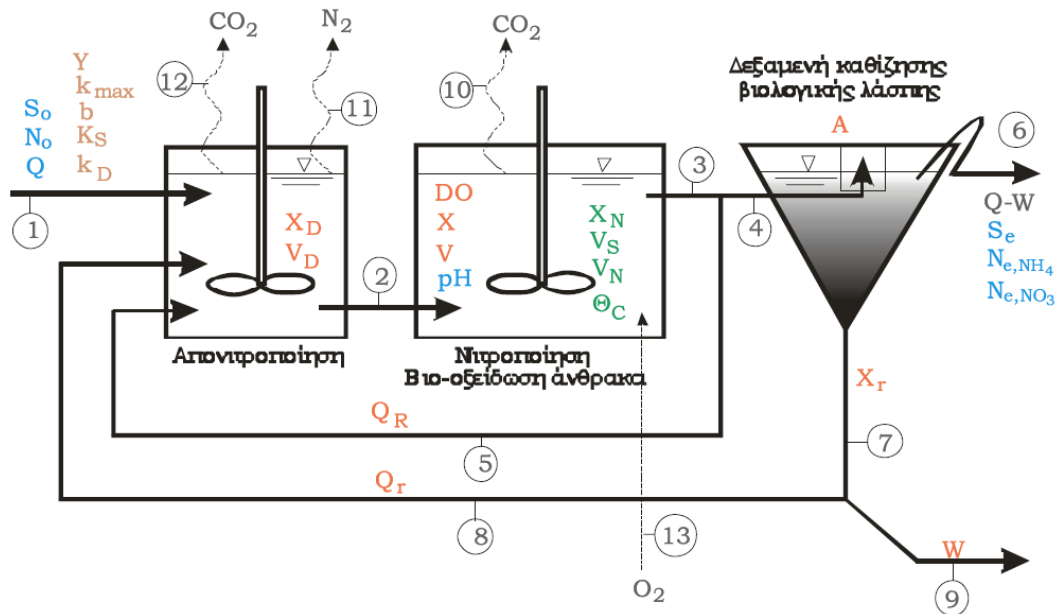


## Απομάκρυνση οργανικού άνθρακα και αζώτου



- Δεδομένα σχεδιασμού
- Παράμετροι σχεδιασμού
- Ενδιάμεσοι παράμετροι σχεδιασμού
- Κινητικά δεδομένα σχεδιασμού

# ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

Σχεδιάστε έναν βιολογικό καθαρισμό (προσδιορισμός των  $\Theta_C$ ,  $X$ ,  $V$ ,  $\Theta$ ,  $V_D$ ,  $Q_r$ ,  $Q_R$ ,  $W$ ,  $X_r$ ,  $A$ ) με τις ακόλουθες προδιαγραφές και απαιτήσεις:

Επίσης δίδεται ότι ο μοριακός τύπος των βακτηρίων (αυτότροφων και ετερότροφων) είναι  $C_5H_7O_2NP_{0.2}$

## Χαρακτηριστικά υγρού αποβλήτου

Παροχή αποβλήτου	$Q=$	100	$m^3/d$
Συγκέντρωση BOC	$S_o=$	1500	$mg/l$
Συγκέντρωση TKN	$N_o=$	85	$mg/l$
Συγκέντρωση Φωσφόρου	$P_o=$	10	$mg/l$

## Σταθερές κινητικής οξείδωσης BOC

Συντελεστής παραγωγής κυτταρικής μάζας	$Y_c=$	0,6	
Ρυθμός οξείδωσης	$k_{maxc}=$	3,5	$d^{-1}$
Σταθερά κορεσμού	$K_{sc}=$	120	$mg/l$
Συντελεστής θανάτου	$b_c=$	0,3	$d^{-1}$

## Σταθερές κινητικής οξείδωσης TKN

Συντελεστής παραγωγής κυτταρικής μάζας	$Y_N=$	0,18	
Ρυθμός νιτροποίησης	$k_{maxN}=$	2,4	$d^{-1}$
Σταθερά κορεσμού	$K_{sN}=$	1	$mg/l$
Συντελεστής θανάτου	$b_N=$	0,142	$d^{-1}$
Σταθερά κορεσμού οξυγόνου	$K_{DO}=$	1	$mg/l$

## Σταθερές κινητικής Απονιτροποίησης

ρυθμός απονιτροποίησης	$K_D=$	0,072	$d^{-1}$
------------------------	--------	-------	----------

## Συνθήκες λειτουργίας βιολογικού καθαρισμού

Συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου	$DO=$	2	$mg/l$
pH στη δεξαμενή αερισμού	$pH=$	7,5	

## Απαιτήσεις επεξεργασίας

Συγκέντρωση BOC	$S_e=$	40	$mg/l$
Συγκέντρωση αμμωνιακού αζώτου	$N_{eNH_4}=$	7	$mg/l$
Συγκέντρωση νιτρικού αζώτου	$N_{eNO_3}=$	5	$mg/l$

## ΠΟΡΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

### Βήμα 1. Υπολογισμός του $\Theta_{cc}$

1. Με βάση τον οργανικό άνθρακα υπολογίζεται το  $\Theta_{cc}$   
υπολογίζεται το  $\lim \Theta_{cc}$

$$\text{Ηλικία λάσπης: } \frac{1}{\Theta_{cc}} = \frac{Y_c \cdot k_{\max C} \cdot S_e}{K_{sc} + S_e} - b$$

$$\Theta_{cc} = 4.5 \text{ days}$$

$$\text{Οριακή ηλικία λάσπης: } \lim \Theta_{cc} = \frac{1}{Y_c \cdot k_{\max C} - b_c}$$

$$\lim \Theta_{cc} = 0.56 \text{ days}$$

2. Με βάση το οργανικό άζωτο υπολογίζονται τα  $f_{pH}$  και  $f_{DO}$   
υπολογίζεται το  $\Theta_{CN}$

$$f_{pH} = -2.2 + 0.395 \cdot pH$$

$$f_{DO} = DO / (K_{DO} + DO)$$

$$f_{pH} = 0.76 \text{ και } f_{DO} = 0.67$$

$$\text{Ηλικία λάσπης: } \frac{1}{\Theta_{CN}} = \frac{Y_N \cdot k_{\max N} \cdot f_{pH} \cdot f_{DO} \cdot N_{e, NH4}}{K_{SN} + N_{e, NH4}} - b$$

$$\Theta_{CN} = 19.94 \text{ days}$$

## ΠΟΡΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

### Βήμα 1. Υπολογισμός του $\Theta_{Cd}$

3. Λαμβάνεται σαν  $\Theta_{Cd}$  το μεγαλύτερο μεταξύ των τιμών  $\Theta_{Cc}$ ,  $5\lim\Theta_{Cc}$  και  $\Theta_{Cn}$

$$\Theta_{Cd} = 19.94 = 20 \text{ days}$$

4. Επαναπροσδιορίζονται τα  $S_e$  και  $N_{e,NH4}$  χρησιμοποιώντας τις σχέσεις:

$$\text{Συγκέντρωση εξαγωγής: } S_e = \frac{K_{Sc} \cdot (1 + b_c \cdot \Theta_{Cc})}{\Theta_{Cc} \cdot (Y_c \cdot k_{maxC} - b_c) - 1}$$

$$S_e = 24 \text{ mg/l και } N_{e,NH4} = 7 \text{ mg/l}$$

$$\text{Συγκέντρωση εξαγωγής: } N_{e,NH4} = \frac{K_{SN} \cdot (1 + b_N \cdot \Theta_{Cn})}{\Theta_{Cn} \cdot (Y_N \cdot k_{maxN} \cdot f_{pH} \cdot f_{DO} - b_N) - 1}$$

## ΠΟΡΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

### Βήμα 2. Υπολογισμός των $X_c$ και $r$

Από το  $\Theta_{cd}$  και τους περιορισμούς του παρακάτω εμπειρικού πίνακα λαμβάνουμε μία αυθαίρετη τιμή για το  $X_c$  καθώς και το  $r$ .

Τύπος διεργασίας	$\Theta_{cd}$ , days	$X_c$ , mg/l	$r$
Modified aeration	0,2 - 0,5	200 - 500	0,05 - 0,15
High rate aeration	0,5 - 5	4000 - 10000	1,0 - 5,0
Conventional	5 - 15	$X_c = 3500$ mg/l	0,25 - 0,5
Extended aeration	15 - 30	3000 - 6000	0,75 - 1,5

Επομένως η παροχή  $Q_r$  υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$Q_r = r \cdot Q \quad Q_r = 95 \text{ m}^3/\text{d}$$

## ΠΟΡΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

### Βήμα 3. Υπολογισμός του $X_N$

υπολογίζεται η συγκέντρωση  $X_N$

$$\frac{X_N}{X_C} = \frac{1}{1 + \frac{S_o - S_e}{N_o - N_{e,NH4}} \cdot \frac{Y_C}{Y_N}}$$

$$X_N = 54.65 \text{ mg/l}$$

### Βήμα 4. Υπολογισμός της παραγωγής της συνολικής περίσσειας βιολογικής λάσπης $P_X$

Παραγωγή περίσσειας λάσπης:  $P_{XC} = \frac{Y_C \cdot Q \cdot (S_o - S_e)}{1 + b_C \cdot \Theta_{CC}}$   $P_{XC} = 12.65 \text{ kg/d}$

$$P_X = P_{XC} + P_{XN} \quad P_X = 13.017 \text{ kg/d}$$

Παραγωγή περίσσειας λάσπης:  $P_{XN} = \frac{Y_N \cdot Q \cdot (N_o - N_{e,NH4})}{1 + b_N \cdot \Theta_{CN}}$   $P_{XN} = 0.36 \text{ kg/d}$

## ΠΟΡΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

### Βήμα 5. Υπολογισμός του αζώτου που δεσμεύεται στη περίσσεια της κυτταρικής μάζας

Επειδή ο μοριακός τύπος των βακτηρίων είναι  $C_5H_7O_2NP_{0.2}$  η ποσότητα του αζώτου που δεσμεύεται στην κυτταρική μάζα δίδεται από την σχέση:

$$P_N = 14 P_X / 60 \quad P_N = 3.037 \text{ kg/d}$$

### Βήμα 6. Υπολογισμός του αέριου αζώτου που παράγεται στην απονιτροποίηση

Από το παρακάτω ισοζύγιο του συνολικού αζώτου υπολογίζεται η παραγωγή του αερίου αζώτου:

$$[N_o] = [N_2] + [N_e] + P_N$$
$$[N_2] = [N_o] - [N_e] - P_N = 8.5 - 1.1957 - 3.037 = 4.267 \text{ kg/d}$$

## ΠΟΡΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

**Βήμα 7. Υπολογισμός του οργανικού άνθρακα που αφομοιώνεται στην απονιτροποίηση**

$$[S_D] = 2.4\{N_2\} \quad [S_D] = 10.241 \text{ kg/d}$$

**Βήμα 8. Υπολογισμός του οργανικού άνθρακα που αφομοιώνεται στην νιτροποίηση  $[S_N]$**

$$[S_o] = [S_D] + [S_N] + [S_e] + P_{XC}$$

$$[S_N] = [S_o] - [S_D] - [S_e] - P_{XC} = 150 - 10.241 - 2.4 - 10.241 = 124.7 \text{ kg/d}$$

## ΠΟΡΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

### Βήμα 9. Υπολογισμός του όγκου της δεξαμενής οξείδωσης

1<sup>ον</sup>: Υπολογισμός του κινητικού όγκου  $V_C$  οξείδωσης του οργανικού άνθρακα:

$$V_C = \frac{[S_N]}{X_C \cdot k_C} \quad k_C = \frac{k_{\max C} \cdot S_e}{K_S + S_e} \quad k_C = 0.58 \text{ d}^{-1} \text{ και } V_C = 61.08 \text{ m}^3$$

2<sup>ον</sup>: Υπολογισμός του κινητικού όγκου  $V_N$  οξείδωσης του οργανικού αζώτου:

$$V_N = \frac{[N_2] + [N_{e,NO_3}]}{X_N \cdot k_N} \quad K_N = 1.067 \text{ d}^{-1} \text{ και } V_N = 85.13 \text{ m}^3$$

## ΠΟΡΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

### Βήμα 9. Υπολογισμός του όγκου της δεξαμενής οξείδωσης

3<sup>ον</sup>: Υπολογίζεται ο τελικός όγκος της δεξαμενής οξείδωσης  $V$  από την σχέση:

$$V = \max \{ V_C, V_N \} \quad V = 86 \text{ m}^3$$

### Βήμα 10. Υπολογισμός του υδραυλικού χρόνου παραμονής

Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής  $\Theta$  υπολογίζεται από την σχέση:

$$\Theta = V/Q \quad \Theta = 0.86 \text{ days}$$

## ΠΟΡΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

### Βήμα 11. Υπολογισμός της συγκέντρωσης πάχυνσης της λάσπης

Η συγκέντρωση  $X_r$  υπολογίζεται από την σχέση :

$$X_r = \frac{X}{r} \left[ 1 + r - \frac{\Theta}{\Theta_{Cd}} \right]$$

όπου:  $X = X_C + X_N$  και  $X_r = X_{rC} + X_{rN}$

$$X = X_C + X_N = 3554.7 \text{ mg/l} \text{ και } X_r = X_{rC} + X_{rN} = 3911.5 \text{ mg/l}$$

## ΠΟΡΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

**Βήμα 12. Υπολογισμός της παροχής  $W$  της περίσσειας λάσπης**

$$W = \frac{X \cdot V}{\Theta_c \cdot X_r} \quad W = 3.9 \text{ m}^3/\text{d}$$

**Βήμα 13. Υπολογισμός του λόγου αναρροής  $R$  και της παροχής αναρροής  $Q_R$**

$$R = [N_2]/[N_{e,NO_3}] + 1$$

η παροχή αναρροής υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$Q_R = R \cdot Q - Q_r$$

$$R = 9.53 \text{ και } Q_R = 858.4 \text{ m}^3/\text{d}$$

## ΠΟΡΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

### Βήμα 14. Υπολογισμός της συγκέντρωσης των ετερότροφων μικροοργανισμών $X_D$ στη δεξαμενή απονιτροποίησης

Η συγκέντρωση  $X_D$  υπολογίζεται από το ισοζύγιο των ετερότροφων μικροοργανισμών γύρω από την δεξαμενή απονιτροποίησης:

$$X_{rC} = \frac{X_C}{r} \left[ 1 + r - \frac{\Theta}{\Theta_{cc}} \right] \quad X_D = \frac{X_C \cdot Q_R + X_{rC} \cdot Q_I}{Q + Q_R + Q_I}$$

$$X_{rC} = 3851 \text{ mg/l και } X_D = 3200 \text{ mg/l}$$

### Βήμα 15. Υπολογισμός του όγκου $V_D$ της δεξαμενής απονιτροποίησης

$$V_D = \frac{[N_2]}{X_D \cdot k_D} \quad V_D = 18.5 \text{ m}^3$$

## ΠΟΡΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

### Βήμα 16. Υπολογισμός της επιφάνειας $A$ της δεξαμενής καθίζησης (πάχυνσης) της βιολογικής λάσπης

Η ελάχιστη επιφάνεια της δεξαμενής καθίζησης δίδεται από την σχέση:

$$A = \frac{(Q + Q_r)X}{G_L} \quad A = 28.9 \text{ m}^2$$

$$G_L = X_L^2 \cdot (0.45 - 0.003266 \cdot \Theta_{cd}) \cdot 2.54 \cdot \exp[(-0.45 + 0.003266 \cdot \Theta_{cd}) \cdot X_L]$$

$$G_L = 3.32 \text{ kg/m}^2/\text{d}$$

$$X_L = \frac{X_r}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{X_r^2 + 4 \cdot \frac{X_r}{(0.45 - 0.003266 \cdot \Theta_{cd})}} \quad X_L = 3.9 \text{ g/L}$$