

Διεργασίες αφαίρεσης Φωσφόρου

Αν. Καθηγητής Π. Μελίδης

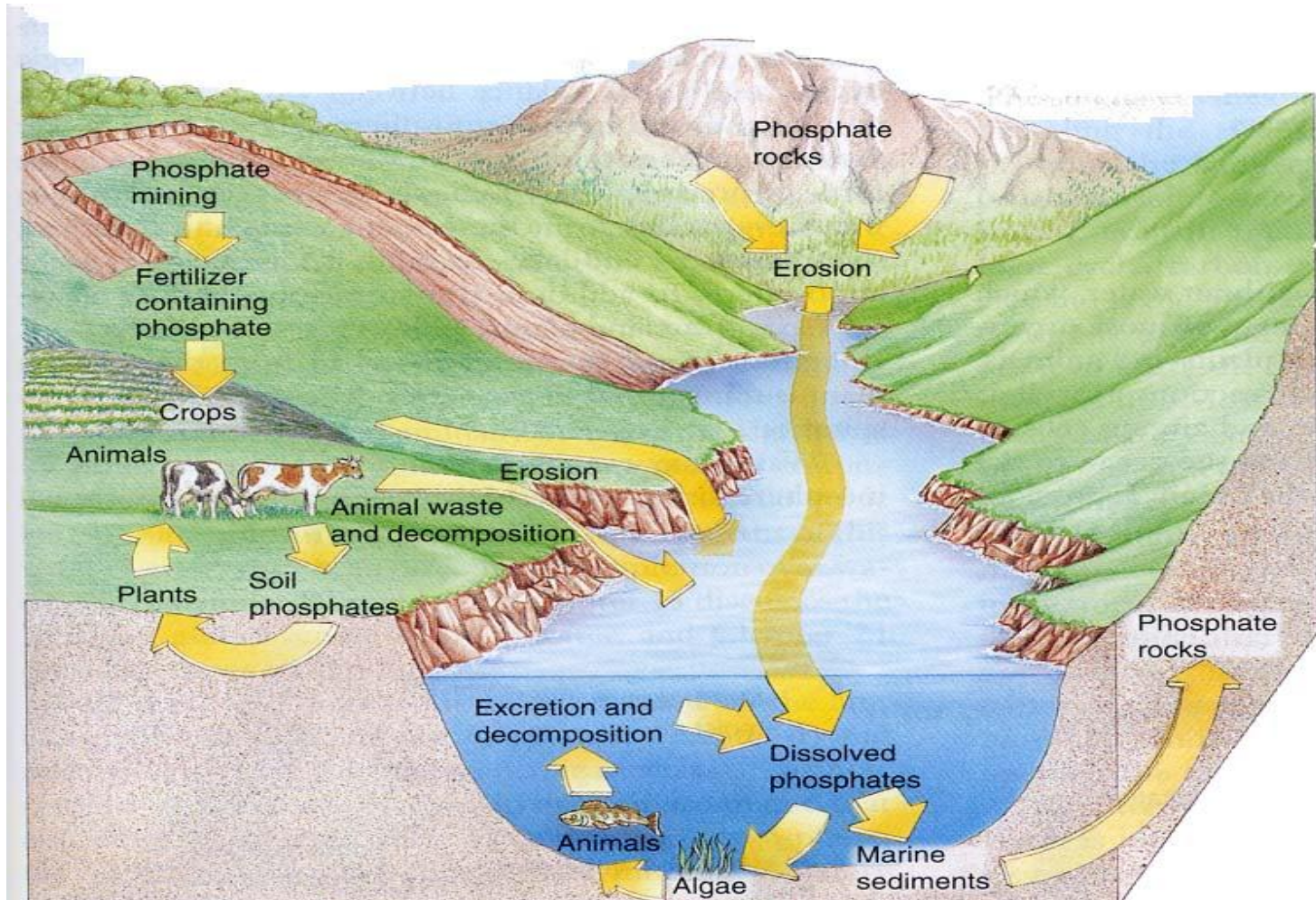
Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος
Εργαστήριο Διαχείρισης και Τεχνολογίας Υγρών
Αποβλήτων

Γενικά

- Η απομάκρυνση του φωσφόρου γίνεται για τον έλεγχο του ευτροφισμού αφού ο φώσφορος είναι ένα περιοριστικό θρεπτικό συστατικό στα περισσότερα υδατικά συστήματα.
- Λόγω της περιορισμένης παρουσίας των ανόργανων φωσφορικών ενώσεων στο υδατικό περιβάλλον, συχνά μόνο σε ίχνη, αποτελεί ο φ. πολύ συχνότερα τον περιοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξη των φυτών, από ότι το άζωτο.
- Επομένως ο ευτροφισμός βασίζεται σε πρώτη φάση στην αυξητική παρουσία των φ. και η απομάκρυνση τους από το περιβάλλον σημαίνει και μία έμμεση μείωση της αρνητικής επίδρασης των άλλων στοιχείων.



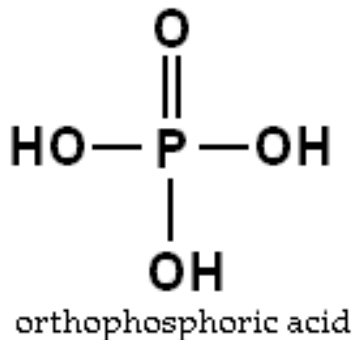
Γενικά



Γενικά

Τα φωσφορικά που παρουσιάζονται στο περιβάλλον εμφανίζονται με την μορφή ορθοφωσφορικών, συμπυκνωμένων φωσφορικών και φωσφορικών σε οργανικές ενώσεις.

Για τον ευτροφισμό τον σημαντικότερο ρόλο διαδραματίζουν τα ορθοφωσφορικά (που στηρίζονται στο ορθοφωσφορικό οξύ, H_3PO_4)



Γενικά

- ☺ Ο φώσφορος εμφανίζεται στα αστικά υγρά απόβλητα από αστικές, εμπορικές και βιομηχανικές δραστηριότητες.
- ☺ Οι βιομηχανικές και εμπορικές πηγές φωσφόρου είναι ιδιαίτερα μεταβλητές και μπορούν να επηρεάσουν πολύ την πραγματική εισρέουσα συγκέντρωση φωσφόρου στα υγρά απόβλητα σε μια δεδομένη ΜΕΥΑ.
- ☺ Οι κατά προσέγγιση συνεισφορές των φωσφορικών αλάτων από σημαντικές πηγές στα αστικά υγρά απόβλητα υπολογίζονται σε kg φωσφόρου/κάτοικο/χρόνο (kg P/capita/yr) ως
 - ☞ 0,60 από τα ανθρώπινα απόβλητα,
 - ☞ 0,30 kg από απορρυπαντικά πλυντηρίων χωρίς τους περιορισμούς στην περιεκτικότητα σε φώσφορο, και
 - ☞ 0,10 kg από τα οικιακά απορρυπαντικά και άλλα καθαριστικά (Sedlak, 1991).

Γενικά

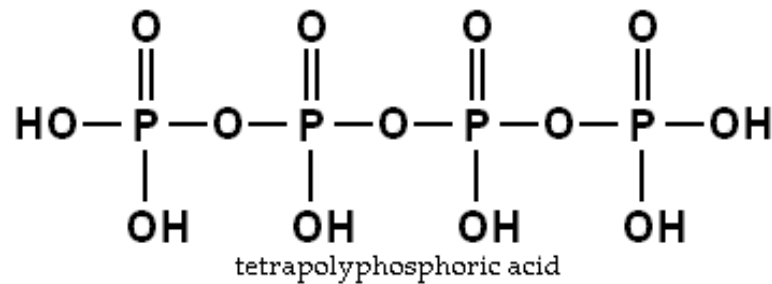
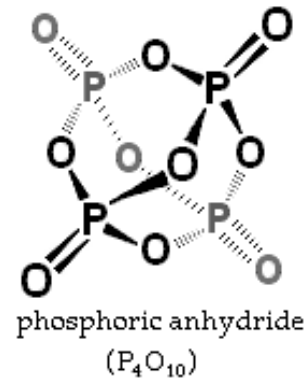
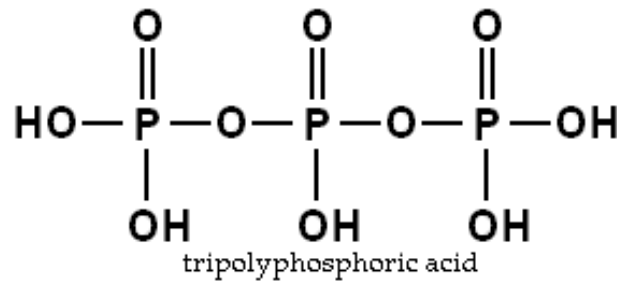
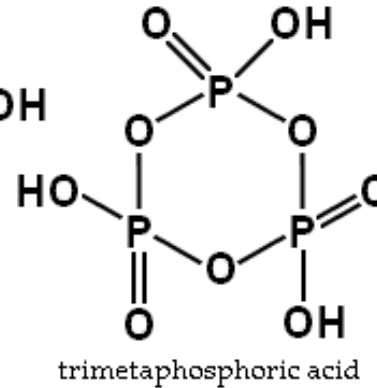
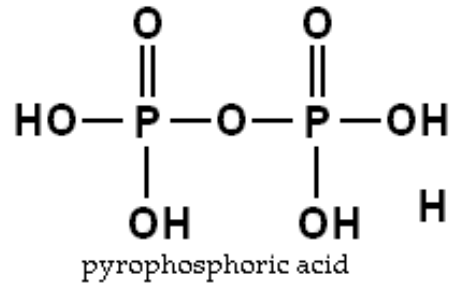
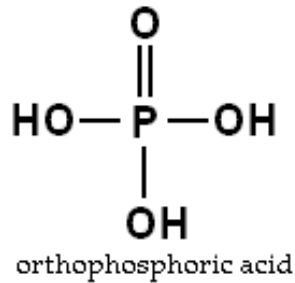
Ο φώσφορος εμφανίζεται στα υγρά απόβλητα με διάφορες μορφές φωσφορικού άλατος σε **διαλυμένη ή στερεά μορφή**.

Το μεγαλύτερο ποσοστό του φωσφόρου στα αστικά απόβλητα είναι με την μορφή του **διαλυμένου φωσφορικού άλατος**.

Χωρίς σημαντικά εμπορικά ή βιομηχανικά φορτία, η εισρέουσα συγκέντρωση του συνολικού φωσφόρου μπορεί να κυμανθεί από 6 –8 mg/L P.

Περίπου 50% είναι με την μορφή **ορθοσφωρικών αλάτων**, 35% είναι με την μορφή **συμπυκνωμένων φωσφορικών αλάτων** (π.χ., pyrophosphate, tripolyphosphate, trimetaphosphate), και 15% είναι με την μορφή **οργανικών φωσφορικών αλάτων** (π.χ. φωσφολιπίδια, νουκλεοτίδια).

Γενικά



Γενικά

Όταν θα επιβληθούν οι περιορισμοί στη χρήση των απορρυπαντικών φωσφόρου, τότε οι εισερχόμενες συγκεντρώσεις στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων θα είναι χαμηλότερες, μεταξύ 4-5 mg/L.

Η αφαίρεση φωσφόρου από τα υγρά απόβλητα απαιτεί τη μεταφορά του φωσφορικού άλατος από την υγρή μορφή σε μια στερεά μορφή, που θα ακολουθείται από μια διεργασία διαχωρισμού υγρών-στερεών και στο τέλος την απομάκρυνση του φωσφόρου με την περίσσεια ιλύ.

Τεχνολογίες αφαίρεσης φωσφόρου

Δύο μέθοδοι χρησιμοποιούνται για να μετατρέψουν το φώσφορο σε μια στερεά μορφή:

- 1) η χημική κατακρήμνιση και
- 2) η ενισχυμένη βιολογική αφαίρεση φωσφόρου.

Και οι δύο απαιτούν τον αποτελεσματικό διαχωρισμό υγρών/στερεών για να ελαχιστοποιήσουν τη συνολική συγκέντρωση φωσφόρου στην εκροή της ΜΕΥΑ.

Για πολύ αυστηρές προδιαγραφές, χαμηλών συγκεντρώσεων στην εκροή (λιγότερο από 0,50 mg/L), χρησιμοποιείται η διήθηση μετά από την δευτεροβάθμια καθίζηση (τριτογενής επεξεργασία) για να αφαιρέσει τα στερεά με αυξημένη συγκέντρωση φωσφορικών, σε κατώτερα όρια από 2-5 mg/L. Χωρίς διήθηση είναι εφικτές συγκεντρώσεις φωσφόρου στην εκροή από 0,50 έως 2,0 mg/L.

Χημική επεξεργασία

Η χημική επεξεργασία για την αφαίρεση φωσφόρου περιλαμβάνει την προσθήκη των αλάτων μετάλλων που αντιδρούν με τον διαλυτό φώσφορο και σχηματίζουν στερεά ιζήματα φωσφορικού άλατος που αφαιρούνται με τις διαδικασίες διαχωρισμού στερεών από υγρά όπως η διαύγαση και η διήθηση.

Η κατακρήμνιση φωσφορικών επιτυγχάνεται με την προσθήκη αλάτων μετάλλων τα οποία σχηματίζουν μη διαλυτές ενώσεις φωσφορικών.

Τα συνήθη μέταλλα είναι το αργίλιο ο σίδηρος και το ασβέστιο.

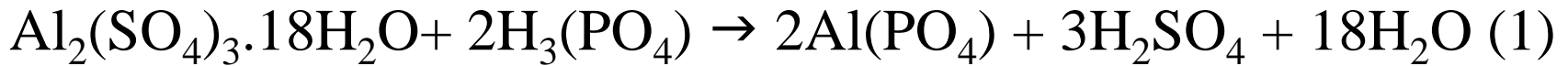


Χημική επεξεργασία

Αυτά τα άλατα εμπορεύονται συνήθως με την μορφή της υδρασβέστου $\text{Ca}(\text{OH})_2$, του θειικού αργιλίου (alum) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, sodium aluminate NaAlO_2 , τρισθενούς χλωριούχου σιδήρου FeCl_3 , Θειικού σιδήρου $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, θειούχου σιδήρου FeSO_4 , και δισθενούς χλωριούχου σιδήρου FeCl_2 .

Χημική επεξεργασία

Κατακρήμνιση του φωσφόρου με αργίλιο:



Κατακρήμνιση του φωσφόρου με σίδηρο:

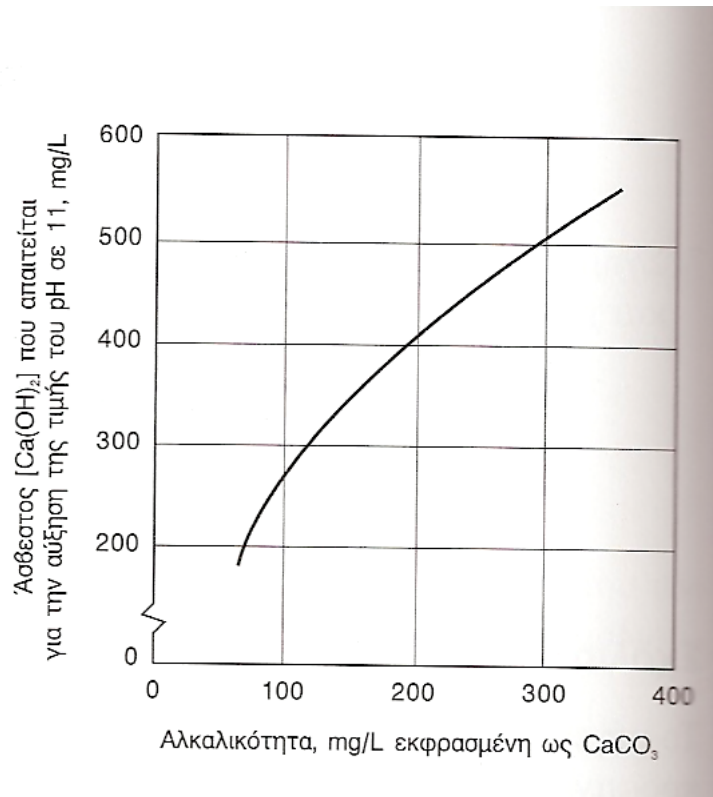


Κατακρήμνιση του φωσφόρου με ασβέστιο:



Χημική επεξεργασία

Κατακρήμνιση του φωσφόρου με ασβέστιο:



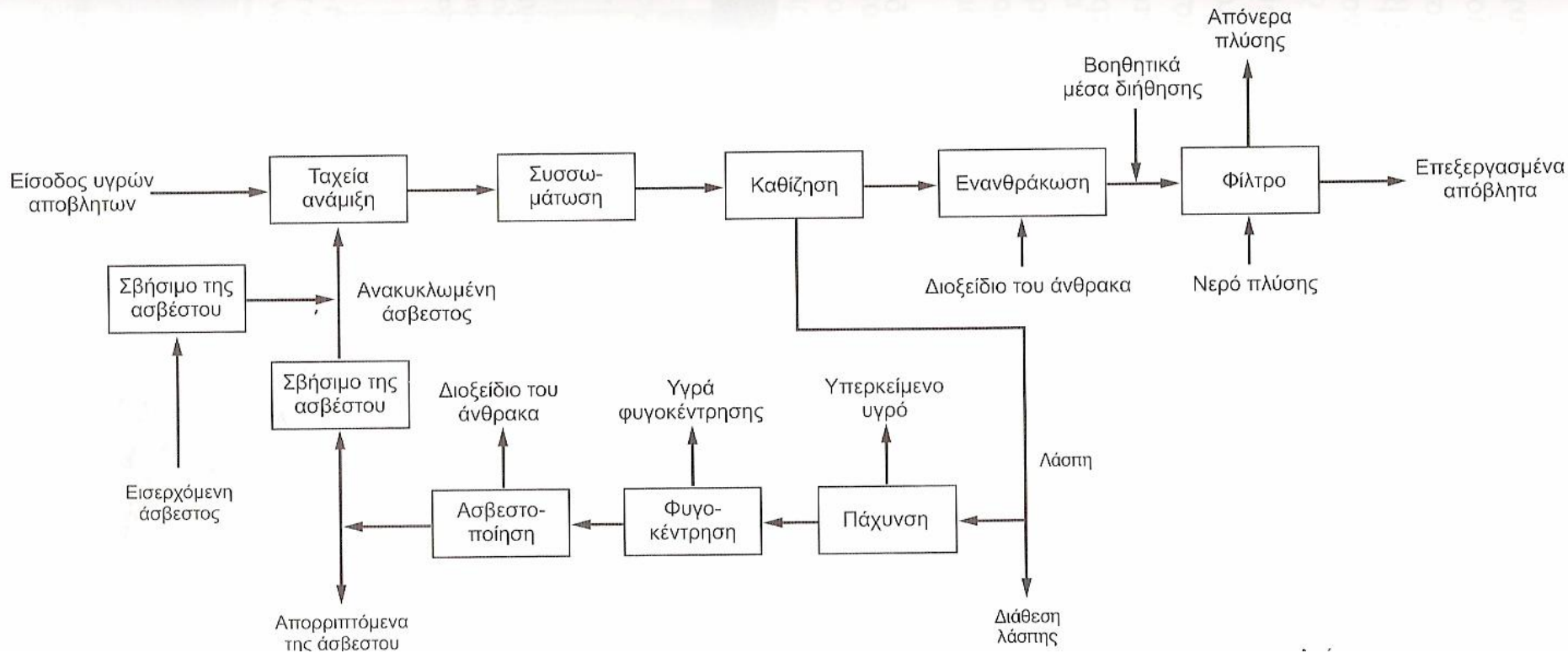
Απαιτούμενη δόση ασβέστου για την αύξηση της τιμής του pH σε 11 ως συνάρτηση της αλκαλικότητας των ανεπεξεργαστων υγρών αποβλήτων

Χημική επεξεργασία

Συγκρίνοντας με τις μεθόδους κατακρήμνισης με μέταλλα παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

1. Δεν αυξάνει την αλατότητα των αποδεκτών
2. Δεν απαιτείται μείωση του pH
3. Αυξάνεται η ρυθμιστική ικανότητα
4. Μείωση των ποσοτήτων ιλύος
5. Βελτιστοποίηση της νιτροποίησης

Τυπικά διαγράμματα ροής για την απομάκρυνση φωσφόρου με προσθήκη ασβέστου: α) σύστημα ενός σταδίου



Τυπικά διαγράμματα ροής για την απομάκρυνση φωσφόρου με προσθήκη ασβέστου: β) σύστημα δύο σταδίων

της ασβέστου

λύσης

(α)

Απόνερα πλύσης

Βοηθητικά μέσα διήθησης

Επεξεργασμένα απόβλητα

Νερό Πλύσης

Διοξειδίο του άνθρακα

Διοξειδίο του άνθρακα

Λάσπη

Λάσπη

Λάσπη προς τον ασβεστοποιητή ή προς απόρριψη

άσβεστος

Σθήσιμο της ασβέστου

Ταχεία ανάμιξη

Συσσωμάτωση

Καθίζηση

Ενανθράκωση

Καθίζηση

Ενανθράκωση

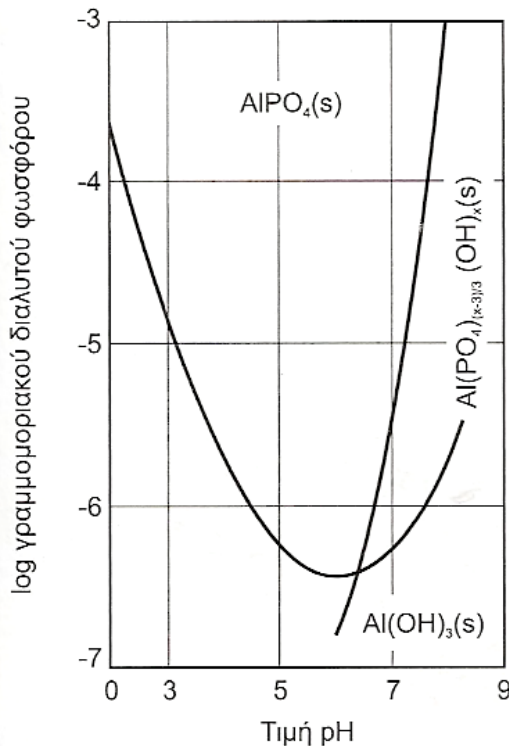
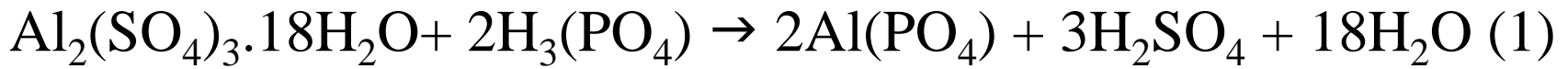
Φίλτρο

Είσοδος υγρών αποβλήτων

(β)

Χημική επεξεργασία

Κατακρήμνιση του φωσφόρου με αργίλιο:

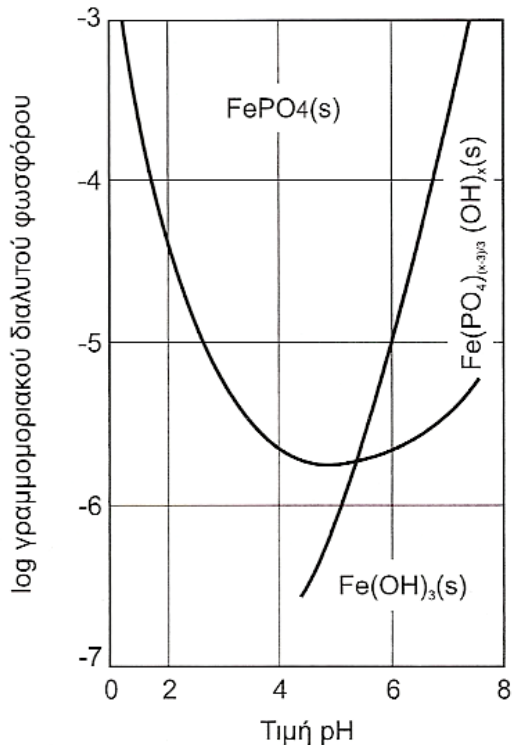


Συγκέντρωση φωσφορικού αργιλίου σε ισορροπία με διαλυτό φώσφορο

(α)

Χημική επεξεργασία

Κατακρήμνιση του φωσφόρου με σίδηρο:



(β)

Συγκέντρωση φωσφορικού σιδήρου σε ισορροπία με διαλυτό φώσφορο

Χημική επεξεργασία

Οι εξισώσεις 1 και 2 προτείνουν ότι ένα mole του αργιλίου ή του σιδήρου θα κατακρημνίσει έναν mole του φωσφορικού άλατος, βέβαια οι αντιδράσεις είναι πιο σύνθετες από αυτή την μορφή.

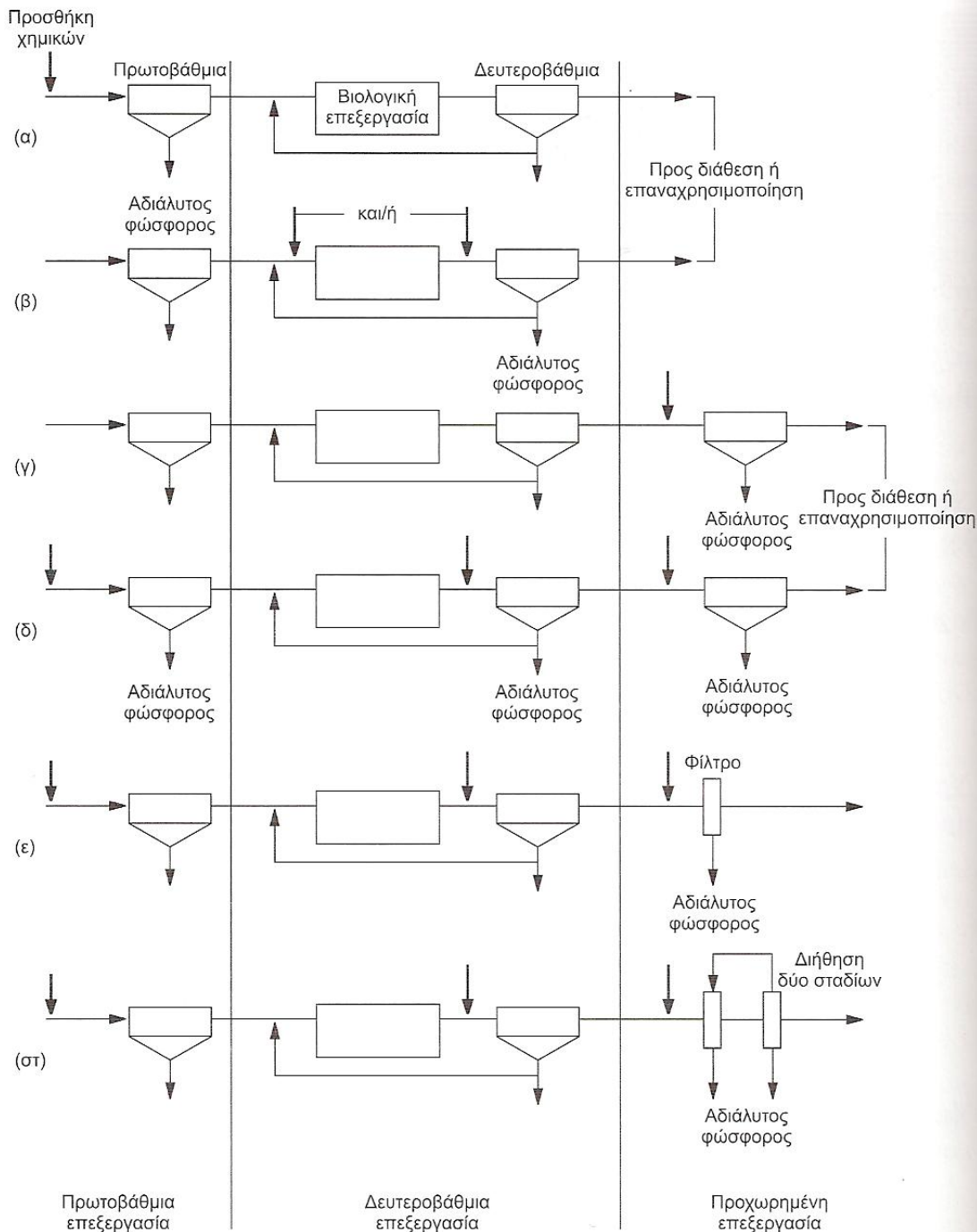
Μαζί με αυτές τις αντιδράσεις, σχηματίζονται και σύνθετες ενώσεις υδροξειδίου του αργιλίου και υδροξειδίου του σιδήρου.

Κατά συνέπεια η αντιδράσεις κατακρήμνισης δεν είναι στοιχειομετρικές.

Χημική επεξεργασία

Όπου η τελική συγκέντρωση του φωσφορικού άλατος είναι υψηλή, η αντίδραση είναι πιο κοντά στη στοιχειομετρική αναλογία 1:1,

αλλά όταν απαιτούνται χαμηλές τελικές συγκεντρώσεις φωσφόρου στην εκροή ($< 1,0 \text{ mg/L}$) υπάρχουν ανταγωνιστικότερες αντιδράσεις με τους σχηματισμούς υδροξειδίου και η μοριακή αναλογία άλατος μετάλλων προς τον φώσφορο αυξάνεται ουσιαστικά.



Εναλλακτικά σημεία προσθήκης χημικών για την απομάκρυνση φωσφόρου:

α) πριν την πρωτοβάθμια καθίζηση

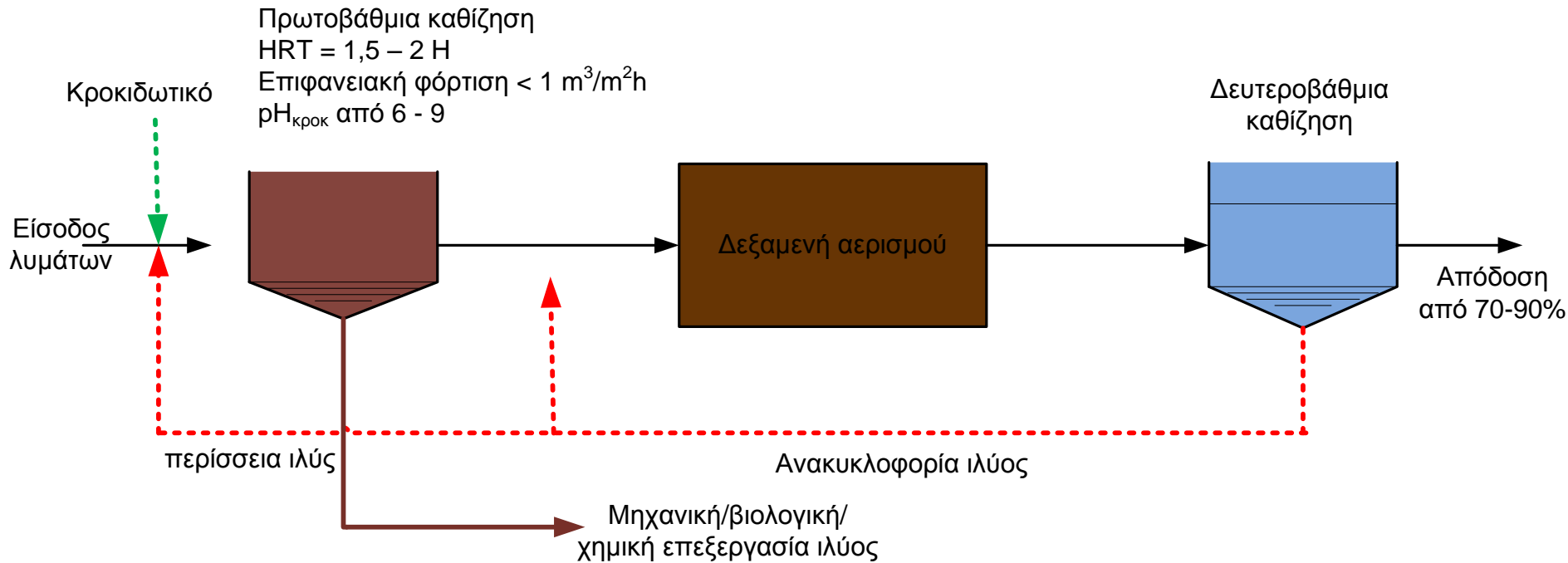
β) πριν ή/και μετά τη βιολογική επεξεργασία

γ) μετά τη δευτεροβάθμια επεξεργασία

δ-στ) πολυσημειακή επεξεργασία

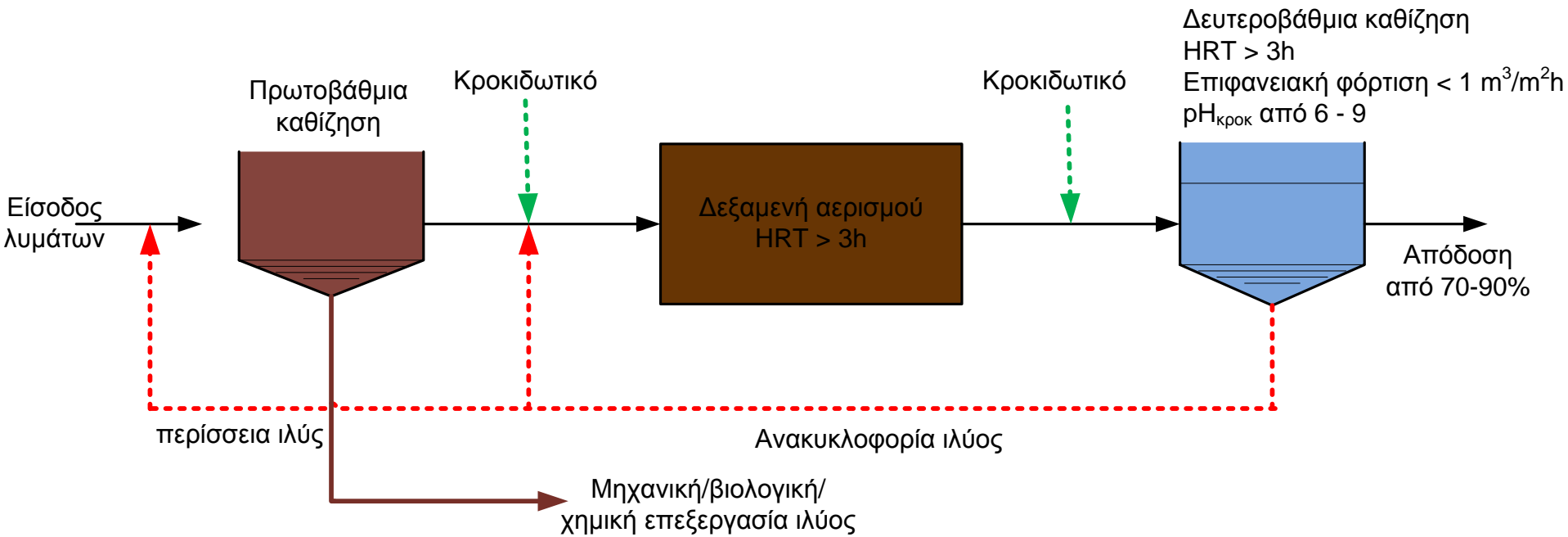
Χημική επεξεργασία

Διάγραμμα ροής της προτεταμένης ιζηματοποίησης



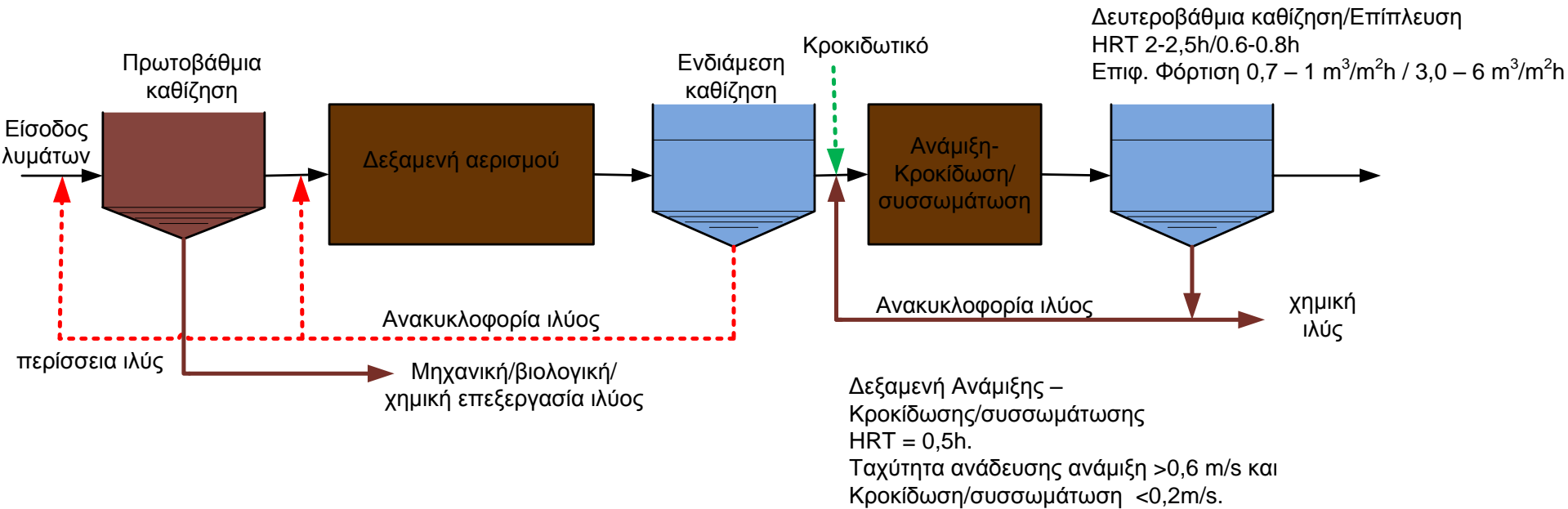
Χημική επεξεργασία

Διάγραμμα ροής της ταυτόχρονης ιζηματοποίησης



Χημική επεξεργασία

Διάγραμμα ροής της ακολουθούσας ιζηματοποίησης



Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από την προσθήκη χημικών σε διάφορα τμήματα μιας μονάδας επεξεργασίας για την απομάκρυνση φωσφόρου

Επίπεδο επεξεργασίας	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Πρωτοβάθμια	Μπορεί να εφαρμοστεί στις περισσότερες μονάδες· αυξημένη απομάκρυνση BOD και αιωρούμενων στερεών· μικρότερος βαθμός απώλειας μετάλλων ανάκτηση άσβεστου	Λιγότερο αποτελεσματική η χρήση μεταλλικών κροκιδωτικών· μπορεί να απαιτούνται πολυμερή για τη συσσωμάτωση· δυσκολότερη η αφυδάτωση της λάσπης από την αφυδάτωση της πρωτοβάθμιας λάσπης· Υπερβολική δόση μετάλλων μπορεί να προκαλέσει τοξικότητα χαμηλού pH· σε υγρά απόβλητα χαμηλής αλκαλικότητας μπορεί να απαιτείται ένα σύστημα ρύθμισης του pH· δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί άσβεστος λόγω της υψηλής αύξησης του pH· η προσθήκη αδρανών στερεών στο ανάμικτο υγρό της ενεργού ιλύος μειώνει το ποσοστό των πτητικών στερεών
Δευτεροβάθμια	Χαμηλότερο κόστος· μικρότερη δόση χημικών από την πρωτοβάθμια· βελτίωση της σταθερότητας της ενεργού ιλύος· δεν απαιτούνται πολυμερή	
Προχωρημένη κατακρήμνιση	Εκροή με τη χαμηλότερη συγκέντρωση φωσφόρου· αποτελεσματικότερη χρήση των μεταλλικών κροκιδωτικών· ανάκτηση άσβεστου	Υψηλό κόστος κεφαλαίου, υψηλή απώλεια μετάλλων
Προχωρημένη διήθηση ενός και δύο σταδίων	Το χαμηλό κόστος μπορεί να συνδυαστεί με την απομάκρυνση των υπολειπόμενων αιωρούμενων στερεών	Η διάρκεια του χρόνου διήθησης μπορεί να μειωθεί με τη χρήση διήθησης ενός σταδίου. Επιπλέον κόστος όταν χρησιμοποιείται διήθηση δυο σταδίων

Βιολογική αφαίρεση φωσφόρου- Βασικές αρχές

1. Απαιτείται μία αναερόβια δεξαμενή
2. Δεν επιτρέπεται να υφίστανται ή να εισέρχονται από πλάγια ρεύματα ανακυκλοφορίας, διαλυμένο οξυγόνο ή/και νιτρικά
3. Στην αναερόβια δεξαμενή θα πρέπει να είναι διαθέσιμες επαρκείς ποσότητες ευκολαδιασπάσιμου οργανικού φορτίου
4. Απαιτείται η παρουσία μονάδας αφαίρεσης των νιτρικών ή κατ' ελάχιστο αφαίρεση των νιτρικών στο ρεύμα ανακυκλοφορίας της ιλύος.

Η κατάταξη των διαφόρων μεθόδων ΒΑΦ βασίζεται ή σύμφωνα με την διάταξη της αναερόβιας δεξαμενής ή με το είδος της αφαίρεση αζώτου.

Βιολογική αφαίρεση φωσφόρου- Βασικές αρχές

1. Διάταξη αναερόβιας δεξαμενής

Κατά τις διαδικασίες **κυρίου ρεύματος** έρχεται η ιλύς σε επαφή με το συνολικό ρεύμα αποβλήτων.

Στις διαδικασίες **παράλληλου ρεύματος** η αναερόβια δεξαμενή παρατάσσεται στο ρεύμα ανακυκλοφορίας της ιλύος και δεν έχει καμία ή ελάχιστη επαφή με τα υγρά απόβλητα

2. Είδος αφαίρεσης του αζώτου

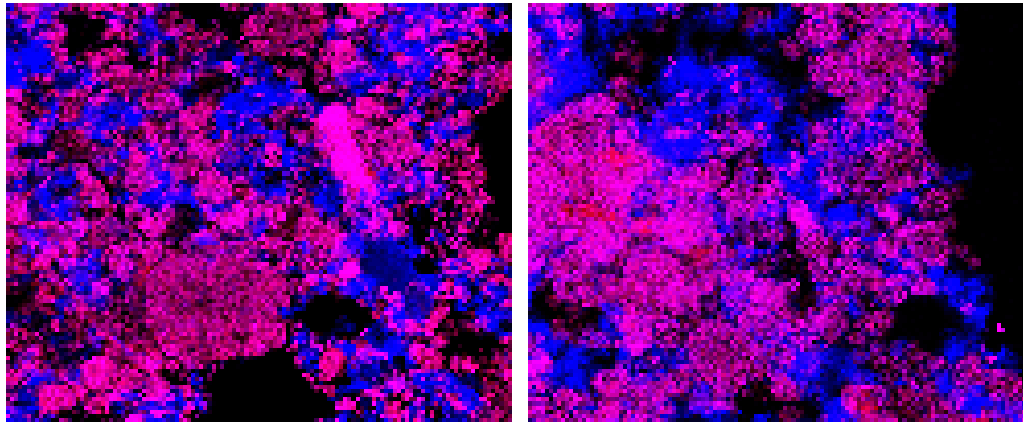
Η αφαίρεση του φωσφόρου μπορεί να επιτευχθεί

- α. Μετά από πλήρη απονιτροποίηση
- β. Μετά από μερική απονιτροποίηση
- γ. Χωρίς καμία απονιτροποίηση

Βιολογική αφαίρεση φωσφόρου- Βασικές αρχές μικροβιολογίας

Στη ΒΑΦ, ο φώσφορος στην εισροή είναι ενσωματωμένος στα κύτταρα της βιομάζας και στη συνέχεια απομακρύνεται από τη διεργασία μέσω της απόρριψης της ιλύος.

Οι οργανισμοί που συσσωρεύουν το φώσφορο (Phosphorous Accumulating Organisms, PAO-ροζ-χρώση) αυξάνονται και καταναλώνουν φώσφορο σε συστήματα όπου χρησιμοποιούνται διατάξεις αντιδραστήρων, που παρέχουν στα PAO ευνοϊκές συνθήκες ανάπτυξης έναντι των άλλων βακτηρίων.

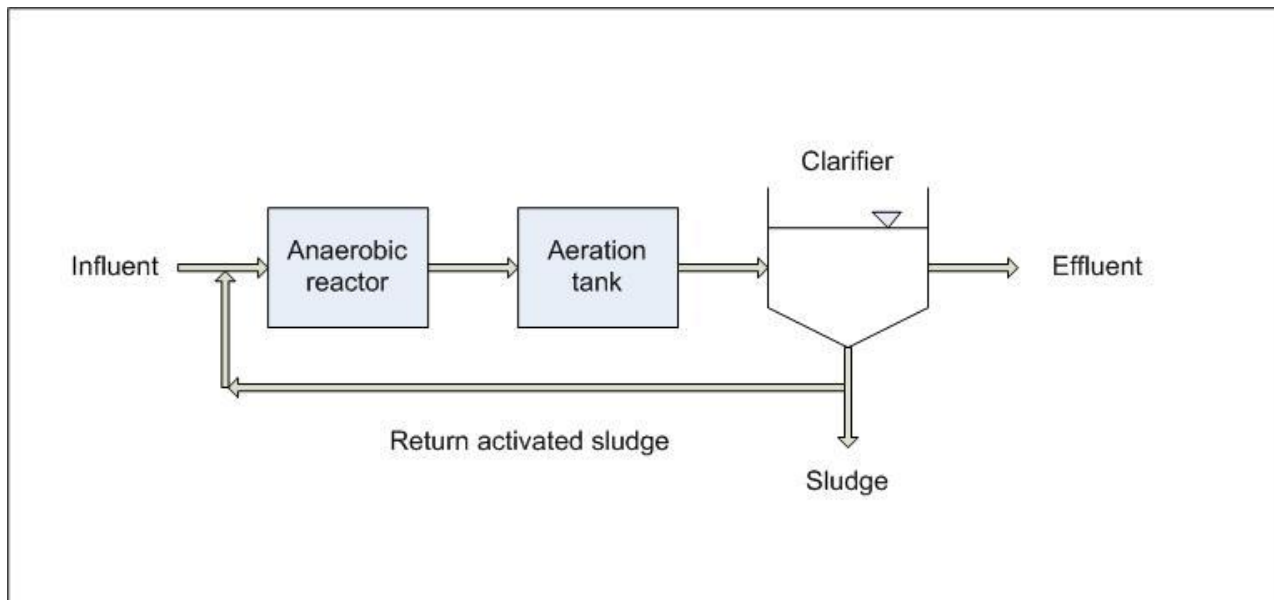


Βιολογική αφαίρεση φωσφόρου- Βασικές αρχές μικροβιολογίας

Η διάταξη των αντιδραστήρων που χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση του φωσφόρου αποτελούνται από μια **αναερόβια δεξαμενή** με τ από 0.50 h ως 0.10 h που **βρίσκεται μπροστά** από μια δεξαμενή αερισμού ενεργού ιλύος (Σχήμα).

Το περιεχόμενο της αναερόβιας δεξαμενής **αναμιγνύεται** ώστε η ενεργός ιλύς που ανακυκλώνεται να έρθει σε επαφή με τα εισερχόμενα υγρά απόβλητα.

Αναερόβιες δεξαμενές επαφής έχουν τοποθετηθεί μπροστά από διαφορετικούς τύπους διεργασιών αιωρούμενης βιομάζας με αερόβιες τιμές SRT που κυμαίνονται από 2 μέχρι 40 ημέρες.



Βιολογική αφαίρεση φωσφόρου- Βασικές αρχές μικροβιολογίας

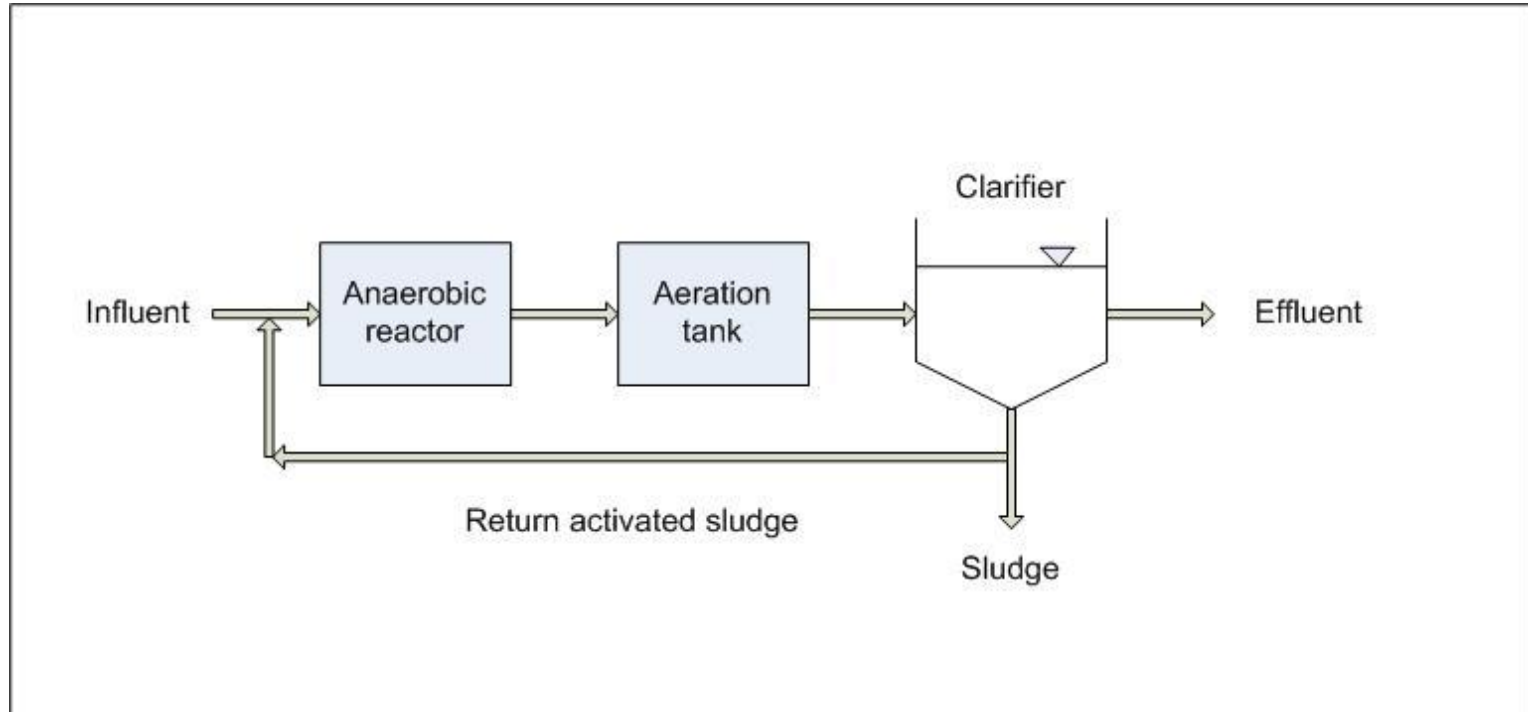
Η απομάκρυνση του φωσφόρου στα βιολογικά συστήματα βασίζεται στις ακόλουθες παρατηρήσεις:

1. Πλήθος βακτηρίων είναι ικανά να αποθηκεύσουν μεγάλες ποσότητες φωσφόρου ως πολυφωσφορικά στα κύτταρά τους.
2. Σε αναερόβιες συνθήκες, τα ΡΑΟ θα αφομοιώσουν τα προϊόντα της ζύμωσης (π.χ. πτητικά λιπαρά οξέα) σε προϊόντα αποθήκευσης μέσα στα κύτταρα, με τη συνακόλουθη έκλυση φωσφόρου από τα αποθηκευμένα πολυφωσφορικά.
3. Σε αερόβιες συνθήκες, παράγεται ενέργεια από την οξείδωση των προϊόντων αποθήκευσης και η αποθήκευση των πολυφωσφορικών στα κύτταρα αυξάνεται .

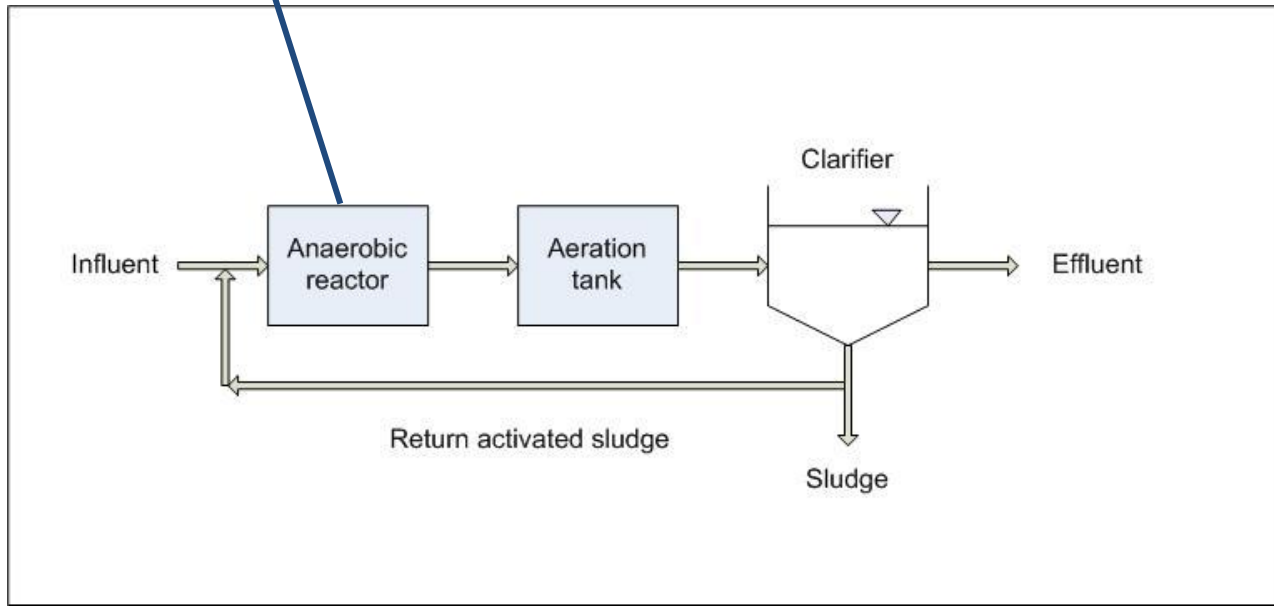
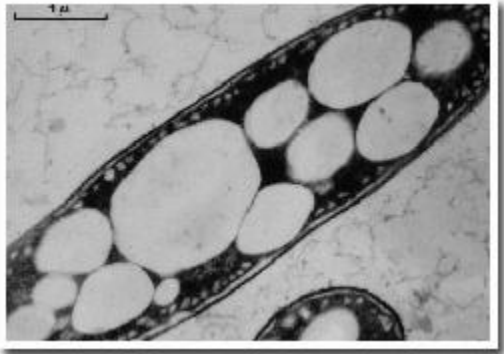
Βιολογική αφαίρεση φωσφόρου- Βασικές αρχές μικροβιολογίας

Σε πολλές εφαρμογές για την απομάκρυνση του φωσφόρου, ένας **ανοξικός** αντιδραστήρας ακολουθεί έναν **αναερόβιο** και προηγείται ενός **αερόβιου** αντιδραστήρα.

Τα περισσότερα PAOs **μπορούν να χρησιμοποιήσουν νιτρικά** αντί του οξυγόνου για να οξειδώσουν την αποθηκευμένη πηγή άνθρακά τους



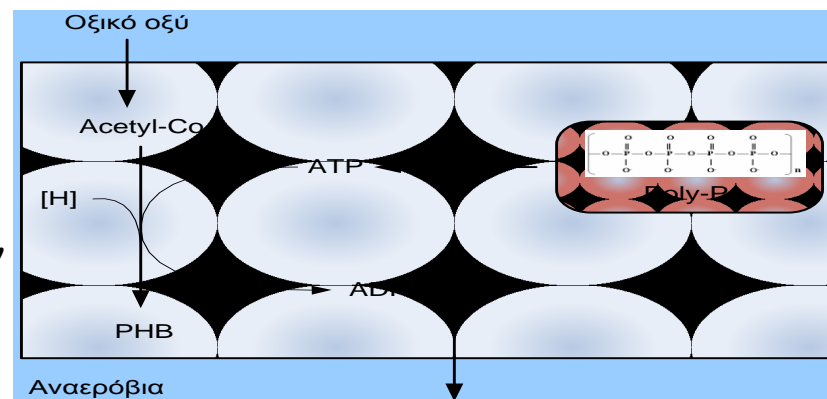
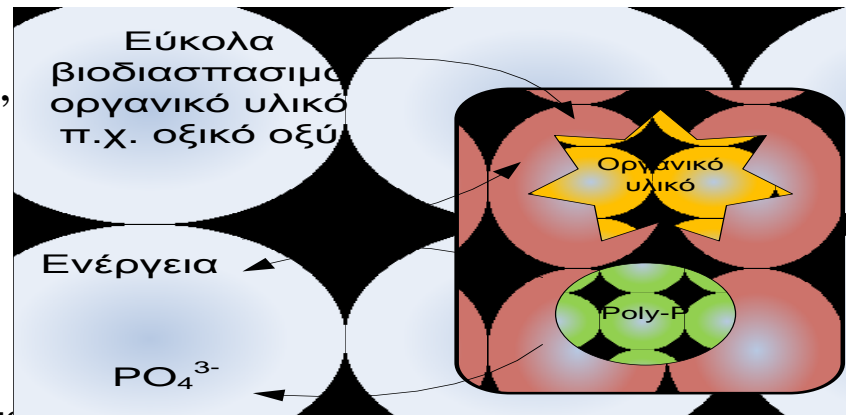
Βιολογική αφαίρεση φωσφόρου- Βασικές αρχές μικροβιολογίας



Βιολογική αφαίρεση φωσφόρου

Διεργασίες που Λαμβάνουν Χώρα στην Αναερόβια Ζώνη

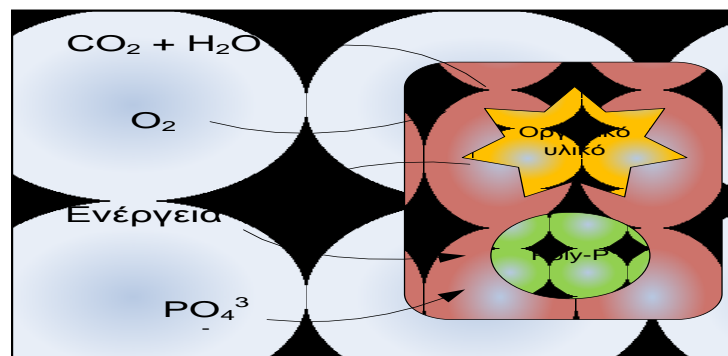
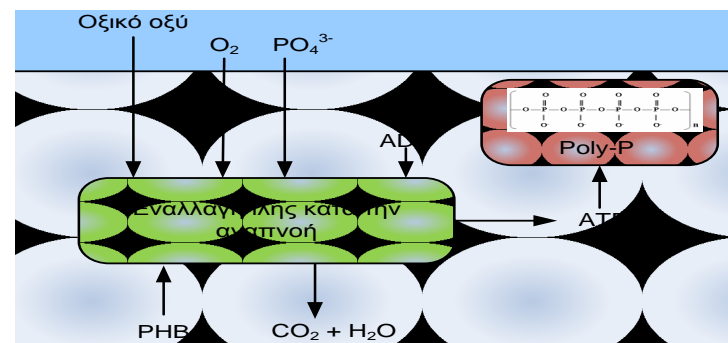
- Το οξικό οξύ παράγεται από τη ζύμωση του bsCOD
- Ανάλογα με την τιμή τ για την αναερόβια ζώνη, κλάσμα του κολλοειδούς και του σωματιδιακού COD υδρολύεται και μετατρέπεται σε οξικό οξύ (μικρή ποσότητα σε σχέση με τη μετατροπή του bsCOD).
- Τα PAO χρησιμοποιώντας τη διαθέσιμη ενέργεια από τα αποθηκευμένα πολυφωσφορικά, αφομοιώνουν το οξικό οξύ και παράγουν ενδοκυτταρική πολυδροξυβουτυράση ως προϊόντα αποθήκευσης (PHB).
- Χρησιμοποιούνται κάποια από τα γλυκογόνα που περιλαμβάνονται στο κύτταρο.
- Ταυτόχρονα με τη λήψη του οξικού οξέος, συμβαίνει απελευθέρωση ορθοφωσφορικών (o-PO_4), κατιόντων μαγνησίου, καλίου και ασβεστίου.
- Το περιεχόμενο των PAO σε PHB αυξάνει όταν τα πολυφωσφορικά μειώνονται.



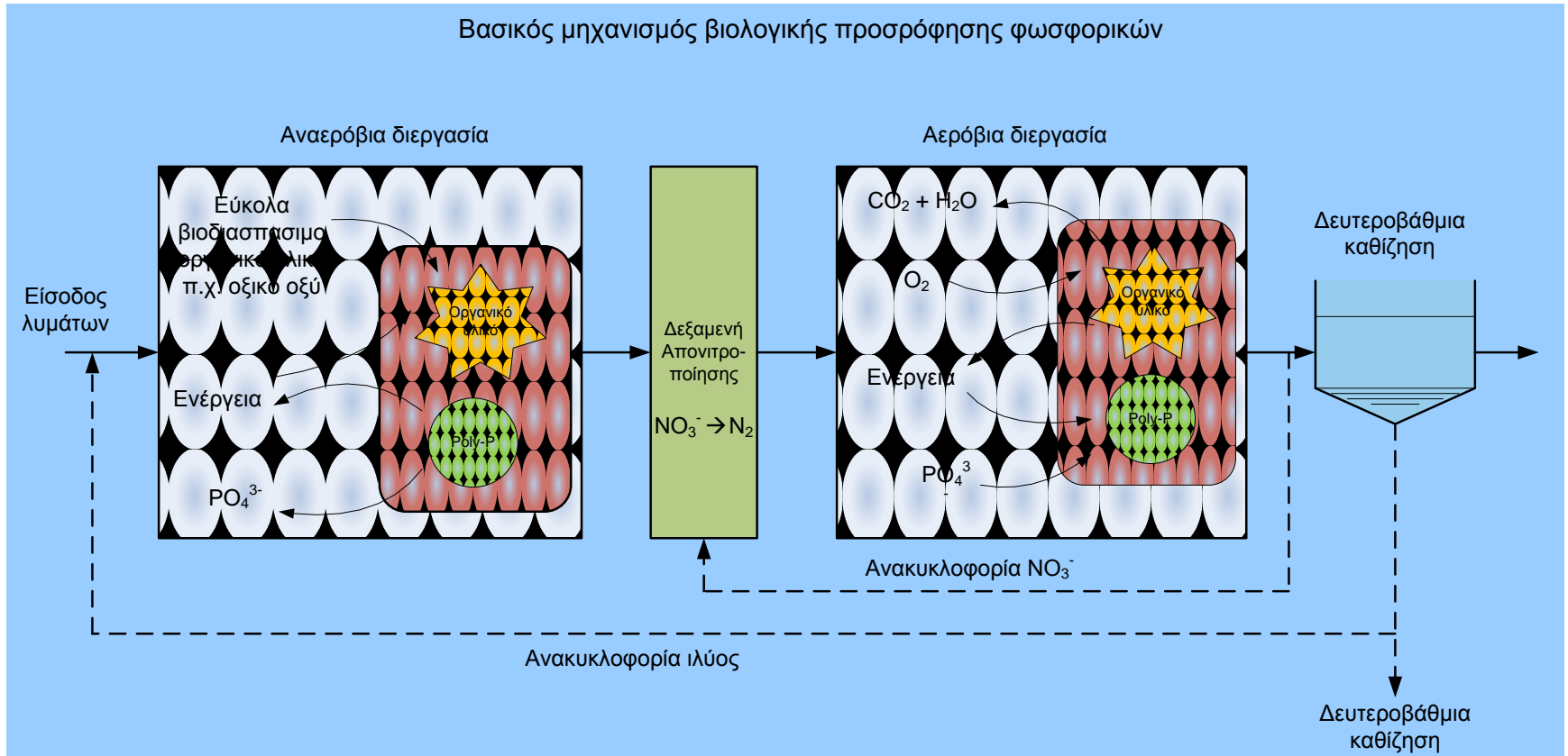
Βιολογική αφαίρεση φωσφόρου

Διεργασίες που Λαμβάνουν Χώρα στην Αερόβια/Ανοξική Ζώνη

- Το αποθηκευμένο **PHB** μεταβολίζεται, παρέχοντας τον άνθρακα και την ενέργεια από την οξείδωση, για την αύξηση των κυττάρων.
- Κάποιο γλυκογόνο παράγεται όταν το PHB μεταβολίζεται.
- Η ενέργεια που εκλύεται από την οξείδωση του PHB χρησιμοποιείται για το σχηματισμό πολυφωσφορικών δεσμών στις κυτταρικές αποθήκες, έτσι ώστε τα διαλυτά ορθοφωσφορικά ($o\text{-PO}_4$) να απομακρύνονται από το διάλυμα και να ενσωματώνονται στα πολυφωσφορικά μέσα στα βακτηριακά κύτταρα.
- Επιπλέον, λαμβάνει χώρα ανάπτυξη των κυττάρων λόγω κατανάλωσης PHB και παράγεται νέα βιομάζα με υψηλή αποθήκευση πολυφωσφορικών
- Απομάκρυνση του φωσφόρου με την περίσσεια ιλύ.

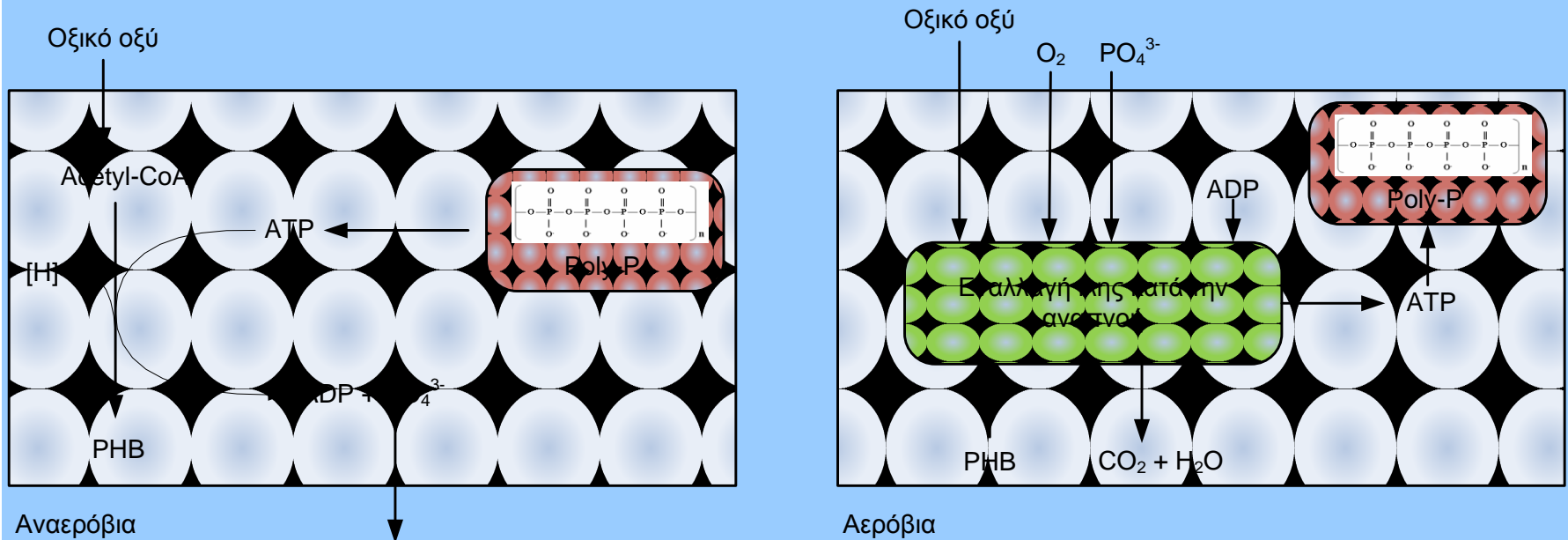


Μηχανισμός διεργασίας



Πορεία του διαλυμένου BOD και του φωσφόρου σε αντιδραστήρα απομάκρυνσης θρεπτικών.

Σχήμα των αναερόβιων και αερόβιων αντιδράσεων εναλλαγής της ίλης στο *Acinetobacter* με οξικό οξύ ως υπόστρωμα



ATP = Τριφωσφορική αδενοσίνη, ADP = Διφωσφορική αδενοσίνη, Co-A = Συνένζυμο-A, [H] = Ισοδύναμο αναγωγής (NADH)
 PHB = Πολύ-β-υδρόξυ-βουτυρικό οξύ (=οργανικό εφεδρικό υλικό), Poly-P = Πολυφωσφορικό

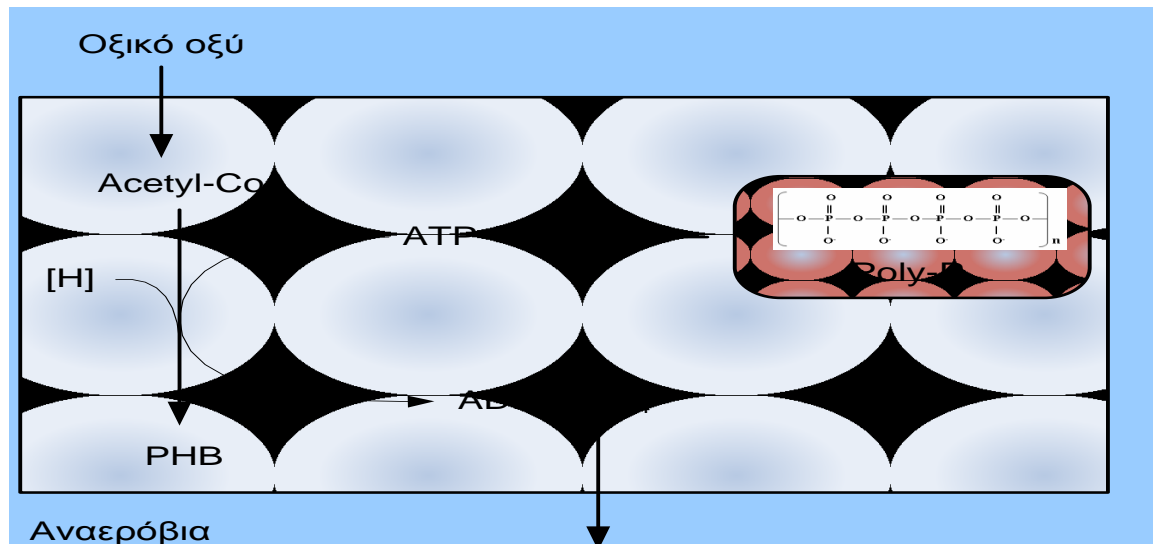
Βιολογική αφαίρεση φωσφόρου

Μικροβιολογία

Ο φώσφορος είναι σημαντικός στο **μηχανισμό μεταφοράς ενέργειας στο κύτταρο** μέσω της τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP) και των πολυφωσφορικών.

Όταν παράγεται ενέργεια στις αντιδράσεις οξειδοαναγωγής, η διφωσφορική αδενοσίνη (ADP) μετατρέπεται σε ATP και 7.4 kcal/mole ενέργειας δεσμεύεται στους φωσφορικούς δεσμούς.

Καθώς το κύτταρο καταναλώνει ενέργεια, το ATP μετατρέπεται σε ADP με απελευθέρωση φωσφόρου.



Βιολογική αφαίρεση φωσφόρου

Μικροβιολογία

Για τα συνηθισμένα ετερότροφα βακτήρια στην επεξεργασία ενεργού ιλύος, η τυπική σύνθεση σε φώσφορο είναι 1.5 ως 2.0 %.

Ωστόσο, πολλά βακτήρια μπορούν να αποθηκεύσουν φώσφορο στα κύτταρά τους με τη μορφή εμπλουτισμένων πολυφωσφορικών, με αποτέλεσμα η περιεκτικότητα σε φώσφορο να κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα, 20 ως 30 % του ξηρού βάρους.

Τα πολυφωσφορικά περιέχονται σε σωματίδια, μέσα στα κύτταρα, μαζί με κατιόντα Mg^{2+} , Ca^{2+} και K^+ .

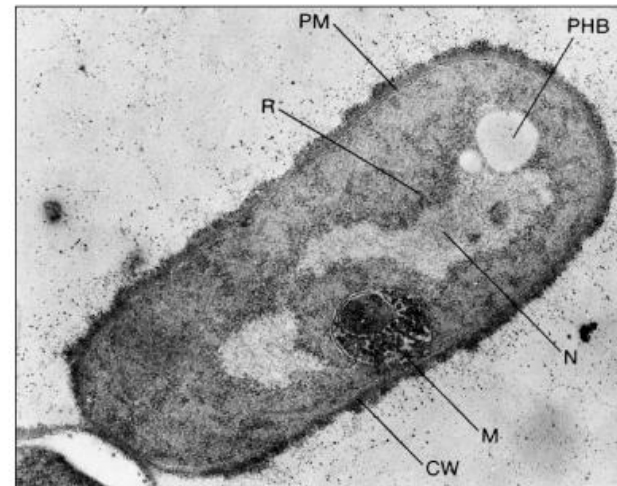
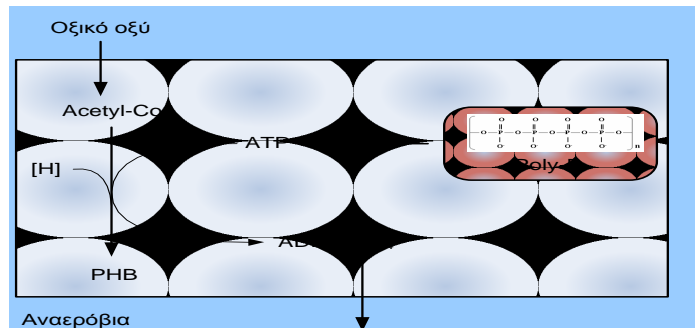
Βιολογική αφαίρεση φωσφόρου

Μικροβιολογία

Στην αναερόβια ζώνη, υψηλές συγκεντρώσεις o-PO_4 μπορούν να μετρηθούν στο υγρό έως 40 mg/L , σε σύγκριση με τη συγκέντρωση στην εισροή που είναι συνήθως 5 ως 8 mg/L .

Η υψηλή συγκέντρωση σε o-PO_4 σε αυτήν την ζώνη είναι μια ένδειξη πιθανής απελευθέρωσης φωσφόρου από τα βακτήρια.

Επίσης σε αυτήν την ζώνη, βρίσκονται σημαντικές ποσότητες της πολυ-β-υδροξυβουτυράσης (PHB), αποθηκευμένης στα κύτταρα των βακτηρίων, αλλά η συγκέντρωση της PHB μειώνεται αρκετά στις ακόλουθες ανοξικές ή/και αερόβιες ζώνες και μπορεί να αναλυθεί και να μετρηθεί.

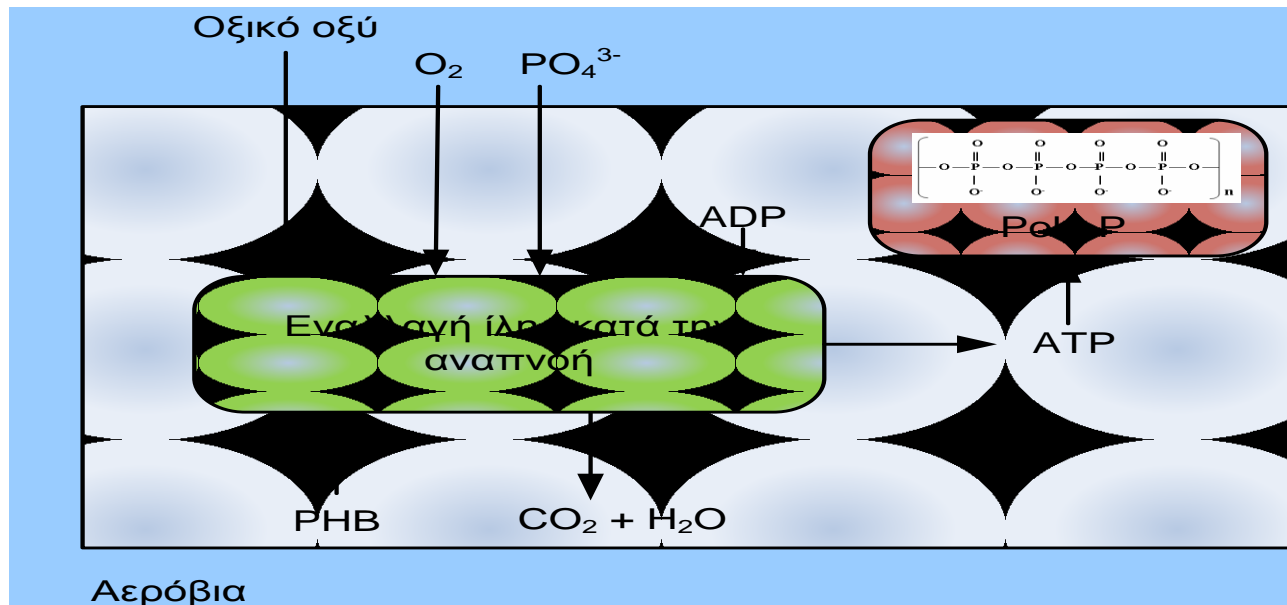


Βιολογική αφαίρεση φωσφόρου

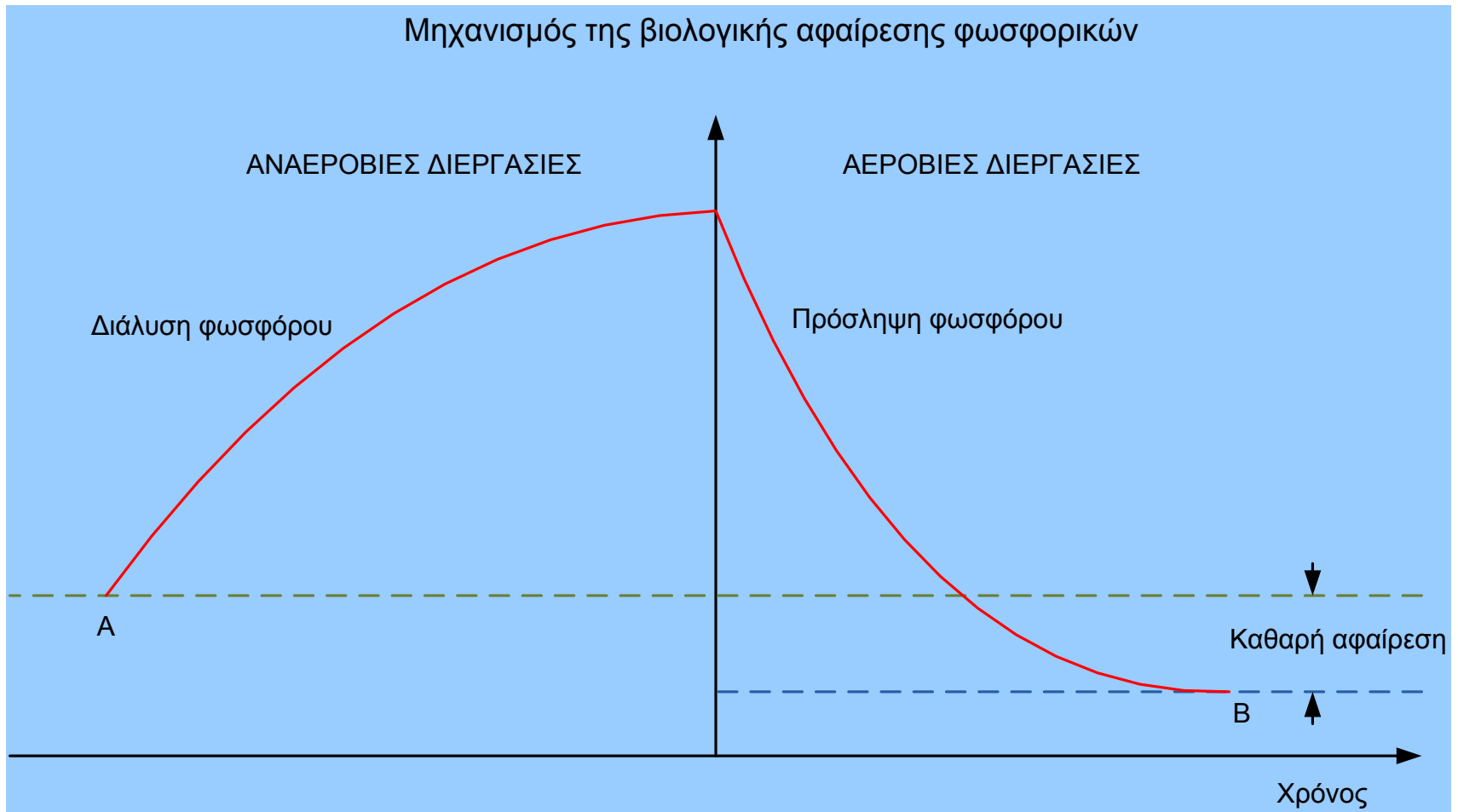
Μικροβιολογία

Το ο- PO_4 λαμβάνεται από τα διαλύματα στις αερόβιες και ανοξικές ζώνες, και οδηγεί γενικά σε πολύ χαμηλές υπολειμματικές συγκεντρώσεις.

Το οξικό οξύ είναι σημαντικό για τον σχηματισμό PHB υπό αναερόβιες συνθήκες, δίνονται ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα στα PAO.



Πορεία του διαλυμένου BOD και του φωσφόρου σε αντιδραστήρα απομάκρυνσης θρεπτικών.



Βιολογική αφαίρεση φωσφόρου

Μικροβιολογία

Η αναερόβια ζώνη στην αναερόβια/αερόβια επεξεργασία καλείται και «επιλογέας», επειδή παρέχει τις συνθήκες που ευνοούν τον πολλαπλασιασμό των ΡΑΟ,

(ένα μέρος του εισερχόμενου $bCOD$ καταναλώνεται από τα ΡΑΟ και όχι άλλα ετερότροφα βακτήρια)

Τα ΡΑΟ προτιμούν υποστρώματα που είναι προϊόντα ζύμωσης με χαμηλό μοριακό βάρος,

↳ η προτιμώμενη πηγή τροφής δεν θα ήταν διαθέσιμη χωρίς την αναερόβια ζώνη που παρέχει τη ζύμωση του εισερχόμενου $bsCOD$ σε οξικό οξύ

Εξαιτίας της ικανότητας αποθήκευσης πολυφωσφορικών, τα ΡΑΟ έχουν διαθέσιμη αρκετή ενέργεια για να αφομοιώσουν το οξικό οξύ στην αναερόβια ζώνη.

(ενώ άλλα αερόβια ετερότροφα βακτήρια δεν έχουν τέτοιο μηχανισμό για τη λήψη οξικού οξέος και δεν βρίσκουν τροφή)

Βιολογική αφαίρεση φωσφόρου

Μικροβιολογία

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα ΡΑΟ σχηματίζουν **πολύ πυκνά συσσωματώματα** στην ενεργό ιλύ, με ικανοποιητικές **ιδιότητες καθίζησης**, το οποίο αποτελεί ένα επιπλέον πλεονέκτημα.

Σε μερικές εγκαταστάσεις, η αναερόβια/αερόβια ακολουθία διεργασιών χρησιμοποιήθηκε εξαιτίας του πλεονεκτήματος της ιλύος για καθίζηση, ακόμα κι αν δεν απαιτούνταν βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου.

Βιολογική αφαίρεση φωσφόρου

Μικροβιολογία

Πρέπει να δοθεί προσοχή στη διαχείριση της απορριπτόμενης ιλύος από συστήματα βιολογικής απομάκρυνσης φωσφόρου, διότι μπορεί να οδηγήσει σε μια χαμηλότερη αποδοτικότητα ως προς την απομάκρυνση φωσφόρου βιολογικής διεργασίας (δευτερογενής απελευθέρωση):

1. Όταν η ιλύς αποθηκεύεται σε αναερόβιες συνθήκες συμβαίνει απελευθέρωση φωσφόρου.
2. Απελευθέρωση ο-PO₄ είναι δυνατή ακόμη και χωρίς προσθήκη οξικού οξέος, αφού τα βακτήρια μπορούν να χρησιμοποιήσουν ως πηγή ενέργειας τα αποθηκευμένα πολυφωσφορικά.
3. Η απελευθέρωση ο-PO₄ μπορεί επίσης να λαμβάνει χώρα μετά από παρατεταμένο χρόνο επαφής στην αναερόβια ζώνη του συστήματος βιολογικής απομάκρυνσης φωσφόρου.

(Στην περίπτωση αυτή ο εκκλύομενος φώσφορος δεν μπορεί να ληφθεί στην αερόβια ζώνη, επειδή η απελευθέρωση δεν συνοδεύεται από λήψη οξικού οξέος και αποθήκευση PHB για επόμενη οξείδωση)

Βιολογική αφαίρεση φωσφόρου

Στοιχειομετρία της Βιολογικής Απομάκρυνσης Φωσφόρου

↳ Η πρόσληψη οξικού οξέος στην αναερόβια ζώνη είναι κρίσιμη για τον προσδιορισμό της ιδιότητας των ΡΑΟ που θα παραχθούν και επομένως, της ποσότητας του φωσφόρου που μπορεί να απομακρυνθεί.

↳ Όταν εισέλθουν στην αναερόβια ζώνη σημαντικές ποσότητες διαλυμένου οξυγόνου ή νιτρικών, το οξικό οξύ μπορεί να μειωθεί προτού να χρησιμοποιηθεί από τα ΡΑΟ και η απόδοση της επεξεργασίας θα ελαττωθεί.

↳ Η βιολογική απομάκρυνση του φωσφόρου δεν χρησιμοποιείται στα συστήματα που σχεδιάζονται με νιτροποίηση και στα οποία δεν περιλαμβάνονται μέσα για την απονιτροποίηση

Βιολογική αφαίρεση φωσφόρου

Στοιχειομετρία της Βιολογικής Απομάκρυνσης Φωσφόρου

Η ποσότητα του φωσφόρου που απομακρύνεται με βιολογική αποθήκευση μπορεί να υπολογιστεί από την ποσότητα του bsCOD που διατίθεται από τα υγρά απόβλητα στην εισροή, δεδομένου ότι το μεγαλύτερο μέρος του bsCOD θα μετατραπεί σε οξικό οξύ στο μικρό αναερόβιο υδραυλικό χρόνο παραμονής τ.

Στον υπολογισμό της στοιχειομετρίας για τη βιολογική απομάκρυνση του φωσφόρου χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες υποθέσεις:

1. 1.06 g οξικού οξέος/g bsCOD θα παραχθεί, αφού το μεγαλύτερο μέρος του COD που υφίσταται ζύμωση θα μετατραπεί σε VFA λόγω της χαμηλής κυτταρικής απόδοσης από τη διαδικασία της ζύμωσης,
2. μια κυτταρική απόδοση 0.30 g VSS/g οξικού οξέος και
3. περιεκτικότητα κυττάρων σε φώσφορο 0.3 g P/gVSS.

Χρησιμοποιώντας αυτές τις παραδοχές για την απομάκρυνση 1 g φωσφόρου από το μηχανισμό βιολογικής αποθήκευσης απαιτούνται 10 g bsCOD.

Βιολογική αφαίρεση φωσφόρου

Στοιχειομετρία της Βιολογικής Απομάκρυνσης Φωσφόρου

Η βέλτιστη λειτουργία για τα συστήματα απομάκρυνσης του φωσφόρου επιτυγχάνεται όταν το bsCOD ή το οξικό οξύ είναι διαθέσιμα με ένα σταθερό ρυθμό.

Περίοδοι τροφοπενίας ή χαμηλών συγκεντρώσεων bsCOD έχουν ως αποτέλεσμα, μεταβολές

1. στην ενδοκυτταρική αποθήκευση του γλυκογόνου,
2. των PHB και των πολυφωσφορικών και
3. γρήγορα οδηγούν σε μειωμένη αποδοτικότητα την απομάκρυνση του φωσφόρου

Βιολογική αφαίρεση φωσφόρου

Κινητική της Ανάπτυξης

Η κινητική ανάπτυξης κατά τη βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου είναι της ίδιας τάξης μεγέθους με αντίστοιχα ετερότροφα βακτήρια.

Οι Mamais and Jenkins (1992) έδειξαν ότι η βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου μπορεί να διατηρηθεί στα αναερόβια/αερόβια συστήματα όταν το **SRT** είναι μεγαλύτερο από 2.5 ημέρες στους 20°C.

Ο μέγιστος ειδικός ρυθμός αύξησης στους 20° C δίνεται ως 0.95 g/g_d (Barker and Dold, 1997).

Βιολογική αφαίρεση φωσφόρου

Περιβαλλοντικοί Παράγοντες

1. Η απόδοση των συστημάτων δεν επηρεάζεται από το DO εφόσον η συγκέντρωση του DO στην αερόβια ζώνη είναι υψηλότερη από 1.0 mg/L. Σε τιμές pH κάτω από 6.5, η απόδοση της απομάκρυνσης του φωσφόρου μειώνεται σημαντικά (Sedlak, 1991).
2. Στα βιολογικά συστήματα απομάκρυνσης φωσφόρου, πρέπει να είναι διαθέσιμα επαρκή κατιόντα που συνδέονται με την αποθήκευση των πολυφωσφορικών.
3. Οι συνιστάμενοι μοριακοί λόγοι του Mg, K και Ca προς το φώσφορο είναι 0.71, 0.50 και 0.25, αντίστοιχα (Wentzel et al., 1989).
 - 3.1 Κατά συνέπεια, για μια διαλυτή συγκέντρωση φωσφόρου στην εισροή 10 mg/L, θα απαιτούνται 5.6, 6.3 και 3.2 mg/L Mg, K και Ca, αντίστοιχα.
 - 3.2 Οι σχετικές ποσότητες αυτών των κατιόντων που σχετίζονται με την αποθήκευση των φωσφορικών είναι 0.28, 0.26 και 0.09 mole/mole φωσφόρου, αντίστοιχα (Sedlak, 1991).
 - 3.3 Στα περισσότερα αστικά λύματα υπάρχει ικανοποιητική ποσότητα

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΦΩΣΦΟΡΟΥ

ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΥΡΙΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ
ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΦΩΣΦΟΡΟΥ

Η μέθοδος A/O (Anaerobic-Oxic) Phoredox



(α)

Phoredox A/O (Anaerobic-Oxic)

Χαρακτηριστικά της μεθόδου A/O είναι :

- Περιλαμβάνει δύο στάδια αναερόβιο και αερόβιο το καθένα έχει ισομεγέθεις δεξαμενές πλήρους ανάμιξης
- Ο αναερόβιος χρόνος παραμονής είναι 30 min με 1 h
- Η προδιαγραφές δεν απαιτούν νιτροποίηση!
- Επικρατούν χαμηλοί SRT, ώστε να αποτραπεί η νιτροποίηση
- Το SRT για την αναερόβια ζώνη του μικτού υγρού είναι 2 με 3 d στους 20°C και 4 με 5 d στους 10°C.
- Όταν η νομοθεσία απαιτεί και νιτροποίηση τότε είναι αναγκαία και η απονιτροποίηση ώστε να μην σταματήσει η ΒΑ εξαιτίας των νιτρικών στην RAS

Phoredox-Πλεονεκτήματα και περιορισμοί

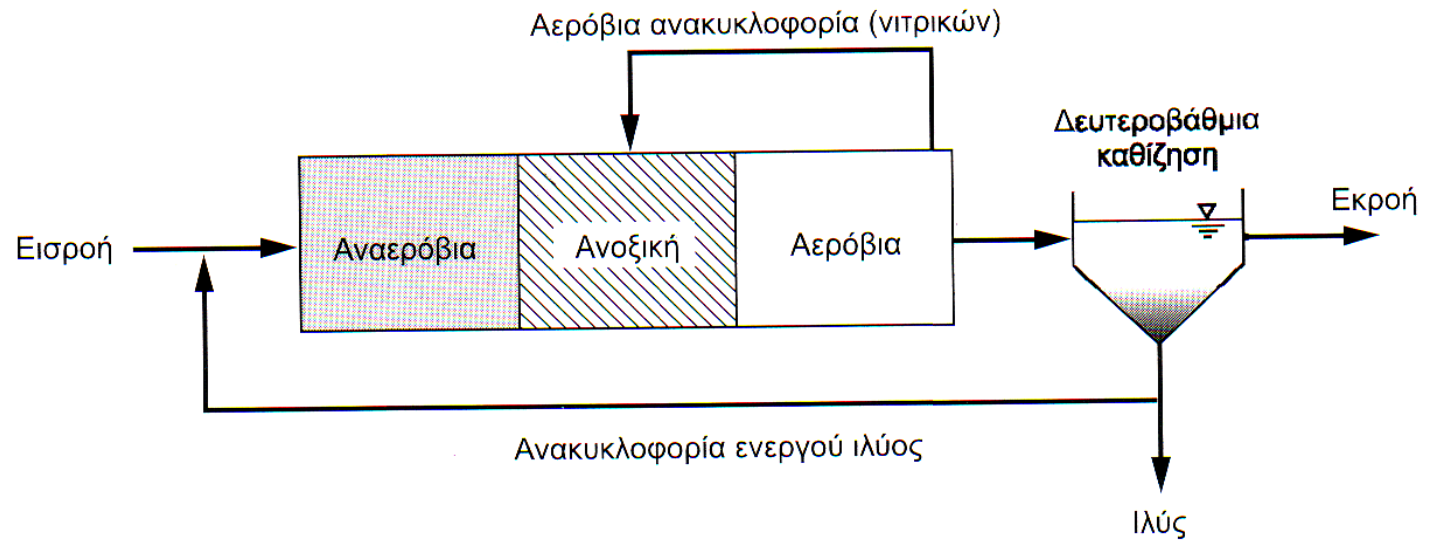
Πλεονεκτήματα

- Η λειτουργία είναι σχετικά απλή όταν συγκρίνεται με άλλες διεργασίες
- Είναι δυνατός ένας χαμηλός λόγος BOD/ P
- Σχετικά σύντομος υδραυλικός χρόνος παραμονής
- Παράγει ιλύ που μπορεί να υποστεί καλή καθίζηση
- Καλή απομάκρυνση του φωσφόρου

Περιορισμοί

- Η απομάκρυνση του φωσφόρου μειώνεται εάν συμβεί νιτροποίηση
- Περιορισμένη ευελιξία ελέγχου της διεργασίας

Η μέθοδος A²/O



(β)

Η μέθοδος A²/O

- Η διεργασία A²/O είναι μια τροποποίηση της διεργασίας A/O και παρέχει μια ανοξική ζώνη για την απονιτροποίηση
- Ο χρόνος παραμονής στην ανοξική ζώνη είναι περίπου 1 h
- Η ανοξική ζώνη είναι ελλειμματική σε διαλυμένο οξυγόνο
- Το χημικά δεσμευμένο οξυγόνο εισάγεται με τη μορφή νιτρικών με την ανακυκλοφορία του νιτροποιημένου μικτού υγρού από την αερόβια δεξαμενή
- Η χρήση της ανοξικής ζώνης ελαχιστοποιεί το ποσό των νιτρικών που τροφοδοτούνται στην αναερόβια ζώνη

A²/O -Πλεονεκτήματα και περιορισμοί

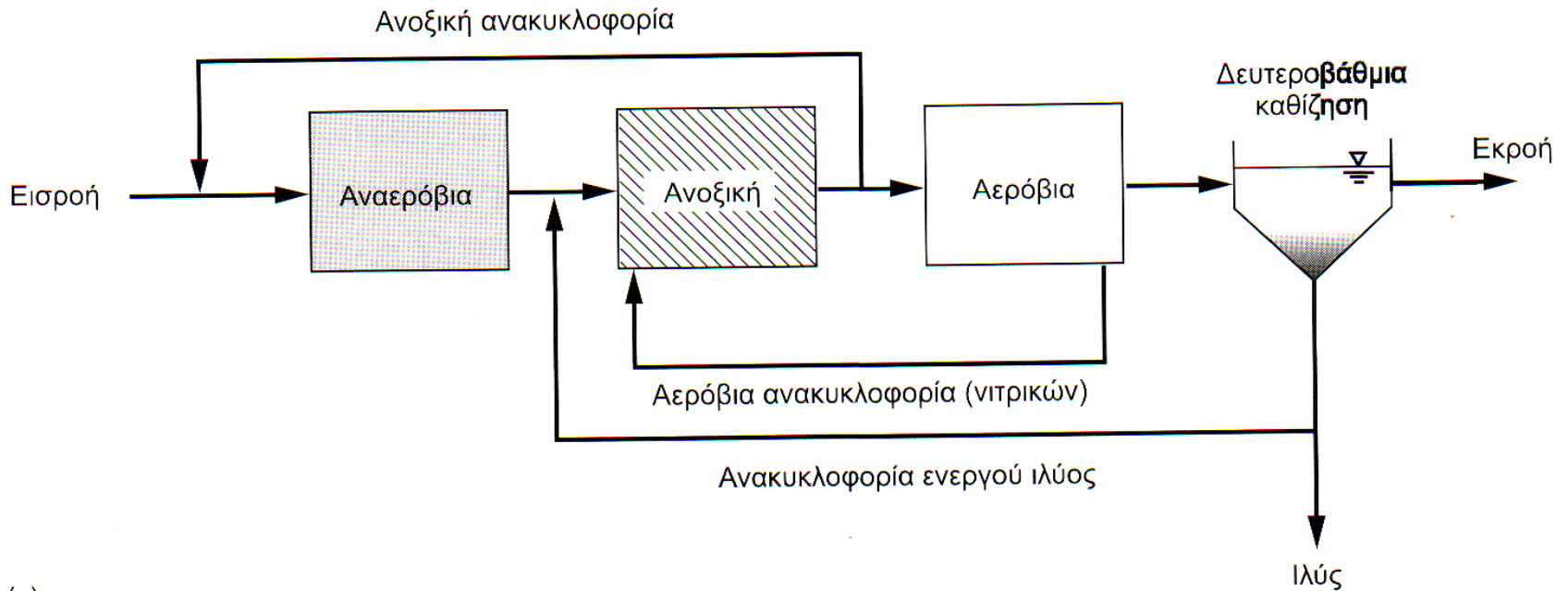
Πλεονεκτήματα

- Απομακρύνει και φώσφορο και άζωτο
- Παρέχει αλκαλικότητα για τη νιτροποίηση
- Παράγει ιλύ που μπορεί να υποστεί καλή καθίζηση
- Η λειτουργία είναι σχετικά απλή
- Εξοικονομεί ενέργεια

Περιορισμοί

- Η RAS που περιέχει νιτρικά ανακυκλοφορείται στην αναερόβια ζώνη, με συνέπεια να επηρεάζει την ικανότητα απομάκρυνσης φωσφόρου
- Η απομάκρυνση του αζώτου περιορίζεται από το λόγο της εσωτερικής ανακυκλοφορίας
- Απαιτεί υψηλότερο λόγο BOD/P από τη διεργασία A/O

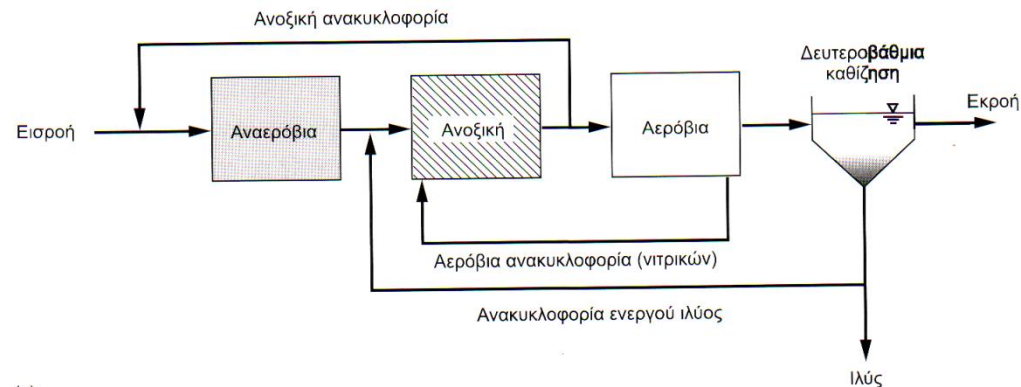
Η μέθοδος του Πανεπιστημίου του Κέιπ Τάουν (UCT)



(γ)

Η μέθοδος UCT

- Η διεργασία UCT αναπτύχθηκε για να ελαχιστοποιήσει την επίδραση των νιτρικών σε ασθενέστερα υγρά απόβλητα στην είσοδο της αναερόβιας ζώνης επαφής.
- Το ποσό των νιτρικών στην αναερόβια ζώνη είναι κρίσιμο στην απόδοση της βιολογικής απομάκρυνσης του φωσφόρου
- Η διεργασία UCT είναι παρόμοια με τη διεργασία A²/O
- Ο αναερόβιος χρόνος παραμονής είναι μεγαλύτερος από αυτόν που χρησιμοποιείται στη διεργασία Phoredox και έχει εύρος από 1 έως 2 h
- Ο αναερόβιος ρυθμός ανακυκλοφορίας είναι συνήθως 2 φορές η παροχή της εισροής



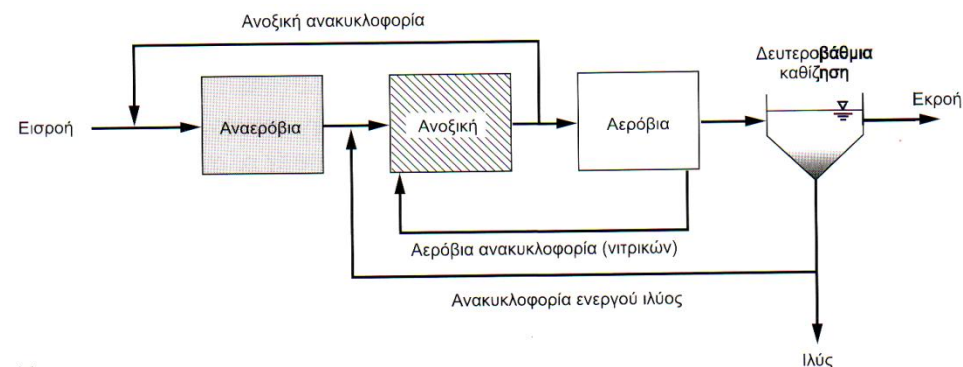
UCT -Πλεονεκτήματα και περιορισμοί

Πλεονεκτήματα

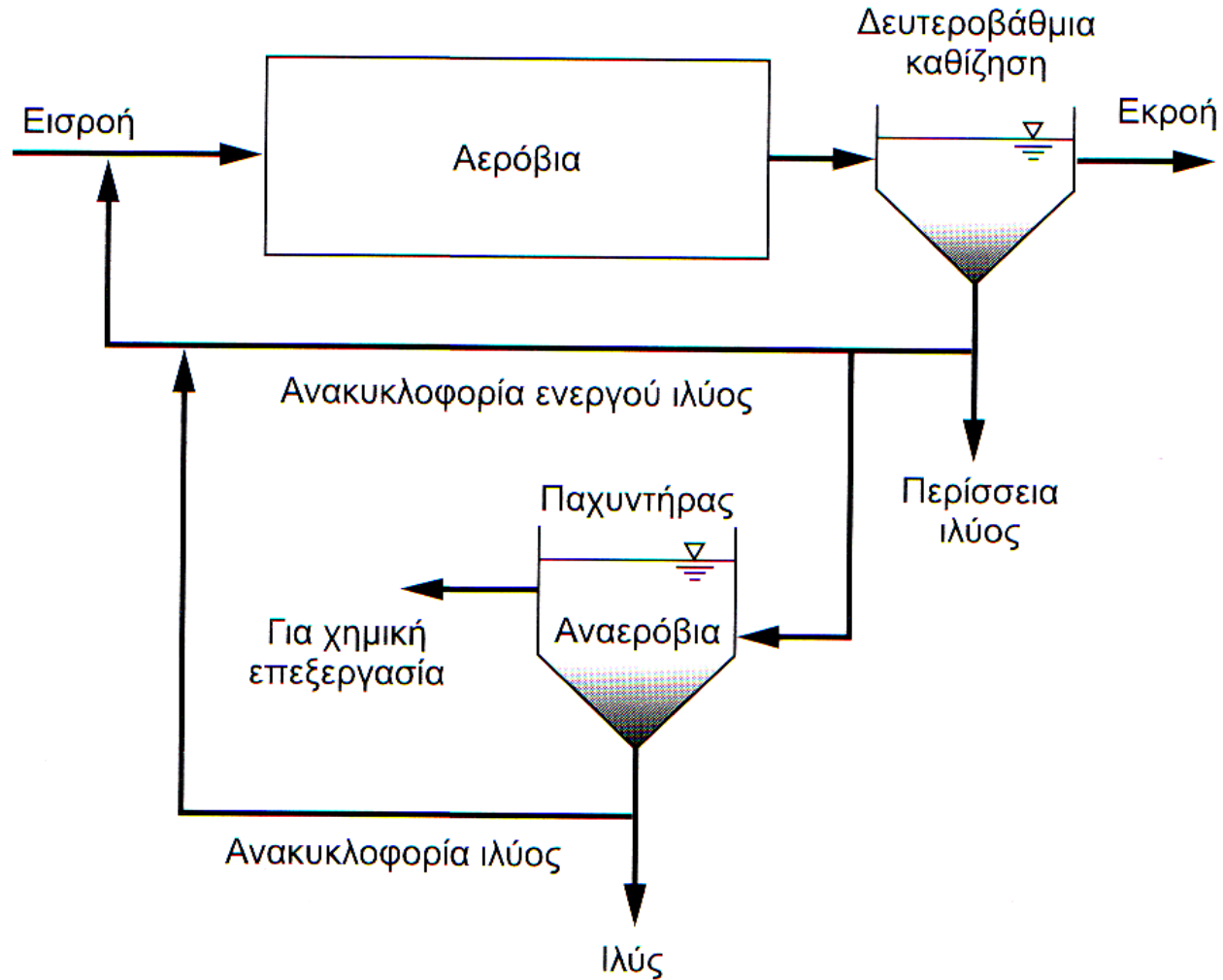
- Το φορτίο των νιτρικών στην αναερόβιο ζώνη μειώνεται, συνεπώς αυξάνεται η ικανότητα απομάκρυνσης του φωσφόρου
- Για ασθενέστερα υγρά απόβλητα, η διεργασία μπορεί να επιτύχει βελτιωμένη απομάκρυνση φωσφόρου
- Παράγει ιλύ που μπορεί να υποστεί καλή καθίζηση
- Καλή απομάκρυνση του αζώτου

Περιορισμοί

- Πιο περίπλοκη λειτουργία
- Απαιτεί επιπρόσθετο σύστημα ανακυκλοφορίας



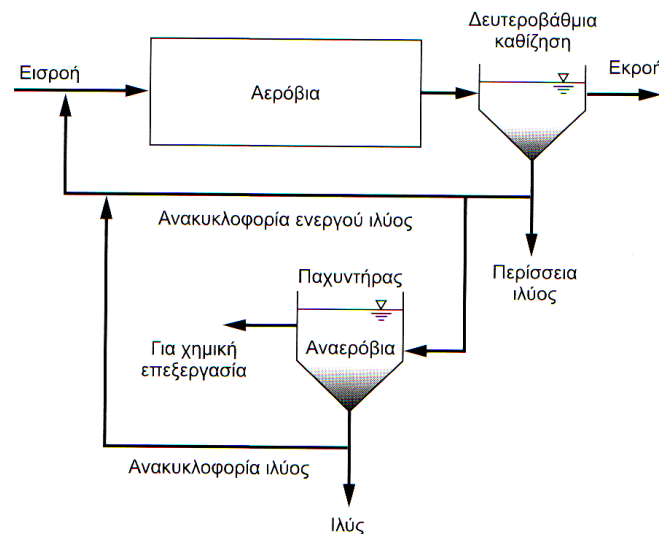
Η μέθοδος Phostrip



Η μέθοδος Phostrip

Η διεργασία Phostrip είναι ουσιαστικά μια αναερόβια/ αερόβια διεργασία

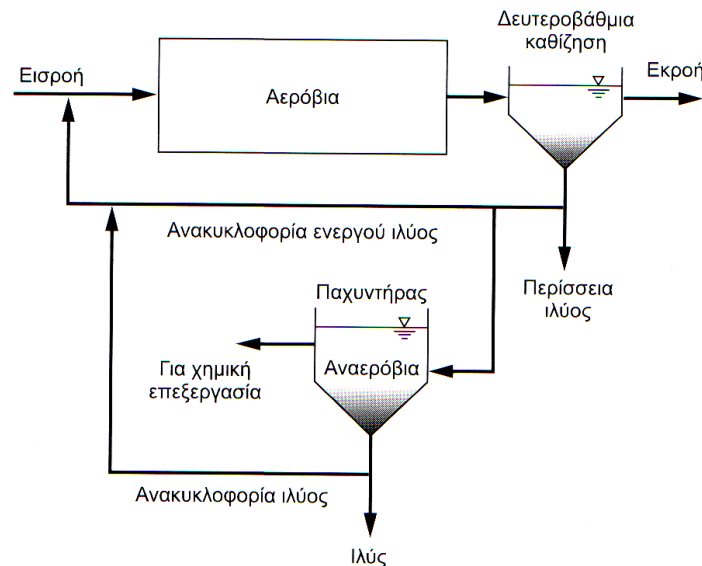
- Συνδυάζει βιολογική και χημική απομάκρυνση φωσφόρου
- Χρόνους παραμονής με εύρος από 8 έως 12 h
- Η υπερχειλίση από τη δεξαμενή καθίζησης θα υποστεί επεξεργασία με χημικά για την απομάκρυνση του φωσφόρου
- Χρησιμοποιείται υδράσβεστος για τη χημική κατακρήμνιση του φωσφόρου.



Phostrip - Πλεονεκτήματα και περιορισμοί

Πλεονεκτήματα

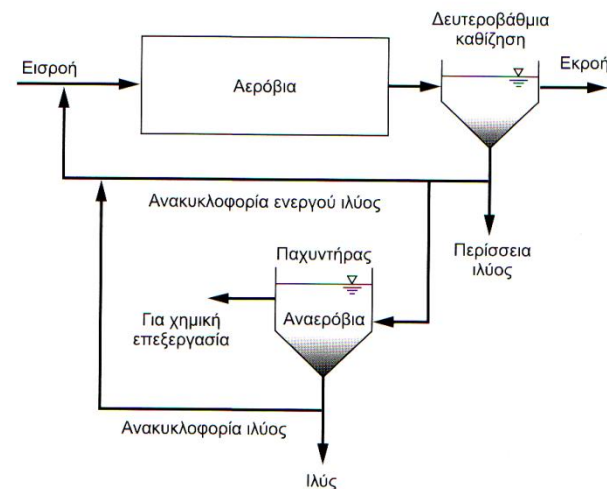
- Μπορεί να εφαρμοσθεί εύκολα σε υφιστάμενες μονάδες ενεργού ιλύος
- Η διεργασία είναι ευέλικτη, η απόδοση της απομάκρυνσης του φωσφόρου δεν ελέγχεται από το λόγο BOD/ φώσφορο
- Έχει σημαντικά λιγότερη χρήση χημικών από τη διεργασία κυρίου ρεύματος χημικής κατακρήμνισης
- Μπορεί να επιτύχει αξιόπιστες συγκεντρώσεις εκροής ορθοφωσφορικών



Phostrip - Πλεονεκτήματα και περιορισμοί

Περιορισμοί

- Απαιτεί προσθήκη υδράσβεστου για την κατακρήμνιση του φωσφόρου
- Απαιτεί υψηλότερο διαλυμένο οξυγόνο για το μικτό υγρό για την παρεμπόδιση της απελευθέρωσης του φωσφόρου στην τελική καθίζηση
- Απαιτείται επιπρόσθετη ικανότητα της δεξαμενής για καθίζησης
- Το υπόλειμμα της υδράσβεστου μπορεί να αποτελέσει ένα πρόβλημα συντήρησης



Η μέθοδος Bardenpho

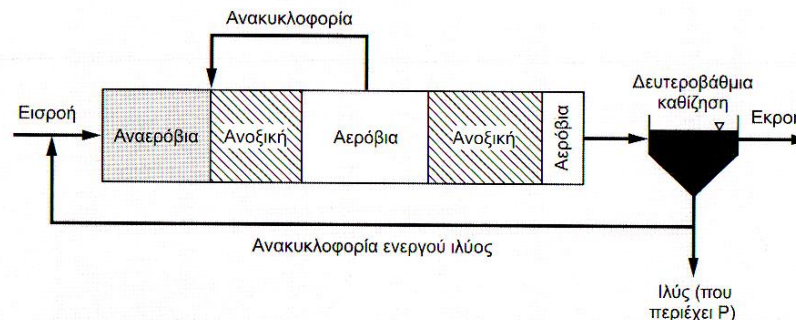
(γ) Τροποποιημένη Bardenpho (5- σταδίων)



Η μέθοδος Bardenpho

- Χαρακτηρίζεται από δύο ανοξικές δεξαμενές αφαίρεσης του αζώτου πριν και μετά τον αερισμό
- Συνδυάζει σύγχρονη απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου
- Προηγείται μια αναερόβια δεξαμενή για την επίτευξη ζύμωσης και παραγωγής VFA, καθώς και για την απελευθέρωση φωσφόρου
- Ακολουθούν τέσσερα εναλλασσόμενα ανοξικά και αερόβια στάδια για επίτευξη νιτροποίησης και απονιτροποίησης.
- Στο τελικό αερόβιο στάδιο γίνεται σύντομος αερισμός πριν το λύμα να οδηγηθεί στην δεξαμενή καθίζησης
- Νιτρικά μπορούν να εισέλθουν στην ΑΔ μόνο μετά από κακή λειτουργία της ΔΔΚ.

(γ) Τροποποιημένη Bardenpho (5- σταδίων)



Bardenpho -Πλεονεκτήματα και περιορισμοί

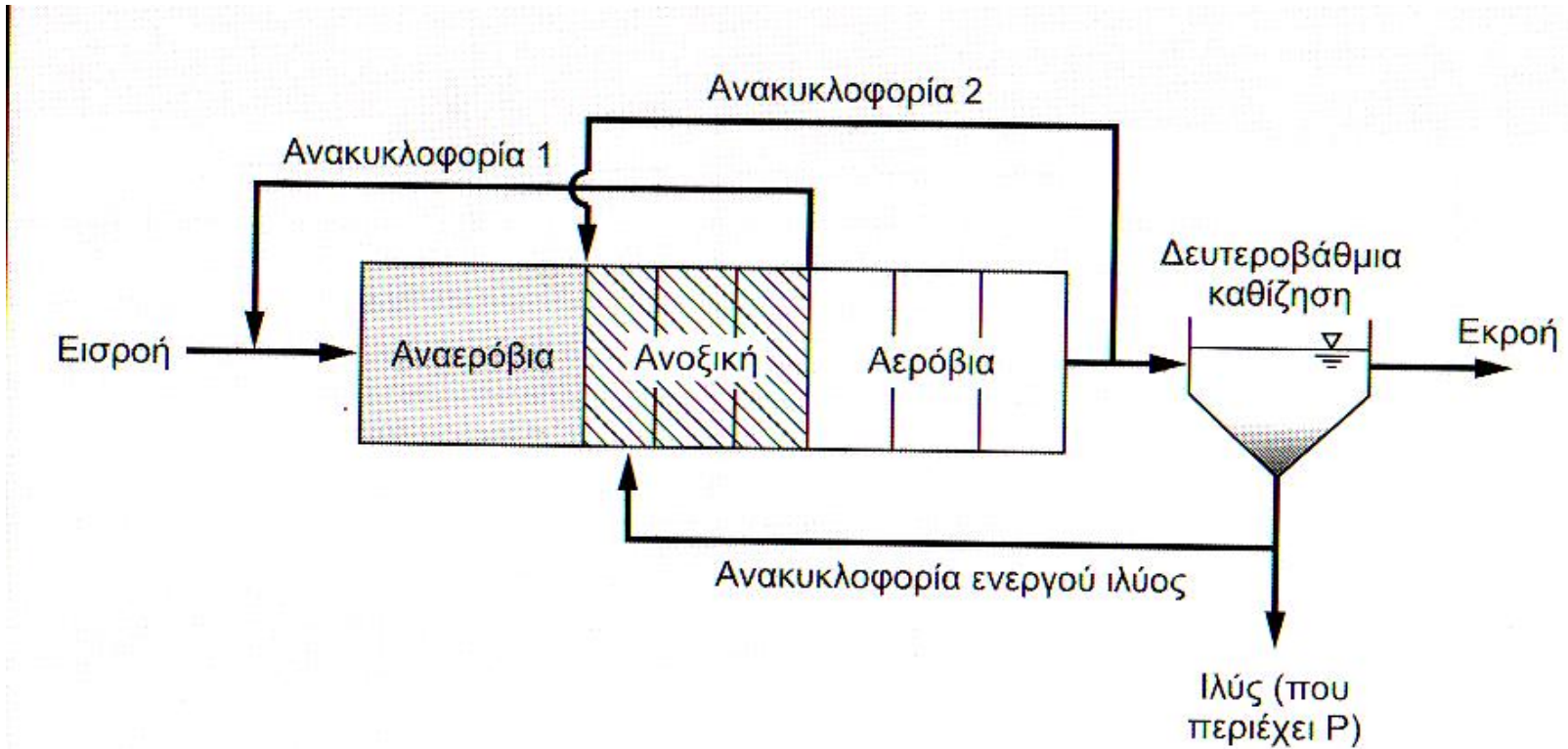
Πλεονεκτήματα

- Συνδυάζει απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου
- Παράγει ιλύ που μπορεί να υποστεί καλή καθίζηση
- Η έλλειψη δεξαμενής πρωτοβάθμιας καθίζησης χρησιμεύει για την ΒΑΑ στην δεύτερη ΑνοξΔ
- Οι συνήθεις χρόνοι παραμονής στην αναερόβια δεξαμενή είναι 0.5-3.0 h.

Περιορισμοί

- Λιγότερη απόδοση για την απομάκρυνση του φωσφόρου
- Απαιτεί μεγαλύτερους όγκους δεξαμενών

Η μέθοδος VIP (Virginia Initiative Plant)



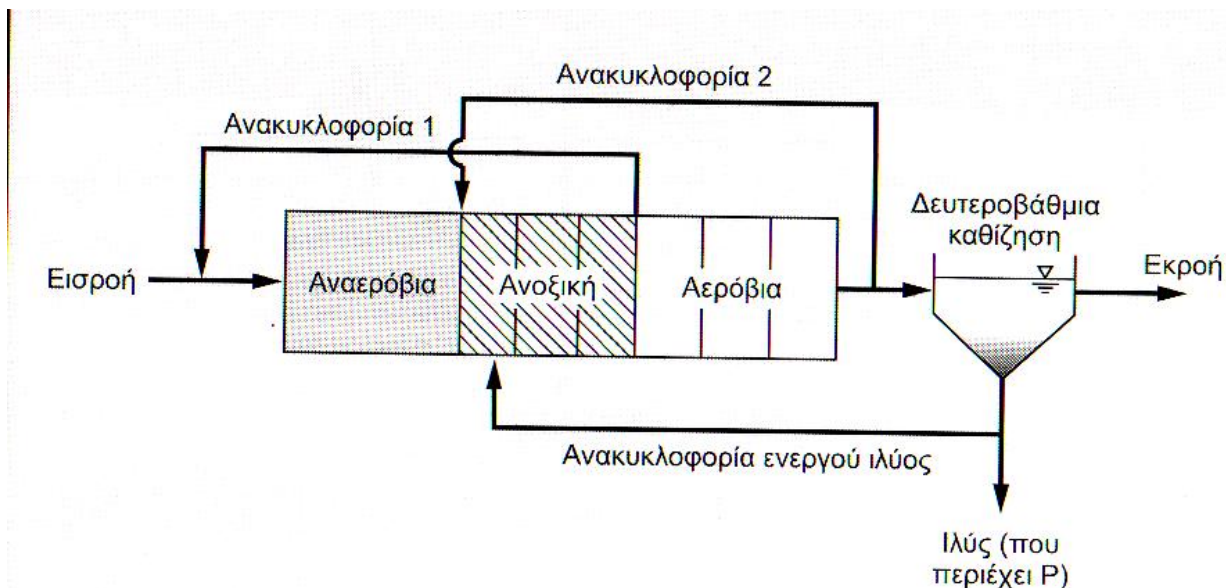
Η μέθοδος VIP

Η διεργασία VIP είναι παρόμοια με τις διεργασίες A^2/O και τη UCT. Χρησιμοποιούνται μέθοδοι ανακυκλοφορίας ρευμάτων.

Όλες οι ζώνες χωρίζονται σε στάδια, που αποτελούνται από τουλάχιστον δύο κύτταρα πλήρους ανάμιξης σε σειρά.

Η ανακυκλοφορία της ενεργού ιλύος αποβάλλεται στην είσοδο της ανοξικής ζώνης μαζί με τη νιτροποιημένη ανακυκλοφορία από την αερόβια ζώνη.

Το μικτό υγρό από την ανοξική ζώνη ανακυκλοφορείται στο τέλος της αναερόβιας ζώνης.



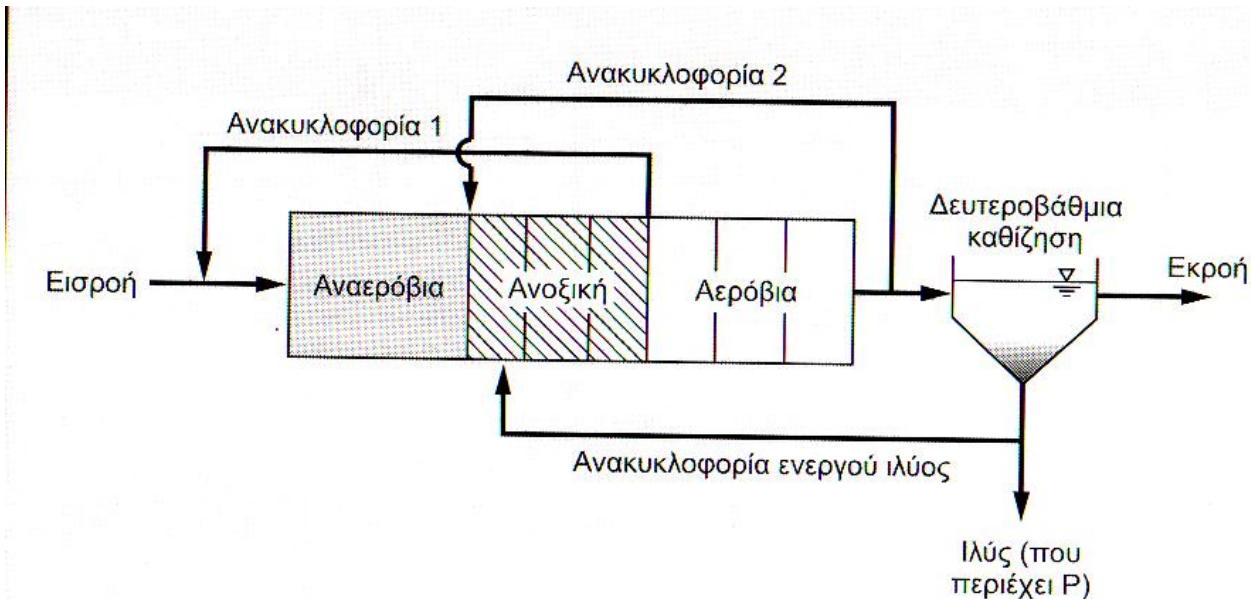
Η μέθοδος VIP

Σχεδιάζεται ως ένα σύστημα υψηλού ρυθμού, που λειτουργεί με πολύ συντομότερους SRT,

Το συνδυασμένο SRT των αναερόβιων και ανοξικών ζωνών είναι γενικά από 1.5 έως 3d,

Οι τιμές του αναερόβιου και ανοξικού τ είναι συνήθως 60 με 90 min ο κάθε ένας.

Η ζώνη αερισμού σχεδιάζεται για τη νιτροποίηση.



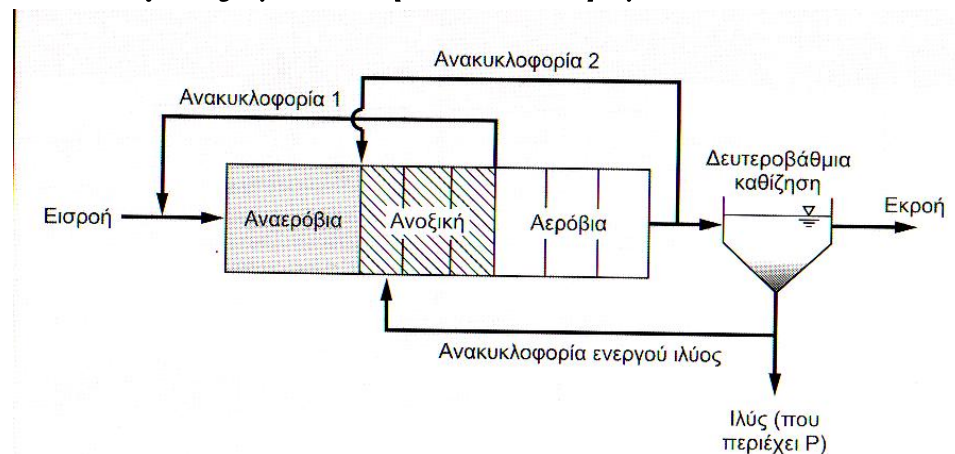
VIP -Πλεονεκτήματα και περιορισμοί

Πλεονεκτήματα

- Το φορτίο των νιτρικών στην αναερόβια ζώνη μειώνεται, συνεπώς αυξάνεται η ικανότητα απομάκρυνσης του φωσφόρου
- Παράγει ιλύ που μπορεί να υποστεί καλή καθίζηση
- Απαιτεί χαμηλότερο λόγο BOD/ P από τη διεργασία UCT

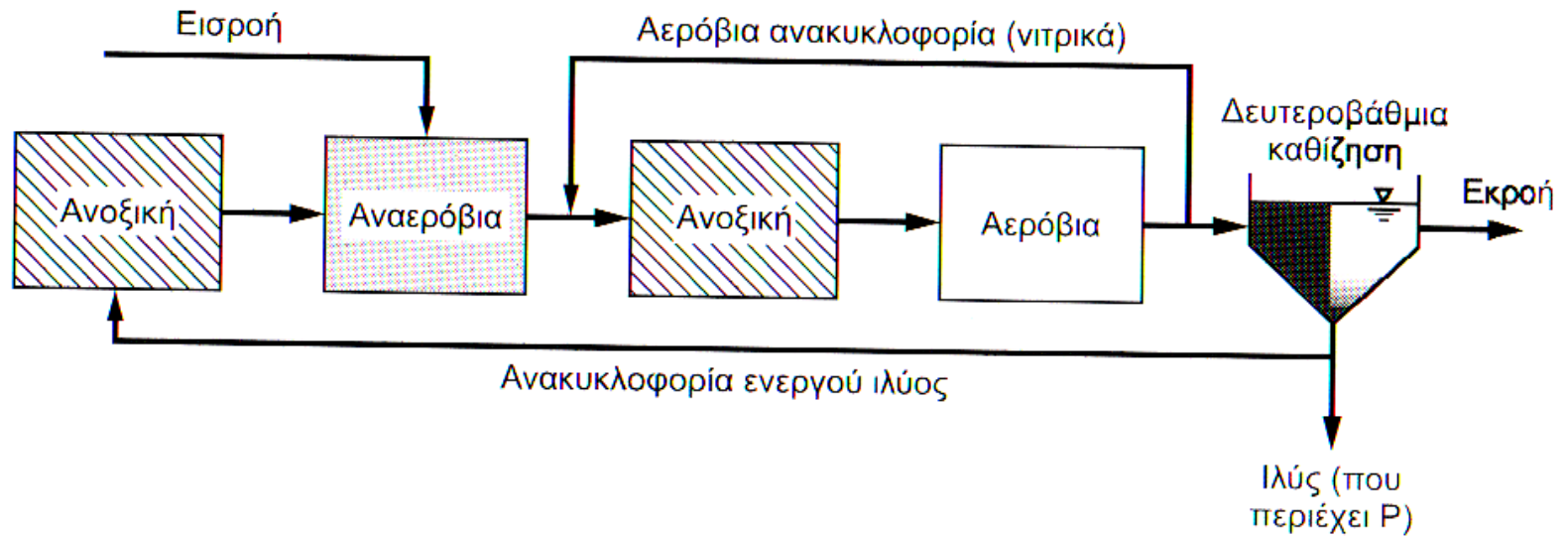
Περιορισμοί

- Πιο περίπλοκη λειτουργία
- Απαιτεί επιπρόσθετο σύστημα ανακυκλοφορίας
- Απαιτείται περισσότερος εξοπλισμός για τη λειτουργία σε βαθμίδες



Η μέθοδος του Γιοχανεσμπουργκ

(ζ) Διεργασία Γιοχάνεσμπουργκ



Η μέθοδος του Johannesburg

Πρόκειται μια εναλλακτική της διεργασίας UCT ή της τροποποιημένης UCT για την **ελαχιστοποίηση των νιτρικών**, που τροφοδοτούν την αναερόβια ζώνη

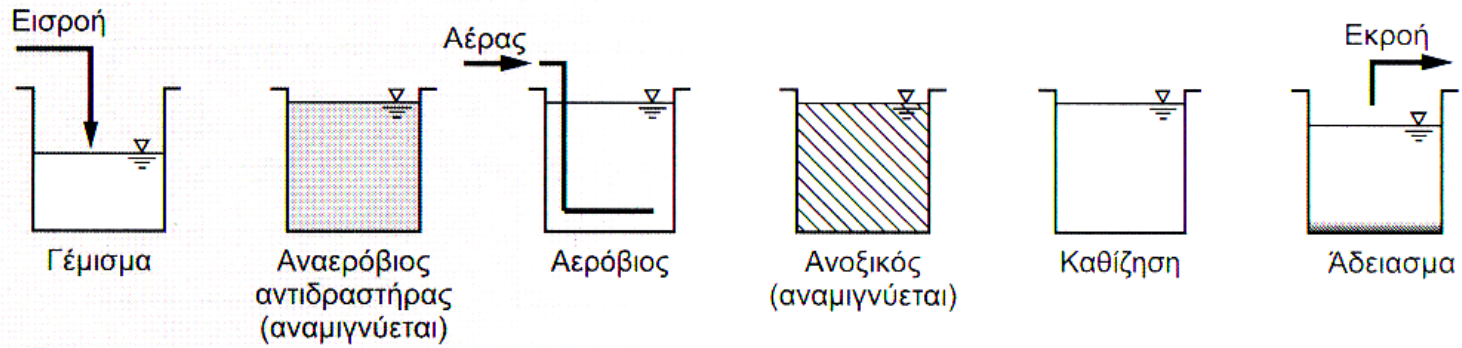
Η ανακυκλοφορία της ενεργού ιλύος οδηγείται στην ανοξική ζώνη που έχει επαρκή χρόνο παραμονής

Η μείωση των νιτρικών οδηγείται από το ρυθμό της ενδογενούς αναπνοής του μικτού υγρού και ο χρόνος παραμονής της ανοξικής ζώνης εξαρτάται από τη συγκέντρωση του μικτού υγρού, τη θερμοκρασία και τη συγκέντρωση των νιτρικών στο ρεύμα της ανακυκλοφορίας ιλύος.

Συγκρινόμενη με τη διεργασία UCT, μπορεί να διατηρηθεί μια υψηλότερη συγκέντρωση MLSS στην αναερόβια ζώνη, που έχει ένα χρόνο παραμονής περίπου 1 h.

SBR με βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου

(η) SBR με βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου



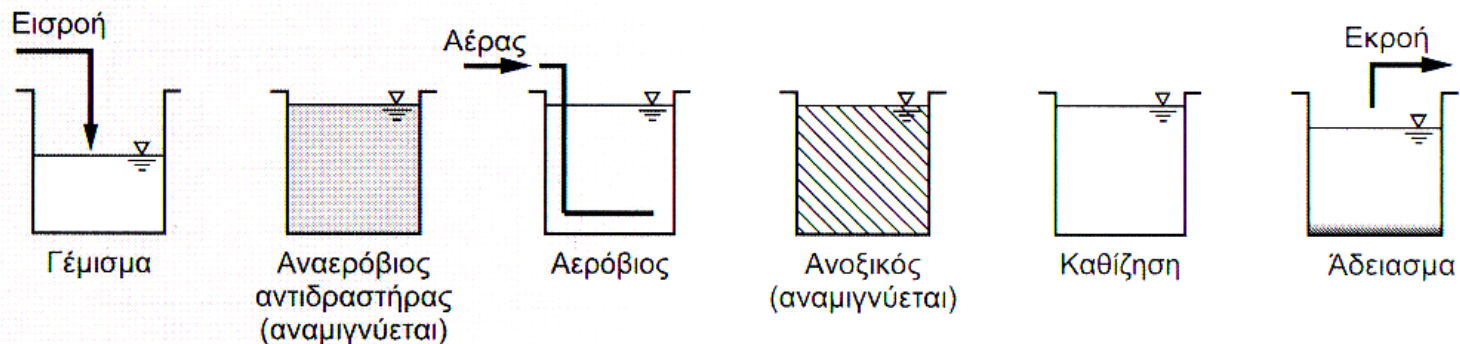
SBR με βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου

Εάν απομακρύνονται αρκετά νιτρικά κατά τη διάρκεια της λειτουργίας SBR μπορεί να αναπτυχθεί μια αναερόβια περίοδος αντίδρασης κατά τη διάρκεια αλλά και μετά την περίοδο γεμίσματος της SBR.

Χρησιμοποιείται μια ανοξική λειτουργική περίοδος αφού θα παρέλθει ένας επαρκής αερόβιος χρόνος για τη νιτροποίηση

Εναλλακτικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν αερόβιες και ανοξικές περιόδους κατά τη διάρκεια της περιόδου αντίδρασης.

(η) SBR με βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου

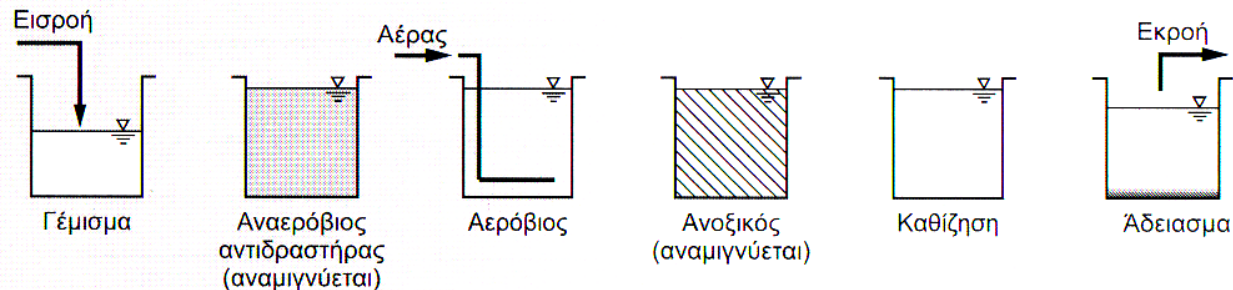


SBR με βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου

Η συγκέντρωση των νιτρικών μειώνεται πριν την καθίζηση και είναι διαθέσιμα λίγα νιτρικά για το συναγωνισμό για το εύκολα βιοαποικοδομήσιμο COD στην περίοδο γεμίσματος και της αρχικής αντίδρασης.

Συνεπώς, στην περίοδο γεμίσματος και της αρχικής αντίδρασης λαμβάνουν χώρα αναερόβιες συνθήκες, έτσι ώστε να μπορεί να συμβεί η πρόσληψη του εύκολα βιοαποικοδομήσιμου COD και η αποθήκευση του από τα βακτήρια που συσσωρεύουν φώσφορο αντί της κατανάλωσης του εύκολα βιοαποικοδομήσιμου COD από τα βακτήρια που μειώνουν τα νιτρικά.

(η) SBR με βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου



Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση

1. Περιβαλλοντικοί παράγοντες

- το διαλυμένο οξυγόνο, η θερμοκρασία και το pH.
- Ενδεικτικά αναφέρεται ότι με DO πάνω από 2 mg/l είναι δυνατή η επαρκής αφαίρεση φωσφόρου στην αερόβια φάση
- Η θερμοκρασία φαίνεται ότι δεν αποτελεί σημαντικό παράγοντα μέχρι τους 10°C
- Η βέλτιστη περιοχή pH είναι από 7.5-8.0

Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση

2. Σχεδιαστικές παράμετροι

- ο χρόνος παραμονής των στερεών (ηλικία), ο χρόνος παραμονής στην αναερόβια και αερόβια ζώνη, οι μέθοδοι διαχείρισης των στερεών.
- Συστήματα που απαιτούν μεγαλύτερες ηλικίες, απαιτούν και μεγαλύτερη συγκέντρωση BOD. Το σύστημα BARDENPHO. για παράδειγμα, έχει λιγότερη ικανότητα απομάκρυνσης φωσφόρου, σε σχέση με το σύστημα A/O για την ίδια συγκέντρωση BOD στην είσοδο.
- Ο χρόνος παραμονής στην αναερόβια δεξαμενή κυμαίνεται από 1-2 ώρες. Ο χρόνος παραμονής στην αερόβια δεξαμενή κυμαίνεται, επίσης, 1-2 ώρες.

Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση

3. Τα χαρακτηριστικά του εισερχόμενου λύματος

- η παρουσία νιτρικών, και η ποσότητα των παραγόμενων VFA.
- Η παραγωγή προϊόντων ζύμωσης, όπως το οξικό και το προπιονικό,
- τα ολικά στερεά στην έξοδο (TSS).
- Από πειραματικά αποτελέσματα προκύπτει ότι για κάθε 7-9 mg οξικό οξύ που προστίθεται αφαιρείται 1 mg/l παραπάνω φώσφορος

Παράμετροι σχεδιασμού για την βιολ. Αφαίρεση φωσφόρου

Παράμετροι σχεδιασμού/ Διεργασία	SRT, d	MLSS, mg/L	Αναερόβια ζώνη	τ, h Ανοξική ζώνη	Αερόβια ζώνη	RAS, % της εισροής	Εσωτερική ανακυκλοφορία, % της εισροής
A/O	2 – 5	3 000 – 4 000	0.5 – 1.5	–	1 – 3	25 – 100	
A ² /O	5 – 25	3 000 – 4 000	0.5 – 1.5	0.5 – 1	4 – 8	25 – 100	100 – 400
UCT	10 – 25	3 000 – 4 000	1 – 2	2 – 4	4 – 12	80 – 100	200 – 400 (ανοξική)
							100 – 300 (αερόβια)
VIP	5 – 10	2 000 – 4 000	1 – 2	1 – 2	4 – 6	80 – 100	100 – 200 (ανοξική)
							100 – 300 (αερόβια)
Bardenpho (5- σταδίων)	10 – 20	3 000 – 4 000	0.5 – 1.5	1 – 3 (1 ^ο - στάδιο)	4 – 12 (1 ^ο - στάδιο)	50 – 100	200 – 400
				2 – 4 (2 ^ο - στάδιο)	0.5 – 1 (2 ^ο - στάδιο)		
Phostrip	5 – 20	1 000 – 3 000	8 – 12		4 – 10	50 – 100	10 – 20
SBR	20 – 40	3 000 – 4 000	1.5 – 3	1 – 3	2 – 4		

^a Πηγή: WEF (1998)

Βιβλιογραφία

1. Wastewater Engineering-Treatment and Reuse
G. Tchobanoglous, F. Burton, H. Stensel, Metcalf & Eddy, Inc,
2. Biological wastewater treatment
L. Grady, G. Daigger, H. Lim, Marcel Dekker, Inc., New York