

Σχεδιασμός Διεργασιών Αναερόβιας Αιωρούμενης Βιομάζας - Παράδειγμα

Πίνακας 10.9 Σύνοψη της διαδικασίας σχεδιασμού για την αναερόβια διεργασία αιωρούμενης βιομάζας

Βήμα	Περιγραφή
1.	Επιλέξτε μια τιμή του SRT για να επιτευχθεί η δεδομένη συγκέντρωση εκροής και το ποσοστό απομάκρυνσης COD
2.	Προσδιορίστε την ημερήσια παραγωγή στερεών και τη μάζα των στερεών στο σύστημα για τη διατήρηση του επιθυμητού SRT
3.	Επιλέξτε την αναμενόμενη συγκέντρωση στερεών στον αντιδραστήρα και προσδιορίστε τον όγκο του αντιδραστήρα
4.	Προσδιορίστε το ρυθμό παραγωγής αερίου
5.	Προσδιορίστε το ποσό της περίσσειας της ιλύος που απορρίπτεται και τις απαιτήσεις σε θρεπτικά συστατικά
6.	Ελέγξτε το ρυθμό ογκομετρικής φόρτισης οργανικών
7.	Προσδιορίστε τις απαιτήσεις σε αλκαλικότητα

Πίνακας 10.10 Σύνοψη παραμέτρων σχεδιασμού για αντιδραστήρες πλήρους ανάμιξης αιωρούμενης βιομάζας προς προεπεξεργασία διαλυτού COD

Παράμετρος	Μονάδα	Τιμή	
		Εύρος	Τυπική
Απόδοση στερεών, Y			
Ζύμωση	g VSS/g COD	0.06-0.12	0.10
Μεθανογένεση	g VSS/g COD	0.02-0.06	0.04
Συνολικός συνδυασμός	g VSS/g COD	0.05-0.10	0.08
Συντελεστής αποσύνθεσης, k_d			
Ζύμωση	g/g.d	0.02-0.06	0.04
Μεθανογένεση	g/g.d	0.01-0.04	0.02
Συνολικός συνδυασμός	g/g.d	0.02-0.04	0.03
Μέγιστος ειδικός ρυθμός ανάπτυξης, μ_m			
35°C	g/g.d	0.30-0.38	0.35
30°C	g/g.d	0.22-0.28	0.25
25°C	g/g.d	0.18-0.24	0.20
Σταθερά ημίσειας ταχύτητας, K_s			
35°C	mg/L	60-200	160
30°C	mg/L	300-500	360
25°C	mg/L	800-1100	900
Μεθάνιο			
Παραγωγή στους 35°C	m ³ /kg COD	0.4	0.4
Πυκνότητα στους 35°C	kg/m ³	0.6346	0.6346
Περιεχόμενο αέριο	%	60-70	65
Περιεχόμενη ενέργεια	kJ/g	50.1	50.1

Σημείωση: m³/kg × 16.0185 = ft³/lb
 kg/m³ × 62.4280 = lb/10³ ft³

Παράδειγμα 10.2

Διεργασία Αιωρούμενης Βιομάζας Αναερόβιου Αντιδραστήρα Επαφής Προσδιορίστε το μέγεθος του αντιδραστήρα, το ρυθμό παραγωγής αερίου, τη διαθέσιμη ενέργεια, το ρυθμό παραγωγής στερεών και τις απαιτήσεις σε αλκαλικότητα και θρεπτικά συστατικά για μια αναερόβια διεργασία επαφής (Σχήμα 10-2β) όπου γίνεται επεξεργασία των αποβλήτων με σκοπό την απομάκρυνση του 90% του COD.

Χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων:

Παράμετρος	Μονάδα	Τιμή
Παροχή	m^3/d	300
COD	g/m^3	6 000
Διαλυτό COD	g/m^3	4 000
Λόγος COD/TSS	g/g	1.8
Ποσοστό αποικοδομήσιμων TSS	%	80
Άζωτο	g/m^3	10
Φώσφορος	g/m^3	20
Αλκαλικότητα	$\text{g CaCO}_3/\text{m}^3$	500
Θερμοκρασία	$^{\circ}\text{C}$	25

Παράμετροι σχεδιασμού και παραδοχές:

1. Συγκέντρωση TSS στην εκροή = 150g/m^3
2. Συντελεστής ασφαλείας για το σχεδιασμό του SRT = 1.5
3. $VSS/TSS=0.85$ (από Κεφάλαιο 7)
4. $f_d = 0.15$ g VSS κυτταρικών υπολειμμάτων /g VSS βιομάζας που αποσυντίθεται
5. Χρησιμοποιήστε κινητικούς συντελεστές από τον Πίνακα 10-10
6. Οι απαιτήσεις σε θρεπτικά συστατικά βασίζονται σε $VSS:N = 12\%$ και $P = 2.4\%$
7. Για $SRT > 40$ d, τα αποικοδομήσιμα TSS μετατρέπονται
8. $MLSS = 6\ 000\ \text{g/m}^3$
9. Ρυθμός καθίζησης = 24 m/d
10. Σύσταση αερίου = 65% CH_4 και 35% CO_2

Λύση

1. Προσδιορίστε το SRT σχεδιασμού στους 25°C

Για 90% απομάκρυνση COD, το COD της εκροής είναι

$$= (1.0 - 0.90)(6000 \text{ g/m}^3) = 600 \text{ g/m}^3$$

Η θεωρούμενη συγκέντρωση TSS στην εκροή ισούται με 150 g/m³

$$\text{COD της εκροής λόγω TSS} = (150 \text{ mg/L})1.8 \text{ g COD/g TSS} = 270 \text{ g/m}^3$$

$$\text{Επιτρεπτή τιμή διαλυτού COD στην εκροή} = (600 - 270) \text{ g/m}^3 = 330 \text{ g/m}^3$$

Αναδιατάξτε την Εξίσωση (7-39) και αντικαταστήστε το Y_k από το μ_m για τον προσδιορισμό της τιμής του SRT:

$$\text{SRT} = \left(\frac{\mu_m S_e}{K_s + S_e} - k_d \right)^{-1}$$

Από τον Πίνακα 10-10 οι κινητικοί συντελεστές είναι:

$$\mu_m = 0.20 \text{ g/g} \cdot d$$

$$K_s = 900 \text{ mg/L}$$

$$k_d = 0.03 \text{ g/g} \cdot d$$

$$\text{SRT} = \left(\frac{(0.20 \text{ g/g} \cdot d)(330 \text{ g/m}^3)}{(900 + 330) \text{ g/m}^3} - 0.03 \text{ g/g} \cdot d \right)^{-1}$$

$$\text{SRT} = 42.3 d$$

Η σχεδιαστική τιμή του SRT με ένα παράγοντα ασφαλείας 1.5 είναι:

$$\text{SRT σχεδιασμού} = 1.5(42.3) = 63.4 d \approx 63 d$$

2. Προσδιορίστε την παραγωγή ιλύος.

Υπολογίστε τη συγκέντρωση των μη αποικοδομήσιμων TSS.

Για τιμές SRT μεγαλύτερες των 40 d, τα αποικοδομήσιμα TSS μετατρέπονται.

$$\text{Μη διαλυτό COD} = (6000 - 4000) \text{ g/m}^3 = 2000 \text{ g/m}^3$$

Προσδιορίστε το μη διαλυτό COD ως TSS χρησιμοποιώντας 1.8 g COD/g TSS (δεδομένο)

$$\text{Μη διαλυτό COD ως TSS} = \frac{(2000 \text{ g/m}^3 \text{ COD})}{(1.8 \text{ g COD/g TSS})} = 1111 \text{ g/m}^3 \text{ TSS}$$

$$\text{Αποικοδομησιμο κλάσμα των TSS} = 0.8 \text{ (δεδομένο)}$$

$$\text{Μη αποικοδομήσιμα TSS} = 0.20(1111) = 222 \text{ g/m}^3 \text{ TSS}$$

Χρησιμοποιείτε την Εξίσωση (8-16) για τον προσδιορισμό της παραγωγής των στερεών:

$$P_{X,TSS} = \frac{QY(S_o - S)}{[1 + (k_d)SRT](0.85)} + \frac{f_d(k_d)QY(S_o - S)SRT}{[1 + (k_d)SRT](0.85)} + Q(\mu\eta \text{ αποικοδομήσιμα TSS})$$

$$\begin{aligned} S_o - S &= \text{COD που αποικοδομήθηκε} = \text{COD εισροής} - \text{COD των μη} \\ &\quad \text{αποικοδομήσιμων TSS} - \text{αποικοδομήσιμο διαλυτό COD εκροής} \\ &= 6000 \text{ g COD/m}^3 - [(222 \text{ g/m}^3 \text{ TSS})(1.8 \text{ g COD/g TSS})] - 330 \text{ g/m}^3 \\ &= (6000 - 400 - 330) \text{ g/m}^3 = 5270 \text{ g/m}^3 \text{ COD} \end{aligned}$$

Χρησιμοποιώντας τους ακόλουθους συντελεστές από τον Πίνακα 10-10 και τη δεδομένη τιμή για το f_d , υπολογίστε το $P_{X,TSS}$

$$Y = 0.08 \text{ g VSS/g COD}$$

$$k_d = 0.03 \text{ g/g} \cdot d$$

$$\begin{aligned} P_{X,TSS} &= \frac{(300 \text{ m}^3/d)(0.08 \text{ g VSS/g COD})(5270 \text{ g COD/m}^3)}{[1 + (0.03 \text{ g/g} \cdot d)(63 \text{ d})](0.85)} \\ &\quad + \frac{0.15 \text{ g/g}(0.03 \text{ g/g} \cdot d)(300 \text{ m}^3/d)(0.08 \text{ g/g})(5270 \text{ g/m}^3)(63 \text{ d})}{[1 + (0.03 \text{ g/g} \cdot d)(63 \text{ d})](0.85)} \\ &\quad + 300 \text{ m}^3/d(222 \text{ g/m}^3) \\ &= 51488 \text{ g/d} + 14597 \text{ g/d} + 66600 \text{ g/d} \\ P_{X,TSS} &= 132685 \text{ g/d} \end{aligned}$$

3. Προσδιορίστε τον όγκο του αντιδραστήρα και την τιμή του τ .

α. Προσδιορίστε τον όγκο χρησιμοποιώντας την Εξίσωση (7-55).

$$\text{Όγκος} = \frac{(P_{X,TSS})(SRT)}{X_{TSS}}$$

Για $X_{TSS} = 6000 \text{ g/m}^3$ (δεδομένο), ο όγκος είναι:

$$\text{Όγκος} = \frac{(132685 \text{ g/d})(63 \text{ d})}{(6000 \text{ g/m}^3)} = 1393 \text{ m}^3$$

β. Προσδιορίστε τον υδραυλικό χρόνο παραμονής τ .

$$\tau = \frac{V}{Q} = \frac{1393 \text{ m}^3}{(300 \text{ m}^3/\text{d})} = 4.64 \text{ d}$$

4. Προσδιορίστε το ρυθμό παραγωγής του μεθανίου και του συνολικού αερίου και το ενεργειακό περιεχόμενο.

α. Ρυθμός παραγωγής μεθανίου

Από τον Πίνακα 10-10 ο όγκος του μεθανίου στους $35^{\circ}\text{C} = 0.4 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg COD}$

Στους 25°C , ο όγκος του μεθανίου είναι

$$= (0.4) \frac{(273.15 + 25)}{(273.15 + 35)} = 0.39 \text{ m}^3 / \text{kg COD}$$

$$\text{Ολικός ρυθμός παραγωγής } \text{CH}_4 = \frac{(0.39 \text{ m}^3 / \text{kg}) (5270 \text{ g COD/m}^3) (300 \text{ m}^3 / \text{d})}{(1 \text{ kg} / 10^3 \text{ g})}$$
$$= 616.6 \text{ m}^3 / \text{d}$$

β. Ρυθμός παραγωγής συνολικού αερίου

$$\text{Παραγωγή αερίου} = \frac{(616.6 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 / \text{d})}{(0.65 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 / \text{m}^3 \text{ αερίου})} = 948.6 \text{ m}^3 / \text{d}$$

γ. Ενεργειακό περιεχόμενο του αερίου

Στους 25°C , ο όγκος που καταλαμβάνεται από 1 mole αερίου είναι

$$V = \frac{(1 \text{ mole}) (0.082057 \text{ atm} \cdot \text{L} / \text{mole} \cdot \text{K}) [(273.15 + 25) \text{K}]}{1.0 \text{ atm}} = 24.5 \text{ L}$$

Τα ολικά moles του μεθανίου που παράγονται ανά ημέρα

$$\text{Mole } \text{CH}_4 / \text{d} = \frac{(616.6 \text{ m}^3 / \text{d})}{(24.5 \text{ L} / \text{mole}) (1 \text{ m}^3 / 10^3 \text{ L})} = 25167 \text{ mole} / \text{d}$$

$$\text{Μάζα μεθανίου} = (25167 \text{ mole } \text{CH}_4 / \text{d}) (16 \text{ g } \text{CH}_4 / \text{mole}) = 4.03 \times 10^5 \text{ g} / \text{d}$$

$$\text{Ενεργειακό περιεχόμενο} = (4.03 \times 10^5 \text{ g} / \text{d}) (50.1 \text{ kJ} / \text{g}) = 20.2 \times 10^6 \text{ kJ} / \text{d}$$

5. Προσδιορίστε τις απαιτήσεις σε θρεπτικά συστατικά.

$$\begin{aligned} \text{Παραγωγή βιομάζας} &= \text{οι δύο πρώτοι όροι στον υπολογισμό} \\ &\text{του } P_{X,TSS} \text{ που δίνονται στο βήμα 2} \\ &= 51488 \text{ g/d} + 14597 \text{ g/d} = 66085 \text{ g/d} \end{aligned}$$

Για $N = 12\%$ και $P = 2.4\%$ των VSS, οι απαιτήσεις σε θρεπτικά συστατικά είναι:

$$\text{Απαιτούμενο } N = (66085 \text{ g/d})(0.12 \text{ g/g})(0.85) = 6741 \text{ g/d}$$

$$\text{Απαιτούμενος } P = (66085 \text{ g/d})(0.024 \text{ g/g})(0.85) = 1348 \text{ g/d}$$

Θρεπτικά συστατικά εισροής:

$$N = (10 \text{ g/m}^3)(300 \text{ m}^3/\text{d}) = 3000 \text{ g/d}$$

$$P = (20 \text{ g/m}^3)(300 \text{ m}^3/\text{d}) = 6000 \text{ g/d}$$

Υπάρχει επαρκής φώσφορος στην εισροή, αλλά πρέπει να προστεθεί άζωτο.

$$\text{Προσθήκη } N = (6741 - 3000) \text{ g/d} = 3741 \text{ g/d} = 3.74 \text{ kg/d}$$

6. Προσδιορίστε την απαίτηση σε αλκαλικότητα.

Από τον Πίνακα 10-4, η ελάχιστη αλκαλικότητα που απαιτείται σε 35% CO₂ = 1 500mg/L ως CaCO₃

Προσθήκη αλκαλικότητας = 1500 mg/L – 500 mg/L = 1000 mg/L ως CaCO₃

$$\text{ως NaHCO}_3 = \frac{(84 \text{ g NaHCO}_3/\text{eq})(10^3 \text{ g/m}^3)}{(50 \text{ g/eq CaCO}_3)} = 1680 \text{ g NaHCO}_3/\text{m}^3$$

$$\text{NaHCO}_3/d = (1680 \text{ g/m}^3)(300 \text{ m}^3/d)(1 \text{ kg}/10^3 \text{ g}) = 504 \text{ kg/d}$$

7. Προσδιορίστε τη διάμετρο του διαυγαστήρα.

(Υποθέστε χρήση απαεριωτή πριν από το διαυγαστήρα)

$$\text{Επιφάνεια} = \frac{(Q, \text{m}^3/d)}{(\text{ταχύτητα καθίζησης, m/d})} = \frac{300 \text{ m}^3}{(24 \text{ m/d})} = 12.5 \text{ m}^2$$

$$\text{Διάμετρος} = 4 \text{ m}$$

Σχόλιο

Σημαντικό ποσό ενέργειας (περίπου 20.2×10^6 kJ/d) δημιουργείται από την παραγωγή του μεθανίου (CH₄). Το μεθάνιο είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση του αναερόβιου αντιδραστήρα, κάτι που θα μπορούσε να προωθήσει την ταχύτερη αποικοδόμηση και να μειωθεί έτσι το μέγεθος του αναερόβιου βιοαντιδραστήρα.