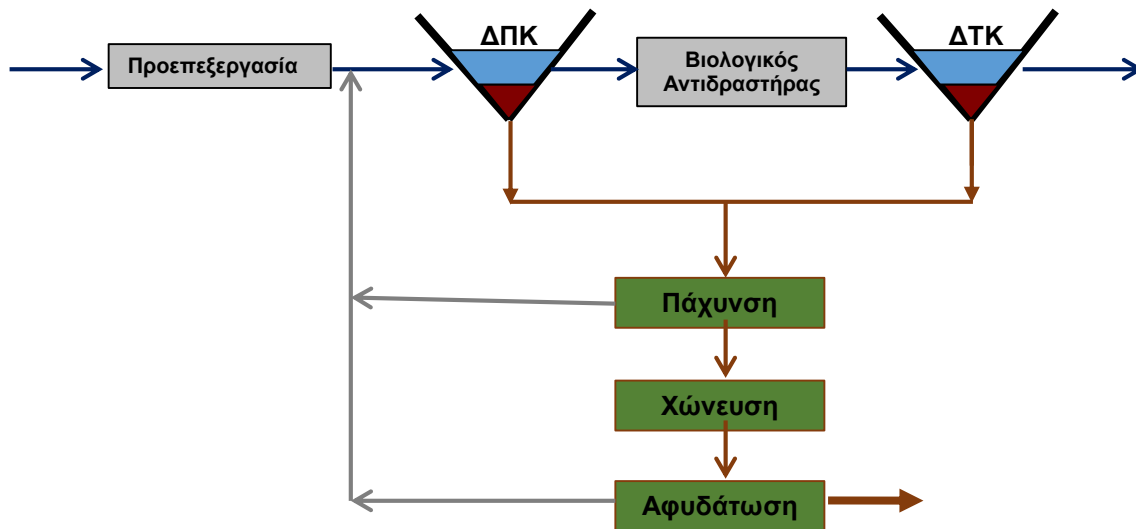


Ενεργειακό Ισοζύγιο σε μια Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων

Μια εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων επεξεργάζεται 50.000 m³/d λυμάτων. Η εγκατάσταση αποτελείται από τα εξής βασικά στάδια: προεπεξεργασία, πρωτοβάθμια καθίζηση, βιολογική επεξεργασία με το συμβατικό σύστημα της ενεργού ιλύος. Η επεξεργασία λυμάτων απαιτεί την κατανάλωση **0,6 kWh/m³ λυμάτων**. Η πρωτοβάθμια και η δευτεροβάθμια ιλύς που παράγονται αναμιγνύονται και υπόκεινται σε πάχυνση και αναερόβια χώνευση για την ανάκτηση ενέργειας. Το παραγόμενο βιοαέριο τροφοδοτείται σε μονάδα συμπαραγωγής για την παραγωγή 55% θερμότητας και 35% ηλεκτρικής ενέργειας.



Εισερχόμενα Λύματα

Παροχή λυμάτων (m ³ /d)	50.000
COD (mg/L)	600
TSS (mg/L)	200
VSS (mg/L)	140

Δεδομένα

- 60% απομάκρυνση TSS από τη μονάδα πρωτοβάθμιας καθίζησης
- Η παραγόμενη πρωτοβάθμια ιλύς έχει 1,5% στερεά
- Η παραγόμενη δευτεροβάθμια ιλύς είναι 300 m³/d με συγκέντρωση στερεών 0,8%
- VSS/TSS δευτεροβάθμιας ιλύος = 60%
- Βιοδιάσπαση πρωτοβάθμιας ιλύος στο χωνευτή = 50% VSS
- Βιοδιάσπαση δευτεροβάθμιας ιλύος στο χωνευτή = 30% VSS
- Χρόνος παραμονής ιλύος σε χωνευτή = 20 ημέρες
- 1 kg βιοδιασπώμενου VSS παράγει 0,9 m³ βιοαερίου (60% μεθάνιο + 40% CO₂)
- Η πάχυνση επιτυγχάνει 100% κατακράτηση στερεών και η παχυμένη ιλύς έχει συγκέντρωση 5% στερεά
- Θερμογόνος δύναμη βιοαερίου = 5.500 kcal/m³ = 6,4 kWh/m³
- Απώλειες χωνευτή = 10% θερμότητας που απαιτείται για θέρμανση
- Θερμογόνος δύναμη μεθανίου = 9.200 kcal/m³

- Θερμοκρασία χωνευτή = 35°C
- Θερμοκρασία ιλύος = 14°C

Να υπολογισθούν τα ακόλουθα:

- Συνολικές ημερήσιες απαιτήσεις ενέργειας της εγκατάστασης
- Όγκος αναερόβιου χωνευτή
- Παραγόμενο βιοαέριο
- Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα

Παράγει η εγκατάσταση πλεόνασμα ενέργειας ή πρέπει να δοθεί ενέργεια από τη ΔΕΗ?

- $Q_{ΕΙΣ} = 50.000 \text{ m}^3/\text{d}$
- $COD_{ΕΙΣ} = 600 \text{ mg/L}$
- $TSS_{ΕΙΣ} = 200 \text{ mg/L}$
- $VSS_{ΕΙΣ} = 140 \text{ mg/L}$

Εισερχόμενες Μάζες

$$MCOD_{ΕΙΣ} = 600/1000 \text{ kg/m}^3 * 50.000 \text{ m}^3/\text{d} = 30.000 \text{ kg/d}$$

$$MTSS_{ΕΙΣ} = 200/1000 \text{ kg/m}^3 * 50.000 \text{ m}^3/\text{d} = 10.000 \text{ kg/d}$$

$$MVSS_{ΕΙΣ} = 140/1000 \text{ kg/m}^3 * 50.000 \text{ m}^3/\text{d} = 7.000 \text{ kg/d}$$

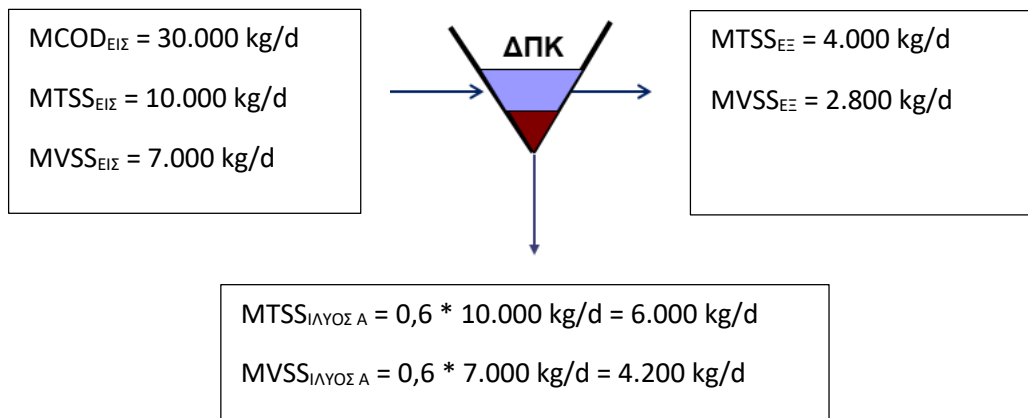
Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας

$$0,6 \text{ kWh/m}^3_{\text{λυμάτων}} * 50.000 \text{ m}^3/\text{d} = \mathbf{30.000 \text{ kWh/d}}$$

Δυναμικό Ενέργειας που περιέχεται στα λύματα

$$\begin{aligned} &MCOD_{ΕΙΣ} * 0,8 * 0,35 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{ kg COD}_{\text{απομακρύνεται}} * 9.200 \text{ kcal /m}^3 = \\ &= 30.000 \text{ kg/d} * 0,8 * 0,35 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{ kg COD}_{\text{απομακρύνεται}} * 9.200 \text{ kcal / m}^3 \\ &= 77,28 * 10^6 \text{ kcal/d} = \mathbf{89.800 \text{ kWh/d}} \end{aligned}$$

Πρωτοβάθμια καθίζηση



$$TSS_{ΙΛΥΟΣ Α} = 1,5\% = 15 \text{ kg/m}^3$$

$$Q_{ΙΛΥΟΣ Α} = MTSS_{ΙΛΥΟΣ Α} / TSS_{ΙΛΥΟΣ Α} = 6.000 \text{ kg/d} / 15 \text{ kg/m}^3$$

$$Q_{ΙΛΥΟΣ Α} = 400 \text{ m}^3/\text{d}$$

Δευτεροβάθμια καθίζηση

$$VSS/TSS * 100 = 60\% \text{ (δίνεται στα δεδομένα)}$$

$$Q_{ΙΛΥΟΣ Β} = 300 \text{ m}^3/\text{d} \text{ (δίνεται στα δεδομένα)}$$

$$TSS_{ΙΛΥΟΣ Β} = 0,8\% = 8 \text{ kg/m}^3 \text{ (δίνεται στα δεδομένα)}$$

$$MTSS_{ΙΛΥΟΣ Β} = 8 \text{ kg/m}^3 * 300 \text{ m}^3/\text{d} = 2.400 \text{ kg/d}$$

$$MVSS_{ΙΛΥΟΣ Β} = 0,6 * 2.400 \text{ kg/d} = 1.440 \text{ kg/d}$$

Πάχυνση υλός

$$Q_{ΕΙΣ ΠΑΧ} = Q_{ΙΛΥΟΣ Α} + Q_{ΙΛΥΟΣ Β} = 400 \text{ m}^3/\text{d} + 300 \text{ m}^3/\text{d} = 700 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$MTSS_{ΕΙΣ ΠΑΧ} = MTSS_{ΙΛΥΟΣ Α} + MTSS_{ΙΛΥΟΣ Β} = 6.000 + 2.400 = 8.400 \text{ kg/d}$$

$$TSS_{ΕΞΟΔΟΥ ΠΑΧ} = 5\% = 50 \text{ kg/m}^3$$

$$MTSS_{ΕΞ ΠΑΧ} = 8.400 \text{ kg/d} \text{ (100\% κατακράτηση στερεών)}$$

$$Q_{ΕΞ ΠΑΧ} = 8.400 \text{ kg/d} / 50 \text{ kg/m}^3 = 168 \text{ m}^3/\text{d}$$

Αναερόβια χώνευση

Παράμετρος	Είσοδος	Έξοδος
Q_{AX} (m ³ /d)	168	168
MVSS _{ΙΛΥΟΣ Α} (kg/d)	4.200	0,5*4.200 = 2.100
MTSS _{ΙΛΥΟΣ Α} (kg/d)	6.000	2.100 + 1.800 = 3.900
MFSS _{ΙΛΥΟΣ Α} (kg/d)	1.800	1.800
MVSS _{ΙΛΥΟΣ Β} (kg/d)	1.440	0,7*1.440 = 1.008
MTSS _{ΙΛΥΟΣ Β} (kg/d)	2.400	1.008 + 960 = 1.968
MFSS _{ΙΛΥΟΣ Β} (kg/d)	960	960
MTSS _{ΑΧ ΟΛΙΚΟ} (kg/d)	6.000 + 2.400 = 8.400	3.900 + 1.968 = 5.868

$$TSS_{ΑΧ ΕΞΟΔΟΥ} = 5.868 \text{ kg/d} / 168 \text{ m}^3/\text{d} = 34,9 \text{ kg/m}^3 = 3,5\%$$

$$VSS_{\text{διασπάται}} = 0,5 * 4.200 + 0,3 * 1.440 = \mathbf{2.532 \text{ kg VSS/d}}$$

$$0,9 \text{ m}^3 \text{ βιοαέριο} / \text{kg VSS} * 2.532 \text{ kg VSS/d} = 2.279 \text{ m}^3 \text{ βιοαέριο} / \text{d}$$

$$\text{Θερμογόνος δύναμη} = 6,4 \text{ kWh/m}^3 \text{ βιοαερίου}$$

$$\text{Συνολική ενέργεια} = 2.279 \text{ m}^3 \text{ βιοαέριο} * 6,4 \text{ kWh/m}^3 \text{ βιοαερίου} = 14.584 \text{ kWh/d}$$

$$\text{Ηλεκτρική ενέργεια} = 0,35 * 14.584 \text{ kWh/d} = 5.105 \text{ kWh/d}$$

$$\text{Θερμότητα} = 0,55 * 14.584 \text{ kWh/d} = 8.021 \text{ kWh/d}$$

Θερμότητα Χωνευτή

$$Q_{\theta} = M_{ΥΓΡΗ ΜΑΖΑ} * C_p * \Delta T$$

$$M_{ΥΓΡΗ ΜΑΖΑ} = 168 \text{ τόννοι/d} = 168.000 \text{ kg/d}$$

$$C_p = 1 \text{ kcal} / ^{\circ}\text{C kg} = 0,0011625 \text{ kWh/}^{\circ}\text{C kg}$$

$$\Delta T = 35 - 14 = 21^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\theta} = 168.000 \text{ kg/d} * 0,0011625 \text{ kWh/}^{\circ}\text{C kg} * 21 ^{\circ}\text{C} = 4.101 \text{ kWh/d}$$

Απώλειες χωνευτή

$$Q_a = 0,1 * Q_{\theta} = 410 \text{ kWh/d}$$

$$Q_{\theta} + Q_a = 4.101 + 410 = 4.511 \text{ kWh/d}$$

Ποσοστό θέρμανσης που πάει στο χωνευτή:

$$4.511 / 8.021 * 100 = 56\%$$

Περισσευόμενη θερμότητα = 3.510 kWh/d

Ηλεκτρική Ενέργεια = 5.105 kWh/d

Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας = 30.000 kWh/d