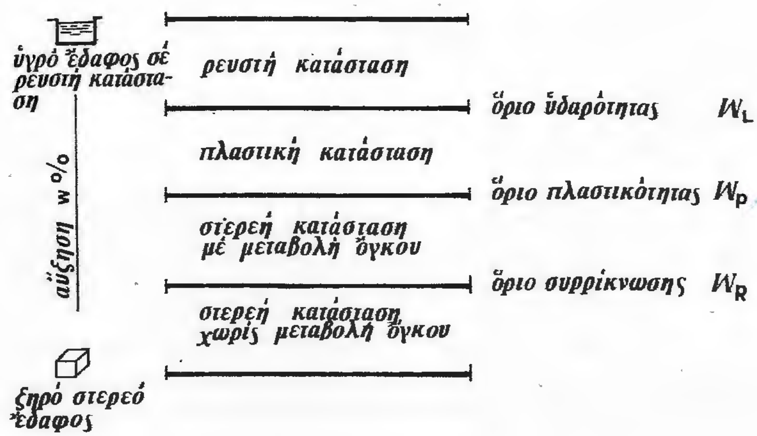
Γιά τά λεπτόκοκκα ἐδάφη τά χαρακτηριστότερα φυσικά μεγέθη εἶναι τά ὅρια τοῦ *Atterberg* πού εἶναι τά ἑξῆς:

— ὅριο ὑδαρότητας W_L
— ὅριο πλαστικότητας W_P
— ὅριο συρρίκνωσης W_R



Σχῆμα 1.2

Ὁρισμοί

Δείκτης πλαστικότητας PI ἤ $IP = W_L - W_P$

Δείκτης ὑδαρότητας LI ἤ $IL = \dfrac{W_L - W_P}{IP}$ $\dfrac{W_L - W}{IP}$

Δείκτης ἀντίστασης $I_C = I - IL$

Ἐνεργότητα ἐδάφους $= \dfrac{IP}{\text{ποσοστό ἀργίλου τοῦ ἐδάφους } \%}$

ΠΙΝΑΚΑΣ IV : Χαρακτηρισμός τῆς πλαστικότητας τοῦ ἐδάφους

Τιμή δείκτη πλαστικότητας *IP*	0 ÷ 5	5 ÷ 15	15 ÷ 40	> 40
Βαθμός πλαστικότητας	Ἔδαφος ὄχι πλαστικό	Ἔδαφος λίγο πλαστικό	Ἔδαφος πλαστικό	Ἔδαφος πολύ πλαστικό

ΠΙΝΑΚΑΣ V : Χαρακτηρισμός τοῦ βαθμοῦ ἐνεργότητας τοῦ ἐδάφους

Ἐνεργότητα	0,75	0,75 ÷ 1,25	1,25
Χαρακτηρισμός τοῦ ἐδάφους	Μή ἐνεργό	Κανονικό	Ἐνεργό

ΠΙΝΑΚΑΣ VI : Χαρακτηριστικές τιμές ὁρίων Atterberg.

Ἔδαφος	w_L	w_P	*IP*
Ἄμμος	—	—	0
Ἄμμος κάπως συνεκτική	10 ÷ 20	5 ÷ 20	0 ÷ 5
Loess	23 ÷ 28	20 ÷ 23	2 ÷ 8
Ἰλύς	15 ÷ 35	10 ÷ 25	5 ÷ 15
Ἄργιλος ἀμμώδης	25 ÷ 40	15 ÷ 20	5 ÷ 20
Ἄργιλος	40 ÷ 150	20 ÷ 50	15 ÷ 95
Ὀργανικά ἐδάφη	> 200	> 100	~ 100

β) Ὁ βαθμός ὁμοιομορφίας ἑνός ἐδάφους μπορεῖ νά χαρακτηρισθεῖ μέ τό συντελεστή ὁμοιομορφίας του (συντελεστής *Hazen*), πού ὁρίζεται ἀπό τή σχέση :

$$\text{συντελεστής ὁμοιομορφίας} \qquad Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

ὅπου: $D_{60} = max$ διάμετρος κόκκων σέ ποσοστό < τοῦ 60%,
$D_{10} = max$ διάμετρος κόκκων σέ ποσοστό < τοῦ 10%.

— Γιά τό ἔδαφος Α:

$D_{10} = 0{,}10\ mm\,, \qquad D_{60} = 1{,}60\ mm \rightarrow Cu = 16.$

— Γιά τό ἔδαφος Β:

$D_{10} = 0{,}15\ mm\,, \qquad D_{60} = 0{,}25\ mm \rightarrow Cu = 1{,}67.$

Ἑπομένως τό ἔδαφος Α ἔχει καλά διαβαθμισμένη κοκκομετρική καμπύλη ἐνῶ τό ἔδαφος Β εἶναι ὁμοιόμορφο ὡς πρός τό μέγεθος τῶν κόκκων.

1.7 Ἕνα ἀργιλῶδες ἔδαφος ἔχει ὅριο ὑδαρότητας $W_L = 58{,}60$, ὅριο πλαστικότητας $W_P = 23{,}10$ καί δείκτη ἀντίστασης $I_C = 0{,}44$. Νά ὑπολογιστοῦν:
α) Ὁ δείκτης πλαστικότητας IP.
β) Ὁ δείκτης ὑδαρότητας IL.
γ) Ἡ περιεκτικότητα σέ νερό w.

ΛΥΣΗ

α) Ὁ δείκτης πλαστικότητας $IP = W_L - W_P$ ἄρα

$$IP = 58{,}60 - 23{,}10 = 35{,}50.$$

Ἀπό τόν πίνακα *IV* φαίνεται ὅτι τό ἔδαφος μπορεῖ νά χαρακτηρισθεῖ σάν πλαστικό, γιατί:

$$15 < IP = 35{,}5 < 40.$$

β) Ὁ δείκτης ὑδαρότητας προκύπτει ἀπό τή σχέση πού δίνει τό δείκτη ἀντίστασης:

$$I_C = 1{,}0 - IL \quad \Rightarrow \quad IL = 1{,}0 - I_C = 1{,}0 - 0{,}44 = 0{,}56.$$

γ) Ἡ περιεκτικότητα σέ νερό προκύπτει ἀπό τόν τύπο πού δίνει τό δείκτη ὑδαρότητας

$$IL = \frac{W_L - w}{IP}$$

ἄρα $\qquad w = W_L - IL \cdot IP = 58{,}60 - 0{,}56 \cdot 35{,}50 = 38{,}72\ \%.$

1.8 Δύο ἐδάφη ἔχουν τίς παρακάτω ἰδιότητες:

	A	B
Ὅριο ὑδαρότητας	0,62	0,34
Ὅριο πλαστικότητας	0,26	0,19
Περιεκτικότητα σέ νερό	38 %	25 %
Φαιν. βάρος στερεῶν συστατικῶν	2,72 gr/cm^3	2,67 gr/cm^3
Βαθμός κορεσμοῦ	1	1

Ποιό ἀπό τά δύο ἐδάφη: α) περιέχει περισσότερα ἀργιλικά συστατικά, β) ἔχει μεγαλύτερο φαινόμενο βάρος γ, γ) ἔχει μεγαλύτερο ξηρό φαινόμενο βάρος γ_d καί δ) ἔχει μεγαλύτερο δείκτη πόρων e.

ΛΥΣΗ

α) Ἡ ποσότητα τῶν ἀργιλικῶν συστατικῶν ἑνός ἐδάφους εἶναι σέ γενικές γραμμές ἀνάλογη μέ τήν τιμή τοῦ δείκτη πλαστικότητας IP, ἄρα

— ἔδαφος Α: $IP = W_L - W_P = 0{,}62 - 0{,}26 = 0{,}36$

— ἔδαφος Β: $IP = W_L - W_P = 0{,}34 - 0{,}19 = 0{,}15$

Ἄρα τό ἔδαφος Α περιέχει περισσότερα ἀργιλικά συστατικά.

β) Ἀπό τόν πίνακα I γιά κορεσμένα ἐδάφη ἔχουμε:

$$\gamma = \frac{w + 1}{w + \dfrac{1}{\gamma_s}}$$

—Ἔδαφος Α: $$\gamma = \frac{0{,}38 + 1}{0{,}38 + \dfrac{1}{2{,}72}} = \frac{1{,}38}{0{,}75} = 1{,}85\ gr/cm^3$$

—Ἔδαφος Β: $$\gamma = \frac{0{,}25 + 1}{0{,}25 + \dfrac{1}{2{,}67}} = \frac{1{,}25}{0{,}62} = 2{,}02\ gr/cm^3.$$

Ἄρα τό ἔδαφος Β ἔχει τό μεγαλύτερο φαινόμενο βάρος.

γ) Ἀπό τόν πίνακα I:

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + w}$$

—Ἔδαφος Α: $$\gamma_d = \frac{1{,}85}{1 + 0{,}38} = 1{,}34\ gr/cm^3$$

—Έδαφος Β: $\gamma_d = \dfrac{2{,}02}{1+0{,}25} = 1{,}62\ gr/cm^3.$

Ἄρα τό ἔδαφος Β ἔχει ἐπίσης καί τό μεγαλύτερο ξηρό φαινόμενο βάρος.

δ) Ἀπό τόν πίνακα Ι (γιά κορεσμένα ἐδάφη)

$$e = \frac{\gamma_d}{\gamma_w} \cdot w .$$

—Έδαφος Α: $e = \dfrac{2{,}72}{1{,}00} \cdot 0{,}38 = 1{,}03$

—Έδαφος Β: $e = \dfrac{2{,}67}{1{,}00} \cdot 0{,}25 = 0{,}67$

Ἄρα τό ἔδαφος Α ἔχει τό μεγαλύτερο δείκτη πόρων e. ●

1.3 Συστήματα ταξινόμησης

Ἡ ἀνάγκη ταξινόμησης τῶν ἐδαφῶν ὑπαγορεύεται ἀπό τούς παρακάτω λόγους:

— Γιά δρισμένα μεγάλα τεχνικά ἔργα, ὅπως ἔργα ὁδοποιΐας, κατασκευή ἀεροδρομίων κλπ., τά ἐδαφοτεχνικά στοιχεῖα δέν εἶναι ἀπαραίτητο νά λαμβάνονται ἀπό πλήρη ἐδαφοτεχνική ἔρευνα, πού εἶναι πολυδάπανη καί ἴσως περιττή, γιατί ἐνδεχόμενες ζημιές μποροῦν νά διορθωθοῦν μέ τρόπο σχετικά ἁπλό.

— Σέ ὅσες περιπτώσεις εἶναι ἀπαραίτητη μιά ὁλοκληρωμένη ἐδαφοτεχνική ἔρευνα, ἡ ταξινόμηση ἐπιτρέπει τό γενικό χαρακτηρισμό τοῦ ἐδάφους καί καθορίζει ποιές δοκιμές θά γίνουν στή συνέχεια.

Ὑπάρχουν πολλά συστήματα ταξινόμησης τῶν ἐδαφῶν πού βασίζονται στήν κοκκομετρική ἀνάλυση καί τά ὅρια τοῦ *Atterberg*.

Ταξινόμηση ἐδαφῶν κατά Casagrande

Στό σύστημα ταξινόμησης τοῦ *Casagrande* τό ἔδαφος πού μελετᾶται, χαρακτηρίζεται μέ δύο γράμματα: τό πρῶτο δίνεται μέ βάση τό ἐδαφικό κλάσμα πού κυριαρχεῖ ἐνῶ τό δεύτερο μέ βάση τίς μηχανικές ἰδιότητες. Οἱ συμβολισμοί τοῦ *Casagrande* δίνονται στόν παρακάτω πίνακα:

Σημεῖο 2΄:	ὁλική τάση	$\sigma_2 = 0{,}96+1{,}60\cdot 2{,}00 = 4{,}16\ t/m^2$
	πίεση νεροῦ πόρων	$u_2 = 0$
	ἐνεργός τάση	$\sigma_2 = 4{,}16 - 0 \qquad = 4{,}16\ t/m^2$
Σημεῖο 2:	ὁλική τάση	$\sigma_2 = 4{,}16+2{,}00\cdot 0{,}40 = 4{,}96\ t/m^2$
	πίεση νεροῦ πόρων	$u_2 = 1{,}00\cdot 0{,}40 \qquad = 0{,}40\ t/m^2$
	ἐνεργός τάση	$\sigma_2' = 4{,}96 - 0{,}40 \qquad = 4{,}56\ t/m^2$
Σημεῖο 3:	ὁλική τάση	$\sigma_3 = 4{,}96+2{,}20\cdot 12{,}00 = 31{,}36\ t/m^2$
	πίεση ὕδατος πόρων	$u_3 = 1{,}00\cdot 12{,}40+6{,}00 = 18{,}40\ t/m^2$
	ἐνεργός τάση	$\sigma_3' = 31{,}36 - 18{,}40 \qquad = 12{,}96\ t/m^2$

β) Ὑποθέτουμε ὅτι τό πλάτος τῆς ἐκσκαφῆς εἶναι ἀρεκτά μεγάλο ὥστε νά μήν ἀναπτύσσονται διατμητικές τάσεις. Γιά νά μήν ἔχουμε θραύση στό ἐπίπεδο ἐκσκαφῆς, θά πρέπει ἡ ἐνεργός τάση στό ἐπίπεδο τοῦ ψαμμίτη νά εἶναι ἴση μέ τήν πίεση τοῦ νεροῦ πόρων στή θέση αὐτή, δηλ. ἄν D εἶναι τό βάθος τῆς ἐκσκαφῆς ἀπό τήν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ἐδάφους, ἔχουμε:

$$(15{,}00 - D)\,2{,}20 = 20{,}40$$

ἄρα

$$D = 15{,}00 - 9{,}27 = 5{,}73.$$

2.4 *Διαπερατότητα*

Τά προβλήματα τῆς ροῆς τοῦ νεροῦ στό ἔδαφος ἀποτελοῦν ἀντικείμενο τῆς ὑπόγειας ὑδραυλικῆς. Εἰδικά ἡ Ἐδαφομηχανική ἐνδιαφέρεται:

1. Γιά τόν προσδιορισμό τῶν ὑπόγειων παροχῶν, σχετικά μέ τή διαπερατότητα, τήν ἀποστράγγιση τοῦ ἐδάφους, τή στεγανότητα τῶν χωμάτινων κατασκευῶν κλπ.

2. Γιά τή μελέτη τῶν δυνάμεων ροῆς, δηλαδή τῶν δυνάμεων πού ἀσκεῖ τό νερό πού βρίσκεται σέ κίνηση, στούς κόκκους τοῦ ἐδάφους. (Τό πρόβλημα παρουσιάζεται στή μελέτη τῆς ἰσορροπίας τῶν πρανῶν, στό φαινόμενο διασωλήνωσης, κλπ.)

3. Στή μελέτη στερεοποίησης τῶν ἐδαφῶν, δηλαδή στή μελέτη τῆς ἐκροῆς τοῦ νεροῦ λόγω ἐπιφόρτισης τοῦ ἐδάφους, πού ἀναπτύσσεται εἰδικά τό κεφάλαιο 8.

Στή συνέχεια ἐξετάζονται μερικά πρακτικά παραδείγματα σχετικά μέ τίς παραπάνω περιπτώσεις.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

2.4 Νά ὑπολογιστεῖ ὁ συντελεστής διαπερατότητας k μιᾶς ἄμμου πού ἔχει τήν παρακάτω κοκκομετρική σύνθεση:

N° κόσκινου	*Διάμετρος ὀπῆς κόσκινου (mm)*	*Ποσοστό πού διέρχεται %*
20	0,840	99,90
40	0,420	95,00
60	0,250	60,00
80	0,177	20,00
200	0,074	1,50

ΛΥΣΗ

Γιά τόν ὑπολογισμό τῆς διαπερατότητας τῶν ὁμοιόρφων ἄμμων μέ συντελεστή ὁμοιομορφίας $C_u < 2$ ἔχει προταθεῖ ἀπό τόν *Hazen* ἡ παρακάτω ἐμπειρική σχέση:

$$k = c\, D_{10}^{2} \,,$$

ὅπου c = συντελεστής μέ μέση τιμή 100, καί

D_{10}=διάμετρος ἀπό ὅπου περνάει τό 10% τῶν κόκκων σέ *cm*.

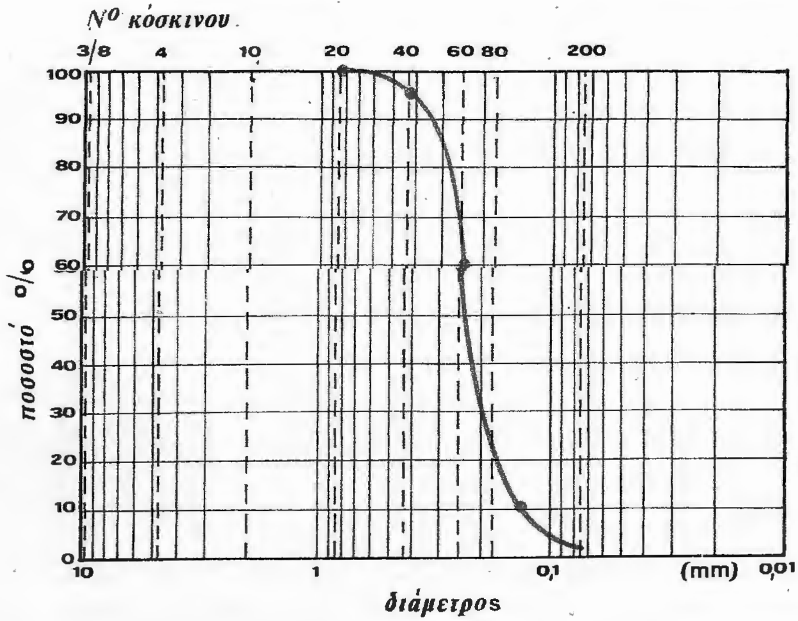
Σχεδιάζοντας τήν κοκκομετρική καμπύλη γιά τά δεδομένα τῆς ἄσκησης ἔχουμε τήν καμπύλη τοῦ σχήματος 2.9.

Ὁ συντελεστής ὁμοιομορφίας εἶναι:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0{,}25}{0{,}14} = 1{,}8 < 2.$$

Ἄρα, μὲ ἱκανοποιητικὴ προσέγγιση:

$$k = 100 \cdot 0{,}014^2 = 1{,}96 \cdot 10^{-2}\ cm/sec.$$



Σχῆμα 2.9

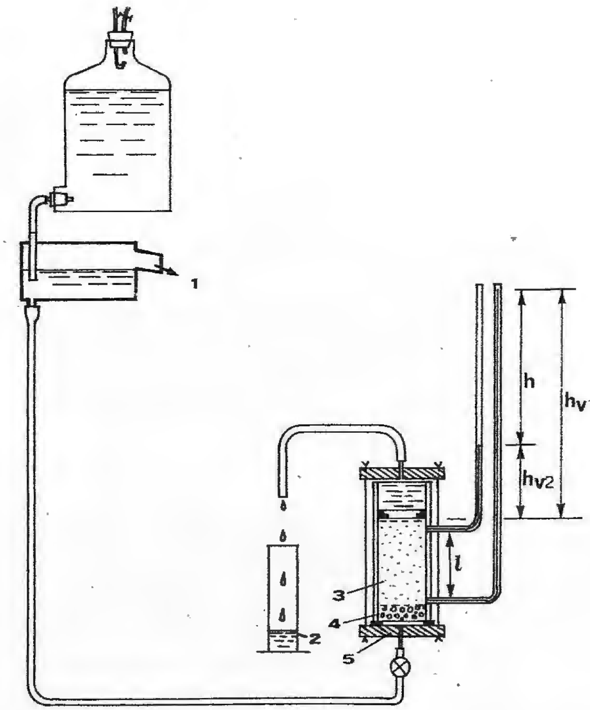
2.5 Ὁ ὑπολογισμός τῆς διαπερατότητας γίνεται στό ἐργαστήριο χρησιμοποιώντας διαπερατόμετρα πού διακρίνονται σέ διαπερατόμετρα σταθεροῦ καί σέ διαπερατόμετρα μεταβλητοῦ φορτίου. Τά πρῶτα χρησιμοποιοῦνται γιά τίς τιμές τοῦ k μέχρι 10^{-3} cm/sec ἐνῶ τά δεύτερα γιά τίς τιμές τοῦ k ἀπό 10^{-3}—10^{-6} cm/sec.

ΛΥΣΗ

Στό σχῆμα 2.10 φαίνεται ἕνα διαπερατόμετρο σταθεροῦ φορτίου. Στό διαπερατόμετρο σταθεροῦ φορτίου τό πιεζομετρικό ὕψος h καί ἡ ὑδραυλική βαθμίδα $i = \frac{h}{l}$ παραμένουν σταθερά καί μετροῦμε τήν παροχή Q γιά ἕνα δρισμένο χρονικό διάστημα t. Ἡ διαπερατότητα k δίνεται ἀπό τή σχέση:

$$k = \frac{Q}{i\,A\,t}$$

ὅπου A=ἡ διατομή τοῦ δοκίμιου.



Σχῆμα 2.10. Διαπερόμετρο σταθεροῦ φορτίου.

1. Ὑπερχείλιση. 2. Κύλινδρος μέτρησης. 3. Δοκίμιο. 4. Πορώδης λίθος. 5. Βάση.

Γιά $h = 80{,}00\ cm$, $l = 6{,}00\ cm$, $A = 78{,}50\ cm^2$, $Q = 314\ cm^3$ καί $t = 60\ sec$, ἔχουμε:

$$k = \frac{314}{\frac{80{,}0}{6{,}00}78{,}50\cdot 60} = 5\cdot 10^{-3}\ cm/sec\ .$$

2.6 Νά προσδιοριστεῖ ὁ συντελεστής διαπερατότητας k μιᾶς λεπτῆς ἄμμου μέ τή μέθοδο τοῦ διαπερατόμετρου μεταβλητοῦ φορτίου, πού φαίνεται στό σχῆμα 2.11, ἄν $l = 4{,}00\ cm$, $A = 78{,}50\ cm^2$, $a = 0{,}95\ cm^2$ *καί γιά*

$$t_1 = 0 \qquad h_1 = 110{,}00\ cm$$
$$t_2 = 720\ sec \qquad h_2 = 65{,}00\ cm\ .$$

ΛΥΣΗ

Ἡ διαπερατότητα στό διαπερατόμετρο μεταβλητοῦ φορτίου δίνεται ἀπό τή σχέση

$$k = \frac{2{,}3\ a\ l}{A\ t}\ log\ \frac{h_1}{h_2}\ ,$$

δηλαδή

$$k = \frac{2{,}30\cdot 0{,}95\cdot 4{,}00}{78{,}50\cdot 720}\cdot log\ \frac{110{,}00}{65{,}00} = 3{,}50\cdot 10^{-5}\ cm/sec.$$