
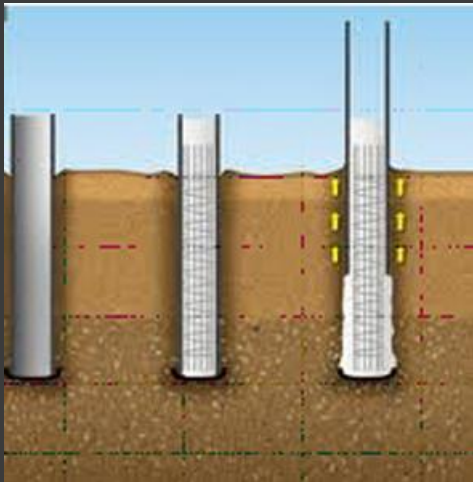
Για σχετικά μικρά φορτία ή/και ανθεκτικά εδάφη έδρασης.
Βάθη εκσκαφής 2-4 m.



ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ

Βαθιές:

Για σχετικά μεγάλα φορτία ή/και μικρής αντοχής εδάφη έδρασης.
Βάθη εκσκαφής > 10 m.



ΤΟΙΧΟΙ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ

Χρησιμοποιούνται κυρίως για στήριξη-συγκράτηση φυσικών ή τεχνητών πρανών εκσκαφής ή επίχωσης και για κάθε αλλαγή στάθμης της γήινης επιφάνειας.



ΦΡΑΓΜΑΤΑ

Κατασκευάζονται στην κοίτη ενός ποταμού για να ανακόψουν την ροή του, με σκοπό την αποθήκευση του νερού για μελλοντική χρησιμοποίησή του.

Η έκταση της γης στην οποία αποθηκεύεται το νερό λέγεται **ταμιευτήρας**.

Διακρίνονται σε:

- ☉ **Χωμάτινα**
- ☉ **Βαρύτητας**
- ☉ **Τοξωτά**

ΦΡΑΓΜΑΤΑ

© Χωμάτινα



ΦΡΑΓΜΑΤΑ

© Βαρύτητας



ΦΡΑΓΜΑΤΑ

© Τοξωτά



ΣΗΡΑΓΓΕΣ



ΔΙΚΤΥΑ ΥΔΡΕΥΣΗΣ-ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ



X.Y.T.A.



ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΕΔΑΦΩΝ

◎ Βελτίωση με δόνηση



ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΕΔΑΦΩΝ

© Βελτίωση με επιβολή φορτίου (συμπύκνωση)



ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΕΔΑΦΩΝ

© Δομική ενίσχυση (οπλισμένο έδαφος, μικροπάσσαλοι, κτλ)



ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΕΔΑΦΩΝ

© Αντικατάσταση – απομάκρυνση εδάφους



ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΕΔΑΦΩΝ

- © Ενέσεις (τσιμεντενέσεις, χημικά ενέματα, κ.α) με σκοπό είτε την μείωση της διαπερατότητας είτε την αύξηση της αντοχής



ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΕΔΑΦΩΝ

◎ Βλάστηση



ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

☉ Καθίζηση εδαφών



ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

◎ Κατολισθήσεις (ευστάθεια πρανών)



ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

◎ Ρευστοποίηση εδάφους (από σεισμική φόρτιση)



Adapazari, Turkey (August 18, 1999)
Liquefaction Damage



ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ-ΒΡΑΧΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ



ΕΔΑΦΟΣ-ΒΡΑΧΟΣ

Έδαφος: είναι ένα φυσικό συσσωμάτωμα κόκκων που μπορεί να διαχωριστεί με απλή μηχανική δράση.



Βράχος: είναι ένα φυσικό συσσωμάτωμα ορυκτών (κρύσταλλοι ή κόκκοι) που συνδέονται μεταξύ τους με φυσική συγκολλητική ύλη.



ΕΔΑΦΟΣ-ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ

Έδαφος: προκύπτει από διεργασίες μηχανικής και χημικής αποσάθρωσης των επιφανειακών πετρωμάτων



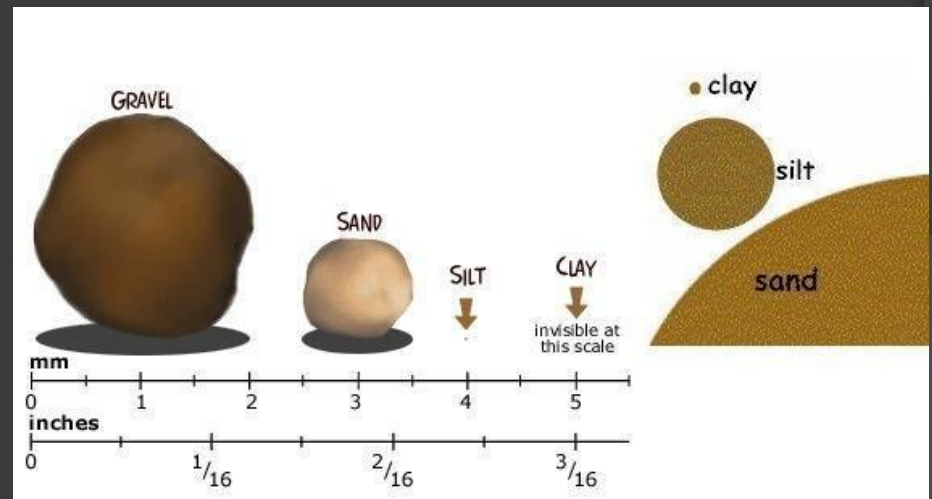
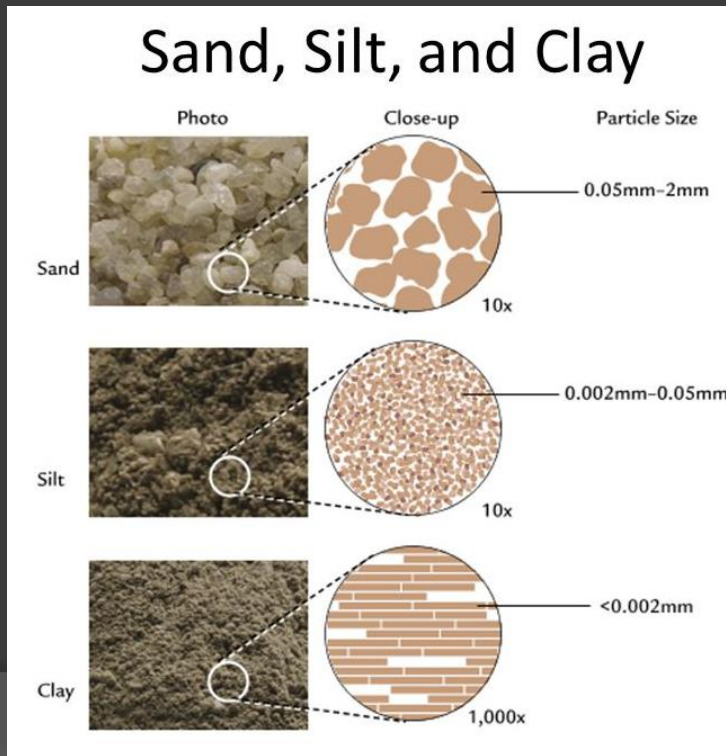
Προέλευση εδάφους:

- **Αυτόχθονα:** προϊόντα αποσάθρωσης μητρικού πετρώματος.
- **Αποθέσεις:** ανάλογα με το μέσο μεταφοράς διακρίνονται σε: αιολικές, θαλάσσιες, λιμναίες, ποτάμιες και παγετώδεις.

ΦΥΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Φύση του εδάφους:

- **Ανομοιόμορφο:** μη συνεχές, καθώς αποτελείται από στερεούς κόκκους με κυμαινόμενο μέγεθος και μεταξύ τους κενά (νερό και αέρας)

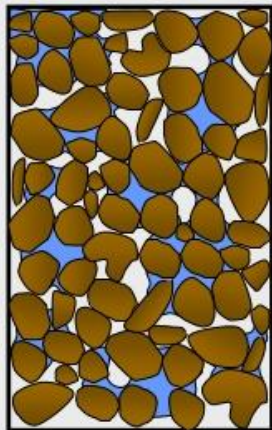


ΦΥΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Φύση του εδάφους:

- **Ανομοιόμορφο:** οι 3 φάσεις του εδάφους

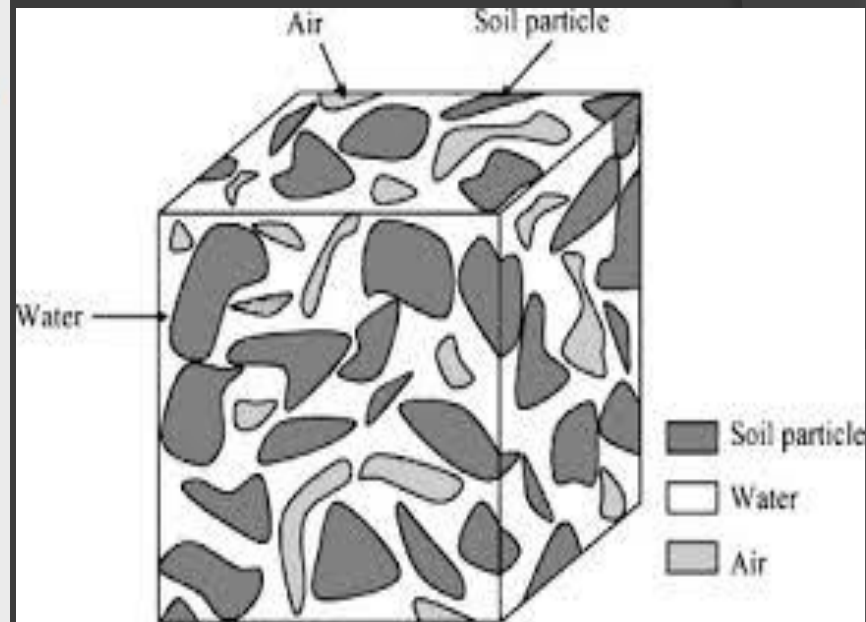
Three Phase Soil (Partially Saturated)



Mineral Skeleton



Idealization:
Three Phase Diagram



ΦΥΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Φύση του εδάφους:

- **Ανομοιογενές:** από άποψη μηχανικής και φυσικής συμπεριφοράς



ΦΥΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Φύση του εδάφους:

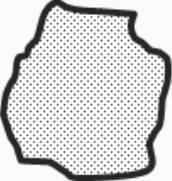
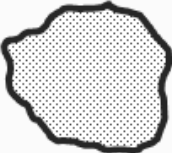
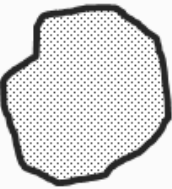
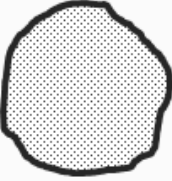
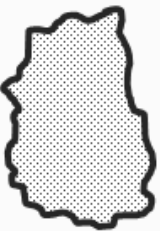
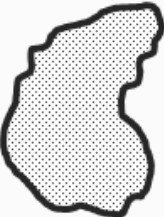
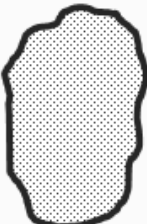
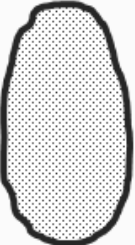
- **Μέγεθος κόκκων:** κατάταξη εδαφών (βάσει κοκκομετρίας και περιεκτικότητας σε νερό).

ΦΥΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Φύση του εδάφους:

■ **Μέγεθος κόκκων:** κατάταξη εδαφών (βάσει κοκκομετρίας και περιεκτικότητας σε νερό).

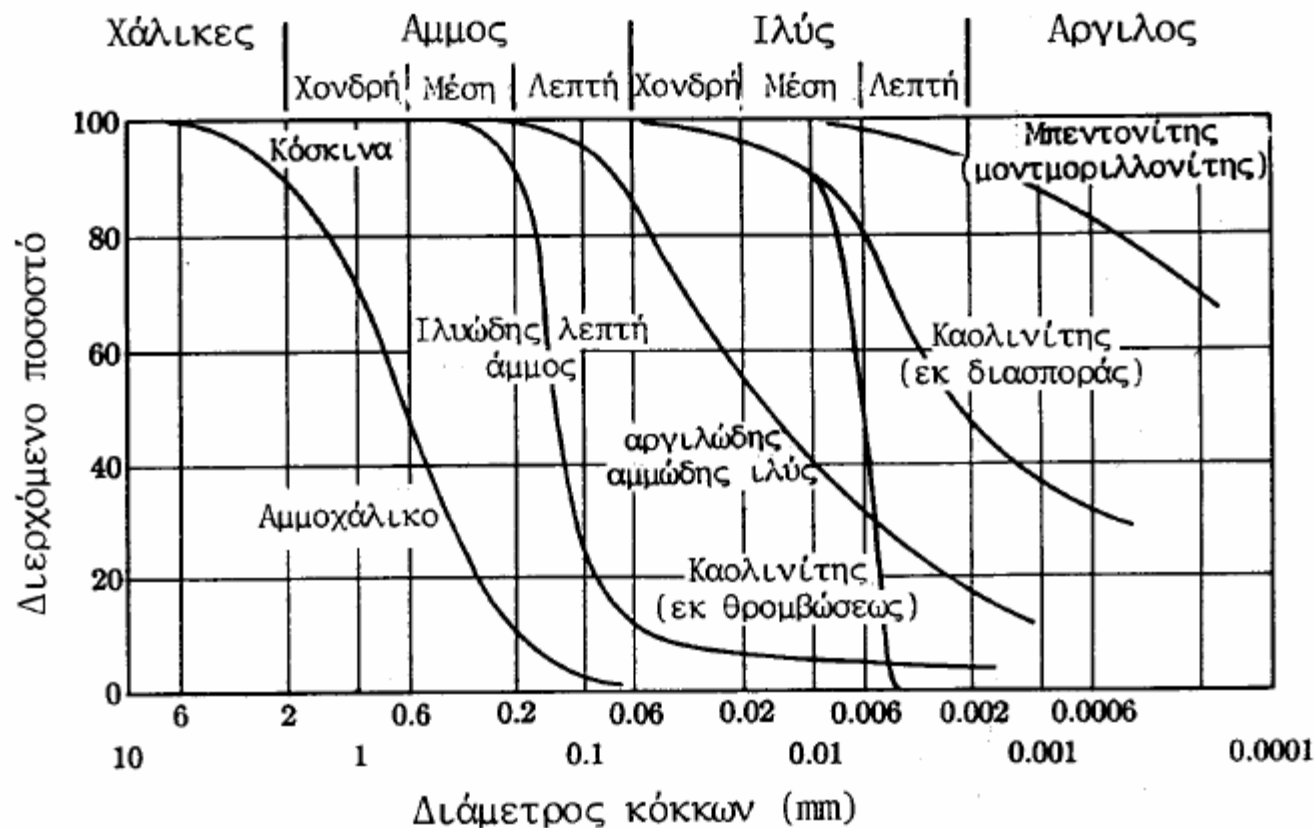
■ **Σχήμα κόκκων:**

High Sphericity						
Low Sphericity						
	Very Angular	Angular	Subangular	Sub-rounded	Rounded	Well-Rounded

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

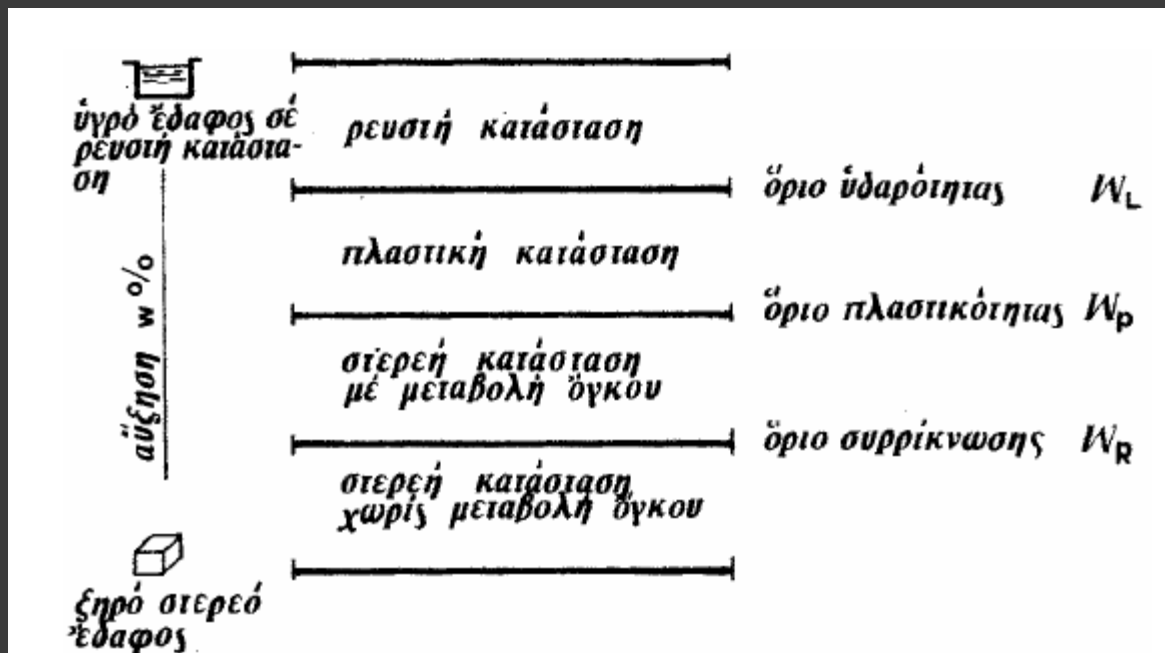
Τα εδάφη διακρίνονται σε **ψαθυρά** (άμμος, χαλίκια) και **συνεκτικά** (ιλύς, άργιλος).

Η συμπεριφορά τους χαρακτηρίζεται κυρίως από την κοκκομετρία τους. Η κοκκομετρική καμπύλη είναι μια γραφική αναπαράσταση της κατανομής της διάστασης των κόκκων.



ΟΡΙΑ ATTERBERG

Η συμπεριφορά των αργιλικών εδαφών μεταβάλλεται έντονα με την μεταβολή της περιεκτικότητας σε νερό. Όταν είναι χαμηλή συμπεριφέρονται σαν στερεά, ενώ όταν αυξάνεται η κατάστασή τους μεταπίπτει σε ημιστερεά μέχρι και ρευστή



Η περιεκτικότητα σε νερό όπου:

Το έδαφος από ρευστό → πλαστικό

Το έδαφος από πλαστικό → ημιστερεό

Το έδαφος από ημιστερεό → στερεό

Δείκτης πλαστικότητας PI ή $IP = w_L - w_P$

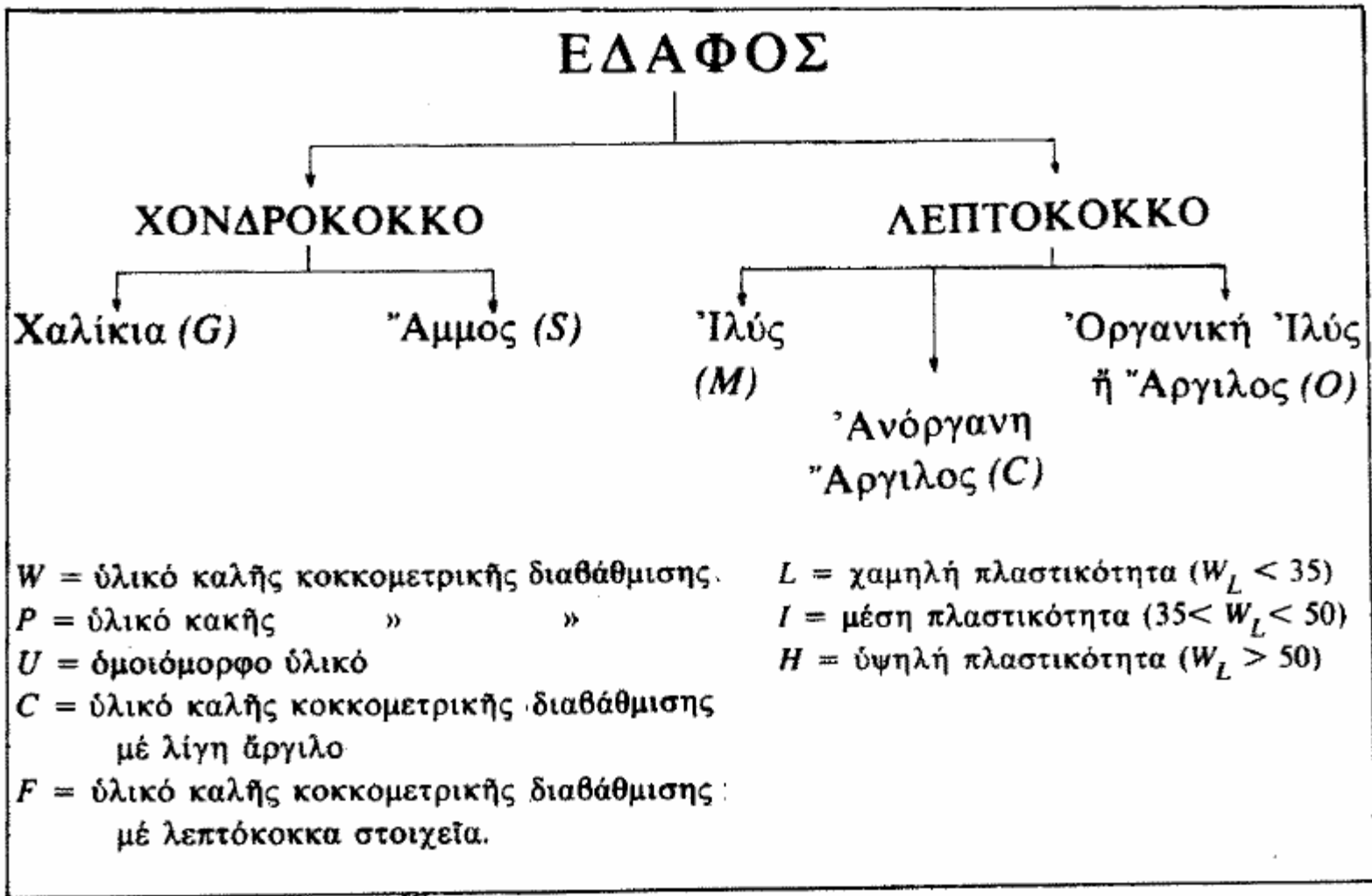
Δείκτης υδαρότητας LI ή $IL = \frac{w - w_P}{IP}$

Δείκτης αντίστασης $I_c = 1 - IL$

ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΕΔΑΦΩΝ

Κατά **Casagrande** το έδαφος χαρακτηρίζεται από 2 γράμματα:

- το πρώτο δείχνει το έδαφος που κυριαρχεί
- το δεύτερο τις μηχανικές ιδιότητες

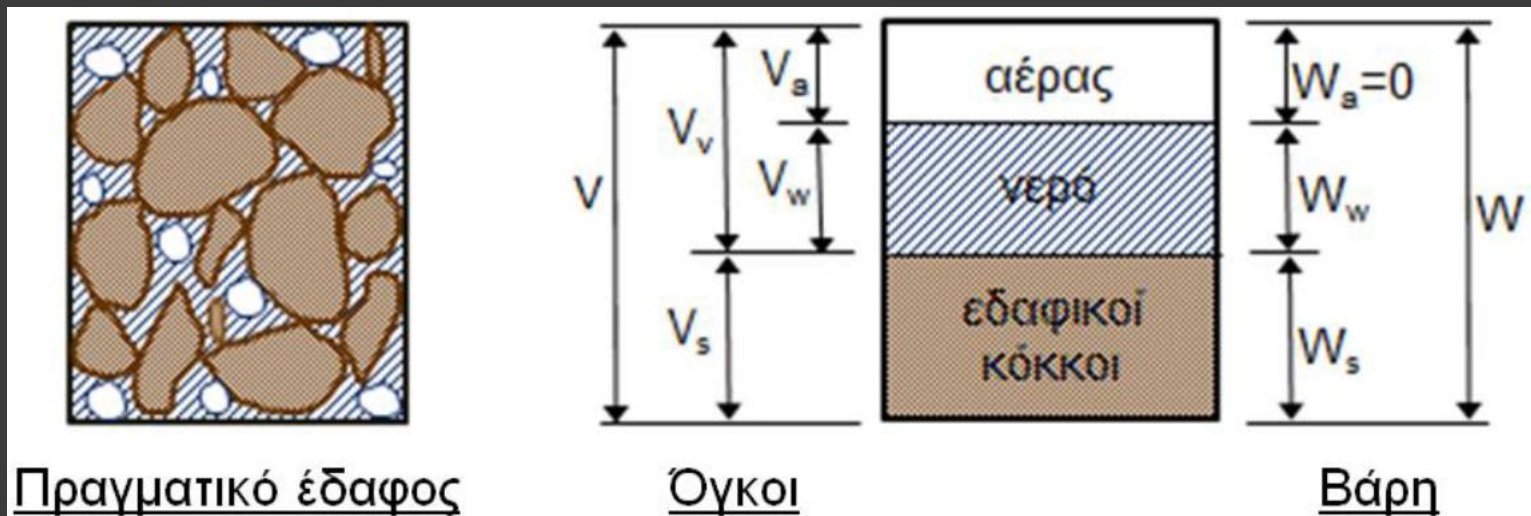


ΚΥΡΙΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ			ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΑ ΕΔΑΦΗ	ΧΑΛΙΚΙΑ (λιγότερο από 50% του χονδρόκοκκου διέρχεται από κόσκινο Νο. 4)		GW	Χαλίκι καλά διαβαθμισμένο με μίγμα άμμου-χαλικιού. Λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα.
			GP	Χαλίκι κακής διαβάθμισης με μίγμα άμμου-χαλικιού. Λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα.
			GM	Χαλίκια ιλυώδη, μίγμα χαλικιών, άμμου και ιλύος.
			GC	Ιλυώδης άργιλος, μίγμα χαλικιών, άμμου και αργίλου.
	ΑΜΜΟΣ (πάνω από 50% του χονδρόκοκκου διέρχεται από κόσκινο Νο. 4)		SW	Άμμος καλά διαβαθμισμένη με χαλίκια, λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα.
			SP	Άμμος κακής διαβάθμισης με χαλίκια, λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα.
			SM	Ιλυώδης Άμμος
			SC	Αργιλώδης Άμμος
ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΑ ΕΔΑΦΗ	ΙΛΥΣ ΚΑΙ ΑΡΓΙΛΟΣ Όριο υδαρότητας 50% ή μικρότερο		ML	Ανόργανη ιλύς, λεπτόκοκκη άμμος, ιλυώδης ή αργιλώδης λεπτόκοκκη άμμος.
			CL	Ανόργανη άργιλος μικρής ή μέσης πλαστιμότητας, χαλικιώδης άργιλος, αμμώδης άργιλος, ιλυώδης άργιλος, ισχνή άργιλος.
			OL	Οργανική ιλύς και οργανική ιλυώδης άργιλος χαμηλής πλαστιμότητας.
	ΙΛΥΣ ΚΑΙ ΑΡΓΙΛΟΣ Όριο υδαρότητας μεγαλύτερο του 50%		MH	Ανόργανη ιλύς, μαρμαρυγιακά ή λεπτόκοκκα αμμώδη ή ιλυώδη εδάφη, ελαστική ιλύς.
			CH	Ανόργανη άργιλος μεγάλης πλαστιμότητας, παχιά άργιλος.
			OH	Οργανική άργιλος με μέση ως μεγάλη πλαστιμότητα
		ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΕΔΑΦΗ		PT

ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Φύση του εδάφους:

- Φυσικές ιδιότητες εδαφών

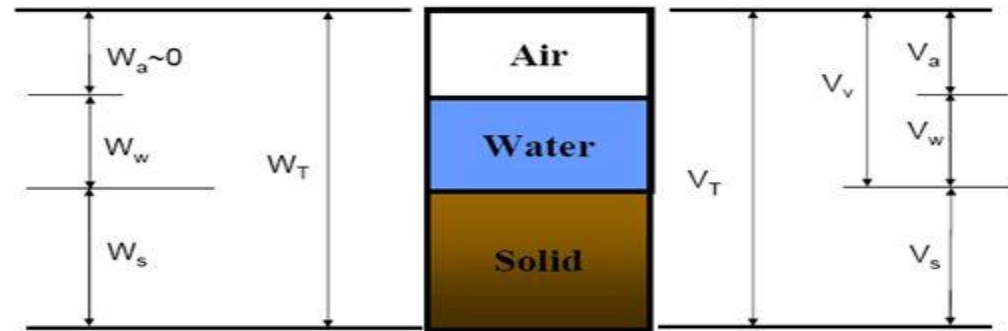


ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Volumetric Ratios

(1) Void ratio **e**

$$e = \frac{\text{Volume of voids}}{\text{Volume of solids}} = \frac{V_v}{V_s}$$



(2) Porosity **n%**

$$n = \frac{\text{Volume of voids}}{\text{Total volume of soil sample}} = \frac{V_v}{V_t} \times 100$$

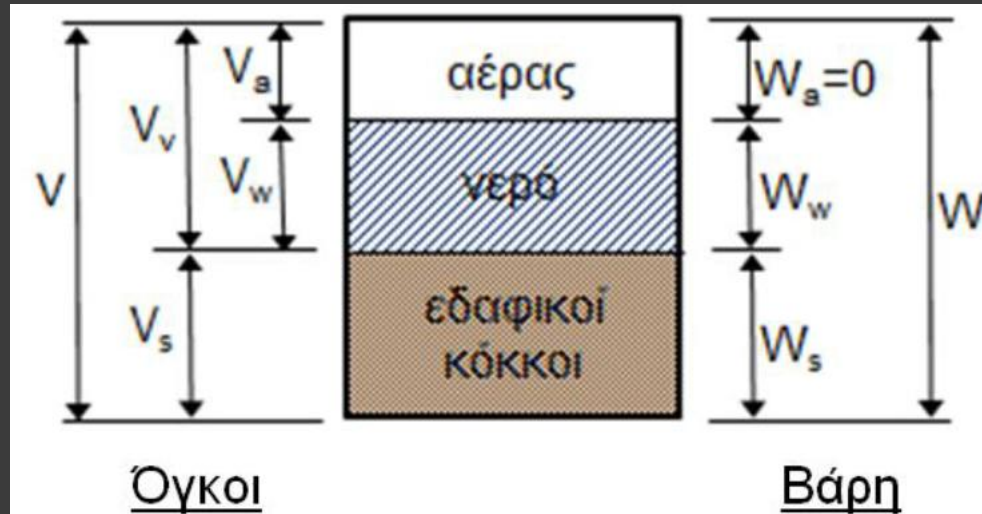
Dry

Saturated

(3) Degree of Saturation **S% (0 – 100%)**

$$S = \frac{\text{Total volume of voids contains water}}{\text{Total volume of voids}} = \frac{V_w}{V_v} \times 100\%$$

ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ



Υγρασία

Φαινόμενο
βάρος
στερεών

Φαινόμενο βάρος

Ξηρό φαινόμενο βάρος

$$w = \frac{W_w}{W_s}$$

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s}$$

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{W_w + W_s}{V_w + V_s}$$

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} = \frac{W_s}{V_w + V_s}$$

ΕΝΕΡΓΟΣ ΤΑΣΗ

Ενεργός τάση (σε κορεσμένα εδάφη):

Οι δυνάμεις που δρουν σε μια κορεσμένη εδαφική μάζα διακρίνονται σε:

- εκείνες που μεταδίδονται απευθείας από κόκκο σε κόκκο (ενεργός τάση, σ')
- εκείνες που δρουν μέσω του ρευστού που γεμίζει τα κενά των κόκκων (τάση ύδατος πόρων, u)

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

$$\sigma' = Z \gamma' \quad (\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w)$$

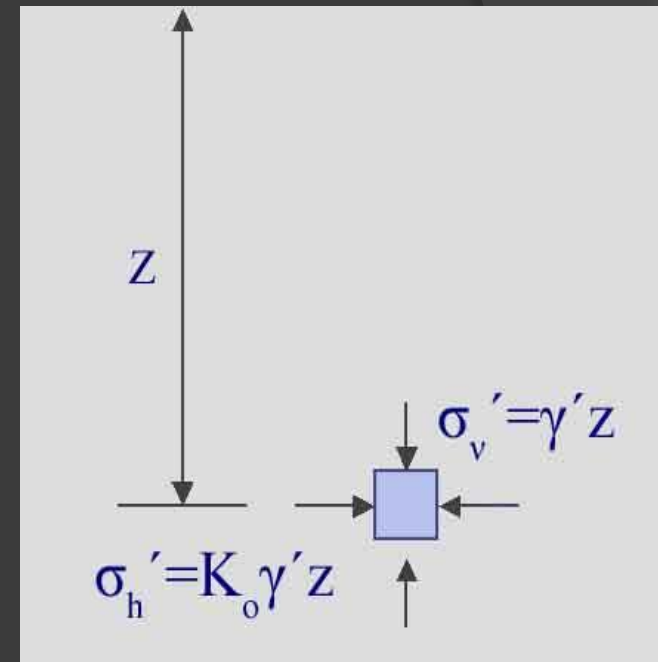
$$u = Z \gamma_w$$

ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ

Τάσεις στο έδαφος

Στο υπέδαφος αναπτύσσονται τάσεις λόγω:

- υπερκείμενων εδαφικών στρώσεων (ίδιο βάρος)
- εξωτερικών φορτίων από τις κατασκευές.



ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ-ΒΡΑΧΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

1. ΑΣΚΗΣΗ

Δείγμα αργίλου σε φυσική κατάσταση έχει βάρος 1250 gr. Μετά την ξήρανση το βάρος μειώθηκε στα 1,030 Kgr. Να βρεθεί η περιεκτικότητα σε νερό (%)

$$w = P_w / P_s = (1250 - 1030) / 1030 = 0.213 = 21.3\%$$

2. ΑΣΚΗΣΗ

Δείγμα κορεσμένης αργίλου έχει περιεκτικότητα σε νερό ($w=35\%$) και $\gamma_s=2.72 \text{ gr/cm}^3$. Να υπολογιστούν:

- A) Δείκτης πόρων (e)
- B) Πορώδες (n)
- Γ) Φαινόμενο βάρος

$$A) w = e (\gamma_w / \gamma_s) \rightarrow e = w (\gamma_s / \gamma_w) = 0.35 (2.72/1.00) = 0.952$$

$$B) n = e / (1+e) = 0.952 / (1+0.952) = 0.487$$

$$Γ) \gamma = (w+1) / (w+1/\gamma_s) = 1.88 \text{ gr/cm}^3$$

ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ-ΒΡΑΧΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

3. ΑΣΚΗΣΗ

Το φυσικό έδαφος ενός λατομείου έχει τις παρακάτω ιδιότητες:

- ο περιεκτικότητα σε νερό $w=12\%$
- ο δείκτης πόρων $e=0.54$
- ο φαινόμενο βάρος στερεών $\gamma_s=2.65 \text{ t/m}^3$

Το έδαφος αυτό χρησιμοποιείται για την κατασκευή αναχώματος που μετά την συμπύκνωση θα έχει όγκο $V=40000 \text{ m}^3$. Το έδαφος μετά την τοποθέτησή του στο έργο έχει φαινόμενο βάρος ξηρού εδάφους $\gamma_d=1.83 \text{ t/m}^3$

Το έδαφος μεταφέρεται με φορτηγά που το καθένα μεταφέρει βάρος εδάφους 6.2 t .

Να υπολογιστούν:

1. Ο βαθμός κορεσμού S_r , τα φαινόμενα βάρη γ_d και γ του εδάφους στο λατομείο.
2. Πόσα φορτηγά χρειάζονται για την μεταφορά του εδάφους από το λατομείο στον χώρο κατασκευής του αναχώματος;
3. Ο όγκος του σκάμματος μετά την απομάκρυνση του εδαφικού υλικού.

$$1. \quad S_r = \frac{\gamma_s \cdot W}{\gamma_w \cdot e} = \frac{2,65 \cdot 0,12}{1,00 \cdot 0,54} = 0,59$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_s}{1+e} = \frac{2,65}{1+0,54} = 1,72 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma = \gamma_d(1+w) = 1,72(1+0,12) = 1,93 \text{ t/m}^3$$

2. Το έδαφος στο ανάχωμα μετά την συμπύκνωση του καταλαμβάνει $V = 40.000 \text{ m}^3$

$$\gamma_d = \frac{P_s}{V} \Rightarrow P_s = \gamma_d \cdot V = 1,83 \cdot 40000 = 73200 \text{ t}$$

$$w = \frac{P_w}{P_s} \Rightarrow P_w = w P_s = 0,12 \cdot 73200 = 8784 \text{ t}$$

Ολικό βάρος εδάφους πριν την συμπύκνωση:

$$P = P_w + P_s = 73200 + 8784 = 81984 \text{ t}$$

$$\text{Για την μεταφορά απαιτείται: } \frac{81984}{6,2} = 13223 \text{ φορτία}$$

3. Για το έδαφος στο λατομείο: $\gamma = 1,93 \text{ t/m}^3$
 Το συνολικό βάρος εδάφους είναι 81984 t, όσο
 ή στην τελική του θέση στο ανάχωμα.

$$V_{\text{καμ}} = \frac{P}{\gamma} = \frac{81984}{1,93} = 42478 \text{ m}^3$$