



Μηχανική Περιβάλλοντος

Ενότητα 7: ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Δρ. Ελένη Γκριλλα
Μηχανικός Περιβάλλοντος

e-mail. elen.grilla@gmail.com

Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό – Άσκηση

1. Μονάδα επεξεργασίας υγρών αστικών αποβλήτων απορρίπτει επεξεργασμένα λύματα με παροχή $1.1 \text{ m}^3/\text{s}$ σε χείμαρρο. Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στα απόβλητα είναι 2 mg/l .

Η παροχή του ποταμού που δέχεται τα απόβλητα είναι $8.7 \text{ m}^3/\text{s}$, ενώ η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου σε αυτό 8.3 mg/l .

Υποθέτοντας πλήρη μίξη να εκτιμηθεί το **έλλειμμα οξυγόνου** στο μίγμα αποβλήτων και ποταμού κατάντη του σημείου απόρριψης των λυμάτων.

Δίνεται θερμοκρασία ποταμού και λυμάτων ίση με $20 \text{ }^\circ\text{C}$ και η συγκέντρωση κορεσμού για το διαλυμένο οξυγόνο ίση με 9.1 mg/L .

$$DO = DO_s - D$$

Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό – Άσκηση

2. Μονάδα επεξεργασίας υγρών αστικών αποβλήτων απορρίπτει επεξεργασμένα λύματα συγκέντρωσης 50 mg/l ως BOD και παροχής $1.1 \text{ m}^3/\text{s}$ σε χειμάρρο.

Η παροχή του χειμάρρου και η συγκέντρωση του BOD ανάντη του σημείου εκβολής είναι $8.7 \text{ m}^3/\text{s}$ και 6 mg/l , αντίστοιχα.

Θεωρώντας ότι πραγματοποιείται πλήρης και άμεση μίξη νερού και λυμάτων (δεν υπάρχει μετατροπή του ρύπου) να υπολογιστεί η **συγκέντρωση του BOD στο σημείο εκβολής**.

Αν η ταχύτητα του χειμάρρου είναι σταθερή και ίση με 0.3 m/s να υπολογιστεί το **υπολειμματικό BOD** σε μία απόσταση 3000 m από το σημείο εκβολής των λυμάτων.

Να θεωρηθεί ότι η σταθερά αποξυγόνωσης k , ισούται με $0,2 \text{ d}^{-1}$.

$$L_t = L_0 e^{-kt} \quad t = s/u$$

Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό – Άσκηση

3. Μονάδα παραγωγής γαλακτοκομικών προϊόντων διαθέτει τα επεξεργασμένα λύματα της σε παρακείμενο ποταμό. Ακριβώς μετά το σημείο ρίψης των αποβλήτων, μετρώνται συγκεντρώσεις BOD και διαλυμένου οξυγόνου 10.9 και 7.6 mg/l, αντίστοιχα.

Θεωρείστε ότι η θερμοκρασία των αποβλήτων και του ποταμού είναι 20 °C, και η συγκέντρωση κορεσμού για το διαλυμένο οξυγόνο ίση με 9.1 mg/L, η σταθερά αποξυγόνωσης k_d ίση με 0.2/day, η μέση ταχύτητα του ποταμού 0.3 m/s και το μέσο βάθος του 3 m.

- Να υπολογιστεί ο **χρόνος** και η **απόσταση** που παρατηρείται το μέγιστο έλλειμμα οξυγόνου.
- Να βρεθεί η **συγκέντρωση του DO** στο συγκεκριμένο σημείο.

$$k_r = \frac{(3,9 \times u^{1/2})}{H^{3/2}}$$

$$t_c = \frac{1}{k_r - k_d} \ln \left\{ \frac{k_r}{k_d} \left[1 - \frac{D_0(k_r - k_d)}{k_d L_0} \right] \right\} \quad D = \frac{(k_d \times L_0) \times (e^{-k_d t} - e^{-k_r t})}{(k_r - k_d)} + D_0 e^{-k_r t}$$

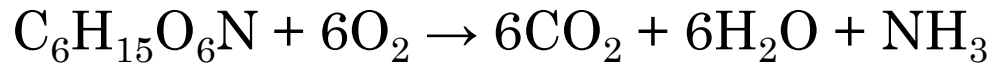
Διάθεση Λυμάτων σε Λίμνη

4. Σε λίμνη που περιοριστικός παράγοντας είναι ο φώσφορος, καταλήγει χείμαρρος με παροχή $15 \text{ m}^3/\text{s}$ και συγκέντρωση φωσφόρου 0.010 mg/l . Επιπλέον, σε αυτή ρίχνονται τα επεξεργασμένα λύματα μονάδας επεξεργασίας αστικών αποβλήτων με παροχή $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ και συγκέντρωση φωσφόρου 2 mg/l . Εντός της λίμνης, μέρος του φωσφόρου καθιζάνει με ταχύτητα καθίζησης ίση με 10 m/έτος .

- Θεωρώντας ότι το εμβαδόν επιφάνειας της λίμνης ισούται με $80 \times 10^6 \text{ m}^2$ και ότι από τη λίμνη εκβάλλει χείμαρρος με παροχή ίση με το άθροισμα των εισερχόμενων παροχών ($15.5 \text{ m}^3/\text{s}$), **να υπολογιστεί η συγκέντρωση του φωσφόρου στη λίμνη.**
- Αν η αποδεκτή συγκέντρωση του φωσφόρου στη λίμνη είναι 0.010 mg/l , να διερευνηθεί αν **εκπληρώνεται ο συγκεκριμένος ποιοτικός στόχος** και σε αρνητική περίπτωση **να υπολογιστεί η απαιτούμενη συγκέντρωση του φωσφόρου στα λύματα**, ώστε να πραγματοποιηθεί αυτός ο στόχος.

Διάθεση Λυμάτων σε Λίμνη

5. Λίμνη περιέχει άλγη που αναπαρίστανται από την χημική ένωση $C_6H_{15}O_6N$ σε συγκέντρωση 10 mg/l. Χρησιμοποιώντας τις παρακάτω αντιδράσεις:



- A) Να υπολογιστεί η **θεωρητική ανθρακογενής απαίτηση σε οξυγόνο**.
- B) Να υπολογιστεί η **θεωρητική ολική** (ανθρακογενής και νιτρογενής) **απαίτηση σε οξυγόνο**.

Άσκηση 1

Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στο βυθό της λίμνης των υψών υπολογίζεται με τη βοήθεια της εξίσωσης :

$$C_1 Q_1 + C_2 Q_2 = C_{\text{τελ}} \cdot Q_{\text{τελ}}$$

$$\Rightarrow (2 \text{ mg/L} \times 1.1 \text{ m}^3/\text{s}) + (8.3 \text{ mg/L} \times 8.7 \text{ m}^3/\text{s}) = C_{\text{τελ}} \times 9.8 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Rightarrow C_{\text{τελ}} = \text{DO} = 7.6 \text{ mg/L}$$

Δεδομένου ότι για τη θερμοκρασία των 20°C η συγκέντρωση κορεσμού του διαλυμένου οξυγόνου είναι 9.1 mg/L

Το ελλείμμα οξυγόνου, D είναι :

$$D = \text{DO}_s - \text{DO} = 9.1 \text{ mg/L} - 7.6 \text{ mg/L} = 1.5 \text{ mg/L}$$

Άσκηση 2

A) Το BOD στο βυθό εκβολής υπολογίζεται με τη βοήθεια της παρακάτω εξίσωσης :

$$C_1 Q_1 + C_2 Q_2 = C_{\text{τελ}} \cdot Q_{\text{τελ}}$$

$$\Rightarrow (50 \text{ mg/L}) \cdot (1.1 \text{ m}^3/\text{s}) + (6 \text{ mg/L}) \cdot (8.7 \text{ m}^3/\text{s}) = C_{\text{τελ}} \cdot 9.8 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Rightarrow C_{\text{τελ}} = 10.9 \text{ mg/L}$$

B) Δεδομένου ότι η ταχύτητα του χερσαίου είναι 0.3 m/s, η απόσταση των 3000 m θα καλυφθεί σε χρόνο ίσο με :

$$t = \frac{s}{u} = \frac{3000 \text{ m}}{0.3 \text{ m/s}} = 10000 \text{ s} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \cdot \frac{1 \text{ d}}{24 \text{ h}} = 0.116 \text{ d}$$

Το υπολείμματικό BOD για $t = 0.116 \text{ d}$ υπολογίζεται από την εξίσωση: (2)

$$\begin{aligned} \text{BOD}_t &= \text{BOD}_L \cdot e^{-kt} \\ &= 10.9 \text{ mg/L} \cdot e^{-0.2 \text{ 1/d} \cdot 0.116 \text{ d}} \\ &= 10.65 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Άσκηση 3

Στους 20°C η συγκέντρωση οξυγόνου του διαλυμένου οξυγόνου είναι 9.1 mg/L , έτσι το αρχικό έλλειμμα, D_0 είναι:

$$D_0 = DO_s - DO = 9.1 - 7.6 = 1.5 \text{ mg/L}$$

Για τον υπολογισμό της σταθεράς επαναερίσθου χρησιμοποιείται η εξίσωση:

$$k_r = \frac{3.9 \times u^{1/2}}{H^{3/2}} = \frac{3.9 \times 0.3^{1/2}}{3^{3/2}} = 0.41 \text{ 1/d}$$

A) Για τον υπολογισμό του χρόνου που παρατηρείται το μέγιστο έλλειμμα οξυγόνου (υπρίτιο οξυγόνο), χρησιμοποιούμε την εξίσωση:

$$t_c = \frac{1}{k_r - k_d} \ln \left\{ \frac{k_r}{k_d} \left[1 - \frac{D_0(k_r - k_d)}{k_d \cdot L_0} \right] \right\}$$

$$\Rightarrow t_c = \frac{1}{0.41 - 0.2} \ln \left\{ \frac{0.41}{0.2} \left[1 - \frac{1.5(0.41 - 0.2)}{0.2 \times 10.9} \right] \right\} = 2.67 \text{ d}$$

Η κρίσιμη απόσταση υπολογίζεται με τη βοήθεια της εξίσωσης

$$x = u \times t = 0.3 \text{ m/s} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \times \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ d}} \times 2.67 \text{ d} = 69.3 \text{ km}$$

B) Η συγκέντρωση του DO στο κριτήριο σημείο βρίσκεται (3)
με τη βοήθεια δύο εξισώσεων:

$$\text{Εξίσωση DO} : D = \frac{(k_d \times L_0) \times (e^{-k_d t} - e^{-k_r t})}{k_r - k_d} + D_0 e^{-k_r t}$$

$$\text{και } DO = DO_s - D$$

$$\text{Άρα, } DO = DO_s - \left[\frac{(k_d \times L_0) \times (e^{-k_d t} - e^{-k_r t})}{k_r - k_d} + D_0 e^{-k_r t} \right]$$

$$\Rightarrow DO = 9.1 - \left[\frac{(0.2 \times 10.9) \times (e^{-0.2 \cdot 2.67} - e^{-0.41 \cdot 2.67})}{0.41 - 0.2} + 1.5 \cdot e^{-0.41 \cdot 2.67} \right]$$

$$\Rightarrow DO = 6 \text{ mg/L}$$

Άσκηση 4

Υπολογίζονται το ισοζύγιο μάζας για τον φωσφόρο στη λίμνη, έχουμε:

$$(Q_r \cdot C_r) + (Q_w \cdot C_w) = (Q \cdot C) + (u \cdot A \cdot C)$$

$$\text{Είσοδος} = \text{Εξόδος} + \text{καθίζηση}$$

Q_r, C_r : παροχή χειμάρρου και συγκέντρωση φωσφόρου.

Q_w, C_w : παροχή υδάτων και συγκέντρωση φωσφόρου.

u : ταχύτητα καθίζησης

A : επιφάνεια λίμνης.

C : συγκέντρωση φωσφόρου στη λίμνη.

Q : παροχή βεν εξόδου.

Αρχικά, μετατρέπουμε την ταχύτητα καθίζησης από m/έτος σε m/s:

$$u = \frac{10 \text{ m}}{\text{έτος}} \cdot \frac{1 \text{ έτος}}{365 \text{ d}} \cdot \frac{1 \text{ d}}{24 \text{ h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 3.17 \times 10^{-7} \text{ m/s}$$

Αντικαθιστώντας τις τιμές, προκύπτει:

$$(15 \frac{m^3}{s} \times 0.01 \frac{mg}{L}) + (0.5 \frac{m^3}{s} \times 2 \frac{mg}{L}) = (15,5 \frac{m^3}{s} \times C) + (3.17 \times 10^{-7} \frac{m}{s} \times 80 \times 10^6 \frac{m^2}{s} \times C)$$

$$\Rightarrow C = 0.028 \frac{mg}{L}$$

Η συγκέντρωση του φωσφόρου στα λιμνία ισούται με 0.028 mg/L δεν εκπληρώνεται ο ποσοτικός στόχος των 0.01 mg/L.

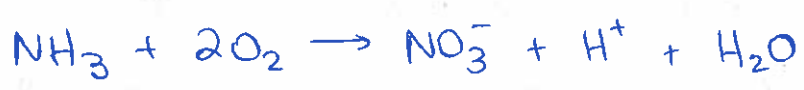
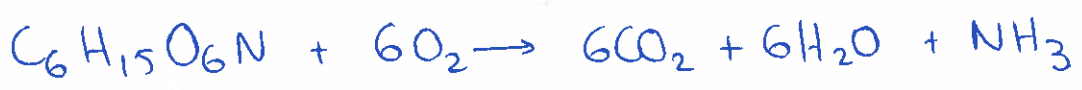
Για την επίτευξη του συγκεκριμένου στόχου, θα πρέπει η συγκέντρωση του φωσφόρου στα επεξεργασμένα λύματα να είναι:

$$(15 \frac{m^3}{s}) \times (0.01 \frac{mg}{L}) + (0.5 \frac{m^3}{s}) \times C_w = (15,5 \frac{m^3}{s}) \times (0.01 \frac{mg}{L}) + (3.17 \times 10^{-7} \times 80 \times 10^6 \times 0.01 \frac{m}{s})$$

$$\Rightarrow C_w = 0.52 \frac{mg}{L}$$

Ασκηση 5

Οι αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα είναι:



A) Ανδρακογενής οξείδωση:



n = 1 mol 6 mol

Mr = (6x12 + 15x1 + 6x16 + 14) = 197 g/mol 2x16 = 32 g/mol

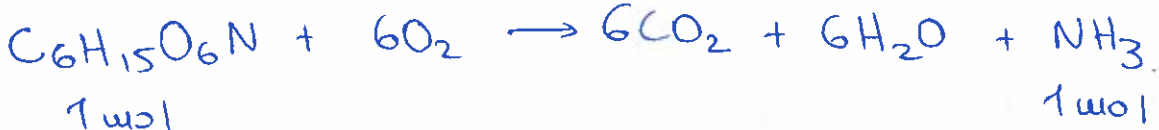
m = 1 x 197 = 197 g 6 x 32 = 192 g } $\Rightarrow x = \frac{10 \times 192}{197} = 9,75 \frac{mg}{L}$

10 mg/L x;

B) Νιτροποίηση:



Υπολογίζω πρώτα τη συγκέντρωση της NH_3 που παράγεται κατά την πρώτη αντίδραση, σύμφωνα:



$n = 1 \text{ mol}$	1 mol
$M_r = 197 \text{ g/mol}$	$14 + 3 \times 1 = 17 \text{ g/mol}$
$m = 1 \times 197 = 197 \text{ g}$	$1 \times 17 = 17 \text{ g}$
10 mg/L	x

$$x = \frac{10 \times 17}{197} = 0.86 \text{ mg/L NH}_3$$

Άρα, επιστρέφοντας στην αντίδραση της νιτροποίησης, υπολογίζω την νιτρογενή απαίτηση σε οξυγόνο:



$n = 1 \text{ mol}$	2 mol	} $\Rightarrow \gamma = \frac{0.86 \times 64}{17} = 3.24 \text{ mg/L}$
$M_r = 17 \text{ g/mol}$	$2 \times 16 = 32 \text{ g/mol}$	
$m = 1 \times 17 = 17 \text{ g}$	$2 \times 32 = 64 \text{ g}$	
$0.86 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$	γ	

Άρα, αναερόβια απαίτηση = 9.75 mg/L

νιτρογενής απαίτηση = 3.24 mg/L

Θεωρητική βιοαποικοδόμησιμη απαίτηση σε οξυγόνο = 12.99 mg/L