

Ρεύμα $1 \text{ m}^3/\text{s}$ φορτίου BOD 100 mg/L εισέρχεται σε σημείο $x=0$ ποταμού με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Μέση ταχύτητα, $u = 0.3 \text{ m/s}$

Πλάτος κοίτης, $\Pi = 19.05 \text{ m}$

Μέσο βάθος, $B = 1.05 \text{ m}$

Να ευρεθεί η κρίσιμη απόσταση σε km, το κρίσιμο έλλειμμα οξυγόνου καθώς και η τιμή του BOD στο σημείο της κρίσιμης απόστασης.

Η τιμή του k_d , δίνεται ίση προς 0.4 day^{-1} ενώ για τη σταθερή επαναερίωσης να χρησιμοποιήσετε τον τύπο Ο' Connor-Dobbins

$$k_a = 12.9 u^{0.5} / B^{1.5}$$

όπου η ταχύτητα εκφράζεται σε ft/s και το βάθος σε ft.

Το ποτάμι δεν παρουσιάζει ρύπανση πριν την είσοδο του ρυπαντικού ρεύματος και το αρχικό έλλειμμα οξυγόνου είναι μηδέν.

Δίνεται $W_{\text{waste}} = 1 \text{ m}^3/\text{h}$ και η ογκομετρική παροχή του ποταμού η οποία υπολογίζεται από τα χαρακτηριστικά του, ($u = 0.3 \text{ m/s}$, $\Pi = 19.05 \text{ m}$ και $B = 1.05 \text{ m}$), δηλαδή

$$W_{\text{river}} = u \cdot \Pi \cdot B = 0.3 \text{ m/s} \cdot 19.05 \text{ m} \cdot 1.05 \text{ m} = 6.00075 \approx 6 \text{ m}^3/\text{s}$$

Επομένως η συνολική παροχή είναι: $W_{\text{total}} = W_{\text{waste}} + W_{\text{river}} = 1 + 6 = 7 \text{ m}^3/\text{s}$

Η συνολική ρυπαντική συγκέντρωση L_0 προκύπτει από ισοζύγιο μάζας για το ρυπαντικό φορτίο στη θέση $x=0$:

$$W_{\text{waste}} \cdot \text{BOD} = W_{\text{total}} \cdot L_0 \Rightarrow L_0 = W_{\text{waste}} \cdot \text{BOD} / W_{\text{total}} \Rightarrow L_0 = \frac{1 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 100 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{7 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} = 14.28 \text{ mg/L}$$

Το αρχικό έλλειμμα του οξυγόνου είναι μηδέν, $D_0 = 0 \text{ mg/l}$ και επομένως μπορούμε να υπολογίσουμε την κρίσιμη απόσταση x_c απλοποιώντας την εξίσωση 3-25 (σελ. 211) ως εξής:

$$x_c = \frac{u}{k_a - k_d} \ln \frac{k_a}{k_d}$$

Το $k_d = 0.4 \text{ day}^{-1}$ ενώ τον ρυθμό επαναερίωσης τον υπολογίζουμε από τη σχέση Ο' Connor-Dobbins:

$$k_a = 12.9 \frac{u^{0.5}}{B^{1.5}} = 12.9 \frac{\left(0.3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 3.28084 \frac{\text{ft}}{\text{m}}\right)^{0.5}}{\left(1.05 \text{ m} \cdot 3.28084 \frac{\text{ft}}{\text{m}}\right)^{1.5}} = 2.0017 \text{ day}^{-1} \Rightarrow k_a \approx 2 \text{ day}^{-1}$$

Οπότε

$$x_c = \frac{u}{k_a - k_d} \ln \left(\frac{k_a}{k_d} \right) \Rightarrow x_c = \frac{0.3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 86400 \frac{\text{s}}{\text{day}}}{(2 - 0.4) \frac{1}{\text{day}}} \ln \left(\frac{2}{0.4} \right) = 26073 \text{ m} \Rightarrow x_c = 26 \text{ km}$$

Το κρίσιμο έλλειμμα οξυγόνου προκύπτει από την εξίσωση 3-24 (σελ. 211)

$$D_c = \frac{k_d L_0}{k_a} \exp \left(- \frac{k_d x_c}{u} \right) \Rightarrow D_c = \frac{0.4 \frac{1}{\text{day}} \cdot 14.28 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{2 \frac{1}{\text{day}}} \exp \left(- \frac{0.4 \frac{1}{\text{day}} \cdot 26000 \text{ m}}{0.3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 86400 \frac{\text{s}}{\text{day}}} \right) \Rightarrow D_c = 1.9 \text{ mg/L}$$

Η τιμή του BOD στο σημείο της κρίσιμης απόστασης προκύπτει από την 3-17 (σελ. 209) για $dD/dx=0$, δηλαδή

$$0 = k_d L_c - k_a D_c \Rightarrow L_c = \frac{k_a D_c}{k_d} \Rightarrow L_c = \frac{2 \frac{1}{\text{day}} \cdot 1.9 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{0.4 \frac{1}{\text{day}}} \Rightarrow L_c = 9.5 \text{ mg/L}$$