



Πανεπιστήμιο
Αιγαίου

Ανοικτά
Ακαδημαϊκά
Μαθήματα



ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Ι

ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ - ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΦΩΣΦΟΡΟΥ

Διδάσκων: Επίκουρος Καθηγητής Αθ. Στασινάκης



Άδειες Χρήσης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, διαγράμματα, κείμενα, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα. Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.



Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ

Πηγές P

- ✓ Ανθρώπινες εκκρίσεις
- ✓ Απορρυπαντικά (0.5-12% κ.β.)
- ✓ Βιομηχανίες λιπασμάτων
- ✓ Γαλακτοβιομηχανίες (1-180 mg/l)
- ✓ Βιομηχανίες ζωοτροφών
- ✓ Σφαγεία (12-120 mg/l)
- ✓ Ζυθοποιεία (10-50 mg/l)

Συγκεντρώσεις ολικού P : 5 - 20 mg/l (1.5 - 4 g / άτομο και ημέρα)

ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ

Μορφές φωσφόρου σε λύματα

οργανικός P (δεσμευμένος σε νουκλεοτίδια, λιπίδια κ.λ)



ορθοφωσφορικά (PO_4^{-3} , HPO_4^{-2} , $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$)



υδρόλυση

ανόργανος P (πολυφωσφορικές αλυσίδες, ορθοφωσφορικά)

ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΦΩΣΦΟΡΟΥ

✓ Βιοσύνθεση

Απαιτούμενος P = $0.015 * Y * Q_{in} * (BOD_{in} - BOD_{out})$

ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΦΩΣΦΟΡΟΥ

- ✓ Παγίδευση φωσφόρου σε στερεά (χημικά ιζήματα, ενεργό ιλύ) και αφαίρεση στη ΔΚ
- ✓ Αποφυγή επαναδιάλυσης φωσφόρου κατά την καθίζηση

ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΦΩΣΦΟΡΟΥ

Τυπικό σύστημα ΕΙ :	10 – 20 %
Τυπικό σύστημα με χημική κατακρήμνιση :	90 – 95 %
ΕΙ με βιολογική απομάκρυνση	: 80 – 90 %

ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ

Χημική απομάκρυνση φωσφόρου

- αργίλιο ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$)
- ασβέστιο ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)
- σίδηρος (FeCl_3 , FeCl_2 , FeSO_4)

- Προ-κατακρήμνιση (ΔΠΚ)
- Ταυτόχρονη κατακρήμνιση (προσθήκη στη ΔΑ, απομάκρυνση στη ΔΔΚ)
- Μετά-κατακρήμνιση (χωριστή ΔΚ)

ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ

Βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου

- ✓ Χρήση αναερόβιων αντιδραστήρων στην αρχή βιολογικής επεξεργασίας

Ακολουθία αναερόβιων – αερόβιων συνθηκών: υποβοηθά ανάπτυξη αερόβιων βακτηρίων (πολυφωσφορικά βακτήρια) που αποθηκεύουν ενδοκυτταρικά P σε ποσοστό υψηλότερο από αυτό που είναι απαραίτητο για ανάπτυξη (2-5 φορές περισσότερο)

ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ

Βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου

Αναερόβιες συνθήκες:

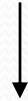
- ✓ Παραγωγή οξικού οξέος, προπιονικού οξέος κ.λ. από ζύμωση διαλυτού BOD
- ✓ Απορρόφηση πτητικών οργανικών οξέων και αποθήκευση ενδοκυτταρικά ως πολυμερή (polyhydrobutyrate)
- ✓ Απαραίτητη ενέργεια παρέχεται από την υδρόλυση πολυφωσφορικών ενώσεων που βρίσκονται ενδοκυτταρικά, απελευθέρωση ορθοφωσφορικών
- ✓ Απελευθέρωση κατιόντων (Mn, Ca, K) => εξισορρόπηση φορτίων κυτταρικής μεμβράνης

Αερόβιες συνθήκες:

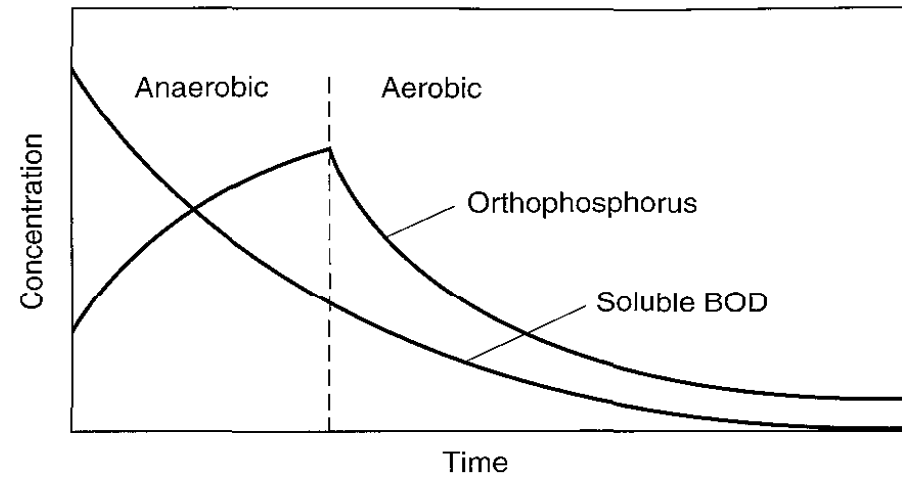
ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ

Βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου

40 mg/l P



5-8
mg/l P →



Βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου

Παράγοντες που επηρεάζουν

✓ Παρουσία νιτρικών, νιτρωδών, DO: μειώνει ποσοστό απομάκρυνσης P
(μείωση διαθέσιμης συγκέντρωσης οργανικών ενώσεων)

5-6 g COD / g NO₃-N

2 g COD /g O₂

✓ Τρόποι αντιμετώπισης

- Αποφυγή έντονης ανάμιξης στην αναερόβια δεξαμενή
- Αποφυγή ανακυκλοφορίας ιλύος με χρήση κοχλιών
- Ελάττωση θ_c (αν δεν απαιτείται νιτροποίηση)
- Αύξηση θ στην αναερόβια ζώνη
- Ζύμωση πρωτοβάθμιας λάσπης για παραγωγή πτητικών οργανικών οξέων

Βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου

Παράγοντες που επηρεάζουν

✓ Αναερόβιος υδραυλικός χρόνος παραμονής: 1-2 hours

1. Παραγωγή πτητικών οργανικών οξέων από αναερόβια ζύμωση εύκολα βιοδιασπάσιμων οργανικών ενώσεων

2. Αποθήκευση πτητικών οξέων από πολυφωσφορικά βακτήρια και έκλυση φωσφόρου

Σηπτικά λύματα (περιέχονται μεγάλες ποσότητες πτητικών οξέων άρα μικρότερος θ)

Φρέσκα λύματα (υψηλότερος θ , ώστε να πραγματοποιηθεί ζύμωση)

Βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου

Παράγοντες που επηρεάζουν

✓ Αερόβιος υδραυλικός χρόνος παραμονής

Αρκετός χρόνος για προσρόφηση P και οξείδωση αποθηκευμένων οργανικών ενώσεων (επιτυγχάνεται)

Εξοικονόμηση ενέργειας κατά 10-15% (αναερόβια σταθεροποίηση BOD)

Βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου

Παράγοντες που επηρεάζουν

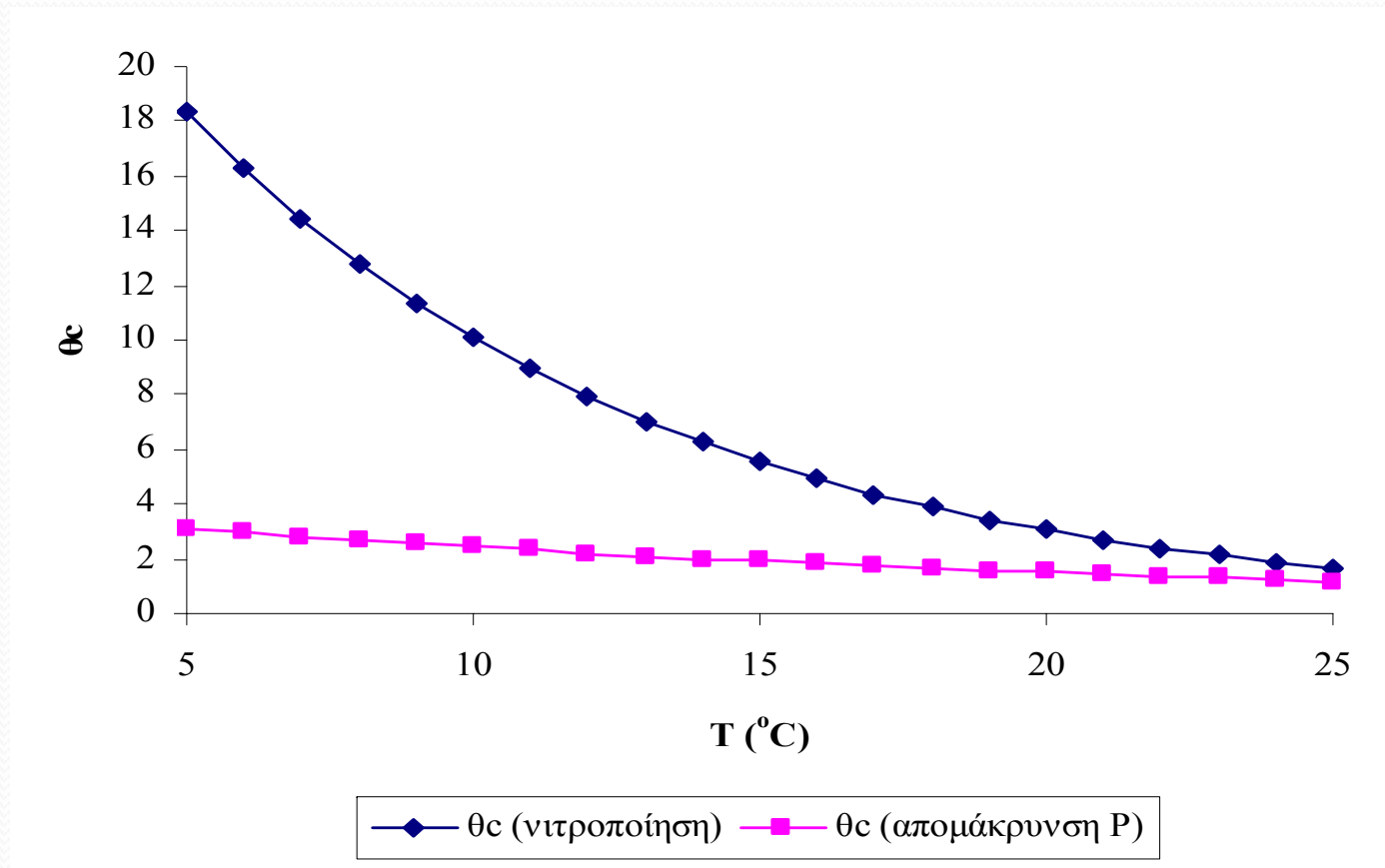
- ✓ Ηλικία ιλύος: 2-20 days (υψηλότερα $\theta_c \Rightarrow$ μικρότερη αποβολή ιλύος \Rightarrow μικρότερη απομάκρυνση P)

$$\min \theta_c(T \text{ } ^\circ\text{C}) = \min \theta_c (20 \text{ } ^\circ\text{C}) * 1.05^{(20-T)}$$

$$\min \theta_c (20 \text{ } ^\circ\text{C}) = 3,05$$

ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ

Βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου



ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ

Βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου

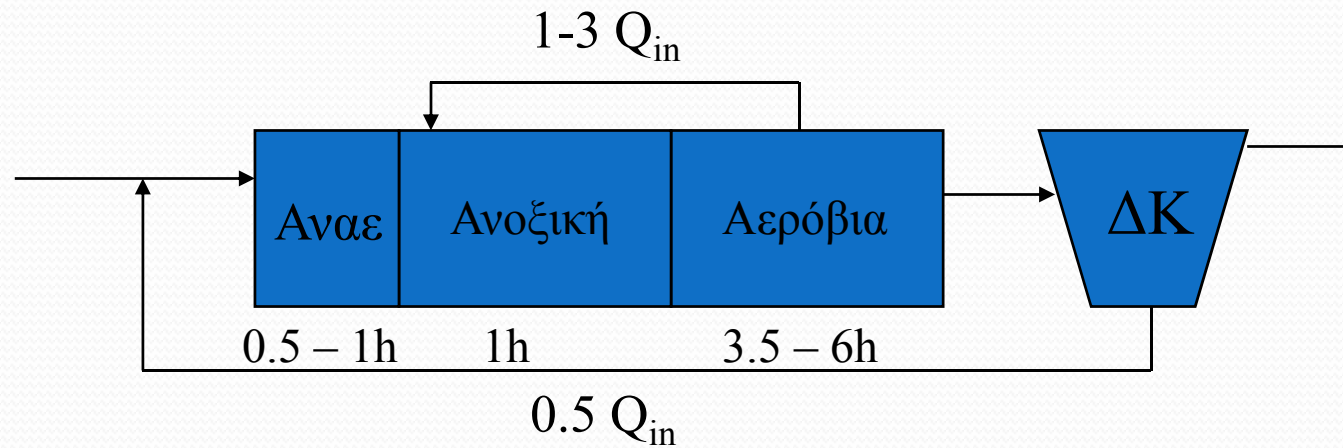
✓ Συγκέντρωση SS_{out}

Τυπικό σύστημα: $15 \text{ mg/l } SS_{out} \times 2\%P = 0,3 \text{ mgP/l}$

Σύστημα ΒιοΑποP : $15 \text{ mg/l } SS_{out} \times 10\%P = 1,5 \text{ mgP/l}$

ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ

Βιολογική απομάκρυνση Ρ

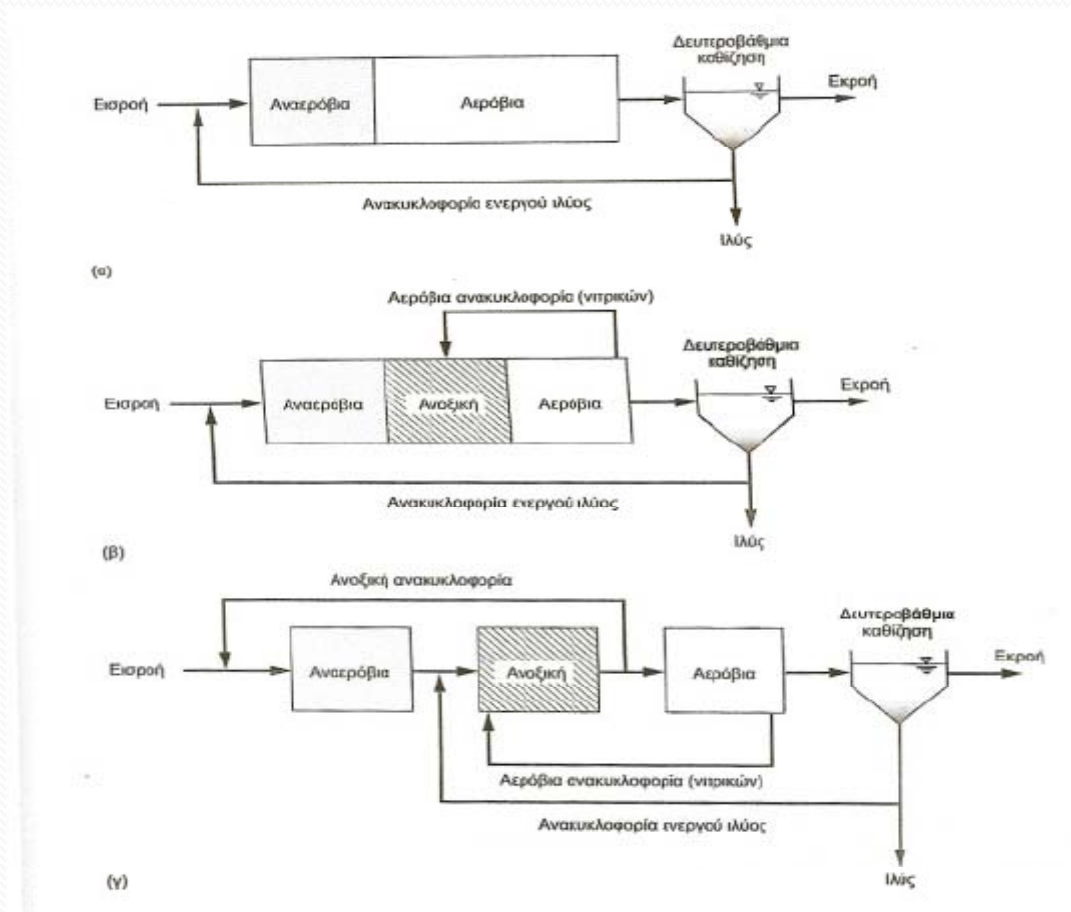


$$\theta_c = 4-8 \text{ days}$$

$$\text{MLSS} = 2500 - 4000 \text{ mg/l}$$

ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ

Βιολογική απομάκρυνση P



Phoredox

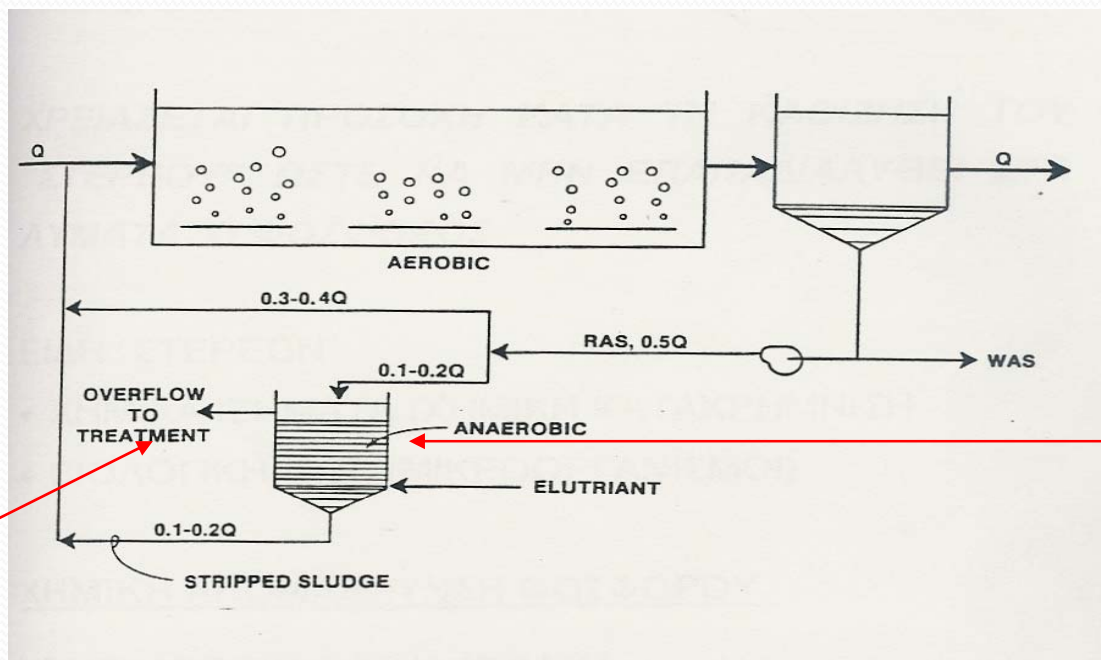
Χαμηλό θ_c για
αποφυγή νιτροποίησης

UCT

Λύματα με χαμηλό
BOD

ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ

Βιολογική απομάκρυνση P



μέθοδος Phostrip

Καθίζηση 8-12 h

Χημική
Καθίζηση

ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ

Φρεάτια επιλογής (selector)

- ✓ Αντιμετώπιση φαινομένου διόγκωσης ιλύος
- ✓ Δημιουργία ζώνης υψηλής φόρτισης ($F/M = 6 \text{ Kg BOD/Kg VSS day}$)
- ✓ Επιλογή βακτηρίων floc-formers (υψηλότερο ρυθμό απορρόφησης οργανικού φορτίου και μεγαλύτερη ικανότητα αποθήκευσης οργανικής τροφής)

ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ

Φρεάτια επιλογής

Ικανοποιητικά για νηματοειδείς που:

- ✓ Χαμηλούς ρυθμούς απορρόφησης οργανικού φορτίου
- ✓ Μικρή ικανότητα αποθήκευσης οργανικού φορτίου

Sphaerotilus natans

Type 0041

Type 1701

Type 0675

Type 021N

Type 0092

Thiotrix

Microthrix parvicella

Nostocoica limicola

Nocardia

Type 1851

Προτεινόμενη Βιβλιογραφία

- ✓ Τσώνης Στ. (2004) Επεξεργασία Λυμάτων. Εκδόσεις Παπασωτηρίου (σελ. 305-308, 347-356)
- ✓ Λέκκας Θ. (2001) Περιβαλλοντική Μηχανική ΙΙ – Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων. Εκδόσεις ΚΟΣΜΟΣ ΠΕΜΕΡ ΕΠΕ, (σελ. 334-340)
- ✓ Στάμου Α.Ι (2004) Βιολογικός καθαρισμός αστικών αποβλήτων. Εκδόσεις Παπασωτηρίου (σελ. 113-116)
- ✓ Metcalf and Eddy (2006) *Μηχανική Αποβλήτων – Επεξεργασία και Επαναχρησιμοποίηση* , 4^η έκδοση, εκδόσεις Τζιόλα, Ελλάδα (σελ. 779-786, 993-1014)