Τ.Ε.Ι. ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΟΥ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΜΕΤΡΟΥ GUELPH

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΠΑΝΤΕΧΗΣ
Α.Μ: 11138

ΙΩΑΚΕΙΜ ΧΑΤΖΗΙΩΑΚΕΙΜ
Α.Μ: 9229

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : ΔΡ. ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΜΑΛΑΜΟΣ

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2014

Θεωρούμε υποχρέωσή μας να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα καθηγητή Δρ. Νικόλαο Μαλάμο για την πολύτιμη καθοδήγησή του. Επιπλέον, θέλουμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον πρόεδρο του τμήματος Δρ. Νικόλαο Μπατσούλα για την συμβολή του. Επιπρόσθετα, οφείλουμε να αφιερώσουμε την πτυχιακή μας εργασία στους γονείς μας που μας συμπαραστάθηκαν όλα τα χρόνια της φοίτησης μας στο Τ.Ε.Ι Δυτικής Ελλάδας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό αποτελεί βασικό στοιχείο του κύκλου της ζωής. Σε δυναμικά αναπτυσσόμενες καλλιέργειες, το νερό είναι τέσσερις με οκτώ φορές παραπάνω από το βάρος των στερεών συστατικών των φυτών. Ακόμη, για την παραγωγή μιας μονάδας ξερής φυτικής ουσίας χρειάζεται να περάσουν μέσα από τα φυτά πολλές εκατοντάδες μονάδες νερού που χάνονται στην ατμόσφαιρα με τη διαδικασία της διαπνοής.

Τα φυτά παίρνουν το νερό από το έδαφος. Με την έννοια αυτή, το έδαφος μπορεί να χαρακτηρισθεί σαν μια αποθήκη που δέχεται νερό με τη μορφή βροχής ή αρδεύσεως το οποίο στη συνέχεια διαθέτει στα φυτά. Για να είναι το εδαφικό νερό χρήσιμο στις καλλιέργειες πρέπει να κρατιέται ανάμεσα σε ορισμένα όρια. Αν υπάρχει υπέρβαση των ορίων αυτών, το νερό γίνεται επιζήμιο και πρέπει να απομακρύνεται με στράγγιση. Αντίθετα, αν το εδαφικό νερό πέσει κάτω από τα επιτρεπόμενα όρια, οι καλλιέργειες δεν μπορούν να αναπτυχθούν κανονικά οπότε νερό πρέπει να προστεθεί με άρδευση. Για τη σωστή άρδευση και στράγγιση είναι απαραίτητη η σε βάθος γνώση των νόμων που διέπουν την κίνηση, ανακατανομή και συγκράτηση του νερού στο έδαφος.

Το νερό χάνεται από τα χωράφια με τις διαδικασίες της διαπνοής και εξατμίσεως. Εξάτμιση και διαπνοή είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων που έχουν σχέση με τα χαρακτηριστικά των καλλιεργειών, τη διαθεσιμότητα ενέργειας και την κατάσταση που επικρατεί στην ατμόσφαιρα στην περιοχή του φυλλώματος των καλλιεργειών. Πηγή ενέργειας για τα φυτά είναι η ηλιακή ακτινοβολία. Η κατάσταση που επικρατεί στην ατμόσφαιρα διαμορφώνεται κατά κύριο λόγο από την ταχύτητα του ανέμου, τη σχετική υγρασία και τη θερμοκρασία. Κάθε διαδικασία ποσοτικής εκτίμησης της εξάτμισης και διαπνοής και των διακυμάνσεών τους με το χρόνο είναι φυσικό να προϋποθέτει τη σε βάθος γνώση των παραγόντων αυτών.

Η γνώση του ωφέλιμου νερού που μπορεί να αποθηκευθεί στο έδαφος και του ρυθμού διαπνοής και εξάτμισής του από το χωράφι, αποτελεί βασική υποδομή για τον καθορισμό του αριθμού των αρδεύσεων που χρειάζεται μια καλλιέργεια κατά τη διάρκεια της βλαστικής της περιόδου, της ποσότητας του νερού που πρέπει να εφαρμόζεται με κάθε άρδευση και της διάρκειας κάθε αρδεύσεως.

Ο συντελεστής υδραυλικής αγωγιμότητας είναι μια σταθερά αναλογίας στο νόμο του Darcy. Αν η ροή είναι κορεσμένη ο συντελεστής αυτός έχει σταθερή τιμή που εξαρτάται μόνο από τα χαρακτηριστικά του πορώδους μέσου και ονομάζεται υδραυλική αγωγιμότητα ή υδραυλική αγωγιμότητα κορεσμού (Ks). Ο συντελεστής υδραυλικής αγωγιμότητας ενός πορώδους μέσου, είναι μια πολύ σημαντική παράμετρος γιατί χαρακτηρίζει την ικανότητα του εδάφους να μεταφέρει νερό.

Η ετερογένεια του εδάφους ακόμα και σε αποστάσεις λίγων μέτρων είναι έντονη με συνέπεια αντίστοιχες μεταβολές στις τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας κορεσμού, Ks.

Οι μετρήσεις της υδραυλικής αγωγιμότητας κορεσμού Ks στο ύπαιθρο θεωρούνται πιο αξιόπιστες και αντιπροσωπευτικές από τις εργαστηριακές μετρήσεις με αδιατάρακτα δείγματα εδάφους . Για τη μέτρηση της Ks στην ύπαιθρο χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του Guelph permeameter που βασίζεται στη μέθοδο μέτρησης με την ύπαρξη σταθερού φορτίου.

1.1 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η εργασία αποτελείται από πέντε κεφάλαια, τα συμπεράσματα και το παράρτημα. Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται διάφορες εισαγωγικές έννοιες που αφορούν το έδαφος και το εδαφικό νερό. Το δεύτερο και το τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται στην κίνηση του νερού στο έδαφος. Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στο τρόπο λειτουργίας του διαπερατόμετρου GUELPH, ενώ στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων με τις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις.

1.2. ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Το *έδαφος*, με τη γεωργική του έννοια, μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα σύνθετο σύστημα που ταυτόχρονα είναι μια αποθήκη θρεπτικών στοιχείων, ένα περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσεται και δρα πλήθος μικροοργανισμών, ένα μέσο στερεώσεως των φυτών, ένα μέσο διακινήσεως του νερού προς όλες τις κατευθύνσεις και μια αποθήκη νερού από την οποία τα φυτά αντλούν την απαραίτητη για την ανάπτυξή τους υγρασία.

Ο τρόπος σχηματισμού των εδαφών έχει περιγραφεί αναλυτικά και αναφέρεται διεξοδικά στις εργασίες των Robinson (1951), Comber (1960), Russell (1961) κ.ά. Μητρικό υλικό των ορυκτών εδαφών αποτελούν τα χαλαρά συγκροτούμενα τεμαχίδια αποσαθρωμένων πετρωμάτων ή ιζηματογενή υλικά διαφόρων ειδών και προελεύσεων. Η φυσική και χημική διάβρωση που δρα χωρίς διακοπή πάνω στα υλικά αυτά, έχει σαν αποτέλεσμα την κατά βάθος διάστρωση των εδαφών. Ο τρόπος εναλλαγής των στρώσεων και το είδος των υλικών από τα οποία αποτελούνται επηρεάζουν την σε βάθος και πυκνότητα ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών όπως και την κίνηση, ανακατανομή και αποθήκευση του νερού.

Βασικά φυσικά χαρακτηριστικά ενός εδάφους είναι η *υφή* και η *δομή*. Εδαφική υφή είναι η ποσοστιαία αναλογία των διαφόρου μεγέθους ορυκτών σωματιδίων που απαρτίζουν το έδαφος. Εδαφική δομή είναι ο τρόπος διατάξεως των σωματιδίων αυτών για τον σχηματισμό ομάδων ή συσσωματωμάτων. Εδαφική υφή και δομή, σε συνδυασμό, ρυθμίζουν σε μεγάλο βαθμό τον τρόπο εφοδιασμού και διακίνησης του νερού στο έδαφος.

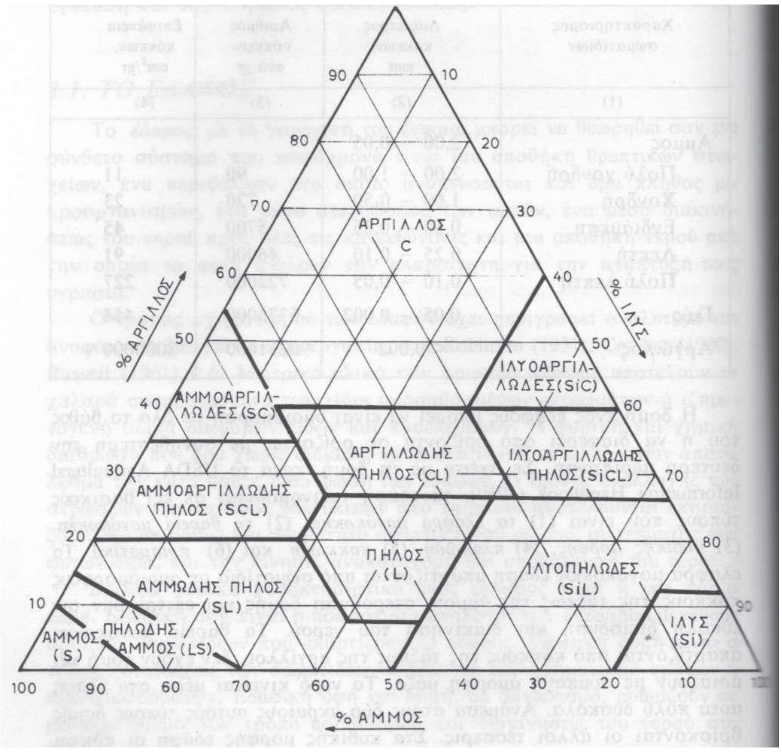
Εδαφικά σωματίδια χαρακτηρίζονται τα στερεά που έχουν διάμετρο < = 2 mm. Στον Πίνακα 1.1 δίνονται αναλυτικά οι κατηγορίες των σωματιδίων αυτών και τα φυσικά χαρακτηριστικά τους σύμφωνα με το USDA Handbook 18 (1951). Η ταξινόμησή τους γίνεται με *μηχανική ανάλυση*.

Οι τρόποι που γίνεται η ανάλυση αυτή είναι σχεδόν παγκόσμια τυποποιημένοι. Περιγραφές και συγκρίσεις τους δίνονται στις εργασίες των Piper (1944), Kilmer και Alexander (1949), Baver (1956) κ.ά. Τα εδάφη ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε άμμο, ιλύ και άργιλλο, διακρίνονται σε 12 τύπους υφής που δίνονται στο Σχήμα 1.1.

Χαρακτηρισμός σωματιδίων	Διάμετρος κόκκων. mm	Αριθμός κόκκων ανα gr	Επιφάνεια κόκκων. cm^2/gr
(1)	(2)	(3)	(4)
Άμμος	2,00 - 0,05		
Πολύ χονδρή	2,00 - 1,00	90	11
Χονδρή	1,00 - 0,50	720	23
Ενδιάμεση	0,50 - 0,25	5700	45
Λεπτή	0,25 - 0,10	46000	91
Πολύ λεπτή	0,10 - 0,05	722000	227
Ιλύς	0,05 - 0,002	5776000	454
Άργιλλος	< 0,002	90261000	8000000

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1 Ταξινόμηση των εδαφικών σωματιδίων(κόκκων) κατά το USDA Handbook 18(1951)

Η δομή ενός εδάφους μπορεί να είναι ομοιόμορφη σε όλο το βάθος του ή να διαφέρει από ορίζοντα σε ορίζοντα, με συνηθέστερη την δεύτερη περίπτωση. Σε σχέση με τη δομή, κατά το USDA Agricultural Information Handbook (1959), τα εδάφη ταξινομούνται σε έξι βασικούς τύπους που είναι (1) τα *ελαφρά μονόκοκκα,* (2) τα *βαρειά μονόκοκκα,* (3) *κυβικής μορφής,* (4) *πλακώδη,* (5) *κοκκώδη* και (6) *πρισματικά.* Τα ελαφρά μονόκοκκα εδάφη απαρτίζονται από σωματίδια με ομοιόμορφους κόκκους της τάξεως της άμμου, στερούνται δομής και επιτρέπουν την εύκολη διείσδυση και διακίνηση του νερού. Τα βαρειά μονόκοκκα απαρτίζονται από κόκκους της τάξεως της αργίλλου, δεν έχουν δομή και μοιάζουν με συμπαγή άμορφη μάζα. Το νερό κινείται μέσα στα εδάφη αυτά πολύ δύσκολα. Ανάμεσα στους δύο ακραίους αυτούς τύπους δομής βρίσκονται οι άλλοι τέσσερις. Στα κυβικής μορφής εδάφη οι κόκκοι σχηματίζουν συσσωματώματα που έχουν μορφή κύβων και επιτρέπουν καλή διακίνηση του νερού. Τα πλακώδη αποτελούνται από πλατιά και λεπτά συσσωματώματα στα οποία η πλευρική κίνηση του νερού γίνεται εύκολα σε αντίθεση με την κατακόρυφη που γίνεται με δυσκολία. Στα πρισματικά εδάφη τα συσσωματώματα έχουν τη μορφή πρισμάτων με μακρύ τον κατακόρυφο άξονά τους και παρουσιάζουν εύκολη διείσδυση και κατακόρυφη κίνηση του νερού. Τέλος, τα κοκκώδη απαρτίζονται από σφαιρικά συσσωματώματα και επιτρέπουν καλή κίνηση του νερού προς όλες τις κατευθύνσεις.



Σχήμα 1.1 : Κατάταξη εδαφών σε τύπους υφής ανάλογα με την ποσοστιαία αναλογία σε άμμο, ιλύ και άργιλλο, σύμφωνα με το USDA Handbook 18.

Αντίθετα από την υφή, που πρακτικά είναι αδύνατο να μεταβληθεί, η δομή του εδάφους, στην επιφανειακή του κυρίως στρώση, μπορεί να αλλάζει με διάφορες επεμβάσεις προς το καλύτερο ή χειρότερο. Ευεργετική επίδραση στη δομή έχει η μακροχρόνια καλλιέργεια ψυχανθών και η εναλλαγή ξερών και υγρών περιόδων. Αντίθετα, χρήση καλλιεργητικών μηχανημάτων σε βαρειά και υγρά εδάφη υποβαθμίζει τη δομή τους. Άλλος σοβαρός παράγοντας υποβαθμίσεως είναι η περιεκτικότητα σε άλατα του αρδευτικού νερού, κυρίως όταν αυτό εφαρμόζεται σε βαρειά μέχρι μέσα εδάφη. Ιδιαίτερα σοβαρή επίδραση έχει το νάτριο που προκαλεί αποσύνθεση των εδαφικών συσσωματωμάτων και μετατρέπει το έδαφος σε μια άμορφη συμπαγή μάζα.

Ξεχωριστή κατηγορία αποτελούν τα *οργανικά* εδάφη. Τέτοια είναι τα εδάφη που περιέχουν οργανική ουσία σε ποσοστό από 20% μέχρι 95%. Οργανικά εδάφη στα οποία έγινε λίγο ή καθόλου αποσύνθεση της οργανικής τους ουσίας λέγονται *τυρφώδη* και είναι πολύ προβληματικά σε σχέση με την κίνηση του νερού και την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των καλλιεργειών. Οργανικά εδάφη στα οποία η αποσύνθεση είναι πολύ προχωρημένη λέγονται *χουμώδη* και παρουσιάζουν άριστες συνθήκες κινήσεως και αποθηκεύσεως του νερού.

1.3 ΤΟ ΕΔΑΦΙΚΟ ΝΕΡΟ

Εξαιτίας της βαρύτητας, το νερό, όπως κάθε άλλο σώμα στην επιφάνεια της γης, έλκεται προς τα κάτω προς τη γενική κατεύθυνση που οδηγεί στο κέντρο της. Στο εδαφικό νερό, πέρα από τη βαρύτητα, ενεργούν και άλλες δυνάμεις. Υπό την επίδραση τους το νερό μπορεί να κινηθεί προς διάφορες κατευθύνσεις. Το εδαφικό νερό κινείται επίσης αποτέλεσμα διαφορών στη θερμοκρασία, στη συγκέντρωση αλάτων και στη δράση των ριζών των φυτών. Κάτω από τη συνδυασμένη επίδραση όλων των παραπάνω παραγόντων, το εδαφικό νερό βρίσκεται σε συνεχή κίνηση, της οποίας τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά διαμορφώνονται κατά περίπτωση από τη μορφή και τη διάταξη των εδαφικών πόρων.

Τον 17^{o} αιώνα ο Newton ανακάλυψε τη βαρύτητα και δήλωσε ότι ένα υλικό σώμα έλκει κάθε άλλο με μια δύναμη που είναι ανάλογη με το γινόμενο της μάζας των δύο σωμάτων και αντίστροφα ανάλογη με το τετράγωνο της μεταξύ τους αποστάσεως. Αυτό εκφράζεται από τη σχέση

$$F = c\frac{mM}{r^2} \qquad (1.1)$$

όπου F είναι η δύναμη, m και M είναι οι μάζες των δύο σωμάτων, r είναι η απόσταση μεταξύ τους και c είναι μια σταθερά. Αν το ένα από τα δύο σώματα είναι η γη, η σχέση (1.1) γίνεται

$$F = G\frac{mM}{r^2} \qquad (1.2)$$

όπου το G είναι η παγκόσμια σταθερά της βαρύτητας ίση με 6,67 x 10^{-8} dynes cm^2/gr^2. Αν ένα υλικό σώμα βρίσκεται στην επιφάνεια της γης της οποίας η ακτίνα είναι R, έχοντας υπόψη ότι F = ma, όπου α είναι η επιτάχυνση, μπορούμε να γράψουμε τη σχέση

$$\mathrm{F} = \mathrm{m}\alpha\ =\ \mathrm{G}\frac{mM}{R^2} \rightarrow a = g = \frac{GM}{R^2} \qquad (1.3)$$

Γνωρίζοντας ότι η μάζα της γης είναι $M = 5{,}98 \times 10^{27}$ gr και η ακτίνα της $R = 6{,}38 \times 10^{8}$ cm, η επιτάχυνση βρίσκεται ίση με $g = 980$ cm/sec^2. Το g είναι η *επιτάχυνση της βαρύτητας* που είναι σταθερή και υποδηλώνει τη δύναμη ανά μονάδα μάζας που ενεργεί πάνω σε κάθε σώμα που βρίσκεται στη γη. Αυτό ισχύει και για το εδαφικό νερό.

Το εδαφικό νερό δέχεται και ασκεί πιέσεις. *Πίεση* είναι η δύναμη που ασκείται ανά μονάδα επιφάνειας. Η πίεση που ασκούν γενικά τα υγρά είναι ανάλογη με το ύψος υγρής στήλης και εκφράζεται από τη σχέση

$$p = \rho g h \qquad (1.4)$$

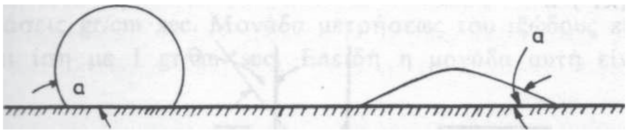
όπου ρ είναι η πυκνότητα του υγρού και h το ύψος της υγρής στήλης. Για το νερό, που στο σύστημα CGS η πυκνότητά του είναι ίση με τη μονάδα, η σχέση (1.4) απλουστεύεται στη

$$p = g h \qquad (1.5)$$

Όταν ένα υγρό βρίσκεται σε επαφή με μια στερεή επιφάνεια, το υγρό μπορεί να διαβρέχει ή όχι την επιφάνεια. Η ικανότητα διαβροχής: εξαρτάται από τη *γωνία επαφής* που σχηματίζεται ανάμεσα στο υγρό και την επιφάνεια. Αν η γωνία αυτή, όπως φαίνεται στην Σχήμα 1.2, είναι μικρότερη από 90° το υγρό διαβρέχει την επιφάνεια και αν είναι μεγαλύτερη από 90° το υγρό δεν τη διαβρέχει. Η γωνία επαφής ανάμεσα στον υδράργυρο και το γυαλί είναι 140° και για το λόγο αυτό το γυαλί δεν διαβρέχεται από τον υδράργυρο. Η γωνία επαφής νερού-γυαλιού είναι μηδέν, δηλαδή το νερό διαβρέχει το γυαλί. Σχετικά με το έδαφος, η γωνία επαφής νερού-επιφάνειας εδαφομορίων εξαρτάται από τη φύση της επιφάνειας αυτής, γενικά όμως είναι στην περιοχή του μηδενός που σημαίνει ότι υπάρχει πλήρης διαβροχή των εδαφικών επιφανειών από το νερό.

Μια άλλη δύναμη που αναπτύσσεται όταν νερό και εδαφομόρια βρίσκονται σε επαφή είναι η *επιφανειακή τάση*. Εξ ορισμού, επιφανειακή τάση είναι μια δύναμη που ενεργεί κάθετα σε ένα μήκος και εκφράζεται από τη σχέση

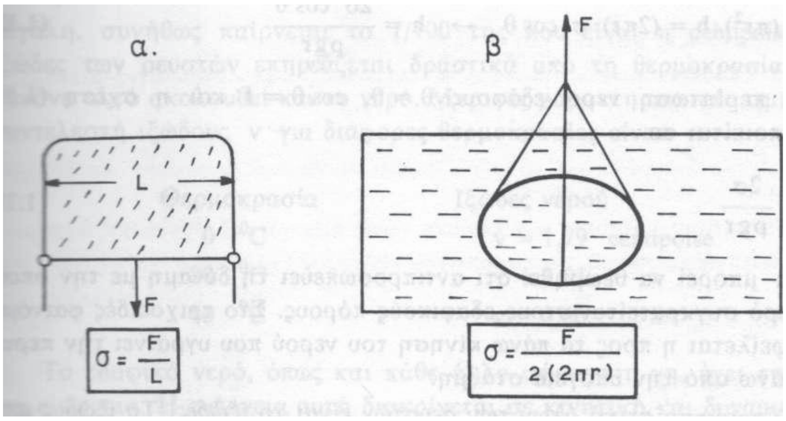
$$\sigma = \frac{F}{L} \quad (1.6)$$



Σχήμα 1.2 : Γωνίες επαφής σε μια λεία επιφάνεια και δύο διαφορετικά υγρά

Η σχέση αυτή αντιπροσωπεύει την περίπτωση (α) στην Σχήμα 1.3. Στην περίπτωση (β) του ίδιου Σχήματος, που δείχνει ένα κρίκο να έλκεται έξω από μια υδάτινη επιφάνεια, επειδή το νερό βρίσκεται σε επαφή με την εσωτερική και εξωτερική όψη του κρίκου, η επιφανειακή τάση είναι

$$\sigma = \frac{F}{2L} = \frac{F}{2(2\pi r)} \quad (1.7)$$



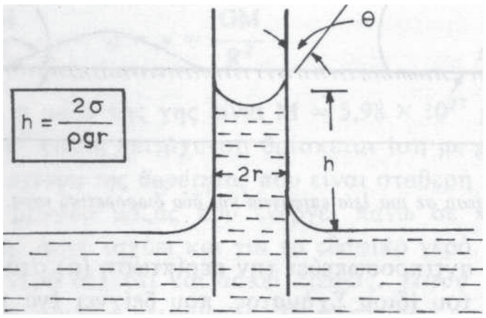
Σχήμα 1.3 : Παραστατική απεικόνιση περιπτώσεων επιφανειακής τάσεως.

Συνέπεια της επιφανειακής τάσης και της γωνίας επαφής είναι αυτό που λέγεται *τριχοειδές φαινόμενο.* Ας εξετάσουμε την περίπτωση του νερού σε σχέση με τη διάταξη του Σχήματος 1.4. Η δύναμη που αναπτύσσεται ανάμεσα στο νερό και τα τοιχώματα του σωλήνα είναι

$$F = (2\pi r) \times \sigma cos\,\theta \qquad (1.8)$$

όπου σ είναι η επιφανειακή τάση και θ είναι η γωνία επαφής. Η δύναμη αυτή συγκρατεί το βάρος της υγρής στήλης ύψους h, που είναι

$$W = (\rho g) \times (\pi r2) \times h \qquad (1.9)$$



Σχήμα 1.4 Ανύψωση νερού σε τριχοειδή

Επειδή F=W, από τις σχέσεις (1.8) και (1.9) προκύπτει

$$(\rho g) \times (\pi r2) \times h = (2\pi r) \times \sigma \times cos\,\theta \rightarrow h = \frac{2\sigma \cdot cos\,\theta}{\rho g r} \qquad (1.10)$$

Στην περίπτωση νερού-εδάφους θ=0, cosθ=1 και η σχέση (1.10) απλοποιείται σε

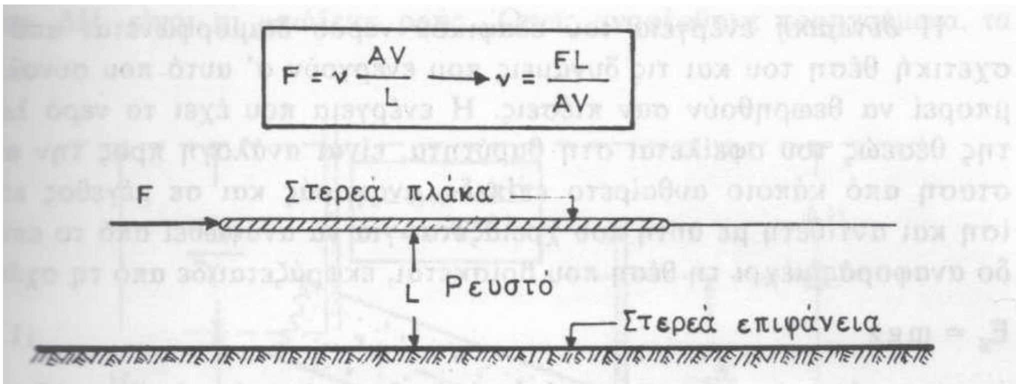
$$h = \frac{2\sigma}{\rho g r} \quad (1.11)$$

Το h μπορεί να θεωρηθεί ότι αντιπροσωπεύει τη δύναμη με την οποία το νερό συγκρατείται στους εδαφικούς πόρους. Στο τριχοειδές φαινόμενο οφείλεται η προς τα πάνω κίνηση του νερού που υγραίνει την περιοχή πάνω από την υπόγεια στάθμη.

Χαρακτηριστικό όλων των ρευστών είναι το *ιξώδες*. Το ιξώδες μπορεί να θεωρηθεί σαν η εσωτερική τριβή των ρευστών. Εξαιτίας του για να κινηθεί ένα ρευστό χρειάζεται να ενεργήσει πάνω του κάποια δύναμη. Μια σχέση για το ιξώδες μπορεί να βρεθεί με τη βοήθεια της διάταξης που φαίνεται στο Σχήμα 1.5. Με τα δεδομένα του Σχήματος, η δύναμη F που απαιτείται για να προκαλέσει την κίνηση της στερεής πλάκας με ταχύτητα V είναι ανάλογη με την επιφάνεια της πλάκας A και αντίστροφα ανάλογη με το βάθος του ρευστού L. Οι παράμετροι αυτές συνδέονται με τη σχέση

$$\mathbf{F} = \mathrm{v}\frac{\mathrm{AV}}{\mathrm{L}} \rightarrow \mathrm{v} = \frac{\mathrm{FL}}{\mathrm{AV}} \quad (1.12)$$

όπου ν είναι μια αναλογική σταθερά γνωστή σαν *συντελεστής ιξώδους* με διαστάσεις gr/cm·sec. Μονάδα μετρήσεως του ιξώδους είναι η poise που είναι ίση με 1 gr/cmxsec.



Σχήμα 1.5 Επεξηγηματική διάταξη που αναφέρεται στο ιξώδες των ρευστών.

Επειδή η μονάδα αυτή είναι σχετικά μεγάλη, συνήθως παίρνεται το 1/100 της που είναι η centipoise. Το ιξώδες των ρευστών επηρεάζεται δραστικά από τη θερμοκρασία. Τον κανόνα αυτό ακολουθεί και το νερό. Μερικές χαρακτηριστικές τιμές του συντελεστή ιξώδους ν για διάφορες θερμοκρασίες είναι:

Θερμοκρασία	Ιξώδες νερού
0 °C	ν = 1,79 centipoise
20 °C	ν = 1,01 »
40 °C	ν = 0,66 »

Το εδαφικό νερό, όπως και κάθε άλλο σώμα στη γη, έχει τη δική του ενέργεια. Η ενέργεια αυτή διακρίνεται σε κινητική και δυναμική. Η *κινητική* ενέργεια εκφράζεται από τη σχέση

$$E_v = \frac{mV^2}{2} \qquad (1.13)$$

όπου m η μάζα του σώματος και V η ταχύτητα με την οποία κινείται. Η κινητική ενέργεια του κινούμενου μέσα στο έδαφος νερού ανά μονάδα βάρους βρίσκεται αν διαιρέσουμε την παραπάνω σχέση με το βάρος του νερού (mg), οπότε

$$Ev = \frac{V^2}{2g} \qquad (1.14)$$

Η ποσότητα αυτή έχει διαστάσεις μήκους και επικράτησε να αναφέρεται σαν *ύψος ταχύτητας*. Επειδή η ταχύτητα με την οποία κινείται το νερό στο έδαφος είναι πολύ μικρή, το μέγεθος της E_v είναι ασήμαντο και συνήθως παραλείπεται κατά τη λύση πρακτικών προβλημάτων κινήσεως του εδαφικού νερού.

Η δυναμική ενέργεια του εδαφικού νερού διαμορφώνεται από τη σχετική θέση του και τις δυνάμεις που ενεργούν σ' αυτό που συνολικά μπορεί να θεωρηθούν σαν πιέσεις. Η ενέργεια που έχει το νερό λόγω της θέσεώς του οφείλεται στη βαρύτητα, είναι ανάλογη προς την απόσταση από κάποιο αυθαίρετο επίπεδο αναφοράς και σε μέγεθος είναι ίση και αντίθετη με αυτή που χρειάζεται για να ανυψωθεί από το επίπεδο αναφοράς μέχρι τη θέση που βρίσκεται, εκφράζεται δε από τη σχέση

$$Eg = m\,g\,z \qquad (1.15)$$

όπου z είναι η απόσταση από το επίπεδο αναφοράς. Ανά μονάδα βάρους η ενέργεια αυτή είναι ίση με το z, η σχέση (1.15) απλοποιείται σε

$$Eg = z \qquad (1.16)$$

έχει διαστάσεις μήκους και λέγεται *ύψος θέσεως.*

Η δεύτερη μορφή δυναμικής ενέργειας οφείλεται στις πιέσεις p. Ανά μονάδα βάρους η ενέργεια αυτή είναι

$$E_p = \frac{p}{mg} = \frac{p}{\gamma} \qquad (1.17)$$

έχει διαστάσεις μήκους και λέγεται *ύψος πιέσεως.* Η συνολική δυναμική ενέργεια, σύμφωνα με τα παραπάνω, είναι

$$H = Eg + Ep = z + \frac{p}{\gamma} \qquad (1.18)$$

και λέγεται υδραυλικό ύψος.

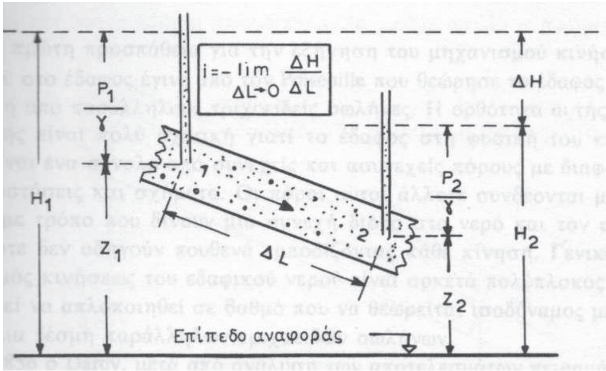
Στην κίνηση του εδαφικού νερού βρίσκει εφαρμογή και το θεώρημα του Bernoulli, που λέει ότι το άθροισμα της κινητικής και δυναμική: ενέργειας είναι σταθερό, μπορεί δε να εκφρασθεί με τη σχέση

$$\mathbf{\frac{v^2}{2g} + z + \frac{p}{\gamma} = σταθερό} \qquad \textbf{\textit{(1.18)}}$$

Ας πάρουμε την περίπτωση της εδαφικής στήλης στην Σχήμα 1.6, όπου το νερό κινείται από το σημείο 1 στο σημείο 2 που η μεταξύ τους απόσταση είναι *ΔL*. Μετά την εγκατάσταση του επίπεδου αναφοράς, τα ύψη θέσεως στα σημεία 1 και 2 είναι z_1, και z_2, και τα ύψη πιέσεως, όπως δείχνουν τα πιεζόμετρα, είναι αντίστοιχα p_1/γ και p_2/γ. Εφαρμογή του θεωρήματος Bernoulli στις δύο θέσεις δίνει

$$\mathbf{\frac{v_1{}^2}{2g} + z_1 + \frac{p_1}{\gamma} = \frac{v_2{}^2}{2g} + z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + ΔH} \qquad (1.9)$$

όπου ΔΗ είναι οι *απώλειες* ροής.



Σχήμα 1.6 Εφαρμογή του θεωρήματος Bernoulli σε εδαφική στήλη για τον υπολογισμό της υδραυλικής κλίσεως.

Όπως αναφέρθηκε προηγούμενα, τα ύψη ταχύτητας είναι αμελητέα και παραλείπονται. Έτσι, η σχέση (1.20) απλοποιείται στην

$$\left(Z\iota + \frac{p_1}{\gamma}\right) - \left(z2 + \frac{p_2}{\gamma}\right) = H1 - H2 = \Delta H \qquad (1.21)$$

που δείχνει ότι οι απώλειες ροής είναι ίσες με τη διαφορά των υδραυλικών υψών ανάμεσα στα σημεία 1 και 2. Ο λόγος

$$i = \frac{H_1 - H_2}{\Delta L} \qquad (1.22)$$

ή γενικότερα

$$i = -\lim_{\Delta L \to 0} \frac{\Delta H}{L} = -\frac{dH}{dL} \qquad (1.23)$$

λέγεται *υδραυλική κλίση* και εκφράζει τις απώλειες ροής ανά μονάδα μήκους διαδρομής.

2. ΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ DARCY

Μια πρώτη προσπάθεια για την εξήγηση του μηχανισμού κινήσεως του νερού στο έδαφος έγινε από τον Poiseuille που θεώρησε το έδαφος σαν μια δέσμη από παράλληλους τριχοειδείς σωλήνες. Η ορθότητα αυτής της παραδοχής είναι πολύ σχετική γιατί το έδαφος στη φυσική του κατάσταση είναι ένα σύνολο από συνεχείς και ασυνεχείς πόρους με διαφορετικές καταστάσεις και σχήματα. Οι πόροι αυτοί άλλοτε συνδέονται μεταξύ τους με τρόπο που δίνουν μια συνεχή διόδο στο νερό και τον αέρα και άλλοτε δεν οδηγούν πουθενά εμποδίζοντας κάθε κίνηση. Γενικά, ο μηχανισμός κινήσεως του εδαφικού νερού είναι αρκετά πολύπλοκος και δεν μπορεί να απλοποιηθεί σε βαθμό που να θεωρείται ισοδύναμος με τη ροή σε μια δέσμη παράλληλων τριχοειδών σωλήνων.

Το 1856 ο Darcy, μετά από ανάλυση των αποτελεσμάτων πειραμάτων σε πορώδη μέσα, διατύπωσε τον ομώνυμο νόμο που και σήμερα θεωρείται θεμελιώδης για την κίνηση του νερού σε πορώδη μέσα. Κατά το νόμο αυτό, «η ροή του νερού μέσα σε ένα πορώδες μέσο είναι ανάλογη προς την υδραυλική κλίση και ενός παράγοντα, γνωστού σαν συντελεστής υδροπερατότητας, που είναι χαρακτηριστικός του πορώδους μέσου». Η βασική σχέση που εκφράζει το νόμο αυτό είναι

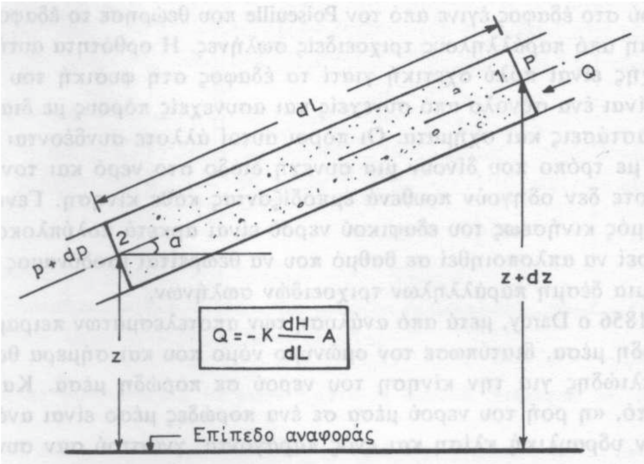
$$Q = -K\frac{dH}{dL}A \qquad (2.1)$$

όπου Q είναι η παροχή (L^3T^{-1}), A είναι η διατομή της ροής (L^2), dH/dL είναι η υδραυλική κλίση (αδιάστατη) και K είναι ο συντελεστής υδροπερατότητας ή Darcy που έχει διαστάσεις ταχύτητας ($L^1T\text{-}1^{-1}$).

Ο νόμος του Darcy ισχύει για κορεσμένη και ακόρεστη ροή, με την προϋπόθεση ότι η ροή αυτή είναι στρωτή. Αν η ροή είναι κορεσμένη, ο συντελεστής υδροπερατότητας έχει σταθερή τιμή που εξαρτάται μόνο από τα χαρακτηριστικά του πορώδους μέσου. Στην περίπτωση αυτή το K λέγεται *υδραυλική αγωγιμότητα.* Αν η ροή είναι ακόρεστη, ο συντελεστής υδροπερατότητας παίρνει διάφορες τιμές που είναι συνάρτηση των χαρακτηριστικών του πορώδους μέσου και της περιεχόμενης σε αυτό υγρασίας. Το K στην περίπτωση αυτή λέγεται *τριχοειδής αγωγιμότητα.*

Η εγκυρότητα του νόμου του Darcy αποτέλεσε αντικείμενο έρευνας πολλών μεταγενέστερων του Darcy επιστημόνων, τα αποτελέσματα της οποίας ήταν ομόφωνα θετικά.

Μια άμεση διερεύνηση του νόμου αυτού μπορεί να γίνει με εφαρμογή του νόμου διατηρήσεως της ενέργειας. Για τη διερεύνηση αυτή ας θεωρήσουμε την πορώδη στήλη της Σχήματος 2.1 στην οποία το πορώδες μέσο είναι ισότροπο και ομογενές, το υγρό που κινείται μέσα στη στήλη είναι ασυμπίεστο και ομογενές, δεν υπάρχει χημική ή άλλου είδους αλληλεπίδραση μεταξύ υγρού και μέσου και



Σχήμα 2.1 Στήλη που αναφέρεται στη διερεύνηση τον νόμου του Darcy

η διεύθυνση της ροής είναι από το σημείο 1 προς το σημείο 2. Εφαρμόζοντας το νόμο της διατηρήσεως της ενέργειας στη διάταξη αυτή έχουμε:

1) Η ενέργεια ανά μονάδα χρόνου που οφείλεται στις πιέσεις είναι

$$Ep = -Q\,dp = -A \cdot V \cdot dp \qquad (2.2)$$

όπου dp είναι η διαφορά των πιέσεων των άκρων της στήλης και οι άλλοι όροι είναι όπως ορίστηκαν παραπάνω.

2) Η ενέργεια ανά μονάδα χρόνου που οφείλεται στη βαρύτητα είναι

$$Eg = -\rho g \sin\alpha \, dL = -\rho g \cdot A \cdot V \cdot dz \qquad (2.3)$$

όπου ρ είναι η πυκνότητα του νερού, g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας, α είναι η γωνία που σχηματίζει η στήλη με ένα οριζόντιο επίπεδο, dL είναι το μήκος της στήλης και dz είναι η διαφορά ύψους μεταξύ των άκρων της στήλης.

3)Η απώλεια ενέργειας ανά μονάδα όγκου του πορώδους μέσου που οφείλεται σε αντίσταση στη ροή μπορεί να εκφρασθεί με μια σχέση της μορφής

$$EL = \frac{\nu V^2}{Cd^2} \quad (2.4)$$

όπου ν είναι το ιξώδες, d είναι η διάμετρος των πόρων και C είναι μια αδιάστατη «γεωμετρική» σταθερά. Για ολόκληρη τη στήλη η απώλεια ενεργείας είναι

$$E = E_L \cdot A \cdot dL = \frac{vV^2}{Cd^2} A \cdot dL \quad (2.5)$$

Με βάση τα παραπάνω, το ισοζύγιο ενέργειας στη στήλη είναι

$$\mathbf{Ep} + Eg = E \rightarrow$$

$$-A \cdot V \cdot dp - \rho g A \cdot V \cdot dz = \frac{vV^2}{Cd^2} A \cdot dL \quad (2.6)$$

από όπου, με αναδιάταξη των όρων και γνωρίζοντας ότι (p/γ + z)=H, προκύπτει η σχέση

$$V = -\frac{Cd^2}{v} \frac{d}{dL}\left(\frac{p}{\gamma} + z\right) \rho g = -\frac{Cd^2 \rho g}{v} \frac{dH}{dL} \quad (2.7)$$

Η ποσότητα

$$k = Cd2 \quad (2.8)$$

είναι γνωστή σαν *απόλυτη* ή *γεωμετρική διαπερατότητα* και έχει διαστάσεις επιφάνειας (L^2). Αντικατάσταση της σχέσεως (2.8) στη (2.7) δίνει

$$V = -\frac{k\rho g}{v} \frac{dH}{dL} \quad (2.9)$$

όπου

$$K = \frac{k\rho g}{v} \quad (2.10)$$

είναι ο συντελεστής υδροπερατότητας ή Darcy. Αν, στη συνέχεια κάνουμε χρήση της εξισώσεως συνεχείας

$$Q = \nu \cdot A \quad (2.11)$$

φτάνουμε στην τελική σχέση

$$Q = -K \frac{dH}{dL} A \quad (2.12)$$

που είναι η σχέση του Darcy και ισχύει για κάθε K, αφού κανένας περιορισμός σχετικά με την παράμετρο αυτή δεν έχει τεθεί.

Επιστρέφοντας στη σχέση (2.10), για την περίπτωση του εδαφικού νερού, η γεωμετρική διαπερατότητα σε ένα έδαφος έχει τιμή σταθερή για ένα δεδομένο επίπεδο υγρασίας, εκτός από την περίπτωση που το επίπεδο αυτό συνεπάγεται διόγκωση ή συρρίκνωση του εδάφους, όπως συμβαίνει σε ορισμένα αργιλλικά εδάφη. Επίσης, για το νερό, η πυκνότητά του μπορεί να θεωρηθεί σταθερή και ίση με τη μονάδα. Ιδιαίτερα όμως πρέπει να προσεχθεί το ιξώδες που, όπως αναφέρθηκε, η τιμή του μεταβάλλεται με σχέση αντίστροφα ανάλογη προς τη θερμοκρασία. Από τα παραπάνω βγαίνει το συμπέρασμα ότι ο συντελεστής Darcy είναι κατά τα άλλα, σταθερός για μια δεδομένη εδαφική υγρασία μεταβάλλεται όμως ανάλογα με τη θερμοκρασία.

Κάνοντας χρήση της σχέσεως (1.23), η σχέση (2.12) μπορεί να γραφεί με τη μορφή

$$Q/A = V = -Ki \tag{2.13}$$

Η ποσότητα Q/A = V λέγεται *φαινομένη ταχύτητα ή ταχύτητα του Darcy* και ορίζεται σαν η ροή (παροχή) του νερού ανά μονάδα διατομής του πορώδους μέσου, συμπεριλαμβανομένου και του μέρους που καταλαμβάνεται από τα στερεά. Η ταχύτητα ροής του νερού μέσα στους εδαφικούς πόρους λέγεται *πραγματική,* μπορεί δε να βρεθεί από τη φαινομένη με τη βοήθεια του πορώδους του εδάφους με τη σχέση

$$Va = \frac{Q}{A \cdot n} = \frac{V}{n} \tag{2.14}$$

όπου n είναι το πορώδες.

Αναφέρθηκε ότι ο νόμος του Darcy ισχύει μόνο για στρωτή ροή. Ο έλεγχος της ροής γίνεται με τον αριθμό του Reynolds που για τη συγκεκριμένη περίπτωση εκφράζεται από τη σχέση

$$N = dVa\,\frac{\rho}{v} \tag{2.15}$$

όπου d είναι η μέση διάμετρος των πόρων και V_a είναι η πραγματική ταχύτητα ροής. Ο νόμος ισχύει όταν $N_R \leq 1$. Για τιμές του N_R μεταξύ 1 και 10 η ροή είναι απροσδιόριστη, ενώ για τιμές μεγαλύτερες του 10 η ροή είναι τυρβώδης.

3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΒΑΣΙΖΟΜΕΝΕΣ ΣΤΗ ΡΟΗ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ (STEADY - STATE FLOW)

3.1. Η ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ WOODING

Η προσεγγιστική λύση σταθερής κατάστασης του Wooding (1968) αποτελεί τη βάση για την εκτίμηση της υδραυλικής αγωγιμότητας σε μη κορεσμένο έδαφος με βάση τα αποτελέσματα μετρήσεων με το διηθητόμετρο δίσκου εφαρμογής αρνητικής πίεσης. Η κλασσική ανάλυση του Wooding αφορά τον προσδιορισμό δύο αγνώστων παραμέτρων, της υδραυλικής αγωγιμότητας K_s [LT^{-1}] στο κορεσμένο έδαφος και του συντελεστή διήθησης α*(L^{-1}) στο εκθετικό μοντέλο του Gardner (1958) της υδραυλικής αγωγιμότητας στο ακόρεστο έδαφος. (Εξίσωση 3.1):

$$K(h) = Ks\, ex\, p\, (\alpha 8h) \qquad (3.1)$$

Οι παράμετροι K_s και α* μπορούν να εκτιμηθούν με βάση την εξίσωση του Wooding(1968), για διήθηση σταθερής κατάστασης κάτω από πηγή νερού προερχόμενη από δίσκο (Εξίσωση 3.2):

$$Q(h0) = \pi r02K(h0) + 4r0\varphi(h0) \qquad (3.2)$$

όπου.

Q: ο ρυθμός διήθησης σε συνθήκες σταθερής κατάστασης, [L^3T^{-1}]
r_0: η ακτίνα του δίσκου [L]
h_0: το φορτίο πίεσης στην επιφάνεια του εδάφους. [L]
K(h_0):η υδραυλική αγωγιμότητα που αντιστοιχεί στο φορτίο πίεσης h_0 [LT^{-1}]
φ(h_0):το μητρικό δυναμικό, [L]

όπου,ο πρώτος όρος αναφέρεται στην επίδραση της βαρύτητας και ο δεύτερος όρος αναφέρεται στην επίδραση των δυνάμεων λόγω του τριχοειδούς φαινομένου.

Με βάση το μετασχηματισμό του Kirchhoff (Gardner. 1958) ισχύει (Εξίσωση 3.3):

$$\varphi\, (h0, hi) = \int_{h_i}^{h_0} K(h)dh \qquad (3.3)$$

Όπου,

h_i:το αρχικό φορτίο πίεσης στην επιφάνεια του εδάφους. [L]

Στο σημείο, αυτό. αξίζει να αναφερθεί ότι η αρχική επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων διηθητομέτρου δίσκου εφαρμογής αρνητικής πίεσης έγινε με βάση την ανάλυση του Wooding (1968). η οποία προϋποθέτει την προσέγγιση του ρυθμού διήθησης, σε συνθήκες σταθερής κατάστασης, σε διάφορα διαθέσιμα αρχικά φορτία πίεσης. Προηγούμενες μελέτες έχουν αποδείξει, ότι η προσεγγιστική λύση του Wooding, υπερεκτιμά την υδραυλική αγωγιμότητα του εδάφους, εφόσον η σταθερή κατάσταση δεν είναι εύκολο να επιτευχθεί. Παρόλα αυτά. ο ρυθμός διήθησης που επιτυγχάνεται εντός μίας ώρας. θεωρείται ότι αφορά στις συνθήκες ροής σταθερής κατάστασης στην πλειοψηφία των ερευνών που χρησιμοποιούν τη μέθοδο του Wooding. Το τυπικό σφάλμα, συνήθως αγνοείται, λόγω της βαρύτητας που δίδεται στην παραλλακτικότητα του εδάφους (Simimek et al. 1999a).

3.2. Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΩΝ WHITE AND SULLY (1987)

Σύμφωνα με τη μέθοδο των White and Sully (1987) το μητρικό δυναμικό του εδαφικού νερού εκφράζεται ως εξής (Εξίσωση 3.4):

$$\varphi(h) = \frac{bS^2}{\Delta\theta} \qquad (3.4)$$

όπου.

b: εμπειρική παράμετρος, που λαμβάνει τιμές από Vi έως π/4

Δθ: η μεταβολή της περιεκτικότητας του εδάφους σε υγρασία κατά τη διάρκεια της διήθησης

S: η απορροφητικότητα, η οποία μπορεί να προσδιοριστεί από τη σχέση αθροιστικής διήθησης-τετραγωνικής ρίζας του χρόνου στα αρχικά στάδια της διήθησης.(L $T^{-1/2}$) (Εξίσωση 3.5):

$$S = \frac{2qt^{0.5}}{\pi R^2} \qquad (3.5)$$

Όπου,

q: ρυθμός διήθησης σε μικρό χρόνο, [L^3T^{-1}]

t : ο χρόνος, [T]

Δεχόμενοι, ότι η παράμετρος b λαμβάνει την τιμή 0.55 (Smettem and Clothier. 1989), ενσωματώνοντας την Εξίσωση (3.2) στην Εξίσωση (3.4) έχουμε την Εξίσωση (3.6) :

$$q_x = \pi R^2 K + \frac{2.2RS^2}{\Delta\theta} \qquad (3.6)$$

η οποία περιλαμβάνει την άγνωστη παράμετρο *K*, υδραυλική αγωγιμότητα [LT^{-1}]. Από τη στιγμή που η παράμετρος S μπορεί να προσδιοριστεί από την Εξίσωση (3.5) και με βάση την συμπεριφορά του εδάφους στα αρχικά στάδια της διήθησης.

Η Εξίσωση (3.6) μπορεί κάλλιστα να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της υδραυλικής αγωγιμότητας *K* με βάση τα δεδομένα διηθητομέτρου δίσκου, αλλά ο ακριβής προσδιορισμός της απορροφητικότητας *S* απαιτεί ξηρό έδαφος πριν τη διαδικασία διήθησης, καθώς και ακριβή δεδομένα του ρυθμού διήθησης, κατά τη διάρκεια των πρώτων σταδίων. Συνάμα, εάν ο προσδιορισμός της υδραυλικής αγωγιμότητας *K* πραγματοποιείται σε περισσότερα του ενός στάδια, τότε είτε απαιτείται η ξήρανση του εδάφους μεταξύ των μετρήσεων (White and Perroux. 1987,1989), είτε οι μετρήσεις πρέπει να ληφθούν σε διαφορετικές θέσεις, με αποτέλεσμα την μεταβολή της *K*, η οποία οφείλεται στην παραλλακτικότητα των υδραυλικών ιδιοτήτων, καθώς και στην παραμένουσα υγρασία στο έδαφος.

4. ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ

Σχήμα 4.1 Χώρος αποθήκευσης του οργάνου

1) Δεξαμενή νερού και σωλήνας
2) Εξάρτηση υποστήριξης
3) Τρυπάνι διαστασιολόγησης
4) Τρυπάνι εδάφους
5) Δακτύλιος τρίποδου βάσης τρίποδου
6) Βούρτσα Well Prep
7) Συναρμογή δεξαμενής
8) Κλίμακα κεφαλής φρεατίου & άνω αεροσωλήνας
9) Χειροκίνητη αντλία κενού δοκιμής
10). Σωλήνας υποστήριξης & χαμηλότερος αεροσωλήνας
11). Συναρμογή λαβής τρυπανιού
12). Πόδια τρίποδου
13). Θήκη μεταφοράς

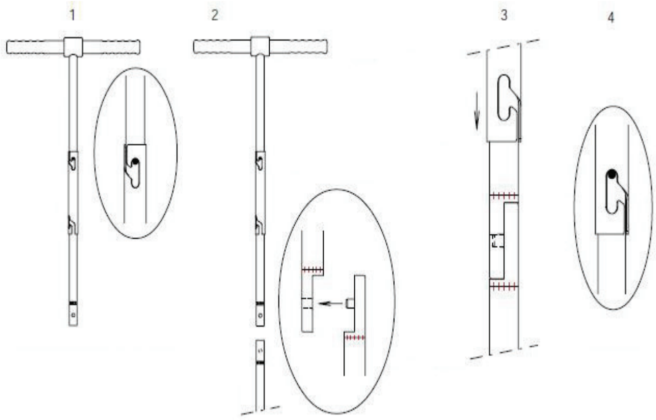
4.1 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΓΙΑ ΧΡΗΣΗ

Ο μετρητής διαπερατότητας Guelph έχει σχεδιαστεί να εγκαθίσταται εντός φρεατίου σε εδαφοτομή μέχρι το βάθος των 80 εκατ. (31,50 ίντσες). Επομένως πριν εγκατασταθεί ο μετρητής διαπερατότητας Guelph, πρέπει να ανοιχτεί και να ετοιμαστεί ένα φρεάτιο. Όλα τα εργαλεία που απαιτούνται για την διάνοιξη του φρεατίου συμπεριλαμβάνονται στην εξάρτηση.

Αξιολόγηση περιοχής και εδάφους

Πριν γίνει μια μέτρηση με τον μετρητή διαπερατότητας Guelph, είναι απαραίτητο να εκτελεστεί μια αξιολόγηση της περιοχής και του εδάφους, να ανοιχτεί ένα φρεάτιο, να συναρμολογηθεί ο μετρητής διαπερατότητας, να γεμίσουν οι δεξαμενές, και να τοποθετηθεί ο μετρητής διαπερατότητας στην οπή του φρεατίου. Κατά την άφιξη στην περιοχή της μέτρησης, ο χρήστης πρέπει να αξιολογήσει την περιοχή όσον αφορά την τοπογραφία, την γενική εδαφολογική εμφάνιση, την προοριζόμενη εφαρμογή, και να επιλέξει τον αριθμό και την θέση των περιοχών που είναι αντιπροσωπευτικές των υπό μελέτη χωμάτωνΕάν χρησιμοποιηθεί πρόγραμμα για υπολογιστές, τότε η τιμή για το C (ανάλυση μιας κεφαλής) ή οι τιμές για τα C1 και C2 (ανάλυση δύο κεφαλών) θα καθοριστούν αυτόματα.

Προετοιμασία φρεατίου



Σχήμα 4.2Διαδκασία ένωσης των εξαρτημάτων

Τα μέσα που απαιτούνται για την ανασκαφή και την προετοιμασία ανοίγματος ενός φρεατίου συμπεριλαμβάνονται στην εξάρτηση του μετρητή διαπερατότητας Guelph. Αποτελούνται από μια λαβή δύο μερών, η οποία συναρμολογείται όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 4.2 και τρία εναλλάξιμα βοηθητικά εργαλεία που συνδέονται στην λαβή διαμέσου προσαρμογών γρήγορης σύνδεσης.

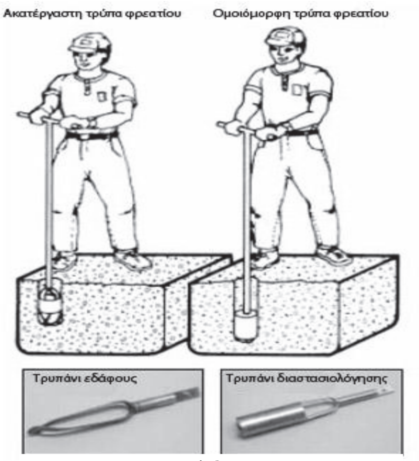
1. Βιδώστε τη λαβή στο ανώτερο μέρος. Επιλέξτε το κατάλληλο τρυπάνι..Το τρυπάνι τύπου συνδυασμού Edelman ή το τρυπάνι διαστασιολόγησης.

2. Συνδέστε την αρσενική μπαγιονέτα του τρυπανιού με την θηλυκή μπαγιονέτα της λαβής (βλ. την εικόνα 4.2 επάνω).

3. Κρατήστε το χιτώνιο σύζευξης από τη μέση και γλιστρήστε το πάνω στη σύνδεση μέχρι να ακουστεί ένα κλικ. Το χιτώνιο είναι κλειδωμένο όταν δεν μπορεί να περιστραφεί. Κρατήστε το χιτώνιο σύζευξης από τη μέση για να μην πιαστεί το δέρμα των χεριών σας μεταξύ των μερών ενώ αυτά (απο)συνδέονται.

Το τρυπάνι εδάφους, που παρουσιάζεται στο σχέδιο 4.3 παρακάτω, χρησιμοποιείται για να αφαιρέσει τις μάζες του χώματος. Κάντε διάνοιξη της τρύπας του φρεατίου περιστρέφοντας την λαβή σε μια δεξιόστροφη κατεύθυνση εφαρμόζοντας μια σταθερή, αλλά κάπως σφιχτή, προς τα κάτω πίεση στη λαβή όπως παρουσιάζεται. Όταν το σώμα του τρυπανιού είναι γεμάτο, ανυψώστε το τρυπάνι από την τρύπα και αφαιρέστε το συλλεχθέν δείγμα από το σώμα του τρυπανιού. Όταν κάνετε την διάνοιξη, φροντίστε να κρατάτε τον άξονα την λαβή του τρυπανιού κατακόρυφα για να αποφευχθεί η υπερβολική διεύρυνση της τρύπας του φρεατίου.

Τρυπάνι εδάφους και τρυπάνι διαμόρφωσης



Εικόνα 4.3 τρυπάνι

Το τρυπάνι διαμόρφωσης, που παρουσιάζεται στην εικόνα 4.3, χρησιμοποιείται ως εργαλείο φινιρίσματος για να παραγάγει μιας κατάλληλου μεγέθους τρύπα φρεατίου με ομοιόμορφη γεωμετρία, που να καλύπτει τις απαιτήσεις μεγέθους και μορφής του μοντέλου, και για να αφαιρέσει τα χώματα από τον πυθμένα της τρύπας του φρεατίου. Το τρυπάνι διαστασιολόγησης είναι σχεδιασμένο για να παραγάγει μια τρύπα που να είναι ομοιόμορφα 5 εκατ. σε διάμετρο με έναν επίπεδο πυθμένα. Είναι επίσης σημαντικό να ακονίζεται η λεπίδα με την άκρη της λεπίδας ενός μαχαιριού προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η κηλίδωση.

Γενικά, η προτιμώμενη διαδικασία είναι να χρησιμοποιείται το τρυπάνι εδάφους για να ανοιχτεί η τρύπα του φρεατίου σε ένα βάθος των 15 εκατ. λιγότερο από αυτό που επιδιώκεται για την τελική τρύπα του φρεατίου. Τα τελευταία 15 εκατ. μπορούν έπειτα να ανασκαφούν χρησιμοποιώντας το τρυπάνι διαστασιολόγησης για να παραγάγει μια τρύπα φρεατίου χωρίς χώματα και με ομοιόμορφη γεωμετρία.

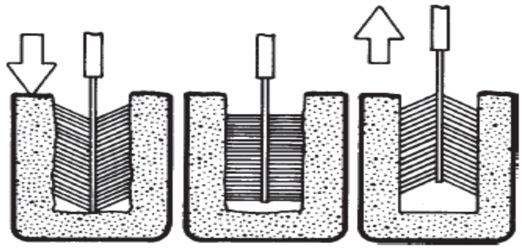
Στα βραχώδη χώματα ή στα χώματα με χαλίκια, μπορεί να είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί το τρυπάνι εδάφους για να ανασκάψει όλη την τρύπα του φρεατίου μέχρι τον πυθμένα. Το τρυπάνι διαμόρφωσης χρησιμοποιείται έπειτα για να καθαρίσει τα χώματα από τον πυθμένα του φρεατίου.

Στα μέσης υφής χώματα με καλό βάθος που δεν έχουν πέτρες, η τρύπα του φρεατίου αρχίζει με το τρυπάνι εδάφους σε ένα ρηχό βάθος και έπειτα το τρυπάνι διαμόρφωσης μπορεί από μόνο του να χρησιμοποιηθεί για να ανασκάψει την τρύπα του φρεατίου. Εφαρμόστε ελαφριά προς τα κάτω πίεση και κάντε μικρές κινήσεις με το τρυπάνι (κανόνας των δύο δαχτύλων, δύο στροφών) όταν τρυπάτε μέσα στη ζώνη μέτρησης. Οι παραλλαγές των διαδικασιών για την διάνοιξη της τρύπας των φρεατίων που συστήνονται ανωτέρω μπορούν να χρησιμοποιηθούν όπως υπαγορεύουν οι συνθήκες του εδάφους. Η αξιολόγηση των χώματος και της περιοχής είναι μια συνεχής διαδικασία. Η στρωματοποίηση της υφής και της δομής του χώματος πρέπει να προσδιοριστούν κατά την διάνοιξη της τρύπας. Μια καταγραφή αυτής της πληροφορίας είναι ένα σημαντικό μέρος της μέτρησης και της αναφοράς των υδραυλικών ιδιοτήτων των εδαφολογικών υλικών. Στα υγρά χώματα, και ιδιαίτερα στα μέσης έως λεπτής υφής χώματα, η διαδικασία της διάνοιξης μιας τρύπας μπορεί να δημιουργήσει μια επίστρωση που μπορεί να εμποδίσει τη φυσική ροή του ύδατος από το περιβάλλον μέσα στο φρεάτιο. Προκειμένου να επιτευχθούν αξιόπιστα και αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα με την χρήση του μετρητή διαπερατότητας Guelph, αυτή η επίστρωση πρέπει να αφαιρεθεί. Η βούρτσα Well Prep Brush διατίθεται για αυτόν το λόγο. Η βούρτσα Well Prep Brush έχει σχεδιαστεί για να χρησιμοποιηθεί στην τυπική τρύπα φρεατίου διαμέτρου 5 εκατ., και έχει μια εξωτερική διάμετρο που είναι κάπως μεγαλύτερη από την διάμετρο του φρεατίου. Στα λεπτής υφής χώματα η βούρτσα μπορεί να μην είναι αποτελεσματική και εναλλακτικές τεχνικές όπως ένας οδοντωτός κύλινδρος πρέπει να χρησιμοποιηθούν (Reynolds et al, 2002).

Εικόνα 4.4 Η βούρτσα

Προσαρμόστε την βούρτσα Well Prep Brush (εικόνα 4.4) στον άξονα του τρυπανιού χρησιμοποιώντας την προσαρμογή γρήγορης σύνδεσης. Ωθήστε την βούρτσα Well Prep Brush μέσα στην τρύπα του φρεατίου μέχρι τον πυθμένα. Έπειτα, γρήγορα και ομοιόμορφα τραβήξτε την βούρτσα Well Prep Brush κατ' ευθείαν επάνω και βγάλτε την έξω από την τρύπα του φρεατίου (εικόνα 4.5). Όταν η κατεύθυνση της βούρτσας αντιστρέφεται, οι σκληρές τρίχες της θα σκάψουν τις πλευρές της τρύπας του φρεατίου, τραχύνοντας την επιφάνεια και τρίβοντας την στρώση. Αυτή η λειτουργία δεν πρέπει να επαναληφθεί περισσότερο από μία ή δύο φορές, δεδομένου ότι σε κάθε τέτοια λειτουργία αφαιρείται ένα στρώμα χώματος. Οι επαναλαμβανόμενες διαδικασίες θα διευρύνουν τη διάμετρο της τρύπας πέρα από τα επιθυμητά όρια που απαιτούνται για να επιτευχθούν τα ακριβή αποτελέσματα. Τυπικά, η δυσκολία αφαίρεσης της επίστρωσης αυξάνεται όσο αυξάνεται η υγρασία στο χώμα αλλά και στα λεπτής υφής χώματα.

Συνιστάται στα λεπτής υφής εδάφη να μην πραγματοποιείται μέτρηση, όταν είναι σε πολύ υγρή κατάσταση.


Εικόνα 4.5 Είσοδος και έξοδος από το φρεάτιο

Περίβλημα φρεατίου

Στην περίπτωση που υπάρχει μια πιθανότητα να καταρρεύσει το τοίχωμα του φρεατίου, χρησιμοποιήστε έναν διατρυπημένο σωλήνα με κατάλληλη διάμετρο και μήκος για την υποστήριξη του τοιχώματος του φρεατίου. Σημειώστε ότι η μορφή και οι διαστάσεις του φρεατίου μπορούν να έχουν επιπτώσεις στην ακρίβεια και την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

Κατάσταση του ύδατος του εδάφους

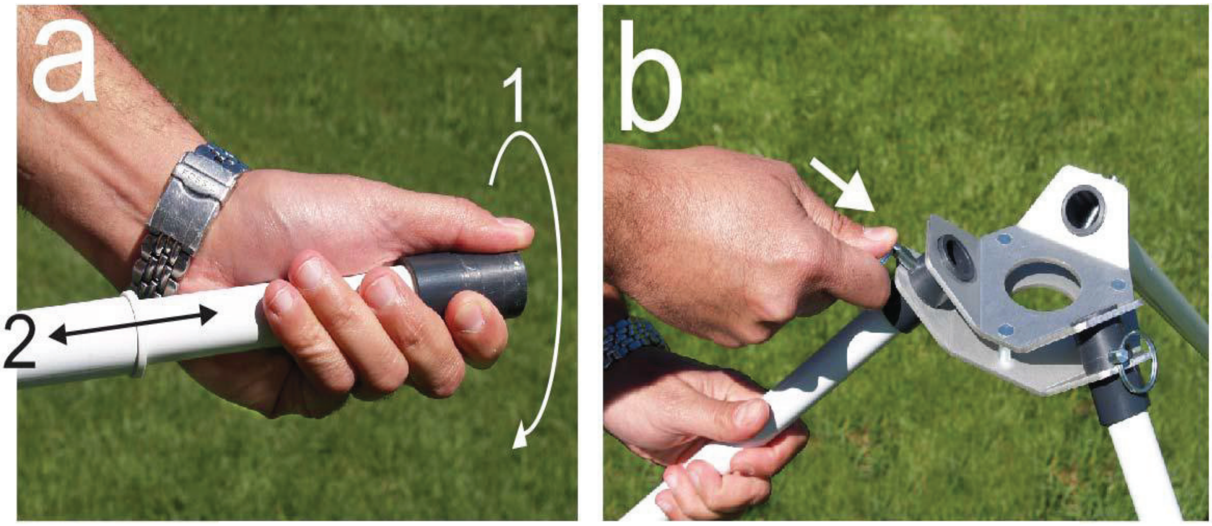
Οι μετρήσεις που γίνονται από οποιοδήποτε τύπο μετρητή διαπερατότητας ισχύουν μόνο εάν έχουν γίνει όταν το χώμα γύρω από το φρεάτιο είναι διαποτισμένο με νερό και ο Βολβός Κορεσμού έχει επιτευχθεί. Προκειμένου να αποκτηθούν τα καλύτερα αποτελέσματα σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα, διαποτίστε το χώμα γύρω από το φρεάτιο πριν εγκαταστήσετε τον μετρητή διαπερατότητας Guelph και κάνετε τις πραγματικές μετρήσεις. Γεμίστε το φρεάτιο με νερό μέχρι επάνω και άφησε το νερό να διηθηθεί εντελώς μέσω της εδαφοτομής. Ανάλογα με υφή του εδάφους και τις διαστάσεις του φρεατίου αυτό μπορεί να πάρει αρκετά λεπτά έως και μια ημέρα ή ακόμα και περισσότερο. Εάν το χώμα είναι βαρύ (περιέχει πολύ άργιλο) γεμίστε το φρεάτιο με νερό 24 ώρες νωρίτερα. Την ώρα της μέτρησης και πριν να εγκατασταθεί τον μετρητή διαπερατότητας Guelph το φρεάτιο πρέπει να είναι αδειανό από νερό. Εκκενώστε το νερό από το φρεάτιο εάν είναι απαραίτητο πριν να εγκαταστήσετε τον μετρητή διαπερατότητας Guelph (τα εργαλεία που απαιτούνται για την εκκένωση του νερού από το φρεάτιο δεν συμπεριλαμβάνονται στην εξάρτηση του μετρητή διαπερατότητας Guelph).

Ένας άλλος τρόπος είναι να εγκατασταθεί ο μετρητής διαπερατότητας Guelph και να ξεκινήσουν οι μετρήσεις σε ακόρεστο έδαφος. Οι μετρήσεις συνεχίζονται έως ότου το έδαφος κορεστεί. Σε κορεσμένο έδαφος, οι τιμές των μετρήσεων δεν αλλάζουν με τον χρόνο (ροή σταθερής κατάστασης). Η ροή σταθερής κατάστασης εξηγείται με περισσότερες λεπτομέρειες αργότερα στο τμήμα "*Καθορισμός του Ρυθμού Πτώσης της ροής Σταθερής Κατάστασης*".

4.2 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ

Συναρμογή του μετρητή διαπερατότητας

Η εξάρτηση του μετρητή διαπερατότητας Guelph στέλνεται με τα συστατικά μέρη της αποσυναρμολογημένα για να μπορούν να αποθηκευτούν κατάλληλα στην σκληρή θήκη μεταφοράς τους και για να μεταφέρονται άνετα στις περιοχές των μετρήσεων. μετρητής



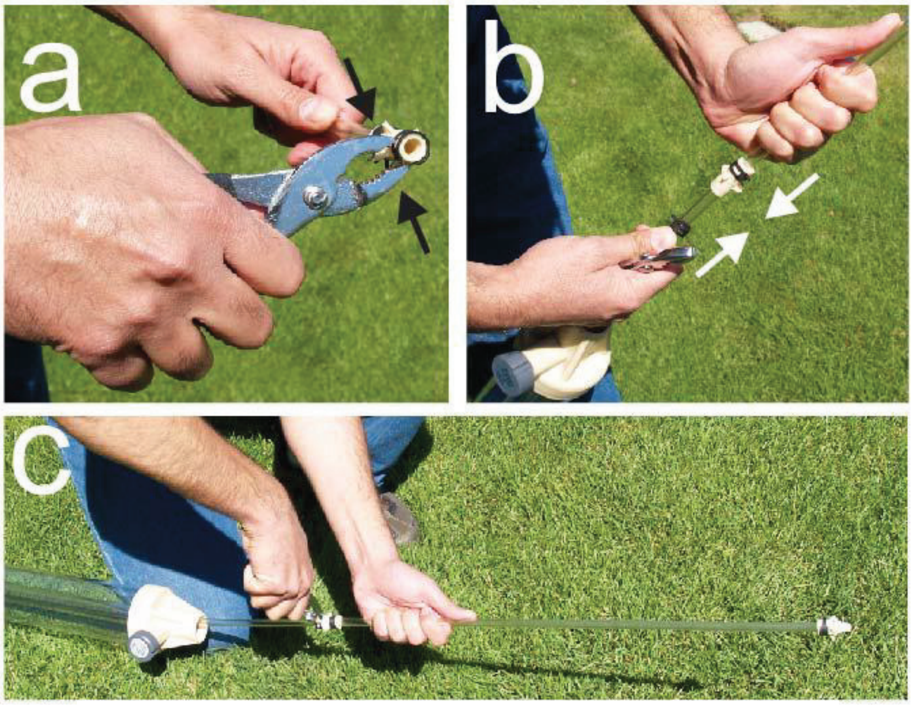
Εικόνα 4.6. Συναρμολόγηση του τρίποδου.

διαπερατότητας συναρμολογείται εύκολα. Δείτε τα βήματα παρακάτω:

Συνδέστε τα πόδια στη βάση του τρίποδου (εικόνα 4.6). Όταν γίνεται εργασία σε πλαγιές, το τηλεσκοπικό χαρακτηριστικό της βάσης του τρίποδου επιτρέπει η γωνία των ποδιών του τρίποδου να ρυθμιστεί όπως απαιτείται. Σε μια επίπεδη επιφάνεια εδάφους δεν υπάρχει καμία ανάγκη να επεκταθούν τα πόδια.

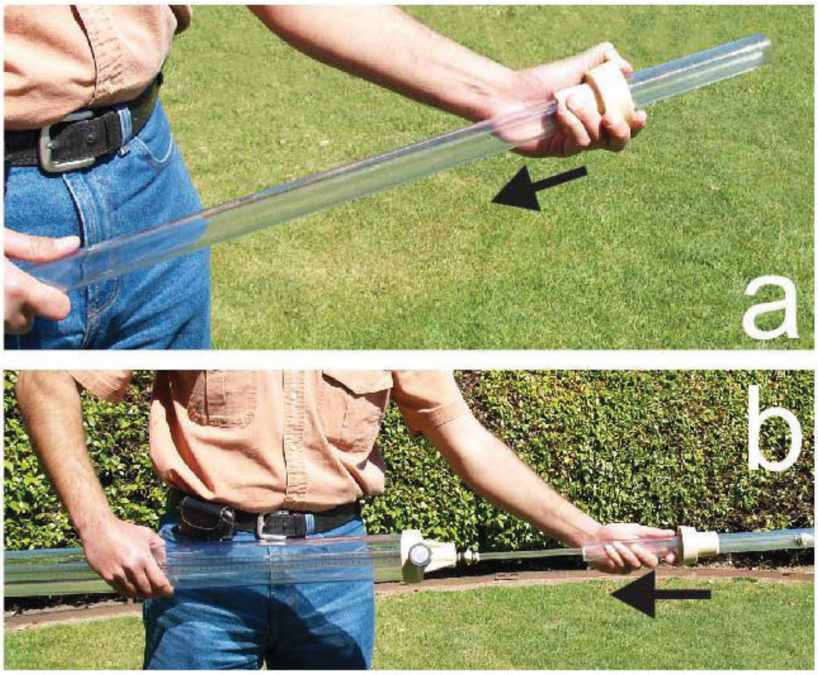
Βγάλτε την συναρμογή της δεξαμενής και το χαμηλότερο αεροσωλήνα από την θήκη. Ο χαμηλότερος αεροσωλήνας αποθηκεύεται μέσα στο σωλήνα υποστήριξης.

Συνδέστε το χαμηλότερο αεροσωλήνα στο μέσο αεροσωλήνα στην βάση της δεξαμενής χρησιμοποιώντας την σύζευξη αεροσωλήνων όπως φαίνεται στην εικόνα 4.7. Ωθήστε σταθερά τον χαμηλότερο αεροσωλήνα μέσα στη σύζευξη μέχρι η κορυφογραμμή στο εσωτερικό της σύζευξης να κουμπώσει στο αυλάκι στην άκρη του χαμηλότερου αεροσωλήνα.



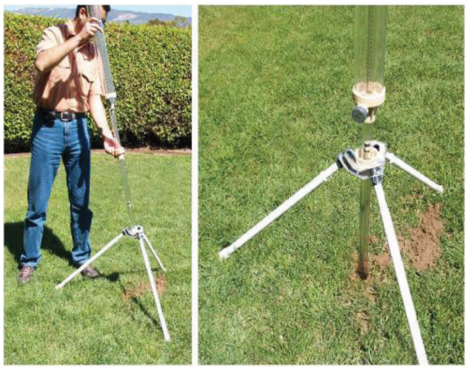
Εικόνα4.7. Σύνδεση του χαμηλότερου αεροσωλήνα με τον μέσο αεροσωλήνα χρησιμοποιώντας τη σύζευξη αεροσωλήνων.

Βγάλτε τον δακτύλιο του τρίποδου και τον σωλήνα υποστήριξης από την θήκη. Γλιστρήστε τον δακτύλιο του τρίποδου,με το πλατύ άκρο προσανατολισμένο προς τα ΕΠΑΝΩ, πάνω από το εξωτερικό του σωλήνα υποστήριξης (4.18α). Κατόπιν, με τον δακτύλιο του τρίποδου στην θέση του, γλιστρήστε το σωλήνα υποστήριξης πάνω από τον αεροσωλήνα και συνδέστε τον σταθερά στην κοιλότητα στο κάτω μέρος της βάσης της δεξαμενής, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.8 Αυτή είναι μια αεροστεγής εφαρμογή τριβής και είναι σημαντικό ο σωλήνας υποστήριξης να καθίσει εντελώς στη βάση της δεξαμενής.



Εικόνα4.8. Συναρμολόγηση του δακτυλίου του τρίποδου και του σωλήνα υποστήριξης.

Χαμηλώστε το σωλήνα υποστήριξης μέσα στο τρίποδο, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.9 αριστερά. Για να στηρίξετε και να σταθεροποιήσετε τον μετρητή διαπερατότητας, ωθήστε το



Εικόνα 4.9. Αριστερά: χαμήλωμα του GP μέσα στο τρίποδο και το φρεάτιο.
Δεξιά: το GP σταθεροποιείται ωθώντας τον δακτύλιο του τρίποδου μέσα στη βάση του τρίποδου

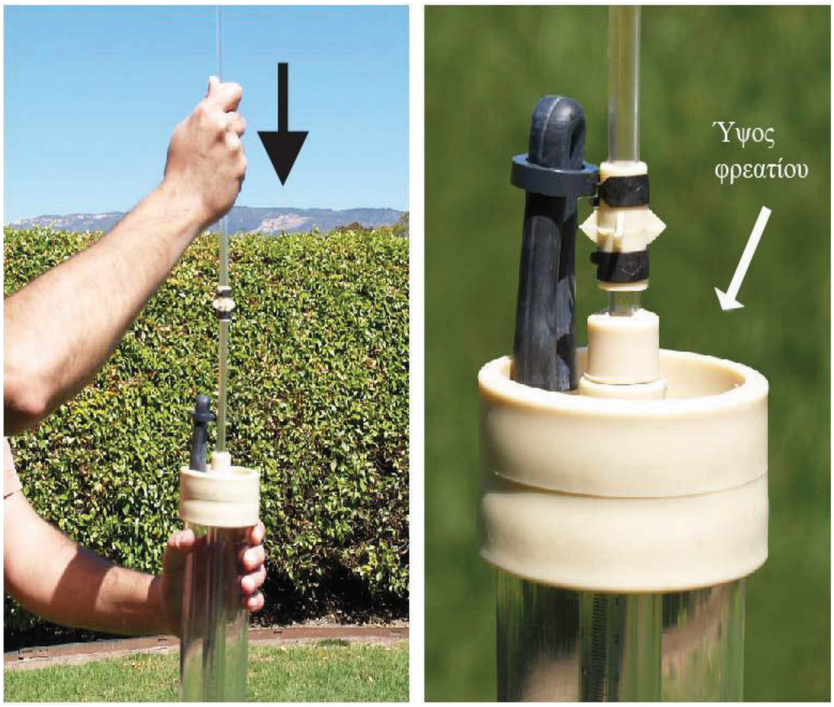
δακτύλιο του τρίποδου προς τα κάτω τελείως μέσα στη βάση του τρίποδου, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.9 δεξιά.

Πρόσθετη υποστήριξη μπορεί να απαιτηθεί σε συνθήκες με πολύ αέρα, στα κεκλιμένα εδάφη, ή ίσως υπό άλλες ακόμα συνθήκες. Μια ράβδος από χάλυβα η οποία καρφώνεται στο χώμα κοντά στην τρύπα και στερεώνεται στην δεξαμενή μπορεί να είναι επαρκής για να υποστηρίξει τον μετρητή διαπερατότητας. Εάν η κάτω άκρη του GP φαίνεται να βυθίζεται μέσα στη βάση του φρεατίου, η ανεξάρτητη υποστήριξη του σώματος του GP είναι σημαντική. Το βάθρο μας, Heavy Duty Tripod Guelph Stand (2806F1), είναι μια άλλη επιλογή που μπορεί να ληφθεί υπόψη.

Αφαιρέστε τον άνω αεροσωλήνα από την θέση του μέσα στην κλίμακα κεφαλής φρεατίου, όπως παρουσιάζεται (Εικόνα 4.10).

Εικόνα 4.10. Αφαίρεση του άνω αεροσωλήνα από το Well Head Scale

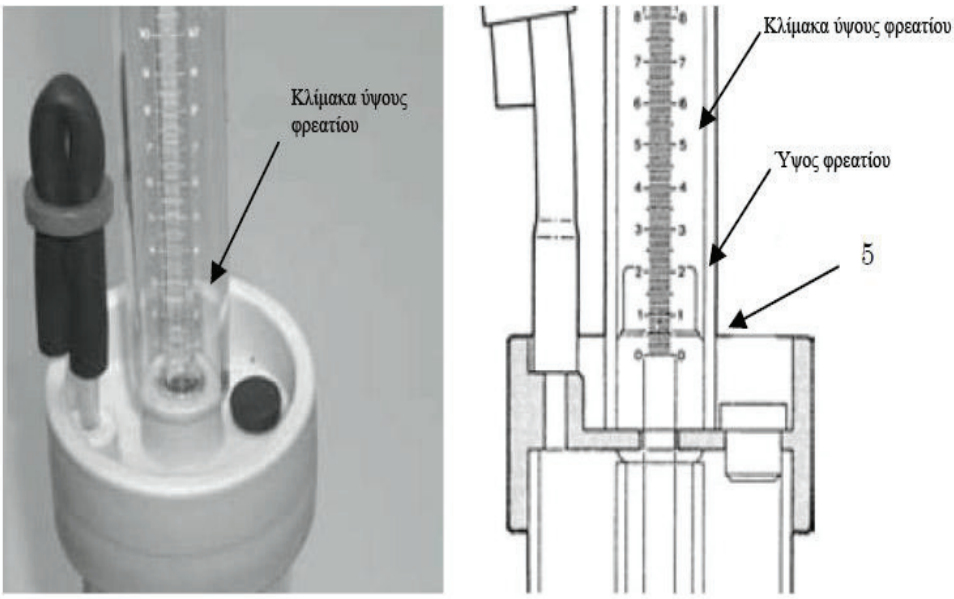
Εξασφαλίστε ότι ο δείκτης ύψους του φρεατίου είναι στην θέση του πριν συνδέσετε τον άνω αεροσωλήνα στον μέσο αεροσωλήνα (Εικόνα 4.11 αριστερά). Ο άνω αεροσωλήνας συνδέεται με την κορυφή του μέσου αεροσωλήνα με μια σύζευξη αεροσωλήνων. Πάλι, κατά τη σύνδεση των τμημάτων των αεροσωλήνων, εξασφαλίστε ότι οι κορυφογραμμές στο εσωτερικό της σύζευξης κουμπώνουν πλήρως στα αυλάκια στις άκρες των τμημάτων των αεροσωλήνων (Εικόνα 4.11 δεξιά).



Εικόνα 4.11. Σύνδεση του άνω αεροσωλήνας στον μέσο αεροσωλήνα.

Τοποθετήστε πλήρως την άκρη της εισόδου του αέρα στην ροδέλα έδρασης της άκρης αέρα ωθώντας προς τα κάτω στον άνω αεροσωλήνα. Μόλις καθίσει η άκρη εισόδου του αέρα, χαμηλώστε και τοποθετείστε την εκροή του δείκτη ύψους του φρεατίου στο καπάκι της δεξαμενής, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.11, δεξιά.

Χαμηλώστε την κλίμακα κεφαλής φρεατίου πάνω από τον άνω σωλήνα εισόδου αέρα και τοποθετήστε την πλήρως στο κατώτατο σημείο της κοιλότητας στο καπάκι της δεξαμενής (Εικόνα 4.13 αριστερά). Ο σωλήνας του μετρητή στην κλίμακα κεφαλής του φρεατίου εγκαθίσταται επάνω στην κεντρική "πλήμνη" του καπακιού της δεξαμενής. Το σημείο "χιλ." στην κορυφή της κλίμακας θα πρέπει να έχει προσανατολισμό προς τα επάνω. Η κλίμακα κεφαλής του φρεατίου είναι τοποθετημένη σωστά όταν η ένδειξη "0" της κλίμακας κεφαλής φρεατίου είναι 5 χιλ. κάτω από την κορυφή του καπακιού της δεξαμενής, και το κατώτατο σημείο του δείκτη ύψους του φρεατίου ευθυγραμμίζεται με το σημείο 5 χιλ. στην κλίμακα κεφαλής του φρεατίου (βλ. Εικόνα 4.13 δεξιά).



Εικόνα 4.13. Σύνδεση της κλίμακα κεφαλής του φρεατίου με το καπάκι της δεξαμενής

Πλήρωση νερού

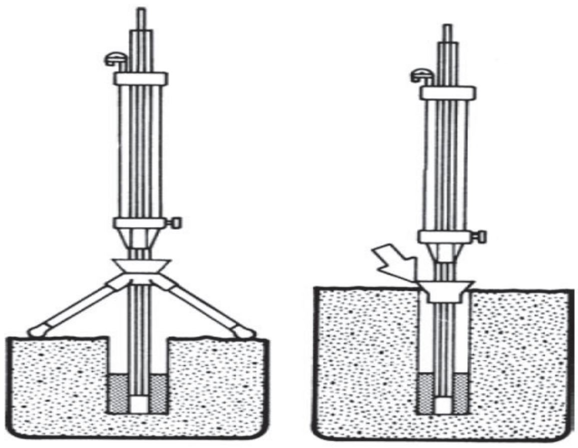
Εικόνα 4.14 Γέμισμα της δεξαμενής με νερό χρησιμοποιώντας το πτυσσόμενο δοχείο νερού

Αφού συναρμολογηθεί ο μετρητής διαπερατότητας και τοποθετηθεί στο τρίποδο, το μπορεί να γεμίσει εύκολα με νερό. Αφαιρέστε το πώμα πλήρωσης στο καπάκι της δεξαμενής, δείτε την Εικόνα 4.14, και προσαρμόστε την βαλβίδα της δεξαμενή έτσι ώστε η εγκοπή να είναι προς τα πάνω, ή στην θέση 12 η ώρα (Εικόνα 4.15). Η εσωτερική και η εξωτερική δεξαμενή είναι τώρα συνδεμένες και έτοιμες για την πλήρωση. Ρίξτε το νερό μέσα στην κοιλότητα στο πάνω καπάκι της δεξαμενής. Για ευκολία, η συναρμογή σωλήνων μπορεί να συνδεθεί με το πλαστικό δοχείο του νερού, και η πίεση ασκούμενη με το πόδι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αντλήσει το νερό στον μετρητή διαπερατότητας, όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.14. Εναλλακτικά, μικρά ποσά νερού μπορούν να προστίθενται διαδοχικά για να γεμίσει η δεξαμενή. Η κοιλότητα αποτρέπει το νερό να πιτσιλίσει και να χυθεί. Είναι σημαντικό να γεμίσει η δεξαμενή μέχρι να μην υπάρχει καμία αεροφυσαλίδα στην οπή πλήρωσης. Όταν διατίθενται μόνο περιορισμένες ποσότητες νερού και η δεξαμενή δεν μπορεί να γεμίσει εντελώς, ακολουθήστε τη διαδικασία στο τμήμα "Διενέργεια μέτρησης *με περιορισμένη παροχή νερού* ". Αφού γίνει η πλήρωση, επανατοποθετήστε πλήρως το πώμα πλήρωσης στην οπή πλήρωσης, σιγουρεύεται ότι ο σωλήνας νεοπρένιου από την θύρα κενού είναι διπλωμένος και κλειστός με το δαχτυλίδι στερέωσης. Ώς μέτρο προφύλαξης, το νερό μπορεί να προστεθεί στην περιοχή της κοιλότητας για να εξασφαλιστεί ότι δεν θα υπάρξει καμία διαρροή.

Τοποθέτηση του μετρητή διαπερατότητας

Απλά κεντροτοποθετήστε το τρίποδο πάνω από την τρύπα του φρεατίου και χαμηλώστε αργά τον μετρητή διαπερατότητας έτσι ώστε ο σωλήνας υποστήριξης να μπει στην τρύπα του φρεατίου, προσέχοντας να μην ρίξετε χώματα από τις πλευρές του φρεατίου στον πυθμένα του (Εικόνα 4.15 αριστερά). Η ευελιξία στη βάση του τρίποδου επιτρέπει η γωνία των ποδιών του τρίποδου να ρυθμίζεται για να προσαρμοστεί με την παραλλαγή στην κλίση του εδάφους. Το τρίποδο χρησιμοποιείται για να υποστηρίξει τον μετρητή διαπερατότητας σε φρεάτια μέχρι περίπου 38 εκατ. (15 ίντσες) σε βάθος.

Εικόνα 4.15. Γέμισμα της δεξαμενής με νερό



Για χρήση σε φρεάτια βαθύτερα από 38 εκατ. (15 ίντσες), ο δακτύλιος του τρίποδου από μόνος του παρέχει τις λειτουργίες της κεντροτοποθέτησης και της σταθεροποίησης του μετρητή διαπερατότητας. Ανυψώστε τον δακτύλιο του τρίποδου από την θέση του στη βάση του μετρητή διαπερατότητας. Οολόκληρο τον μετρητή διαπερατότητας μπορεί έπειτα να ανυψωθεί μακριά από το τρίποδο. Χαμηλώστε τον μετρητή διαπερατότητας αργά στην τρύπα του φρεατίου έως ότου η άκρη της εξόδου του νερού να καθίσει στον πυθμένα του φρεατίου. Πάλι, προσοχή πρέπει να δοθεί στο να μην πέσουν χώματα από τις πλευρές του φρεατίου στον πυθμένα του φρεατίου. Μόλις ο μετρητής διαπερατότητας έρθει στην θέση του, κεντροτοποθετήστε και σταθεροποιήστε το χαμηλώνοντας το δακτύλιο του τρίποδου μέσα στην κορυφή της τρύπας του φρεατίου. Ασφαλίστε το δακτύλιο του τρίποδου με μια σταθερή ώθηση μέσα στο έδαφος, όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.15 δεξιά.

Στα ασταθή χώματα, το αμμοχάλικο ή η χονδροειδής άμμος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επιχωματώσει γύρω από την άκρη τον μετρητή διαπερατότητας στην κορυφή της ζώνης μέτρησης. Κατά περιόδους μπορεί να είναι απαραίτητο να δεθεί με ταινία ο σωλήνας εξόδου του νερού με το σωλήνα υποστήριξης για να μην φύγει η άκρη από το υλικό της επιχωμάτωσης όταν ο μετρητής διαπερατότητας αφαιρείται από το φρεάτιο. Επίσης πρέπει να δοθεί προσοχή ώστε να μην πέσουν χώματα μέσα στο φρεάτιο.

Για τις βαθιές γεωτρήσεις όπου το βάρος της στήλης του νερού/συναρμογής της δεξαμενής μπορεί αναγκάσει την άκρη της εξόδου του νερού να "βυθιστεί" μέσα στο διαποτισμένο χώμα, συνιστάται να χρησιμοποιείται το βάθρο μας, Heavy-Duty Guelph Stand, για να στηρίξει την στήλη του νερού με ασφάλεια στο ύψος του κατώτατου σημείου του φρεατίου (βλ. τον κατάλογο εξαρτημάτων). Εξασφαλίστε ότι επαρκής ποσότητα νερού είναι διαθέσιμη για να εκτελέσει τον αριθμό των μετρήσεων που απαιτούνται για δική σας συγκεκριμένη έρευνα τομέα. Αφότου ο μετρητής διαπερατότητας έχει συναρμολογηθεί, γεμίσει, και τοποθετηθεί στην έτοιμη τρύπα του φρεατίου, η ακόλουθη διαδικασία πρέπει να ακολουθηθεί για την διενέργεια των μετρήσεων.

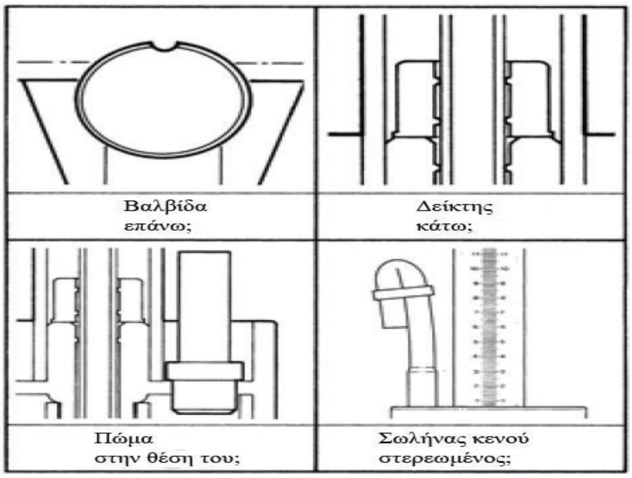
Διενέργεια μέτρησης

Ελέγξτε ότι και οι δύο δεξαμενές συνδέονται. Οι δεξαμενές συνδέονται όταν η εγκοπή επάνω στην βαλβίδα των δεξαμενών δείχνει προς τα επάνω.

Ελέγξτε ότι ο δείκτης ύψους του φρεατίου και η κλίμακα κεφαλής του φρεατίου βρίσκονται κάτω έναντι της κορυφής του καπακιού της δεξαμενής. Αυτό περιγράφεται στο τμήμα "Συναρμογή του Μετρητή διαπερατότητας ".

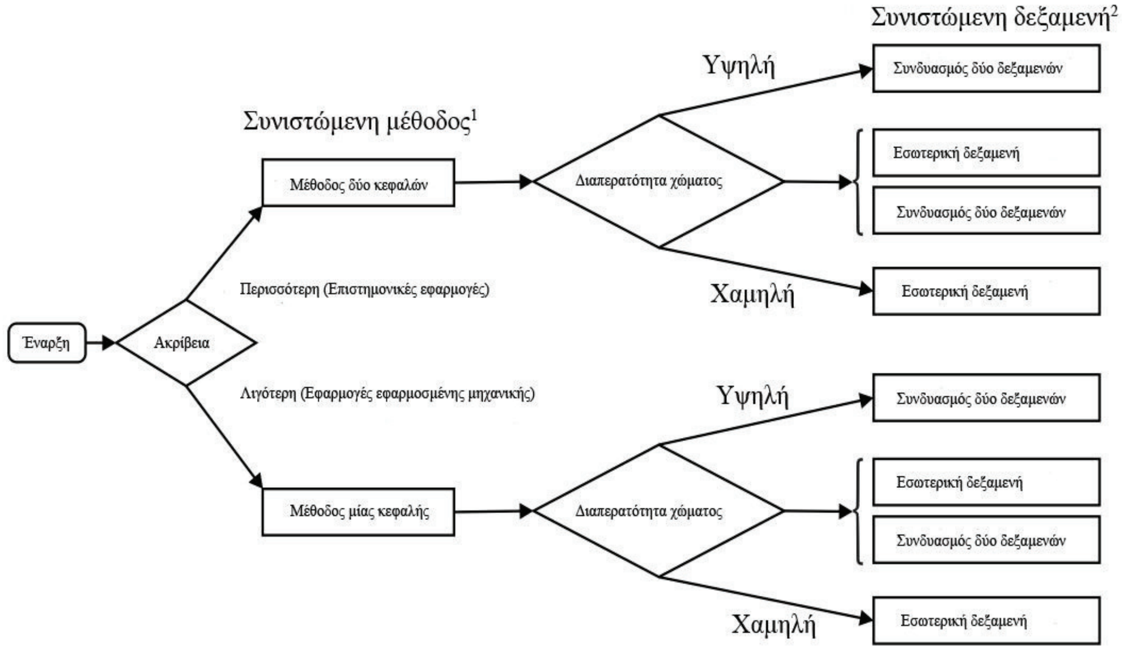
Το πώμα πλήρωσης πρέπει να καθίσει καλά έναντι του πώματος της δεξαμενής (βλ. την Εικόνα 4.16).

Ο σωλήνας κενού πρέπει να είναι κλειστούς με τον δακτύλιο στερέωσης (βλ. την Εικόνα 4.16).



Εικόνα 4.16. Ελέγξτε προσεκτικά αυτά τα σημεία πριν από κάθε μέτρηση

Διάγραμμα ροής επιλογής μεθόδου του μετρητή διαπερατότητας Guelph



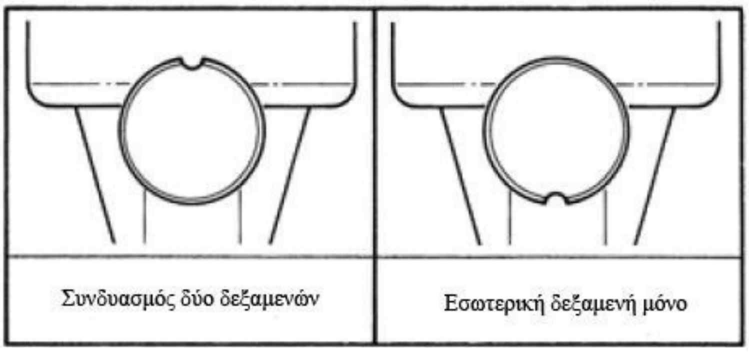
Η διαδικασία της μεθόδου μονού Φορτίου Πίεσης είναι απλούστερη, αλλά μπορεί να είναι λιγότερο ακριβής από τη διαδικασία δύο κεφαλών. Ένα πλεονέκτημα της διαδικασίας της μεθόδου μονού Φορτίου Πίεσης , εντούτοις, είναι ότι θα δώσει πάντα ένα θετικό αποτέλεσμα. Η διαδικασία της μεθόδου μονού Φορτίου Πίεσης είναι για τις εφαρμογές όπου η διαποτισμένη υδραυλική αγωγιμότητα, K_{fs}, είναι ανάγκη να είναι γνωστή μόνο μέσα σε έναν παράγοντα του 2 ή λιγότερο. Για πολλές εφαρμογές της εφαρμοσμένης μηχανικής, αυτό το επίπεδο ακρίβειας είναι πιθανώς ικανοποιητικό. Η διαδικασία της μεθόδου διπλού Φορτίου Πίεσης είναι προσανατολισμένη προς την έρευνα και προτιμάται όταν απαιτείται ένα πιο υψηλό επίπεδο ακρίβειας. Η προσέγγιση της μεθόδου διπλού Φορτίου Πίεσης παρέχει επίσης στοιχεία για δύο αναλύσεις μιας κεφαλής και τα αποτελέσματα μπορούν να υπολογιστούν κατά μέσο όρο.

Βάση της αξιολόγησης της περιοχής μπορεί να επιλέξετε είτε και τις δύο δεξαμενές είτε την εσωτερική δεξαμενή. Εάν είναι δύσκολο να αξιολογηθεί, επιλέξτε τότε τον συνδυασμό των δύο δεξαμενών (βαλβίδα επάνω). Παρατηρήστε το ρυθμό της πτώσης της στάθμης του νερού στη δεξαμενή. Εάν είναι πάρα πολύ αργός για να διακρίνετε εύκολα την πτώση στο επίπεδο μεταξύ των διαδοχικών μετρήσεων, συνήθως ένα διάστημα 2 λεπτών, γυρίστε τότε την βαλβίδα της δεξαμενής έτσι ώστε η εγκοπή να δείχνει κάτω στην θέση 6 η ώρα. Το νερό θα διοχετευθεί έπειτα μόνο από την μικρής διαμέτρου εσωτερική δεξαμενή που θα οδηγήσει σε μια πολύ μεγαλύτερη πτώση στη στάθμη του νερού μεταξύ των μετρήσεων.

Η επιλεγμένη μέθοδος είναι βασισμένη στο επιθυμητό επίπεδο ακρίβειας και το επίπεδο της εδαφολογικής διαπερατότητας.

Αποφασίστε σχετικά με το εάν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί διαδικασία μιας ή δύο φορτίων πίεσης Η διαδικασία της μεθόδου μονού Φορτίου Πίεσης είναι απλούστερη, αλλά μπορεί να είναι λιγότερο ακριβής από την διαδικασία της μεθόδου διπλού Φορτίου Πίεσης . Ένα πλεονέκτημα της διαδικασίας μεθόδου μονού Φορτίου Πίεσης , εντούτοις, είναι ότι θα δώσει πάντα ένα θετικό αποτέλεσμα. Η διαδικασία της μεθόδου μονού Φορτίου Πίεσης είναι για τις εφαρμογές όπου η διαποτισμένη υδραυλική αγωγιμότητα (K_{fs}) είναι ανάγκη να είναι γνωστή μόνο μέσα σε έναν παράγοντα 2 ή λιγότερο. Για πολλές εφαρμογές της εφαρμοσμένης μηχανικής, αυτό το επίπεδο ακρίβειας είναι πιθανώς ικανοποιητικό. Η διαδικασία της μεθόδου μονού Φορτίου Πίεσης είναι προσανατολισμένη προς την έρευνα και προτιμάται όταν απαιτείται ένα πιο υψηλό επίπεδο ακρίβειας. Η προσέγγιση της μεθόδου διπλού Φορτίου Πίεσης παρέχει επίσης τα στοιχεία για δύο αναλύσεις φορτίων πίεσης και τα αποτελέσματα μπορούν να υπολογιστούν κατά μέσο όρο.

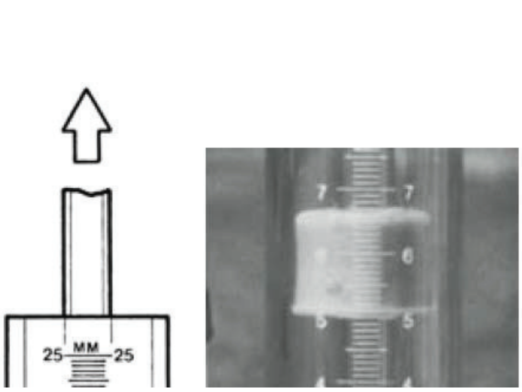
Αποφασίστε εάν η εσωτερική δεξαμενή ή ο συνδυασμός των δυο δεξαμενών πρόκειται να χρησιμοποιηθεί. Οσυνδυασμός των δεξαμενών χρησιμοποιείται σε χώμα μέτριας έως υψηλής διαπερατότητας. Χώματα που ταιριάζουν σε αυτή την κατηγορία έχουν τυπικά κάποιο βαθμό υφής, μέσης έως χονδροειδής σύστασης, και ελάχιστη έως καθόλου τσιμεντοποίηση ή συμπύκνωση. Η εσωτερική δεξαμενή χρησιμοποιείται μόνο για την εργασία στα χώματα χαμηλής διαπερατότητας. Χώματα που ταιριάζουν σε αυτήν την κατηγορία είναι τυπικά λεπτόκοκκα, χωρίς δομή, ή είναι σημαντικά τσιμεντοποιημένα ή συμπυκνωμένα. Εάν είναι δύσκολο να αξιολογηθεί, επιλέξτε τότε τον συνδυασμό των δεξαμενών (βαλβίδα επάνω). Παρατηρήστε το ρυθμό της πτώσης της στάθμης του νερού στη δεξαμενή. Εάν είναι πάρα πολύ αργός για να διακρίνετε εύκολα την πτώση στο επίπεδο μεταξύ των διαδοχικών μετρήσεων, συνήθως ένα διάστημα 2 λεπτών, γυρίζει τότε την βαλβίδα των δεξαμενών έτσι ώστε η εγκοπή να δείχνει προς τα κάτω στην θέση 6 η ώρα. Το νερό θα διοχετευθεί τότε μόνο από την μικρής διαμέτρου εσωτερική δεξαμενή ο οποίο θα οδηγήσει σε μια πολύ μεγαλύτερη πτώση στη στάθμη του νερού μεταξύ των μετρήσεων, δείτε την Εικόνα 4.18. Παρακαλούμε σημειώστε ότι μόλις επιλεχτεί η κατάλληλη δεξαμενή, μην αλλάξτε τη βαλβίδα δεξαμενών.



Εικόνα 4.18. Επιλογή της εσωτερικής δεξαμενής ή του συνδυασμού των δύο δεξαμενών.

Επίτευξη ενός ύψους κεφαλής του φρεατίου (H_1) Σημειώστε ότι αυτό είναι η μόνη κεφαλή που απαιτείται εάν η διαδικασία μιας κεφαλής χρησιμοποιείται.

Αργά ανυψώστε την άκρη της εισόδου αέρα (Εικόνα 4.19 αριστερά), πιάνοντας τον άνω αεροσωλήνα για να καθιερώσετε το πρώτο ύψος κεφαλής του φρεατίου. Σημειώστε ότι η ανύψωση του αεροσωλήνα πάρα πολύ γρήγορα μπορεί να προκαλέσει αναταραχή και διάβρωση στο φρεάτιο και μια πιθανή επίδραση φουσκώματος που θα μπορούσε να προκαλέσει την προσωρινή υπερχείλιση του φρεατίου. Ανυψώστε τον αεροσωλήνα έως ότου το ύψος του φρεατίου, H_1, επιτευχθεί όπως υποδεικνύεται από την ανάγνωση της χαμηλότερης άκρης του δείκτη ύψους του φρεατίου έναντι της κλίμακας κεφαλής του φρεατίου (Εικόνα 4.19 δεξιά). Στα διαπερατά χώματα επιλέξτε τον συνδυασμό των δεξαμενών και θέστε το H_1 μεταξύ των 5 και 10 εκατ.. Στα αργά διαπερατά χώματα επιλέξτε την εσωτερική δεξαμενή και θέστε το H_1 μεταξύ των 10 έως 25 εκατ. ανάλογα με την αποκτηθείσα τιμή του R.



Εικόνα 4.19. Ανυψώστε την άκρη της εισόδου αέρα τραβώντας αργά τον άνω αεροσωλήνα.

Καταγράψτε τη στάθμη του νερού στην επιλεγμένη δεξαμενή όπως διαβάζεται έναντι της κλίμακας που υπάρχει επάνω στον σωλήνα της εσωτερικής δεξαμενής. Οι καταγραφές πρέπει να γίνονται σε τακτικά χρονικά διαστήματα. Ώς μια προτεινόμενη διαδικασία, δοκιμάστε διαστήματα ενός ή δύο λεπτών μεταξύ των καταγραφών. Όταν ερευνώνται τα αργά διαπερατά χώματα, καταστάσεις μπορούν να προκύψουν όπου ο ρυθμός της πτώσης του νερού είναι τόσο αργός που ένα διάστημα δύο λεπτών μπορεί να μην είναι αρκετά μεγάλο για να ανιχνεύσει μια μετρήσιμη αλλαγή στη στάθμη του νερού στην δεξαμενή. Σε αυτές τις περιπτώσεις, ένα πιο μεγάλο χρονικό διάστημα είναι πιο κατάλληλο. Αυξήστε το χρονικό διάστημα όπως απαιτείται για τη μέτρηση του ρυθμού της πτώσης του νερού στη δεξαμενή, ίσως διαστήματα των 15 λεπτών, ή περισσότερο. Αφ' ετέρου, σε καταστάσεις όπου ο ρυθμός της πτώσης του νερού είναι πολύ γρήγορος, όπως στα αμμώδη χώματα, ένα χρονικό διάστημα τόσο μικρό όπως 15 δευτερόλεπτα μπορεί να είναι πιο κατάλληλο. Σιγουρευτείτε ότι ο υπολογισμός για το R είναι βασισμένος στο πραγματικό χρονικό διάστημα που επιλέγεται. Στα βαριά χώματα αργίλου, όπου η υδραυλική αγωγιμότητα είναι πολύ χαμηλή, ο μετρητής διαπερατότητας μπορεί να αφεθεί στην θέση του για μια μακρά χρονική περίοδο ενώ άλλοι στόχοι εκτελούνται. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, περιοδικές μετρήσεις μπορούν να γίνουν σε βολικά διαστήματα μέχρι ο ρυθμός της πτώσης να φθάσει σε μια τιμή σταθερής κατάστασης (βλ. το επόμενο βήμα).

Καθορίστε τον "ρυθμό σταθερής κατάστασης της πτώσης". Για κάθε μέτρηση, υπολογίστε τον ρυθμό της πτώσης του νερού. Η διαφορά των μετρήσεων σε διαδοχικά διαστήματα, διαιρούμενη με το χρονικό διάστημα, είναι ίση με τον ρυθμό πτώσης του νερού, R, στη δεξαμενή.

Παραδείγματος χάριν, σε χρόνο 0 λεπτά, υποθέτουμε ότι το επίπεδο του νερού στη δεξαμενή είναι στα 5,9 εκατ. όπως διαβάζουμε στην κλίμακα της δεξαμενής. Μετά από την πάροδο του πρώτου χρονικού διαστήματος, ο χρόνος = 2 λεπτά, το επίπεδο του νερού είναι στα 6,5 εκατ.. Ο ρυθμός πτώσης, R, του νερού στη δεξαμενή, υπολογίζεται ως η αλλαγή στο επίπεδο του νερού, σε εκατοστόμετρα, διαιρούμενη με το χρονικό διάστημα για την αλλαγή, κφραζόμενο σε δευτερόλεπτα. Ο υπολογισμός παρουσιάζεται παρακάτω:

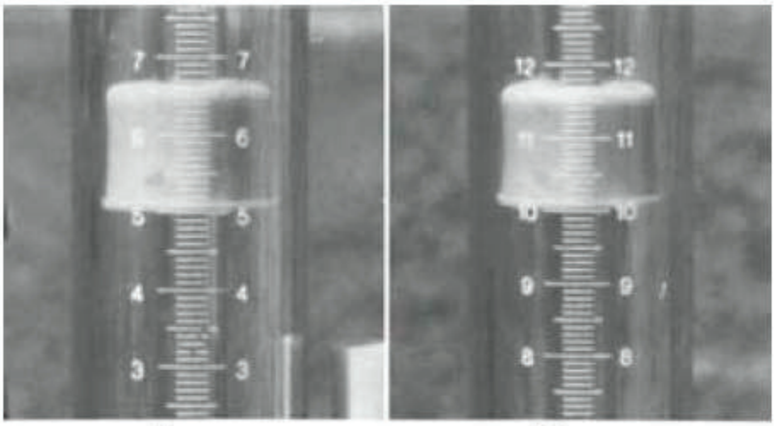
$$R = (6.5\,cm - 5.9\,cm) / (2\,min) = .005\,cm/sec$$

Συνεχίστε να παρακολουθείτε τον ρυθμό πτώσης του νερού στη δεξαμενή έως ότου ο ρυθμός πτώσης να μην αλλάζει σημαντικά σε τρία διαδοχικά χρονικά διαστήματα. Αυτός ο ρυθμός καλείται R_1, και καθορίζεται ως ο "ρυθμός σταθερής κατάστασης της πτώσης" του νερού στη δεξαμενή στο H_1 Σε αυτή τη φάση το χώμα είναι διαποτισμένο με νερό και ένας βολβός κορεσμού έχει επιτευχθεί (βλ. *το "Προετοιμασία για χρήση* " για περισσότερες λεπτομέρειες). Στα πολύ αργά διαπερατά χώματα, η μέτρηση αυτών των πολύ αργών ρυθμών ροής μπορεί να μην είναι ακριβής και διαφορετικές διαδικασίες μπορεί να πρέπει να χρησιμοποιηθούν (βλ. Elrick and Reynolds, 2003).

Σημείωση: Σε περίπτωση που χρησιμοποιείτε την μέθοδο διπλού φορτίου πίεσης, **μην πειράξετε** τον μετρητή διαπερατότητας με κανέναν τρόπο αφού ολοκληρωθούν οι μετρήσεις εκροής και προχωρήσετε αμέσως στο επόμενο βήμα.

Ξαναγεμίστε την εσωτερική δεξαμενή εάν είναι απαραίτητο. Σημειώστε ότι συνεχείς μετρήσεις απαιτούνται και δεν ξαναγεμίζουμε την δεξαμενή αυτή τη φορά. Μπορεί να είναι δυνατό κατά τη χρησιμοποίηση της μικρής δεξαμενής να ξαναγεμίσει μερικώς η μικρή δεξαμενή με νερό από τη μεγάλη δεξαμενή κατά τη διάρκεια της μεταστροφής από το H_1 στο H_2. Γυρίστε μερικώς τη βαλβίδα της δεξαμενής. Αυτή συνδέει τις δύο δεξαμενές και ξαναγεμίζει αργά την μικρή δεξαμενή την ίδια στιγμή που ο αεροσωλήνας ανυψώνεται από το H1 στο H2. Αυτό μειώνει την πιθανότητα να ξεμείνει η μικρή δεξαμενή από νερό κατά τη διάρκεια των μετρήσεων H_2 και αποτρέπει επίσης την υπερχείλιση του φρεατίου στο H_2. Γυρίστε τη βαλβίδα στην προηγούμενη θέση της όταν το νερό έρχεται στο ίδιο επίπεδο και στις δύο δεξαμενές.

Καθιερώστε το δεύτερο ύψος κεφαλής του φρεατίου (H_2) εάν η διαδικασία δύο κεφαλών χρησιμοποιείται, ανυψώνοντας αργά τον αεροσωλήνα έως ότου το ύψος του φρεατίου H_2 να καθιερωθεί, όπως υποδεικνύεται διαβάζοντας της χαμηλότερης άκρης του δείκτη ύψους του φρεατίου έναντι της κλίμακας κεφαλής του φρεατίου (βλ. την Εικόνα 4.20). Στα διαπερατά χώματα διατηρείστε τον συνδυασμό των δύο δεξαμενών και αυξήστε το H_2 μεταξύ των 10 έως 20 εκατ., ανάλογα με την αποκτηθείσα τιμή του R. Στα αργά διαπερατά χώματα διατηρήστε την εσωτερική δεξαμενή και αυξήστε το H_2 μεταξύ των 20 έως 25 εκατ., πάλι ανάλογα με την αποκτηθείσα τιμή του R. Στις περισσότερες περιπτώσεις θέστε $H_2 > 2H_1$.



Εικόνα 4.20 Η θέση του δείκτη ύψους του φρεατίου έναντι της κλίμακας κεφαλής του φρεατίου

Καταγράψτε τη στάθμη του νερού στην επιλεγμένη δεξαμενή όπως διαβάζεται έναντι της κλίμακας που υπάρχει επάνω στον σωλήνα της εσωτερικής δεξαμενής όπως που κάνατε και με το H_1.

Καθορίστε τον "ρυθμό σταθερής κατάστασης της πτώσης" όπως κάνατε και για το H_1. Ο ρυθμός ροής σταθερής κατάστασης στο H_2 καλείται R_2.

Στα περισσότερα φυσικά ακόρεστα χώματα μπορούμε να υποθέσουμε ότι το είναι ίσο με το α*. Επομένως εάν λαμβάνονται άκυρες (αρνητικές) τιμές του α(είτε το K_{fs} είτε το Φ_m θα είναι επίσης αρνητικό στην τιμή) ή όταν λαμβάνονται τιμές του α που βρίσκονται έξω από την ρεαλιστική κλίμακα των $0{,}01 \leq \alpha \leq 0{,}5$ εκατ.$^{-1}$, τότε η ανάλυση της μεθόδου μονού φορτίου πίεσης πρέπει να εφαρμοστεί σε κάθε μια από τις δύο κεφαλές και οι προκύπτουσες τιμές για το K_{fs} και το Φ_m να υπολογιστούν κατά μέσο όρο.

Η μακροσκοπική τριχοειδής παράμετρος μήκους, *α** αντιπροσωπεύει το λόγο της βαρύτητας προς τις τριχοειδείς δυνάμεις κατά τη διάρκεια της διήθησης ή της αποστράγγισης. Οι μεγάλες τιμές του *α** δείχνουν την κυριαρχία της βαρύτητας έναντι της τριχοειδής ιδιότητας των υγρών , το οποίο εμφανίζεται πρώτιστα στα χονδροειδούς υφής ή/και ιδιαίτερα δομημένα πορώδη μέσα. Το μικρό *α** αφ' ετέρου, δείχνει την κυριαρχία της τριχοειδής ιδιότητας των υγρών έναντι της βαρύτητας, το οποίο εμφανίζεται πρώτιστα στα λεπτής υφής ή/και μη δομημένα πορώδη μέσα. Αν και, το K_{fs} και το Φ_m μπορούν ξεχωριστά να κυμανθούν σε πολλές τάξεις μεγέθους σε ένα πορώδες μέσο, το *α** γενικά ποικίλλει κατά περίπου 0,01 εκατ.$^{-1}$ έως 0,5 εκατ.$^{-1}$.

4.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

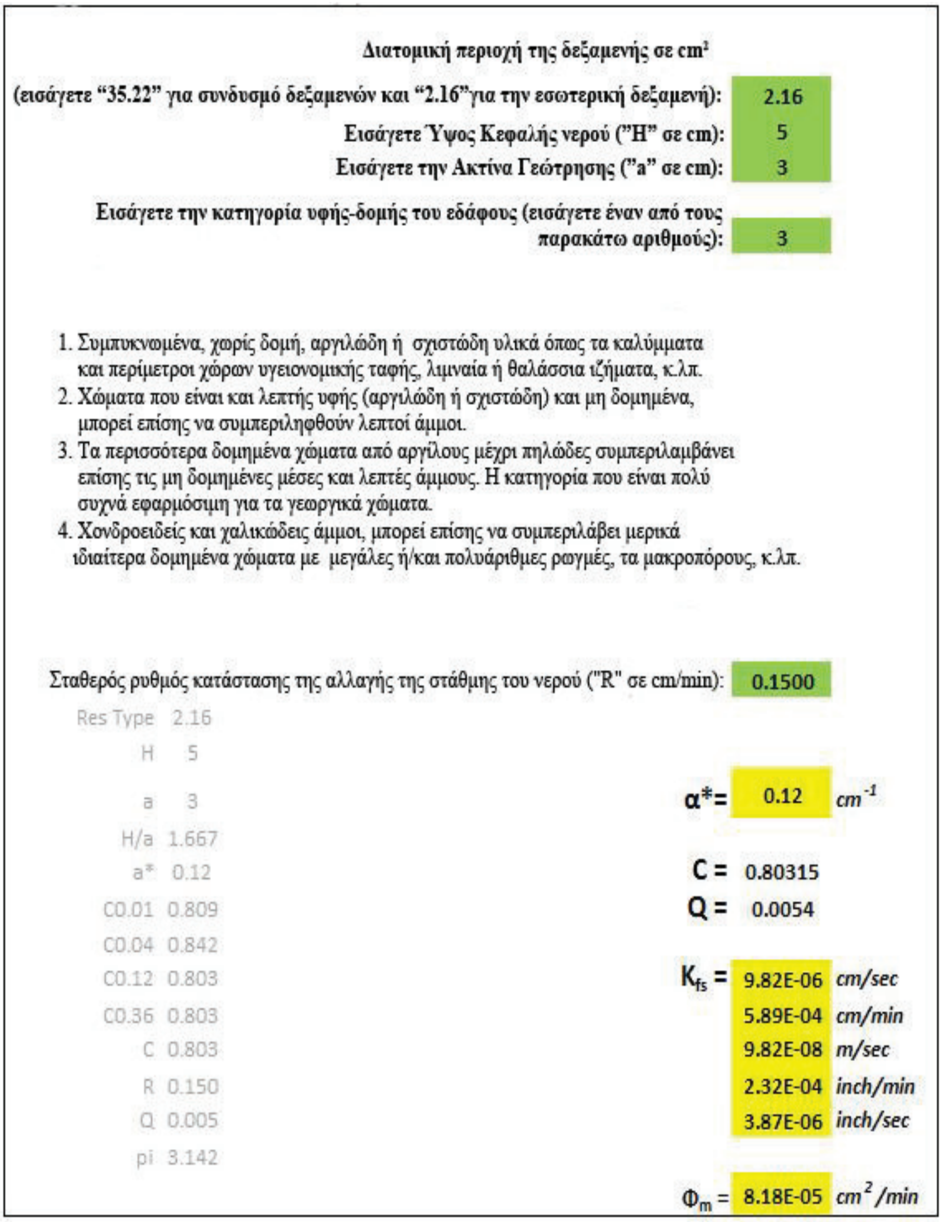
Υπολογισμοί με χρήση των λογιστικών φύλλων του Excel που υπάρχουν στον μετρητή διαπερατότητας Guelph

Οι υπολογισμοί του μετρητή διαπερατότητας Guelph μπορούν να εκτελεσθούν εύκολα χρησιμοποιώντας το λογιστικό φύλλο "*Υπολογιστής του* μετρητή διαπερατότητας *Guelph* ". Το αρχείο μπορεί να μεταφορτωθεί από τον ιστοχώρο της Soilmoisture.

Παρακαλούμε σημειώστε ότι όλα τα πράσινα κελιά είναι για τις τιμές εισαγωγής και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στα κίτρινα κελιά..Επίσης όλες οι καρτέλες είναι "προστατευμένες". Επομένως δεν είναι δυνατό να αλλαχτεί το περιεχόμενο των κελιών, μόνο τα πράσινα κελία μπορούν να αλλάξουν. Στην περίπτωση που πρέπει να τροποποιήσετε μια καρτέλα, καταργήστε την "προστασία" του φύλλου πρώτα (δεν συστήνεται).

Παρακαλούμε σημειώστε επίσης ότι ο χειρισμός λάθους σε αυτό το υπολογιστικό φύλλο δεν είναι εκτενής και είναι ευθύνη σας να φροντίσετε με προσοχή να εισαγάγετε όλες τις απαραίτητες πληροφορίες σωστά. Διαφορετικά μπορείτε να πάρετε ανακριβή αποτελέσματα χωρίς προειδοποίηση.

Το αρχείο αποτελείται από δύο καρτέλες. Η πρώτη καρτέλα ονομάζεται "Σημειώσεις" και αποτελείται από γενικές οδηγίες και σημειώσεις. Παρακαλούμε διαβάστε αυτήν την καρτέλα πρώτα. Η επόμενη καρτέλα είναι η "Γρήγοροι υπολογισμοί του GP". Αυτό το φύλλο δεδομένων παρέχει έναν γρήγορο και βολικό τρόπο υπολογισμού της τιμής του K και του Δυναμικού Ροής Μητρών. Αυτό το φύλλο δεδομένων διαιρείται σε τέσσερις ξεχωριστές περιοχές. Η πρώτη περιοχή ονομάζεται "Μέθοδος Μονού φορτίου πίεσης (1)".Εκτελεί υπολογισμούς με χρήση της "μεθόδου μονού φορτίου πίεσης ". Συμπληρώστε τα πράσινα κελιά με τους κατάλληλους αριθμούς και τα αποτελέσματα θα εμφανιστούν στα κίτρινα κελιά στο χαμηλότερο μέρος της περιοχής:



Το πρώτο κελί εισαγωγής (πράσινο κελί) καθορίζει τη διατομή της δεξαμενής. Εισάγετε "35,22" εάν έχετε χρησιμοποιήσει τον συνδυασμό των δεξαμενών. Εάν έχετε χρησιμοποιήσει την εσωτερική δεξαμενή, εισάγετε "2,16". Παρακαλούμε σημειώστε ότι οι αριθμοί είναι κατά μέσον όρο και η πραγματική διατομή καθενός μετρητή διαπερατότητας Guelph μπορεί να είναι ελαφρώς διαφορετική. Σχεδόν σε όλες τις εφαρμογές αυτοί οι μέσοι όροι επαρκούν. Είναι επίσης δυνατό να καθοριστεί η διατομή της δεξαμενής για κάθε ένα μεμονωμένο μετρητή διαπερατότητας Guelph. Για περισσότερες πληροφορίες παρακαλούμε δείτε το τμήμα "Διαδικασία για τον καθορισμό των σταθερών των κελιών....".

Το δεύτερο κελί εισαγωγής είναι η σταθερά ύψους της κεφαλής του νερού στον πυθμένα του φρεατίου σε cm. Το τρίτο κελί εισαγωγής είναι η ακτίνα (όχι η διάμετρος) του φρεατίου σε cm. Εισάγετε την κατάλληλη κατηγορία χώματος στο επόμενο κελί εισαγωγής. Πρέπει να εισαγάγετε έναν ακέραιο αριθμό από το "1" έως το "4". Παρακαλούμε σημειώστε ότι τα περισσότερα γεωργικά χώματα εμπίπτουν στην τρίτη κατηγορία. Εάν δεν είστε βέβαιοι για την εδαφολογική κατάταξη, εισάγετε το "3". Το τελευταίο κελί εισαγωγής είναι η αλλαγή της στάθμης της σταθερής κατάστασης του νερού. Αυτή η παράμετρος πρέπει να μετρηθεί χρησιμοποιώντας το μετρητή διαπερατότητας Guelph (δείτε το τμήμα "Διαδικασία μέτρησης").

Αφού έχετε εισάγει όλα τα απαραίτητα πεδία, η εδαφική υδραυλική αγωγιμότητα κορεσμού και το δυναμικό ροής του νερού θα αναφερθούν στα αντίστοιχα κίτρινα κελιά. Χάριν ευκολίας, η τιμή της K παρουσιάζεται σε διάφορες μονάδες. Σημειώστε ότι οι προκύπτοντες αριθμοί είναι πάντα σε επιστημονική μορφή. Η δεύτερη περιοχή της καρτέλας "Γρήγοροι υπολογισμοί του GP" καλείται " Μέθοδος Μονού φορτίου πίεσης (2)". Στην περίπτωση που χρησιμοποιείτε την μέθοδο μέτρησης " Διπλού φορτίου πίεσης ", θα μπορέσετε να κάνετε τους υπολογισμούς που αφορούν την δεύτερο φορτίο πίεσης σε αυτήν την περιοχή. Αυτή η περιοχή είναι απολύτως ίδια με την " Μέθοδο Μονού φορτίου πίεσης (1)", εκτός από το ότι πρέπει να εισάγετε τις πληροφορίες που είναι σχετικές με την δεύτερο φορτίο πίεσης εδώ. Τα μόνα πεδία που είναι διαφορετικά από την Μέθοδο Μονού φορτίου πίεσης (1) είναι το Ύψος Πίεσης και ο Ρυθμός Ροής Σταθερής Κατάστασης.

Διατομική περιοχή της δεξαμενής σε cm² **(εισάγετε "35.22" για συνδυσμό δεξαμενών και "2.16" για την εσωτερική δεξαμενή):**	24.93
Εισάγετε Ύψος Κεφαλής νερού ("H" σε cm):	21
Εισάγετε την Ακτίνα Γεώτρησης ("a" σε cm):	3
Εισάγετε την κατηγορία υφής-δομής του εδάφους (εισάγετε έναν από τους παρακάτω αριθμούς):	2

1. Συμπυκνωμένα, χωρίς δομή, αργιλώδη ή σχιστώδη υλικά όπως τα καλύμματα και περίμετροι χώρων υγειονομικής ταφής, λιμναία ή θαλάσσια ιζήματα, κ.λπ.
2. Χώματα που είναι και λεπτής υφής (αργιλώδη ή σχιστώδη) και μη δομημένα, μπορεί επίσης να συμπεριληφθούν λεπτοί άμμοι.
3. Τα περισσότερα δομημένα χώματα από αργίλους μέχρι πηλώδες συμπεριλαμβάνει επίσης τις μη δομημένες μέσες και λεπτές άμμους. Η κατηγορία που είναι πολύ συχνά εφαρμόσιμη για τα γεωργικά χώματα.
4. Χονδροειδείς και χαλικώδεις άμμοι, μπορεί επίσης να συμπεριλάβει μερικά ιδιαίτερα δομημένα χώματα με μεγάλες ή/και πολυάριθμες ρωγμές, τα μακροπόρους, κ.λπ.

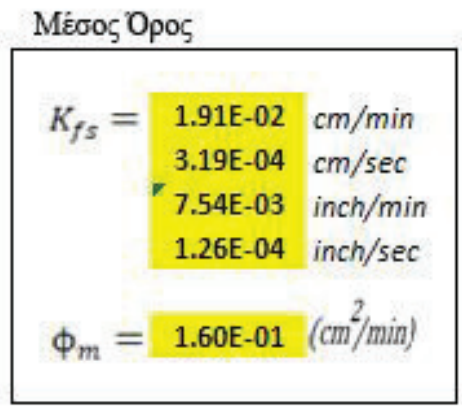
Σταθερός ρυθμός κατάστασης της αλλαγής της στάθμης του νερού ("R" σε cm/min):	0.2520

Res Type	24.93
H	21
a	3
H/a	7
a*	0.04
C0.01	1.79626
C0.04	1.95202
C0.12	2.03675
C0.36	2.03675
C	1.95202
R	0.252
Q	0.10471
pi	3.1415

α*=	0.04	cm^{-1}
C =	1.95202	
Q =	0.10471	
K_{fs} =	3.34E-05	cm/sec
	2.00E-03	cm/min
	3.34E-07	m/ses
	7.88E-04	inch/min
	1.31E-05	inch/sec
Φ_m =	8.34E-04	cm^2/min

Ο μέσος όρος των δύο αποτελεσμάτων παρουσιάζονται στην περιοχή "Μέσος Όρος". Αυτά τα αποτελέσματα είναι ιδιαίτερα χρήσιμα όταν η τιμή του Κ είναι αρνητική.

Όταν χρησιμοποιείτε την περιοχή "Μέσος Όρος", παρακαλούμε λάβετε υπόψη ότι το Ύψος πίεσης και ο Ρυθμός Ροής σταθερής Κατάστασης της "μεθόδου μονού φορτίου πίεσης (2)" πρέπει να είναι πάντα μεγαλύτερα από το Ύψος πίεσης και τον Ρυθμό Ροής Σταθερής Κατάστασης της περιοχής " Μέθοδος Μονού φορτίου πίεσης (1)".Διαφορετικά τα αποτελέσματα δεν είναι έγκυρα.



Η τελευταία περιοχή είναι η "Μέθοδος Διπλού Φορτίου Πίεσης". Όλα τα πεδία εισαγωγής είναι παρόμοια με τα προηγούμενα πεδία εκτός από το ότι εδώ υπάρχουν δύο φορτία πίεσης και δύο Ρυθμοί Σταθερής Κατάστασης (ένα για την πρώτο φορτίο πίεσης και ένα για το δεύτερο).

Εάν λαμβάνονται άκυρες (αρνητικές) τιμές του α (είτε το K_{fs} είτε το Φ_m θα είναι επίσης αρνητικά στην τιμή) ή όταν λαμβάνονται τιμές του α που βρίσκονται έξω από την ρεαλιστική κλίμακα του $0{,}01 \leq \alpha \leq 0{,}5\ cm^{-1}$, τότε η Μέθοδος μονού Φορτίου Πίεσης πρέπει να εφαρμοστεί σε κάθε ένα από τα δύο φορτία πίεσης και οι προκύπτουσες τιμές για το K_{fs} και το Φ_m κατά μέσο όρο (χρησιμοποιήστε την τιμή του Κ στη περιοχή "Μέσος Όρος").

Μέθοδος Διπλής Κεφαλής

Διατομική περιοχή της δεξαμενής σε cm^2 (εισάγετε "35.22" για συνδυσμό δεξαμενών και "2.16"για την εσωτερική δεξαμενή):	2.16
Εισάγετε το Ύψος της πρώτης Κεφαλής νερού ("H1" σε cm):	5
Εισάγετε το Ύψος της δεύτερης Κεφαλής νερού ("H2" σε cm):	10
Εισάγετε την Ακτίνα Γεώτρησης ("a" σε cm):	3
Εισάγετε την κατηγορία υφής-δομής του εδάφους (εισάγετε έναν από τους παρακάτω αριθμούς):	3

1. Συμπυκνωμένα, χωρίς δομή, αργιλώδη ή σχιστώδη υλικά όπως τα καλύμματα και περίμετροι χώρων υγειονομικής ταφής, λιμναία ή θαλάσσια ιζήματα, κ.λπ.
2. Χώματα που είναι και λεπτής υφής (αργιλώδη ή σχιστώδη) και μη δομημένα, μπορεί επίσης να συμπεριληφθούν λεπτοί άμμοι.
3. Τα περισσότερα δομημένα χώματα από αργίλους μέχρι πηλώδες συμπεριλαμβάνει επίσης τις μη δομημένες μέσες και λεπτές άμμους. Η κατηγορία που είναι πολύ συχνά εφαρμόσιμη για τα γεωργικά χώματα.
4. Χονδροειδείς και χαλικώδεις άμμοι, μπορεί επίσης να συμπεριλάβει μερικά ιδιαίτερα δομημένα χώματα με μεγάλες ή/και πολυάριθμες ρωγμές, τα μακροπόρους, κ.λπ.

$\alpha^* =$	0.12	cm^{-1}
$\alpha =$	0.0151	
Σταθερός ρυθμός κατάστασης της αλλαγής της στάθμης του νερού ("R1" σε cm/min):	0.1500	
Σταθερός ρυθμός κατάστασης της αλλαγής της στάθμης του νερού ("R2" σε cm/min):	0.2000	
$Q_1 =$	0.0054	
$Q_2 =$	0.0072	
$C_1 =$	0.803154	
$C_2 =$	1.287543	
$G_1 =$	0.00516	
$G_2 =$	0.004136	
$G_3 =$	0.055692	
$G_4 =$	0.024148	
$K_{fs} =$	1.92E-06	cm/sec
	1.15E-04	cm/min
	1.92E-08	m/sec
	4.52E-05	inch/min
	7.54E-07	inch/sec
$\Phi_m =$	1.27E-04	cm^2/min
$\Theta_{fs} =$	0.65	cm^3/cm^3
$\Theta_i =$	0.4	cm^3/cm^3
Υδατοαπορροφητικότητα	0.0080	$(cm\ min^{-½})$

Res Type:	2.16
H1/a:	1.666667
H2/a:	3.333333
C1-0.01:	0.809485
C2-0.01:	1.21841
C1-0.04:	0.842059
C2-0.04:	1.290234
C1-0.12:	0.803154
C2-0.12:	1.287543
C1-0.36:	0.803154
C2-0.36:	1.287543

Χειρωνακτικοί υπολογισμοί

Καθορίστε το α* και υπολογίστε τον παράγοντα μορφής (C) για κάθε φορτίο πίεση νερού χρησιμοποιώντας τον πίνακα 2. Ο παράγοντας μορφής είναι μια συνάρτηση του εδαφολογικού τύπου, του ύψους του νερού στο φρεάτιο (H) και της ακτίνας του (*α*). Στην περίπτωση που χρησιμοποιείτε την μέθοδο δύο φορτίων πίεσης, πρέπει να υπολογίσετε έναν παράγοντα C για κάθε ένα ύψος πίεσης. Σημειώστε ότι μπορεί να πρέπει να χρησιμοποιήσετε το α* στα μελλοντικά βήματα του υπολογισμού. Μπορείτε πάντα να καθορίστε το α* χρησιμοποιώντας τον πίνακα 2 και βασιζόμενοι στην κατηγορία εδάφους.

Πίνακας 2. Οι τύποι του υπολογισμού που αφορούν τον παράγοντα μορφής (C). Όπου H_1 είναι το πρώτο ύψος νερού (cm), H_2 είναι το δεύτερο ύψος νερού (cm), a είναι η ακτίνα φρεατίου (cm) και α* είναι ο παράγοντας του μικροσκοπικού τριχοειδούς μήκους που αποφασίζεται σύμφωνα με την κατηγορία υφής-δομής του εδάφους. Για την μέθοδο μονού φορτίου πίεσης, μόνο το C_1 πρέπει να υπολογιστεί ενώ για την μέθοδο διπλού φορτίου πίεσης, τα C_1 και C_2 πρέπει να υπολογιστούν (Zang et Al, 1998).

Κατηγορία Υφής-Δομής του Εδάφους	***α* * (cm^{-1})**	**Παράγοντας μορφής**
Συμπυκνωμένα, χωρίς δομή, αργιλώδη ή σχιστώδη υλικά όπως τα καλύμματα και περίμετροι χώρων υγειονομικής ταφής, λιμναία ή θαλάσσια ιζήματα, κ.λπ.	0,01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121\left(H_2/a\right)} \right)^{0.672}$
Χώματα που είναι και λεπτής υφής (αργιλώδη ή σχιστώδη) και μη δομημένα, μπορεί επίσης να συμπεριληφθούν λεπτοί άμμοι.	0,04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091\left(H_1/a\right)} \right)^{0.688}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091\left(H_2/a\right)} \right)^{0.688}$
Τα περισσότερα δομημένα χώματα από αργίλους μέχρι πηλώδες συμπεριλαμβάνει επίσης τις μη δομημένες μέσες και λεπτές άμμους. Η κατηγορία που είναι πολύ συχνά εφαρμόσιμη για τα γεωργικά χώματα.	0,12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093\left(H_1/a\right)} \right)^{0.784}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093\left(H_2/a\right)} \right)^{0.784}$
Χονδροειδείς και χαλικώδεις άμμοι, μπορεί επίσης να συμπεριλάβει μερικά ιδιαίτερα δομημένα χώματα με μεγάλες ή/και πολυάριθμες ρωγμές, τα μακροπόρους, κ.λπ.	0,36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093\left(H_1/a\right)} \right)^{0.784}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093\left(H_2/a\right)} \right)^{0.784}$

Πίνακας 2

Υπολογίστε τον παράγοντα Q για κάθε φορτίο πίεσης χρησιμοποιώντας το σταθερό ρυθμό πτώσης του νερού (*R*) που αφορά κάθε ένα φορτίο πίεσης νερού (τμήμα "Διαδικασία μέτρησης"). Ο τύπος του Q ποικίλλει ανάλογα με τη μέθοδο μέτρησης (μονό ή διπλό φορτίο πίεσης) και τον τύπο της δεξαμενής που χρησιμοποιείται στη μέτρηση (εσωτερική ή συνδυασμός δύο δεξαμενών). Ο πίνακας 3 περιέχει τους τύπους του Q για όλους τους πιθανούς συνδυασμούς των μεθόδων και των τύπων δεξαμενών.

Υπολογίστε τη διαποτισμένη υδραυλική αγωγιμότητα χρησιμοποιώντας τους τύπους στον πίνακα 3. Πάλι, ο τύπος αλλάζει ανάλογα με τη μέθοδο που χρησιμοποιείται (μονό ή διπλό φορτίο πίεσης) και τον τύπο της δεξαμενής που χρησιμοποιείται στη μέτρηση (εσωτερική ή συνδυασμός δύο δεξαμενών).

Πίνακας 3. Τύποι υπολογισμού σχετικοί με τις μεθόδους μιας κεφαλής και δύο κεφαλών. Όπου $\bar{R}$ είναι ο ρυθμός σταθερής κατάστασης της πτώσης του νερού μέσα στην δεξαμενή (cm/s), K_{fs} είναι η εδαφική διαποτισμένη υδραυλική αγωγιμότητα (cm/s), Φ_m είναι το δυναμικό ροής της εδαφολογική μήτρας (cm^2 / s), $\alpha*$ είναι ημακροσκοπική τριχοειδής παράμετρος μήκους (από τον πίνακα 2), α είναι η ακτίνα του φρεατίου (cm), H_1 είναι η πρώτη κεφαλή του νερού που καθιερώνεται στο φρεάτιο (cm), H_2 είναι η δεύτερη κεφαλή του νερού που καθιερώνεται στο φρεάτιο (cm) και C είναι ο παράγοντας μορφής (από τον πίνακα 2).

Μέθοδος μονού φορτίου πίεσης, Συνδυασμός δεξαμενών	$Q_1 = \bar{R}_1$ x 35.22	$K_{fs} = \frac{C_1 x Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi\alpha^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{\alpha^n}\right)}$ $\Phi m = \frac{C_1 x Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi\alpha^2 C_1)\alpha^n + 2\pi H_1}$
Μέθοδος μονού φορτίου πίεσης, Εσωτερική δεξαμενή	$Q_1 = \bar{R}_1$ x 2.16	
Μέθοδος διπλού φορτίου πίεσης Συνδυασμός δεξαμενών	$Q_1 = \bar{R}_1$ x 35.22 $Q_2 = \bar{R}_2$ x 35.22	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2-H_1)+\alpha^2(H_1C_2-H_2C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2-H_1)+\alpha^2(H_1C_2-H_2C_1))}$ $K_{fs} = G_2Q_2 - G_1Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_2^2+a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2-H_1)+\alpha^2(H_1C_2-H_2C_1))}$ $G_4 = \frac{(2H_2^2+a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2-H_1)+\alpha^2(H_1C_2-H_2C_1))}$ $\Phi_m = G_3Q_1 - G_4Q_2$
Μέθοδος διπλού φορτίου πίεσης, Εσωτερική δεξαμενή	$Q_1 = \bar{R}$ x 2.16 $Q_2 = \bar{R}_2$ x 2.16	

Πινακας 3

Υπολογίστε την παράμετρο α:

Όπου α είναι η κλίση της γραμμής που συσχετίζει το φυσικό λογάριθμο του K_{fs} (υδραυλική αγωγιμότητα) με στο Q, το φορτίο πίεσης του νερού στο χώμα (cm^{-1}).

$$\alpha = K_{fs}/\Phi_m$$

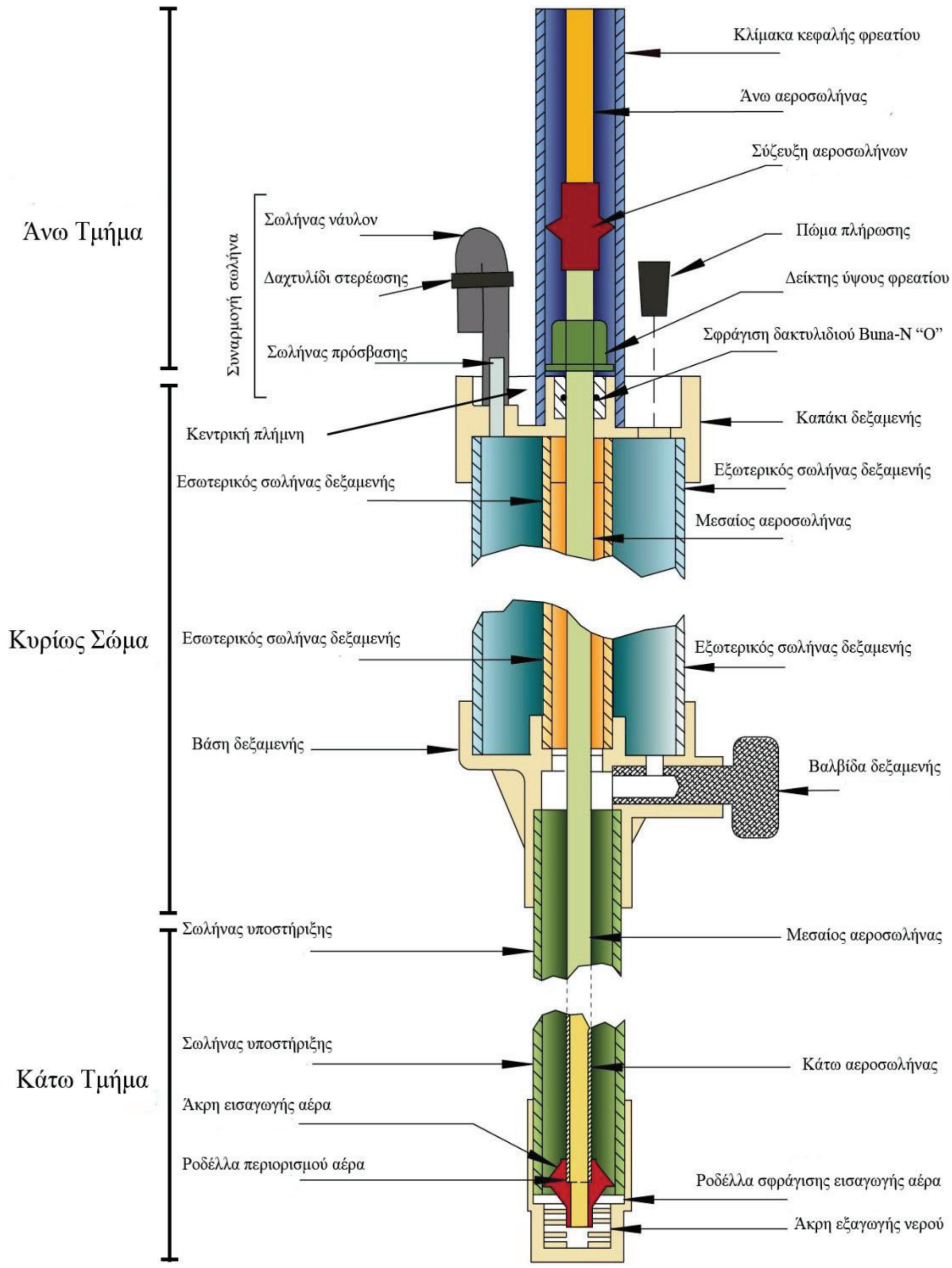
Στα περισσότερα φυσικά ακόρεστα χώματα μπορούμε να υποθέσουμε ότι το α είναι ίσο με το α*. Επομένως εάν λαμβάνονται άκυρες (οι αρνητικές) τιμές του α (είτε το K_{fs} είτε το Φm θα είναι επίσης αρνητικό στην τιμή) ή όταν λαμβάνονται τιμές του α που βρίσκονται έξω από την ρεαλιστική κλίμακα του $0{,}01 \leq \alpha \leq 0{,}5$ cm^{-1}, τότε η Ανάλυση της μεθόδου μονού φορτίου πίεσης πρέπει να εφαρμοστεί σε κάθε μια από τις δύο πιέσεις και οι προκύπτουσες τιμές για τα K_{fs} και Φ_m υπολογίζονται κατά μέσο όρο.

Υπολογίστε άλλες σχετικές παραμέτρους:

$$\Delta\theta = \theta_{fs} - \theta_1$$

$$S = \sqrt{2(\Delta\theta \mathrm{x} \Phi m)}$$

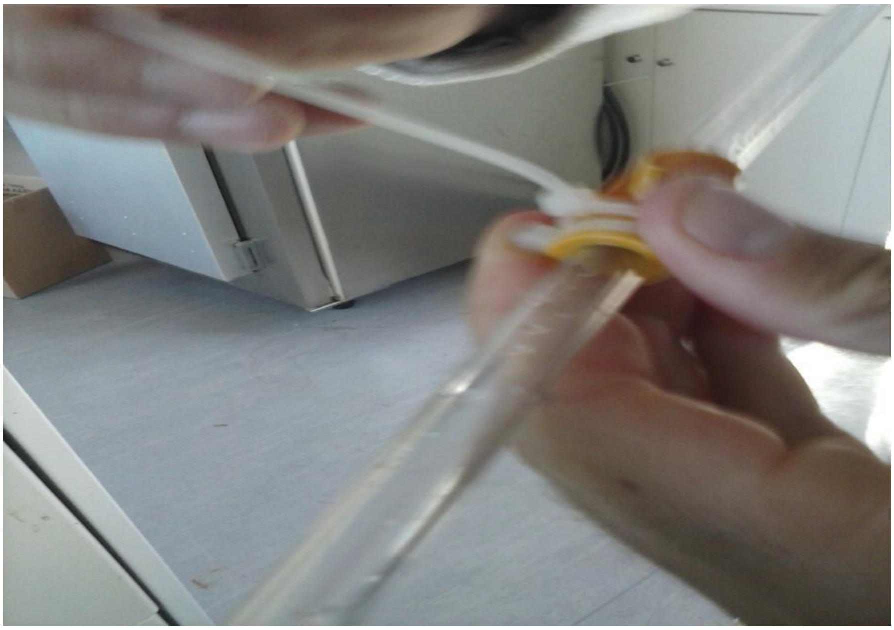
Όπου θ_{fs} είναι η περιεκτικότητα σε κορεσμένο νερό του χώματος (cm^3 cm^{-3}), θ_1 είναι η περιεκτικότητα σε περιβαλλοντικό νερό του χώματος (cm^3 cm^{-3}) και S είναι η υδατοαπορροφητικότητα του χώματος (cm min$^{-½}$).


Άνω Τμήμα
Κυρίως Σώμα
Κάτω Τμήμα
Συναρμογή σωλήνα
Σωλήνας νάυλον
Δαχτυλίδι στερέωσης
Σωλήνας πρόσβασης
Κεντρική πλήμνη
Εσωτερικός σωλήνας δεξαμενής
Εσωτερικός σωλήνας δεξαμενής
Βάση δεξαμενής
Σωλήνας υποστήριξης
Σωλήνας υποστήριξης
Άκρη εισαγωγής αέρα
Ροδέλλα περιορισμού αέρα
Κλίμακα κεφαλής φρεατίου
Άνω αεροσωλήνας
Σύζευξη αεροσωλήνων
Πώμα πλήρωσης
Δείκτης ύψους φρεατίου
Σφράγιση δακτυλιδιού Buna-N "O"
Καπάκι δεξαμενής
Εξωτερικός σωλήνας δεξαμενής
Μεσαίος αεροσωλήνας
Εξωτερικός σωλήνας δεξαμενής
Βαλβίδα δεξαμενής
Μεσαίος αεροσωλήνας
Κάτω αεροσωλήνας
Ροδέλλα σφράγισης εισαγωγής αέρα
Άκρη εξαγωγής νερού

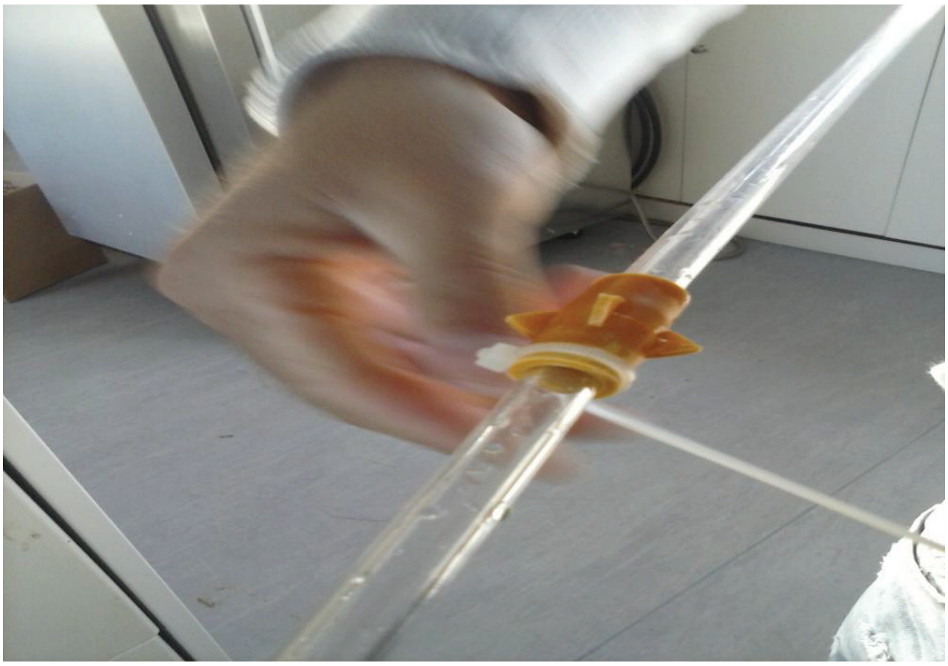
5.ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Για το πειραματικό μέρος της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκαν συνολικά 36 επιτόπου μετρήσεις της υδραυλικής αγωγιμότητας κορεσμού με το περατόμετρο Guelph σε 21 σημεία σε βάθος 15-30-60 cm του πειραματικού αγρού στο χώρο του Τ.Ε.Ι ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ όπως φαίνεται στην εικόνα 5.1

ΕΙΚΟΝΑ 5.1 πειραματικός αγρός με τα σημεία που έγιναν οι μετρήσεις


ΕΙΚΟΝΑ 5.2 ετοιμασία του οργάνου

Στην αρχή ετοιμάσαμε το περατόμετρο στο χώρο του εργαστηρίου όπως φαίνεται στις εικόνες 5.2 και 5.3


ΕΙΚΟΝΑ 5.3 ετοιμασία του οργάνου

Αφού ανοίχτηκαν οι τρύπες στα σημεία(εικόνα 5.4)

Εικόνα 5.4 Σημείο 1

τοποθετήθηκε το περατόμετρο(εικόνες 5.5-5.6)

Εικόνα 5.5 Τοποθέτηση περατόμετρου στο σημείο 1

Εικόνα 5.6 Τοποθέτηση περατόμετρου στο σημείο 5

και αρχίσαμε τις μετρήσεις(εικόνες 5.7-5.8)

Εικόνα 5.7 Διαδικασία μέτρησης στο σημείο 2

Εικόνα 5.8 Διαδικασία μέτρησης στο σημείο 6

Τις τιμές από τις μετρήσεις στα σημεία 2,3,6,7,8,9,10,11,12,13,14,17,20,21 όπως φαίνεται στην εικόνα 5.9

Εικόνα 5.9 πειραματικός αγρός στα 15cm

τοποθετήθηκαν σε δύο συγκεντρωτικούς πίνακες(πίνακες 5.10-5.11)

α/α	ΣΗΜΕΙΟ	Ημερομηνία	Συντεταγμένες				
			x	y	Βάθος (cm)	R1 (cm/min)	R2 (cm/min)
1	2	3/11/2013	279544	4249143	15,20	0,04	0,70
2	3	3/11/2013	279538	4249160	15,40	0,24	0,98
3	6	3/11/2013	279529	4249211	15,80	0,10	0,20
4	7	9/11/2013	279526	4249230	15,20	0,06	0,02
5	8	8/11/2013	279510	4249232	15,60	0,06	0,08
6	9	8/11/2013	279507	4249215	15,70	0,04	0,04
7	10	8/11/2013	279513	4249204	15,10	0,06	0,08
8	11	8/11/2013	279518	4249183	15,67	0,08	0,22
9	12	4/11/2013	279522	4249166	14,35	0,10	0,34
10	13	4/11/2013	279527	4249147	16,00	0,52	1,06
11	14	4/11/2013	279532	4249129	14,80	0,18	1,20
12	17	9/11/2013	279507	4249160	15,20	0,08	0,04
13	20	9/11/2013	279499	4249214	15,90	0,06	0,10
14	21	9/11/2013	279498	4249230	15,70	0,02	0,00

Πίνακας 5.10 Συγκεντρωτικός πίνακας για τα 15 cm

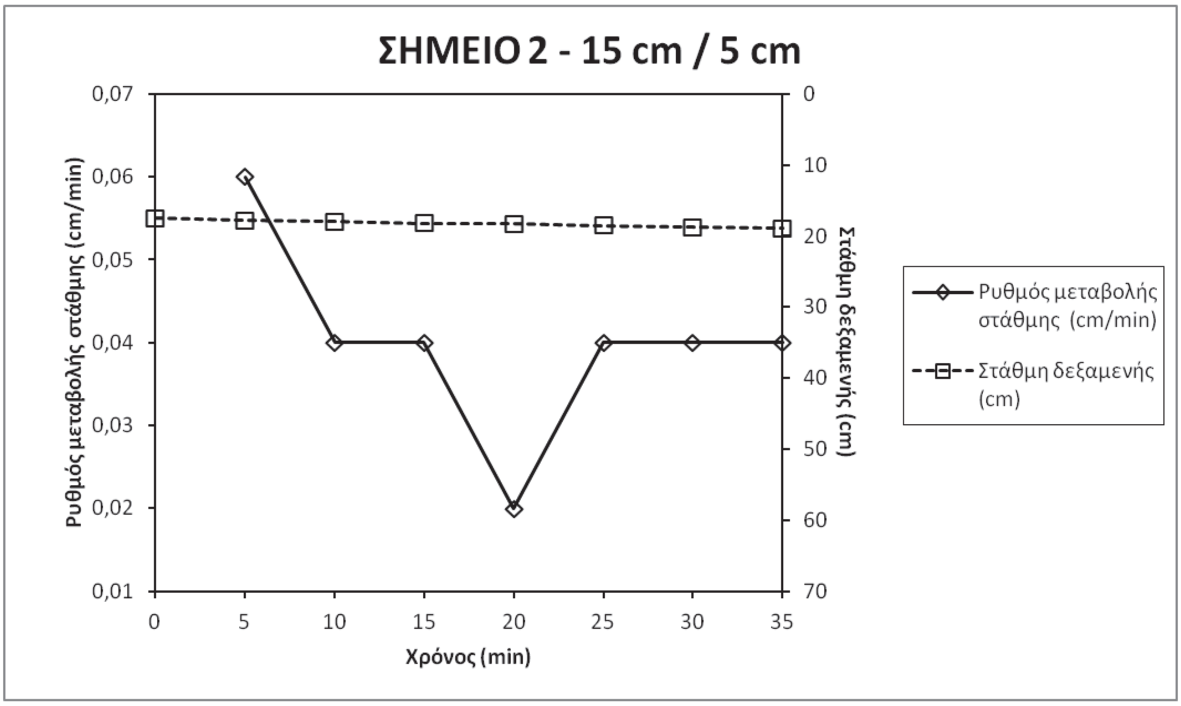
α/α	ΣΗΜΕΙΟ	Μέθοδος με μια τιμή φορτίου πίεσης (Single Head Method)		Μέθοδος με δύο τιμές φορτίου πίεσης (Double Head Method)	
		Ksf (average) (cm/min)	Ksf (average) (cm/day)	Ksf (cm/min)	Ksf (cm/day)
1	2	7,68E-03	1,11E+01	9,42E-02	1,36E+02
2	3	1,36E-02	1,95E+01	9,70E-02	1,40E+02
3	6	3,55E-03	5,11E+00	1,01E-02	1,46E+01
4	7	2,59E-04	3,73E-01	---------	----------
5	8	8,65E-04	1,25E+00	---------	----------
6	9	4,42E-04	6,37E-01	---------	--------
7	10	8,65E-04	1,25E+00	---------	---------
8	11	2,30E-03	3,31E+00	---------	----------
9	12	4,96E-03	7,15E+00	3,05E-02	4,39E+01
10	13	1,86E-02	2,69E+01	5,55E-02	7,99E+01
11	14	1,49E-02	2,14E+01	1,40E-01	2,02E+02
12	17	3,75E-04	5,40E-01	--------	-------
13	20	1,07E-03	1,54E+00	--------	--------
14	21	1,90E-05	2,74E-02	--------	------

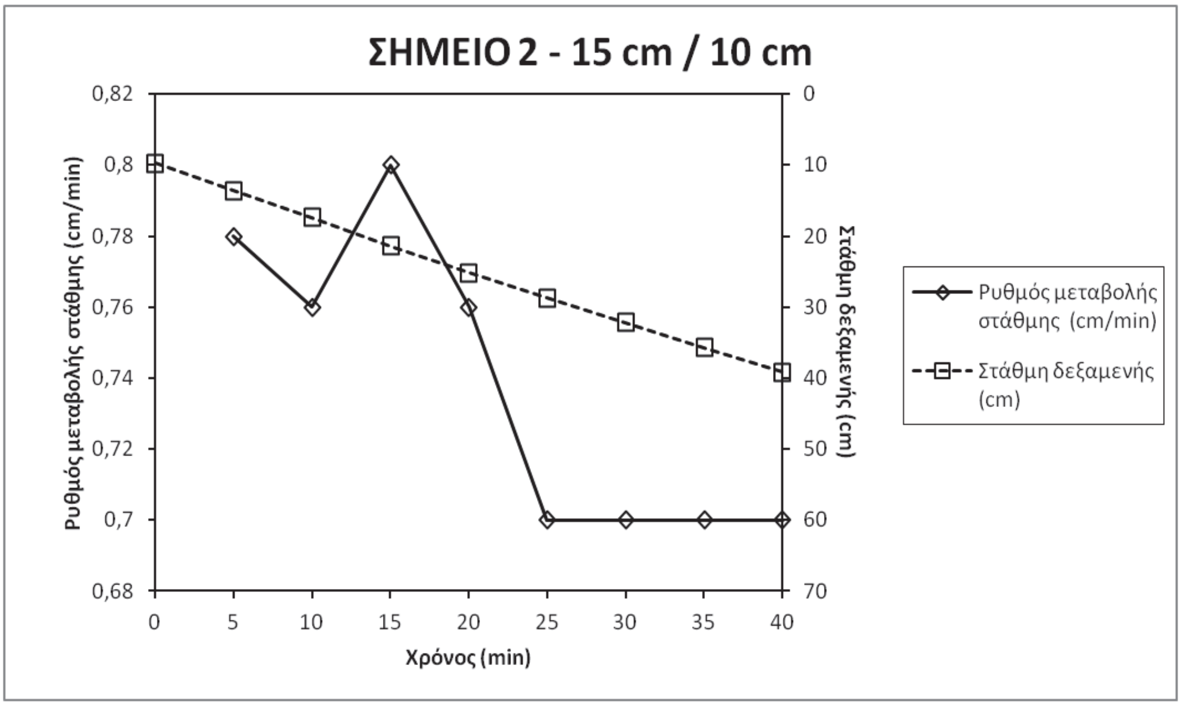
Πίνακας 5.11 Συγκεντρωτικός πίνακας για τα 15 cm

Από τους πίνακες παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη τιμή 2,69E+01 cm/day είναι στο σημείο 13 και η μικρότερη τιμή 2,74E-0.2 στο σημείο 21.Και οι δύο αυτές τιμές είναι με τη μέθοδο με μια τιμή φορτίου πίεσης ενώ με τη μέθοδο με δύο τιμές φορτίου πίεσης η μεγαλύτερη τιμή

2.02E+02 cm/day είναι στο σημείο 14 και η μικρότερη 1.46E+01cm/day στο σημείο 6.Για αυτά τα σημεία κατασκευάσαμε τις εξής γραφικές παραστάσεις όπως φαίνεται πιο κάτω:

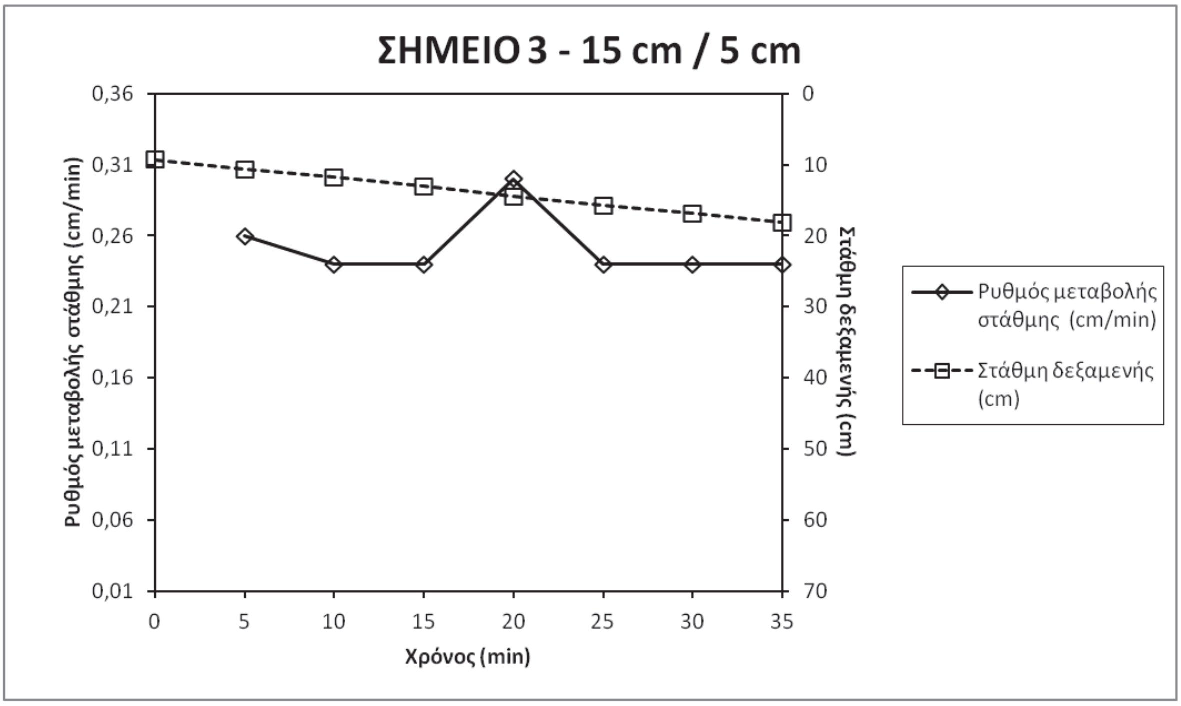
ΣΗΜΕΙΟ 2:

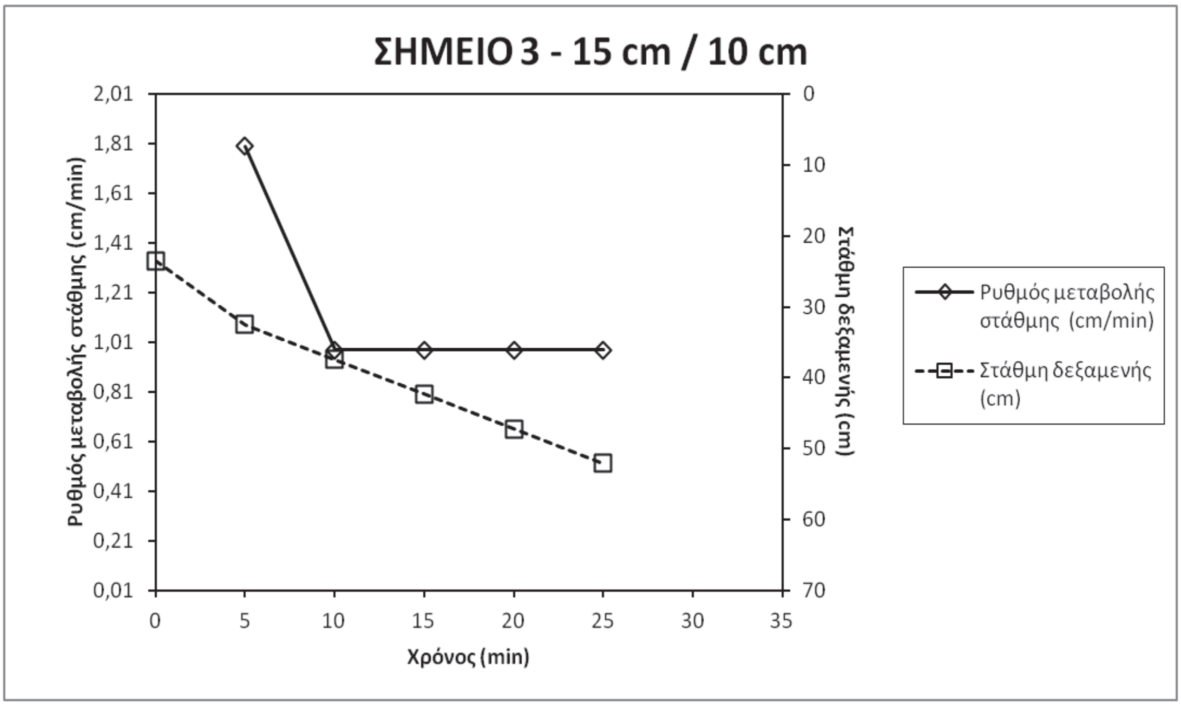



ΣΗΜΕΙΟ 2 - 15 cm / 10 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
0,82
0,8
0,78
0,76
0,74
0,72
0,7
0,68
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35
40
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

ΣΗΜΕΙΟ 3:

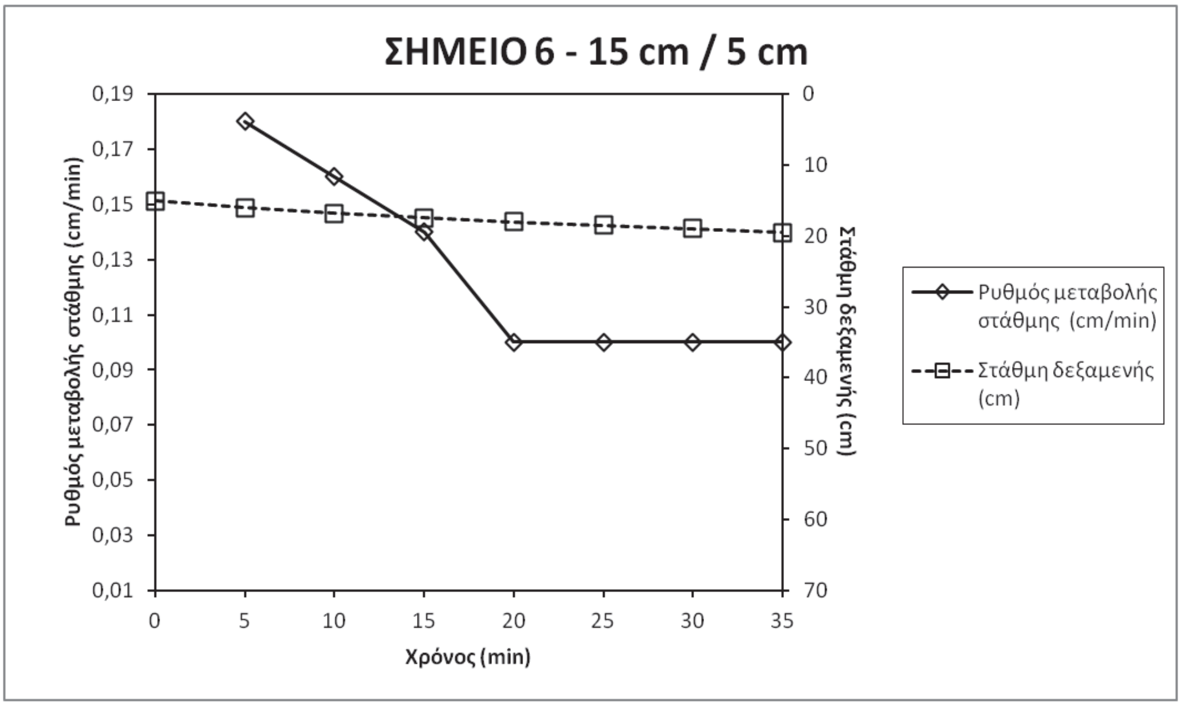

15cm
3

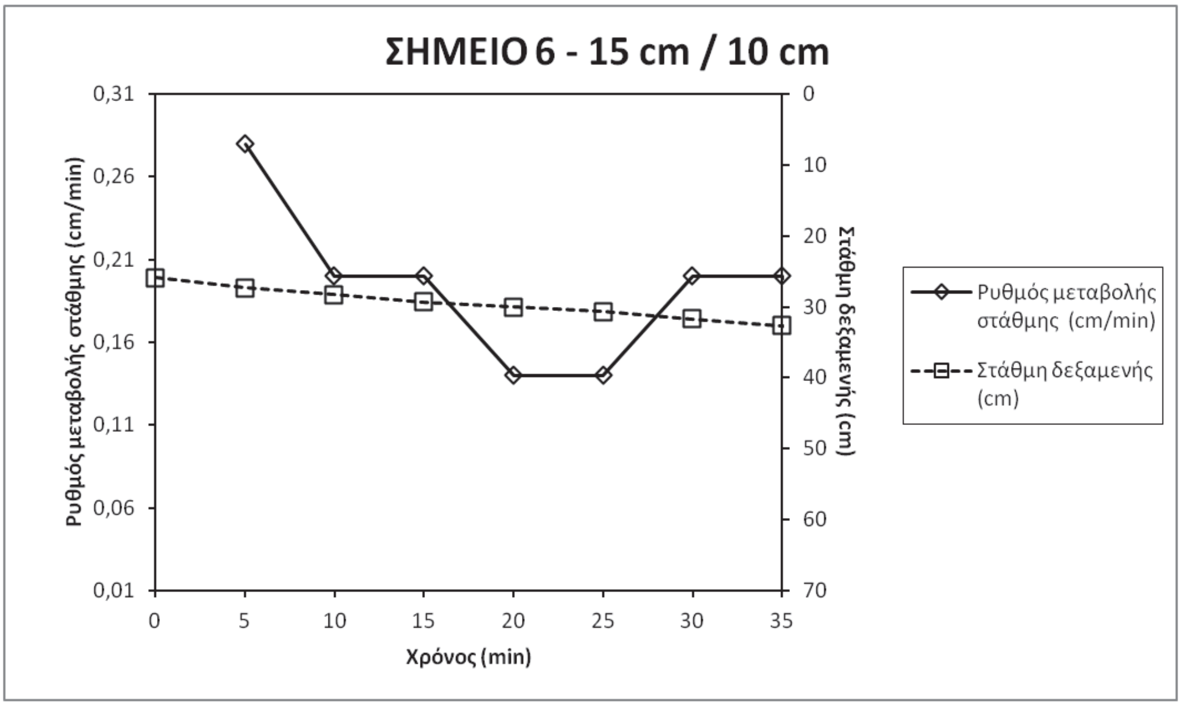

ΣΗΜΕΙΟ 3 - 15 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
0,36
0,31
0,26
0,21
0,16
0,11
0,06
0,01
Στάθμη δεξαμενής (cm)
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35
Χρόνος (min)
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)


ΣΗΜΕΙΟ 3 - 15 cm / 10 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
2,01
1,81
1,61
1,41
1,21
1,01
0,81
0,61
0,41
0,21
0,01
Στάθμη δεξαμενής (cm)
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35
Χρόνος (min)
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

ΣΗΜΕΙΟ 6:


15cm
6

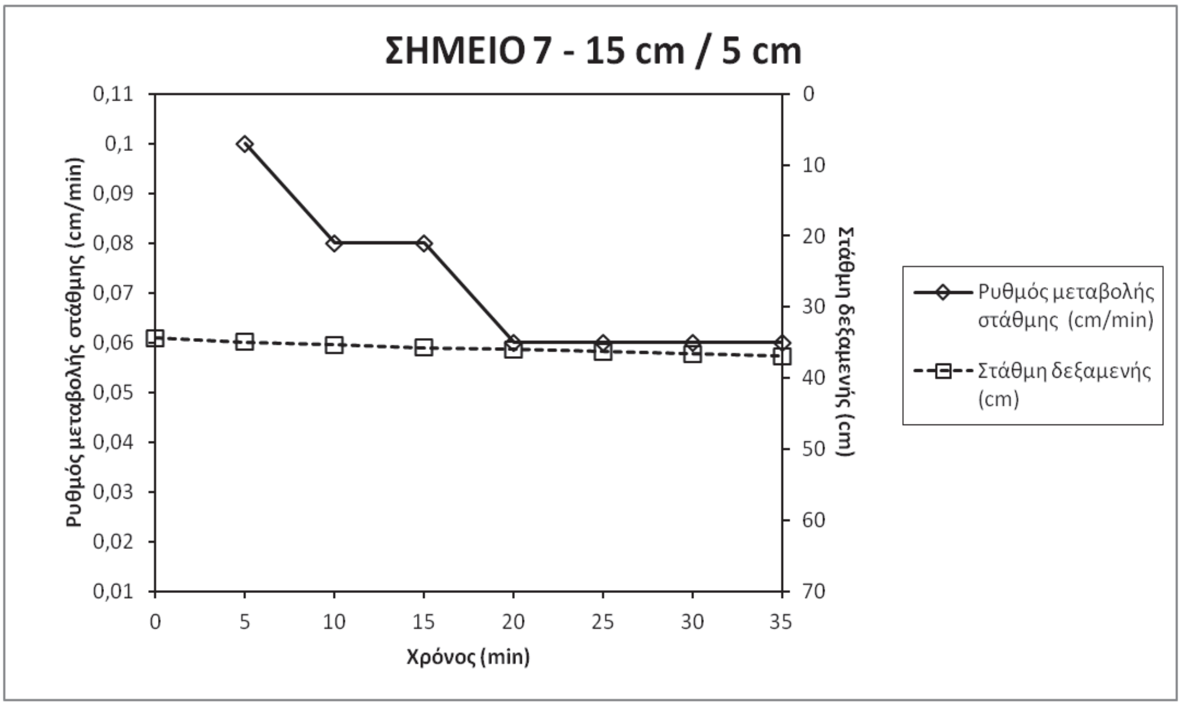

ΣΗΜΕΙΟ 6 - 15 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
0,19
0,17
0,15
0,13
0,11
0,09
0,07
0,05
0,03
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

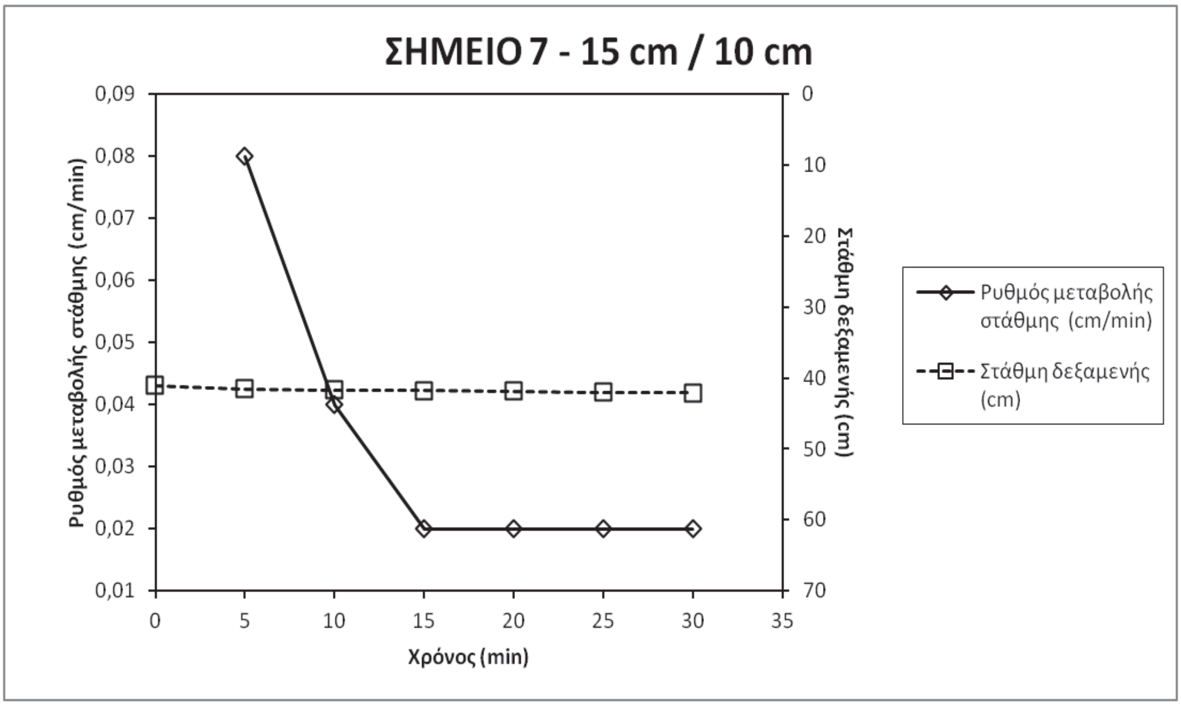


ΣΗΜΕΙΟ 6 - 15 cm / 10 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
0,31
0,26
0,21
0,16
0,11
0,06
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

ΣΗΜΕΙΟ 7:

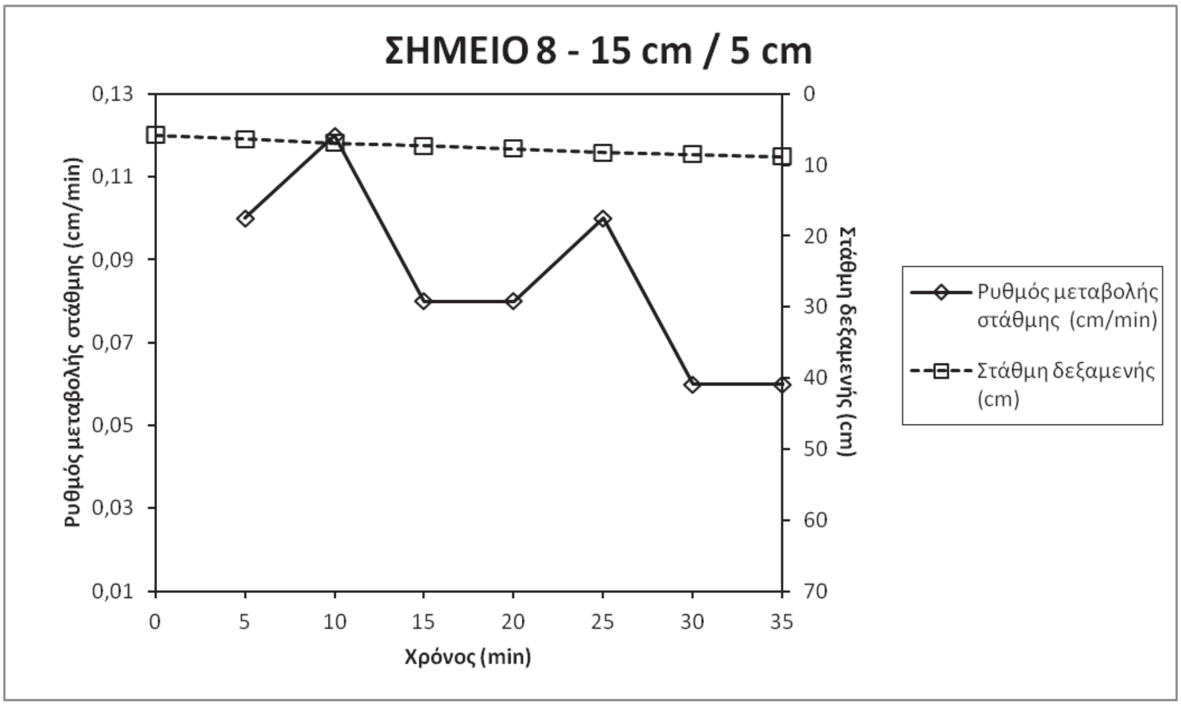
15cm
7


ΣΗΜΕΙΟ 7 - 15 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

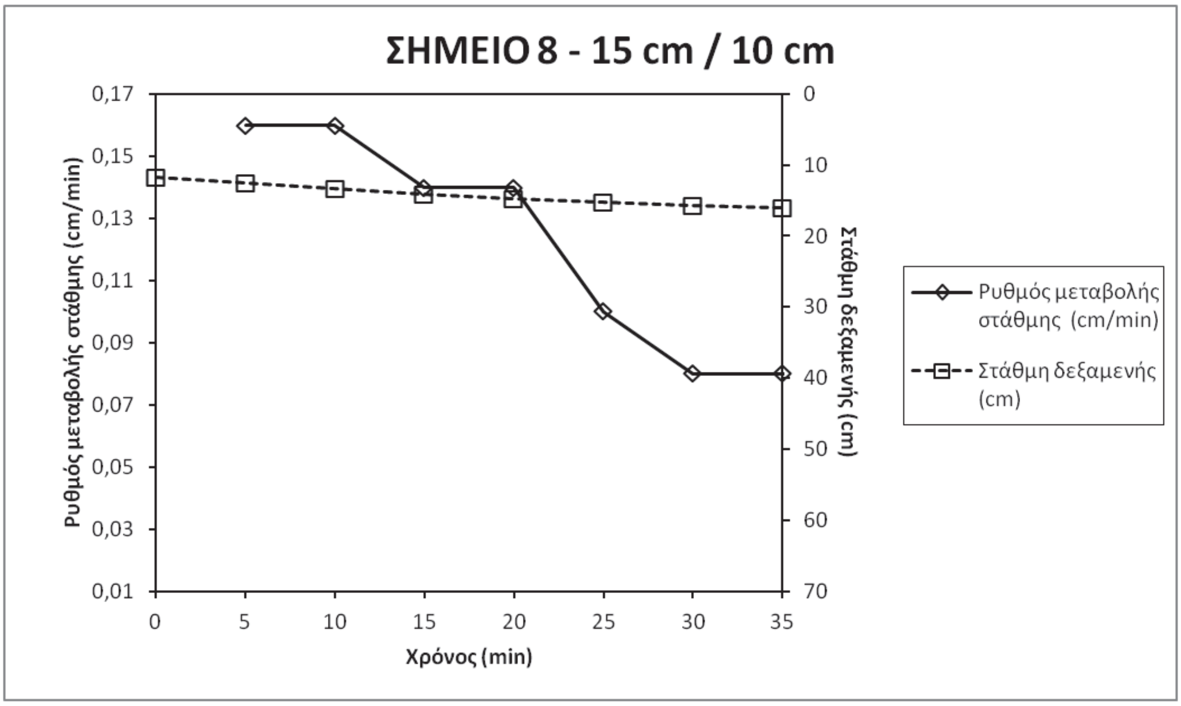

ΣΗΜΕΙΟ 7 - 15 cm / 10 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

ΣΗΜΕΙΟ 8:

15cm
8

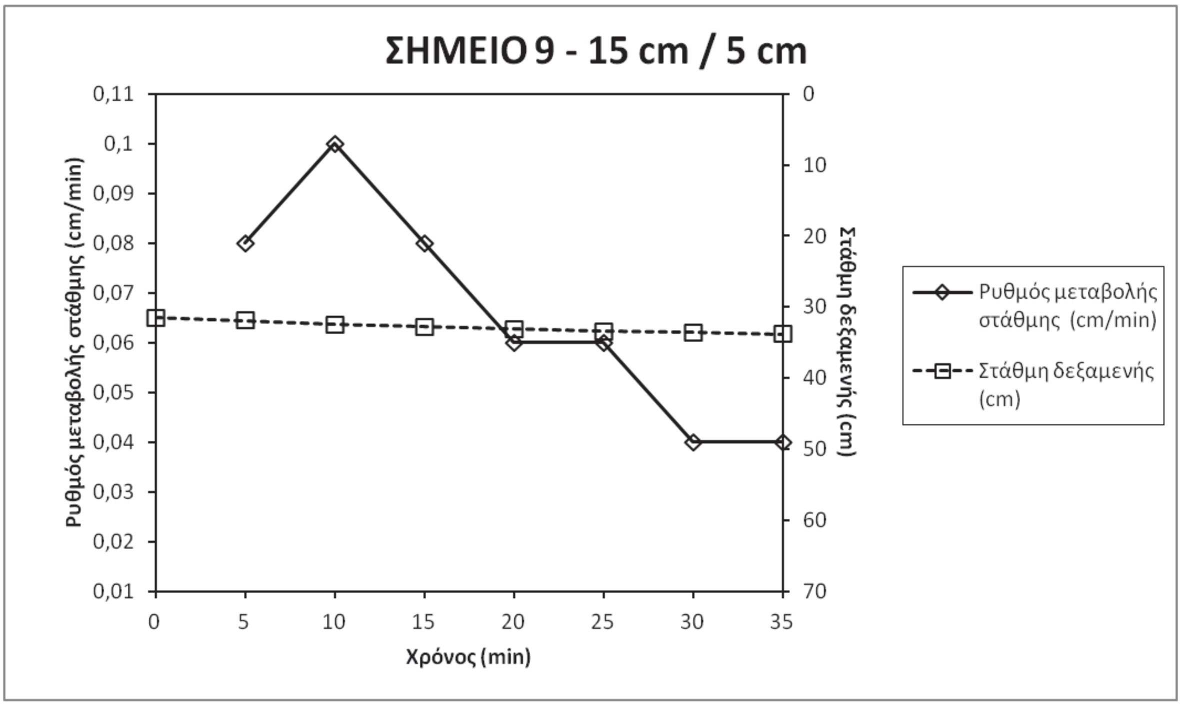


ΣΗΜΕΙΟ 8 - 15 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
0,13
0,11
0,09
0,07
0,05
0,03
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

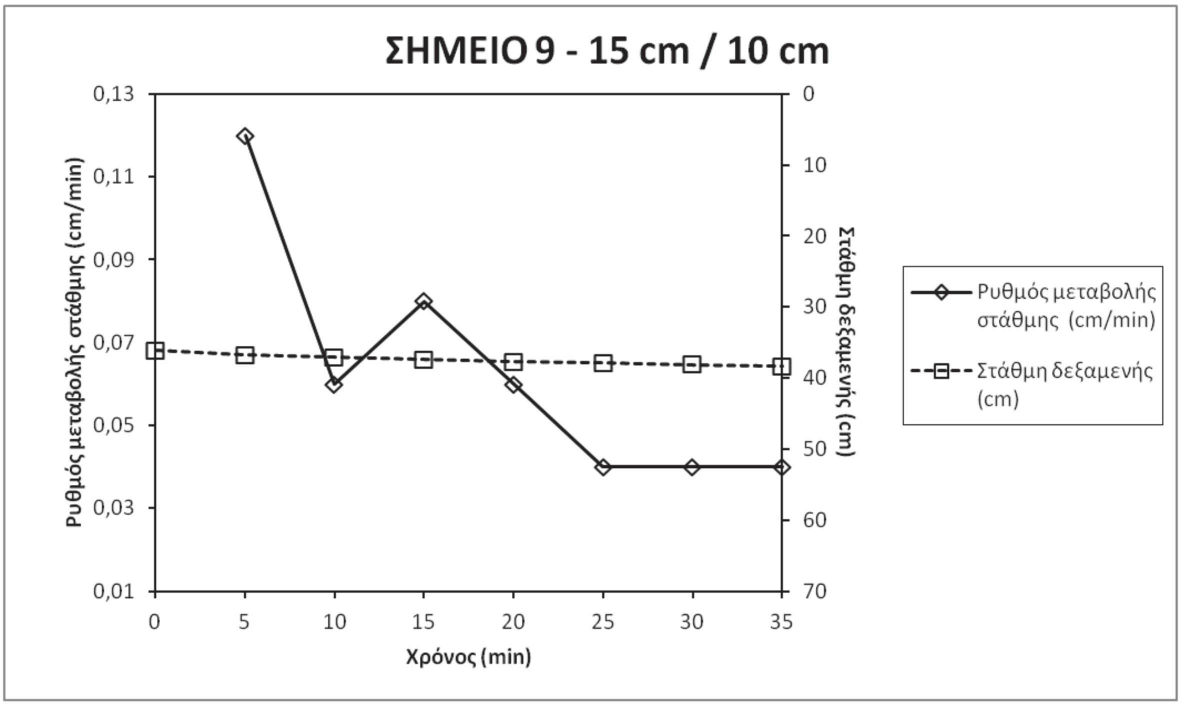

ΣΗΜΕΙΟ 8 - 15 cm / 10 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
0,17
0,15
0,13
0,11
0,09
0,07
0,05
0,03
0,01
0
5
10
15
20
25
30
35
0
10
20
30
40
50
60
70
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

ΣΗΜΕΙΟ 9:


15CM
9

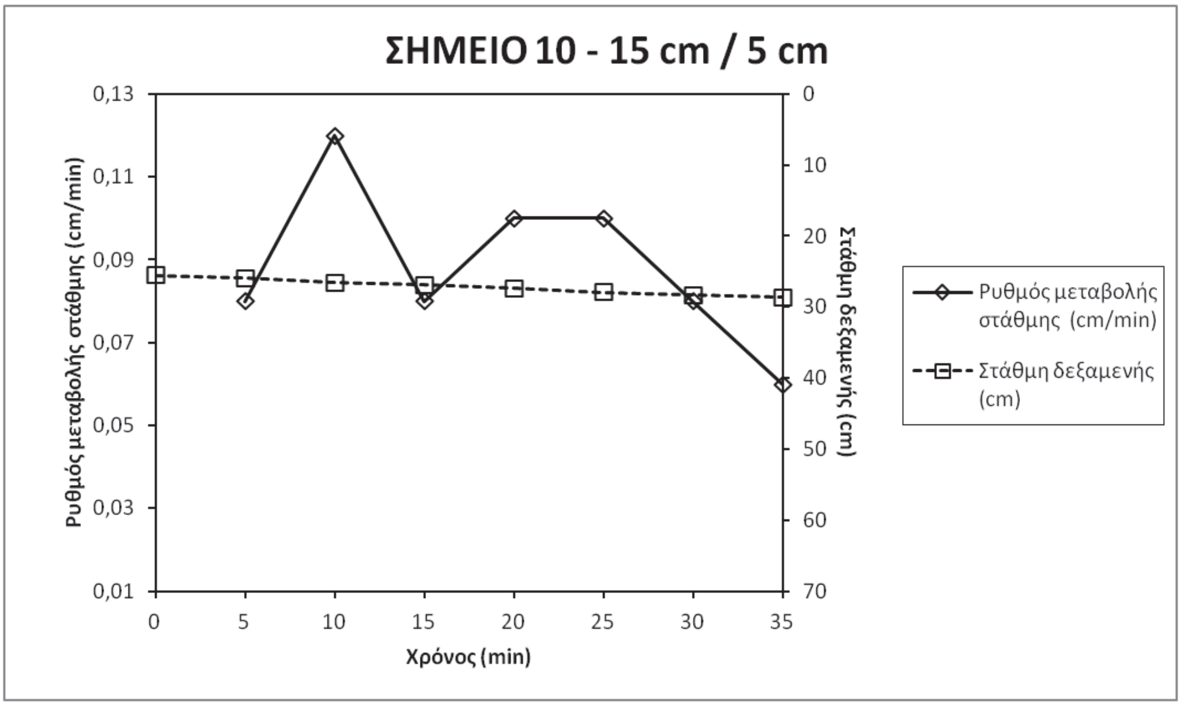


ΣΗΜΕΙΟ 9 - 15 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
0,11
0,1
0,09
0,08
0,07
0,06
0,05
0,04
0,03
0,02
0,01
0
5
10
15
20
25
30
35
Χρόνος (min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
0
10
20
30
40
50
60
70
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

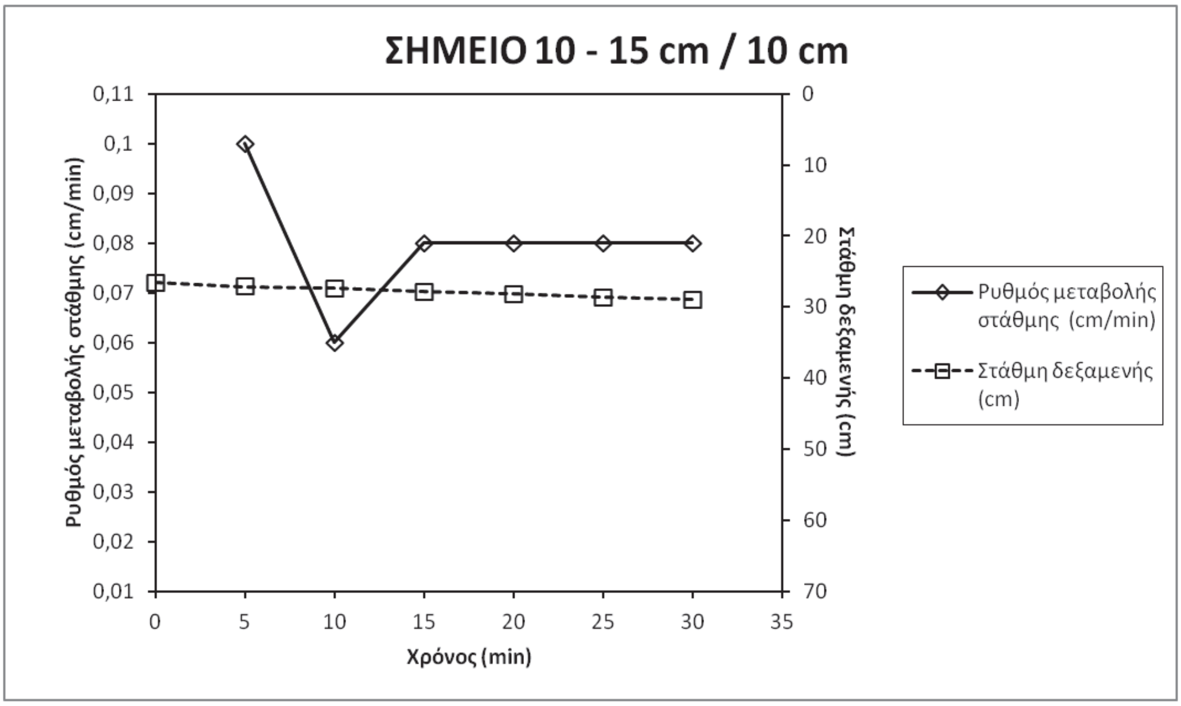

ΣΗΜΕΙΟ 9 - 15 cm / 10 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
0,13
0,11
0,09
0,07
0,05
0,03
0,01
0
5
10
15
20
25
30
35
Χρόνος (min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
0
10
20
30
40
50
60
70
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

ΣΗΜΕΙΟ 10:


15CM
10



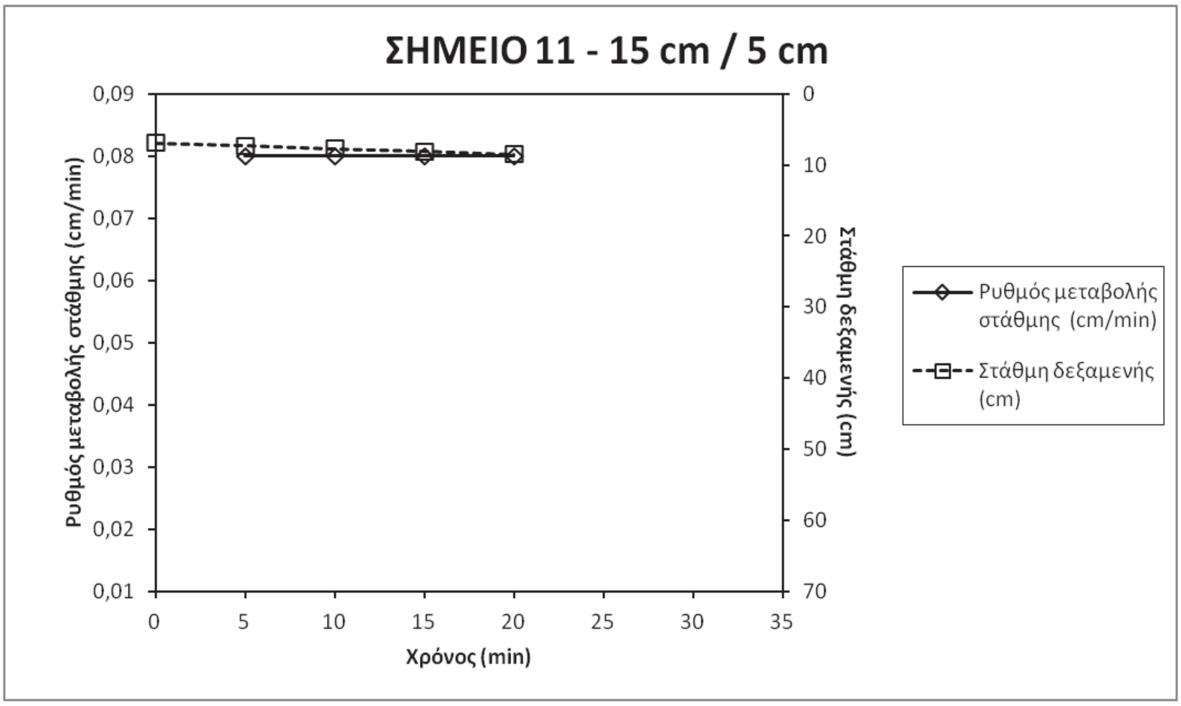
ΣΗΜΕΙΟ 10 - 15 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
0,13
0,11
0,09
0,07
0,05
0,03
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35



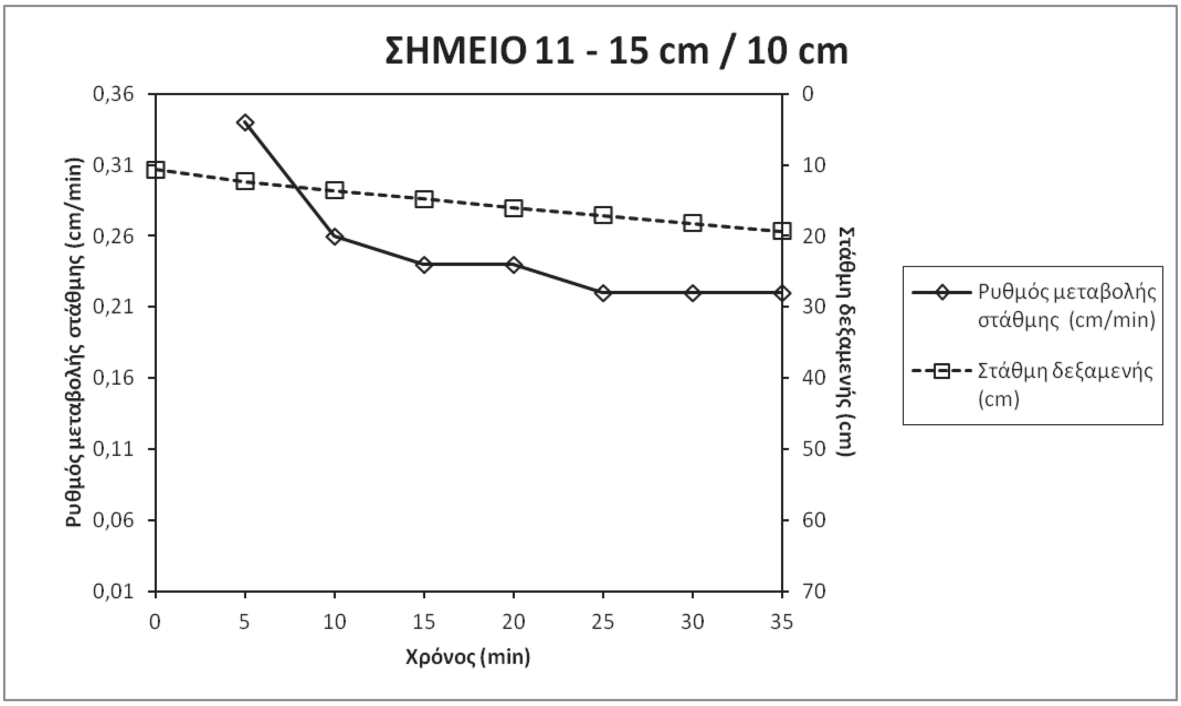
ΣΗΜΕΙΟ 10 - 15 cm / 10 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
0,11
0,1
0,09
0,08
0,07
0,06
0,05
0,04
0,03
0,02
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35

ΣΗΜΕΙΟ 11:

15CM
11

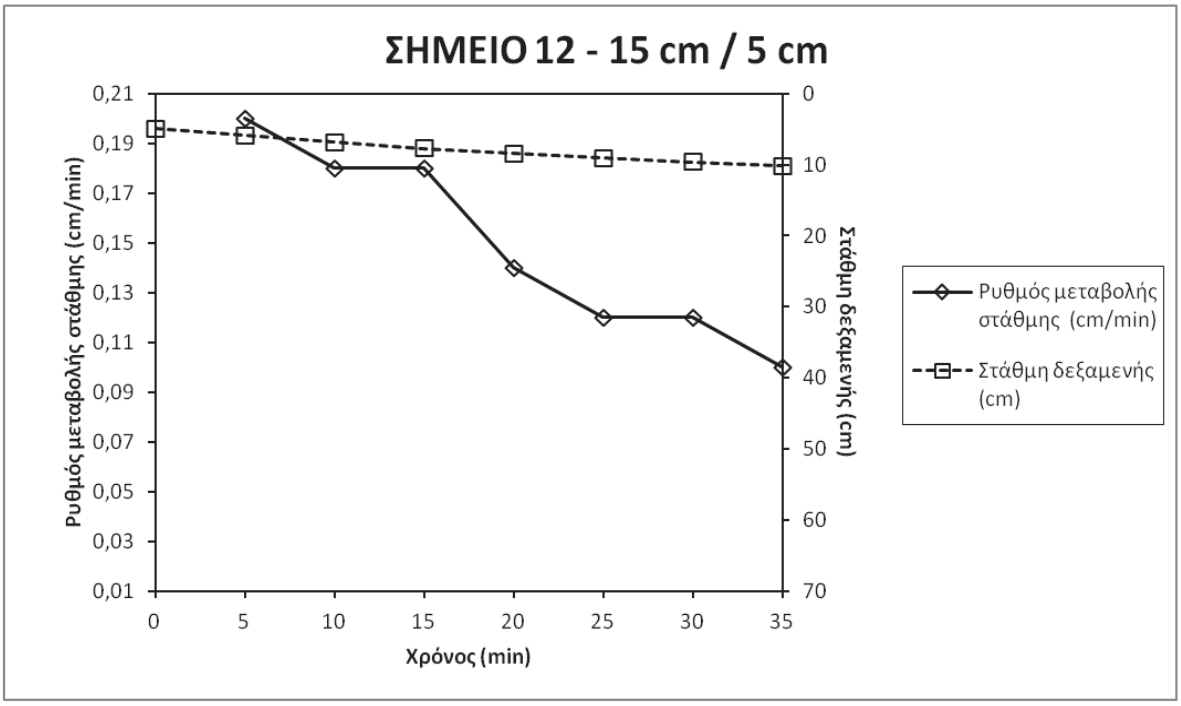


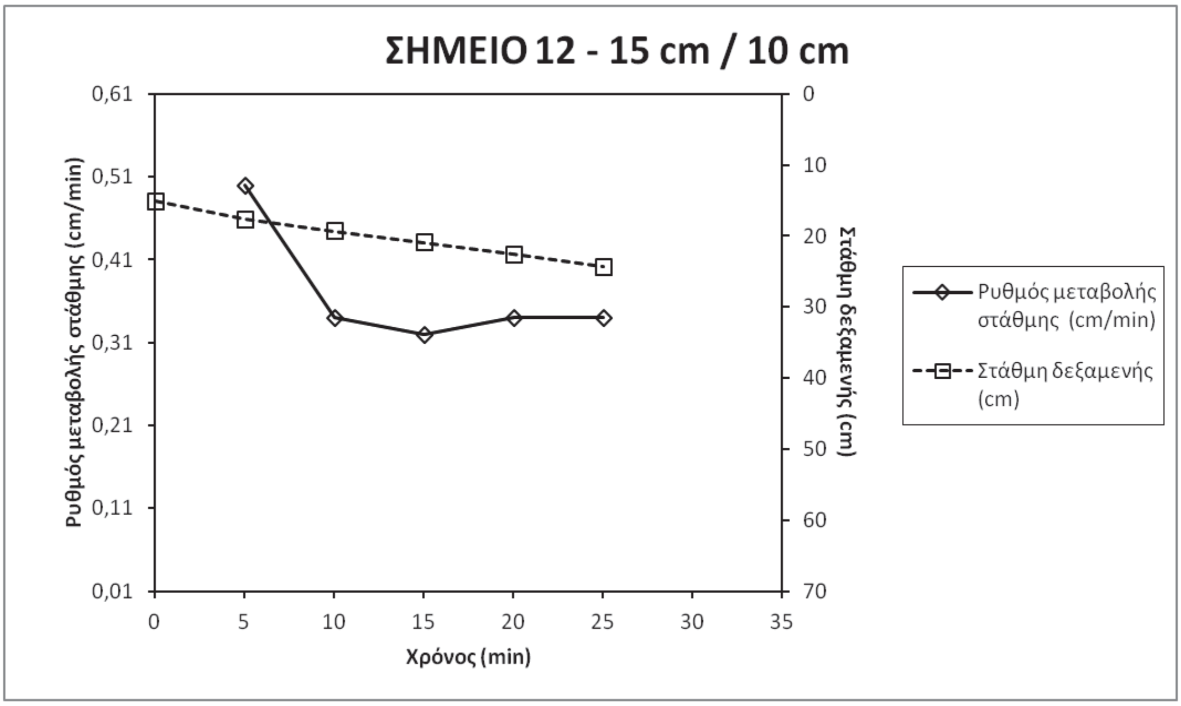
ΣΗΜΕΙΟ 11 - 15 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
0,09
0,08
0,07
0,06
0,05
0,04
0,03
0,02
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)


ΣΗΜΕΙΟ 11 - 15 cm / 10 cm
0,36
0,31
0,26
0,21
0,16
0,11
0,06
0,01
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
0
10
20
30
40
50
60
70
Στάθμη δεξαμενής (cm)
0
5
10
15
20
25
30
35
Χρόνος (min)
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

ΣΗΜΕΙΟ 12:

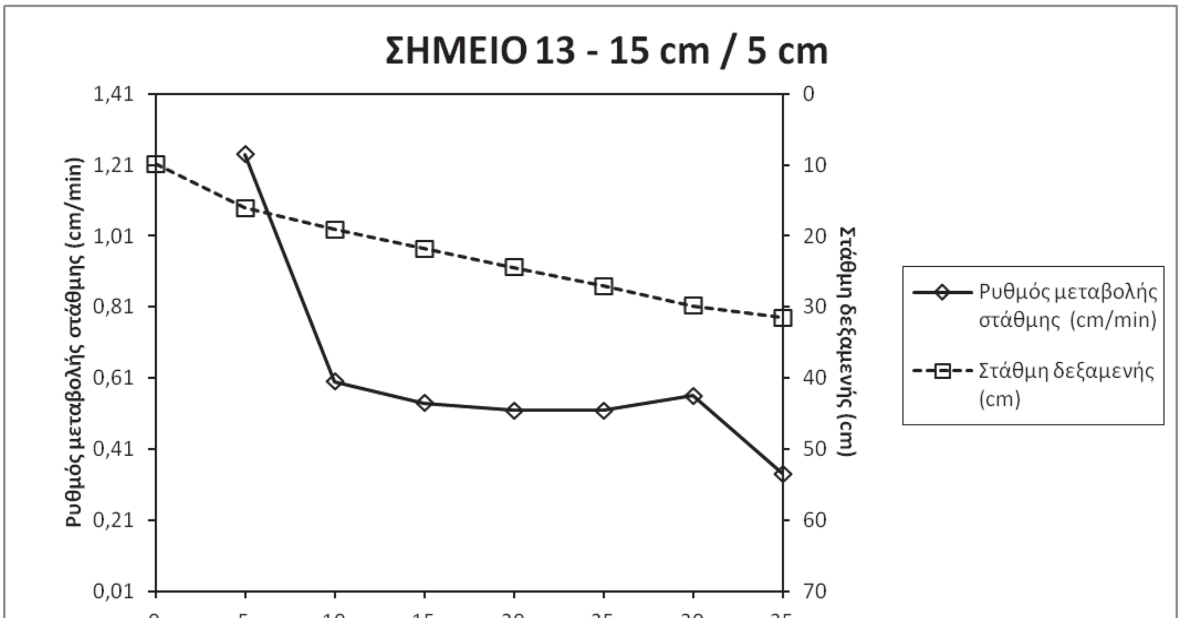

15CM
12


ΣΗΜΕΙΟ 12 - 15 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
0,21
0,19
0,17
0,15
0,13
0,11
0,09
0,07
0,05
0,03
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
Στάθμη δεξαμενής (cm)
0 5 10 15 20 25 30 35
Χρόνος (min)
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

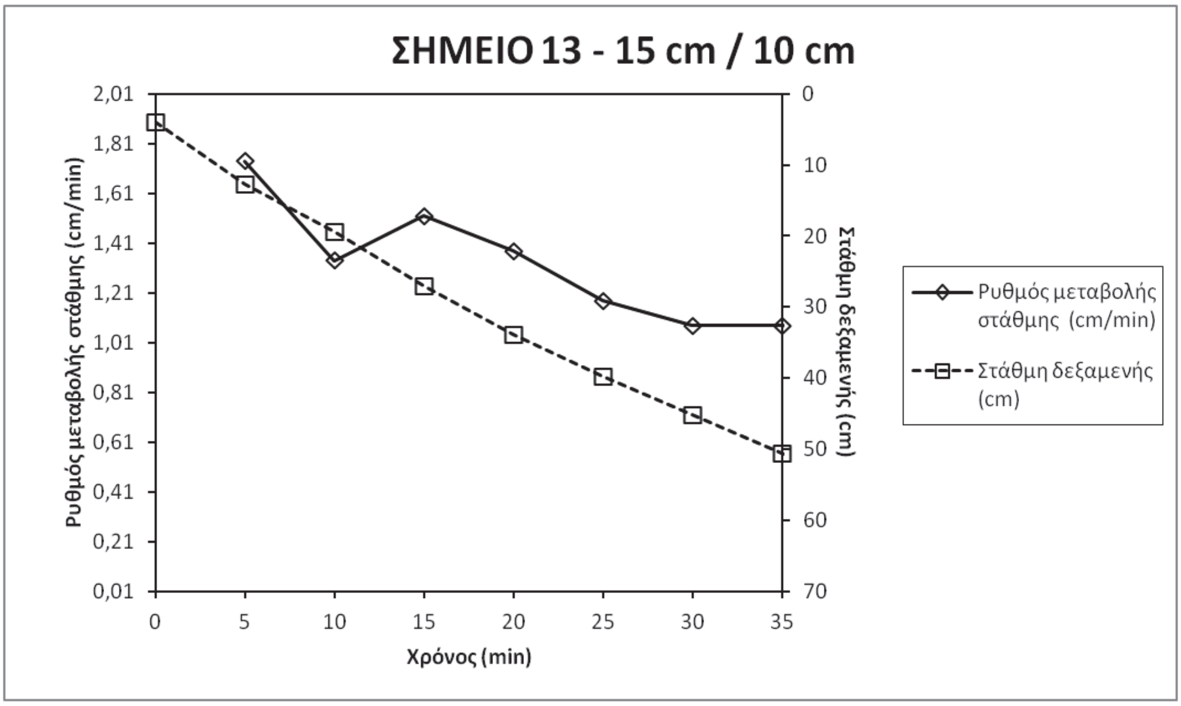

ΣΗΜΕΙΟ 12 - 15 cm / 10 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
0,61
0,51
0,41
0,31
0,21
0,11
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
Στάθμη δεξαμενής (cm)
0 5 10 15 20 25 30 35
Χρόνος (min)
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

ΣΗΜΕΙΟ 13:

15CM
13

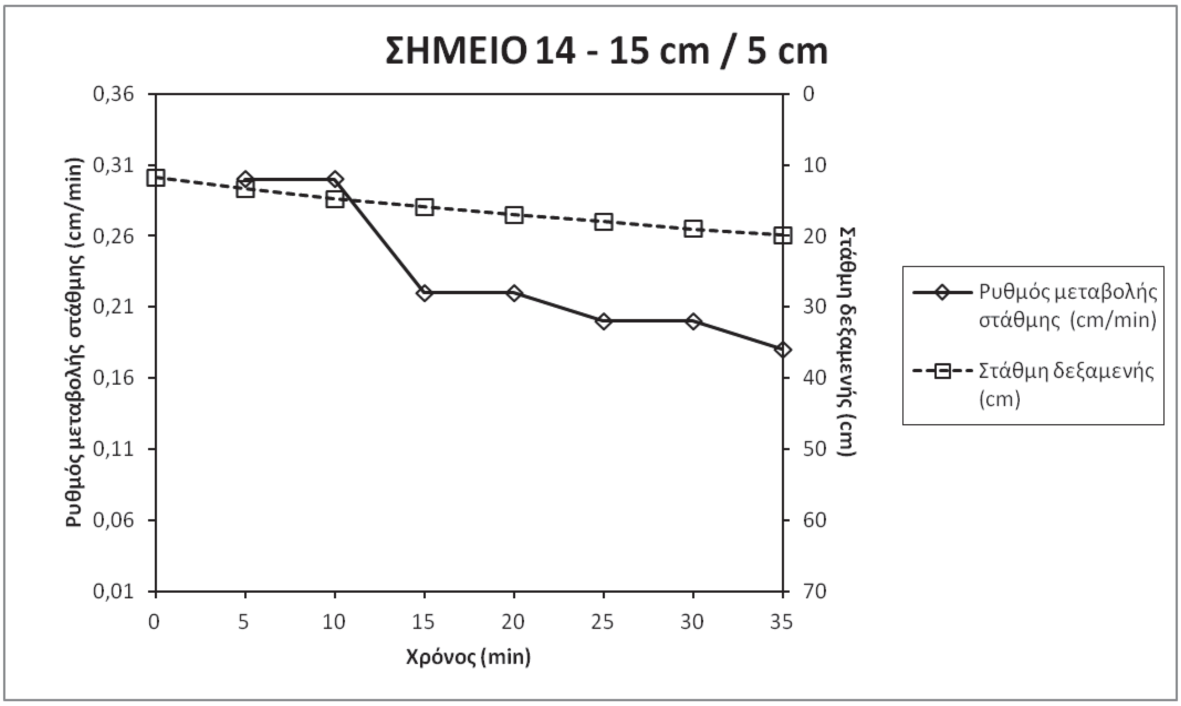


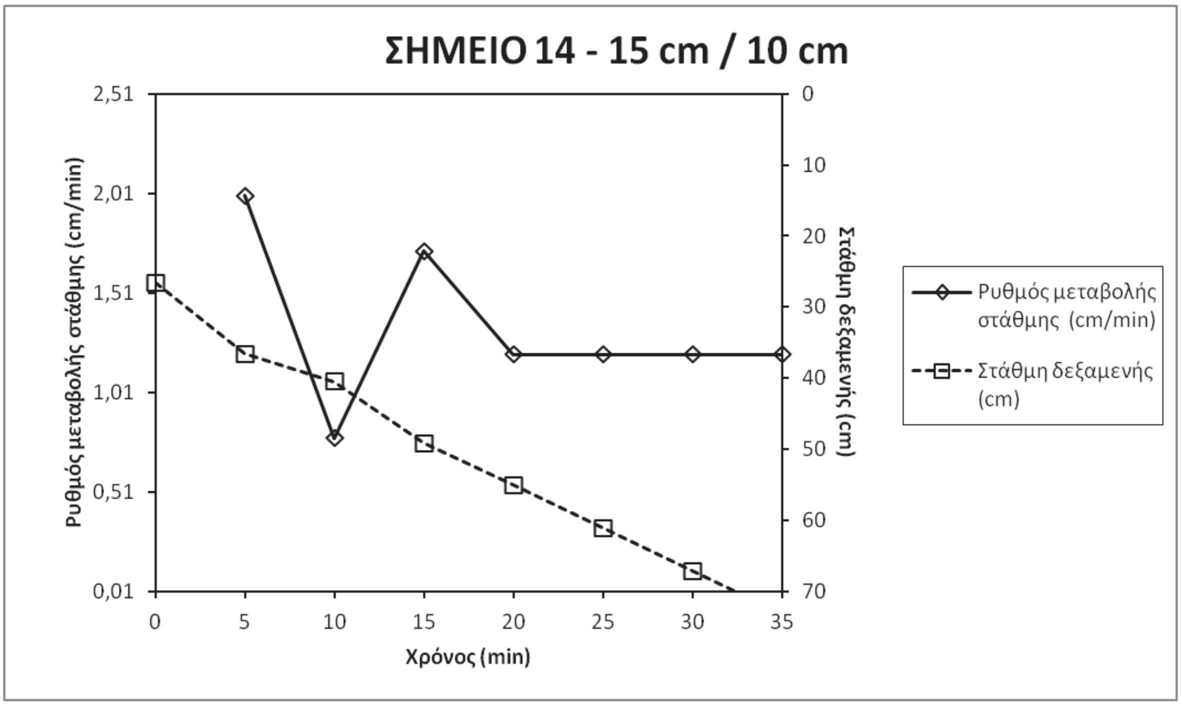
ΣΗΜΕΙΟ 13 - 15 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
1,41
1,21
1,01
0,81
0,61
0,41
0,21
0,01
Στάθμη δεξαμενής (cm)
0
10
20
30
40
50
60
70
Χρόνος (min)
0
5
10
15
20
25
30
35
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)


ΣΗΜΕΙΟ 13 - 15 cm / 10 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
2,01
1,81
1,61
1,41
1,21
1,01
0,81
0,61
0,41
0,21
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35

ΣΗΜΕΙΟ 14:

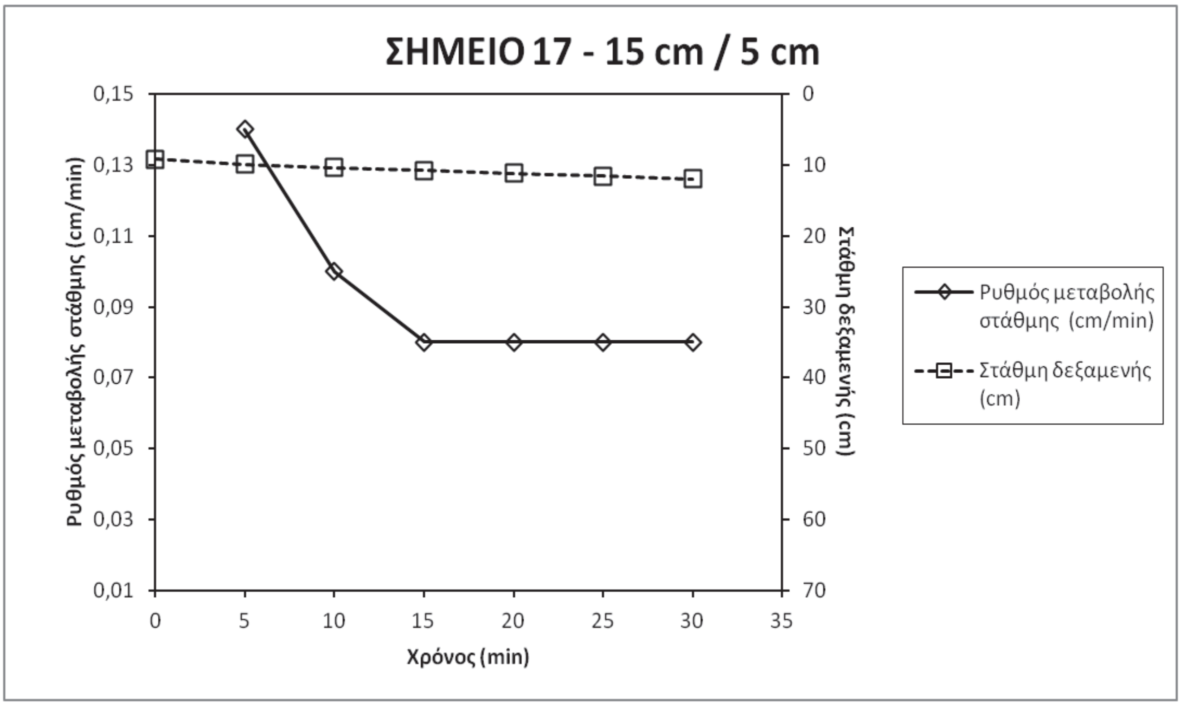

15CM
14


ΣΗΜΕΙΟ 14 - 15 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
0,36
0,31
0,26
0,21
0,16
0,11
0,06
0,01
0
5
10
15
20
25
30
35
Χρόνος (min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
0
10
20
30
40
50
60
70
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

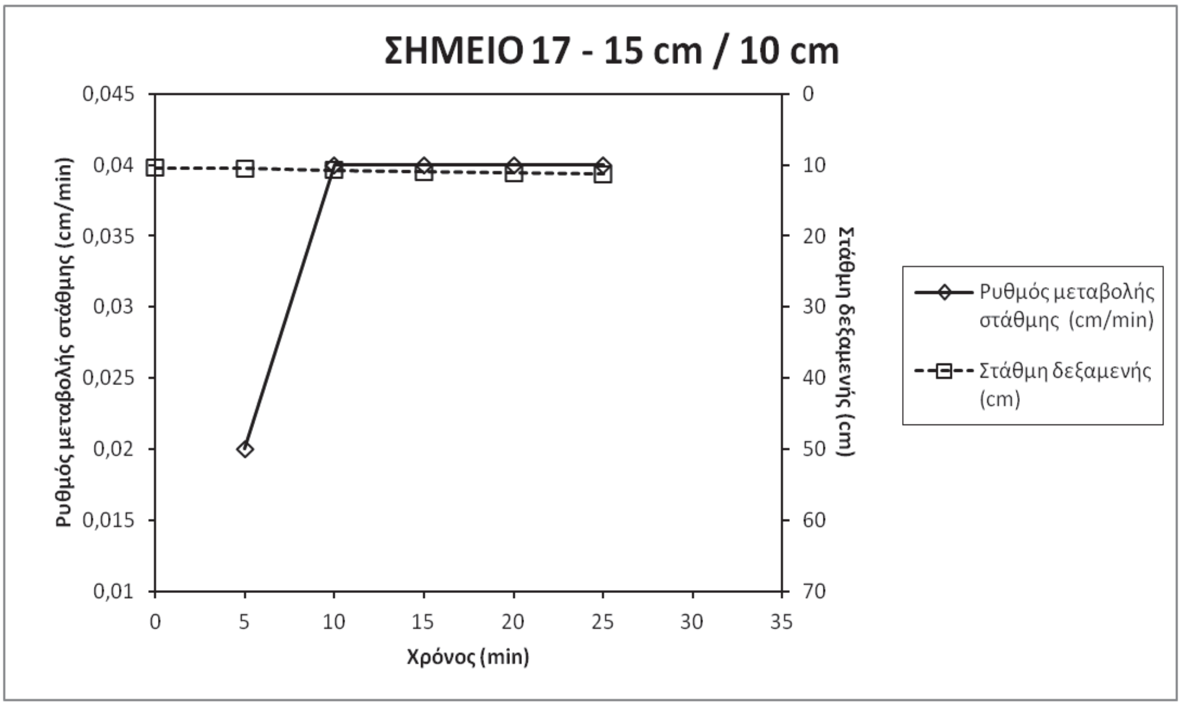

ΣΗΜΕΙΟ 14 - 15 cm / 10 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
2,51
2,01
1,51
1,01
0,51
0,01
0
5
10
15
20
25
30
35
Χρόνος (min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
0
10
20
30
40
50
60
70
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

ΣΗΜΕΙΟ 17:

15CM
17

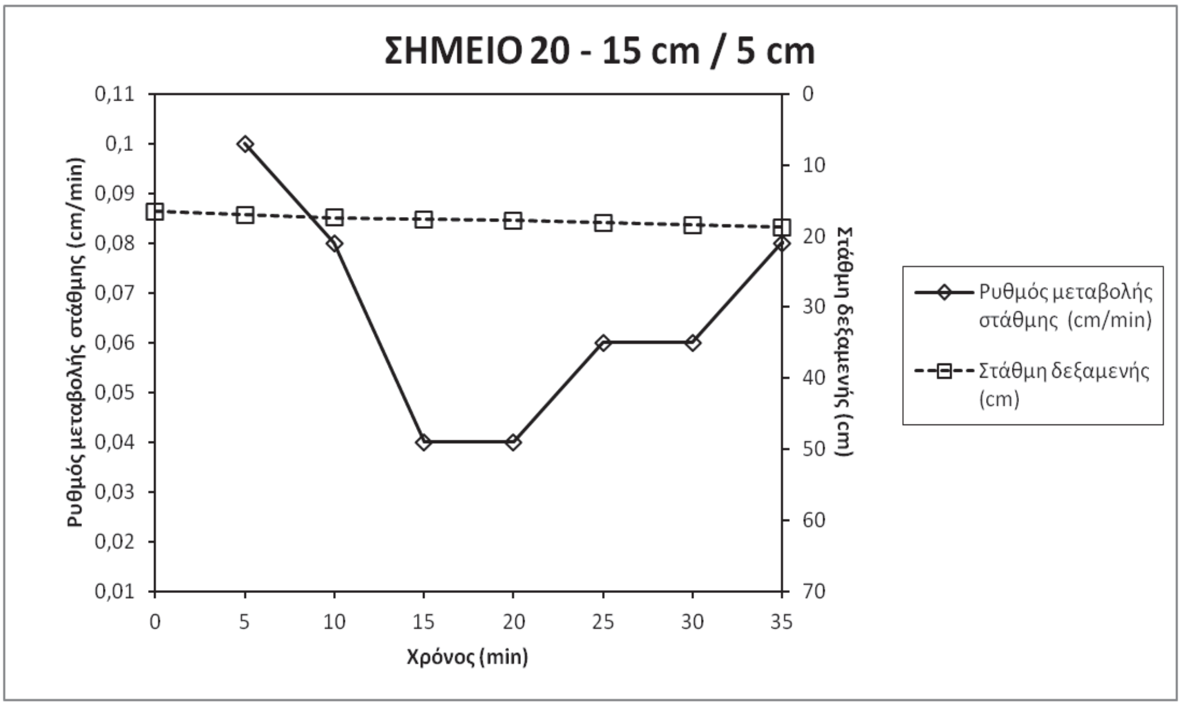


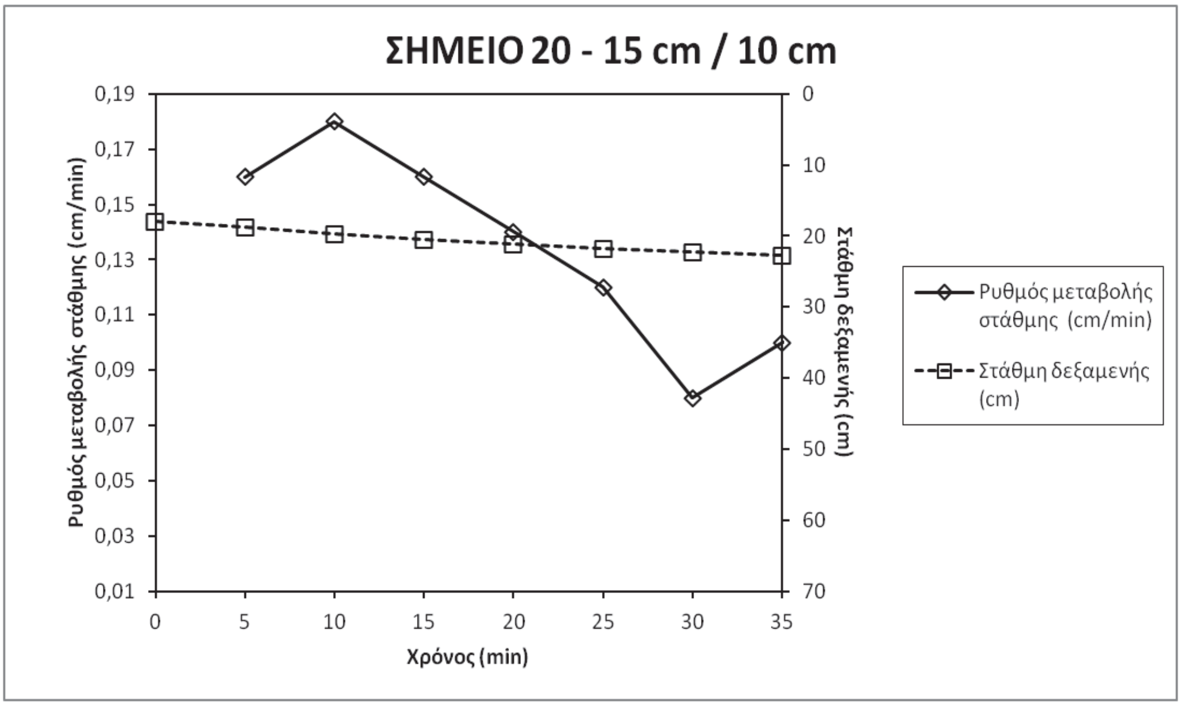
ΣΗΜΕΙΟ 17 - 15 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
0,15
0,13
0,11
0,09
0,07
0,05
0,03
0,01
0
5
10
15
20
25
30
35
Χρόνος (min)
0
10
20
30
40
50
60
70
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)


ΣΗΜΕΙΟ 17 - 15 cm / 10 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
0,045
0,04
0,035
0,03
0,025
0,02
0,015
0,01
0
5
10
15
20
25
30
35
Χρόνος (min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
0
10
20
30
40
50
60
70
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

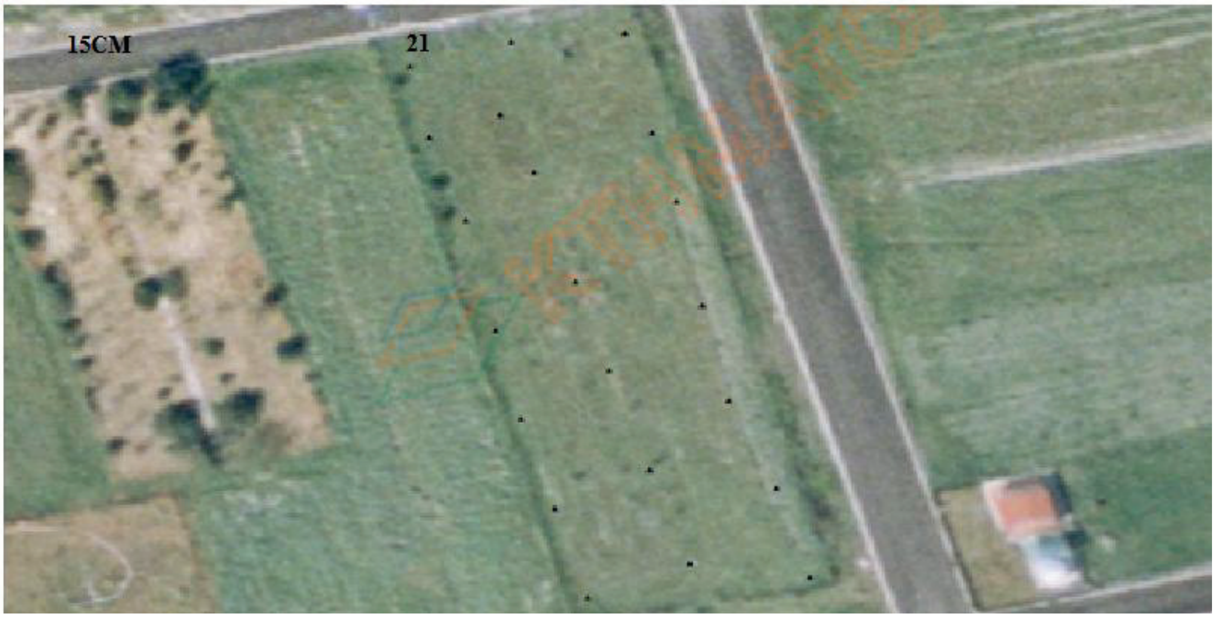
ΣΗΜΕΙΟ 20:

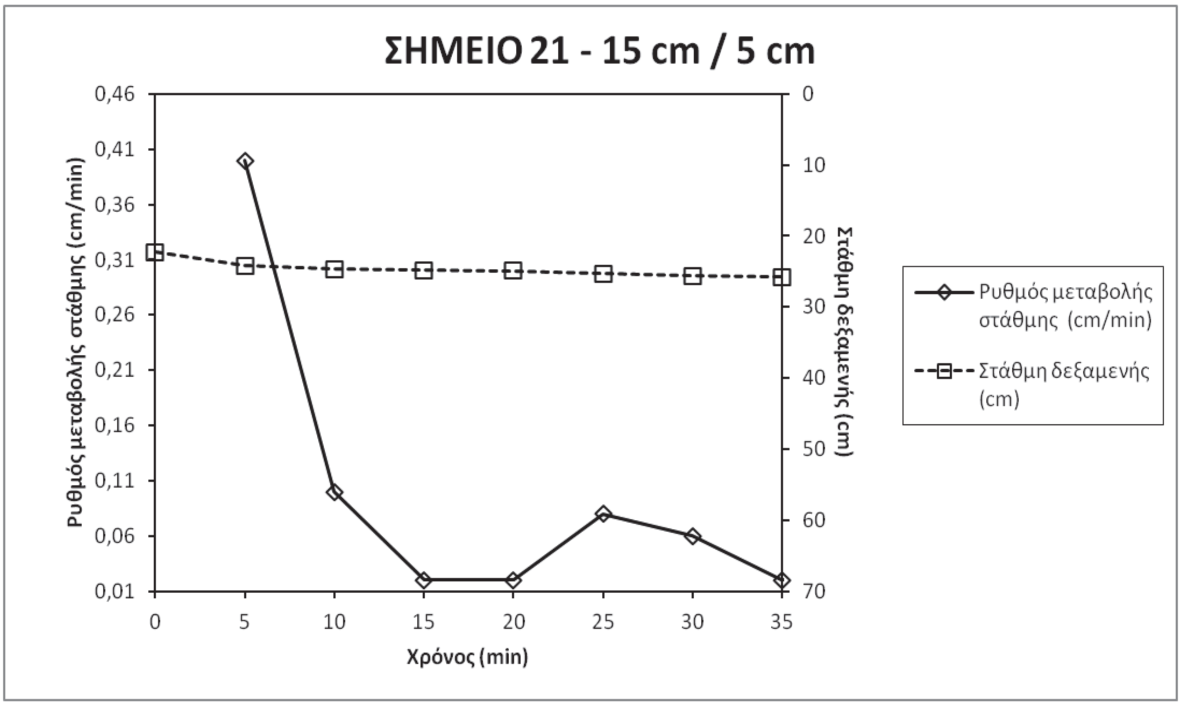

15CM
20


ΣΗΜΕΙΟ 20 - 15 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
0,11
0,1
0,09
0,08
0,07
0,06
0,05
0,04
0,03
0,02
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
0 5 10 15 20 25 30 35
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)


ΣΗΜΕΙΟ 20 - 15 cm / 10 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
0,19
0,17
0,15
0,13
0,11
0,09
0,07
0,05
0,03
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
0 5 10 15 20 25 30 35
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

ΣΗΜΕΙΟ 21:





Τις τιμές από τις μετρήσεις στα σημεία 1,4,5,7,15,16,17,18,19,20,21 όπως φαίνεται στην εικόνα 5.12

Εικόνα 5.12 πειραματικός αγρός στα 30cm

τοποθετήθηκαν σε δύο συγκεντρωτικούς πίνακες(πίνακες 5.13-5.14)

α/α	ΣΗΜΕΙΟ	Ημερομηνία	Συντεταγμένες				
			x	y	Βάθος (cm)	R1 (cm/min)	R2 (cm/min)
1	**1**	1/11/2013	279548	4249126	30,20	0,10	1,22
2	**4**	2/11/2013	279535	4249178	30,60	0,06	2,50
3	**5**	1/11/2013	279532	4249198	30,06	1,08	0,34
4	**7**	31/10/2013	279529	4249232	31,20	0,02	0,52
5	**15**	5/6/2013	279518	4249123	30,06	0,04	0,06
6	**16**	7/6/2013	279514	4249140	30,02	0,04	0,06
7	**17**	6/6/2013	279509	4249157	30,00	0,40	0,40
8	**18**	4/10/2013	279507	4249174	30,30	0,04	0,14
9	**19**	15/10/2013	279501	4249197	30,70	0,14	0,22
10	**20**	18/10/2013	279499	4249211	30,40	0,04	0,02
11	**21**	6/6/2013	279496	4249224	31,60	0,12	0,16

Πίνακας 5.13

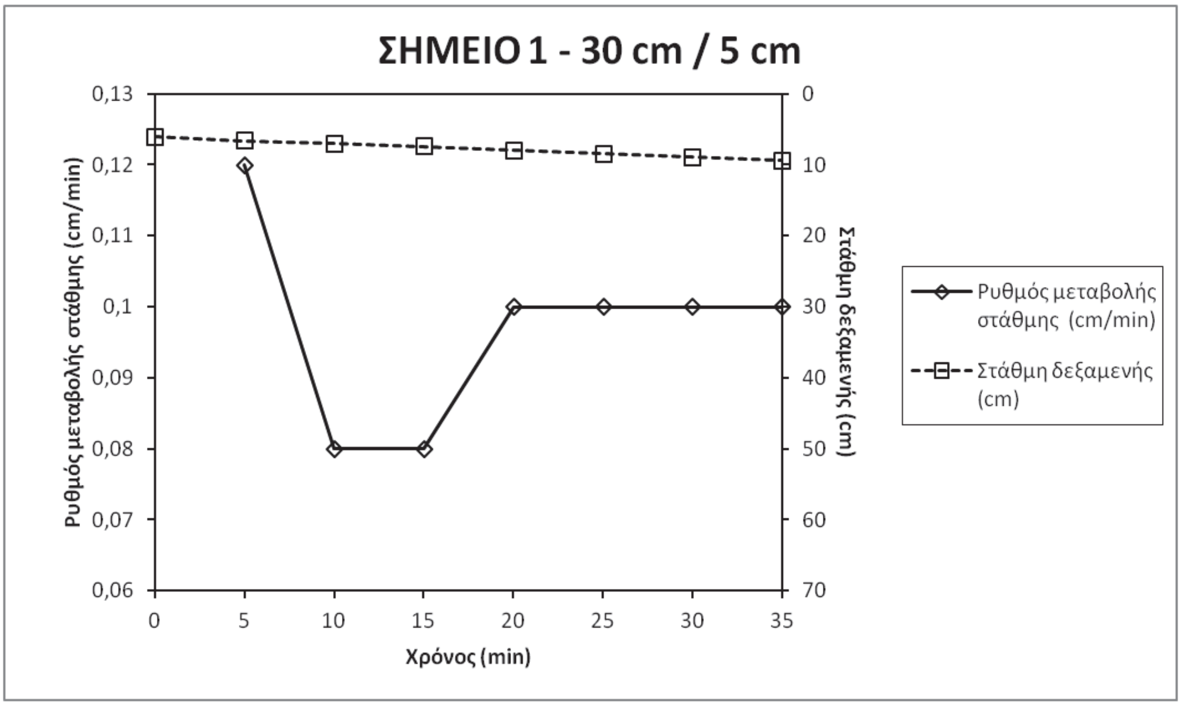
α/α	ΣΗΜΕΙΟ	Μέθοδος με μια τιμή φορτίου πίεσης (Single Head Method)		Μέθοδος με δύο τιμές φορτίου πίεσης (Double Head Method)	
		Ksf (average) (cm/min)	Ksf (average) (cm/day)	Ksf (cm/min)	Ksf (cm/day)
1	**1**	1,90E-02	2,74E+01	6,71E-02	9,66E+01
2	**4**	2,14E-03	3,08E+00	9,37E-03	1,35E+01
3	**5**	6,56E-03	9,45E+00	----------	-----------
4	**7**	4,60E-04	6,63E-01	1,91E-03	2,75E+00
5	**15**	1,50E-04	2,16E-01	9,10E-05	1,31E-01
6	**16**	1,50E-04	2,16E-01	9,10E-05	1,31E-01
7	**17**	1,79E-02	2,58E+01	-1,11E-02	-1,60E+01
8	**18**	3,09E-03	4,45E+00	5,13E-03	7,38E+00
9	**19**	7,32E-03	1,05E+01	1,10E-03	1,58E+00
10	**20**	1,53E-03	2,21E+00	-2,36E-03	-3,40E+00
11	**21**	5,90E-03	8,50E+00	-8,40E-04	-1,21E+00

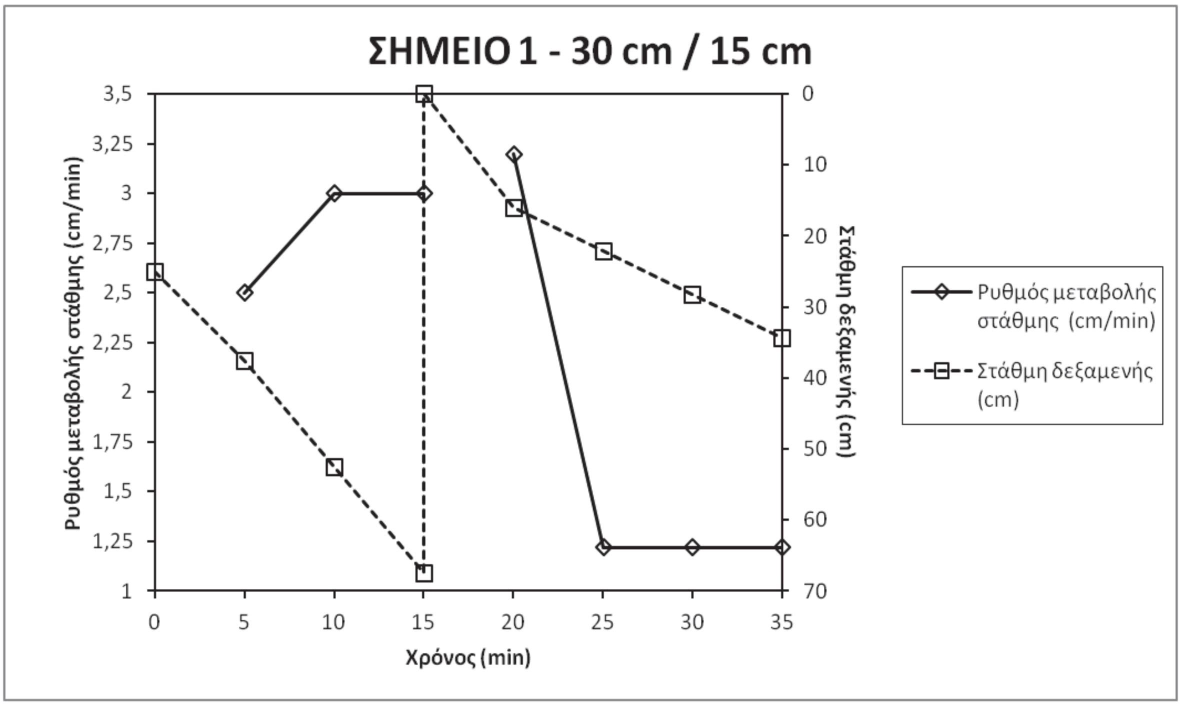
Πίνακας 5.14

Από τους πίνακες παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη τιμή 6,71E-02 cm/day είναι στο σημείο 1 και η μικρότερη τιμή 9,10E-05 στο σημείο 15,16.Και οι δύο αυτές τιμές είναι με τη μέθοδο με μια τιμή φορτίου πίεσης ενώ με τη μέθοδο με δύο τιμές φορτίου πίεσης η μεγαλύτερη τιμή 9,66E+01 cm/day είναι στο σημείο 1 και η μικρότερη -1,60E+01cm/day στο σημείο 17.Για αυτά τα σημεία κατασκευάσαμε τις εξής γραφικές παραστάσεις όπως φαίνεται πιο κάτω:

ΣΗΜΕΙΟ 1:

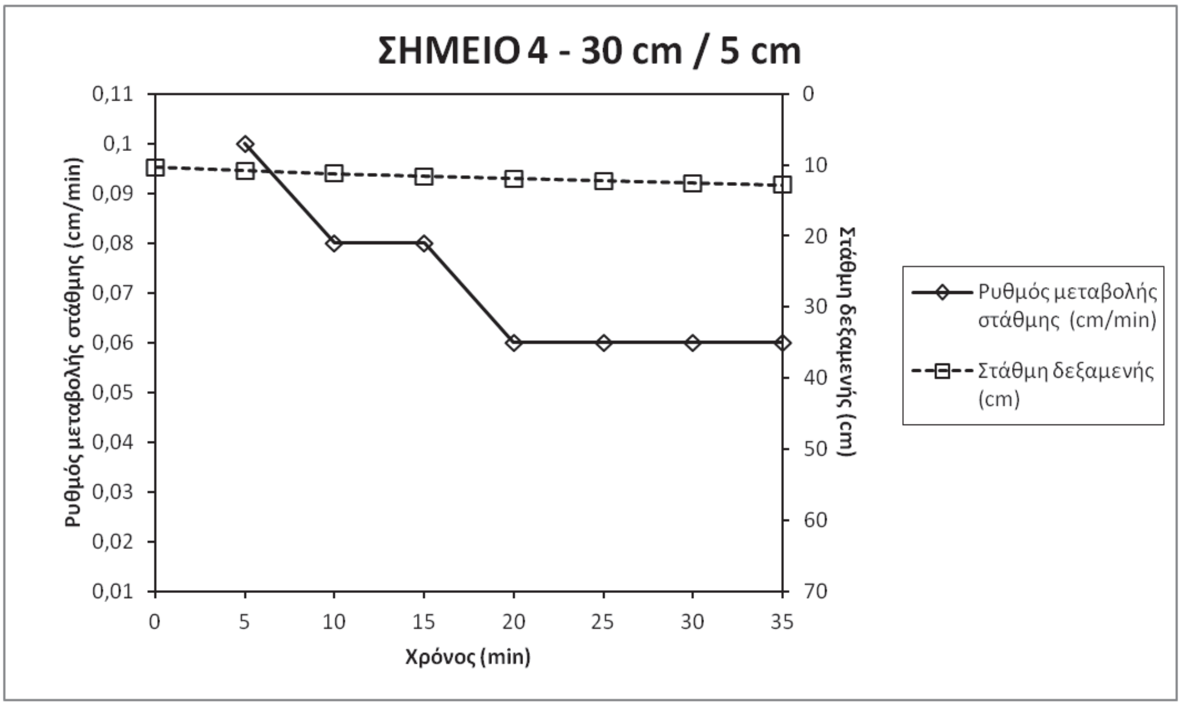

30CM
1


ΣΗΜΕΙΟ 1 - 30 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
0,13
0,12
0,11
0,1
0,09
0,08
0,07
0,06
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

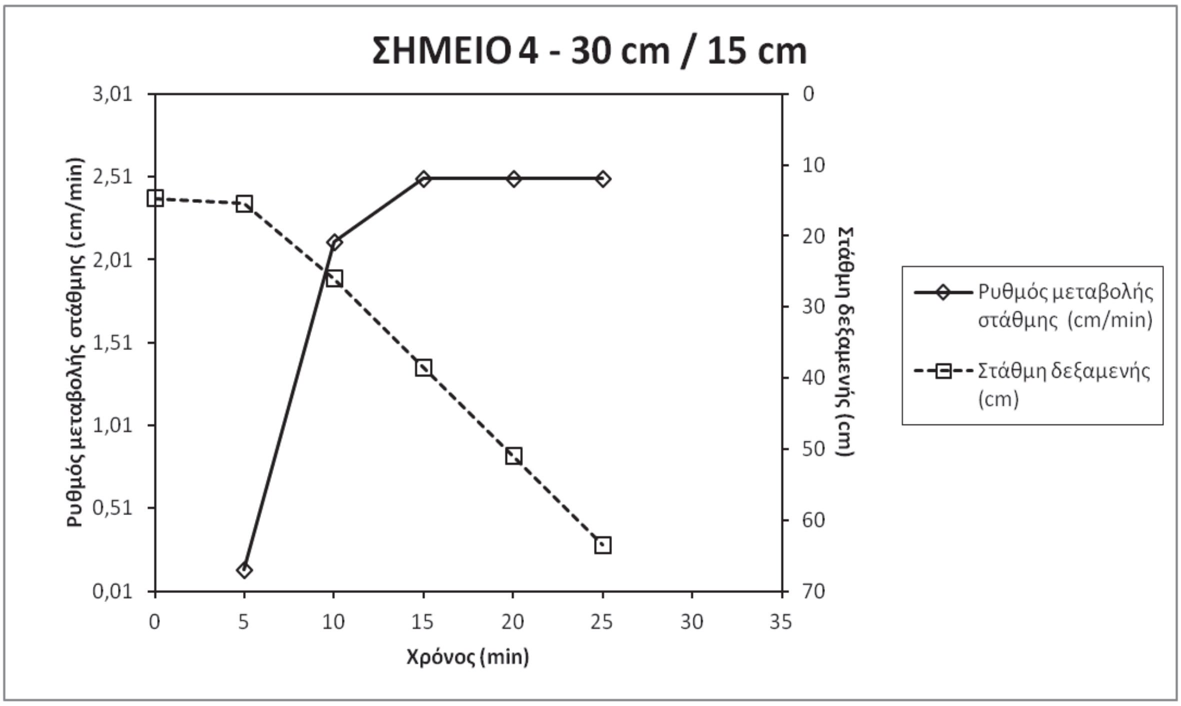

ΣΗΜΕΙΟ 1 - 30 cm / 15 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
3,5
3,25
3
2,75
2,5
2,25
2
1,75
1,5
1,25
1
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35

ΣΗΜΕΙΟ 4:


30CM
4



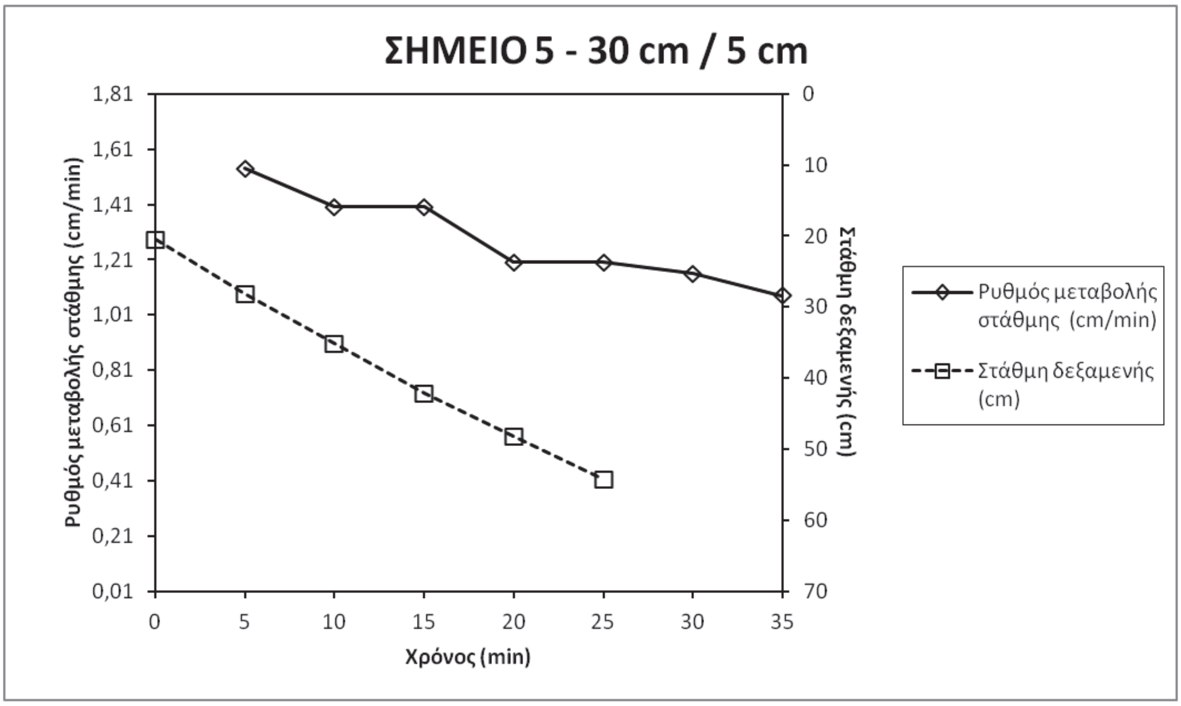
ΣΗΜΕΙΟ 4 - 30 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
0,11
0,1
0,09
0,08
0,07
0,06
0,05
0,04
0,03
0,02
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)



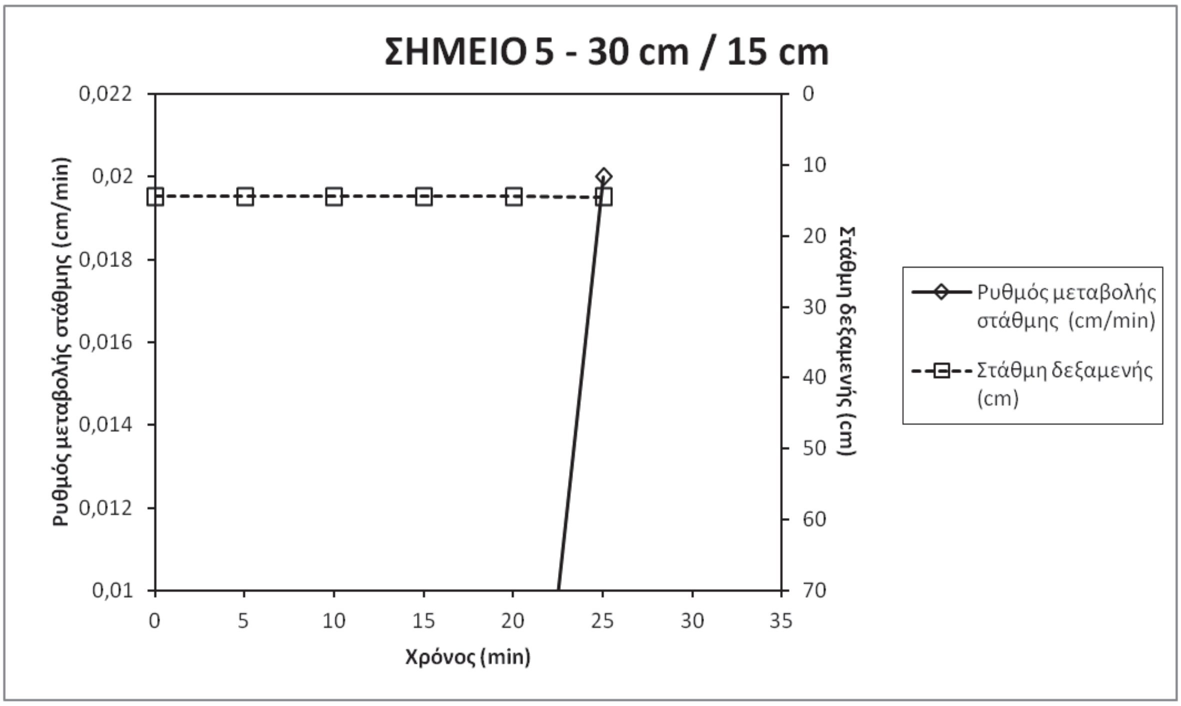
ΣΗΜΕΙΟ 4 - 30 cm / 15 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
3,01
2,51
2,01
1,51
1,01
0,51
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

ΣΗΜΕΙΟ 5:

30CM
5



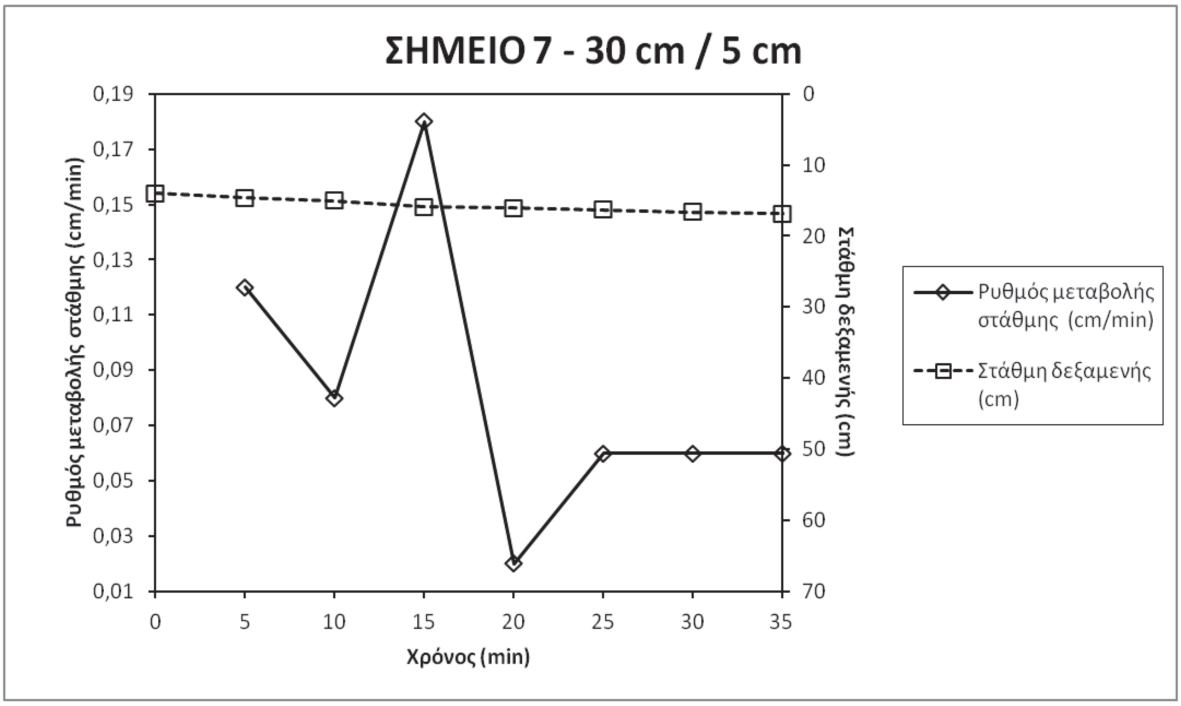
ΣΗΜΕΙΟ 5 - 30 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
1,81
1,61
1,41
1,21
1,01
0,81
0,61
0,41
0,21
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

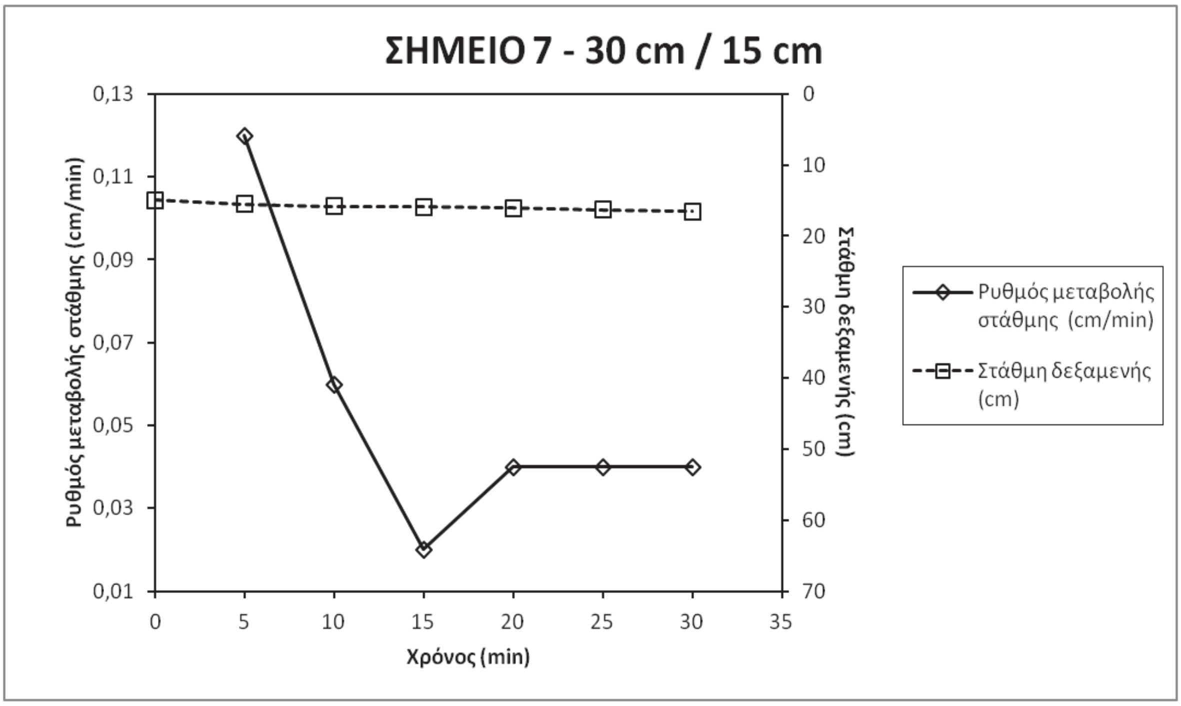


ΣΗΜΕΙΟ 5 - 30 cm / 15 cm
0,022
0,02
0,018
0,016
0,014
0,012
0,01
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
0
10
20
30
40
50
60
70
Στάθμη δεξαμενής (cm)
0
5
10
15
20
25
30
35
Χρόνος (min)
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

ΣΗΜΕΙΟ 7:

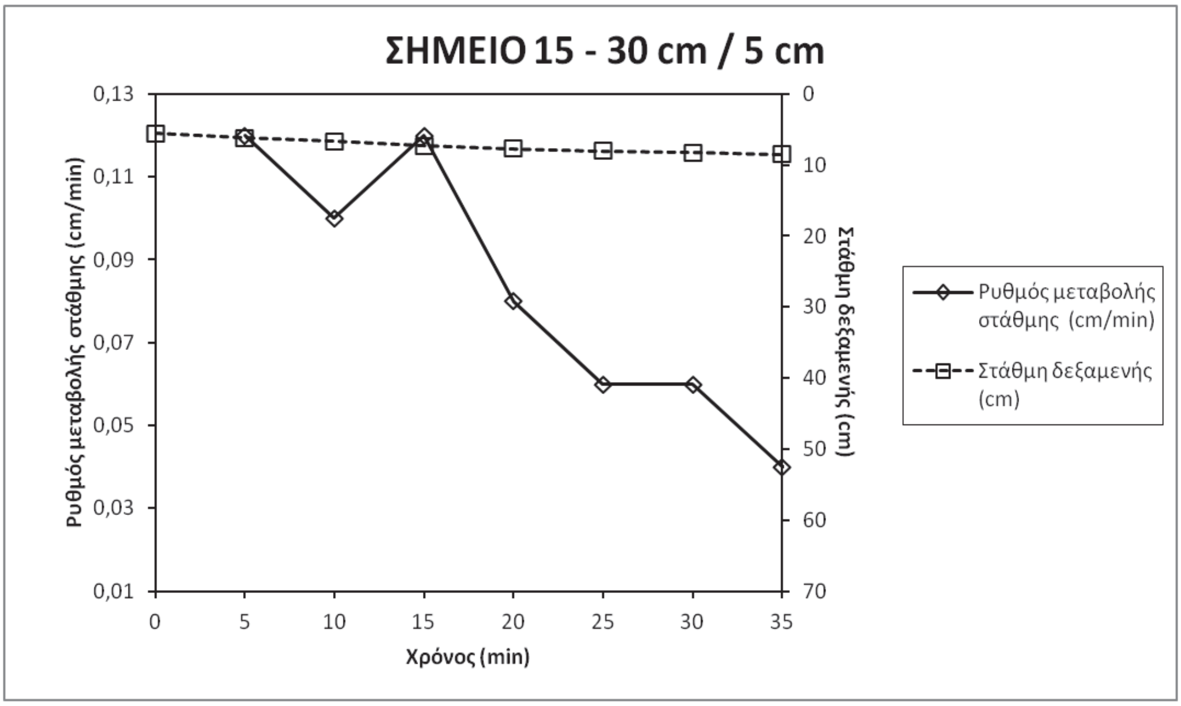
7
30CM


ΣΗΜΕΙΟ 7 - 30 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
0,19
0,17
0,15
0,13
0,11
0,09
0,07
0,05
0,03
0,01
0
5
10
15
20
25
30
35
Χρόνος (min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
0
10
20
30
40
50
60
70
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

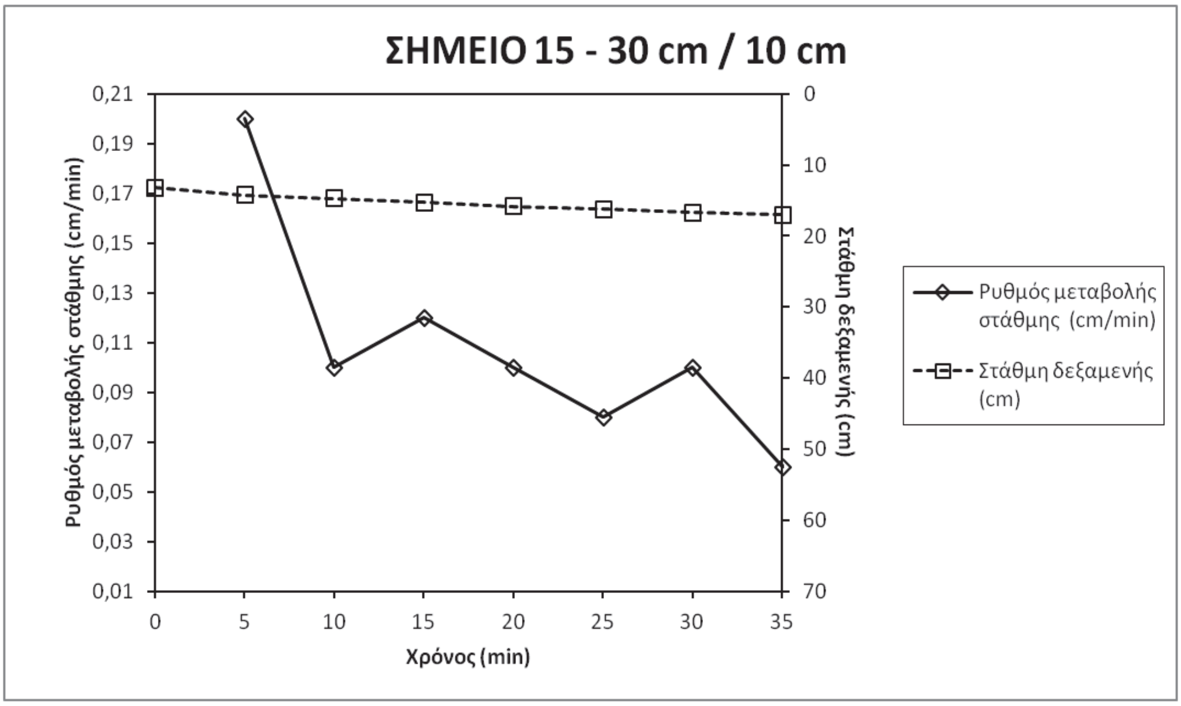

ΣΗΜΕΙΟ 7 - 30 cm / 15 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
0,13
0,11
0,09
0,07
0,05
0,03
0,01
0
5
10
15
20
25
30
35
Χρόνος (min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
0
10
20
30
40
50
60
70
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

ΣΗΜΕΙΟ 15:

30CM
15

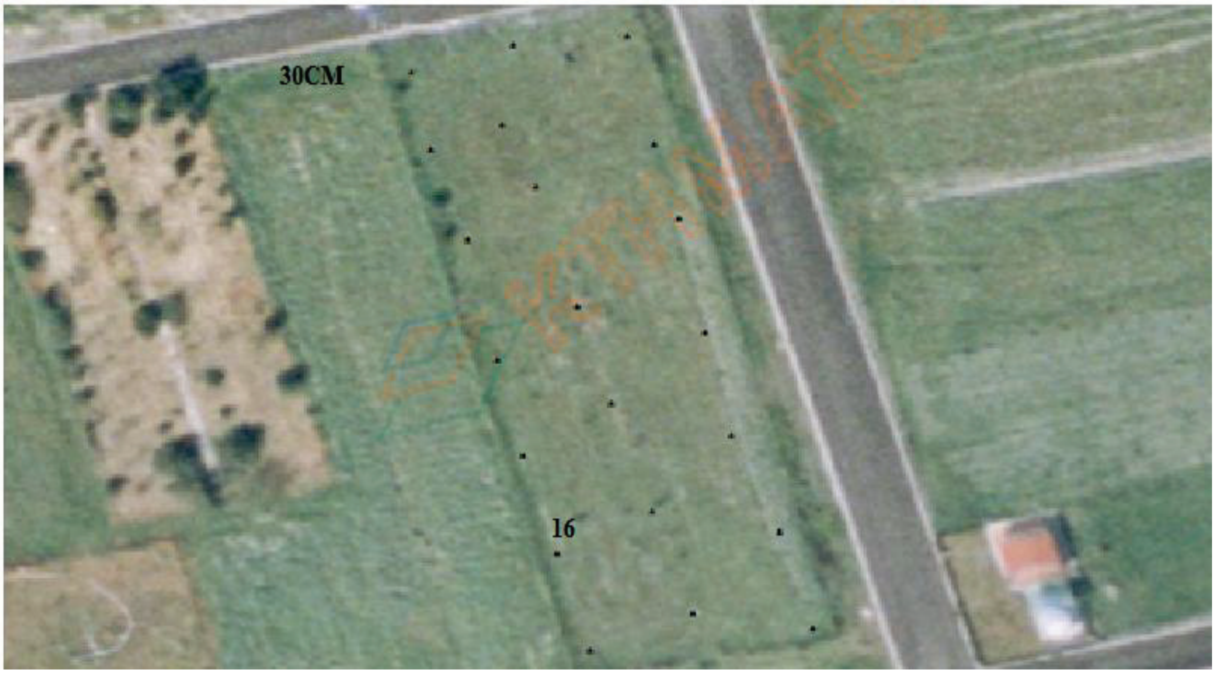


ΣΗΜΕΙΟ 15 - 30 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
0,13
0,11
0,09
0,07
0,05
0,03
0,01
0
5
10
15
20
25
30
35
Χρόνος (min)
0
10
20
30
40
50
60
70
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

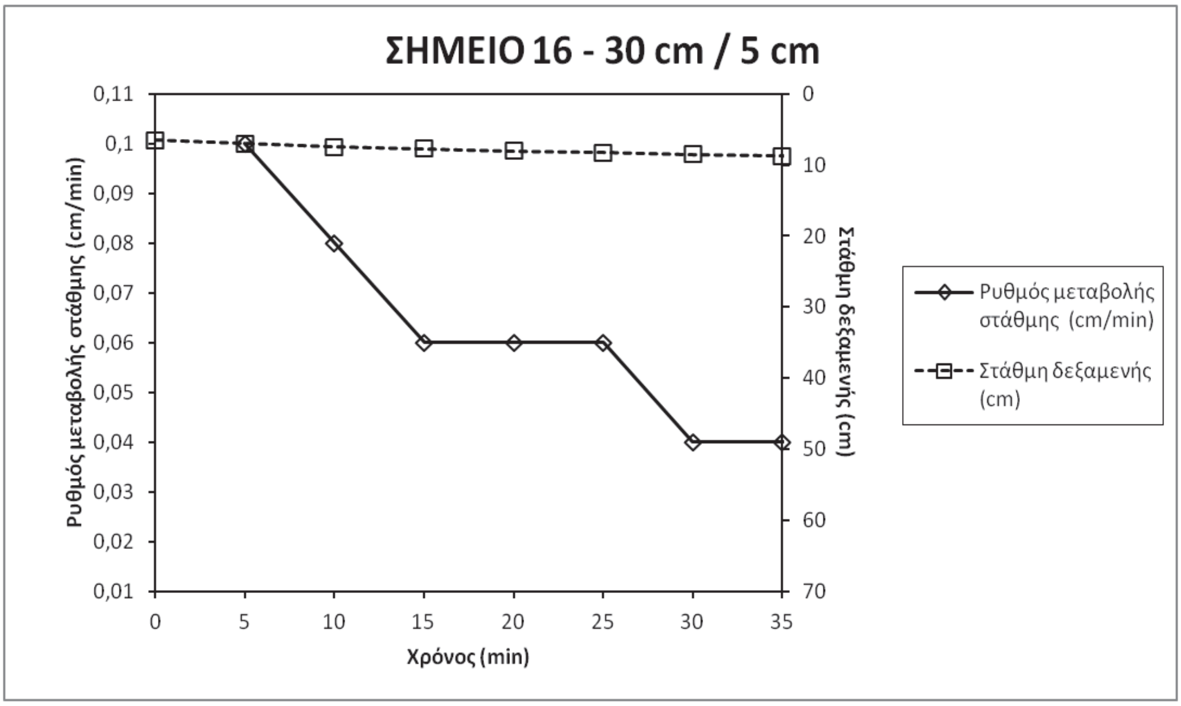


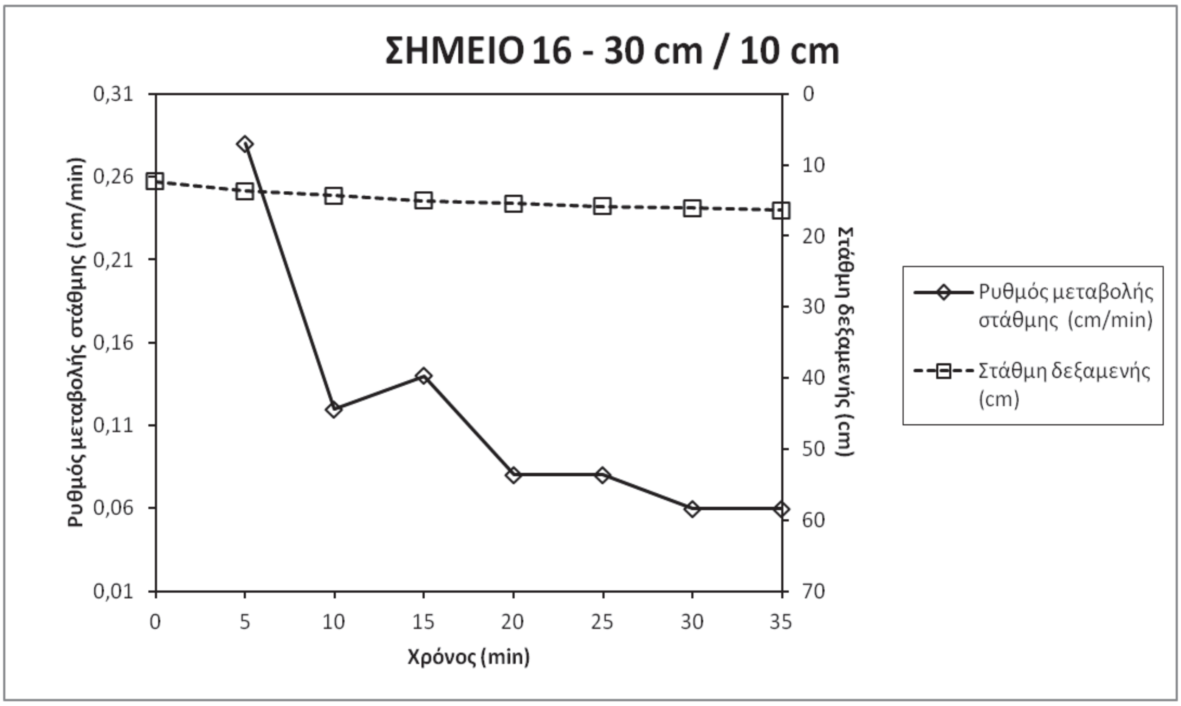
ΣΗΜΕΙΟ 15 - 30 cm / 10 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
0,21
0,19
0,17
0,15
0,13
0,11
0,09
0,07
0,05
0,03
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

ΣΗΜΕΙΟ 16:



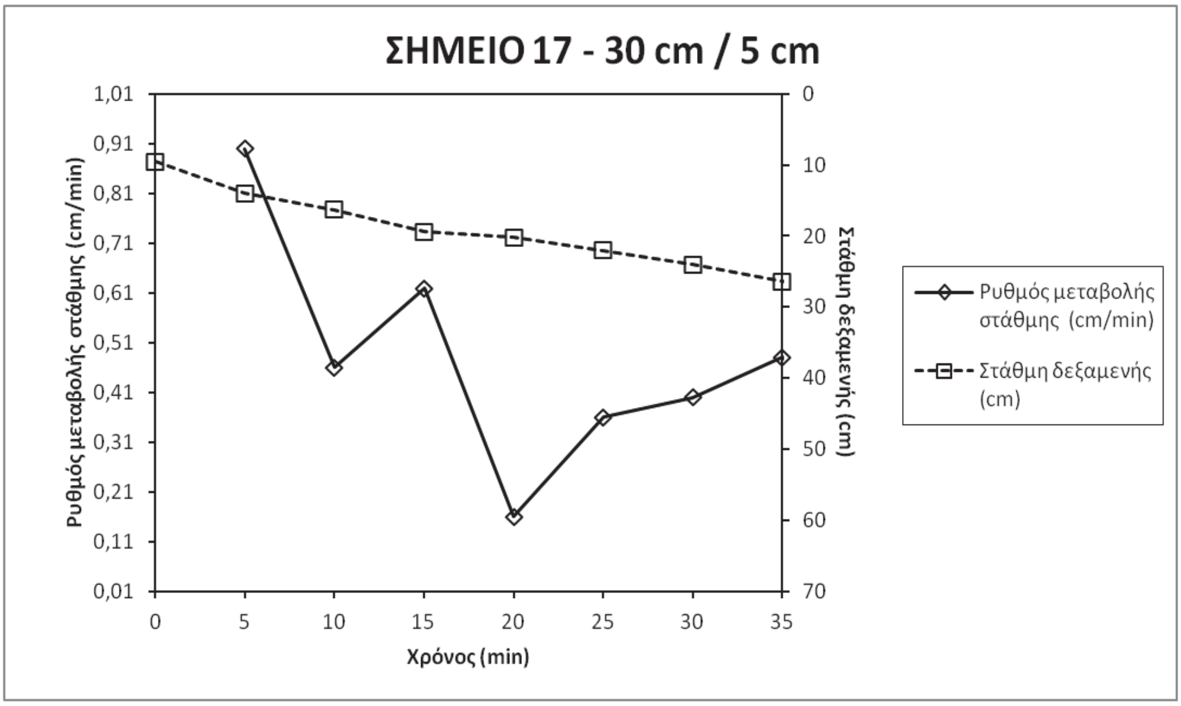
30CM
16


ΣΗΜΕΙΟ 16 - 30 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

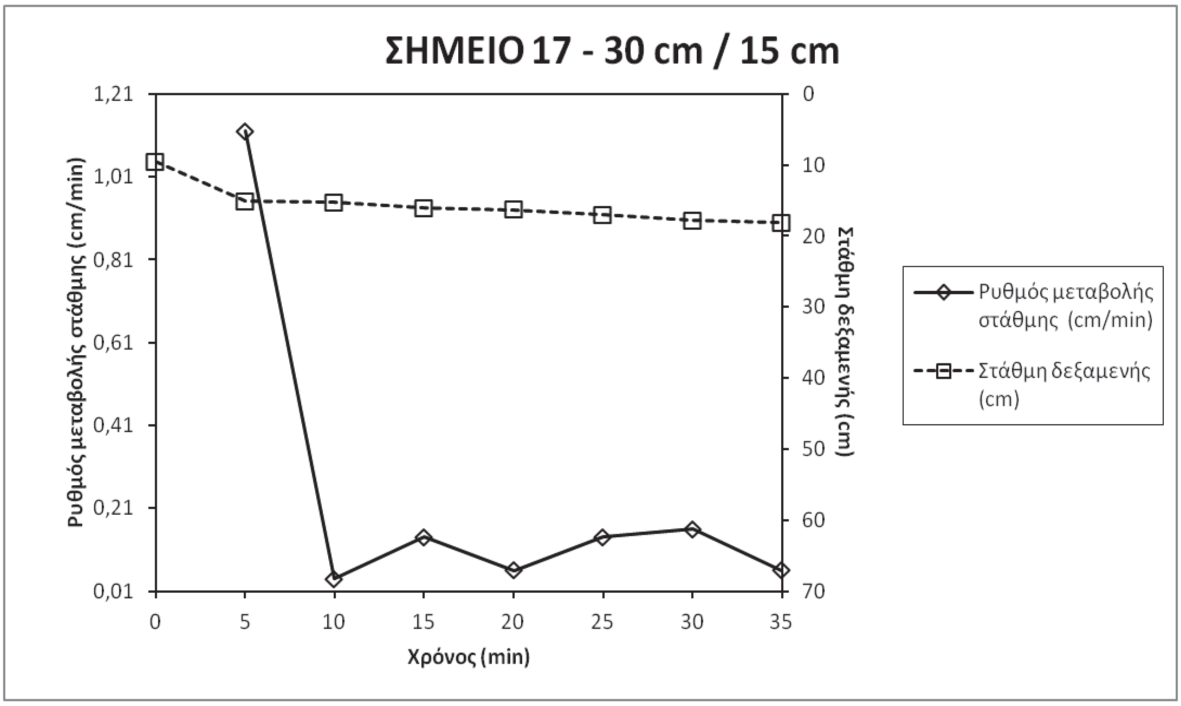

ΣΗΜΕΙΟ 16 - 30 cm / 10 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

ΣΗΜΕΙΟ 17:

30CM
17

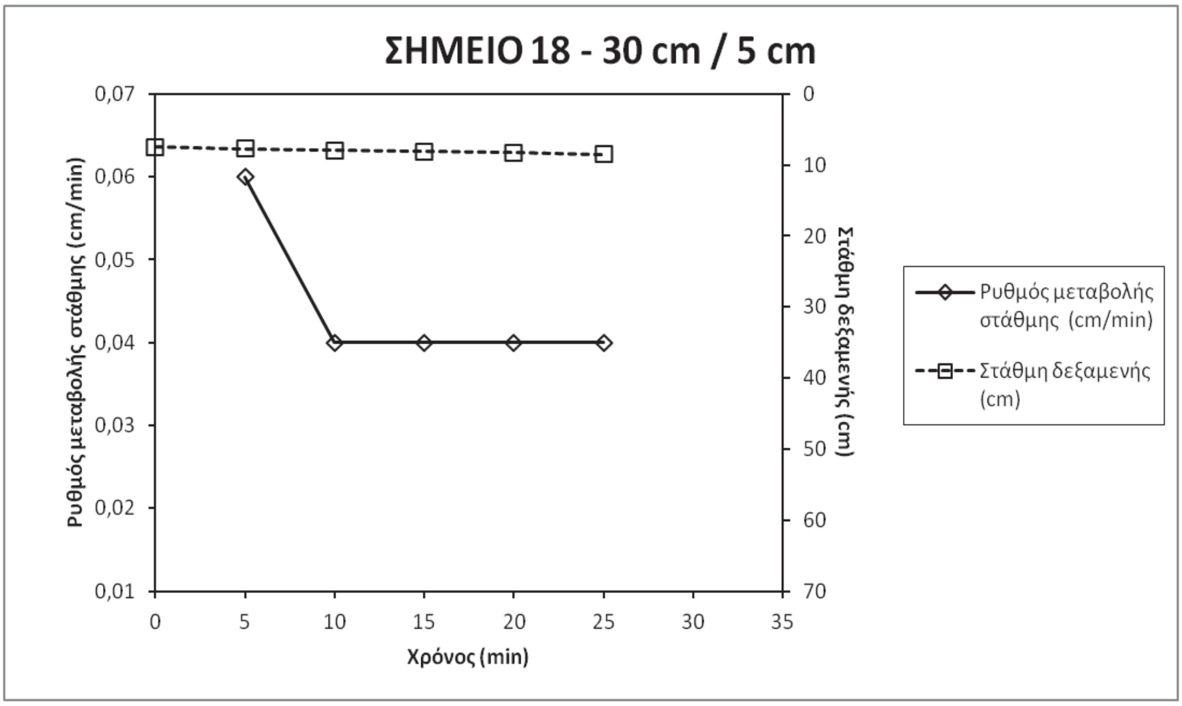


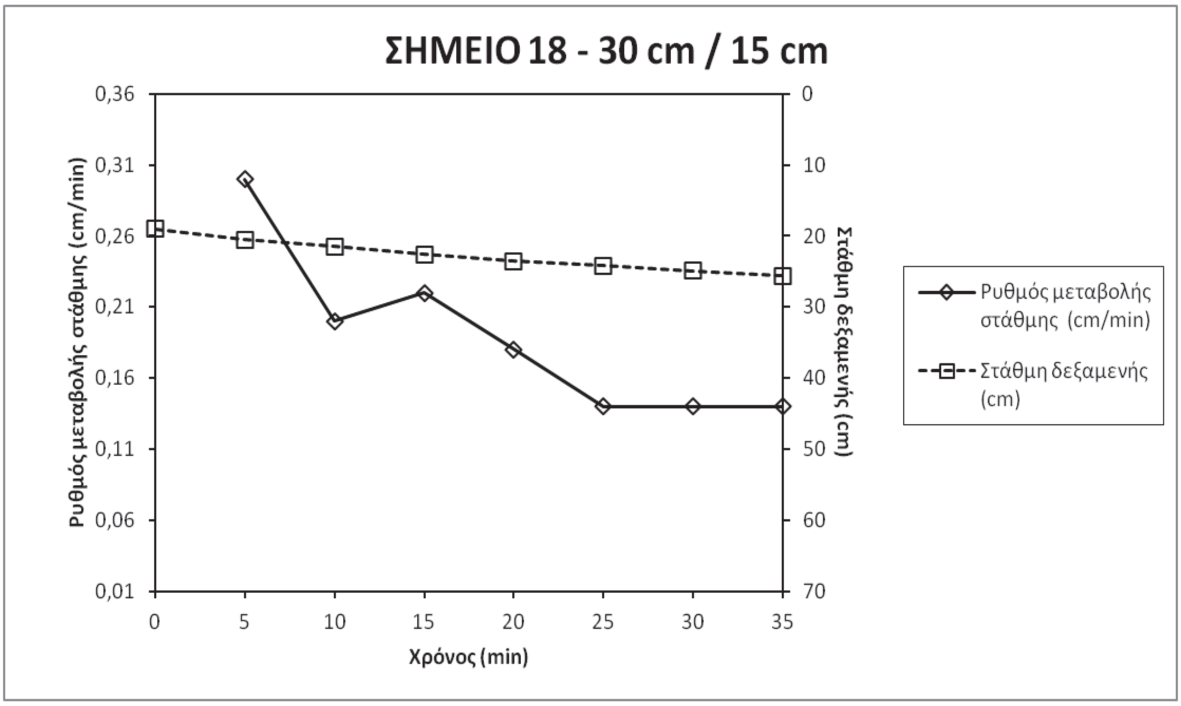
ΣΗΜΕΙΟ 17 - 30 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
1,01
0,91
0,81
0,71
0,61
0,51
0,41
0,31
0,21
0,11
0,01
Στάθμη δεξαμενής (cm)
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35
Χρόνος (min)
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)


ΣΗΜΕΙΟ 17 - 30 cm / 15 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
1,21
1,01
0,81
0,61
0,41
0,21
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

ΣΗΜΕΙΟ 18:

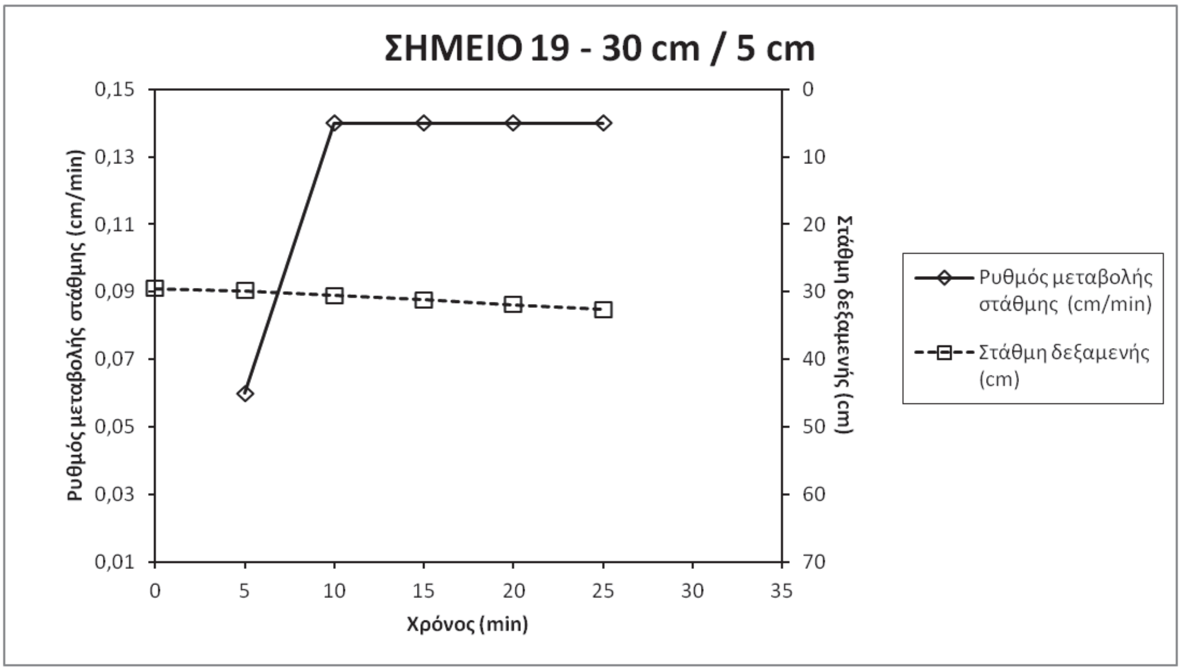

30CM
18


ΣΗΜΕΙΟ 18 - 30 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

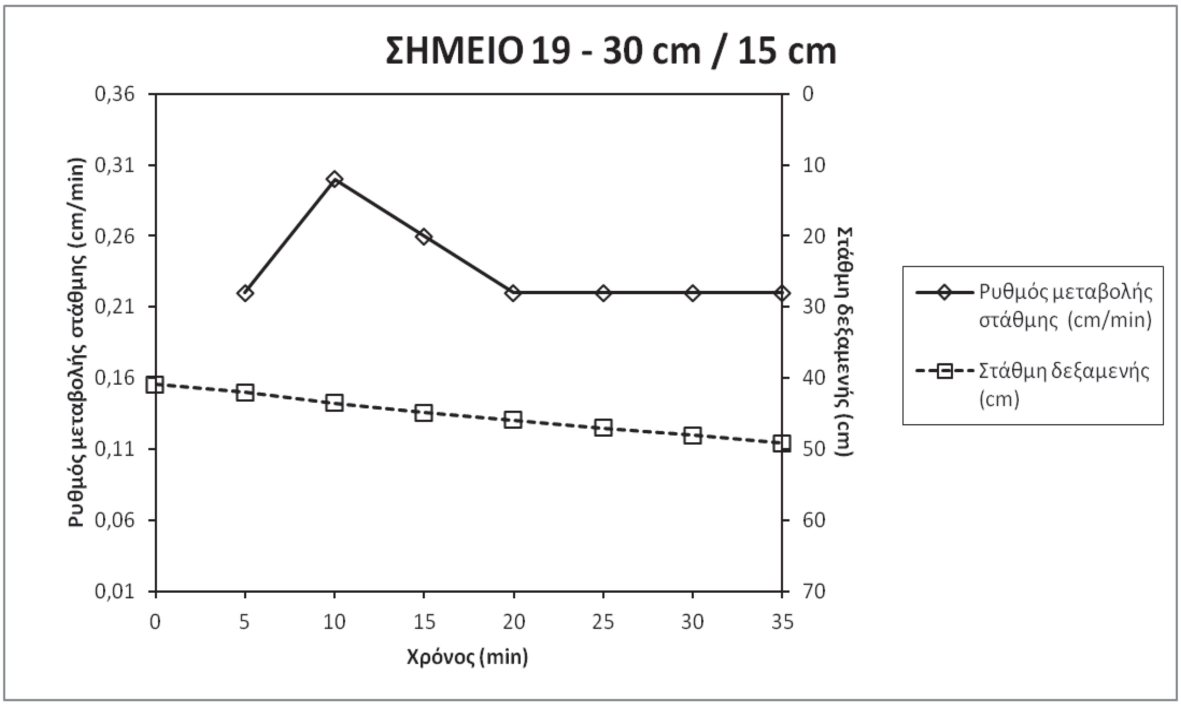

ΣΗΜΕΙΟ 18 - 30 cm / 15 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

ΣΗΜΕΙΟ 19:

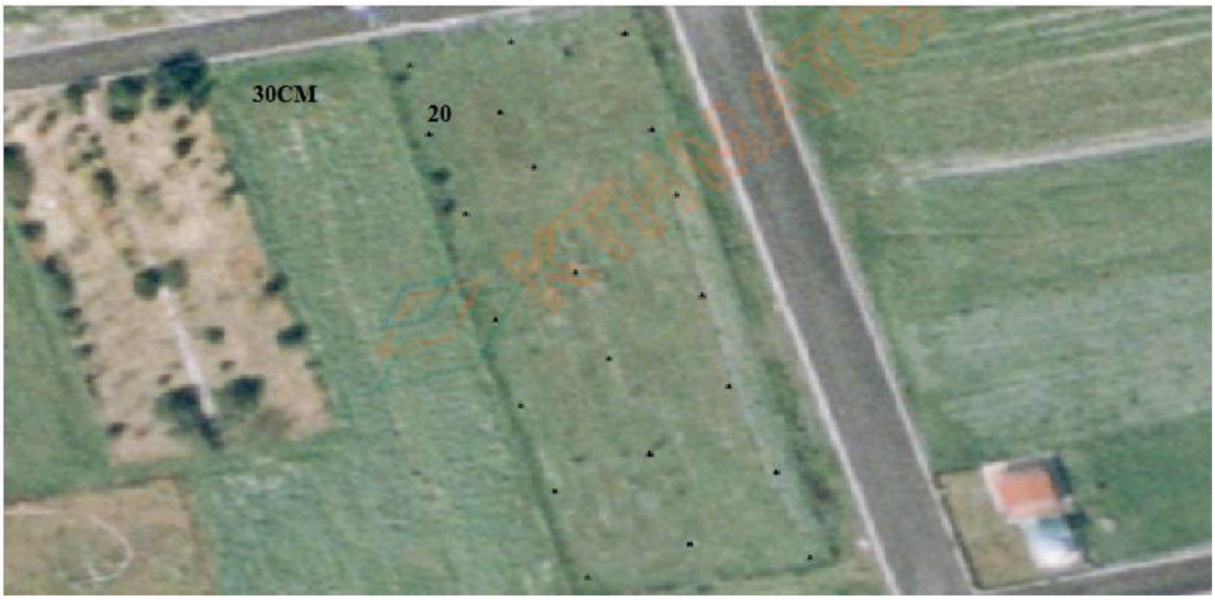
30CM
19

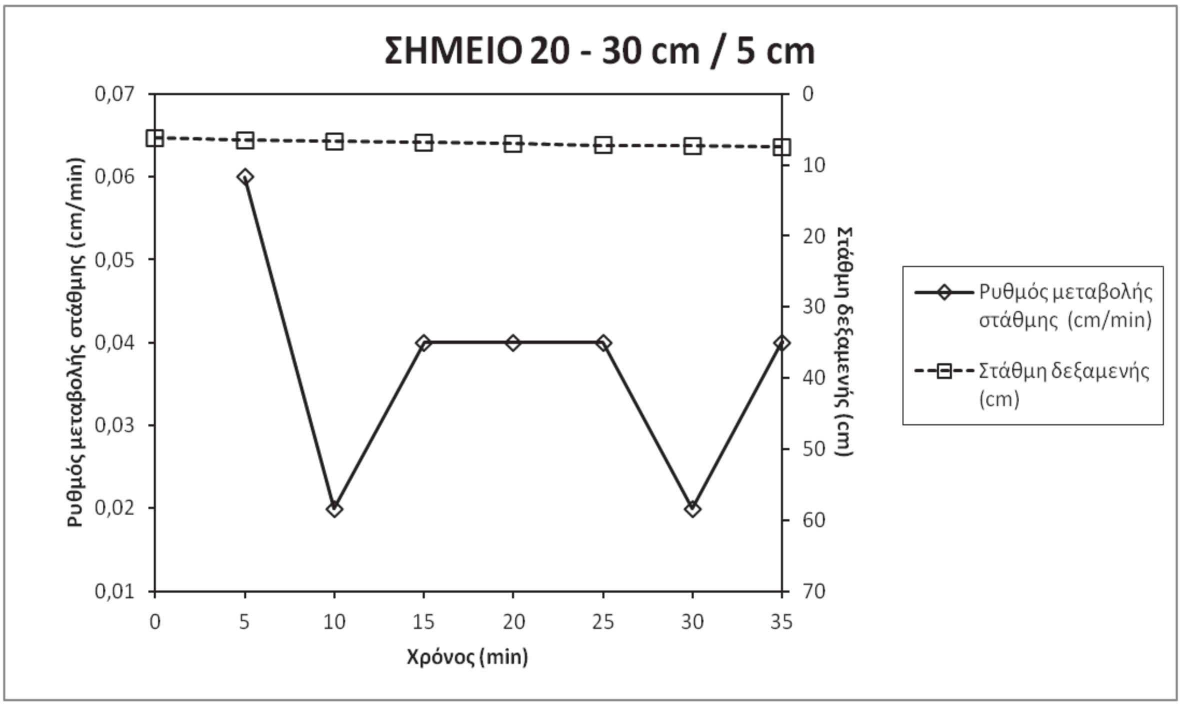


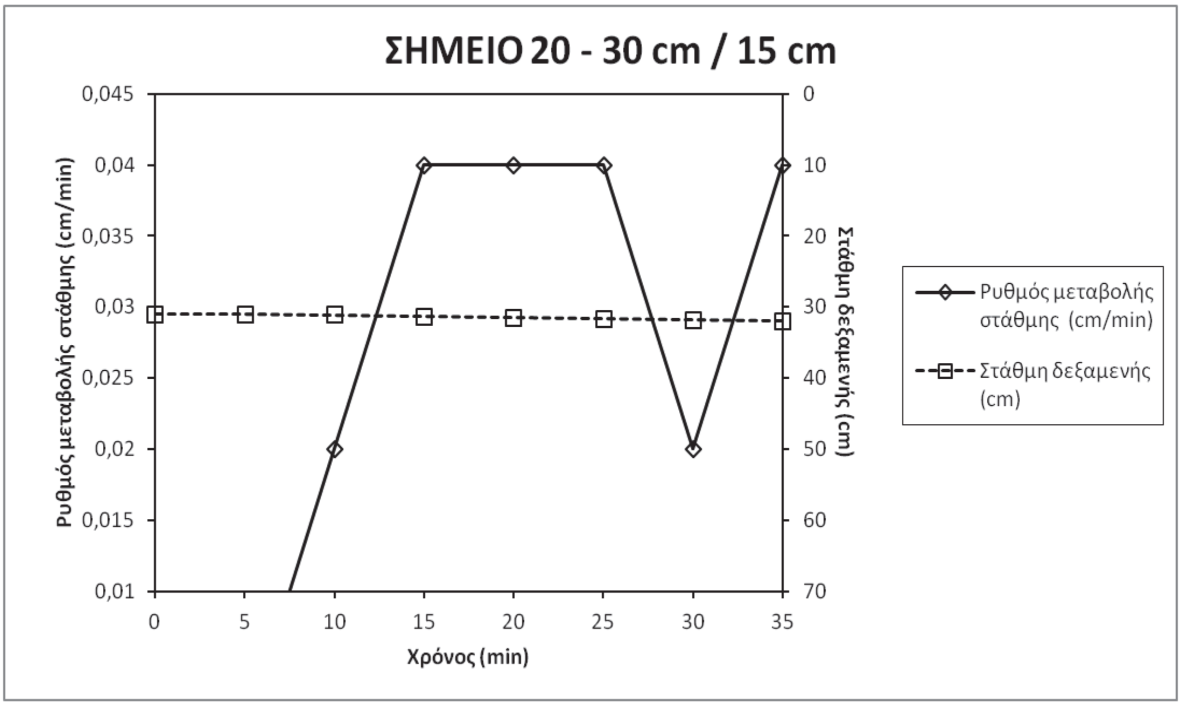
ΣΗΜΕΙΟ 19 - 30 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
0,15
0,13
0,11
0,09
0,07
0,05
0,03
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)


ΣΗΜΕΙΟ 19 - 30 cm / 15 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
0,36
0,31
0,26
0,21
0,16
0,11
0,06
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

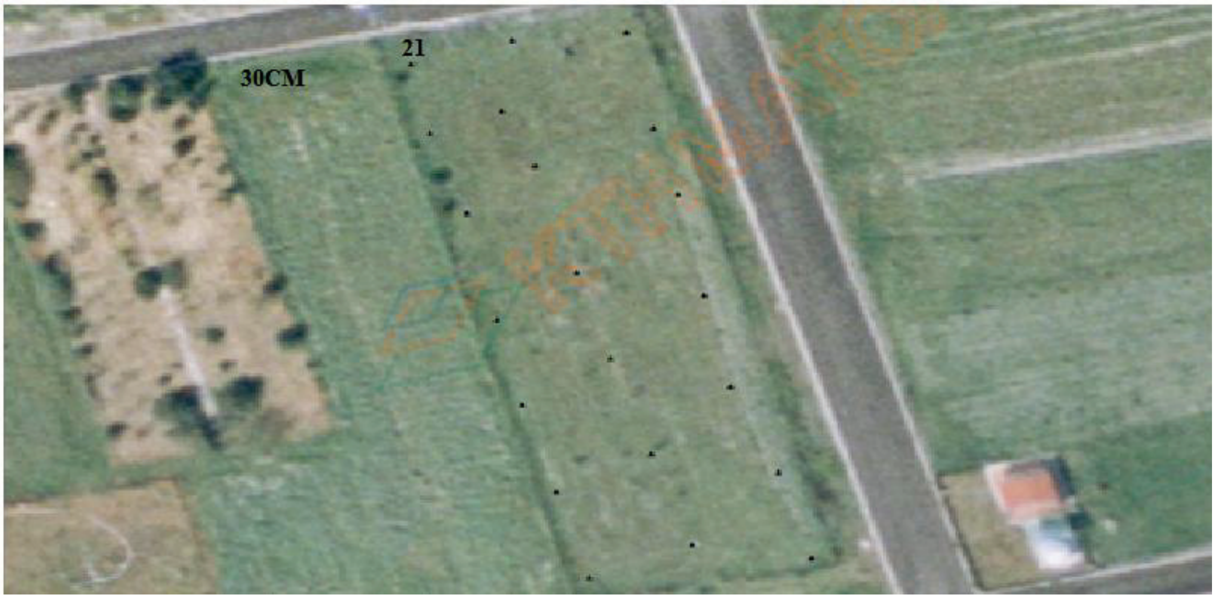
ΣΗΜΕΙΟ 20:

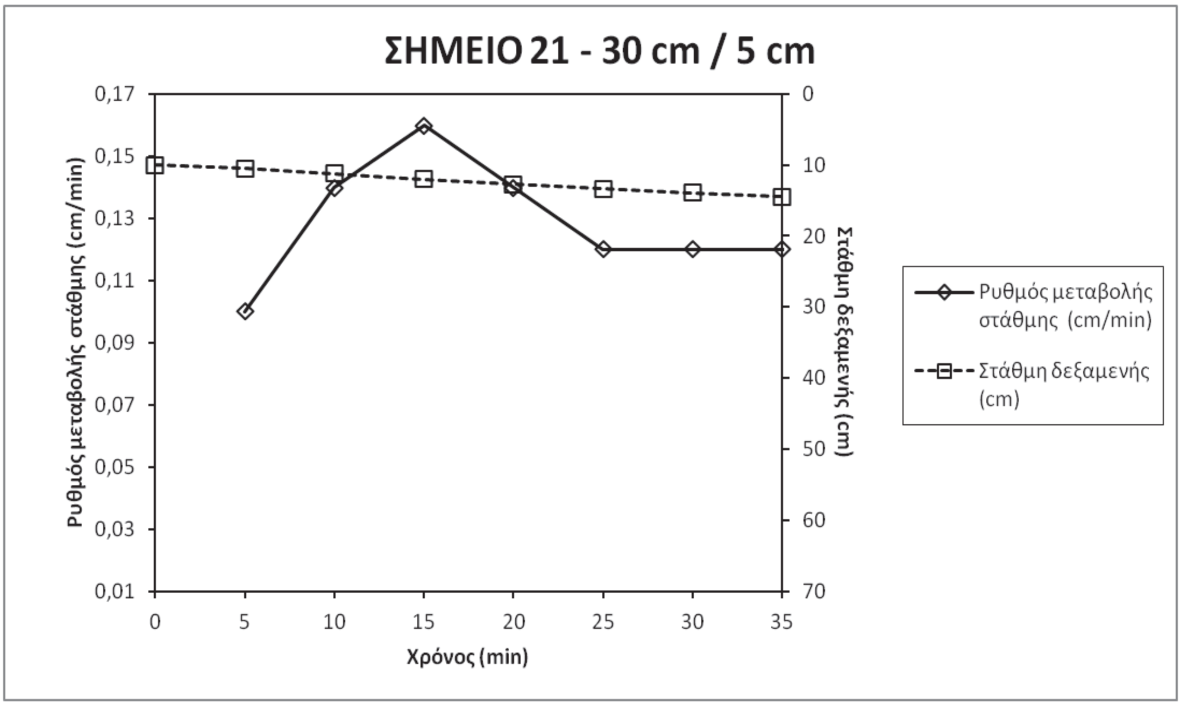

30CM
20

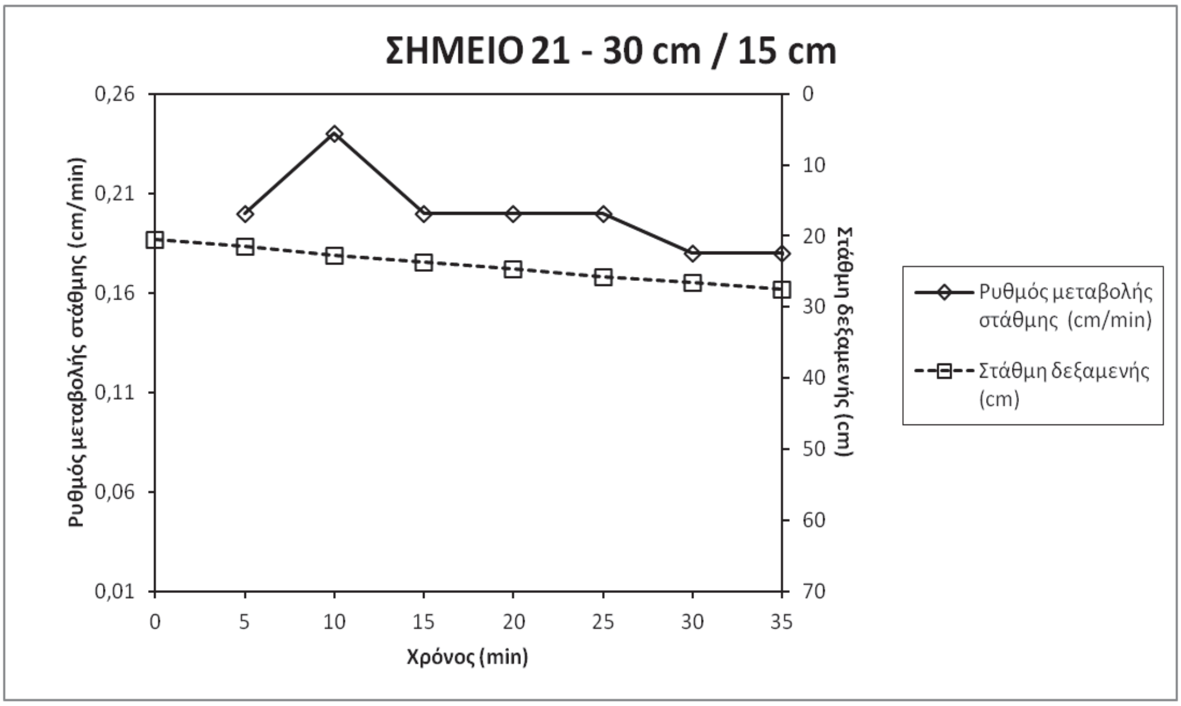

ΣΗΜΕΙΟ 20 - 30 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
0,07
0,06
0,05
0,04
0,03
0,02
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
Στάθμη δεξαμενής (cm)
0
5
10
15
20
25
30
35
Χρόνος (min)
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)


ΣΗΜΕΙΟ 20 - 30 cm / 15 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
0,045
0,04
0,035
0,03
0,025
0,02
0,015
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
Στάθμη δεξαμενής (cm)
0
5
10
15
20
25
30
35
Χρόνος (min)
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

ΣΗΜΕΙΟ 21:


21
30CM


ΣΗΜΕΙΟ 21 - 30 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
0,17
0,15
0,13
0,11
0,09
0,07
0,05
0,03
0,01
Στάθμη δεξαμενής (cm)
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35
Χρόνος (min)
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)



Τις τιμές από τις μετρήσεις στα σημεία 1,4,5,7,15,16,17,18,19,20,21 όπως φαίνεται στην εικόνα 5.15

Εικόνα 5.15

τοποθετήθηκαν σε δύο συγκεντρωτικούς πίνακες(πίνακες 5.16-5.17)

α/α	ΣΗΜΕΙΟ	Ημερομηνία	Συντεταγμένες				
			x	y	Βάθος (cm)	R1 (cm/min)	R2 (cm/min)
1	**1**	2/11/2013	279546	4249127	62,00	0,06	0,08
2	**4**	2/11/2013	279535	4249175	60,00	0,06	0,02
3	**5**	1/11/2013	279532	4249196	60,10	0,02	0,02
4	**7**	1/11/2013	279526	4249232	60,40	0,06	0,04
5	**15**	15/6/2013	279519	4249123	60,02	0,10	0,18
6	**16**	15/6/2013	279513	4249140	60,02	0,06	0,34
7	**17**	30/10/2013	279508	4249157	60,90	0,10	0,16
8	**18**	4/10/2013	279508	4249175	59,50	0,02	0,22
9	**19**	30/10/2013	279501	4249195	60,00	0,10	0,10
10	**20**	30/10/2013	279499	4249210	60,01	0,08	0,20
11	**21**	16/6/2013	279497	4249224	60,04	0,04	0,16

Πίνακας 5.16

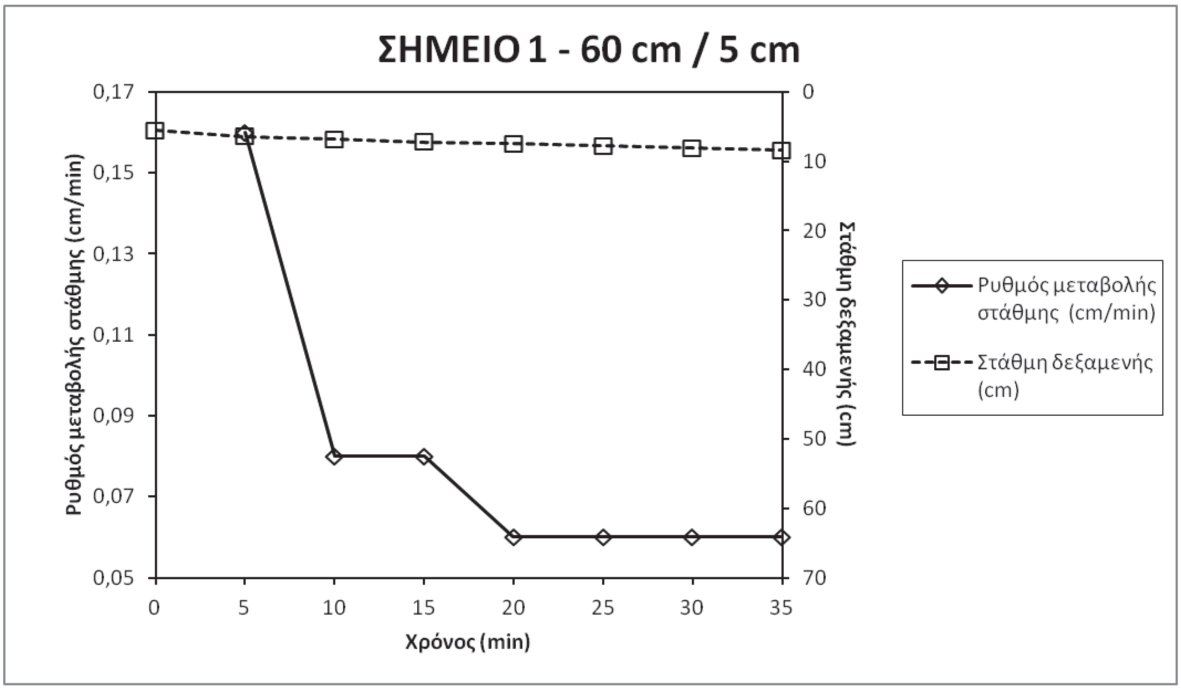
α/α	ΣΗΜΕΙΟ	Μέθοδος με μια τιμή φορτίου πίεσης (Single Head Method)		Μέθοδος με δύο τιμές φορτίου πίεσης (Double Head Method)	
		Ksf (average) (cm/min)	Ksf (average) (cm/day)	Ksf (cm/min)	Ksf (cm/day)
1	**1**	1,84E-04	2,64E-01	-2,61E-05	-3,76E-02
2	**4**	1,35E-04	1,95E-01	-2,59E-04	-3,73E-01
3	**5**	5,58E-05	8,04E-02	-3,46E-05	-4,98E-02
4	**7**	1,51E-04	2,18E-01	-1,81E-04	-2,61E-01
5	**15**	4,11E-04	5,92E-01	4,98E-04	7,17E-01
6	**16**	4,47E-03	6,44E+00	----------	-----------
7	**17**	5,26E-03	7,58E+00	9,64E-04	1,39E+00
8	**18**	3,50E-03	5,03E+00	1,19E-02	1,72E+01
9	**19**	4,48E-03	6,46E+00	-2,78E-03	-4,00E+00
10	**20**	5,15E-03	7,41E+00	5,26E-03	7,58E+00
11	**21**	3,35E-03	4,83E+00	6,37E-03	9,18E+00

Πίνακας 5.17

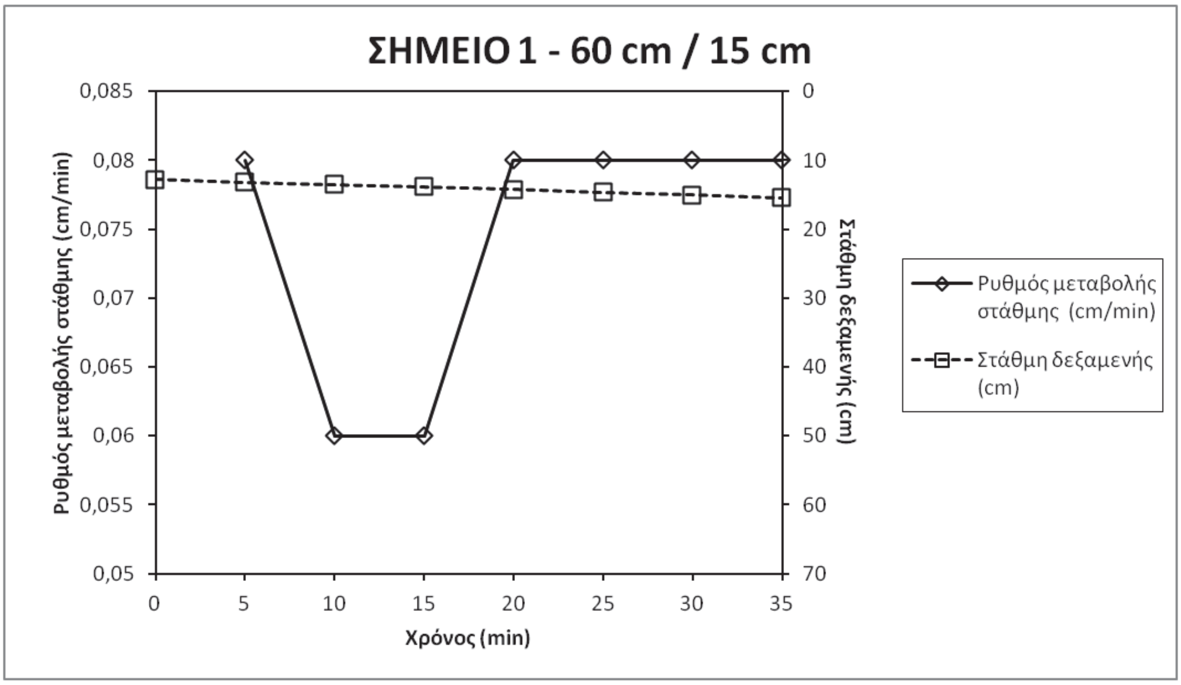
Από τους πίνακες παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη τιμή 9,64E-04 cm/day είναι στο σημείο 17 και η μικρότερη τιμή -3,46E-0,5 στο σημείο 5.Και οι δύο αυτές τιμές είναι με τη μέθοδο με μια τιμή φορτίου πίεσης ενώ με τη μέθοδο με δύο τιμές φορτίου πίεσης η μεγαλύτερη τιμή 1,72E+01 cm/day είναι στο σημείο 18 και η μικρότερη -4E+00cm/day στο σημείο 19.Για αυτά τα σημεία κατασκευάσαμε τις εξής γραφικές παραστάσεις όπως φαίνεται πιο κάτω:

ΣΗΜΕΙΟ 1:

60CM
1

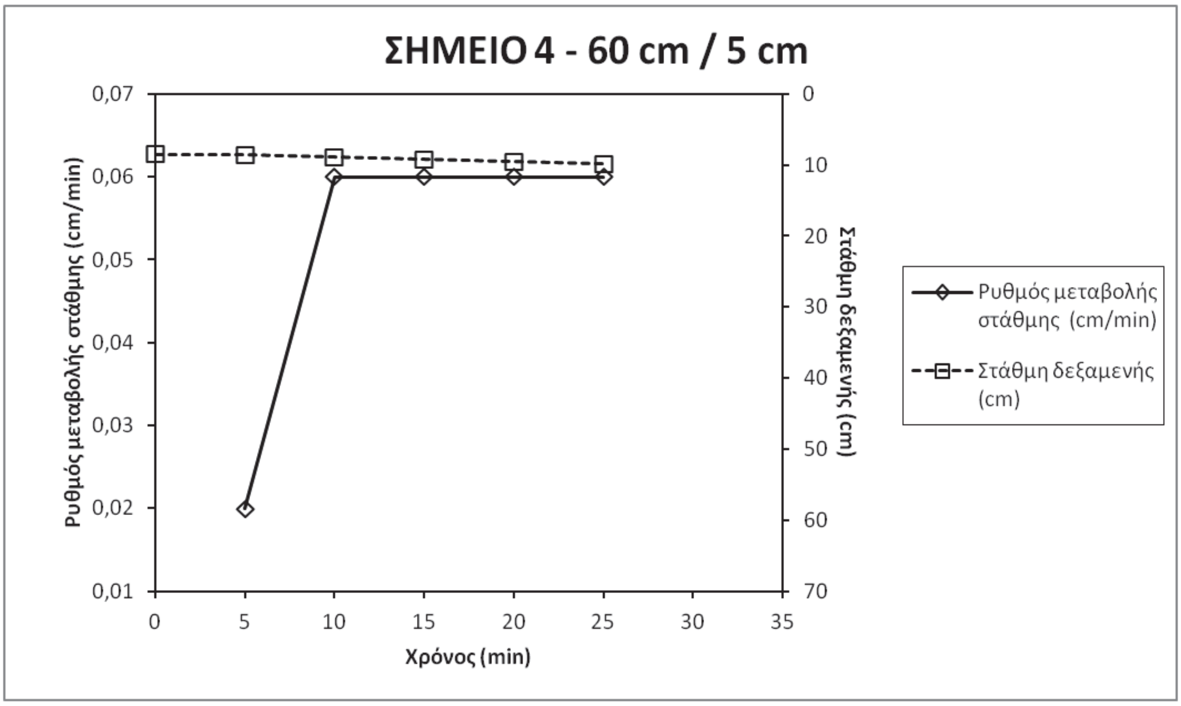


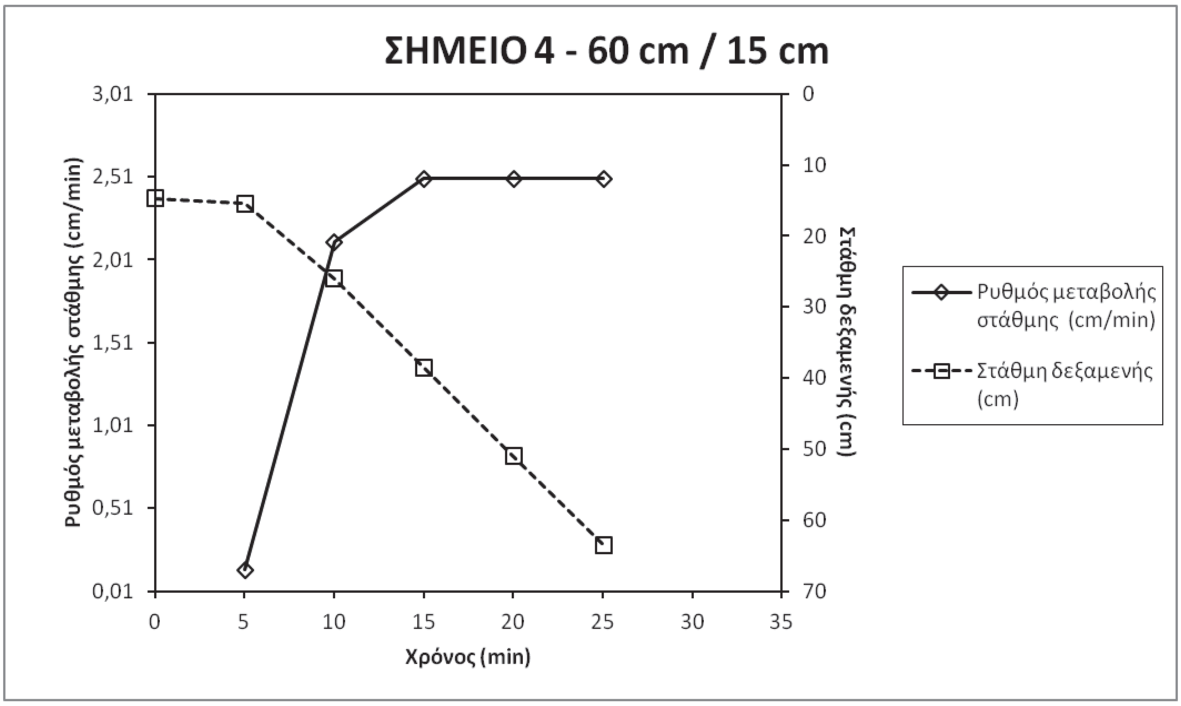
ΣΗΜΕΙΟ 1 - 60 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
0,17
0,15
0,13
0,11
0,09
0,07
0,05
0
5
10
15
20
25
30
35
Χρόνος (min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
0
10
20
30
40
50
60
70
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)


ΣΗΜΕΙΟ 1 - 60 cm / 15 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
0,085
0,08
0,075
0,07
0,065
0,06
0,055
0,05
Στάθμη δεξαμενής (cm)
0
10
20
30
40
50
60
70
0 5 10 15 20 25 30 35
Χρόνος (min)
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

ΣΗΜΕΙΟ 4:

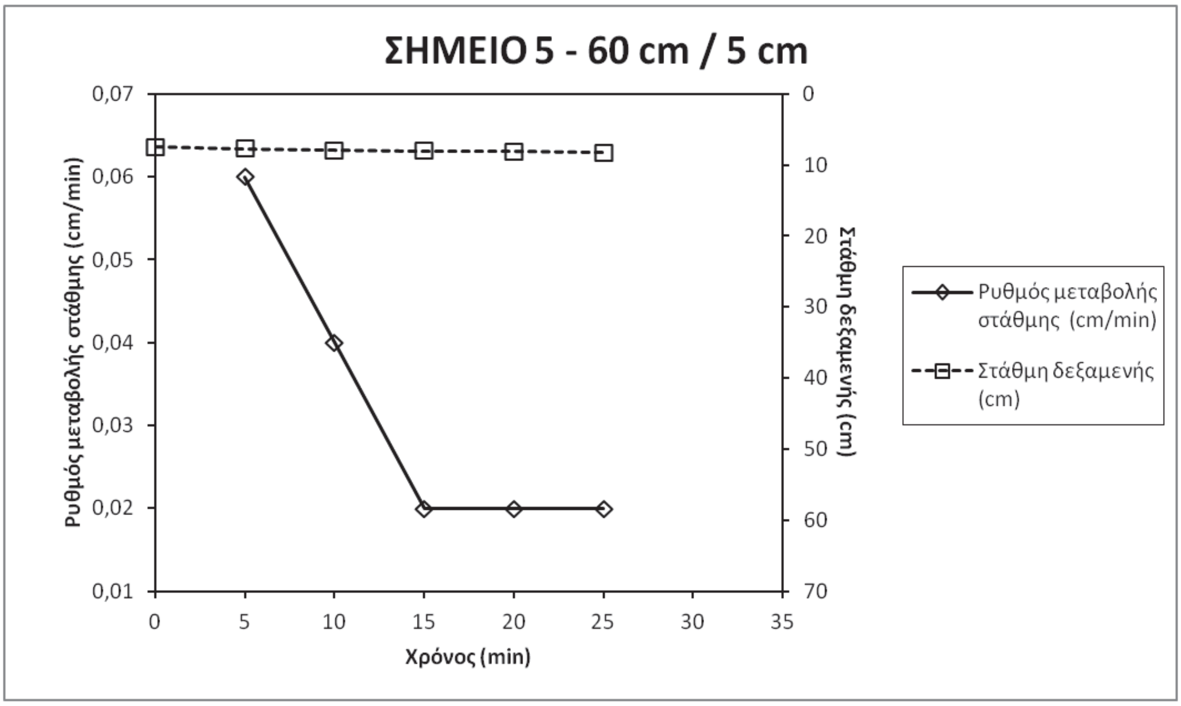

60CM
4

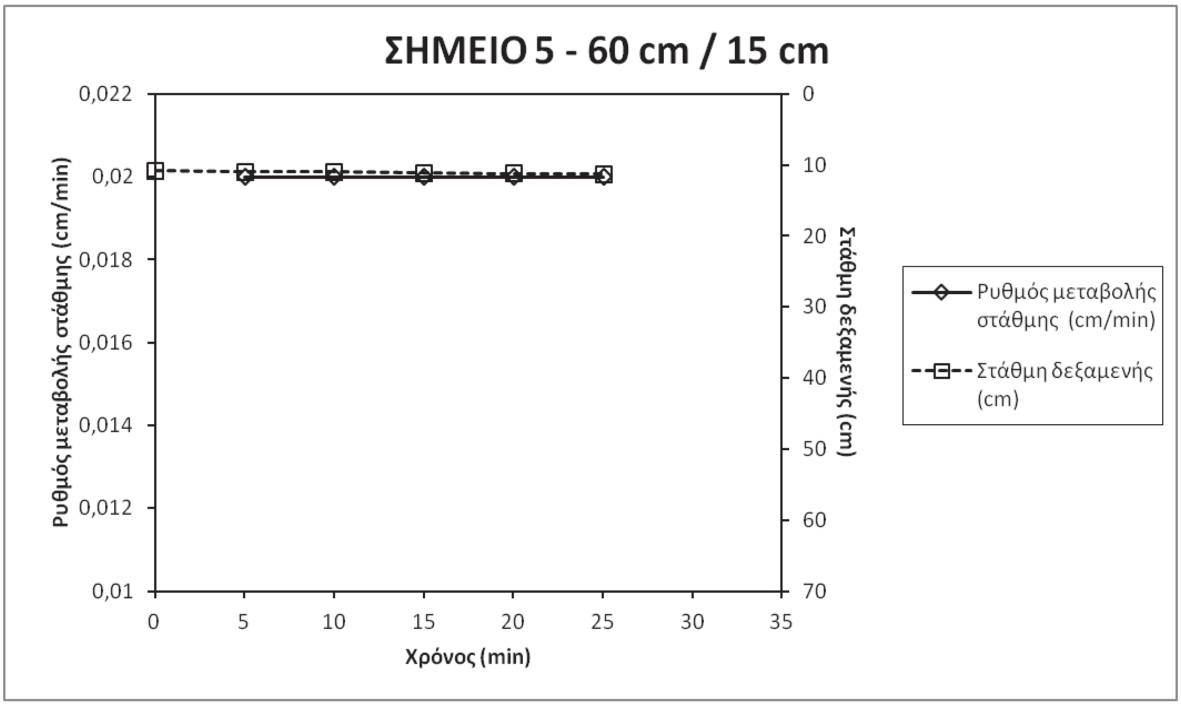

ΣΗΜΕΙΟ 4 - 60 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
0,07
0,06
0,05
0,04
0,03
0,02
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35


ΣΗΜΕΙΟ 4 - 60 cm / 15 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
3,01
2,51
2,01
1,51
1,01
0,51
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35

ΣΗΜΕΙΟ 5:

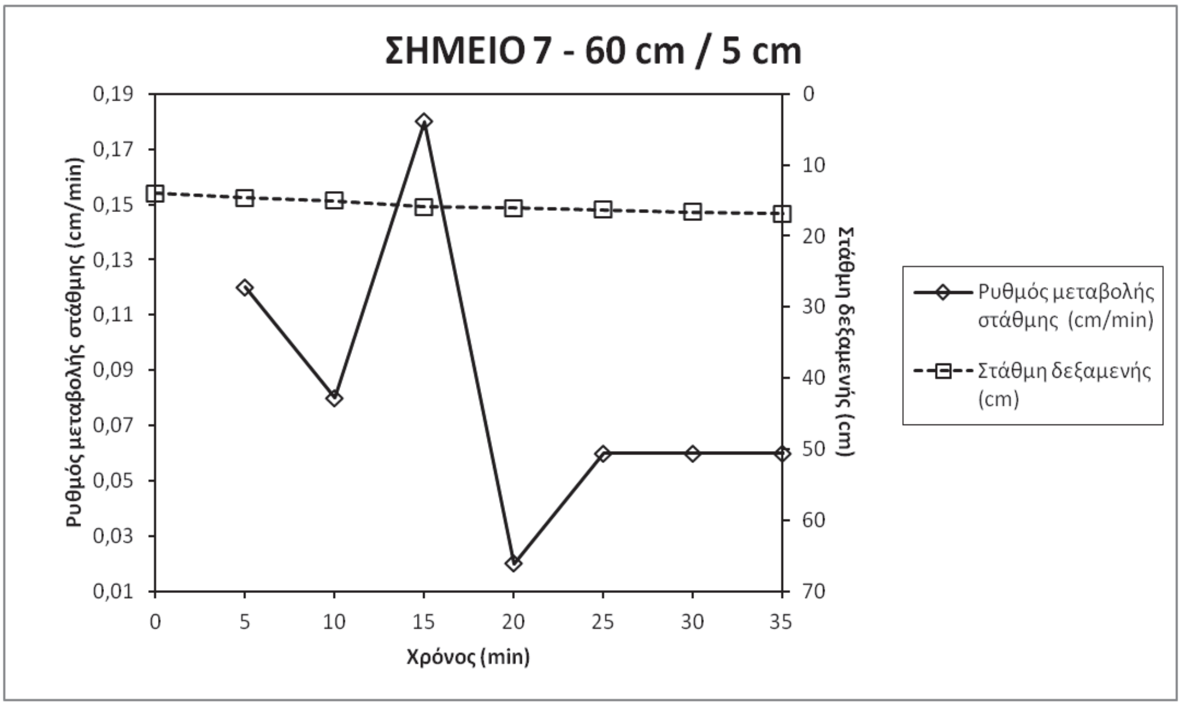

60CM
5

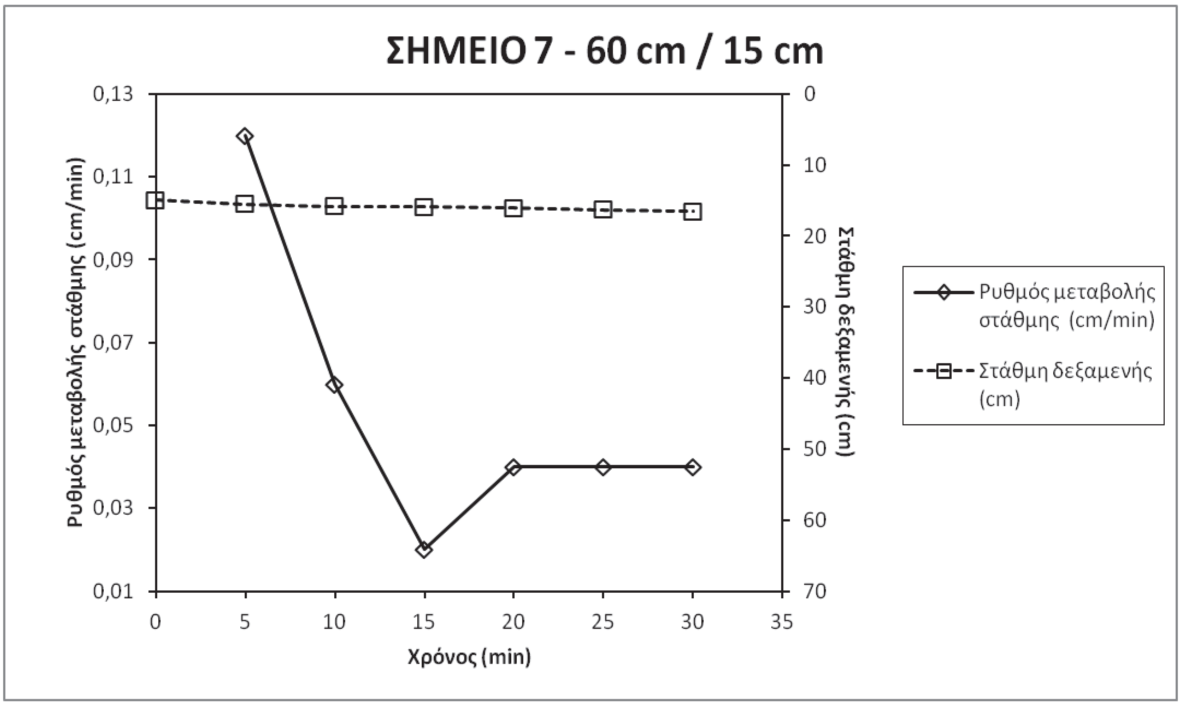

ΣΗΜΕΙΟ 5 - 60 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
0,07
0,06
0,05
0,04
0,03
0,02
0,01
0
5
10
15
20
25
30
35
Χρόνος (min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
0
10
20
30
40
50
60
70
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)


ΣΗΜΕΙΟ 5 - 60 cm / 15 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
0,022
0,02
0,018
0,016
0,014
0,012
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

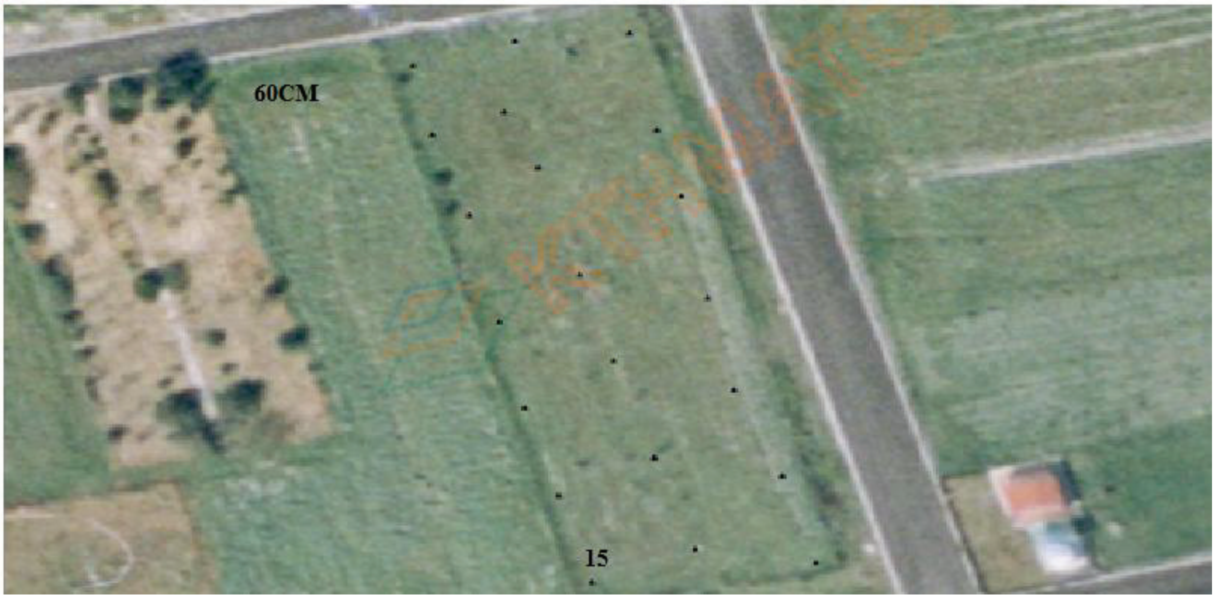
ΣΗΜΕΙΟ 7:


7
60CM

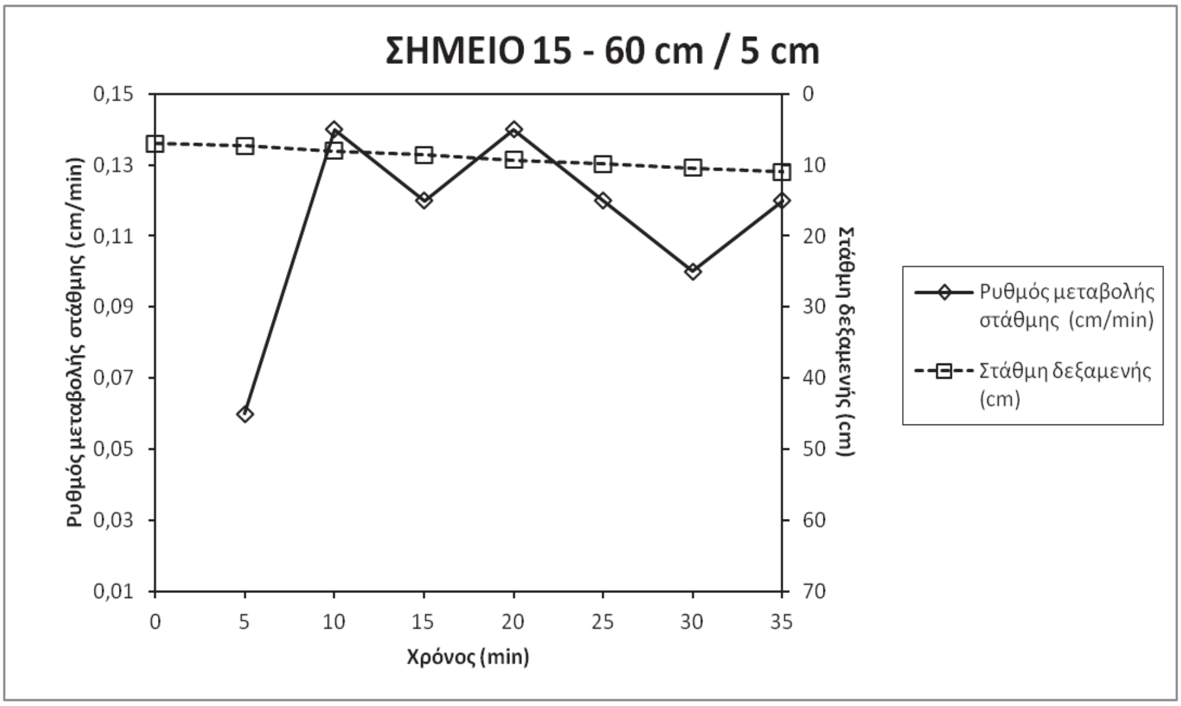

ΣΗΜΕΙΟ 7 - 60 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)


ΣΗΜΕΙΟ 7 - 60 cm / 15 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

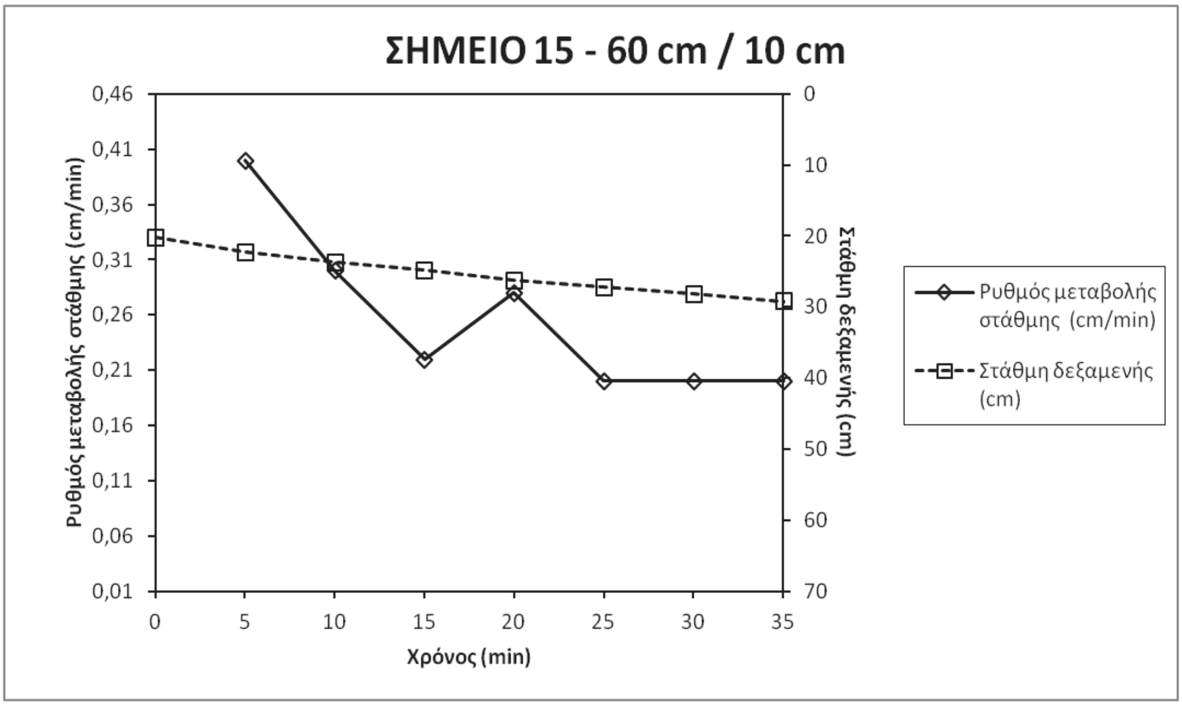
ΣΗΜΕΙΟ 15:



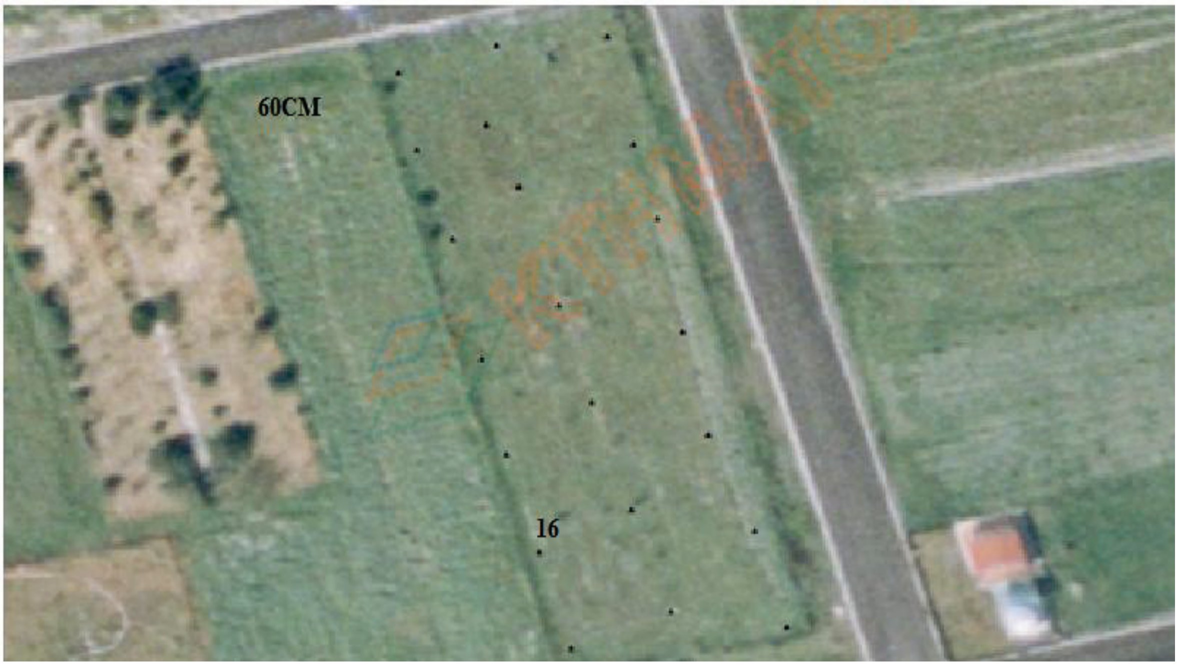
60CM
15

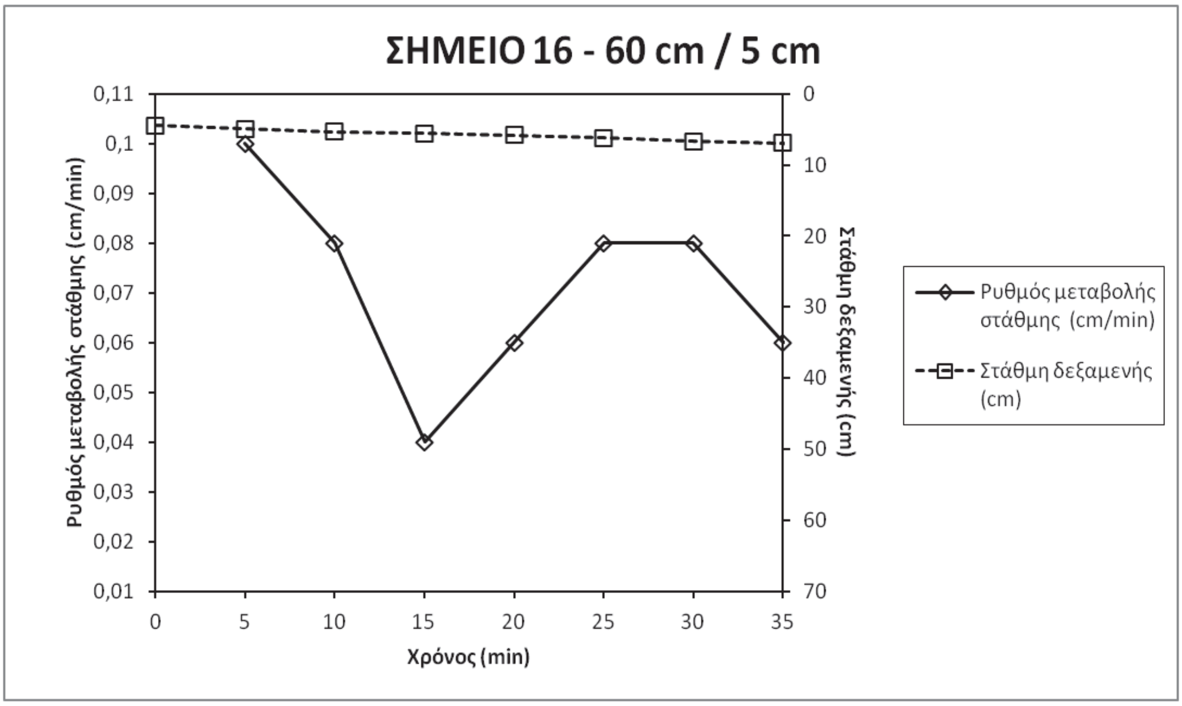


ΣΗΜΕΙΟ 15 - 60 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
0,15
0,13
0,11
0,09
0,07
0,05
0,03
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

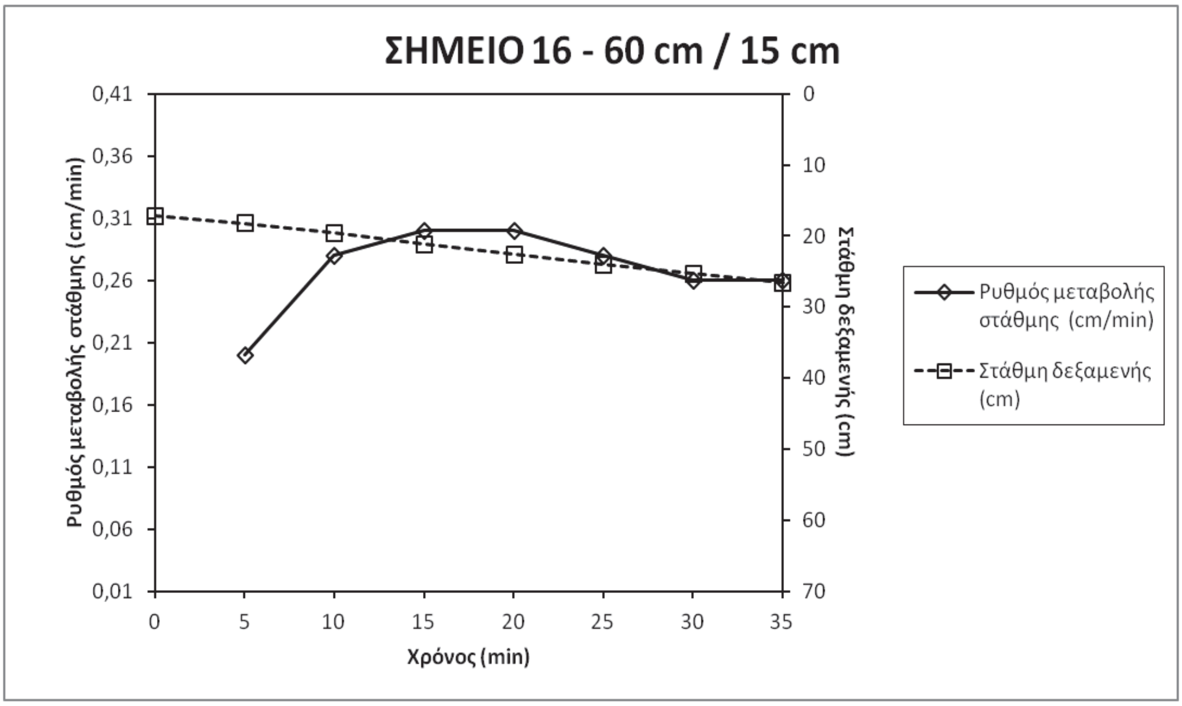

ΣΗΜΕΙΟ 15 - 60 cm / 10 cm
0,46
0,41
0,36
0,31
0,26
0,21
0,16
0,11
0,06
0,01
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
0
10
20
30
40
50
60
70
Στάθμη δεξαμενής (cm)
0
5
10
15
20
25
30
35
Χρόνος (min)
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

ΣΗΜΕΙΟ 16:


60CM
16



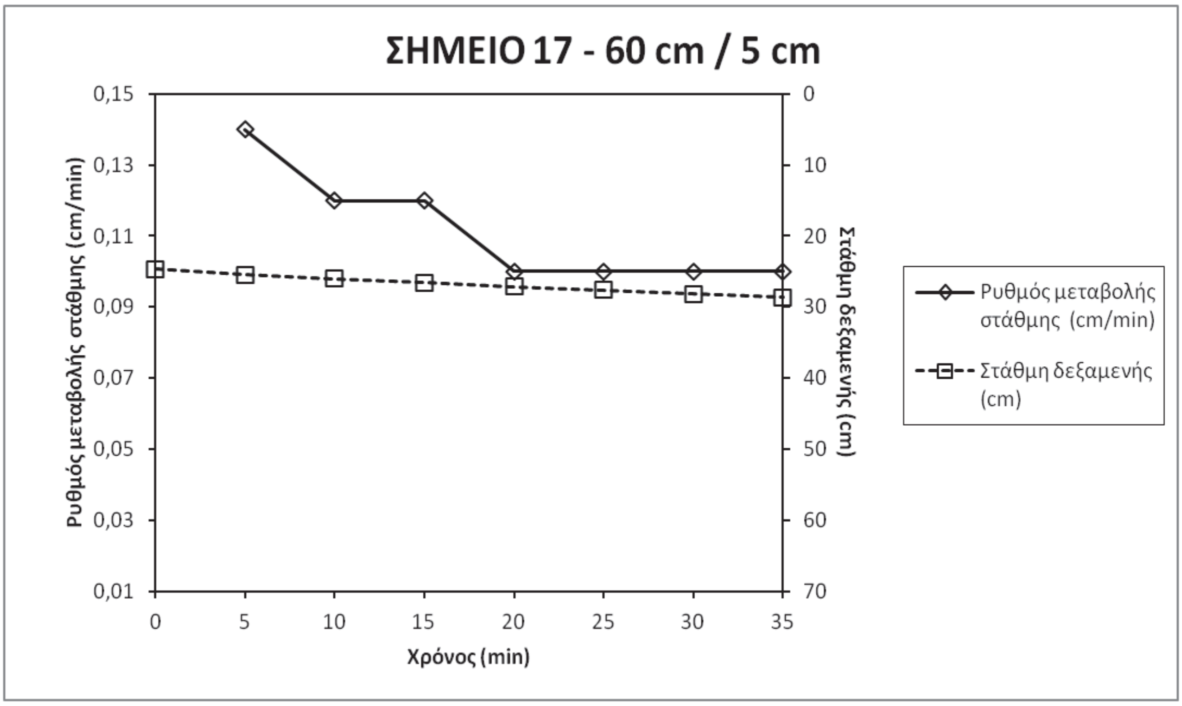
ΣΗΜΕΙΟ 16 - 60 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
0,11
0,1
0,09
0,08
0,07
0,06
0,05
0,04
0,03
0,02
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
0 5 10 15 20 25 30 35
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

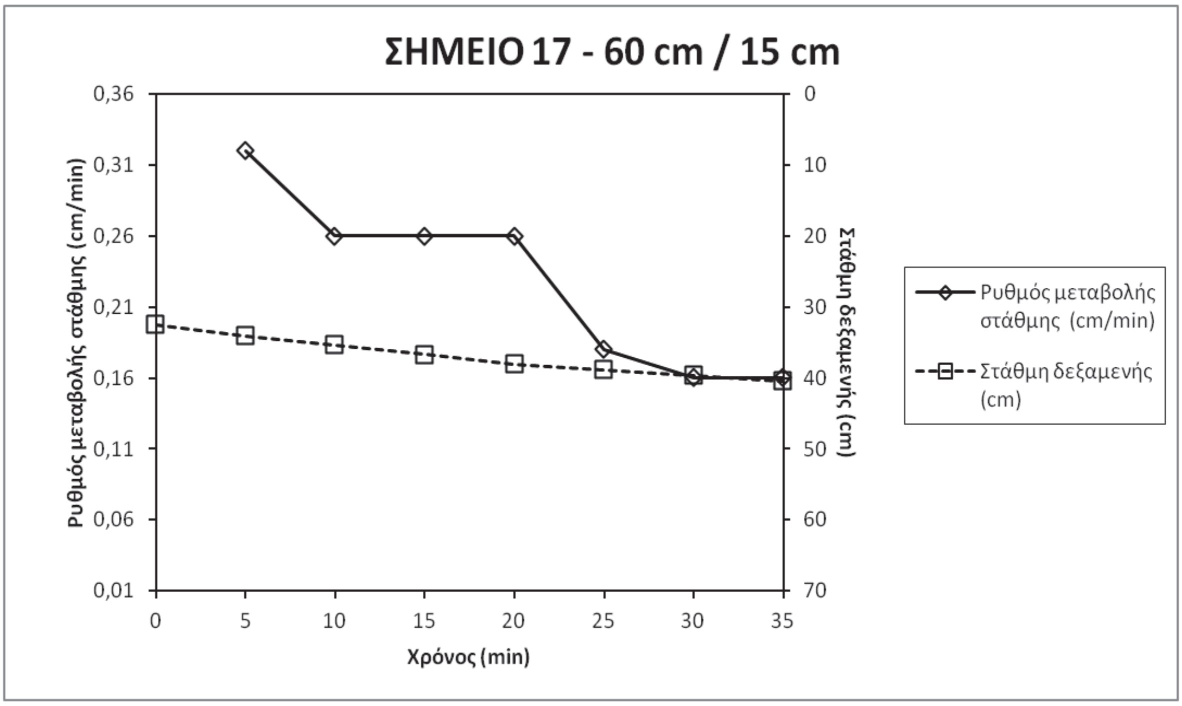


ΣΗΜΕΙΟ 16 - 60 cm / 15 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
0,41
0,36
0,31
0,26
0,21
0,16
0,11
0,06
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
0 5 10 15 20 25 30 35
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

ΣΗΜΕΙΟ 17:

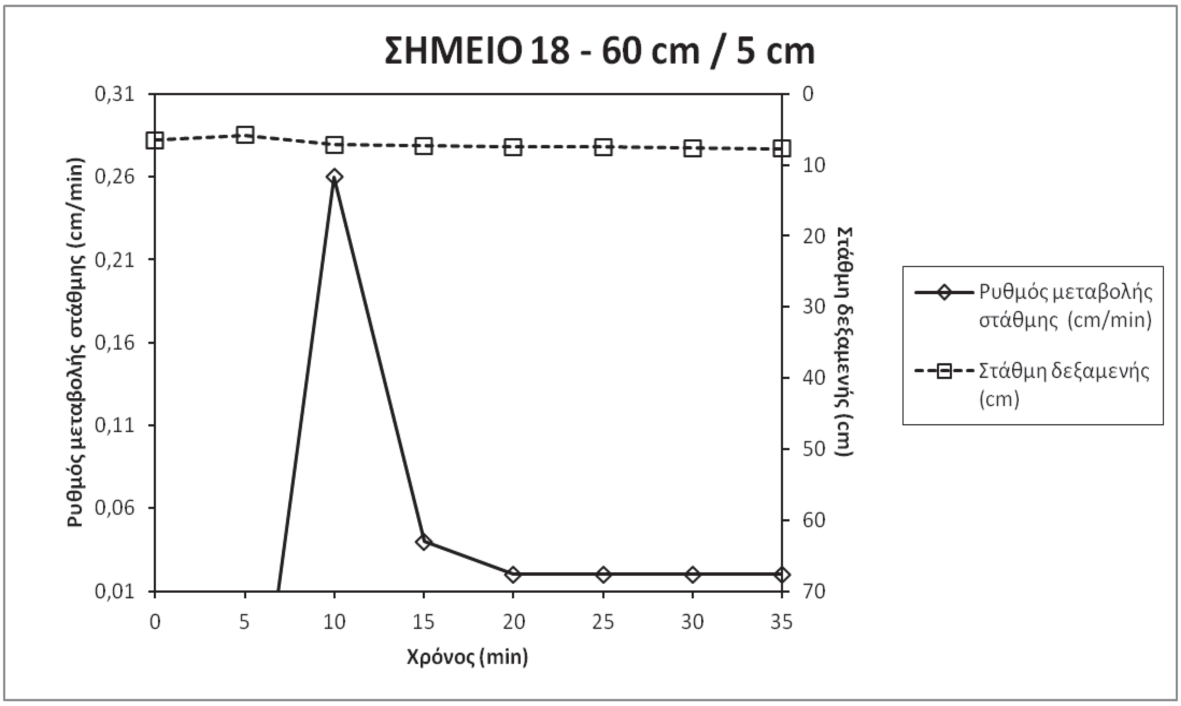

60CM
17

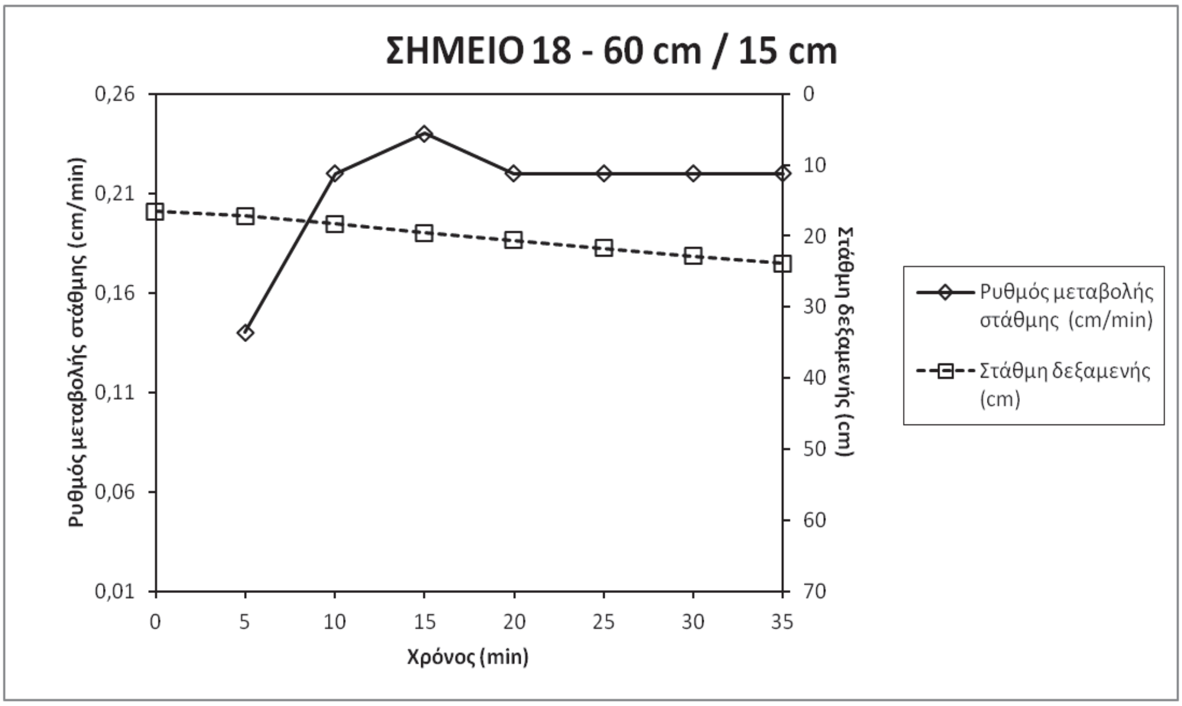

ΣΗΜΕΙΟ 17 - 60 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
0,15
0,13
0,11
0,09
0,07
0,05
0,03
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)


ΣΗΜΕΙΟ 17 - 60 cm / 15 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
0,36
0,31
0,26
0,21
0,16
0,11
0,06
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

ΣΗΜΕΙΟ 18:

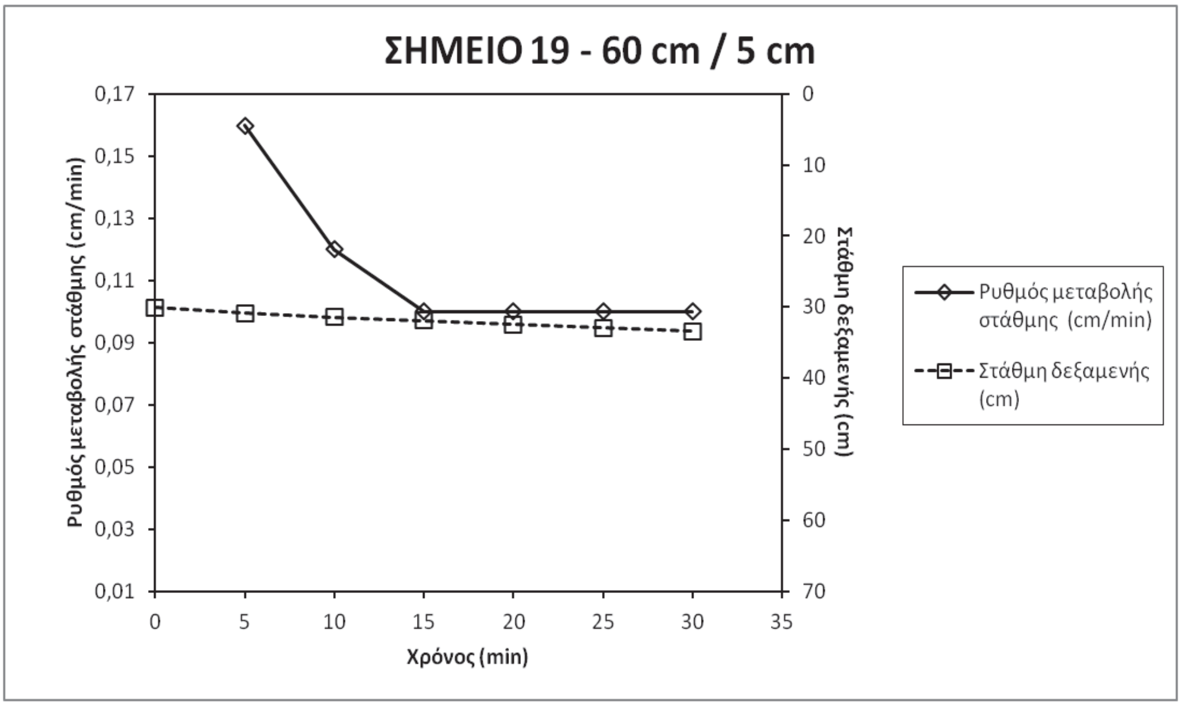

60CM
18


ΣΗΜΕΙΟ 18 - 60 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
0,31
0,26
0,21
0,16
0,11
0,06
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

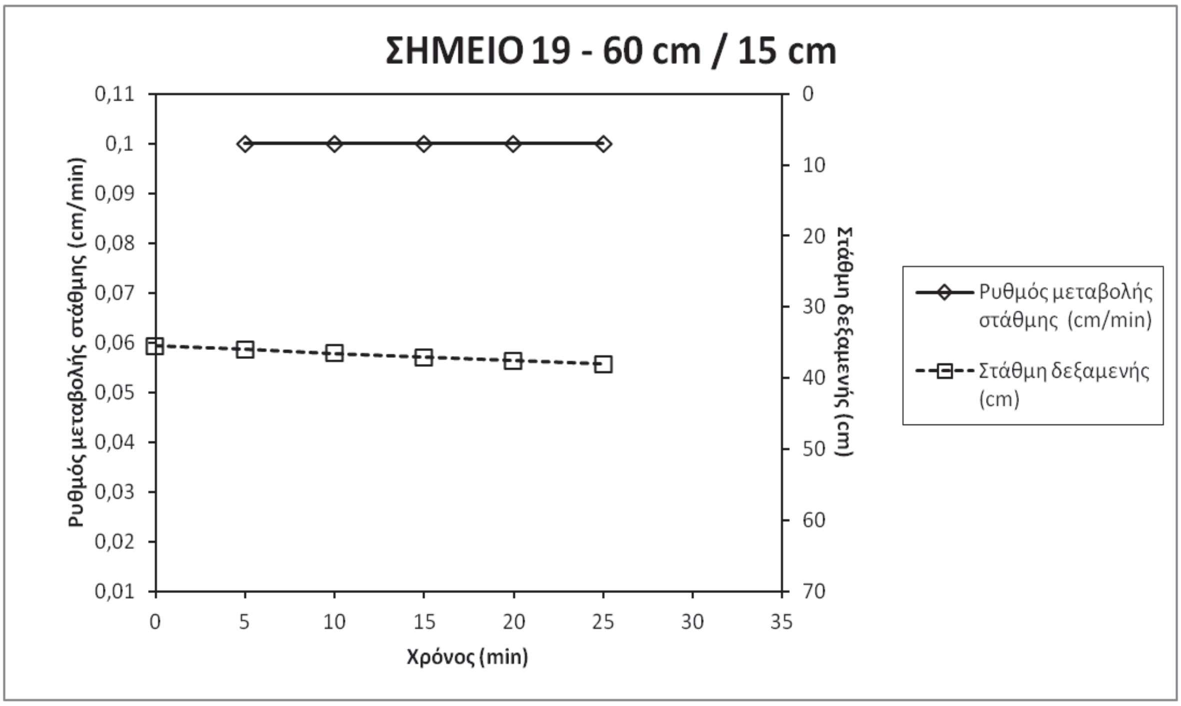

ΣΗΜΕΙΟ 18 - 60 cm / 15 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
0,26
0,21
0,16
0,11
0,06
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

ΣΗΜΕΙΟ 19:

60CM
19

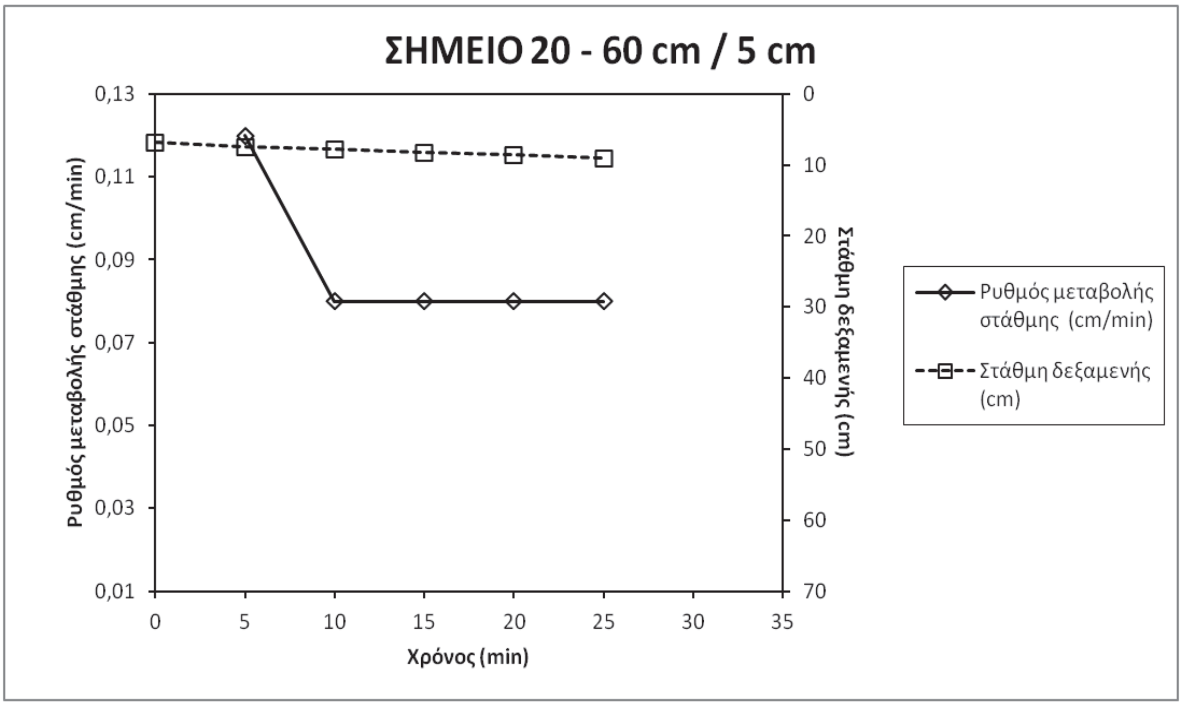


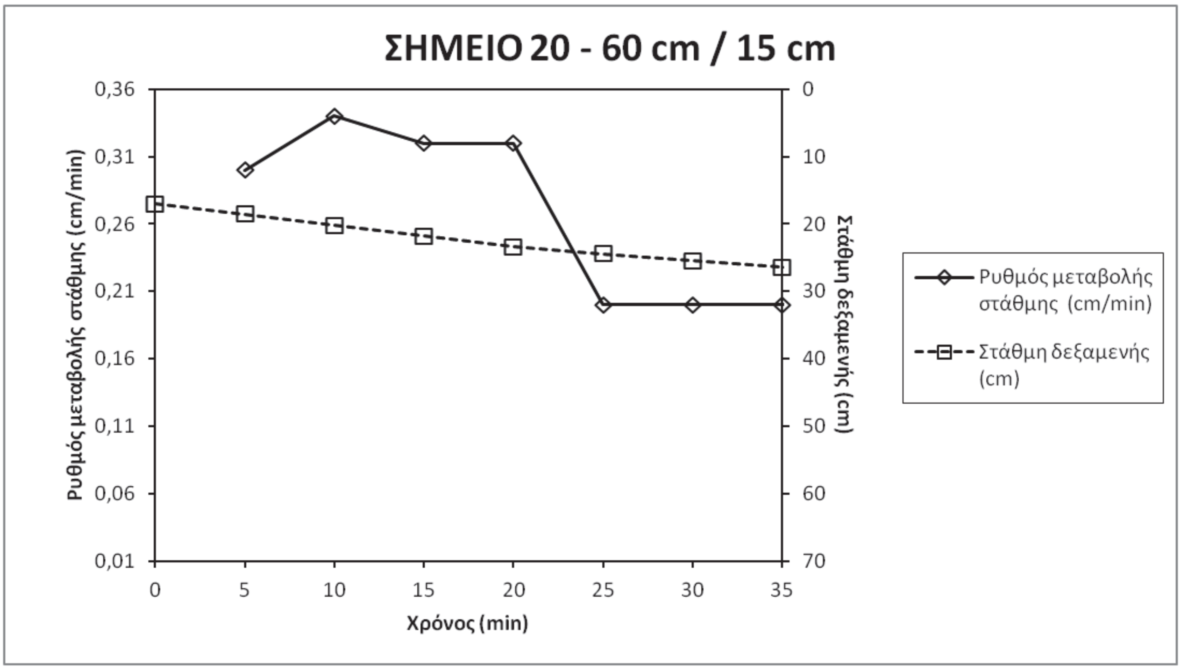
ΣΗΜΕΙΟ 19 - 60 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
0,17
0,15
0,13
0,11
0,09
0,07
0,05
0,03
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)


ΣΗΜΕΙΟ 19 - 60 cm / 15 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
0,11
0,1
0,09
0,08
0,07
0,06
0,05
0,04
0,03
0,02
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

ΣΗΜΕΙΟ 20:

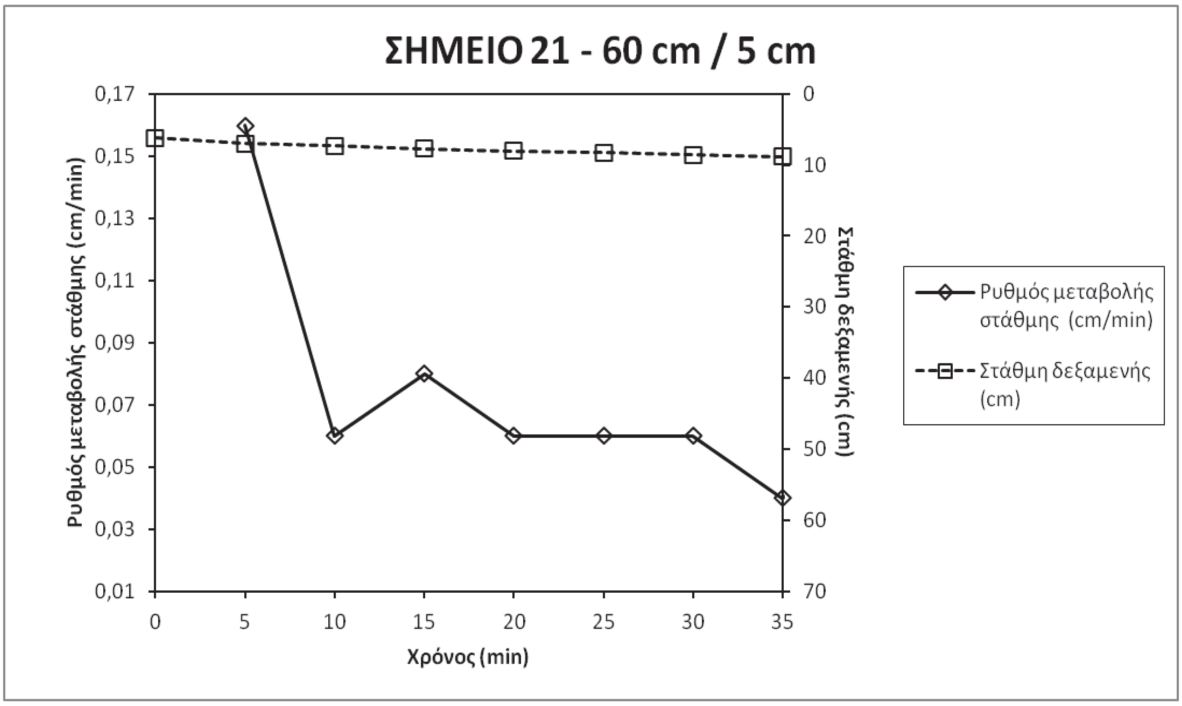

60CM
20

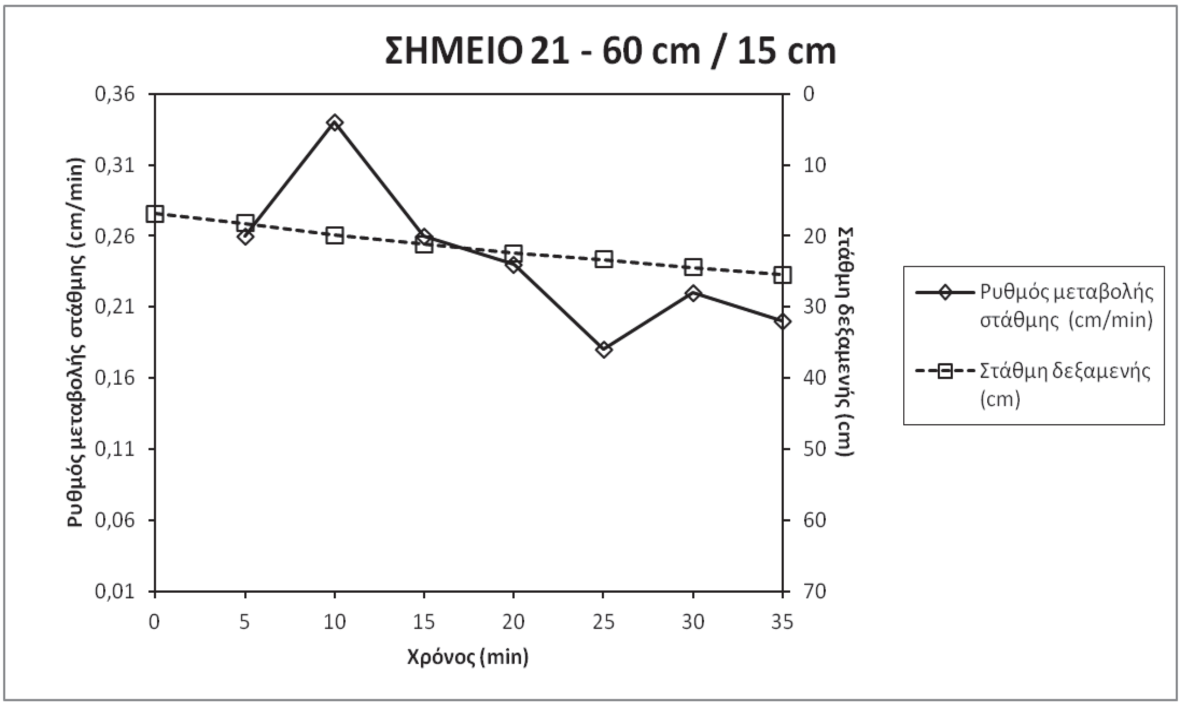

ΣΗΜΕΙΟ 20 - 60 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
0,13
0,11
0,09
0,07
0,05
0,03
0,01
Στάθμη δεξαμενής (cm)
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35
Χρόνος (min)
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)


ΣΗΜΕΙΟ 20 - 60 cm / 15 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
0,36
0,31
0,26
0,21
0,16
0,11
0,06
0,01
Στάθμη δεξαμενής (cm)
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35
Χρόνος (min)
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

ΣΗΜΕΙΟ 21:


21
60CM


ΣΗΜΕΙΟ 21 - 60 cm / 5 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)
Χρόνος (min)
0,17
0,15
0,13
0,11
0,09
0,07
0,05
0,03
0,01
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)



ΣΗΜΕΙΟ 21 - 60 cm / 15 cm
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
0,36
0,31
0,26
0,21
0,16
0,11
0,06
0,01
Στάθμη δεξαμενής (cm)
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
35
Χρόνος (min)
Ρυθμός μεταβολής στάθμης (cm/min)
Στάθμη δεξαμενής (cm)

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μετά από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων που έγινε με την εφαρμογή του προγράμματος excel της Microsoft συμπεραίνουμε ότι οι διαφορές που παρουσιάστηκαν τόσο μεταξύ των σημείων, όσο και κατά βάθος, αιτιολογούνται από το γεγονός ότι ο συγκεκριμένος πειραματικός αγρός, βρίσκεται σε ανακτημένη περιοχή από τη θάλασσα (polder), πράγμα που επιβεβαιώθηκε και από την ύπαρξη κοχυλιών μέσα στα δείγματα που λήφθηκαν. Η διαδικασία κατασκευής του polder, είναι αυτή που ουσιαστικά προσδίδει στο συγκεκριμένο έδαφος τόσο μεγάλο εύρος στα υδραυλικά του χαρακτηριστικά, μιας και δεν υπήρξε φυσική διαδικασία εδαφογένεσης, αλλά ρίψη εδάφους με σκοπό την πλήρωση του κενού χώρου.

Επίσης οι τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας είναι μικρές όταν έχουμε βροχόπτωση την προηγούμενη έως και τρείς μέρες πριν την μέτρηση ενώ τις μέρες του καλοκαιριού κατά τις οποίες έγιναν μετρήσεις η υδραυλική αγωγιμότητα είχε υψηλές τιμές, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι στις περιπτώσεις εδαφών με λεπτή υφή δηλαδή με μεγάλο ποσοστό αργίλου και ιλύος, οι μετρήσεις πρέπει να πραγματοποιούνται με μεγάλη προσοχή όταν το έδαφος είναι κορεσμένο μέχρι το βάθος μετρήσεως, και να λαμβάνονται μέτρα για την αποφυγή δημιουργίας επίστρωσης στα τοιχώματα του φρεατίου μέτρησης, όπως αναφέρεται και στις οδηγίες χρήσης του οργάνου.

7.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1) Τζιμόπουλος Χ., Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη Μ. και Γιαννόπουλος Σ., 1996. *Συγκριτική στατιστική επεξεργασία της υδραυλικής αγωγιμότητας κορεσμού στην ύπαιθρο.* Πρακτικά 2ου Πανελλήνιου συνεδρίου: Εγγειοβελτιωτικά έργα, διαχείριση υδάτινων πόρων, εκμηχάνιση Γεωργίας. Απρίλιος, Λάρισα, 868-877.
2) Τζιμόπουλος Χ. και Σπυρίδης Ανθ., 2000. *Εφαρμογή της θεωρίας των περιφερειακών μεταβλητών σε μη στάσιμες συναρτήσεις - εισαγωγή τάσεων.* Τιμητικός τόμος αφιερωμένος στον καθηγητή Ιωάννη Μήττα, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, 535-551.
3) Τζιμόπουλος Χ., Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη Μ. και Γιαννόπουλος Σ., 2000. *Μελέτη της υδραυλικής αγωγιμότητας κορεσμού στο ύπαιθρο με στατιστικές και γεωστατιστικές μεθόδους.* Τεχνικά Χρονικά, Επιστημονική έκδοση ΤΕΕ,Ι,Τευχ. 1 : 31-40.
4) Reynolds, W.D. and Elrick, D.E., 1987. *A laboratory and numerical assessment of the Guelph Permeameter method,* Soil Sci., 144: 282-299
5) Reynolds, W.D. and Elrick, D.E., In situ measurement of field-saturated hydraulic conductivity, sorptivity, and the a-Parameter using the Guelph permeameter, 1985, **Soil Sci.,** 140, 293-302.
6) Reynolds, W.D., Elrick, D.E. and Clothier, B.E., The constant head well permeameter: Effect of unsaturated flow, **Soil Sci.,** 1985, 139(2)
7) Φραγκίστα Σοφία 2010.Προσδιορισμός υδραυλικών ιδιοτήτων σε καλλιεργημένο και ακαλλιέργητο έδαφος. Απρίλιος,Αθήνα

8.ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

SOILMOISTURE Guelph Permeameter Calculations

Input (green)
Result (yellow)

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,1000

Res Type 35,02
H 5
a 3
H/a 1,667
a* 0,12
C0.01 0,809
C0.04 0,842
C0.12 0,803
C0.36 0,803
C 0,803
R 0,100
Q 0,058
pi 3,142

α* = 0,12 cm⁻¹
C = 0,803154
Q = 0,058367

K_{fs} = 1,06E-04 cm/sec; 6,37E-03 cm/min; 1,06E-06 m/sec; 2,51E-03 inch/min; 4,18E-05 inch/sec

Φ_m = 8,85E-04 cm²/min

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 15
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 1,2200

Res Type 35,02
H 15
a 3
H/a 5
a* 0,12
C0.01 1,518
C0.04 1,629
C0.12 1,667
C0.36 1,667
C 1,667
R 1,220
Q 0,712
pi 3,142

9,17

α* = 0,12 cm⁻¹
C = 1,666893
Q = 0,712073

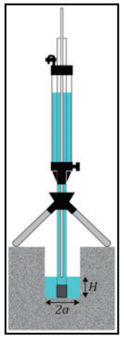
K_{fs} = 5,28E-04 cm/sec; 3,17E-02 cm/min; 5,28E-06 m/ses; 1,25E-02 inch/min; 2,08E-04 inch/sec

Φ_m = 4,40E-03 cm²/min

Average

K_{fs} = 3,17E-04 cm/sec; 1,90E-02 cm/min; 3,17E-06 m/s; 7,50E-03 inch/min; 1,25E-04 inch/sec

Φ_m = 2,64E-03 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02

Enter the first water Head Height ("H1" in cm): 5
Enter the second water Head Height ("H2" in cm): 15

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α* = 0,12 cm⁻¹
α = -0,22

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): 0,1000
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): 1,2200

Res Type: 35,02
H1/a: 1,6667
H2/a: 5
C1-0.01: 0,8095
C2-0.01: 1,5183
C1-0.04: 0,8421
C2-0.04: 1,6291
C1-0.12: 0,8032
C2-0.12: 1,6669
C1-0.36: 0,8032
C2-0.36: 1,6669

Q_1 = 0,058367
Q_2 = 0,712073
C_1 = 0,803154
C_2 = 1,666893
G_1 = 0,002575
G_2 = 0,001781
G_3 = 0,040530
G_4 = 0,010352

K_{fs} = 1,12E-03 cm/sec; 6,71E-02 cm/min; 1,12E-05 m/sec; 2,64E-02 inch/min; 4,40E-04 inch/sec

Φ_m = -5,01E-03 cm²/min
θ_s = 0,65 cm³/cm³
θ_i = 0,4 cm³/cm³
Sorptivity #ΑΡΙΘ! (cm min⁻½)

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and α^* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	$\alpha^*(cm^{-1})$	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), a^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm), H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{a^*}\right)}$ $\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a^* + 2\pi H_1}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $K_{fs} = G_2Q_2 - G_1Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $\Phi_m = G_3Q_1 - G_4Q_2$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	

SOILMOISTURE Guelph Permeameter Calculations

Input (green) | Result (yellow)

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 2,18
Enter water Head Height ("H" in cm): 5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0600

Res Type	2,18
H	5
a	3
H/a	1,667
a*	0,12
C0.01	0,809
C0.04	0,842
C0.12	0,803
C0.36	0,803
C	0,803
R	0,060
Q	0,002
pi	3,142

α* = 0,12 cm⁻¹

C = 0,803154
Q = 0,002180

K_{fs} = 3,97E-06 cm/sec; 2,38E-04 cm/min; 3,97E-08 m/sec; 9,37E-05 inch/min; 1,56E-06 inch/sec

Φ_m = 3,30E-05 cm²/min

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 2,18
Enter water Head Height ("H" in cm): 15
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0800

Res Type	2,18
H	15
a	3
H/a	5
a*	0,12
C0.01	1,518
C0.04	1,629
C0.12	1,667
C0.36	1,667
C	1,667
R	0,080
Q	0,003
pi	3,142

0,34

α* = 0,12 cm⁻¹

C = 1,666893
Q = 0,002907

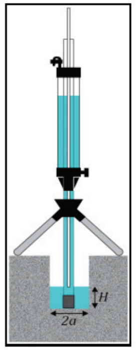
K_{fs} = 2,16E-06 cm/sec; 1,29E-04 cm/min; 2,16E-08 m/sec; 5,10E-05 inch/min; 8,49E-07 inch/sec

Φ_m = 1,80E-05 cm²/min

Average

K_{fs} = 3,06E-06 cm/sec; 1,84E-04 cm/min; 3,06E-08 m/s; 7,23E-05 inch/min; 1,21E-06 inch/sec

Φ_m = 2,55E-05 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 2,18

Enter the first water Head Height ("H1" in cm): 5
Enter the second water Head Height ("H2" in cm): 15

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α* = 0,12 cm⁻¹

α = -0,01

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): 0,0600
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): 0,0800

Res Type:	2,18
H1/a:	1,6667
H2/a:	5
C1-0.01:	0,8095
C2-0.01:	1,5183
C1-0.04:	0,8421
C2-0.04:	1,6291
C1-0.12:	0,8032
C2-0.12:	1,6669
C1-0.36:	0,8032
C2-0.36:	1,6669

Q_1 = 0,002180
Q_2 = 0,002907
C_1 = 0,803154
C_2 = 1,666893
G_1 = 0,002575
G_2 = 0,001781
G_3 = 0,040530
G_4 = 0,010352

K_{fs} = -4,36E-07 cm/sec; -2,61E-05 cm/min; -4,36E-09 m/sec; -1,03E-05 inch/min; -1,71E-07 inch/sec

Φ_m = 5,83E-05 cm²/min

θ_{fs} = 0,65 cm³/cm³

θ_i = 0,4 cm³/cm³

Sorptivity 0,0054 (cm min⁻½)

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and α^* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al, 1998).

Soil Texture-Structure Category	α^*(cm⁻¹)	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), α^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm), H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{\alpha^*}\right)}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	$\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)\alpha^* + 2\pi H_1}$
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $K_{fs} = G_2Q_2 - G_1Q_1$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	$G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $\Phi_m = G_3Q_1 - G_4Q_2$

Guelph Permeameter Calculations

Input

Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm² (enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir):	35,02
Enter water Head Height ("H" in cm):	5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm):	3
Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers):	2

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0400

Res Type	35,02
H	5
a	3
H/a	1,667
a*	0,04
C0.01	0,809
C0.04	0,842
C0.12	0,803
C0.36	0,803
C	0,842
R	0,040
Q	0,023
pi	3,142

α* = 0,04 cm^{-1}

C = 0,842059

Q = 0,023347

K_{fs} = 2,03E-05 cm/sec; 1,22E-03 cm/min; 2,03E-07 m/sec; 4,81E-04 Inch/min; 8,01E-06 Inch/sec

Φ_m = 5,09E-04 cm^2/min

1,76

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm² (enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir):	35,02
Enter water Head Height ("H" in cm):	10
Enter the Borehole Radius ("a" in cm):	3
Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers):	2

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,7000

Res Type	35,02
H	10
a	3
H/a	3,333
a*	0,04
C0.01	1,218
C0.04	1,29
C0.12	1,288
C0.36	1,288
C	1,29
R	0,700
Q	0,409
pi	3,142

α* = 0,04 cm^{-1}

C = 1,290234

Q = 0,408567

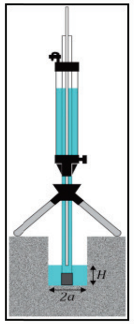
K_{fs} = 2,36E-04 cm/sec; 1,41E-02 cm/min; 2,36E-06 m/ses; 5,57E-03 Inch/min; 9,28E-05 Inch/sec

Φ_m = 5,90E-03 cm^2/min

Average

K_{fs} = 1,28E-04 cm/sec; 7,68E-03 cm/min; 1,28E-06 m/s; 3,03E-03 Inch/min; 5,04E-05 Inch/sec

Φ_m = 3,20E-03 cm^2/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm² (enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir):	35,02
Enter the first water Head Height ("H1" in cm):	5
Enter the second water Head Height ("H2" in cm):	10
Enter the Borehole Radius ("a" in cm):	3
Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers):	2

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α* = 0,04 cm^{-1}

α = -0,18

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): 0,0400

Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): 0,7000

Res Type:	35,02
H1/a:	1,6667
H2/a:	3,3333
C1-0.01:	0,8095
C2-0.01:	1,2184
C1-0.04:	0,8421
C2-0.04:	1,2902
C1-0.12:	0,8032
C2-0.12:	1,2875
C1-0.36:	0,8032
C2-0.36:	1,2875

Q_1 = 0,023347

Q_2 = 0,408567

C_1 = 0,842059

C_2 = 1,290234

G_1 = 0,005422

G_2 = 0,004154

G_3 = 0,058806

G_4 = 0,024517

K_{fs} = 1,57E-03 cm/sec; 9,42E-02 cm/min; 1,57E-05 m/sec; 3,71E-02 Inch/min; 6,18E-04 Inch/sec

Φ_m = -8,64E-03 cm^2/min

θ_{fs} = 0,65 cm^3/cm^3

θ_i = 0,4 cm^3/cm^3

Sorptivity #APIΘ! $(cm\ min^{-½})$

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and α* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	α*(cm⁻¹)	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), a^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm), H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{a^*}\right)}$ $\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a^* + 2\pi H_1}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $K_{fs} = G_2Q_2 - G_1Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $\Phi_m = G_3Q_1 - G_4Q_2$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	

Guelph Permeameter Calculations

Input
Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm² (enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 2

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,2400

Res Type 35,02
H 5
a 3
H/a 1,667
a* 0,04
C0.01 0,809
C0.04 0,842
C0.12 0,803
C0.36 0,803
C 0,842
R 0,240
Q 0,14
pi 3,142

α* = 0,04 cm⁻¹

C = 0,842059
Q = 0,140080

K_{fs} = 1,22E-04 cm/sec; 7,32E-03 cm/min; 1,22E-06 m/sec; 2,88E-03 inch/min; 4,81E-05 inch/sec

Φ_m = 3,05E-03 cm²/min

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm² (enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 10
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 2

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,9800

Res Type 35,02
H 10
a 3
H/a 3,333
a* 0,04
C0.01 1,218
C0.04 1,29
C0.12 1,288
C0.36 1,288
C 1,29
R 0,980
Q 0,572
pi 3,142

10,55

α* = 0,04 cm⁻¹

C = 1,290234
Q = 0,571993

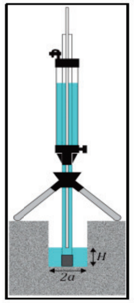
K_{fs} = 3,30E-04 cm/sec; 1,98E-02 cm/min; 3,30E-06 m/ses; 7,80E-03 inch/min; 1,30E-04 inch/sec

Φ_m = 8,25E-03 cm²/min

Average

K_{fs} = 2,26E-04 cm/sec; 1,36E-02 cm/min; 2,26E-06 m/s; 5,34E-03 inch/min; 8,90E-05 inch/sec

Φ_m = 5,65E-03 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm² (enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02

Enter the first water Head Height ("H1" in cm): 5
Enter the second water Head Height ("H2" in cm): 10

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 2

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α* = 0,04 cm⁻¹
α = -0,28

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): 0,2400
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): 0,9800

Res Type: 35,02
H1/a: 1,6667
H2/a: 3,3333
C1-0.01: 0,8095
C2-0.01: 1,2184
C1-0.04: 0,8421
C2-0.04: 1,2902
C1-0.12: 0,8032
C2-0.12: 1,2875
C1-0.36: 0,8032
C2-0.36: 1,2875

Q_1 = 0,140080
Q_2 = 0,571993
C_1 = 0,842059
C_2 = 1,290234
G_1 = 0,005422
G_2 = 0,004154
G_3 = 0,058806
G_4 = 0,024517

K_{fs} = 1,62E-03 cm/sec; 9,70E-02 cm/min; 1,62E-05 m/sec; 3,82E-02 inch/min; 6,36E-04 inch/sec

Φ_m = -5,79E-03 cm²/min

Θ_{fs} = 0,65 cm³/cm³

Θ_i = 0,4 cm³/cm³

Sorptivity #APIΘ! (cm min⁻½)

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and α^* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	$\alpha^*(cm^{-1})$	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), α^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm), H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{a^*}\right)}$ $\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a^* + 2\pi H_1}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $K_{fs} = G_2Q_2 - G_1Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $\Phi_m = G_3Q_1 - G_4Q_2$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	

Guelph Permeameter Calculations

Input | Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 2,18
Enter water Head Height ("H" in cm): 5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0600

Res Type 2,18
H 5
a 3
H/a 1,667
a* 0,12
C0.01 0,809
C0.04 0,842
C0.12 0,803
C0.36 0,803
C 0,803
R 0,060
Q 0,002
pi 3,142

α* = 0,12 cm⁻¹

C = 0,803154
Q = 0,002180

K_{fs} = 3,97E-06 cm/sec; 2,38E-04 cm/min; 3,97E-08 m/sec; 9,37E-05 inch/min; 1,56E-06 inch/sec

Φ_m = 3,30E-05 cm²/min

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 2,18
Enter water Head Height ("H" in cm): 15
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 2,5000

Res Type 2,18
H 15
a 3
H/a 5
a* 0,12
C0.01 1,518
C0.04 1,629
C0.12 1,667
C0.36 1,667
C 1,667
R 2,500
Q 0,091
pi 3,142

0,34

α* = 0,12 cm⁻¹

C = 1,666893
Q = 0,090833

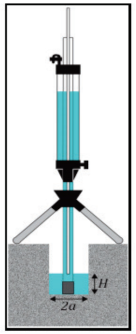
K_{fs} = 6,74E-05 cm/sec; 4,04E-03 cm/min; 6,74E-07 m/ses; 1,59E-03 inch/min; 2,65E-05 inch/sec

Φ_m = 5,62E-04 cm²/min

Average

K_{fs} = 3,57E-05 cm/sec; 2,14E-03 cm/min; 3,57E-07 m/s; 8,43E-04 inch/min; 1,40E-05 inch/sec

Φ_m = 2,97E-04 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 2,18

Enter the first water Head Height ("H1" in cm): 5
Enter the second water Head Height ("H2" in cm): 15

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α* = 0,12 cm⁻¹

α = -0,18

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): 0,0600
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): 2,5000

Res Type: 2,18
H1/a: 1,6667
H2/a: 5
C1-0.01: 0,8095
C2-0.01: 1,5183
C1-0.04: 0,8421
C2-0.04: 1,6291
C1-0.12: 0,8032
C2-0.12: 1,6669
C1-0.36: 0,8032
C2-0.36: 1,6669

Q_1 = 0,002180
Q_2 = 0,090833
C_1 = 0,803154
C_2 = 1,666893
G_1 = 0,002575
G_2 = 0,001781
G_3 = 0,040530
G_4 = 0,010352

K_{fs} = 1,56E-04 cm/sec; 9,37E-03 cm/min; 1,56E-06 m/sec; 3,69E-03 inch/min; 6,15E-05 inch/sec

Φ_m = -8,52E-04 cm²/min

Θ_{fs} = 0,65 cm³/cm³

Θ_i = 0,4 cm³/cm³

Sorptivity #APIΘ! (cm min⁻½)

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and α^* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	α^*(cm⁻¹)	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), α^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm), H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{\alpha^*}\right)}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	$\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)\alpha^* + 2\pi H_1}$
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $K_{fs} = G_2Q_2 - G_1Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	$G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $\Phi_m = G_3Q_1 - G_4Q_2$

Guelph Permeameter Calculations

Input

Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 2,18
Enter water Head Height ("H" in cm): 5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0600

Res Type	2,18
H	5
a	3
H/a	1,667
a*	0,12
C0.01	0,809
C0.04	0,842
C0.12	0,803
C0.36	0,803
C	0,803
R	0,060
Q	0,002
pi	3,142

α*= 0,12 cm⁻¹

C = 0,803154
Q = 0,002180

K_{fs} = 3,97E-06 cm/sec
2,38E-04 cm/min
3,97E-08 m/sec
9,37E-05 inch/min
1,56E-06 inch/sec

Φ_m = 3,30E-05 cm²/min

0,34

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 2,18
Enter water Head Height ("H" in cm): 15
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0200

Res Type	2,18
H	15
a	3
H/a	5
a*	0,12
C0.01	1,518
C0.04	1,629
C0.12	1,667
C0.36	1,667
C	1,667
R	0,020
Q	7E-04
pi	3,142

α*= 0,12 cm⁻¹

C = 1,666893
Q = 0,000727

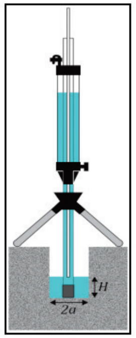
K_{fs} = 5,39E-07 cm/sec
3,24E-05 cm/min
5,39E-09 m/ses
1,27E-05 inch/min
2,12E-07 inch/sec

Φ_m = 4,49E-06 cm²/min

Average

K_{fs} = 2,25E-06 cm/sec
1,35E-04 cm/min
2,25E-08 m/s
5,32E-05 inch/min
8,87E-07 inch/sec

Φ_m = 1,88E-05 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 2,18

Enter the first water Head Height ("H1" in cm): 5
Enter the second water Head Height ("H2" in cm): 15

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α*= 0,12 cm⁻¹

α= -0,05

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): 0,0600
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): 0,0200

Res Type:	2,18
H1/a:	1,6667
H2/a:	5
C1-0.01:	0,8095
C2-0.01:	1,5183
C1-0.04:	0,8421
C2-0.04:	1,6291
C1-0.12:	0,8032
C2-0.12:	1,6669
C1-0.36:	0,8032
C2-0.36:	1,6669

Q_1 = 0,002180
Q_2 = 0,000727
C_1 = 0,803154
C_2 = 1,666893
G_1 = 0,002575
G_2 = 0,001781
G_3 = 0,040530
G_4 = 0,010352

K_{fs} = -4,32E-06 cm/sec
-2,59E-04 cm/min
-4,32E-08 m/sec
-1,02E-04 inch/min
-1,70E-06 inch/sec

Φ_m = 8,08E-05 cm²/min

θ_s = 0,65 cm³/cm³

θ_i = 0,4 cm³/cm³

Sorptivity 0,0064 (cm min⁻½)

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and α^* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	α^*(cm⁻¹)	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1=\left(\frac{H_2/a}{2.081+0.121(H_2/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1=\left(\frac{H_1/a}{1.992+0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2=\left(\frac{H_2/a}{1.992+0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1=\left(\frac{H_1/a}{2.074+0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2=\left(\frac{H_2/a}{2.074+0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1=\left(\frac{H_1/a}{2.074+0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2=\left(\frac{H_2/a}{2.074+0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), α^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm), H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1=\bar{R}_1\times 35.22$	$K_{fs}=\frac{C_1\times Q_1}{2\pi H_1^2+\pi a^2 C_1+2\pi\left(\frac{H_1}{a^*}\right)}$ $\Phi_m=\frac{C_1\times Q_1}{(2\pi H_1^2+\pi a^2 C_1)a^*+2\pi H_1}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1=\bar{R}_1\times 2.16$	
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1=\bar{R}_1\times 35.22$ $Q_2=\bar{R}_2\times 35.22$	$G_1=\frac{H_2C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2-H_1)+a^2(H_1C_2-H_2C_1))}$ $G_2=\frac{H_1C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2-H_1)+a^2(H_1C_2-H_2C_1))}$ $K_{fs}=G_2Q_2-G_1Q_1$ $G_3=\frac{(2H_2^2+a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2-H_1)+a^2(H_1C_2-H_2C_1))}$ $G_4=\frac{(2H_1^2+a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2-H_1)+a^2(H_1C_2-H_2C_1))}$ $\Phi_m=G_3Q_1-G_4Q_2$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1=\bar{R}_1\times 2.16$ $Q_2=\bar{R}_2\times 2.16$	

SOILMOISTURE Guelph Permeameter Calculations

Input
Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 2,18
Enter water Head Height ("H" in cm): 5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 1,0800

Res Type	2,18
H	5
a	3
H/a	1,667
a*	0,12
C0.01	0,809
C0.04	0,842
C0.12	0,803
C0.36	0,803
C	0,803
R	1,080
Q	0,039
pi	3,142

α*= 0,12 cm⁻¹

C = 0,803154
Q = 0,039240

K_{fs} = 7,14E-05 cm/sec
4,28E-03 cm/min
7,14E-07 m/sec
1,69E-03 inch/min
2,81E-05 inch/sec

Φ_m = 5,95E-04 cm²/min

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 15
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,3400

Res Type	35,02
H	15
a	3
H/a	5
a*	0,12
C0.01	1,518
C0.04	1,629
C0.12	1,667
C0.36	1,667
C	1,667
R	0,340
Q	0,198
pi	3,142

6,17

α*= 0,12 cm⁻¹

C = 1,666893
Q = 0,198447

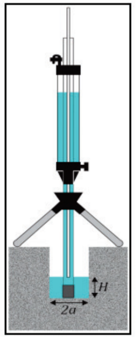
K_{fs} = 1,47E-04 cm/sec
8,84E-03 cm/min
1,47E-06 m/ses
3,48E-03 inch/min
5,80E-05 inch/sec

Φ_m = 1,23E-03 cm²/min

Average

K_{fs} = 1,09E-04 cm/sec
6,56E-03 cm/min
1,09E-06 m/s
2,58E-03 inch/min
4,30E-05 inch/sec

Φ_m = 9,11E-04 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir):

Enter the first water Head Height ("H1" in cm):
Enter the second water Head Height ("H2" in cm):

Enter the Borehole Radius ("a" in cm):

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers):

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α*= 0 cm⁻¹

α= #######

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min):
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min):

Q_1 = 0,000000

Q_2 = 0,000000

Res Type:	0
H1/a:	######
H2/a:	######
C1-0.01:	######
C2-0.01:	######
C1-0.04:	######
C2-0.04:	######
C1-0.12:	######
C2-0.12:	######
C1-0.36:	######
C2-0.36:	######

C_1 = 0,000000

C_2 = 0,000000

G_1 = #ΔIAIP/0!

G_2 = #ΔIAIP/0!

G_3 = #ΔIAIP/0!

G_4 = #ΔIAIP/0!

K_{fs} = #ΔIAIP/0! cm/sec
#ΔIAIP/0! cm/min
#ΔIAIP/0! m/sec
#ΔIAIP/0! inch/min
#ΔIAIP/0! inch/sec

Φ_m = #ΔIAIP/0! cm²/min

Θ_s = 0,65 cm³/cm³

Θ_i = 0,4 cm³/cm³

Sorptivity #ΔIAIP/0! (cm min⁻½)

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and α^* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	α^*(cm⁻¹)	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), a^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm), H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{a^*}\right)}$ $\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a^* + 2\pi H_1}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $K_{fs} = G_2Q_2 - G_1Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $\Phi_m = G_3Q_1 - G_4Q_2$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	

Guelph Permeameter Calculations

SOILMOISTURE

Input (green) — Result (yellow)

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 2,18
Enter water Head Height ("H" in cm): 5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0200

Res Type	2,18
H	5
a	3
H/a	1,667
a*	0,12
C0.01	0,809
C0.04	0,842
C0.12	0,803
C0.36	0,803
C	0,803
R	0,020
Q	7E-04
pi	3,142

α* = 0,12 cm⁻¹

C = 0,803154
Q = 0,000727

K_{fs} = 1,32E-06 cm/sec; 7,93E-05 cm/min; 1,32E-08 m/sec; 3,12E-05 inch/min; 5,20E-07 inch/sec

Φ_m = 1,10E-05 cm²/min

0,11

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 2,18
Enter water Head Height ("H" in cm): 15
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0200

Res Type	2,18
H	15
a	3
H/a	5
a*	0,12
C0.01	1,518
C0.04	1,629
C0.12	1,667
C0.36	1,667
C	1,667
R	0,020
Q	7E-04
pi	3,142

α* = 0,12 cm⁻¹

C = 1,666893
Q = 0,000727

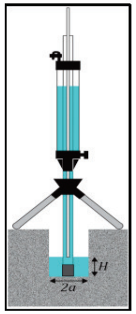
K_{fs} = 5,39E-07 cm/sec; 3,24E-05 cm/min; 5,39E-09 m/ses; 1,27E-05 inch/min; 2,12E-07 inch/sec

Φ_m = 4,49E-06 cm²/min

Average

K_{fs} = 9,30E-07 cm/sec; 5,58E-05 cm/min; 9,30E-09 m/s; 2,20E-05 inch/min; 3,66E-07 inch/sec

Φ_m = 7,75E-06 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 2,18

Enter the first water Head Height ("H1" in cm): 5
Enter the second water Head Height ("H2" in cm): 15

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α* = 0,12 cm⁻¹

α = -0,03

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): 0,0200
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): 0,0200

Q_1 = 0,000727
Q_2 = 0,000727

Res Type:	2,18
H1/a:	1,6667
H2/a:	5
C1-0.01:	0,8095
C2-0.01:	1,5183
C1-0.04:	0,8421
C2-0.04:	1,6291
C1-0.12:	0,8032
C2-0.12:	1,6669
C1-0.36:	0,8032
C2-0.36:	1,6669

C_1 = 0,803154
C_2 = 1,666893
G_1 = 0,002575
G_2 = 0,001781
G_3 = 0,040530
G_4 = 0,010352

K_{fs} = -5,77E-07 cm/sec; -3,46E-05 cm/min; -5,77E-09 m/sec; -1,36E-05 inch/min; -2,27E-07 inch/sec

Φ_m = 2,19E-05 cm²/min

Θ_{fs} = 0,65 cm³/cm³

Θ_i = 0,4 cm³/cm³

Sorptivity 0,0033 (cm min⁻½)

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and α* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	α*(cm⁻¹)	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), a^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm), H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{a^*}\right)}$ $\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a^* + 2\pi H_1}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $K_{fs} = G_2Q_2 - G_1Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $\Phi_m = G_3Q_1 - G_4Q_2$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	

SOILMOISTURE® Guelph Permeameter Calculations

Input

Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 2

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,1000

Res Type 35,02
H 5
a 3
H/a 1,667
a* 0,04
C0.01 0,809
C0.04 0,842
C0.12 0,803
C0.36 0,803
C 0,842
R 0,100
Q 0,058
pi 3,142

α*= 0,04 cm⁻¹

C = 0,842059
Q = 0,058367

K_{fs} = 5,09E-05 cm/sec
3,05E-03 cm/min
5,09E-07 m/sec
1,20E-03 inch/min
2,00E-05 inch/sec

Φ_m = 1,27E-03 cm²/min

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 10
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 2

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,2000

Res Type 35,02
H 10
a 3
H/a 3,333
a* 0,04
C0.01 1,218
C0.04 1,29
C0.12 1,288
C0.36 1,288
C 1,29
R 0,200
Q 0,117
pi 3,142

4,39

α*= 0,04 cm⁻¹

C = 1,290234
Q = 0,116733

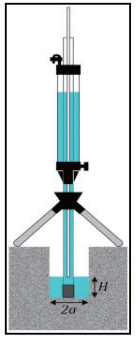
K_{fs} = 6,74E-05 cm/sec
4,04E-03 cm/min
6,74E-07 m/ses
1,59E-03 inch/min
2,65E-05 inch/sec

Φ_m = 1,68E-03 cm²/min

Average

K_{fs} = 5,91E-05 cm/sec
3,55E-03 cm/min
5,91E-07 m/s
1,40E-03 inch/min
2,33E-05 inch/sec

Φ_m = 1,48E-03 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02

Enter the first water Head Height ("H1" in cm): 5
Enter the second water Head Height ("H2" in cm): 10

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 2

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α*= 0,04 cm⁻¹

α= 0,30

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): 0,1000
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): 0,2000

Q_1 = 0,058367

Q_2 = 0,116733

Res Type: 35,02
H1/a: 1,6667
H2/a: 3,3333
C1-0.01: 0,8095
C2-0.01: 1,2184
C1-0.04: 0,8421
C2-0.04: 1,2902
C1-0.12: 0,8032
C2-0.12: 1,2875
C1-0.36: 0,8032
C2-0.36: 1,2875

C_1 = 0,842059

C_2 = 1,290234

G_1 = 0,005422

G_2 = 0,004154

G_3 = 0,058806

G_4 = 0,024517

K_{fs} = 1,68E-04 cm/sec
1,01E-02 cm/min
1,68E-06 m/sec
3,98E-03 inch/min
6,63E-05 inch/sec

Φ_m = 5,70E-04 cm²/min

θ_{fs} = 0,65 cm³/cm³

θ_i = 0,4 cm³/cm³

Sorptivity 0,0169 (cm min⁻½)

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and α^* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	$\alpha^*(cm^{-1})$	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), a^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm), H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{a^*}\right)}$ $\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a^* + 2\pi H_1}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $K_{fs} = G_2Q_2 - G_1Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $\Phi_m = G_3Q_1 - G_4Q_2$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	

Guelph Permeameter Calculations

Input

Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 2,18
Enter water Head Height ("H" in cm): 5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 2

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0600

Res Type	2,18
H	5
a	3
H/a	1,667
a*	0,04
C0.01	0,809
C0.04	0,842
C0.12	0,803
C0.36	0,803
C	0,842
R	0,060
Q	0,002
pi	3,142

α*= 0,04 cm⁻¹

C = 0,842059
Q = 0,002180

K_{fs} = 1,90E-06 cm/sec
1,14E-04 cm/min
1,90E-08 m/sec
4,49E-05 inch/min
7,48E-07 inch/sec

Φ_m = 4,75E-05 cm²/min

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 10
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 2

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0200

Res Type	35,02
H	10
a	3
H/a	3,333
a*	0,04
C0.01	1,218
C0.04	1,29
C0.12	1,288
C0.36	1,288
C	1,29
R	0,020
Q	0,012
pi	3,142

0,16

α*= 0,04 cm⁻¹

C = 1,290234
Q = 0,011673

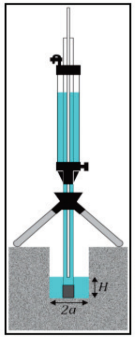
K_{fs} = 6,74E-06 cm/sec
4,04E-04 cm/min
6,74E-08 m/ses
1,59E-04 inch/min
2,65E-06 inch/sec

Φ_m = 1,68E-04 cm²/min

Average

K_{fs} = 4,32E-06 cm/sec
2,59E-04 cm/min
4,32E-08 m/s
1,02E-04 inch/min
1,70E-06 inch/sec

Φ_m = 1,08E-04 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir):

Enter the first water Head Height ("H1" in cm):
Enter the second water Head Height ("H2" in cm):

Enter the Borehole Radius ("a" in cm):

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers):

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α*= 0 cm⁻¹

α= #######

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min):
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min):

Res Type:	0
H1/a:	######
H2/a:	######
C1-0.01:	######
C2-0.01:	######
C1-0.04:	######
C2-0.04:	######
C1-0.12:	######
C2-0.12:	######
C1-0.36:	######
C2-0.36:	######

Q_1 = 0,000000

Q_2 = 0,000000

C_1 = 0,000000

C_2 = 0,000000

G_1 = #ΔIAIP/0!

G_2 = #ΔIAIP/0!

G_3 = #ΔIAIP/0!

G_4 = #ΔIAIP/0!

K_{fs} = #ΔIAIP/0! cm/sec
#ΔIAIP/0! cm/min
#ΔIAIP/0! m/sec
#ΔIAIP/0! inch/min
#ΔIAIP/0! inch/sec

Φ_m = #ΔIAIP/0! cm²/min

θ_s = 0,65 cm³/cm³

θ_i = 0,4 cm³/cm³

Sorptivity #ΔIAIP/0! (cm min⁻½)

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and α^* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	α^*(cm⁻¹)	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), a^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm), H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{a^*}\right)}$ $\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a^* + 2\pi H_1}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $K_{fs} = G_2Q_2 - G_1Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $\Phi_m = G_3Q_1 - G_4Q_2$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	

Guelph Permeameter Calculations

Input
Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 2,18
Enter water Head Height ("H" in cm): 5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0200

Res Type	2,18
H	5
a	3
H/a	1,667
a*	0,12
C0.01	0,809
C0.04	0,842
C0.12	0,803
C0.36	0,803
C	0,803
R	0,020
Q	7E-04
pi	3,142

α*= 0,12 cm⁻¹

C = 0,803154
Q = 0,000727

K_{fs} = 1,32E-06 cm/sec
7,93E-05 cm/min
1,32E-08 m/sec
3,12E-05 inch/min
5,20E-07 inch/sec

Φ_m = 1,10E-05 cm²/min

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 2,18
Enter water Head Height ("H" in cm): 15
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,5200

Res Type	2,18
H	15
a	3
H/a	5
a*	0,12
C0.01	1,518
C0.04	1,629
C0.12	1,667
C0.36	1,667
C	1,667
R	0,520
Q	0,019
pi	3,142

0,11

α*= 0,12 cm⁻¹

C = 1,666893
Q = 0,018893

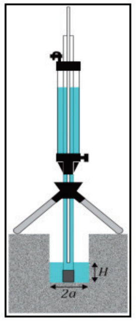
K_{fs} = 1,40E-05 cm/sec
8,41E-04 cm/min
1,40E-07 m/ses
3,31E-04 inch/min
5,52E-06 inch/sec

Φ_m = 1,17E-04 cm²/min

Average

K_{fs} = 7,67E-06 cm/sec
4,60E-04 cm/min
7,67E-08 m/s
1,81E-04 inch/min
3,02E-06 inch/sec

Φ_m = 6,39E-05 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 2,18

Enter the first water Head Height ("H1" in cm): 5
Enter the second water Head Height ("H2" in cm): 15

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α*= 0,12 cm⁻¹

α= -0,19

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): 0,0200
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): 0,5200

Res Type:	2,18
H1/a:	1,6667
H2/a:	5
C1-0.01:	0,8095
C2-0.01:	1,5183
C1-0.04:	0,8421
C2-0.04:	1,6291
C1-0.12:	0,8032
C2-0.12:	1,6669
C1-0.36:	0,8032
C2-0.36:	1,6669

Q_1 = 0,000727
Q_2 = 0,018893
C_1 = 0,803154
C_2 = 1,666893
G_1 = 0,002575
G_2 = 0,001781
G_3 = 0,040530
G_4 = 0,010352

K_{fs} = 3,18E-05 cm/sec
1,91E-03 cm/min
3,18E-07 m/sec
7,51E-04 inch/min
1,25E-05 inch/sec

Φ_m = -1,66E-04 cm²/min

Θ_{fs} = 0,65 cm³/cm³

Θ_i = 0,4 cm³/cm³

Sorptivity #APIØ! (cm min^-½)

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and α* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	α*(cm⁻¹)	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), a^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm) , H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{a^*}\right)}$ $\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a^* + 2\pi H_1}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1 H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1 H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $K_{fs} = G_2 Q_2 - G_1 Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2 C_2)C_1}{2\pi(2H_1 H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2 C_1)C_2}{2\pi(2H_1 H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $\Phi_m = G_3 Q_1 - G_4 Q_2$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	

Guelph Permeameter Calculations

Input

Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 2,18
Enter water Head Height ("H" in cm): 5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0600

Res Type	2,18
H	5
a	3
H/a	1,667
a*	0,12
C0.01	0,809
C0.04	0,842
C0.12	0,803
C0.36	0,803
C	0,803
R	0,060
Q	0,002
pi	3,142

α* = 0,12 cm⁻¹

C = 0,803154
Q = 0,002180

K_{fs} = 3,97E-06 cm/sec
2,38E-04 cm/min
3,97E-08 m/sec
9,37E-05 inch/min
1,56E-06 inch/sec

Φ_m = 3,30E-05 cm²/min

0,34

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 2,18
Enter water Head Height ("H" in cm): 15
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0400

Res Type	2,18
H	15
a	3
H/a	5
a*	0,12
C0.01	1,518
C0.04	1,629
C0.12	1,667
C0.36	1,667
C	1,667
R	0,040
Q	0,001
pi	3,142

α* = 0,12 cm⁻¹

C = 1,666893
Q = 0,001453

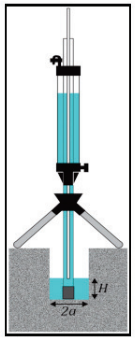
K_{fs} = 1,08E-06 cm/sec
6,47E-05 cm/min
1,08E-08 m/ses
2,55E-05 inch/min
4,25E-07 inch/sec

Φ_m = 8,99E-06 cm²/min

Average

K_{fs} = 2,52E-06 cm/sec
1,51E-04 cm/min
2,52E-08 m/s
5,96E-05 inch/min
9,93E-07 inch/sec

Φ_m = 2,10E-05 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 2,18

Enter the first water Head Height ("H1" in cm): 5
Enter the second water Head Height ("H2" in cm): 15

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α* = 0,12 cm⁻¹

α = -0,04

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): 0,0600
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): 0,0400

Res Type:	2,18
H1/a:	1,6667
H2/a:	5
C1-0.01:	0,8095
C2-0.01:	1,5183
C1-0.04:	0,8421
C2-0.04:	1,6291
C1-0.12:	0,8032
C2-0.12:	1,6669
C1-0.36:	0,8032
C2-0.36:	1,6669

Q_1 = 0,002180
Q_2 = 0,001453
C_1 = 0,803154
C_2 = 1,666893
G_1 = 0,002575
G_2 = 0,001781
G_3 = 0,040530
G_4 = 0,010352

K_{fs} = -3,02E-06 cm/sec
-1,81E-04 cm/min
-3,02E-08 m/sec
-7,14E-05 inch/min
-1,19E-06 inch/sec

Φ_m = 7,33E-05 cm²/min

θ_s = 0,65 cm³/cm³

θ_i = 0,4 cm³/cm³

Sorptivity 0,0061 (cm min⁻½)

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and α^* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	α^*(cm⁻¹)	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), α^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm), H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{\alpha^*}\right)}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	$\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)\alpha^* + 2\pi H_1}$
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $K_{fs} = G_2Q_2 - G_1Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	$G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $\Phi_m = G_3Q_1 - G_4Q_2$

Guelph Permeameter Calculations

SOILMOISTURE

Input

Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 2,18
Enter water Head Height ("H" in cm): 5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 2

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0400

Res Type	2,18
H	5
a	3
H/a	1,667
a*	0,04
C0.01	0,809
C0.04	0,842
C0.12	0,803
C0.36	0,803
C	0,842
R	0,040
Q	0,001
pi	3,142

α*= 0,04 cm⁻¹

C = 0,842059
Q = 0,001453

K_{fs} = 1,27E-06 cm/sec; 7,60E-05 cm/min; 1,27E-08 m/sec; 2,99E-05 inch/min; 4,99E-07 inch/sec

Φ_m = 3,17E-05 cm²/min

0,11

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 10
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 2

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0400

Res Type	35,02
H	10
a	3
H/a	3,333
a*	0,04
C0.01	1,218
C0.04	1,29
C0.12	1,288
C0.36	1,288
C	1,29
R	0,040
Q	0,023
pi	3,142

α*= 0,04 cm⁻¹

C = 1,290234
Q = 0,023347

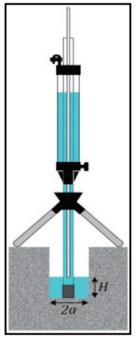
K_{fs} = 1,35E-05 cm/sec; 8,08E-04 cm/min; 1,35E-07 m/sec; 3,18E-04 inch/min; 5,30E-06 inch/sec

Φ_m = 3,37E-04 cm²/min

Average

K_{fs} = 7,37E-06 cm/sec; 4,42E-04 cm/min; 7,37E-08 m/s; 1,74E-04 inch/min; 2,90E-06 inch/sec

Φ_m = 1,84E-04 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir):

Enter the first water Head Height ("H1" in cm):
Enter the second water Head Height ("H2" in cm):

Enter the Borehole Radius ("a" in cm):

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers):

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α*= 0 cm⁻¹

α= #######

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min):
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min):

Res Type:	0
H1/a:	######
H2/a:	######
C1-0.01:	######
C2-0.01:	######
C1-0.04:	######
C2-0.04:	######
C1-0.12:	######
C2-0.12:	######
C1-0.36:	######
C2-0.36:	######

Q_1 = 0,000000
Q_2 = 0,000000
C_1 = 0,000000
C_2 = 0,000000
G_1 = #ΔIAIP/0!
G_2 = #ΔIAIP/0!
G_3 = #ΔIAIP/0!
G_4 = #ΔIAIP/0!

K_{fs} = #ΔIAIP/0! cm/sec; #ΔIAIP/0! cm/min; #ΔIAIP/0! m/sec; #ΔIAIP/0! inch/min; #ΔIAIP/0! inch/sec

Φ_m = #ΔIAIP/0! cm²/min

θ_{fs} = 0,65 cm³/cm³

θ_i = 0,4 cm³/cm³

Sorptivity #ΔIAIP/0! (cm min^-½)

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and a^* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	α^*(cm⁻¹)	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured, may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), α^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm), H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{\alpha^*}\right)}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	$\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)\alpha^* + 2\pi H_1}$
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $K_{fs} = G_2Q_2 - G_1Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	$G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $\Phi_m = G_3Q_1 - G_4Q_2$

Guelph Permeameter Calculations

SOILMOISTURE®

Input

Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 2,18
Enter water Head Height ("H" in cm): 5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 2

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0600

Res Type	2,18
H	5
a	3
H/a	1,667
a*	0,04
C0.01	0,809
C0.04	0,842
C0.12	0,803
C0.36	0,803
C	0,842
R	0,060
Q	0,002
pi	3,142

α* = 0,04 cm⁻¹

C = 0,842059
Q = 0,002180

K_{fs} = 1,90E-06 cm/sec; 1,14E-04 cm/min; 1,90E-08 m/sec; 4,49E-05 inch/min; 7,48E-07 inch/sec

Φ_m = 4,75E-05 cm²/min

0,16

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 10
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 2

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0800

Res Type	35,02
H	10
a	3
H/a	3,333
a*	0,04
C0.01	1,218
C0.04	1,29
C0.12	1,288
C0.36	1,288
C	1,29
R	0,080
Q	0,047
pi	3,142

α* = 0,04 cm⁻¹

C = 1,290234
Q = 0,046693

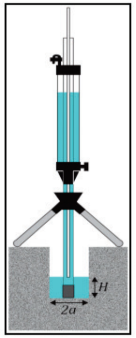
K_{fs} = 2,69E-05 cm/sec; 1,62E-03 cm/min; 2,69E-07 m/ses; 6,37E-04 inch/min; 1,06E-05 inch/sec

Φ_m = 6,74E-04 cm²/min

Average

K_{fs} = 1,44E-05 cm/sec; 8,65E-04 cm/min; 1,44E-07 m/s; 3,41E-04 inch/min; 5,68E-06 inch/sec

Φ_m = 3,61E-04 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir):

Enter the first water Head Height ("H1" in cm):
Enter the second water Head Height ("H2" in cm):

Enter the Borehole Radius ("a" in cm):

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers):

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α* = 0 cm⁻¹

α = #######

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min):
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min):

Res Type:	0
H1/a:	######
H2/a:	######
C1-0.01:	######
C2-0.01:	######
C1-0.04:	######
C2-0.04:	######
C1-0.12:	######
C2-0.12:	######
C1-0.36:	######
C2-0.36:	######

Q_1 = 0,000000
Q_2 = 0,000000
C_1 = 0,000000
C_2 = 0,000000
G_1 = #ΔIAIP/0!
G_2 = #ΔIAIP/0!
G_3 = #ΔIAIP/0!
G_4 = #ΔIAIP/0!

K_{fs} = #ΔIAIP/0! cm/sec; #ΔIAIP/0! cm/min; #ΔIAIP/0! m/sec; #ΔIAIP/0! inch/min; #ΔIAIP/0! inch/sec

Φ_m = #ΔIAIP/0! cm²/min

θ_s = 0,65 cm³/cm³

θ_i = 0,4 cm³/cm³

Sorptivity #ΔIAIP/0! (cm min⁻½)

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and α^* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	$\alpha^*(cm^{-1})$	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), a^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm), H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{a^*}\right)}$ $\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a^* + 2\pi H_1}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $K_{fs} = G_2Q_2 - G_1Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $\Phi_m = G_3Q_1 - G_4Q_2$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	

SOILMOISTURE Guelph Permeameter Calculations

Input

Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm² (enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir):	2,18
Enter water Head Height ("H" in cm):	5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm):	3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 2

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0800

Res Type	2,18
H	5
a	3
H/a	1,667
a*	0,04
C0.01	0,809
C0.04	0,842
C0.12	0,803
C0.36	0,803
C	0,842
R	0,080
Q	0,003
pi	3,142

α* = 0,04 cm⁻¹

C = 0,842059

Q = 0,002907

K_{fs} = 2,53E-06 cm/sec; 1,52E-04 cm/min; 2,53E-08 m/sec; 5,98E-05 inch/min; 9,97E-07 inch/sec

Φ_m = 6,33E-05 cm²/min

0,22

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm² (enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir):	35,02
Enter water Head Height ("H" in cm):	10
Enter the Borehole Radius ("a" in cm):	3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 2

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,2200

Res Type	35,02
H	10
a	3
H/a	3,333
a*	0,04
C0.01	1,218
C0.04	1,29
C0.12	1,288
C0.36	1,288
C	1,29
R	0,220
Q	0,128
pi	3,142

α* = 0,04 cm⁻¹

C = 1,290234

Q = 0,128407

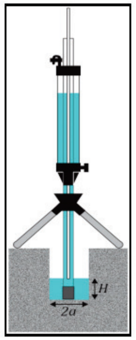
K_{fs} = 7,41E-05 cm/sec; 4,45E-03 cm/min; 7,41E-07 m/ses; 1,75E-03 inch/min; 2,92E-05 inch/sec

Φ_m = 1,85E-03 cm²/min

Average

K_{fs} = 3,83E-05 cm/sec; 2,30E-03 cm/min; 3,83E-07 m/s; 9,05E-04 inch/min; 1,51E-05 inch/sec

Φ_m = 9,58E-04 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm² (enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir):

Enter the first water Head Height ("H1" in cm):

Enter the second water Head Height ("H2" in cm):

Enter the Borehole Radius ("a" in cm):

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers):

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α* = 0 cm⁻¹

α = #######

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min):

Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min):

Res Type:	0
H1/a:	######
H2/a:	######
C1-0.01:	######
C2-0.01:	######
C1-0.04:	######
C2-0.04:	######
C1-0.12:	######
C2-0.12:	######
C1-0.36:	######
C2-0.36:	######

Q_1 = 0,000000

Q_2 = 0,000000

C_1 = 0,000000

C_2 = 0,000000

G_1 = #ΔIAIP/0!

G_2 = #ΔIAIP/0!

G_3 = #ΔIAIP/0!

G_4 = #ΔIAIP/0!

K_{fs} = #ΔIAIP/0! cm/sec; #ΔIAIP/0! cm/min; #ΔIAIP/0! m/sec; #ΔIAIP/0! inch/min; #ΔIAIP/0! inch/sec

Φ_m = #ΔIAIP/0! cm²/min

θ_{fs} = 0,65 cm³/cm³

θ_i = 0,4 cm³/cm³

Sorptivity #ΔIAIP/0! (cm min⁻½)

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and α^* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	α^*(cm⁻¹)	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), α^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm), H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{a^*}\right)}$ $\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a^* + 2\pi H_1}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $K_{fs} = G_2Q_2 - G_1Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $\Phi_m = G_3Q_1 - G_4Q_2$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	

Guelph Permeameter Calculations

SOILMOISTURE

Input
Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 2

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,1000

Res Type 35,02
H 5
a 3
H/a 1,667
a* 0,04
C0.01 0,809
C0.04 0,842
C0.12 0,803
C0.36 0,803
C 0,842
R 0,100
Q 0,058
pi 3,142

α* = 0,04 cm⁻¹

C = 0,842059
Q = 0,058367

K_{fs} = 5,09E-05 cm/sec
3,05E-03 cm/min
5,09E-07 m/sec
1,20E-03 inch/min
2,00E-05 inch/sec

Φ_m = 1,27E-03 cm²/min

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 10
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 2

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,3400

Res Type 35,02
H 10
a 3
H/a 3,333
a* 0,04
C0.01 1,218
C0.04 1,29
4,39 C0.12 1,288
C0.36 1,288
C 1,29
R 0,340
Q 0,198
pi 3,142

α* = 0,04 cm⁻¹

C = 1,290234
Q = 0,198447

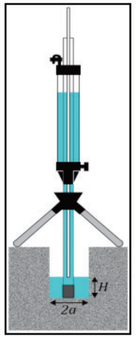
K_{fs} = 1,15E-04 cm/sec
6,87E-03 cm/min
1,15E-06 m/ses
2,71E-03 inch/min
4,51E-05 inch/sec

Φ_m = 2,86E-03 cm²/min

Average

K_{fs} = 8,27E-05 cm/sec
4,96E-03 cm/min
8,27E-07 m/s
1,95E-03 inch/min
3,26E-05 inch/sec

Φ_m = 2,07E-03 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02

Enter the first water Head Height ("H1" in cm): 5
Enter the second water Head Height ("H2" in cm): 10

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 2

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α* = 0,04 cm⁻¹

α = -0,35

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): 0,1000
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): 0,3400

Q_1 = 0,058367
Q_2 = 0,198447

Res Type: 35,02
H1/a: 1,6667
H2/a: 3,3333
C1-0.01: 0,8095
C2-0.01: 1,2184
C1-0.04: 0,8421
C2-0.04: 1,2902
C1-0.12: 0,8032
C2-0.12: 1,2875
C1-0.36: 0,8032
C2-0.36: 1,2875

C_1 = 0,842059
C_2 = 1,290234
G_1 = 0,005422
G_2 = 0,004154
G_3 = 0,058806
G_4 = 0,024517

K_{fs} = 5,08E-04 cm/sec
3,05E-02 cm/min
5,08E-06 m/sec
1,20E-02 inch/min
2,00E-04 inch/sec

Φ_m = -1,43E-03 cm²/min

θ_s = 0,65 cm³/cm³

θ_i = 0,4 cm³/cm³

Sorptivity #APIΘ! (cm min⁻½)

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and α^* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	$\alpha^*(cm^{-1})$	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), a^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm), H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{a^*}\right)}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	$\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a^* + 2\pi H_1}$
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $K_{fs} = G_2Q_2 - G_1Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	$G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $\Phi_m = G_3Q_1 - G_4Q_2$

SOILMOISTURE Guelph Permeameter Calculations

Input

Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 2

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,5200

Res Type 35,02
H 5
a 3
H/a 1,667
a* 0,04
C0.01 0,809
C0.04 0,842
C0.12 0,803
C0.36 0,803
C 0,842
R 0,520
Q 0,304
pi 3,142

α* = 0,04 cm⁻¹

C = 0,842059
Q = 0,303507

K_{fs} = 2,64E-04 cm/sec; 1,59E-02 cm/min; 2,64E-06 m/sec; 6,25E-03 inch/min; 1,04E-04 inch/sec

Φ_m = 6,61E-03 cm²/min

22,85

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 10
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 2

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 1,0600

Res Type 35,02
H 10
a 3
H/a 3,333
a* 0,04
C0.01 1,218
C0.04 1,29
C0.12 1,288
C0.36 1,288
C 1,29
R 1,060
Q 0,619
pi 3,142

α* = 0,04 cm⁻¹

C = 1,290234
Q = 0,618687

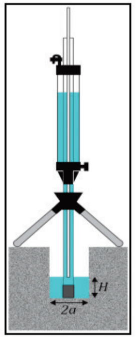
K_{fs} = 3,57E-04 cm/sec; 2,14E-02 cm/min; 3,57E-06 m/ses; 8,43E-03 inch/min; 1,41E-04 inch/sec

Φ_m = 8,93E-03 cm²/min

Average

K_{fs} = 3,11E-04 cm/sec; 1,86E-02 cm/min; 3,11E-06 m/s; 7,34E-03 inch/min; 1,22E-04 inch/sec

Φ_m = 7,77E-03 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter the first water Head Height ("H1" in cm): 5
Enter the second water Head Height ("H2" in cm): 10
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 2

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α* = 0,04 cm⁻¹
α = 0,34

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): 0,5200
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): 1,0600

Res Type: 35,02
H1/a: 1,6667
H2/a: 3,3333
C1-0.01: 0,8095
C2-0.01: 1,2184
C1-0.04: 0,8421
C2-0.04: 1,2902
C1-0.12: 0,8032
C2-0.12: 1,2875
C1-0.36: 0,8032
C2-0.36: 1,2875

Q_1 = 0,303507
Q_2 = 0,618687
C_1 = 0,842059
C_2 = 1,290234
G_1 = 0,005422
G_2 = 0,004154
G_3 = 0,058806
G_4 = 0,024517

K_{fs} = 9,24E-04 cm/sec; 5,55E-02 cm/min; 9,24E-06 m/sec; 2,18E-02 inch/min; 3,64E-04 inch/sec

Φ_m = 2,68E-03 cm²/min

θ_{fs} = 0,65 cm³/cm³

θ_i = 0,4 cm³/cm³

Sorptivity 0,0366 (cm min⁻½)

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and α^* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	$\alpha^*(cm^{-1})$	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), α^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm), H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{\alpha^*}\right)}$ $\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)\alpha^* + 2\pi H_1}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $K_{fs} = G_2Q_2 - G_1Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $\Phi_m = G_3Q_1 - G_4Q_2$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	

SOILMOISTURE® Guelph Permeameter Calculations

Input

Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 2

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,1800

Res Type	35,02
H	5
a	3
H/a	1,667
a*	0,04
C0.01	0,809
C0.04	0,842
C0.12	0,803
C0.36	0,803
C	0,842
R	0,180
Q	0,105
pi	3,142

α* = 0,04 cm⁻¹

C = 0,842059
Q = 0,105060

K_{fs} = 9,16E-05 cm/sec
5,49E-03 cm/min
9,16E-07 m/sec
2,16E-03 inch/min
3,60E-05 inch/sec

Φ_m = 2,29E-03 cm²/min

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 10
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 2

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 1,2000

Res Type	35,02
H	10
a	3
H/a	3,333
a*	0,04
C0.01	1,218
C0.04	1,29
C0.12	1,288
C0.36	1,288
C	1,29
R	1,200
Q	0,7
pi	3,142

7,91

α* = 0,04 cm⁻¹

C = 1,290234
Q = 0,700400

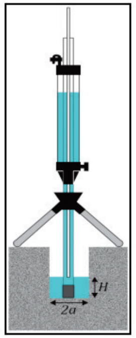
K_{fs} = 4,04E-04 cm/sec
2,43E-02 cm/min
4,04E-06 m/ses
9,55E-03 inch/min
1,59E-04 inch/sec

Φ_m = 1,01E-02 cm²/min

Average

K_{fs} = 2,48E-04 cm/sec
1,49E-02 cm/min
2,48E-06 m/s
5,86E-03 inch/min
9,76E-05 inch/sec

Φ_m = 6,20E-03 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02

Enter the first water Head Height ("H1" in cm): 5
Enter the second water Head Height ("H2" in cm): 10

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 2

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α* = 0,04 cm⁻¹

α = -0,21

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): 0,1800
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): 1,2000

Res Type:	35,02
H1/a:	1,6667
H2/a:	3,3333
C1-0.01:	0,8095
C2-0.01:	1,2184
C1-0.04:	0,8421
C2-0.04:	1,2902
C1-0.12:	0,8032
C2-0.12:	1,2875
C1-0.36:	0,8032
C2-0.36:	1,2875

Q_1 = 0,105060
Q_2 = 0,700400
C_1 = 0,842059
C_2 = 1,290234
G_1 = 0,005422
G_2 = 0,004154
G_3 = 0,058806
G_4 = 0,024517

K_{fs} = 2,34E-03 cm/sec
1,40E-01 cm/min
2,34E-05 m/sec
5,53E-02 inch/min
9,21E-04 inch/sec

Φ_m = -1,10E-02 cm²/min

θ_{fs} = 0,65 cm³/cm³

θ_i = 0,4 cm³/cm³

Sorptivity #APIΘ! (cm min⁻½)

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and α^* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	α^*(cm⁻¹)	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), α^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm), H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{a^*}\right)}$ $\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a^* + 2\pi H_1}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $K_{fs} = G_2Q_2 - G_1Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $\Phi_m = G_3Q_1 - G_4Q_2$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	

Guelph Permeameter Calculations

Input

Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²

(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 2,18

Enter water Head Height ("H" in cm): 5

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0400

Res Type	2,18
H	5
a	3
H/a	1,667
a*	0,12
C0.01	0,809
C0.04	0,842
C0.12	0,803
C0.36	0,803
C	0,803
R	0,040
Q	0,001
pi	3,142

α*= 0,12 cm⁻¹

C = 0,803154

Q = 0,001453

K_{fs} = 2,64E-06 cm/sec; 1,59E-04 cm/min; 2,64E-08 m/sec; 6,24E-05 inch/min; 1,04E-06 inch/sec

Φ_m = 2,20E-05 cm²/min

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²

(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 2,18

Enter water Head Height ("H" in cm): 10

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0600

Res Type	2,18
H	10
a	3
H/a	3,333
a*	0,12
C0.01	1,218
C0.04	1,29
C0.12	1,288
C0.36	1,288
C	1,288
R	0,060
Q	0,002
pi	3,142

0,23

α*= 0,12 cm⁻¹

C = 1,287543

Q = 0,002180

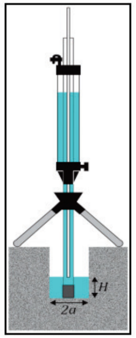
K_{fs} = 2,36E-06 cm/sec; 1,42E-04 cm/min; 2,36E-08 m/ses; 5,58E-05 inch/min; 9,30E-07 inch/sec

Φ_m = 1,97E-05 cm²/min

Average

K_{fs} = 2,50E-06 cm/sec; 1,50E-04 cm/min; 2,50E-08 m/s; 5,91E-05 inch/min; 9,85E-07 inch/sec

Φ_m = 2,09E-05 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²

(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 2,18

Enter the first water Head Height ("H1" in cm): 5

Enter the second water Head Height ("H2" in cm): 10

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α*= 0,12 cm⁻¹

α= 0,05

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): 0,0400

Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): 0,0600

Res Type:	2,18
H1/a:	1,6667
H2/a:	3,3333
C1-0.01:	0,8095
C2-0.01:	1,2184
C1-0.04:	0,8421
C2-0.04:	1,2902
C1-0.12:	0,8032
C2-0.12:	1,2875
C1-0.36:	0,8032
C2-0.36:	1,2875

Q_1 = 0,001453

Q_2 = 0,002180

C_1 = 0,803154

C_2 = 1,287543

G_1 = 0,005160

G_2 = 0,004136

G_3 = 0,055692

G_4 = 0,024148

K_{fs} = 1,52E-06 cm/sec; 9,10E-05 cm/min; 1,52E-08 m/sec; 3,58E-05 inch/min; 5,97E-07 inch/sec

Φ_m = 2,83E-05 cm²/min

θ_{fs} = 0,65 cm³/cm³

θ_i = 0,4 cm³/cm³

Sorptivity 0,0038 (cm min⁻½)

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and a^* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	α^*(cm⁻¹)	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), α^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm), H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{a^*}\right)}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	$\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a^* + 2\pi H_1}$
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $K_{fs} = G_2Q_2 - G_1Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	$G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $\Phi_m = G_3Q_1 - G_4Q_2$

SOILMOISTURE® Guelph Permeameter Calculations

Input
Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 2,18
Enter water Head Height ("H" in cm): 5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,1000

Res Type 2,18
H 5
a 3
H/a 1,667
a* 0,12
C0.01 0,809
C0.04 0,842
C0.12 0,803
C0.36 0,803
C 0,803
R 0,100
Q 0,004
pi 3,142

α*= 0,12 cm⁻¹
C = 0,803154
Q = 0,003633

K_{fs} = 6,61E-06 cm/sec; 3,97E-04 cm/min; 6,61E-08 m/sec; 1,56E-04 inch/min; 2,60E-06 inch/sec

Φ_m = 5,51E-05 cm²/min

0,57

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 2,18
Enter water Head Height ("H" in cm): 10
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,1800

Res Type 2,18
H 10
a 3
H/a 3,333
a* 0,12
C0.01 1,218
C0.04 1,29
C0.12 1,288
C0.36 1,288
C 1,288
R 0,180
Q 0,007
pi 3,142

α*= 0,12 cm⁻¹
C = 1,287543
Q = 0,006540

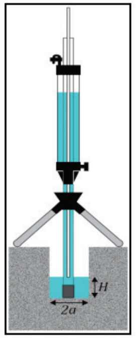
K_{fs} = 7,09E-06 cm/sec; 4,25E-04 cm/min; 7,09E-08 m/ses; 1,67E-04 inch/min; 2,79E-06 inch/sec

Φ_m = 5,91E-05 cm²/min

Average

K_{fs} = 6,85E-06 cm/sec; 4,11E-04 cm/min; 6,85E-08 m/s; 1,62E-04 inch/min; 2,70E-06 inch/sec

Φ_m = 5,71E-05 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 2,18
Enter the first water Head Height ("H1" in cm): 5
Enter the second water Head Height ("H2" in cm): 10
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α*= 0,12 cm⁻¹
α= 0,19

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): 0,1000
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): 0,1800

Res Type: 2,18
H1/a: 1,6667
H2/a: 3,3333
C1-0.01: 0,8095
C2-0.01: 1,2184
C1-0.04: 0,8421
C2-0.04: 1,2902
C1-0.12: 0,8032
C2-0.12: 1,2875
C1-0.36: 0,8032
C2-0.36: 1,2875

Q_1 = 0,003633
Q_2 = 0,006540
C_1 = 0,803154
C_2 = 1,287543
G_1 = 0,005160
G_2 = 0,004136
G_3 = 0,055692
G_4 = 0,024148

K_{fs} = 8,30E-06 cm/sec; 4,98E-04 cm/min; 8,30E-08 m/sec; 1,96E-04 inch/min; 3,27E-06 inch/sec

Φ_m = 4,44E-05 cm²/min
Θ_s = 0,65 cm³/cm³
Θ_i = 0,4 cm³/cm³
Sorptivity 0,0047 (cm min⁻½)

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and α^* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	α^*(cm⁻¹)	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1=\left(\frac{H_2/a}{2.081+0.121(H_2/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1=\left(\frac{H_1/a}{1.992+0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2=\left(\frac{H_2/a}{1.992+0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1=\left(\frac{H_1/a}{2.074+0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2=\left(\frac{H_2/a}{2.074+0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1=\left(\frac{H_1/a}{2.074+0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2=\left(\frac{H_2/a}{2.074+0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), a^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm), H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1=\bar{R}_1\times 35.22$	$K_{fs}=\frac{C_1\times Q_1}{2\pi H_1^2+\pi a^2C_1+2\pi\left(\frac{H_1}{a^*}\right)}$ $\Phi_m=\frac{C_1\times Q_1}{(2\pi H_1^2+\pi a^2C_1)a^*+2\pi H_1}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1=\bar{R}_1\times 2.16$	
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1=\bar{R}_1\times 35.22$ $Q_2=\bar{R}_2\times 35.22$	$G_1=\frac{H_2C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2-H_1)+a^2(H_1C_2-H_2C_1))}$ $G_2=\frac{H_1C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2-H_1)+a^2(H_1C_2-H_2C_1))}$ $K_{fs}=G_2Q_2-G_1Q_1$ $G_3=\frac{(2H_2^2+a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2-H_1)+a^2(H_1C_2-H_2C_1))}$ $G_4=\frac{(2H_1^2+a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2-H_1)+a^2(H_1C_2-H_2C_1))}$ $\Phi_m=G_3Q_1-G_4Q_2$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1=\bar{R}_1\times 2.16$ $Q_2=\bar{R}_2\times 2.16$	

Guelph Permeameter Calculations

Input

Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm² (enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir):	2,18
Enter water Head Height ("H" in cm):	5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm):	3
Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers):	3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0400

Res Type	2,18
H	5
a	3
H/a	1,667
a*	0,12
C0.01	0,809
C0.04	0,842
C0.12	0,803
C0.36	0,803
C	0,803
R	0,040
Q	0,001
pi	3,142

α* = 0,12 cm⁻¹

C = 0,803154

Q = 0,001453

K_{fs} =	2,64E-06	cm/sec
	1,59E-04	cm/min
	2,64E-08	m/sec
	6,24E-05	inch/min
	1,04E-06	inch/sec

Φ_m = 2,20E-05 cm²/min

0,23

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm² (enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir):	2,18
Enter water Head Height ("H" in cm):	10
Enter the Borehole Radius ("a" in cm):	3
Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers):	3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0600

Res Type	2,18
H	10
a	3
H/a	3,333
a*	0,12
C0.01	1,218
C0.04	1,29
C0.12	1,288
C0.36	1,288
C	1,288
R	0,060
Q	0,002
pi	3,142

α* = 0,12 cm⁻¹

C = 1,287543

Q = 0,002180

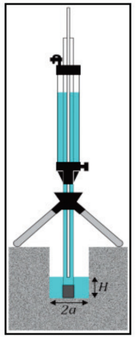
K_{fs} =	2,36E-06	cm/sec
	1,42E-04	cm/min
	2,36E-08	m/ses
	5,58E-05	inch/min
	9,30E-07	inch/sec

Φ_m = 1,97E-05 cm²/min

Average

K_{fs} =	2,50E-06	cm/sec
	1,50E-04	cm/min
	2,50E-08	m/s
	5,91E-05	inch/min
	9,85E-07	inch/sec

Φ_m = 2,09E-05 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm² (enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir):	2,18
Enter the first water Head Height ("H1" in cm):	5
Enter the second water Head Height ("H2" in cm):	10
Enter the Borehole Radius ("a" in cm):	3
Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers):	3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α* = 0,12 cm⁻¹

α = 0,05

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): 0,0400

Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): 0,0600

Res Type:	2,18
H1/a:	1,6667
H2/a:	3,3333
C1-0.01:	0,8095
C2-0.01:	1,2184
C1-0.04:	0,8421
C2-0.04:	1,2902
C1-0.12:	0,8032
C2-0.12:	1,2875
C1-0.36:	0,8032
C2-0.36:	1,2875

Q_1 =	0,001453
Q_2 =	0,002180
C_1 =	0,803154
C_2 =	1,287543
G_1 =	0,005160
G_2 =	0,004136
G_3 =	0,055692
G_4 =	0,024148

K_{fs} =	1,52E-06	cm/sec
	9,10E-05	cm/min
	1,52E-08	m/sec
	3,58E-05	inch/min
	5,97E-07	inch/sec

Φ_m = 2,83E-05 cm²/min

θ_s = 0,65 cm³/cm³

θ_i = 0,4 cm³/cm³

Sorptivity 0,0038 (cm min⁻½)

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and α^* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	α^*(cm⁻¹)	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), a^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm), H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{a^*}\right)}$ $\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a^* + 2\pi H_1}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $K_{fs} = G_2Q_2 - G_1Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $\Phi_m = G_3Q_1 - G_4Q_2$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	

Guelph Permeameter Calculations

Input

Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm² (enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir):	2,18
Enter water Head Height ("H" in cm):	5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm):	3
Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers):	3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0600

Res Type	2,18
H	5
a	3
H/a	1,667
a*	0,12
C0.01	0,809
C0.04	0,842
C0.12	0,803
C0.36	0,803
C	0,803
R	0,060
Q	0,002
pi	3,142

α* = 0,12 cm⁻¹

C = 0,803154

Q = 0,002180

K_{fs} = 3,97E-06 cm/sec; 2,38E-04 cm/min; 3,97E-08 m/sec; 9,37E-05 inch/min; 1,56E-06 inch/sec

Φ_m = 3,30E-05 cm²/min

0,34

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm² (enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir):	35,02
Enter water Head Height ("H" in cm):	15
Enter the Borehole Radius ("a" in cm):	3
Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers):	3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,3350

Res Type	35,02
H	15
a	3
H/a	5
a*	0,12
C0.01	1,518
C0.04	1,629
C0.12	1,667
C0.36	1,667
C	1,667
R	0,335
Q	0,196
pi	3,142

α* = 0,12 cm⁻¹

C = 1,666893

Q = 0,195528

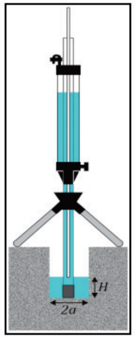
K_{fs} = 1,45E-04 cm/sec; 8,71E-03 cm/min; 1,45E-06 m/ses; 3,43E-03 inch/min; 5,71E-05 inch/sec

Φ_m = 1,21E-03 cm²/min

Average

K_{fs} = 7,45E-05 cm/sec; 4,47E-03 cm/min; 7,45E-07 m/s; 1,76E-03 inch/min; 2,93E-05 inch/sec

Φ_m = 6,21E-04 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm² (enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir):	
Enter the first water Head Height ("H1" in cm):	
Enter the second water Head Height ("H2" in cm):	
Enter the Borehole Radius ("a" in cm):	
Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers):	

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α* = 0 cm⁻¹

α = #######

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min):

Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min):

Res Type:	0
H1/a:	######
H2/a:	######
C1-0.01:	######
C2-0.01:	######
C1-0.04:	######
C2-0.04:	######
C1-0.12:	######
C2-0.12:	######
C1-0.36:	######
C2-0.36:	######

Q_1 = 0,000000

Q_2 = 0,000000

C_1 = 0,000000

C_2 = 0,000000

G_1 = #ΔIAIP/0!

G_2 = #ΔIAIP/0!

G_3 = #ΔIAIP/0!

G_4 = #ΔIAIP/0!

K_{fs} = #ΔIAIP/0! cm/sec; #ΔIAIP/0! cm/min; #ΔIAIP/0! m/sec; #ΔIAIP/0! inch/min; #ΔIAIP/0! inch/sec

Φ_m = #ΔIAIP/0! cm²/min

θ_fs = 0,65 cm³/cm³

θ_i = 0,4 cm³/cm³

Sorptivity #ΔIAIP/0! (cm min⁻½)

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and α^* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	α^*(cm⁻¹)	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), α^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm), H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{\alpha^*}\right)}$ $\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)\alpha^* + 2\pi H_1}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $K_{fs} = G_2Q_2 - G_1Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $\Phi_m = G_3Q_1 - G_4Q_2$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	

Guelph Permeameter Calculations

Input

Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 2,18
Enter water Head Height ("H" in cm): 5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 2

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0800

Res Type	2,18
H	5
a	3
H/a	1,667
a*	0,04
C0.01	0,809
C0.04	0,842
C0.12	0,803
C0.36	0,803
C	0,842
R	0,080
Q	0,003
pi	3,142

α*= 0,04 cm⁻¹

C = 0,842059
Q = 0,002907

K_{fs} = 2,53E-06 cm/sec
1,52E-04 cm/min
2,53E-08 m/sec
5,98E-05 inch/min
9,97E-07 inch/sec

Φ_m = 6,33E-05 cm²/min

0,22

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 15
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 2

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0400

Res Type	35,02
H	15
a	3
H/a	5
a*	0,04
C0.01	1,518
C0.04	1,629
C0.12	1,667
C0.36	1,667
C	1,629
R	0,040
Q	0,023
pi	3,142

α*= 0,04 cm⁻¹

C = 1,629144
Q = 0,023347

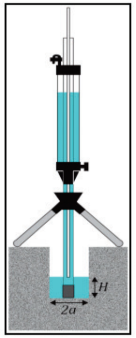
K_{fs} = 9,97E-06 cm/sec
5,98E-04 cm/min
9,97E-08 m/ses
2,35E-04 inch/min
3,92E-06 inch/sec

Φ_m = 2,49E-04 cm²/min

Average

K_{fs} = 6,25E-06 cm/sec
3,75E-04 cm/min
6,25E-08 m/s
1,48E-04 inch/min
2,46E-06 inch/sec

Φ_m = 1,56E-04 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir):

Enter the first water Head Height ("H1" in cm):
Enter the second water Head Height ("H2" in cm):

Enter the Borehole Radius ("a" in cm):

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers):

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α*= 0 cm⁻¹

α= ######

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min):
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min):

Res Type:	0
H1/a:	######
H2/a:	######
C1-0.01:	######
C2-0.01:	######
C1-0.04:	######
C2-0.04:	######
C1-0.12:	######
C2-0.12:	######
C1-0.36:	######
C2-0.36:	######

Q_1 = 0,000000
Q_2 = 0,000000
C_1 = 0,000000
C_2 = 0,000000
G_1 = #ΔIAIP/0!
G_2 = #ΔIAIP/0!
G_3 = #ΔIAIP/0!
G_4 = #ΔIAIP/0!

K_{fs} = #ΔIAIP/0! cm/sec
#ΔIAIP/0! cm/min
#ΔIAIP/0! m/sec
#ΔIAIP/0! inch/min
#ΔIAIP/0! inch/sec

Φ_m = #ΔIAIP/0! cm²/min

θ_{fs} = 0,65 cm³/cm³

θ_i = 0,4 cm³/cm³

Sorptivity #ΔIAIP/0! (cm min^-½)

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and a^* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	$\alpha^*(cm^{-1})$	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), a^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm), H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{a^*}\right)}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	$\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a^* + 2\pi H_1}$
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $K_{fs} = G_2Q_2 - G_1Q_1$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	$G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $\Phi_m = G_3Q_1 - G_4Q_2$

Guelph Permeameter Calculations

SOILMOISTURE®

Input

Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,4000

Res Type	35,02
H	5
a	3
H/a	1,667
a*	0,12
C0.01	0,809
C0.04	0,842
C0.12	0,803
C0.36	0,803
C	0,803
R	0,400
Q	0,233
pi	3,142

α*= 0,12 cm⁻¹

C = 0,803154
Q = 0,233467

K_{fs} = 4,25E-04 cm/sec
2,55E-02 cm/min
4,25E-06 m/sec
1,00E-02 inch/min
1,67E-04 inch/sec

Φ_m = 3,54E-03 cm²/min

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 15
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,4000

Res Type	35,02
H	15
a	3
H/a	5
a*	0,12
C0.01	1,518
C0.04	1,629
C0.12	1,667
C0.36	1,667
C	1,667
R	0,400
Q	0,233
pi	3,142

36,69

α*= 0,12 cm⁻¹

C = 1,666893
Q = 0,233467

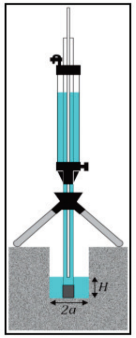
K_{fs} = 1,73E-04 cm/sec
1,04E-02 cm/min
1,73E-06 m/ses
4,09E-03 inch/min
6,82E-05 inch/sec

Φ_m = 1,44E-03 cm²/min

Average

K_{fs} = 2,99E-04 cm/sec
1,79E-02 cm/min
2,99E-06 m/s
7,06E-03 inch/min
1,18E-04 inch/sec

Φ_m = 2,49E-03 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter the first water Head Height ("H1" in cm): 5
Enter the second water Head Height ("H2" in cm): 15
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α*= 0,12 cm⁻¹

α= -0,03

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): 0,4000
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): 0,4000

Res Type:	35,02
H1/a:	1,6667
H2/a:	5
C1-0.01:	0,8095
C2-0.01:	1,5183
C1-0.04:	0,8421
C2-0.04:	1,6291
C1-0.12:	0,8032
C2-0.12:	1,6669
C1-0.36:	0,8032
C2-0.36:	1,6669

Q_1 = 0,233467
Q_2 = 0,233467
C_1 = 0,803154
C_2 = 1,666893
G_1 = 0,002575
G_2 = 0,001781
G_3 = 0,040530
G_4 = 0,010352

K_{fs} = -1,85E-04 cm/sec
-1,11E-02 cm/min
-1,85E-06 m/sec
-4,38E-03 inch/min
-7,29E-05 inch/sec

Φ_m = 7,05E-03 cm²/min

θ_s = 0,65 cm³/cm³

θ_i = 0,4 cm³/cm³

Sorptivity 0,0594 (cm min⁻½)

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and α^* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	$\alpha^*(cm^{-1})$	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), a^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm) , H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{a^*}\right)}$ $\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a^* + 2\pi H_1}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $K_{fs} = G_2Q_2 - G_1Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $\Phi_m = G_3Q_1 - G_4Q_2$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	

Guelph Permeameter Calculations

Input (green) — Result (yellow)

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,1000

Res Type	35,02
H	5
a	3
H/a	1,667
a*	0,12
C0.01	0,809
C0.04	0,842
C0.12	0,803
C0.36	0,803
C	0,803
R	0,100
Q	0,058
pi	3,142

α* = 0,12 cm⁻¹

C = 0,803154
Q = 0,058367

K_{fs} = 1,06E-04 cm/sec; 6,37E-03 cm/min; 1,06E-06 m/sec; 2,51E-03 inch/min; 4,18E-05 inch/sec

Φ_m = 8,85E-04 cm²/min

9,17

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 15
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,1600

Res Type	35,02
H	15
a	3
H/a	5
a*	0,12
C0.01	1,518
C0.04	1,629
C0.12	1,667
C0.36	1,667
C	1,667
R	0,160
Q	0,093
pi	3,142

α* = 0,12 cm⁻¹

C = 1,666893
Q = 0,093387

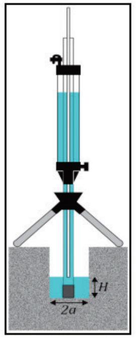
K_{fs} = 6,93E-05 cm/sec; 4,16E-03 cm/min; 6,93E-07 m/ses; 1,64E-03 inch/min; 2,73E-05 inch/sec

Φ_m = 5,78E-04 cm²/min

Average

K_{fs} = 8,77E-05 cm/sec; 5,26E-03 cm/min; 8,77E-07 m/s; 2,07E-03 inch/min; 3,45E-05 inch/sec

Φ_m = 7,31E-04 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02

Enter the first water Head Height ("H1" in cm): 5
Enter the second water Head Height ("H2" in cm): 15

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α* = 0,12 cm⁻¹

α = 0,01

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): 0,1000
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): 0,1600

Res Type:	35,02
H1/a:	1,6667
H2/a:	5
C1-0.01:	0,8095
C2-0.01:	1,5183
C1-0.04:	0,8421
C2-0.04:	1,6291
C1-0.12:	0,8032
C2-0.12:	1,6669
C1-0.36:	0,8032
C2-0.36:	1,6669

Q_1 = 0,058367
Q_2 = 0,093387
C_1 = 0,803154
C_2 = 1,666893
G_1 = 0,002575
G_2 = 0,001781
G_3 = 0,040530
G_4 = 0,010352

K_{fs} = 1,61E-05 cm/sec; 9,64E-04 cm/min; 1,61E-07 m/sec; 3,79E-04 inch/min; 6,32E-06 inch/sec

Φ_m = 1,40E-03 cm²/min

θ_s = 0,65 cm³/cm³

θ_i = 0,4 cm³/cm³

Sorptivity 0,0264 (cm min^-½)

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and α^* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	α^*(cm⁻¹)	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), a^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm), H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{a^*}\right)}$ $\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a^* + 2\pi H_1}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $K_{fs} = G_2Q_2 - G_1Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $\Phi_m = G_3Q_1 - G_4Q_2$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	

SOILMOISTURE® Guelph Permeameter Calculations

Input
Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0400

Res Type	35,02
H	5
a	3
H/a	1,667
a*	0,12
C0.01	0,809
C0.04	0,842
C0.12	0,803
C0.36	0,803
C	0,803
R	0,040
Q	0,023
pi	3,142

α*= 0,12 cm⁻¹

C = 0,803154
Q = 0,023347

K_{fs} = 4,25E-05 cm/sec
2,55E-03 cm/min
4,25E-07 m/sec
1,00E-03 inch/min
1,67E-05 inch/sec

Φ_m = 3,54E-04 cm²/min

3,67

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 15
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,1400

Res Type	35,02
H	15
a	3
H/a	5
a*	0,12
C0.01	1,518
C0.04	1,629
C0.12	1,667
C0.36	1,667
C	1,667
R	0,140
Q	0,082
pi	3,142

α*= 0,12 cm⁻¹

C = 1,666893
Q = 0,081713

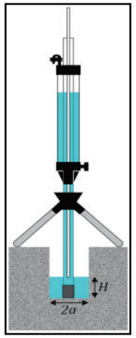
K_{fs} = 6,06E-05 cm/sec
3,64E-03 cm/min
6,06E-07 m/ses
1,43E-03 inch/min
2,39E-05 inch/sec

Φ_m = 5,05E-04 cm²/min

Average

K_{fs} = 5,16E-05 cm/sec
3,09E-03 cm/min
5,16E-07 m/s
1,22E-03 inch/min
2,03E-05 inch/sec

Φ_m = 4,30E-04 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02

Enter the first water Head Height ("H1" in cm): 5
Enter the second water Head Height ("H2" in cm): 15

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α*= 0,12 cm⁻¹

α= 0,85

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): 0,0400
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): 0,1400

Res Type:	35,02
H1/a:	1,6667
H2/a:	5
C1-0.01:	0,8095
C2-0.01:	1,5183
C1-0.04:	0,8421
C2-0.04:	1,6291
C1-0.12:	0,8032
C2-0.12:	1,6669
C1-0.36:	0,8032
C2-0.36:	1,6669

Q_1 = 0,023347
Q_2 = 0,081713
C_1 = 0,803154
C_2 = 1,666893
G_1 = 0,002575
G_2 = 0,001781
G_3 = 0,040530
G_4 = 0,010352

K_{fs} = 8,54E-05 cm/sec
5,13E-03 cm/min
8,54E-07 m/sec
2,02E-03 inch/min
3,36E-05 inch/sec

Φ_m = 1,00E-04 cm²/min

θ_{fs} = 0,65 cm³/cm³

θ_i = 0,4 cm³/cm³

Sorptivity 0,0071 (cm min^-½)

Calculation formulas related to shape factor (*C*). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and α^* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	α^*(cm⁻¹)	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), a^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm), H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{a^*}\right)}$ $\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a^* + 2\pi H_1}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $K_{fs} = G_2Q_2 - G_1Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $\Phi_m = G_3Q_1 - G_4Q_2$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	

Guelph Permeameter Calculations

Input

Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0200

Res Type	35,02
H	5
a	3
H/a	1,667
a*	0,12
C0.01	0,809
C0.04	0,842
C0.12	0,803
C0.36	0,803
C	0,803
R	0,020
Q	0,012
pi	3,142

α*= 0,12 cm⁻¹

C = 0,803154
Q = 0,011673

K_{fs} = 2,12E-05 cm/sec; 1,27E-03 cm/min; 2,12E-07 m/sec; 5,02E-04 inch/min; 8,36E-06 inch/sec

Φ_m = 1,77E-04 cm²/min

1,83

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 15
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,2200

Res Type	35,02
H	15
a	3
H/a	5
a*	0,12
C0.01	1,518
C0.04	1,629
C0.12	1,667
C0.36	1,667
C	1,667
R	0,220
Q	0,128
pi	3,142

α*= 0,12 cm⁻¹

C = 1,666893
Q = 0,128407

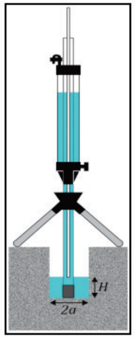
K_{fs} = 9,53E-05 cm/sec; 5,72E-03 cm/min; 9,53E-07 m/ses; 2,25E-03 inch/min; 3,75E-05 inch/sec

Φ_m = 7,94E-04 cm²/min

Average

K_{fs} = 5,83E-05 cm/sec; 3,50E-03 cm/min; 5,83E-07 m/s; 1,38E-03 inch/min; 2,29E-05 inch/sec

Φ_m = 4,86E-04 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02

Enter the first water Head Height ("H1" in cm): 5
Enter the second water Head Height ("H2" in cm): 15

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α*= 0,12 cm⁻¹

α= -0,23

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): 0,0200
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): 0,2200

Res Type:	35,02
H1/a:	1,6667
H2/a:	5
C1-0.01:	0,8095
C2-0.01:	1,5183
C1-0.04:	0,8421
C2-0.04:	1,6291
C1-0.12:	0,8032
C2-0.12:	1,6669
C1-0.36:	0,8032
C2-0.36:	1,6669

Q_1 = 0,011673
Q_2 = 0,128407
C_1 = 0,803154
C_2 = 1,666893
G_1 = 0,002575
G_2 = 0,001781
G_3 = 0,040530
G_4 = 0,010352

K_{fs} = 1,99E-04 cm/sec; 1,19E-02 cm/min; 1,99E-06 m/sec; 4,69E-03 inch/min; 7,82E-05 inch/sec

Φ_m = -8,56E-04 cm²/min

θ_s = 0,65 cm³/cm³

θ_i = 0,4 cm³/cm³

Sorptivity #APIΘ! (cm min⁻½)

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and a^* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	α^*(cm⁻¹)	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.081 + 0.121(H_1/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), a^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm), H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{a^*}\right)}$ $\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a^* + 2\pi H_1}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $K_{fs} = G_2Q_2 - G_1Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $\Phi_m = G_3Q_1 - G_4Q_2$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	

Guelph Permeameter Calculations

SOILMOISTURE

Input

Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm² (enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir):	35,02
Enter water Head Height ("H" in cm):	5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm):	3
Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers):	3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,1400

Res Type	35,02
H	5
a	3
H/a	1,667
a*	0,12
C0.01	0,809
C0.04	0,842
C0.12	0,803
C0.36	0,803
C	0,803
R	0,140
Q	0,082
pi	3,142

α*= 0,12 cm⁻¹

C = 0,803154

Q = 0,081713

K_{fs} = 1,49E-04 cm/sec; 8,92E-03 cm/min; 1,49E-06 m/sec; 3,51E-03 inch/min; 5,85E-05 inch/sec

Φ_m = 1,24E-03 cm²/min

12,84

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm² (enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir):	35,02
Enter water Head Height ("H" in cm):	15
Enter the Borehole Radius ("a" in cm):	3
Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers):	3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,2200

Res Type	35,02
H	15
a	3
H/a	5
a*	0,12
C0.01	1,518
C0.04	1,629
C0.12	1,667
C0.36	1,667
C	1,667
R	0,220
Q	0,128
pi	3,142

α*= 0,12 cm⁻¹

C = 1,666893

Q = 0,128407

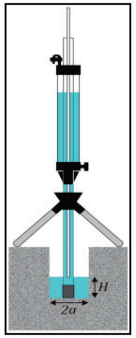
K_{fs} = 9,53E-05 cm/sec; 5,72E-03 cm/min; 9,53E-07 m/ses; 2,25E-03 inch/min; 3,75E-05 inch/sec

Φ_m = 7,94E-04 cm²/min

Average

K_{fs} = 1,22E-04 cm/sec; 7,32E-03 cm/min; 1,22E-06 m/s; 2,88E-03 inch/min; 4,80E-05 inch/sec

Φ_m = 1,02E-03 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm² (enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir):	35,02
Enter the first water Head Height ("H1" in cm):	5
Enter the second water Head Height ("H2" in cm):	15
Enter the Borehole Radius ("a" in cm):	3
Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers):	3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α*= 0,12 cm⁻¹

α= 0,01

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): 0,1400

Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): 0,2200

Res Type:	35,02
H1/a:	1,6667
H2/a:	5
C1-0.01:	0,8095
C2-0.01:	1,5183
C1-0.04:	0,8421
C2-0.04:	1,6291
C1-0.12:	0,8032
C2-0.12:	1,6669
C1-0.36:	0,8032
C2-0.36:	1,6669

Q_1 = 0,081713

Q_2 = 0,128407

C_1 = 0,803154

C_2 = 1,666893

G_1 = 0,002575

G_2 = 0,001781

G_3 = 0,040530

G_4 = 0,010352

K_{fs} = 1,83E-05 cm/sec; 1,10E-03 cm/min; 1,83E-07 m/sec; 4,33E-04 inch/min; 7,22E-06 inch/sec

Φ_m = 1,98E-03 cm²/min

θ_s = 0,65 cm³/cm³

θ_i = 0,4 cm³/cm³

Sorptivity 0,0315 (cm min^-½)

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and α^* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	α^*(cm⁻¹)	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), a^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm), H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{a^*}\right)}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	$\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a^* + 2\pi H_1}$
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $K_{fs} = G_2Q_2 - G_1Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	$G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $\Phi_m = G_3Q_1 - G_4Q_2$

Guelph Permeameter Calculations

Input

Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 2,18
Enter water Head Height ("H" in cm): 5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 2

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0600

Res Type	2,18
H	5
a	3
H/a	1,667
a*	0,04
C0.01	0,809
C0.04	0,842
C0.12	0,803
C0.36	0,803
C	0,842
R	0,060
Q	0,002
pi	3,142

α*= 0,04 cm⁻¹

C = 0,842059
Q = 0,002180

K_{fs} = 1,90E-06 cm/sec
1,14E-04 cm/min
1,90E-08 m/sec
4,49E-05 inch/min
7,48E-07 inch/sec

Φ_m = 4,75E-05 cm²/min

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 10
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 2

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,1000

Res Type	35,02
H	10
a	3
H/a	3,333
a*	0,04
C0.01	1,218
C0.04	1,29
C0.12	1,288
C0.36	1,288
C	1,29
R	0,100
Q	0,058
pi	3,142

0,16

α*= 0,04 cm⁻¹

C = 1,290234
Q = 0,058367

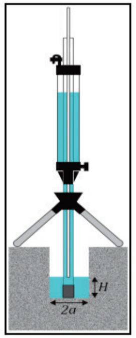
K_{fs} = 3,37E-05 cm/sec
2,02E-03 cm/min
3,37E-07 m/sec
7,96E-04 inch/min
1,33E-05 inch/sec

Φ_m = 8,42E-04 cm²/min

Average

K_{fs} = 1,78E-05 cm/sec
1,07E-03 cm/min
1,78E-07 m/s
4,20E-04 inch/min
7,01E-06 inch/sec

Φ_m = 4,45E-04 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir):

Enter the first water Head Height ("H1" in cm):
Enter the second water Head Height ("H2" in cm):

Enter the Borehole Radius ("a" in cm):

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers):

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α*= 0 cm⁻¹

α= #ΔIAIP/0!

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min):
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min):

Res Type:	0
H1/a:	######
H2/a:	######
C1-0.01:	######
C2-0.01:	######
C1-0.04:	######
C2-0.04:	######
C1-0.12:	######
C2-0.12:	######
C1-0.36:	######
C2-0.36:	######

Q_1 = 0,000000
Q_2 = 0,000000
C_1 = 0,000000
C_2 = 0,000000
G_1 = #ΔIAIP/0!
G_2 = #ΔIAIP/0!
G_3 = #ΔIAIP/0!
G_4 = #ΔIAIP/0!

K_{fs} = #ΔIAIP/0! cm/sec
#ΔIAIP/0! cm/min
#ΔIAIP/0! m/sec
#ΔIAIP/0! inch/min
#ΔIAIP/0! inch/sec

Φ_m = #ΔIAIP/0! cm²/min

θ_s = 0,65 cm³/cm³

θ_i = 0,4 cm³/cm³

Sorptivity #ΔIAIP/0! (cm min^-½)

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and a^* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	$\alpha^*(cm^{-1})$	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), α^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm), H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{a^*}\right)}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	$\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a^* + 2\pi H_1}$
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $K_{fs} = G_2Q_2 - G_1Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	$G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $\Phi_m = G_3Q_1 - G_4Q_2$

Guelph Permeameter Calculations

Input

Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0400

Res Type	35,02
H	5
a	3
H/a	1,667
a*	0,12
C0.01	0,809
C0.04	0,842
C0.12	0,803
C0.36	0,803
C	0,803
R	0,040
Q	0,023
pi	3,142

α*= 0,12 cm⁻¹

C = 0,803154
Q = 0,023347

K_{fs} = 4,25E-05 cm/sec; 2,55E-03 cm/min; 4,25E-07 m/sec; 1,00E-03 inch/min; 1,67E-05 inch/sec

Φ_m = 3,54E-04 cm²/min

3,67

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 15
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0200

Res Type	35,02
H	15
a	3
H/a	5
a*	0,12
C0.01	1,518
C0.04	1,629
C0.12	1,667
C0.36	1,667
C	1,667
R	0,020
Q	0,012
pi	3,142

α*= 0,12 cm⁻¹

C = 1,666893
Q = 0,011673

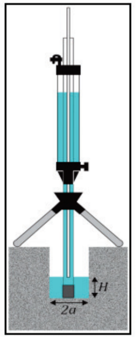
K_{fs} = 8,66E-06 cm/sec; 5,20E-04 cm/min; 8,66E-08 m/ses; 2,05E-04 inch/min; 3,41E-06 inch/sec

Φ_m = 7,22E-05 cm²/min

Average

K_{fs} = 2,56E-05 cm/sec; 1,53E-03 cm/min; 2,56E-07 m/s; 6,04E-04 inch/min; 1,01E-05 inch/sec

Φ_m = 2,13E-04 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02

Enter the first water Head Height ("H1" in cm): 5
Enter the second water Head Height ("H2" in cm): 15

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α*= 0,12 cm⁻¹

α= -0,05

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): 0,0400
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): 0,0200

Res Type:	35,02
H1/a:	1,6667
H2/a:	5
C1-0.01:	0,8095
C2-0.01:	1,5183
C1-0.04:	0,8421
C2-0.04:	1,6291
C1-0.12:	0,8032
C2-0.12:	1,6669
C1-0.36:	0,8032
C2-0.36:	1,6669

Q_1 = 0,023347
Q_2 = 0,011673
C_1 = 0,803154
C_2 = 1,666893
G_1 = 0,002575
G_2 = 0,001781
G_3 = 0,040530
G_4 = 0,010352

K_{fs} = -3,93E-05 cm/sec; -2,36E-03 cm/min; -3,93E-07 m/sec; -9,29E-04 inch/min; -1,55E-05 inch/sec

Φ_m = 8,25E-04 cm²/min

θ_{fs} = 0,65 cm³/cm³

θ_i = 0,4 cm³/cm³

Sorptivity 0,0203 (cm min⁻½)

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and a^* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	α^*(cm⁻¹)	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.081 + 0.121(H_1/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured, may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), α^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm), H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{\alpha^*}\right)}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	$\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)\alpha^* + 2\pi H_1}$
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $K_{fs} = G_2Q_2 - G_1Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	$G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $\Phi_m = G_3Q_1 - G_4Q_2$

SOILMOISTURE Guelph Permeameter Calculations

Input

Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0800

Res Type	35,02
H	5
a	3
H/a	1,667
a*	0,12
C0.01	0,809
C0.04	0,842
C0.12	0,803
C0.36	0,803
C	0,803
R	0,080
Q	0,047
pi	3,142

α*= 0,12 cm⁻¹

C = 0,803154
Q = 0,046693

K_{fs} = 8,49E-05 cm/sec
5,10E-03 cm/min
8,49E-07 m/sec
2,01E-03 inch/min
3,34E-05 inch/sec

Φ_m = 7,08E-04 cm²/min

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 15
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,2000

Res Type	35,02
H	15
a	3
H/a	5
a*	0,12
C0.01	1,518
C0.04	1,629
C0.12	1,667
C0.36	1,667
C	1,667
R	0,200
Q	0,117
pi	3,142

7,34

α*= 0,12 cm⁻¹

C = 1,666893
Q = 0,116733

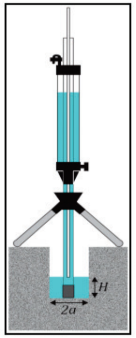
K_{fs} = 8,66E-05 cm/sec
5,20E-03 cm/min
8,66E-07 m/ses
2,05E-03 inch/min
3,41E-05 inch/sec

Φ_m = 7,22E-04 cm²/min

Average

K_{fs} = 8,58E-05 cm/sec
5,15E-03 cm/min
8,58E-07 m/s
2,03E-03 inch/min
3,38E-05 inch/sec

Φ_m = 7,15E-04 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02

Enter the first water Head Height ("H1" in cm): 5
Enter the second water Head Height ("H2" in cm): 15

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α*= 0,12 cm⁻¹

α= 0,13

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): 0,0800
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): 0,2000

Q_1 = 0,046693

Q_2 = 0,116733

Res Type:	35,02
H1/a:	1,6667
H2/a:	5
C1-0.01:	0,8095
C2-0.01:	1,5183
C1-0.04:	0,8421
C2-0.04:	1,6291
C1-0.12:	0,8032
C2-0.12:	1,6669
C1-0.36:	0,8032
C2-0.36:	1,6669

C_1 = 0,803154

C_2 = 1,666893

G_1 = 0,002575

G_2 = 0,001781

G_3 = 0,040530

G_4 = 0,010352

K_{fs} = 8,77E-05 cm/sec
5,26E-03 cm/min
8,77E-07 m/sec
2,07E-03 inch/min
3,45E-05 inch/sec

Φ_m = 6,84E-04 cm²/min

θ_s = 0,65 cm³/cm³

θ_i = 0,4 cm³/cm³

Sorptivity 0,0185 (cm min⁻½)

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and α^* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	α^*(cm⁻¹)	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), a^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm), H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{a^*}\right)}$ $\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a^* + 2\pi H_1}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1 H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1 H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $K_{fs} = G_2 Q_2 - G_1 Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2 C_2)C_1}{2\pi(2H_1 H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2 C_1)C_2}{2\pi(2H_1 H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $\Phi_m = G_3 Q_1 - G_4 Q_2$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	

Guelph Permeameter Calculations

Input

Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 2,18
Enter water Head Height ("H" in cm): 5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 2

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0200

Res Type	2,18
H	5
a	3
H/a	1,667
a*	0,04
C0.01	0,809
C0.04	0,842
C0.12	0,803
C0.36	0,803
C	0,842
R	0,020
Q	7E-04
pi	3,142

α*= 0,04 cm⁻¹

C = 0,842059
Q = 0,000727

K_{fs} = 6,33E-07 cm/sec
3,80E-05 cm/min
6,33E-09 m/sec
1,50E-05 inch/min
2,49E-07 inch/sec

Φ_m = 1,58E-05 cm²/min

0,05

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 10
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 2

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0000

Res Type	35,02
H	10
a	3
H/a	3,333
a*	0,04
C0.01	1,218
C0.04	1,29
C0.12	1,288
C0.36	1,288
C	1,29
R	0,000
Q	0
pi	3,142

α*= 0,04 cm⁻¹

C = 1,290234
Q = 0,000000

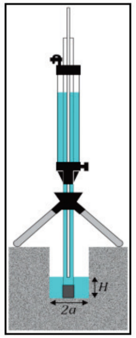
K_{fs} = 0,00E+00 cm/sec
0,00E+00 cm/min
0,00E+00 m/sec
0,00E+00 inch/min
0,00E+00 inch/sec

Φ_m = 0,00E+00 cm²/min

Average

K_{fs} = 3,17E-07 cm/sec
1,90E-05 cm/min
3,17E-09 m/s
7,48E-06 inch/min
1,25E-07 inch/sec

Φ_m = 7,92E-06 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir):

Enter the first water Head Height ("H1" in cm):
Enter the second water Head Height ("H2" in cm):

Enter the Borehole Radius ("a" in cm):

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers):

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α*= 0 cm⁻¹

α= #ΔIAIP/0!

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min):
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min):

Res Type:	0
H1/a:	######
H2/a:	######
C1-0.01:	######
C2-0.01:	######
C1-0.04:	######
C2-0.04:	######
C1-0.12:	######
C2-0.12:	######
C1-0.36:	######
C2-0.36:	######

Q_1 = 0,000000
Q_2 = 0,000000
C_1 = 0,000000
C_2 = 0,000000
G_1 = #ΔIAIP/0!
G_2 = #ΔIAIP/0!
G_3 = #ΔIAIP/0!
G_4 = #ΔIAIP/0!

K_{fs} = #ΔIAIP/0! cm/sec
#ΔIAIP/0! cm/min
#ΔIAIP/0! m/sec
#ΔIAIP/0! inch/min
#ΔIAIP/0! inch/sec

Φ_m = #ΔIAIP/0! cm²/min

θ_{fs} = 0,65 cm³/cm³

θ_i = 0,4 cm³/cm³

Sorptivity #ΔIAIP/0! (cm min⁻½)

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and a^* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	$\alpha^*(cm^{-1})$	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured, may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), a^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm), H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{a^*}\right)}$ $\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a^* + 2\pi H_1}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $K_{fs} = G_2Q_2 - G_1Q_1$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	$G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $\Phi_m = G_3Q_1 - G_4Q_2$

Guelph Permeameter Calculations

Input

Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,1200

Res Type	35,02
H	5
a	3
H/a	1,667
a*	0,12
C0.01	0,809
C0.04	0,842
C0.12	0,803
C0.36	0,803
C	0,803
R	0,120
Q	0,07
pi	3,142

α*= 0,12 cm⁻¹

C = 0,803154
Q = 0,070040

K_{fs} = 1,27E-04 cm/sec
7,64E-03 cm/min
1,27E-06 m/sec
3,01E-03 inch/min
5,02E-05 inch/sec

Φ_m = 1,06E-03 cm²/min

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 15
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,1600

11,01

Res Type	35,02
H	15
a	3
H/a	5
a*	0,12
C0.01	1,518
C0.04	1,629
C0.12	1,667
C0.36	1,667
C	1,667
R	0,160
Q	0,093
pi	3,142

α*= 0,12 cm⁻¹

C = 1,666893
Q = 0,093387

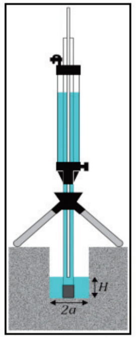
K_{fs} = 6,93E-05 cm/sec
4,16E-03 cm/min
6,93E-07 m/ses
1,64E-03 inch/min
2,73E-05 inch/sec

Φ_m = 5,78E-04 cm²/min

Average

K_{fs} = 9,83E-05 cm/sec
5,90E-03 cm/min
9,83E-07 m/s
2,32E-03 inch/min
3,87E-05 inch/sec

Φ_m = 8,20E-04 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02

Enter the first water Head Height ("H1" in cm): 5
Enter the second water Head Height ("H2" in cm): 15

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α*= 0,12 cm⁻¹

α= -0,01

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): 0,1200
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): 0,1600

Res Type:	35,02
H1/a:	1,6667
H2/a:	5
C1-0.01:	0,8095
C2-0.01:	1,5183
C1-0.04:	0,8421
C2-0.04:	1,6291
C1-0.12:	0,8032
C2-0.12:	1,6669
C1-0.36:	0,8032
C2-0.36:	1,6669

Q_1 = 0,070040
Q_2 = 0,093387
C_1 = 0,803154
C_2 = 1,666893
G_1 = 0,002575
G_2 = 0,001781
G_3 = 0,040530
G_4 = 0,010352

K_{fs} = -1,40E-05 cm/sec
-8,40E-04 cm/min
-1,40E-07 m/sec
-3,31E-04 inch/min
-5,51E-06 inch/sec

Φ_m = 1,87E-03 cm²/min

θ_{fs} = 0,65 cm³/cm³

θ_i = 0,4 cm³/cm³

Sorptivity 0,0306 (cm min^-½)

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and a^* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	α^*(cm⁻¹)	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), α^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm), H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{a^*}\right)}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	$\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a^* + 2\pi H_1}$
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2-H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2-H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $K_{fs} = G_2Q_2 - G_1Q_1$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	$G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2-H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2-H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $\Phi_m = G_3Q_1 - G_4Q_2$

Guelph Permeameter Calculations

SOILMOISTURE®

Input

Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 5
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,0400

Res Type	35,02
H	5
a	3
H/a	1,667
a*	0,12
C0.01	0,809
C0.04	0,842
C0.12	0,803
C0.36	0,803
C	0,803
R	0,040
Q	0,023
pi	3,142

α*= 0,12 cm⁻¹

C = 0,803154
Q = 0,023347

K_{fs} = 4,25E-05 cm/sec; 2,55E-03 cm/min; 4,25E-07 m/sec; 1,00E-03 inch/min; 1,67E-05 inch/sec

$Φ_m$ = 3,54E-04 cm^2/min

3,67

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02
Enter water Head Height ("H" in cm): 15
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0,1600

Res Type	35,02
H	15
a	3
H/a	5
a*	0,12
C0.01	1,518
C0.04	1,629
C0.12	1,667
C0.36	1,667
C	1,667
R	0,160
Q	0,093
pi	3,142

α*= 0,12 cm⁻¹

C = 1,666893
Q = 0,093387

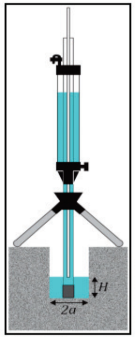
K_{fs} = 6,93E-05 cm/sec; 4,16E-03 cm/min; 6,93E-07 m/sec; 1,64E-03 inch/min; 2,73E-05 inch/sec

$Φ_m$ = 5,78E-04 cm^2/min

Average

K_{fs} = 5,59E-05 cm/sec; 3,35E-03 cm/min; 5,59E-07 m/s; 1,32E-03 inch/min; 2,20E-05 inch/sec

$Φ_m$ = 4,66E-04 cm^2/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35,02

Enter the first water Head Height ("H1" in cm): 5
Enter the second water Head Height ("H2" in cm): 15

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): 3

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

α*= 0,12 cm⁻¹

α= -5,17

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): 0,0400
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): 0,1600

Res Type:	35,02
H1/a:	1,6667
H2/a:	5
C1-0.01:	0,8095
C2-0.01:	1,5183
C1-0.04:	0,8421
C2-0.04:	1,6291
C1-0.12:	0,8032
C2-0.12:	1,6669
C1-0.36:	0,8032
C2-0.36:	1,6669

Q_1 = 0,023347
Q_2 = 0,093387
C_1 = 0,803154
C_2 = 1,666893
G_1 = 0,002575
G_2 = 0,001781
G_3 = 0,040530
G_4 = 0,010352

K_{fs} = 1,06E-04 cm/sec; 6,37E-03 cm/min; 1,06E-06 m/sec; 2,51E-03 inch/min; 4,18E-05 inch/sec

$Φ_m$ = -2,05E-05 cm^2/min

$θ_{fs}$ = 0,65 cm^3/cm^3

$θ_i$ = 0,4 cm^3/cm^3

Sorptivity #APIΘ! (cm min^-½)

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H_1 is the first water head height (cm), H_2 is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and a^* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C_1 needs to be calculated while for two-head method, C_1 and C_2 are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	$\alpha^*(cm^{-1})$	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)}\right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured, may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)}\right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)}\right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$
Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)}\right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)}\right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), a^* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H_1 is the first head of water established in borehole (cm), H_2 is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi\left(\frac{H_1}{a^*}\right)}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	$\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a^* + 2\pi H_1}$
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $K_{fs} = G_2Q_2 - G_1Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2C_2)C_1}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	$G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2C_1)C_2}{2\pi(2H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}$ $\Phi_m = G_3Q_1 - G_4Q_2$