



Ελληνική Δημοκρατία
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό
Ίδρυμα Ηπείρου

Στραγγίσεις (Θεωρία)

Ενότητα 2 : Φυσικές ιδιότητες του εδάφους I
Δρ. Μενέλαος Θεοχάρης



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

2.1 Γενικά

Ο όρος έδαφος αναφέρεται βασικά στην εξωτερική επιφάνεια της γης που διαμορφώθηκε με συνεχείς μεταβολές δια μέσου του χρόνου. Το έδαφος σήμερα αποτελεί το αντικείμενο μελέτης πολλών κλάδων τις επιστήμης :

- Εδαφολογία
- Εδαφομηχανική
- Τεχνική Γεωλογία
- Στραγγίσεις κ.λπ.

Ο εδαφολόγος εξετάζει το έδαφος σαν ένα φυσικό σώμα και ενδιαφέρεται κυρίως για τα αποτελέσματα των βιοχημικών διεργασιών πρωτογενών υλικών, τα εδαφικά προφίλ με τα διάφορα εδαφολογικά στρώματα, ή ορίζοντες. Εξετάζει και ταξινομεί τα εδάφη, όπως βρίσκονται στη φυσική τους κατάσταση. Ο εδαφομηχανικός εξετάζει τις μηχανικές ιδιότητες του εδάφους και το θεωρεί σαν υποδομή μιάς φέρουσας κατασκευής. Ο χημικός του εδάφους βλέπει το έδαφος σαν ένα λεπτό υλικό, ως επί το πλείστον χρωματισμένο με λεπτή ή χοντρή διαβάθμιση που έχει πεπλεγμένες χημικές με φυσικές ιδιότητες. Ο γεωπόνος βλέπει το έδαφος σαν ένα μέσο για την ανάπτυξη των φυτών και ενδιαφέρεται γενικά για τις συνθήκες του τμήματος που βρίσκεται κοντά στην εδαφική επιφάνεια. Ο ειδικευμένος στις στραγγίσεις επωφελείται από την εμπειρία των παραπάνω κλάδων, του εδαφομηχανικού, εδαφοφυσικού, γεωπόνου, εδαφολόγου κ.λπ. και ενδιαφέρεται βασικά για εκείνες τις ιδιότητες του εδάφους που επηρεάζουν την κίνηση του νερού προς το έδαφος και μέσα στο έδαφος.

Με βάση το παραπάνω σκεπτικό μπορούμε να θεωρήσουμε το έδαφος σαν ένα σύστημα που αποτελείται από τρεις φάσεις :

- Στερεά φάση.
- Υγρή φάση.
- Αέρια φάση.

Η στερεά φάση αποτελείται από τα σωματίδια του εδάφους και καλείται στερεό μητρώο (solid matrix). Η υγρή φάση αποτελείται από το νερό και από τον αέρα του εδάφους. Το τμήμα του εδάφους που αποτελείται από την υγρή και την αέρια φάση καλείται χώρος των κενών ή χώρος των πόρων (void space or pore space).

Το σύνολο στερεάς, υγρής και αέριας φάσης καλείται πορώδες μέσο (porous medium) και η ροή των ρευστών μέσα στο έδαφος καλείται ροή δια πορώδους μέσου. Το έδαφος λοιπόν είναι ένα πορώδες μέσο και σαν τέτοιο αποτελείται από ένα άπειρο πλήθος πόρων, οι περισσότεροι από τους οποίους αλληλοσυνδέονται και σχηματίζουν τον αποτελεσματικό χώρο των πόρων (effective pore space). Σε αντίθεση με αυτούς υπάρχουν πόροι που δεν αλληλοσυνδέονται ή ακόμη και άλλοι που αλληλοσυνδέονται μεν, παρουσιάζουν όμως το ένα άκρο φραγμένο (blind pores) και έτσι δεν είναι αποτελεσματικοί, γιατί δεν μπορεί να γίνει ροή δια μέσου τέτοιων πόρων.

2.2 Η Ομογένεια και η Ισοτροπία του εδάφους

2.2.1 Η Ομογένεια

Όλες οι θεωρίες για κίνηση, αποθήκευση, κατανομή, κλπ. του υπόγειου νερού στηρίζονται σε μία αναγκαία υπόθεση την ομογένεια του εδάφους, χωρίς την οποία τίποτα ουσιαστικά δεν

μπορεί να δομηθεί και να ισχύσει. Οι πιο κάτω σκέψεις θα μας δώσουν τα πλαίσια μέσα στα οποία εφαρμόζεται στην πράξη η έννοια της ομογένειας.

Κατ' αρχήν ομογενές λέγεται ένα υλικό ως προς μία ιδιότητα του όταν παντού στη μάζα του για παράλληλες μετατοπίσεις (ή αλλιώς κατά την ίδια κατεύθυνση) η ιδιότητα αυτή έχει την ίδια τιμή. Για παράδειγμα ένα υλικό είναι ομογενές ως προς την διαπερατότητα όταν σε όλα του τα σημεία παρουσιάζει τον ίδιο συντελεστή υδραυλικής αγωγιμότητας προς μία και την ίδια κατεύθυνση. Εάν η ιδιότητα στην οποία αναφερόμαστε δεν μετράται με διανυσματικό μέγεθος, τότε δεν τίθεται θέμα κατεύθυνσης, όπως π.χ. το ενεργό πορώδες : ένα έδαφος είναι ομογενές ως προς το ενεργό πορώδες όταν σε όλα του τα σημεία παρουσιάζει την ίδια τιμή του ενεργού πορώδους. Για τα αριθμητικά λοιπόν μεγέθη ένα έδαφος είναι ομογενές ή ετερογενές ανεξάρτητα από κατεύθυνση.

Σύμφωνα λοιπόν με τον ορισμό της ομογένειας δεν υπάρχει κανένα έδαφος απόλυτα ομογενές με την αυστηρή έννοια του όρου. Όμως παρ' όλα αυτά συμβαίνει τα διάφορα εδάφη να συμπεριφέρονται σαν να ήταν αυστηρά ομογενή αν και είναι εμφανώς ανομοιογενή σύμφωνα με τον πιο πάνω ορισμό. Αυτή η συμπεριφορά τους πρέπει να οφείλεται σε στατική αντιστάθμιση της ετερογένειάς τους.

Από παρατηρήσεις και πειράματα που έγιναν για να διαπιστωθεί η ομογενής ή ετερογενής φυσιογνωμία των εδαφών προέκυψε το συμπέρασμα ότι η έννοια της ομογένειας είναι στενά συνδεδεμένη με τον πιο μικρό θεωρούμενο στοιχειώδη όγκο του εδάφους. Έτσι, για παράδειγμα, μία μάζα άμμου της οποίας οι πιο μεγάλοι κόκκοι έχουν διάμετρο της τάξης του mm, δεν μπορεί να θεωρηθεί ομογενής στην κλίμακα της τάξης του mm³. Όμως μπορεί να θεωρηθεί ομογενής στην κλίμακα του m³ ή ακόμη μερικών dm³. Παρόμοια, ένα σύναγμα λίθων με τεμάχια διαστάσεων της τάξης των 10 cm δεν θεωρείται και δεν συμπεριφέρεται σαν ομογενές στην κλίμακα (10 cm³), όμως μπορεί να θεωρηθεί ομογενές στην κλίμακα (10 m³). Γενικά δε ένα σύναγμα υλικών μπορεί να θεωρηθεί ομογενές εάν ο θεωρούμενος όγκος του έχει διαστάσεις τουλάχιστο 50-100 φορές πιο μεγάλες από αυτές που έχουν τα μεγαλύτερα αυτοτελή-συμπαγή τεμάχια που το συνιστούν και με τον όρο βέβαια ότι όλος ο όγκος αυτού του συνάγματος σχηματίστηκε υπό τις ίδιες συνθήκες και δεν αποτελείται από διακριτές διαφορετικές ζώνες. Δεχόμαστε λοιπόν μία κλίμακα ομογένειας, δηλαδή έναν ελάχιστο όγκο εδάφους που μπορεί να θεωρηθεί σαν ομογενής για τις υδρογεωλογικές παραμέτρους, χωρίς όμως και να είναι ομογενής με την αυστηρή έννοια του όρου, αλλά απλώς σφαιρικά θεωρούμενος συμπεριφέρεται σαν να ήταν ομογενής.

Συνηθέστατα τα διάφορα εδάφη που αφορούν τις Στραγγίσεις είναι διαστρωμένα. Τότε μπορεί να θεωρηθεί κάθε στρώση σαν ομογενής αν εκπληρώνει τους πιο πάνω όρους. Όμως δεν μπορεί να θεωρηθεί σαν ομογενής ολόκληρος ο σχηματισμός αβασάνιστα.

Στη φύση μπορούμε πραγματικά να συναντάμε πολυάριθμες αποχρώσεις ομογενών εδαφών. Μερικά εδάφη όπως τα αποτελούμενα από προσχωσιγενή λεπτόκοκκη άμμο έχουν εξαιρετικά καλή ομογένεια ακόμη και σε μικρή κλίμακα, ενώ για άλλα, όπως το σύνολο των ποταμοχειμαρίων προσχώσεων, η ομογένεια μπορεί να θεωρηθεί ότι υπάρχει σε αρκετά μεγάλη κλίμακα ομογένειας εξ αιτίας διαδοχικών αποθέσεων υλικού με διαφορετικά στοιχεία.

2.2.2 Η Ισοτροπία

Για παραμέτρους που εκφράζονται με διανυσματικά μεγέθη, όπως π.χ. είναι η διαπερατότητα, που ενδιαφέρει ιδιαίτερα τις Στραγγίσεις, υπαισέρχεται η έννοια της ισοτροπίας. Ένα έδαφος είναι ισότροπο για μια διανυσματική ιδιότητα όταν προς όλες τις κατευθύνσεις παρουσιάζει την ιδιότητα αυτή με την ίδια τιμή. Αν η τιμή της ιδιότητας αυτής αλλάζει κατά διάφορες διευθύνσεις τότε το έδαφος είναι ανισότροπο. Είναι δυνατό ένα έδαφος να είναι ισότροπο ως προς μία ιδιότητα, π.χ. την αντοχή σε συμπίεση και ανισότροπο ως προς άλλη π.χ. τη διαπερατότητα. Η διανυσματική εκείνη ιδιότητα που ενδιαφέρει τις Στραγγίσεις είναι η διαπερατότητα. Φυσικά για «αριθμητικές ιδιότητες» π.χ. το ενεργό πορώδες δεν υπάρχει θέμα ισοτροπίας. Είναι εύκολα κατανοητό ότι τα διάφορα εδάφη είναι αποκλειστικά ανισότροπα για τη διαπερατότητα και αυτό για τους εξής λόγους:

- Τα επί μέρους στοιχεία που συνιστούν το έδαφος δεν είναι κατά κανόνα, σφαιρικά και έχουν μέγιστη πιθανότητα να αποτεθούν με την πλατυσμένη επιφάνεια προς τα κάτω κατά την απόθεση τους γιατί αυτή η θέση έχει τη σταθερότερη ισορροπία. Έτσι το νερό κυκλοφορεί ευκολότερα κατά την οριζόντια παρά κατά την κατακόρυφη κατεύθυνση.

- Τα διαστρωμένα εδάφη παρουσιάζουν διακριτές στρώσεις πολύ διαφορετικές μεταξύ τους που να συνίστανται διαδοχικά από αδρόκοκκα και λεπτόκοκκα υλικά. Και εδώ η οριζόντια διαπερατότητα είναι μεγαλύτερη από την κατακόρυφη διαπερατότητα

2.3 Σχέσεις μεταξύ όγκου και μάζας

Στο σχήμα 2.1a δίνεται μία αντιπροσωπευτική εικόνα ενός πραγματικού εδαφικού δείγματος με τις τρεις φάσεις του, ενώ στο σχήμα 2.1b δίνεται μία σχηματική παράσταση ενός ιδεατού εδαφικού δείγματος, που θα βοηθήσει να προσδιοριστούν οι σχέσεις μεταξύ του όγκου και της μάζας των τριών φάσεων. Στο δείγμα αυτό οι τρεις φάσεις είναι σαφώς χωρισμένες σε τρία μέρη. Με βάση το σχήμα 2.1 προσδιορίζονται οι παρακάτω σχέσεις μεταξύ μάζας και όγκου .

2.3.1 Η πραγματική πυκνότητα του στερεού ρ_s

Είναι ο λόγος της μάζας των στερών στερεών σωματιδίων (τεμαχίδια) προς τον όγκο των στερών στερεών σωματιδίων του εδάφους .

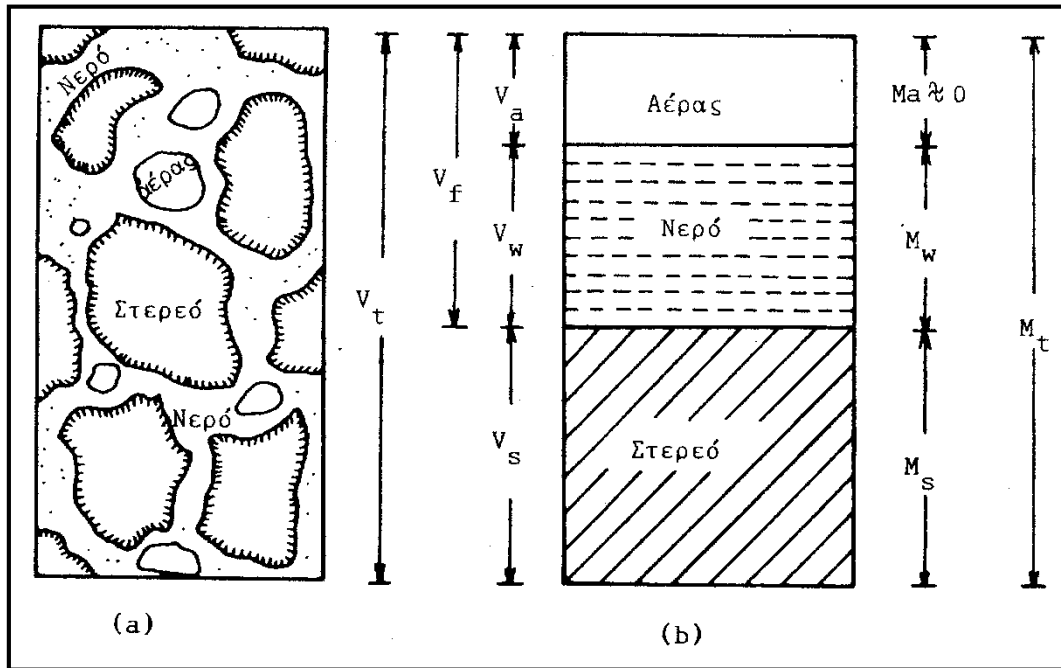
$$\rho_s = \frac{M_s}{V_s} \quad (2.1)$$

Στα περισσότερα αλατούχα εδάφη η μέση πυκνότητα των σωματιδίων μεταβάλλεται μεταξύ 2600 και 2700 Kg /m³, η δε παρουσία οργανικών ουσιών μειώνει την τιμή του ρ_s .

2.3.2 Η φαινόμενη πυκνότητα σε ξερή κατάσταση ρ_b

Είναι ο λόγος της μάζας των στερών στερεών σωματιδίων (τεμαχίδια) προς τον ολικό όγκο του εδάφους. Για εδάφη αμμώδη φθάνει την τιμή 1600 Kg /m³ ενώ για ιλυώδη εδάφη και αργιλώδη φθάνει την τιμή 1100 Kg /m³.

$$\rho_b = \frac{M_s}{V_t} = \frac{M_s}{V_s + V_w + V_a} \quad (2.2)$$



Σχήμα 2.1. Σχηματική παράσταση εδαφικού δείγματος
 α) Πραγματικό έδαφος β) Ιδεατό έδαφος χωρισμένο σε τρεις φάσεις

2.3.3 Η φαινόμενη πυκνότητα σε υγρή κατάσταση ρ_t

Είναι ο λόγος της μάζας της στερεάς και της υγρής φάσης του εδάφους προς τον ολικό όγκο του εδάφους.

$$\rho_t = \frac{M_s + M_w}{V_s + V_w + V_a} \quad (2.3)$$

2.3.4 Το πορώδες του εδάφους n

Το πορώδες είναι ο λόγος όγκου των πόρων του εδάφους, ήτοι του αθροίσματος της υγρής και της αέριας φάσης, προς τον ολικό όγκο αυτού.

$$n = \frac{V_f}{V_t} = \frac{V_w + V_a}{V_s + V_w + V_a} \quad (2.4)$$

2.3.4.1 Παράγοντες που ρυθμίζουν το πορώδες

Για εδάφη και γεωλογικούς σχηματισμούς, που προέκυψαν από αποθέσεις φερτών υλικών, η τιμή του πορώδους εξαρτάται από τα εξής:

i. Το σχήμα των κόκκων. Αυτό σε ένα ποσοστό καθορίζει τη μορφή και τις διαστάσεις των πόρων ή κενών γενικά. Μπορούμε να το καταλάβουμε καλύτερα αν φαντασθούμε ένα σύναγμα από σφαιρικούς ή από κυβικούς κόκκους με την ίδια διάταξη και ίδιο βαθμό καθίζησης· τότε οι κυβικοί κόκκοι έχουν πάντα μεγαλύτερο πορώδες. Γενικά τα γωνιώδη υλικά δημιουργούν μεγαλύτερο πορώδες από τα αποστρωγγλωμένα.

ii. Την κοκκομετρική σύσταση του σχηματισμού. Με τον όρο «κοκκομετρική σύσταση» εννοούμε την κατανομή της διαμέτρου των κόκκων σε συνάρτηση με το αντίστοιχο βάρος τους δηλαδή τη συμμετοχή του βάρους που αντιστοιχεί σε κάθε τιμή της διαμέτρου σε σχέση

με το συνολικό βάρος του υλικού. Η κοκκομετρική σύσταση βρίσκεται με την κοκκομετρική ανάλυση και παριστάνεται γραφικά με τις αθροιστικές κοκκομετρικές καμπύλες, σχήμα 2.2.

Οι αθροιστικές κοκκομετρικές καμπύλες δίνουν σημαντικότερες πληροφορίες για το πορώδες ενός σχηματισμού, γιατί δίνουν τη συμμετοχή των κόκκων διαφόρου διαμέτρου στη σύσταση του σχηματισμού. Η σημασία της κοκκομετρικής σύστασης για το ολικό πορώδες γίνεται φανερή από το εξής: όταν ένας σχηματισμός αποτελείται από σφαιρικούς π.χ. κόκκους της ίδιας διαμέτρου τότε για την ίδια διάταξη δεν μεταβάλλεται το πορώδες όποια και να είναι η διάμετρος των κόκκων. Δηλαδή σχηματισμοί ομοιόμορφοι ως προς τη διάταξη των κόκκων έχουν πρακτικά το ίδιο ολικό πορώδες ανεξάρτητα από τη διάμετρο των κόκκων. Όταν όμως υπάρχουν και κόκκοι με μικρότερες διαμέτρους αυτοί καταλαμβάνουν τα κενά που υπάρχουν μεταξύ των μεγάλων κόκκων και έτσι μειώνουν την τιμή του ολικού πορώδους.

Οι μορφές που μπορούν να πάρουν οι κοκκομετρικές καμπύλες είναι ποικίλες, σχήμα 2.3, και καθορίζονται φυσικά από την κοκκομετρική σύσταση. Έτσι:

- Για ένα απόλυτα ομοιόμορφο κοκκομετρικά σχηματισμό η αντίστοιχη καμπύλη θα είναι μία ευθεία κατακόρυφη, σχήμα 2.3 (α).
- Για ένα σχετικά ομοιόμορφο σχηματισμό η καμπύλη θα αποκλίνει λίγο από την αντίστοιχη κατακόρυφη, σχήμα 2.3 (β).
- Για ένα ανομοιόμορφο σχηματισμό η καμπύλη θα αποκλίνει επί μάλλον και μάλλον από την κατακόρυφη, σχήμα 2.3 (γ), (δ).

Για τον συγκριτικό ποσοτικό έλεγχο ενός δείγματος με βάση την αθροιστική κοκκομετρική καμπύλη έχουν εισαχθεί οι πιο κάτω παράμετροι, των οποίων βέβαια οι τιμές χαρακτηρίζουν την καμπύλη και κατ' επέκταση το δείγμα:

- **Ενεργή διάμετρος d_{10} .** Είναι η διάμετρος των κόκκων η αντιστοιχούσα στο 10 % του βάρους του δείγματος, όπως μπορεί να συναχθεί από την αθροιστική κοκκομετρική καμπύλη, σχήμα 2.2. Η διάμετρος αυτή έχει ιδιαίτερη σημασία γιατί ανταποκρίνεται στο λεπτόκοκκο υλικό που πληρώνει τα κενά που δημιουργούνται μεταξύ κόκκων με μεγαλύτερη διάμετρο και έτσι μειώνει το ολικό πορώδες τόσο πιο πολύ όσο μικρότερη είναι σε σύγκριση με τη μέση διάμετρο του δείγματος.

- **Ο συντελεστής ομοιομορφίας U .** Δίνεται από τη σχέση $U = d_{60}/d_{10}$, όπου d_{60} είναι η διάμετρος η αντιστοιχούσα στο 60 % του βάρους, σχήμα 2.2. Ανάλογα με τις τιμές που παίρνει ο συντελεστής ομοιομορφίας, το δείγμα μπορεί να χαρακτηριστεί:

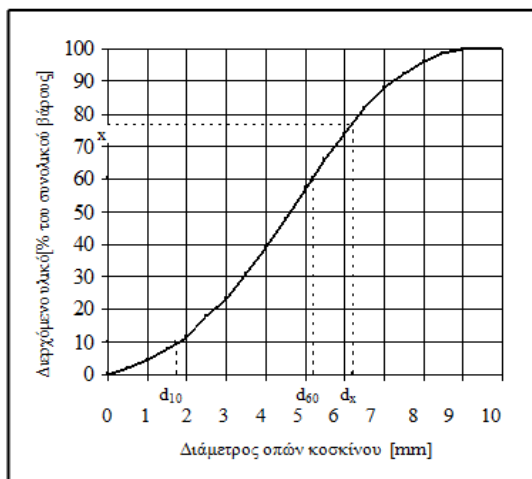
- *Ομοιόμορφο* όταν $U < 2$ (ή για μερικούς $U < 2,5$). Τότε υπάρχει μικρή απόκλιση της καμπύλης από την κατακόρυφη και συγκριτικά μεγάλο ολικό πορώδες (συνήθως πάνω από 18-20 %). (Η τιμή $U = 1$ πετυχαίνεται βέβαια για σχεδόν εντελώς ομοιόμορφο υλικό και αντιστοιχεί φυσικά σε μία καμπύλη που είναι κατακόρυφη ευθεία).

- *Μη ομοιόμορφο* όταν $U > 2$. Η καμπύλη απομακρύνεται τόσο περισσότερο από την κατακόρυφη όσο περισσότερο το U είναι μεγαλύτερο του 2 πράγμα που συνεπάγεται ανάλογα μείωση του ολικού πορώδους. Πάντως για τιμές $U = 2-8$ το πορώδες εξακολουθεί

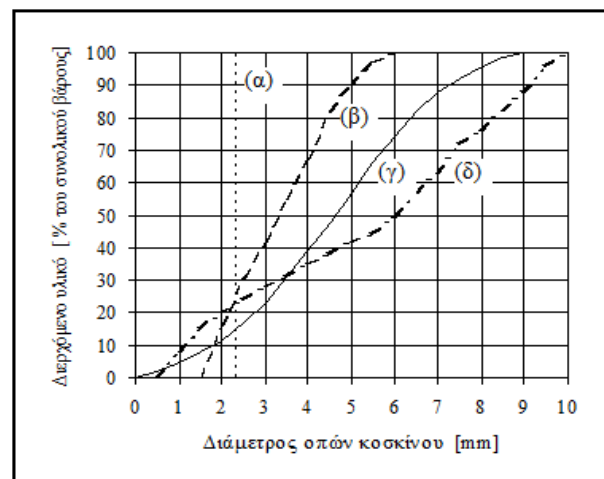
να είναι σημαντικό.

Εκτός από τον πιο πάνω συντελεστή ομοιομορφίας $U = d_{60} / d_{10}$, που λέγεται και συντελεστής του Hazen, έχει προταθεί από συγγραφείς και ο συντελεστής $U' = d_{70} / d_{10}$, για ανάλογη χρήση και υποστηρίζεται μάλιστα ότι είναι πιο ενδεικτικός για το πορώδες του δείγματος.

• **Διάμετρος d_x .** Είναι η διάμετρος που στην αθροιστική καμπύλη αντιστοιχεί σε ένα ορισμένο ποσοστό βάρους x % του δείγματος, σχήμα 2.2. Η διάμετρος αυτή χρησιμοποιείται σαν παράμετρος για συγκρίσεις μεταξύ διαφορετικών δειγμάτων.



Σχήμα 2.2 Αθροιστική κοκκομετρική καμπύλη υλικού



Σχήμα 2.3 Μορφές κοκκομετρικών καμπυλών

Τέλος σημειώνεται ότι η κοκκομετρική ανάλυση γίνεται με την βοήθεια μιας σειράς από **ειδικά κόσκινα** με οπές κυκλικές ή τετραγωνικές των οποίων η διάμετρος ή η πλευρά μειώνεται βαθμιαία από πάνω προς τα κάτω σύμφωνα με ορισμένες προδιαγραφές. Τα κόσκινα αυτά δονούνται για ορισμένο χρόνο με τη βοήθεια ειδικού δονητή και έτσι μέσα σε κάθε ένα από αυτά μένει ένα τμήμα του δείγματος που έχει διάμετρο περιορισμένη μεταξύ δύο κοντινών τιμών (αυτής που είναι η διάμετρος του υπερκείμενου κόσκινου και αυτής που είναι η διάμετρος του κόσκινου που το συγκεντρώνει). Με τη ζύγιση του περιεχομένου του κάθε ενός από τα κόσκινα θα σχηματισθεί η αθροιστική κοκκομετρική καμπύλη.

iii. Τη διάταξη των κόκκων. Ο ρόλος της στον καθορισμό του πορώδους γίνεται αντιληπτός αν έχουμε ένα ομογενές υλικό με σφαιρικούς κόκκους. Τότε οι σφαιρικοί κόκκοι μπορούν να διαταχθούν π.χ. με κυβικό ή ρομβοεδρικό τρόπο.

iv. Την κόνιαση των κόκκων, τα αργιλικά υλικά, τα άλατα, τη συνίζηση και κυρίως τη διαγένεση. Όλα αυτά προκαλούν μείωση του ολικού πορώδους. Η διαγένεση παρατηρείται σε παλαιότερες και συνήθως σε βαθύτερες προσχώσεις και αποθέσεις. Έτσι στα κοκκώδη πετρώματα παρατηρείται μείωση του πορώδους με το βάθος.

2.3.4.2 Μέτρηση του πορώδους

Αυτή γίνεται είτε με ειδικά όργανα, τα ποροσίμετρα, ειδικές συσκευές που λειτουργούν με αέριο, είτε με απλές ζυγίσεις του δείγματος. Στην τελευταία περίπτωση το δείγμα αποστεγνώνεται κατά το δυνατό καλύτερα (σε θερμοκρασία 105 °C επί δύο ώρες) και ζυγίζεται στεγνό. Υπολογίζουμε και τον όγκο του δείγματος V . Στη συνέχεια το δείγμα βυθίζεται μέσα σε ογκομετρικό δοχείο που περιέχει ορισμένη ποσότητα υγρού (νερού ή υδραργύρου) ενώ σύγχρονα παρατηρείται η άνοδος της στάθμης του υγρού μέσα στο ογκομετρικό δοχείο, που οφείλεται στην προσθήκη του όγκου V_s της στερεάς φάσης. Από τα πιο πάνω στοιχεία υπολογίζεται το ολικό πορώδες

$$n = \frac{V_t - V_s}{V_t} \quad (2.5)$$

Ακόμη μπορούμε σε εντελώς στεγνό δείγμα, γνωστού όγκου V να προσθέσουμε νερό μέχρι κορεσμού του. Ο όγκος του νερού που θα απορροφηθεί ολικά από το δείγμα ανταποκρίνεται προς τον όγκο V_f των κενών. Έτσι υπολογίζεται το πορώδες:

$$n = \frac{V_f}{V_t} \quad (2.6)$$

Και στις δύο περιπτώσεις η όλη διαδικασία παρουσιάζει ορισμένες δυσκολίες και απαιτεί κατάλληλες συσκευές.

Αντιπροσωπευτικές τιμές του πορώδους για διάφορους τύπους εδαφών και γεωλογικούς σχηματισμούς φερτών υλικών παρουσιάζονται στον πίνακα 2.1.

Πίνακας 2.1 Αντιπροσωπευτικές τιμές του πορώδους

Υλικά	Γιμή πορώδους [%]	Υλικά	Γιμή πορώδους [%]
1	2	1	2
Κοινά εδάφη	50 - 60	Λεπτή ως μέση άμμος	30 - 35
Αργιλικά	45 - 55	Χαλικώδη	30 - 40
Πλώδη	40 - 50	Χαλίκια και άμμος	20 - 35
Ανάμικτη μέση ως χοντρή άμμος	35 - 40	Αμμώδη πετρώματα	10 - 30
Ομοιόμορφη άμμος	30 - 40		

2.3.5 Ο δείκτης κενών e

Ο δείκτης κενών, e , χρησιμοποιείται κυρίως στην εδαφομηχανική, ενώ στις στραγγίσεις προτιμούμε την χρησιμοποίηση του πορώδους.

$$e = \frac{V_w + V_a}{V_s} = \frac{V_f}{V_t - V_f} \quad (2.7)$$

Ο δείκτης κενών συνδέεται με το πορώδες n με τη σχέση $e = \frac{n}{1 - n}$ (2.8)

Προτεινόμενη Βιβλιογραφία

1. Μενέλαος Θεοχάρης, “ Στραγγίσεις”, Τ.Ε.Ι. Ηπείρου, Άρτα, 2012.
2. Μενέλαος Θεοχάρης, “Ασκήσεις Στραγγίσεων”, Τ.Ε.Ι. Ηπείρου, Άρτα, 2012.
3. Θεοχάρης Μ.: " Στραγγίσεις " , Άρτα 204
4. Θεοχάρης Μ.: " Ασκήσεις Στραγγίσεων " , Άρτα 2005
5. Θεοχάρης Μ.: " Αρδεύσεις - Στραγγίσεις " , Άρτα 1998
6. Θεοχάρης Μ.: " Αρδεύσεις - Στραγγίσεις, Εργαστηριακές Ασκήσεις", Άρτα 1998
7. Daugerty - Franzini : "Υδραυλική" Τόμοι I , II, Εκδόσεις Πλαίσιο , Αθήνα.
8. Davis- Sorensen : " Handbook of applied Hydraulics" Third edition McGraw-Hill Book Company, 1969.
9. Hansen V. - Israelsen : "Αρδεύσεις. Βασικοί Αρχαί και Μέθοδοι . Μετάφραση από τους Α. Νικολαΐδη και Α. Κοκκινίδη ", Αθήνα 1961.
- 10.Καρακατσούλης Π. : " Αρδεύσεις - Στραγγίσεις και Προστασία των Εδαφών ", Αθήνα 1993.
- 11.Τερζίδης Γ. - Καραμούζης Δ. : "Υδραυλική Υπόγειων Νερών ", Εκδόσεις Ζήτη , Θεσσαλονίκη 1985.
- 12.Τερζίδης Γ. - Καραμούζης Δ. : "Στραγγίσεις Γεωργικών Εδαφών " Εκδόσεις Ζήτη , Θεσσαλονίκη 1986.
- 13.Τερζίδης Γ. : "Μαθήματα Υδραυλικής" , Τόμοι I ,II , III, Θεσσαλονίκη 1986.
- 14.Τερζίδης Γ. - Παπαζαφειρίου Ζ. : "Γεωργική Υδραυλική ", Εκδόσεις Ζήτη , Θεσσαλονίκη 1997.
- 15.Τζιμόπουλος Χ. : " Στραγγίσεις - Υδραυλική Φρεάτων ", Θεσσ/νίκη 1983.
16. Χαλκιάς Ν. : "Στραγγίσεις γαιών ", Αθήνα 1972.

Σημείωμα Αναφοράς

Θεοχάρης Μενέλαος, (2015). Στραγγίσεις (Θεωρία). ΤΕΙ Ηπείρου.
Διαθέσιμο από:

<http://eclass.teiep.gr/courses/TEXG107/>

Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού-Μη Εμπορική Χρήση-Όχι Παράγωγα Έργα 4.0 Διεθνές [1] ή μεταγενέστερη. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, Διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.el>



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Επεξεργασία: Δημήτριος Κατέρης

Άρτα, 2015



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης