



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
Σχολή Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών
Περιβάλλοντος
Πολυτεχνειούπολη, 73 100 ΧΑΝΙΑ

Γκούμας Χρήστος
cgoumas@isc.tuc.gr
2821037722

Ανυφαντή Ιωάννα
Ianyfanti1@isc.tuc.gr
2821037802

ΡΟΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΡΥΠΩΝ (8^ο Εξάμηνο ΜΗ-ΠΕΡ)

Εργασία I

(Παράδοση: 05/05/2022)

ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ ΜΕΘΟΔΟΙ ΓΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ

Σκοπός: Μελετήστε τις μεθόδους των Theis και Jacob για προσδιορισμό των σταθερών ενός υδροφορέα (μεταβιβασιμότητας και αποθηκευτικότητας) από δεδομένα δοκιμαστικών αντλήσεων. Η εξίσωση του Theis έχει ήδη παρουσιαστεί και περιλαμβάνεται στις διδακτικές σημειώσεις σας. Η εξίσωση του Jacob είναι μια απλοποιημένη μορφή της εξίσωσης του Theis και παρουσιάζεται στο παρόν φυλλάδιο.

Αντικείμενα:

- Καθορίστε τα χαρακτηριστικά ενός υδροφορέα (μεταβιβασιμότητα και αποθηκευτικότητα)
- Αναλύστε την πτώση στάθμης ως συνάρτηση του χρόνου, χρησιμοποιώντας και τις μεθόδους των Theis και Jacob.
- Καθορίστε τα όρια και το εφαρμόσιμο της κάθε μεθόδου.
- Αναλύστε τα δεδομένα της πτώσης στάθμης από μερικές γεωτρήσεις παρατήρησης σε μια χρονική στιγμή, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Jacob.
- Αναγνωρίστε δεδομένα πτώσης στάθμης από περιορισμένους και ελεύθερους υδροφορείς.

Πληροφορία που πρέπει να ληφθεί υπόψη:

Η τιμή του συντελεστή αποθηκευτικότητας S σε περιορισμένους υδροφορείς είναι της τάξης του 0,005 ή λιγότερο.

Εξίσωση Jacob

Ο Jacob το 1950 παρουσίασε μια απλοποίηση της εξίσωσης του Theis για μη-σταθερές συνθήκες:

$$s = \frac{2,3 \cdot Q}{4 \cdot \pi \cdot T} \cdot \log \frac{2,25 \cdot T \cdot t}{r^2 \cdot S}$$

όπου: s : πτώση στάθμης

Q : ρυθμός άντλησης

T : συντελεστής μεταβιβασιμότητας

S : συντελεστής αποθηκευτικότητας

r : απόσταση από το πηγάδι άντλησης

t : χρόνος άντλησης.

Πότε μπορεί να εφαρμοστεί: Σε περιπτώσεις που στις παρατηρήσεις ο όρος u είναι $\leq 0,01$.

Ο όρος u ορίζεται ως εξής: $u = \frac{r^2 \cdot S}{4 \cdot T \cdot t} \leq 0,01$

Δηλαδή θεωρώντας ότι S και T είναι σταθερές, τότε το ανωτέρω ισχύει για μικρή τιμή του r (μικρή απόσταση από τη γεώτρηση) και /ή για μεγάλης χρονικής διάρκειας άντληση.

Η μέθοδος του Jacob μπορεί να δώσει λύσεις για τα T και S , χρησιμοποιώντας απλές γραφικές μεθόδους, που ανάλογα με τα δεδομένα τις κατατάσσουμε στις ακόλουθες περιπτώσεις:

1. Διάγραμμα με τις τιμές s και $\log t$ για ένα πηγάδι παρατήρησης, σε διάφορες χρονικές στιγμές
2. Διάγραμμα με τις τιμές s και $\log r$ για μερικά πηγάδια παρατήρησης, σε μία χρονική στιγμή
3. Διάγραμμα με τις τιμές s και $\log t/r^2$ για μερικά πηγάδια παρατήρησης, σε διάφορες χρονικές στιγμές.

Σε όλες τις ανωτέρω περιπτώσεις χρησιμοποιούμε ημιλογαριθμικό χαρτί (semi-log paper) ή λογαριθμική κλίμακα μόνο στον άξονα x .

1. Μέθοδος Jacob: s ως συνάρτηση του t ($s = f(t)$)

$$\Delta s = \frac{2,3 \cdot Q}{4\pi \cdot T} \log \frac{t_2}{t_1}$$

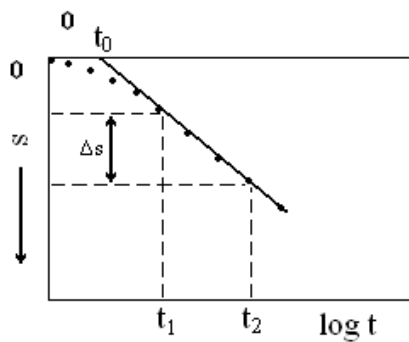
(α) Κάντε το διάγραμμα του s με το $\log t$

(β) Σχεδιάστε το ευθύγραμμο τμήμα που αναλογεί σε ένα λογαριθμικό κύκλο και επεκτείνετε μέχρι να συναντήσει τον άξονα όπου $s = 0$ (βλ. σχήμα που ακολουθεί) και προσδιορίστε το t_0 .

(γ) Επιλέξτε ένα λογαριθμικό κύκλο του t . Σε ένα λογαριθμικό κύκλο ισχύει

$$t_1 = t \text{ \& } t_2 = 10 \cdot t, \text{ επομένως } \log \frac{t_2}{t_1} = \log \frac{10 \cdot t}{t} = 1$$

(δ) Διαβάστε το Δs που αντιστοιχεί στον λογαριθμικό κύκλο

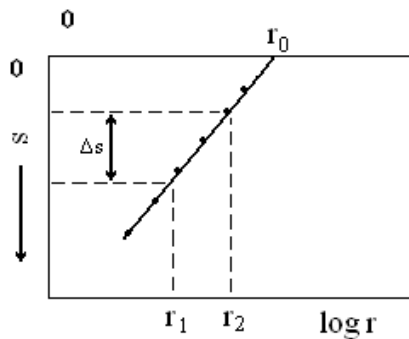


Προσδιορισμός του T : $T = \frac{2,3 \cdot Q}{4\pi \cdot \Delta s}$, Προσδιορισμός του S : $S = \frac{2,25 \cdot T \cdot t_0}{r^2}$

2. Μέθοδος Jacob: s ως συνάρτηση του r ($s=f(r)$)

(α) Κάντε το διάγραμμα του s με το $\log r$

(β) Σχεδιάστε το ευθύγραμμο τμήμα που αναλογεί σε ένα λογαριθμικό κύκλο και επεκτείνετε μέχρι να συναντήσει τον άξονα όπου $s = 0$ (βλ. σχήμα που ακολουθεί) και προσδιορίστε το r_0 .



(γ) Επιλέξτε ένα λογαριθμικό κύκλο του r . Σε ένα λογαριθμικό κύκλο ισχύει:

$$r_1 = r \text{ \& } r_2 = 10 \cdot r, \text{ επομένως } \log \frac{r_2}{r_1} = \log \frac{10 \cdot r}{r} = 1$$

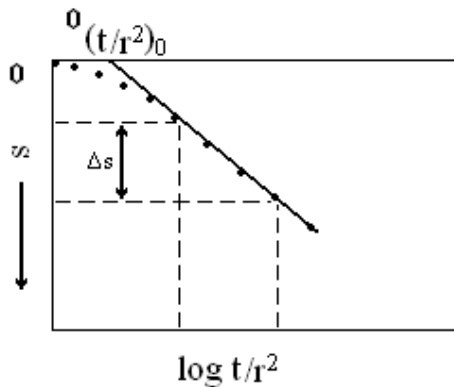
(δ) Διαβάστε το Δs που αντιστοιχεί στον λογαριθμικό κύκλο

Προσδιορισμός του T : $T = \frac{2,3 \cdot Q}{2\pi \cdot \Delta s}$ (το (-) δεν έχει φυσική σημασία και αγνοείται)

Προσδιορισμός του S : $S = \frac{2,25 \cdot T \cdot t}{r_0^2}$

3. Μέθοδος Jacob: s ως συνάρτηση του t/r^2 ($s, f(t/r^2)$)

Όμοια με παραπάνω σχεδιάστε το διάγραμμα με s και $\log t/r^2$



$$T = \frac{2,3 \cdot Q}{4\pi \cdot \Delta s} \quad S = 2,25 \cdot T \cdot \left(\frac{t}{r^2} \right)_0$$

Μέθοδος Jacob σε περίπτωση που είναι γνωστά τα T, S

Η μέθοδος του Jacob μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε περίπτωση που τα T και S είναι γνωστά και θέλουμε να υπολογίσουμε πτώσεις στάθμης σε μη σταθερές συνθήκες άντλησης σε διαφορετικές αποστάσεις από το πηγάδι άντλησης και διαφορετικές χρονικές στιγμές. Στην περίπτωση αυτή δεν απαιτείται η κατασκευή γραφικών παραστάσεων.

Ξεκινώντας από την εξίσωση του Theis και αν είμαστε σίγουροι ότι: $u = \frac{r^2 \cdot S}{4 \cdot T \cdot t} \leq 0,01$ (το οποίο

μπορεί να υπολογιστεί από τη στιγμή που τα T και S είναι γνωστά) μπορούμε να παραλείψουμε

κάποιους όρους της εξίσωσης οι οποίοι είναι πολύ μικροί για τόσο μικρό u . Επομένως προκύπτει: $W(u) = -0.5772 - \ln(u)$, το οποίο μπορεί να υπολογισθεί κατευθείαν για κάθε u .

Στη συνέχεια από τη σχέση $s = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot T} W(u)$ υπολογίζεται η πτώση στάθμης σε κάθε περίπτωση.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΔΟΚΙΜΕΣ ΣΕ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ

I. Ανάλυση δεδομένων από δοκιμές στον υδροφόρο με τις μεθόδους των Theis και Jacob.

Για να προσδιορισθεί η καταλληλότητα μιας περιοχής για την κατασκευή φράγματος, ανοίχτηκε πηγάδι προκειμένου να γίνουν δοκιμές άντλησης στον υποκείμενο υδροφόρο (μέσου πάχους 40 m) και να προσδιορισθούν οι παράμετροι του. Έγινε άντληση με ρυθμό 1500 m³/d ενώ ένα πηγάδι παρατήρησης χρησιμοποιήθηκε, 75 m μακριά, για καταγραφή της πτώσης της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα. Τα στοιχεία που ελήφθησαν φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Χρόνος (min)	Πτώση στάθμης (m)
1	0.075
2	0.33
3	0.6
4	0.84
5	1.05
7	1.41
10	1.8
20	2.7
40	3.75
100	5.1
300	6.5
1000	8.1
2000	9.05
4000	9.8

- Υπολογίστε τις σταθερές του υδροφόρου χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Theis.
 - T
 - S
- Υπολογίστε τις σταθερές του υδροφόρου χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Jacob.
 - T
 - S
- Είναι ο υδροφόρος περιορισμένος ή ελεύθερος;
- Ποια από τις δύο μεθόδους δίνει ακριβέστερα αποτελέσματα και γιατί;
- Κάτω από ποιες προϋποθέσεις δοκιμών θα έπρεπε οι δύο μέθοδοι να συμφωνούν αρκετά;
- Είναι η τοποθεσία του φράγματος διαπερατή;
- Θα προτείνατε την κατασκευή του φράγματος στην περιοχή αυτή; Τι άλλες πληροφορίες θα χρειαστείτε για να απαντήσετε πλήρως στην ερώτηση αυτή;

II. Ανάλυση δεδομένων από δοκιμές στον υδροφορέα με τη μέθοδο Jacob. Μερικά πηγάδια παρατήρησης σε μία χρονική στιγμή.

Ένα πηγάδι αντλεί με παροχή $(1000 + 10 \cdot \text{A.M. } 2) \text{ m}^3/\text{d}$ για διάστημα 7 ωρών. Η πτώση στάθμης που παρατηρήθηκε σε 3 πηγάδια παρατήρησης φαίνεται στον πίνακα.

Απόσταση (m)	Πτώση στάθμης (m)
75	4.2
150	3.4
400	2.3

1) Υπολογίστε τις σταθερές του υδροφορέα χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Jacob.

iii. T

iv. S

2) Είναι ο υδροφορέας περιορισμένος ή ελεύθερος;

3) Είναι η λύση αξιόπιστη;

III. Χρήση των αποτελεσμάτων της δοκιμής άντλησης σε υδροφορέα για τον προσδιορισμό υδραυλικών υψών νέας άντλησης με τη μέθοδο Jacob (χωρίς τη χρήση γραφικής παράστασης).

Πηγάδια παρατήρησης βρίσκονται σε απόσταση 50, 150, 250, 300 και 450 m ανατολικά από πηγάδι άντλησης, που έχει κατασκευαστεί σε περιορισμένο υδροφορέα. Το πηγάδι άντλησης αρχικά χρησιμοποιήθηκε για δοκιμή άντλησης και υπολογισμό των συντελεστών μεταβιβασιμότητας ($T=500 \text{ m}^2/\text{d}$) και αποθηκευτικότητας ($S=6 \cdot 10^{-6}$).

1) Μετά το πέρας αρκετού χρόνου ώστε να επιστρέψει ο υδροφορέας στη στάθμη ηρεμίας (50 m) ξεκινάει άντληση του πηγαδιού με $Q = (60 + 10 \cdot \text{A.M. } 1) \text{ m}^3/\text{h}$. Να υπολογιστεί το υδραυλικό ύψος στα πηγάδια παρατήρησης 6 ώρες μετά την έναρξη της άντλησης και να σχεδιαστεί η γραφική παράσταση του κώνου πτώσης στάθμης κατά μήκος του άξονα που συνδέει το πηγάδι άντλησης με τα πηγάδια παρατήρησης.

2) Εάν 350 m δυτικά από το πηγάδι άντλησης βρίσκεται ποταμός, θα επηρεάζεται ο κώνος πτώσης στάθμης του υδροφορέα; Εάν ναι, πως θα μπορούσατε να υπολογίσετε τις τιμές του υδραυλικού ύψους στις ίδιες αποστάσεις από τη δυτική πλευρά; Απαντήστε **θεωρητικά** χωρίς να κάνετε νέους υπολογισμούς.

Σημείωση: A.M. 1 είναι το τελευταίο ψηφίο του αριθμού μητρώου και A.M. 2 είναι τα 2 τελευταία ψηφία του αριθμού μητρώου.