



Ελληνική Δημοκρατία
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό
Ίδρυμα Ηπείρου

Στραγγίσεις (Εργαστήριο)

Ενότητα 9 : Η σταθερή στράγγιση των εδαφών II
Δρ. Μενέλαος Θεοχάρης



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Άσκηση 21

Στραγγιστικοί σωλήνες διαμέτρου 20 cm πρόκειται να τοποθετηθούν σε βάθος $t = 1,80$ m από την επιφάνεια του εδάφους. Εδαφολογική έρευνα έδειξε ότι το έδαφος αποτελείται από δύο στρώσεις που έχουν συντελεστές υδραυλικής αγωγιμότητας η πάνω στρώση $K_1 = 0,06$ m/day και η κάτω στρώση $K_2 = 0,30$ m/day, όπου το πάχος της K_1 είναι 1,80 m. Το αδιαπέρατο υπόστρωμα βρίσκεται σε βάθος 6,60 m από την επιφάνεια του εδάφους. Η παροχή επαναπλήρωσης της υπόγειας στάθμης από νερά βροχής ή άρδευσης είναι $q = 0,001$ m/day. Να υπολογιστεί η ισαποχή L μεταξύ των στραγγιστικών σωλήνων ώστε η υπόγεια στάθμη στο μεσοδιάστημά τους να βρίσκεται σε απόσταση $H = 1,00$ m πάνω από το επίπεδο των κέντρων των σωλήνων. Ο υπολογισμός να γίνει σύμφωνα με : I. Τη μέθοδο του Hooghoudt, II. Τη μέθοδο του Kirkham και III. Τη μέθοδο του Τερζίδη.

Λύση

I. Υπολογισμός της ισαποχής των στραγγιστικών αγωγών με την μέθοδο του Hooghoudt.

1. Τα δεδομένα του προβλήματος είναι: $D = 6,60 - 1,80 = 4,80$ m, $K_1 = 0,06$ m/day, $K_2 = 0,30$ m/day, $H = 1,00$ m, $q = 0,001$ m/day, $r_0 = 0,10$ m

2. Ακολουθείται η ίδια πορεία με εκείνη των ομογενών εδαφών.

Η ισαποχή των στραγγιστικών αγωγών θα προκύψει από την επίλυση του συστήματος:

$$L^2 = \frac{4K_1 H^2}{q} + \frac{8 K_2 d H}{q} \quad (1)$$

και μίας από τις εξισώσεις:

$$\alpha) \frac{L}{d} = \frac{8}{\pi} \ln \frac{D}{r_0} + \frac{L}{D} + 1,6 \frac{D}{L} - 2 \left(\frac{D}{L} \right)^2 - 3,55 \quad \text{αν } 0 \leq \frac{D}{L} \leq 0,30 \quad (2\alpha)$$

ή

$$\beta) \frac{L}{d} = \frac{8}{\pi} \ln \frac{D}{r_0} + 0,5223 \left(\ln \frac{D}{L} \right)^2 + 1,7429 \left(\frac{L}{D} \right) - 2,5854 \quad \text{αν } 0,217 \leq \frac{D}{L} \leq 0,50 \quad (2\beta)$$

ή

$$\gamma) \frac{L}{d} = \frac{8}{\pi} \ln \left(\frac{L}{\pi \cdot r_0} \right) = \frac{8}{\pi} \ln \left(\frac{D}{r_0} \right) + \frac{8}{\pi} \ln \left(\frac{L}{D} \right) - 2,915 \quad \text{αν } \frac{D}{L} \geq 0,50 \quad (2\gamma)$$

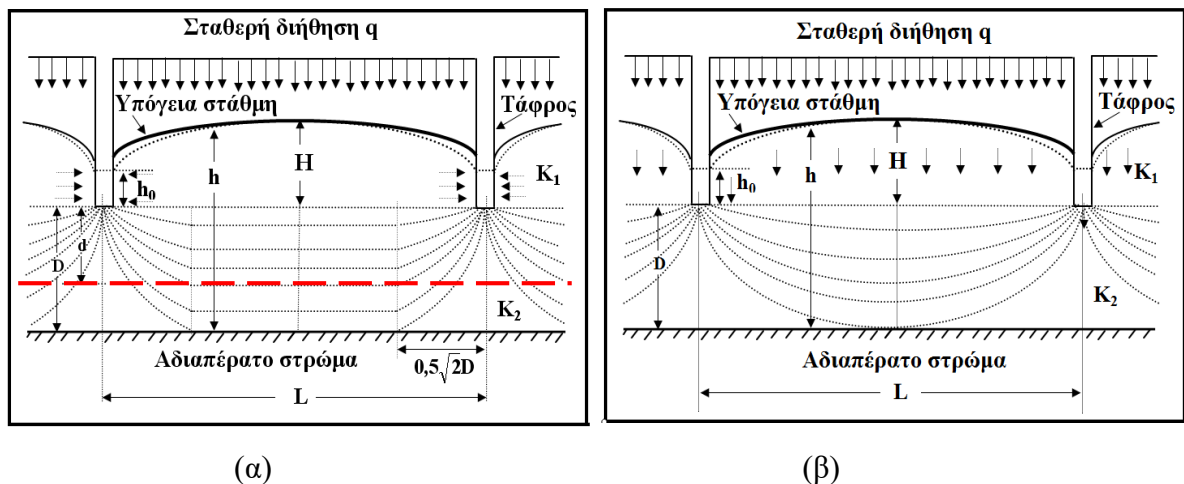
στο οποίο σύστημα άγνωστα είναι τα L και d .

3. Επίλυση του συστήματος.

Επειδή οι εξισώσεις του συστήματος είναι πεπλεγμένες συναρτήσεις των L και d και επομένως δεν είναι δυνατή η μαθηματική επίλυσή του, γίνεται αριθμητική επίλυση με ακόλουθη διαδικασία:

Η αρχική « λογική » τιμή της ισαποχής προκύπτει αν ληφθεί ως αρχική τιμή του ισοδύναμου βάθους $d_0 = 0,7D = 3,36$ m και με αυτή την τιμή να υπολογιστεί το L_0 από τη σχέση:

$$L_0^2 = \frac{4K_1 H^2}{q} + \frac{8 K_2 d_0 H}{q}. \text{ Με αντικατάσταση των δεδομένων προκύπτει } L_0 = 84,569 \text{ m.}$$



Ροή σε διαστρωμένο έδαφος με τους στραγγιστικούς αγωγούς στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο στρώσεων σύμφωνα με τη μέθοδο (α) του Hooghoudt και (β) του Kirkham

α. Υπολογίζεται το $\frac{D}{L_0} = \frac{4,8}{84,569} = 0,057 < 0,3$.

Ισχύει, κατά συνέπεια η εξίσωση: $\frac{L_0}{d_1} = \frac{8}{\pi} \cdot \ln \frac{D}{r_0} + \frac{L_0}{D} + 1,6 \cdot \frac{D}{L_0} - 2 \left(\frac{D}{L_0} \right)^2 - 3,55$ από την οποία, με αντικατάσταση των δεδομένων προκύπτει:

$$\frac{L_0}{d_1} = \frac{8}{3,14159} \cdot \ln \frac{4,8}{0,10} + \frac{84,569}{4,8} + 1,6 \cdot \frac{4,8}{84,569} - 2 \left(\frac{4,8}{84,569} \right)^2 - 3,55 = 24,011$$

οπότε $d_1 = \frac{84,569 \text{ m}}{24,011} = 3,522 \text{ m}$.

β. Αν χρησιμοποιηθεί αντί για d_0 το d_1 , υπολογίζεται το L_1 από την εξίσωση:

$$L_1^2 = \frac{4 \cdot K_1 \cdot H^2}{q} + \frac{8 \cdot K_2 \cdot d_1 \cdot H}{q}, \text{ με αντικατάσταση των δεδομένων, και προκύπτει:}$$

$$L_1 = 93,237 \text{ m}$$

Υπολογίζεται το $\frac{D}{L_1} = \frac{4,8}{93,237} = 0,0515 < 0,3$

Ισχύει , κατά συνέπεια η εξίσωση : $\frac{L_1}{d_2} = \frac{8}{\pi} \cdot \ln \frac{D}{r_0} + \frac{L_1}{D} + 1,6 \cdot \frac{D}{L_1} - 2 \cdot \left(\frac{D}{L_1} \right)^2 - 3,55$ από την οποία , με αντικατάσταση των δεδομένων προκύπτει:

$$\frac{L_1}{d_2} = \frac{8}{3,14159} \cdot \ln \frac{4,8}{0,10} + \frac{93,237}{4,8} + 1,6 \cdot \frac{4,8}{93,237} - 2 \cdot \left(\frac{4,8}{93,237} \right)^2 - 3,55 = 25,809 \text{ οπότε}$$

$$\text{οπότε } d_2 = \frac{93,237 \text{ m}}{25,809} = 3,613 \text{ m} .$$

γ. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέχρις ότου να επιτευχθεί ταύτιση των τιμών . Οι όλοι υπολογισμοί πινακοποιημένοι παρουσιάζονται στη συνέχεια .

Πίνακας υπολογισμών της ισαποχής στραγγιστικών αγωγών για διαστρωμένα εδάφη με τους στραγγιστικούς αγωγούς στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο στρώσεων.

Δεδομένα προβλήματος						Υπολογιζόμενες τιμές				
K_1	K_2	D	r_0	H	q	d_i	L_i	$\frac{L_i}{d_{i+1}}$	d_{i+1}	L_{i+1}
[m/day]		[m]	[m]	[m]	[m/day]	[m]	[m]		[m]	[m]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0,06	0,3	4,8	0,1	1,00	0,001	3,36	84,569	24,011	3,522	93,237
							93,237	25,809	3,613	94,393
							94,393	26,049	3,624	94,534
							94,534	26,079	3,625	94,551
							94,551	26,082	3,625	94,553
							94,553	26,083	3,625	94,553
										Τέλος

6. Επομένως η ζητούμενη ισαποχή είναι **L = 94,55 m.**

II. Υπολογισμός της ισαποχής των στραγγιστικών αγωγών με την μέθοδο του Kirkham.

1. Σύμφωνα με τη μέθοδο του Kirkham η ισαποχή των στραγγιστικών σωλήνων υπολογίζεται από την επίλυση του συστήματος:

$$L = \left(\frac{K_2}{q} - \frac{K_2}{K_1} \right) \cdot \frac{H}{F_k} \quad \text{η οποία, με την εισαγωγή των δεδομένων γράφεται ως :}$$

$$L = \left(\frac{0,30}{0,001} - \frac{0,30}{0,06} \right) \cdot \frac{1,00}{F_k} = \frac{295}{F_k} \quad (1)$$

και

$$F_k = \frac{1}{\pi} \left[\ln \frac{L}{\pi \cdot r_0} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \left(\cos \frac{2 \cdot n \cdot \pi \cdot r_0}{L} - \cos(n \cdot \pi n) \right) \left(\coth \frac{2 \cdot n \cdot \pi}{L} - 1 \right) \right] \quad (2)$$

2. Επίλυση του συστήματος.

Επειδή οι εξισώσεις του συστήματος είναι πεπλεγμένες συναρτήσεις των L και F_k και επομένως δεν είναι δυνατή η μαθηματική επίλυσή του, γίνεται αριθμητική επίλυση με ακόλουθη διαδικασία:

α. Υπολογίζεται από την εξίσωση $L^2 = \frac{4K_1 H^2}{q} + \frac{8K_2 d H}{q}$ με αντικατάσταση των δεδομένων, $L_0 = 84,569$ m το οποίο και λαμβάνεται ως αρχική τιμή του L .

β. Από το L_0 και τον πίνακα της άσκησης 19 υπολογίζεται η τιμή της συνάρτησης F_{k_0} ως συνάρτηση των L_0/D και $D/2r_0$ ως εξής:

Υπολογίζεται το $\frac{L_0}{D} = \frac{84,569}{4,80} = 17,619$ και το $\frac{D}{2 \cdot r_0} = \frac{4,80}{2 \cdot 0,10} = 24$ οπότε από τον πίνακα

προκύπτει: $F_k = a + (\gamma - \alpha) \frac{y - c}{d - c} + \left(\frac{y - c}{d - c} (\alpha + \delta - \beta - \gamma) + (\beta - \alpha) \right) \frac{x - a}{b - a}$ όπου στην

προκειμένη περίπτωση είναι: $a = 25$, $b = 12,5$, $c = 32$, $d = 16$, $\alpha = 4,09$, $\beta = 2,52$, $\gamma = 3,86$, $\delta = 2,30$, $x = 17,619$ και $y = 24$.

Επομένως:

$$F_k = 4,09 + (3,86 - 4,09) \frac{24 - 32}{16 - 32} + \left(\frac{24 - 32}{16 - 32} (4,09 + 2,30 - 2,52 - 3,86) + (2,52 - 4,09) \right) \frac{17,619 - 4,09}{12,5 - 4,09} = 3,051$$

Επομένως μία βελτιωμένη τιμή της ισαποχής $L_1 = \frac{295}{F_k} = \frac{295}{3,051} = 96,695$ m.

γ. Επαναλαμβάνεται η διαδικασία υπολογισμού αν ως νέα τιμή της ισαποχής ληφθεί ο μέσος όρος της L_0 και L_1 δηλαδή:

$$L'_1 = \frac{L_0 + L_1}{2} = \frac{84,569 + 96,695}{2} = 90,632$$
 m οπότε προκύπτει η τιμή $L_2 = 91,929$ m.

δ. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέχρις ότου να επιτευχθεί σύγκλιση των τιμών. Οι όλοι υπολογισμοί πινακοποιημένοι παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Πίνακας υπολογισμών της ισαποχής στραγγιστικών σωλήνων

Δεδομένα του προβλήματος							Υπολογιζόμενες ποσότητες			
K_1	K_2	q	H	D	r_0	$D/2r_0$	L_i	L_i/D	F_k	L_{i+1}
0,06	0,30	0,001	1,00	4,80	0,10	24,00	84,569	17,619	3,051	96,695
							90,632	18,882	3,209	91,929
							91,281	19,017	3,226	91,447
							91,364	19,034	3,228	91,386

							91,375	19,036	3,228	91,378
							91,376	19,037	3,228	91,376
							Τέλος			

3. Επομένως η ζητούμενη ισαποχή είναι $L = 91,376 \approx 91,40 \text{ m}$

III. Υπολογισμός της ισαποχής των στραγγιστικών αγωγών με τη μέθοδο του Τερζίδη.

1. Σύμφωνα με τη μέθοδο του Τερζίδη η ισαποχή των στραγγιστικών σωλήνων υπολογίζεται από τη σχέση :

$$\frac{L}{D} = \frac{\beta + \sqrt{\beta^2 + 4 \left(1 + \frac{R}{K_2} (8 - 2\sqrt{2} \beta)\right) \left(\frac{K_2}{R} - \frac{K_2}{K_1}\right) \left[\left(2 \frac{H}{D}\right) + \left(\frac{H}{D}\right)^2\right]}}{\left(1 + \frac{R}{K_2} (8 - 2\sqrt{2} \beta)\right)}$$

όπου: $r_0 = 0,10 \text{ m}$, $D = 4,80 \text{ m}$, $K_1 = 0,06 \text{ m/d}$, $K_2 = 0,30 \text{ m/d}$, $R = 0,001 \text{ m/d}$, $H_0 = 1,00 \text{ m}$

$$\text{και } \beta = \frac{4}{\pi} \cdot \ln \left[\left(\frac{\pi \cdot r_0}{D} \right) \cdot \sqrt{1 + 0,09 \cdot \left(\frac{\pi \cdot r_0}{D} \right)^2} \right]$$

2. Αντικαθιστώντας τα δεδομένα προκύπτει:

$$\beta = \frac{4}{3,14159} \cdot \ln \left[\left(\frac{3,14159 \cdot 0,10}{4,80} \right) \cdot \sqrt{1 + 0,09 \cdot \left(\frac{3,14159 \cdot 0,10}{4,80} \right)^2} \right] = -3,47121$$

$$\alpha = \left(1 + \frac{R}{K_2} (8 - 2\sqrt{2} \cdot \beta) \right) = 1 + \frac{0,001}{0,14} (8 - 2\sqrt{2} \cdot (-3,47121)) = 1,1272718$$

$$\frac{K_2}{R} - \frac{K_2}{K_1} = \frac{0,30}{0,001} - \frac{0,30}{0,06} = 295 \quad \text{και} \quad \frac{H_0}{D} = \frac{1,00}{4,80} = 0,2083$$

Επομένως :

$$\frac{L}{D} = \frac{-3,47121 + \sqrt{(-3,47121)^2 + 4 \times 1,059394 \times 295 \times \left[(2 \times 0,2083) + (0,2083)^2 \right]}}{1,059394} = 19,59657$$

οπότε : $L = 4,80 \times 19,59657 = 94,064 \text{ m}$ ήτοι $L = 94,06 \text{ m}$

Άσκηση 22

Στραγγιστικοί σωλήνες διαμέτρου 20 cm πρόκειται να τοποθετηθούν σε βάθος $t = (2,00 - 0,01 \cdot N) \text{ m}$ από την επιφάνεια του εδάφους. Εδαφολογική έρευνα έδειξε ότι το έδαφος αποτελείται από δύο στρώσεις που έχουν συντελεστές υδραυλικής αγωγιμότητας η πάνω στρώση $K_1 = 0,06 \text{ m/day}$ και η κάτω στρώση $K_2 = 0,30 \text{ m/day}$. Οι σωλήνες θα τοποθετηθούν στην διαχωριστική του επιφάνεια των δύο στρώσεων. Το αδιαπέρατο υπόστρωμα βρίσκεται σε βάθος $(7,00 + 0,02 \cdot N) \text{ m}$ από την επιφάνεια του εδάφους. Η παροχή επαναπλήρωσης της υπόγειας στάθμης από τα νερά βροχής ή

άρδευσης είναι $q = (0,001+0,0001 \cdot N)\text{m/day}$. Να υπολογιστεί η ισαποχή L μεταξύ των στραγγιστικών σωλήνων ώστε η υπόγεια στάθμη στο μεσοδιάστημα τους να βρίσκεται σε απόσταση $H = (80+N)\text{cm}$ πάνω από το επίπεδο των κέντρων των σωλήνων. Ο υπολογισμός να γίνει σύμφωνα με: I. Τη μέθοδο του Hooghoudt, II. Τη μέθοδο του Kirkham και III. Τη μέθοδο του Τερζίδη.

Προτεινόμενη Βιβλιογραφία

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

Σημείωμα Αναφοράς

Θεοχάρης Μενέλαος, (2015). Στραγγίσεις (Εργαστήριο). ΤΕΙ Ηπείρου.

Διαθέσιμο από:

<http://eclass.teiep.gr/courses/TEXG112/>

Σημείωμα Αδειοδότησης

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

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



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

Επεξεργασία: Δημήτριος Κατέρης

Άρτα, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ