



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος

Ροή Υπογείων Υδάτων και Μεταφορά Ρύπων

5^η Σειρά Φροντιστηριακών Ασκήσεων

1

Άσκηση 1

Στιγμαία διαρροή από μία σημειακή πηγή απελευθέρωσε 100 kg ρύπου σε έναν υδροφορέα.

Η ταχύτητα διήθησης στην κατεύθυνση x είναι 0,1 m/day.

Ο συντελεστής διαμήκους υδροδυναμικής διασποράς είναι $D_x = 0,01 \text{ m}^2/\text{day}$, οι συντελεστές εγκάρσιας και κατακόρυφης υδροδυναμικής διασποράς είναι $D_y = D_z = 0,001 \text{ m}^2/\text{day}$. Να υπολογιστούν:

α. Η μέγιστη συγκέντρωση του ρύπου σε χρόνο $t = 5 \text{ yr}$.

β. Η συγκέντρωση του ρύπου στο σημείο $x = 200 \text{ m}$, $y = 5 \text{ m}$, $z = 2 \text{ m}$ και σε χρόνο $t = 5 \text{ yr}$.

Δεδομένα

$M = 100 \text{ kg}$

$u_x = 0.1 \text{ m/d}$

$D_x = 0.01 \text{ m}^2/\text{d}$

$D_y = D_z = 0.001 \text{ m}^2/\text{d}$

$t = 5 \text{ yr}$

Ζητούμενα

a) $C_{\max} = ?$; για $x = 100 \text{ m}$, $t = 5 \text{ yr}$

b) $C = ?$; για $x = 200 \text{ m}$, $y = 5 \text{ m}$, $z = 2 \text{ m}$, $t = 5 \text{ yr}$

2

Άσκηση 1 - Λύση

Τρισδιάστατη στιγμιαία έκχυση διαλυμένης ουσίας

α) Το κέντρο της ζώνης του ρύπου έχει μετακινηθεί μετά από πέντε χρόνια κατά:

$$x = u_s t = 0,1(m/d) \cdot 5 \cdot 365d = 182.5m \quad y = 0 \quad z = 0$$

Η μέγιστη συγκέντρωση θα υπολογιστεί σε αυτό το σημείο από την πηγή. Στο κέντρο της ρυπογόνου μάζας έχουμε:

$$C(x, y, z, t) = \frac{M}{8(\pi t)^{3/2} \sqrt{D_x D_y D_z}} \exp \left[\frac{-(x - u_x t)^2}{4tD_x} - \frac{y^2}{4tD_y} - \frac{z^2}{4tD_z} \right]$$

$$C(x, y, z, t) = \frac{M}{8(\pi t)^{3/2} \sqrt{D_x D_y D_z}} = \frac{100}{8(\pi \cdot 5 \cdot 365)^{3/2} \sqrt{0.01 \cdot 0.001 \cdot 0.001}}$$

$$C(x, y, z, t) = 0.288 kg/m^3$$

12 Μαΐου 2020

5η Σειρά Φροντιστηριακών Ασκήσεων

3

3

Άσκηση 1 - Λύση

b) $x = 200 \text{ m}$, $y = 5 \text{ m}$, $z = 2 \text{ m}$, $t = 5 \text{ yr}$

$$C(x, y, z, t) = \frac{M}{8(\pi t)^{3/2} \sqrt{D_x D_y D_z}} \exp \left[\frac{-(x - u_x t)^2}{4tD_x} - \frac{y^2}{4tD_y} - \frac{z^2}{4tD_z} \right]$$

$$C(x, y, z, t) = 0.288 \exp \left[\frac{-(200 - 0.1 \cdot 5 \cdot 365)^2}{4 \cdot 5 \cdot 365 \cdot 0.01} - \frac{5^2}{4 \cdot 5 \cdot 365 \cdot 0.001} - \frac{2^2}{4 \cdot 5 \cdot 365 \cdot 0.001} \right]$$

$$C(x, y, z, t) = 0.288 \exp[-4.19 - 3.42 - 0.54] = 0.288 \cdot 0.000284$$

$$C(x, y, z, t) = 8.2 \times 10^{-5} kg/m^3$$

12 Μαΐου 2020

5η Σειρά Φροντιστηριακών Ασκήσεων

4

4

Άσκηση 2

Συνεχής πηγή ρύπανσης διοχετεύει σε έναν υδροφορέα νερό με συγκέντρωση βενζίνης 100 mg/L. Η ταχύτητα διήθησης στην κατεύθυνση x είναι 3 m/d. Η διαμήκης υδροδυναμική διασπορά είναι $a_L = 1$ m.

α. Χρησιμοποιώντας τα παρακάτω χαρακτηριστικά του υδροφορέα υπολογίστε το συντελεστή επιβράδυνσης R της βενζίνης στον υδροφορέα.

Πυκνότητα $B_d = 1,8$ g/cm³, πορώδες $n = 0,3$, κλάσμα οργανικού άνθρακα $f_{oc} = 1\%$ και ο συντελεστής κατανομής K_{oc} για τη βενζίνη είναι 55,5 L/kg.

β. Ποια είναι η συγκέντρωση της βενζίνης στο σημείο $x = 200$ m μετά από 300 μέρες;

γ. Σε πόσο χρόνο θα εμφανιζόταν η ίδια συγκέντρωση βενζίνης στο ίδιο σημείο εάν δεν υπήρχε επιβράδυνση;

Δεδομένα

$$C_o = 100 \text{ mg/l}$$

$$u_x = 3 \text{ m/d}$$

$$a_L = 1 \text{ m}$$

$$B_d = 1.8 \text{ gr/cm}^3$$

$$N = 0.3$$

$$f_{oc} = 1\%$$

$$K_{oc} = 55.5 \text{ L/Kg}$$

Ζητούμενα

$$\alpha) R = ;$$

$$\beta) C = ;$$

$$x = 200 \text{ m}, t = 300 \text{ d}$$

$$\gamma) C = ;$$

$$x = 200 \text{ m}, t = 300 \text{ d} \text{ χωρίς } R$$

12 Μαΐου 2020

5η Σειρά Φροντιστηριακών Ασκήσεων

5

5

Άσκηση 2 - Λύση

Μονοδιάστατη συνεχής έκχυση διαλυμένης ουσίας

α)

$$R = 1 + \frac{B_d}{n} K_d$$

$$K_d = K_{oc} f_{oc} = 55.5 \cdot 0.01 = 0.555 \text{ L/Kg}$$

$$R = 1 + \frac{B_d}{n} K_d = 1 + \frac{\frac{1.8 \text{ kg}}{\text{L}}}{0.3} 0.555 \text{ L/Kg}$$

$$R = 4.33$$

12 Μαΐου 2020

5η Σειρά Φροντιστηριακών Ασκήσεων

6

6

Άσκηση 2 - Λύση

β)

$$C = \frac{C_0}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{x - u_x t/R}{2\sqrt{D_L t/R}}\right) + \exp\left(\frac{u_x x}{D_L}\right) \operatorname{erfc}\left(\frac{x + u_x t/R}{2\sqrt{D_L t/R}}\right)$$

$$D_L = a_L u_x = 1 \cdot 3 = 3 \text{ m}^2/\text{d}$$

$$Pe = \frac{u_x x}{D_L} = \frac{3 \cdot 200}{32} = 200 > 10$$

$$C = \frac{C_0}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{x - u_s t/R}{2\sqrt{D_L t/R}}\right) = \frac{100}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{200 - 3 \cdot 300/4.33}{2\sqrt{3 \cdot 300/4.33}}\right)$$

$$C = 65 \text{ mg/L}$$

12 Μαΐου 2020

5η Σειρά Φροντιστηριακών Ασκήσεων

7

7

Άσκηση 2 - Λύση

γ)

$$\frac{2C}{C_0} = \operatorname{erfc}\left(\frac{x - u_s t/R}{2\sqrt{D_L t/R}}\right) \Rightarrow \frac{2 \cdot 65}{100} = \operatorname{erfc}\left(\frac{200 - 3t}{2\sqrt{3t}}\right) \Rightarrow$$

$$1.3 = \operatorname{erfc}\left(\frac{200 - 3t}{2\sqrt{3t}}\right)$$

$$\frac{200 - 3t}{2\sqrt{3t}} = -0.27 \Rightarrow$$

με trial and error

$$t \approx 69.3 \text{ d}$$

12 Μαΐου 2020

5η Σειρά Φροντιστηριακών Ασκήσεων

8

8