Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο- Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Περιβαλλοντική Γεωτεχνική - $2^{η}$ σειρά ασκήσεων - 2 Νοεμβρίου, 2023

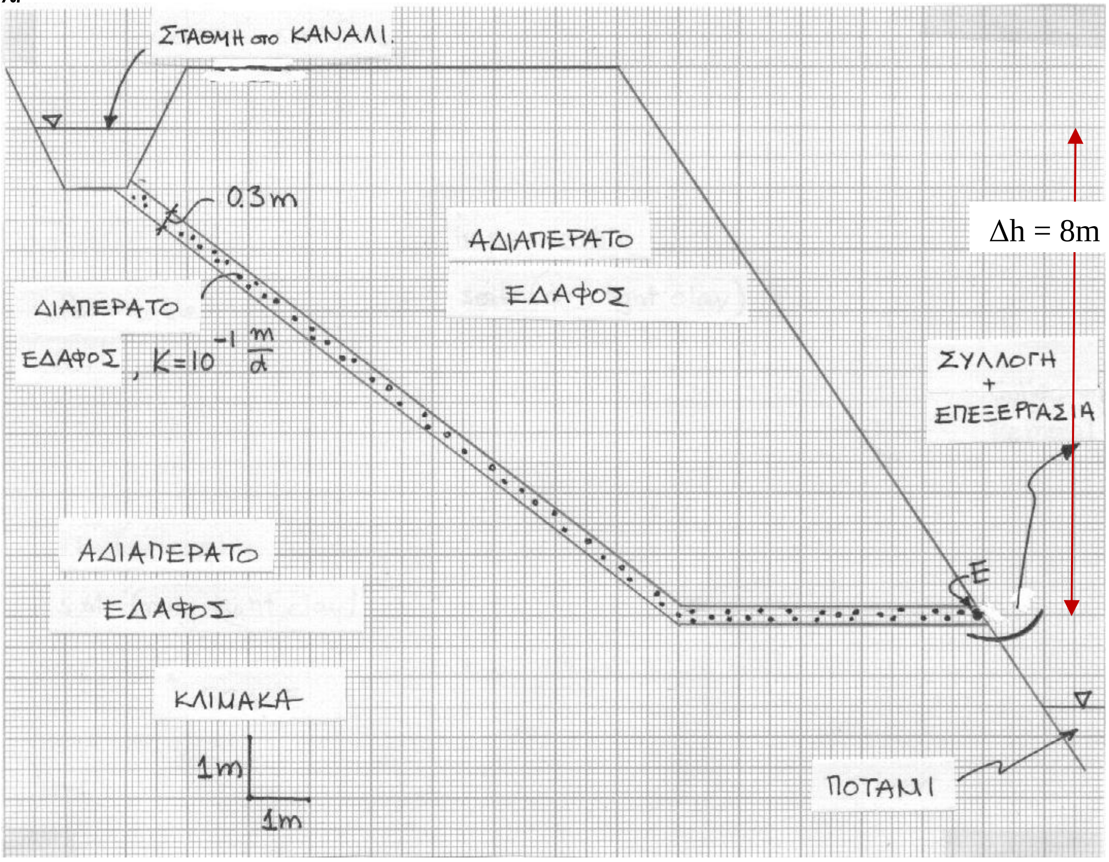
Παράδοση: 9 Νοεμβρίου, 2023

1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ Μετά την κατασκευή καναλιού σε αργιλικό έδαφος, το πρανές φαίνεται να "δακρύζει" στο σημείο Ε (βλέπε Σχήμα 1). Ξεκινάει μια μελέτη του υπεδάφους, που αποκαλύπτει την ύπαρξη συνεχούς, λεπτού, διαπερατού στρώματος που εκτείνεται από τον πυθμένα του καναλιού ως το σημείο Ε. Το στρώμα αυτό έχει πάχος 0.3 m και εκτείνεται περίπου 2 m στην κατεύθυνση την κάθετη στη διατομή του σχήματος. Εργαστηριακές δοκιμές σε δύο εδαφικά δοκίμια από αυτό το στρώμα δίνουν μια μέση τιμή για την υδραυλική αγωγιμότητα ίση με $\boldsymbol{K} = 10^{-1}$ m/d (μέτρα ανά ημέρα). (Αυτές τις δοκιμές τις ήθελε ο ιδιοκτήτης που σκεφτόταν αν έπρεπε να βελτιώσει τη στεγάνωση του πυθμένα.) Ενώ μελετώνται πιθανές διορθώσεις, ένας ρύπος διαρρέει στο κανάλι.

ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ

(α) Υποθέτοντας ότι ο ρύπος θα κινηθεί κυρίως εξ αιτίας της κίνησης του νερού (δηλ. λόγω μεταγωγής μόνο), υπολογίσατε τον χρόνο άφιξης ρύπου t στο σημείο Ε.

(β) Υπολογίστε τη συνολική ποσότητα του νερού που θα έχει συλλεγεί στο σημείο Ε μέσα σ' αυτόν το χρόνο t.



Σχήμα 1. Διαρροή από κανάλι μέσω διαπερατού στρώματος.

Πρέπει να υποθέσω κάποιο πορώδες, έστω n =0.3

(α) $t = \frac{L_1+L_2}{\bar{v}}, \qquad \bar{v} = \frac{v}{n}$

$$v = K\frac{\Delta h}{L_1 + L_2} = 10^{-1}\frac{m}{d} \times \frac{8m}{16.5m} = 0.048\frac{m}{d} \to \bar{v} = \frac{0.048m/d}{0.3} = 0.162m/d$$

$$\underline{t} = \frac{16.5m}{0.162\,m/d} = \underline{102\ ημέρες}$$

(β) $V = Q\,t = v\,A\,t$ = 0.048 m/d x (0.3m x 2m) x 102 d $\Rightarrow$ $\underline{V = 2.94\ m^3}$

2. Στο ‘‘ύποπτο’’ πηγάδι του Σχήματος 2 είναι πιθανό να έχει διαρρεύσει κάποιος ρύπος. Εκτιμήσατε πόσο χρόνο θα κάνει ο ρύπος να φτάσει στον κατάντη υγρότοπο ή στο κατάντη φρέαρ άντλησης (εξαρτάται πώς θα εκτιμήσετε την κίνηση του ρύπου –δείξτε στο σχήμα πώς– υποθέσατε ομοιογενές έδαφος) για υδραυλική αγωγιμότητα και πορώδες που κυμαίνονται μεταξύ 1×10^{-5} m/s - 1×10^{-2} m/s και 0.3-0.4, αντίστοιχα. Υπόδειξη: υπολογίστε εύρος τιμών, όχι μέσο όρο.

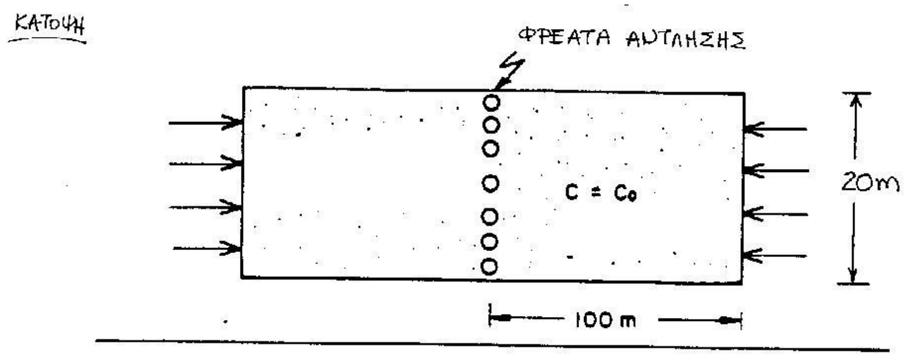
Σχήμα 2. Χάρτης ισοδυναμικών καμπυλών σε ρυπασμένο χώρο.

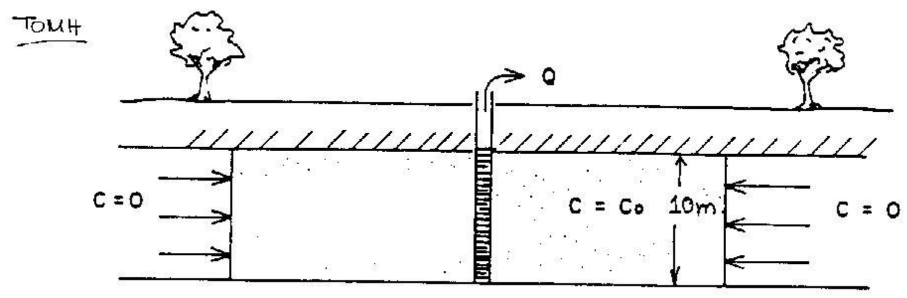
Από το Σχήμα 2, προσέχοντας ότι η κλίμακα είναι σε πόδια (feet), μετράω την απόσταση L=2400 m, και τη διαφορά υδραυλικού φορτίου (κι αυτή σε πόδια, ft, είναι δοσμένη) Δh = 20 ft – (–5ft) = 25ft = 7.6m. Κι έτσι υπολογίζω την υδραυλική κλίση i = Δh/L = 0.0032. [Εννοείται θα μπορούσα να μην κάνω την μετατροπή σε μέτρα, πχ σε ένα διαγώνισμα δεν θα την έκανα, για να μην χάσω χρόνο. Όταν λύνω όμως ασκήσεις με την ησυχία μου, προτιμώ να χρησιμοποιώ μονάδες με τις οποίες είμαι εξοικειωμένη, ει δυνατόν από την καθημερινή ζωή.] Η διαφορά της υδραυλικής αγωγιμότητας είναι πολύ μεγάλη για να βρω μια μέση τιμή. Επιλέγω να παρουσιάσω το εύρος των πιθανών τιμών (πολύ μεγάλο βέβαια!), χρησιμοποιώντας τα ζευγάρια max K – min n, min K – max n.

$$t = \frac{L}{\bar{v}} = \frac{Ln}{Ki} = \frac{2400m \times 0.3}{10^{-2}\,\frac{m}{s} \times 0.0032} = 260 \text{ ημέρες} = 0.7 \text{ χρόνια}$$

$$t = \frac{2400m \times 0.4}{10^{-5}\,\frac{m}{s} \times 0.0032} = 951 \text{ χρόνια}$$

3. Στο Σχήμα 3 βλέπετε ένα υδροφορέα πάχους 10m ρυπασμένο σε μια έκταση 200m επί 20m με μια μέση συγκέντρωση Co. Θεωρήστε ένα εκτεταμένο σύστημα φρεάτων άντλησης (η συμπεριφορά του οποίου μπορεί να προσεγγιστεί με μια συνεχή τάφρο άντλησης) και επεξεργασίας, που δημιουργεί μονοδιάστατη ροή με ταχύτητα Darcy ίση με v = 0.7 m/ημέρα καθ’ όλη την έκταση της ρυπασμένης περιοχής (πρόκειται για μια μέση τιμή, αφού κοντά στα πηγάδια η ταχύτητα θα είναι μεγαλύτερη, ενώ θα είναι μηδέν σε απόσταση που δεν επηρεάζεται από τα πηγάδια). Με αυτά τα δεδομένα υπολογίστε πόσος όγκος νερού θα έχει αντληθεί στη διάρκεια ενός έτους και εκφράστε αυτόν τον όγκο ως κλάσμα ή πολλαπλάσιο του συνολικού όγκου (νερού) των πόρων του υδροφορέα (στην περιοχή της άντλησης) για πορώδες n = 0.35.





Σχήμα 3. Κάτοψη και τομή ρυπασμένης έκτασης και συστήματος άντλησης.

Όγκος αντλούμενου νερού

$V_{αντλ}$= Q t = 2 v A t = 2 x 0.70 m/d x (20m x 10m) x 365 ημέρες = 102 200m^3

Σημ: στον υπολογισμό του $V_{αντλ}$ πολλαπλασιάζω με 2 για να λάβω υπόψη μου τα δύο τμήματα του υδροφορέα, αριστερά και δεξιά από τα φρέατα άντλησης.

Όγκος νερού πόρων

V_w = V n = 200m x 20m x 10m x 0.35 = 14 000 m^3

Σε ένα χρόνο αντλούμε πολλαπλάσιο όγκο και συγκεκριμένα ίσο με 7.3 φορές το περιεχόμενο του υδροφορέα. Άρα αν, για να μειωθεί επαρκώς η συγκέντρωση, απαιτείται η άντληση να συνεχιστεί πολλά χρόνια, θα πρέπει να μπορώ να αντλήσω ένα ακόμα μεγαλύτερο πολλαπλάσιο που ενδέχεται να μην είναι διαθέσιμο, δηλ. να μην προλαβαίνει να επαναφορτιστεί, όπως λέμε, ο υδροφορέας.