



Τεχνική Περιβάλλοντος

Ενότητα 7: Βιολογικές διεργασίες αιωρούμενης βιομάζας

Ευθύμιος Νταρακάς
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» 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.





Επεξεργασία υγρών αποβλήτων

Βιολογικές διεργασίες αιωρούμενης
βιομάζας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



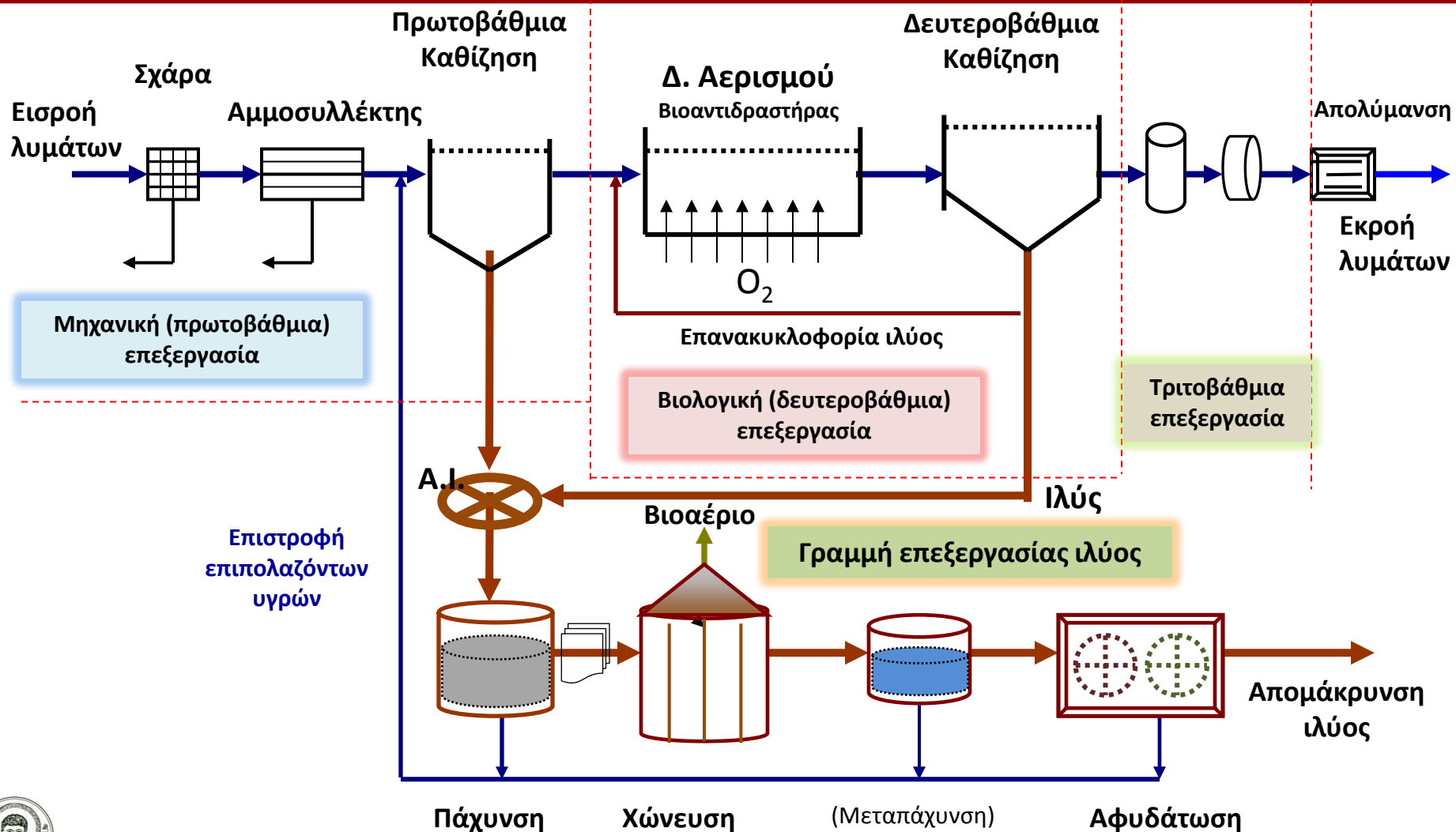
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



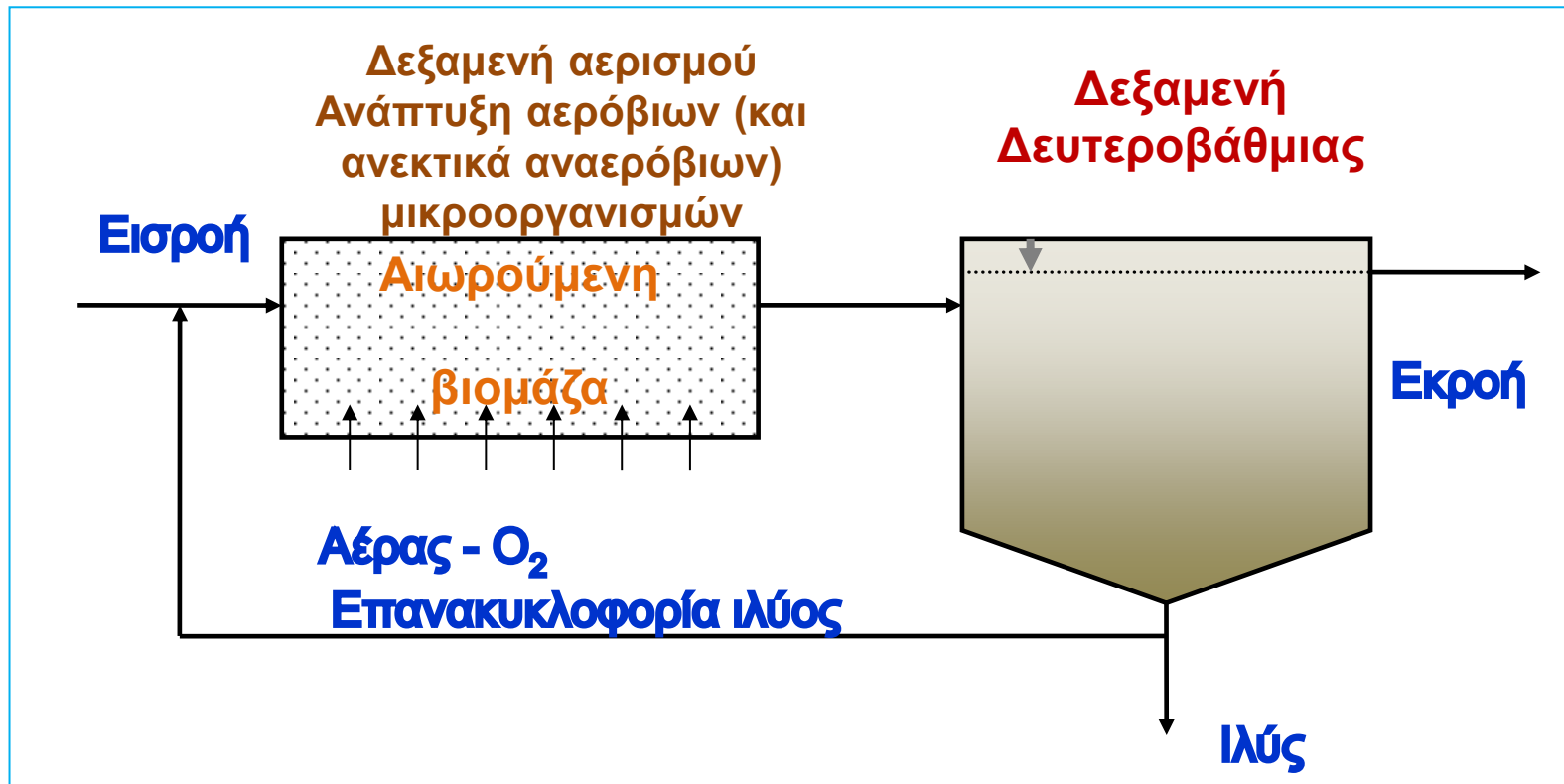
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Τυπικό διάγραμμα ροής Ε.Ε.Λ. με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος

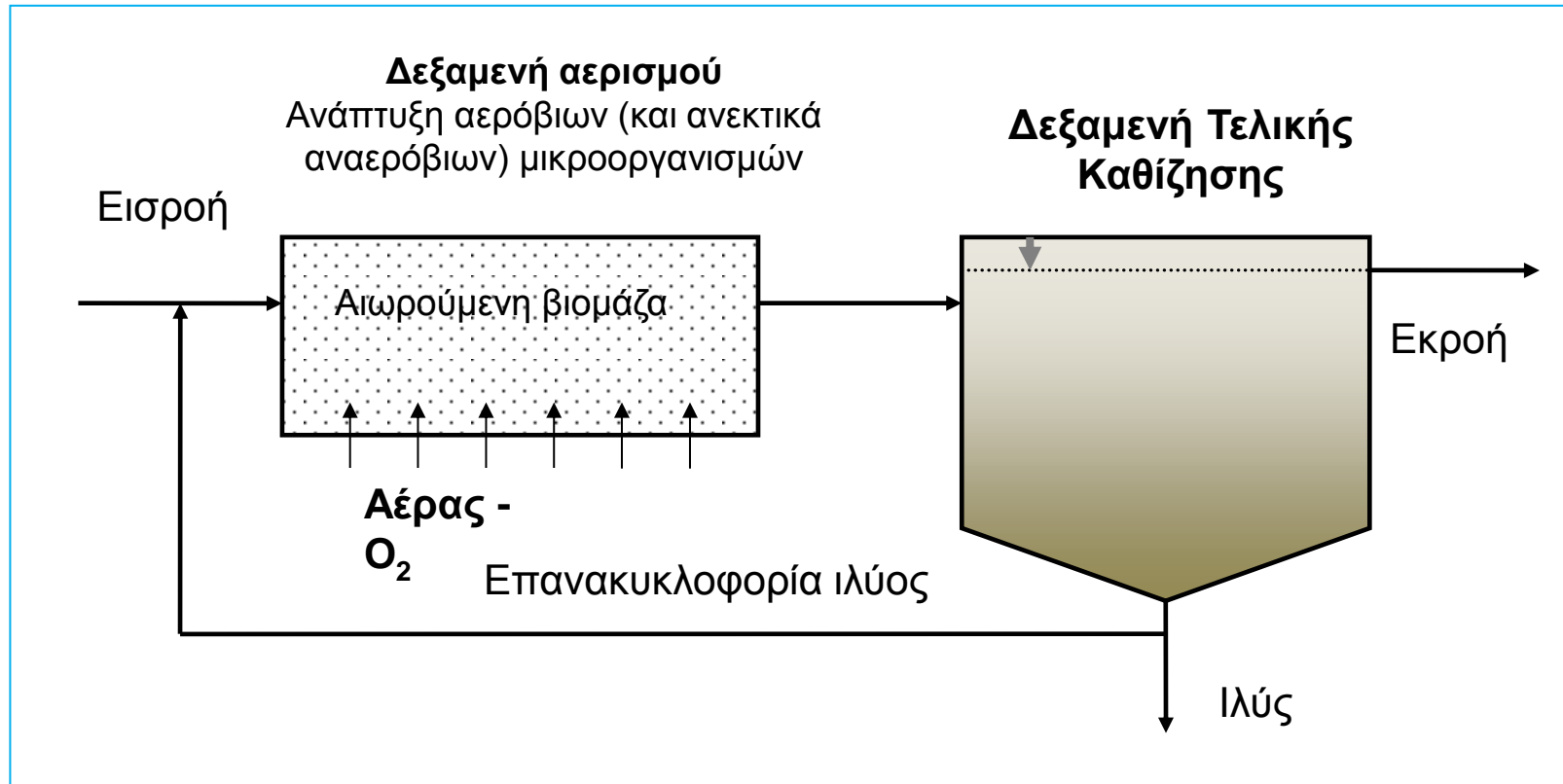


Δευτεροβάθμια επεξεργασία

Βιολογικός καθαρισμός για την απομάκρυνση του διαλυμένου οργανικού φορτίου (BOD)



Αερόβια βιολογική επεξεργασία υγρών αποβλήτων



Εξασφαλίζεται όταν υπάρχει στα λύματα διαλυμένο οξυγόνο σε συγκεντρώσεις $> 0,5 \text{ mg/L}$



Η δεξαμενή ενεργού ιλύος ή δεξαμενή αερισμού ή βιοαντιδραστήρας



Η ενεργός ιλύς αποτελείται από **βιολογικούς θρόμβους** οι οποίοι με την βοήθεια **αναδευτήρων ή με εμφύσηση αέρα** διατηρούνται σε **αιώρηση** στο εσωτερικό των δεξαμενών αερισμού.



Ρυπαντικό φορτίο (gr/κατ.ημ.) πριν τη βιολογική επεξεργασία

Παράμετρος	Ανεπεξέργαστα λύματα	Μετά από πρωτοβάθμια καθίζηση	
		0,5 - 1,0 h	1,5 - 2,0 h
BOD₅	60	45	40
COD	120	90	80
TS	70	35	25
TKN	11	10	10
P	1.8	1.6	1.6

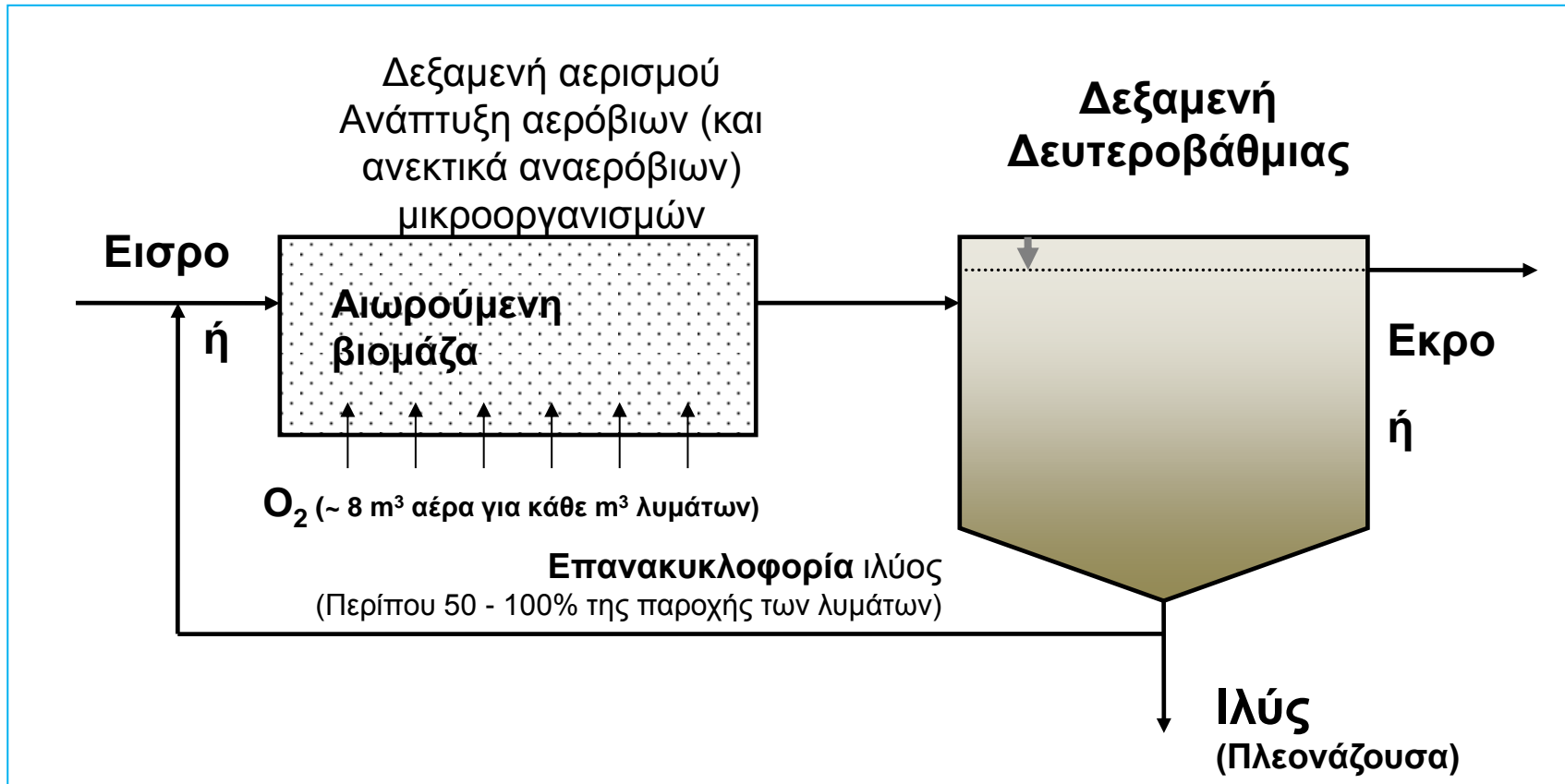


Αερόβια βιολογική επεξεργασία (αιωρούμενη βιομάζα)

- Η οργανική ύλη έρχεται σε καλή μίξη και επαφή
 - με υψηλές συγκεντρώσεις μικροοργανισμών,
 - με το απαραίτητο οξυγόνο για να συντηρηθεί η αντίδραση.
- Η οργανική ύλη μετατρέπεται σε CO_2 και H_2O .
- Παράγονται μεγάλες ποσότητες μικροοργανισμών (βιομάζα).
- Η ιλύς καθιζάνει στη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης.
- Ένα μέρος της ιλύος επιστρέφει στη δεξαμενή αερισμού (**επανακυκλοφορία ιλύος**).
- Ένα μέρος της ιλύος (πλεονάζουσα ιλύς) απομακρύνεται προς τη «γραμμή» επεξεργασίας ιλύος.



Αερόβια βιολογική επεξεργασία (αιωρούμενη βιομάζα) *****



Συγκέντρωση βιομάζας στη δεξαμενή ενεργού ιλύος 2,0 - 5,0 kg/m³

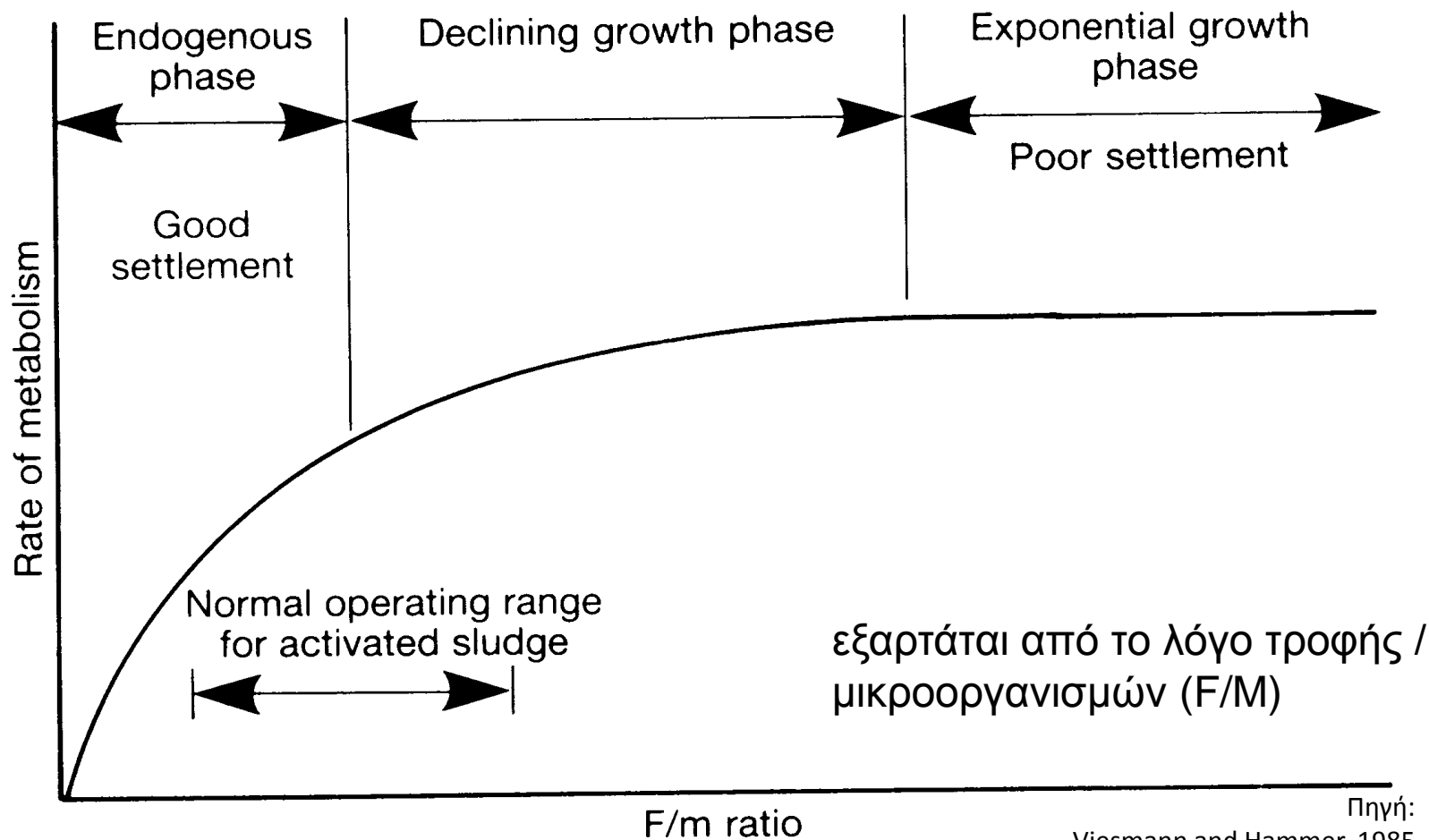


Η βιομάζα στη δεξαμενή ενεργού ιλύος

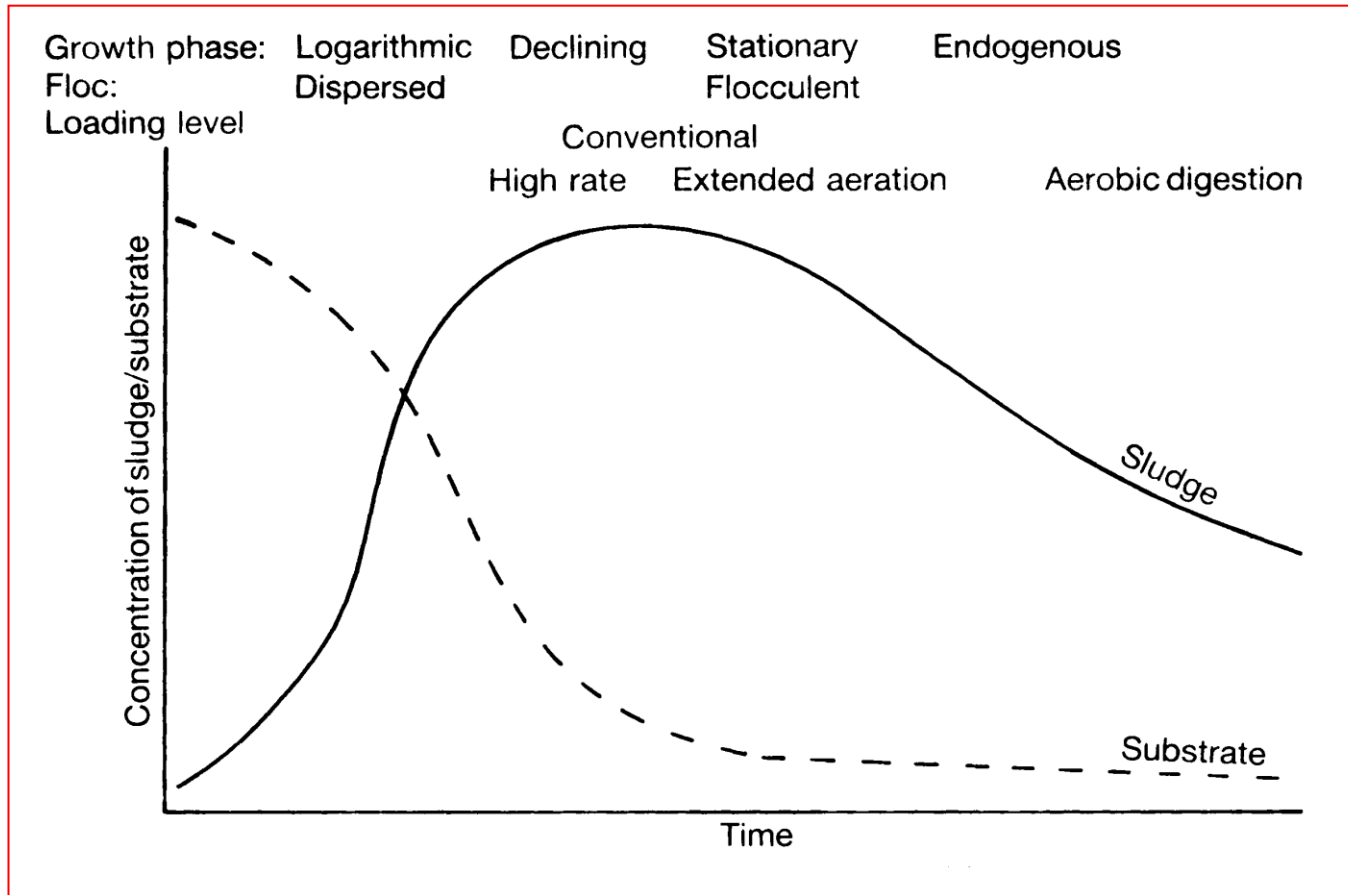
- Για να ικανοποιηθούν απαιτήσεις υψηλού βαθμού επεξεργασίας των λυμάτων απαιτούνται υψηλές συγκεντρώσεις βιομάζας στη δεξαμενή ενεργού ιλύος.
- Εάν η συγκέντρωση της βιομάζας στη δεξαμενή ενεργού ιλύος είναι μικρή (χαμηλή), απαιτούνται μεγάλοι όγκοι δεξαμενών ενεργού ιλύος.
- Η συγκέντρωση της βιομάζας στη δεξαμενή ενεργού ιλύος μπορεί να αυξηθεί με μεγαλύτερο ποσοστό επανακυκλοφορίας ιλύος από τη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης προς τη δεξαμενή ενεργού ιλύος. Όσο πιο υψηλό είναι το ποσοστό επανακυκλοφορίας (μπορεί να φτάσει και το 100 %) τόσο μεγαλύτερη καθίσταται η συγκέντρωση της βιομάζας στη δεξαμενή ενεργού ιλύος.
- Εάν η πυκνότητα της ιλύος στον πυθμένα της δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης είναι υψηλή τότε πιο εύκολα μπορεί με την επανακυκλοφορία να επιτευχθεί υψηλή συγκέντρωση βιομάζας στη δεξαμενή ενεργού ιλύος.



Ρυθμός μεταβολισμού των μικροοργανισμών στη δεξαμενή αερισμού



Κινητική μικροοργανισμών



Καμπύλες μικροβιακής ανάπτυξης σε διάφορα συστήματα (παραλλαγές) της μεθόδου της ενεργού ιλύος (Winkler 1981)



Βιολογική επεξεργασία λυμάτων (Μέθοδος ενεργού ιλύος)

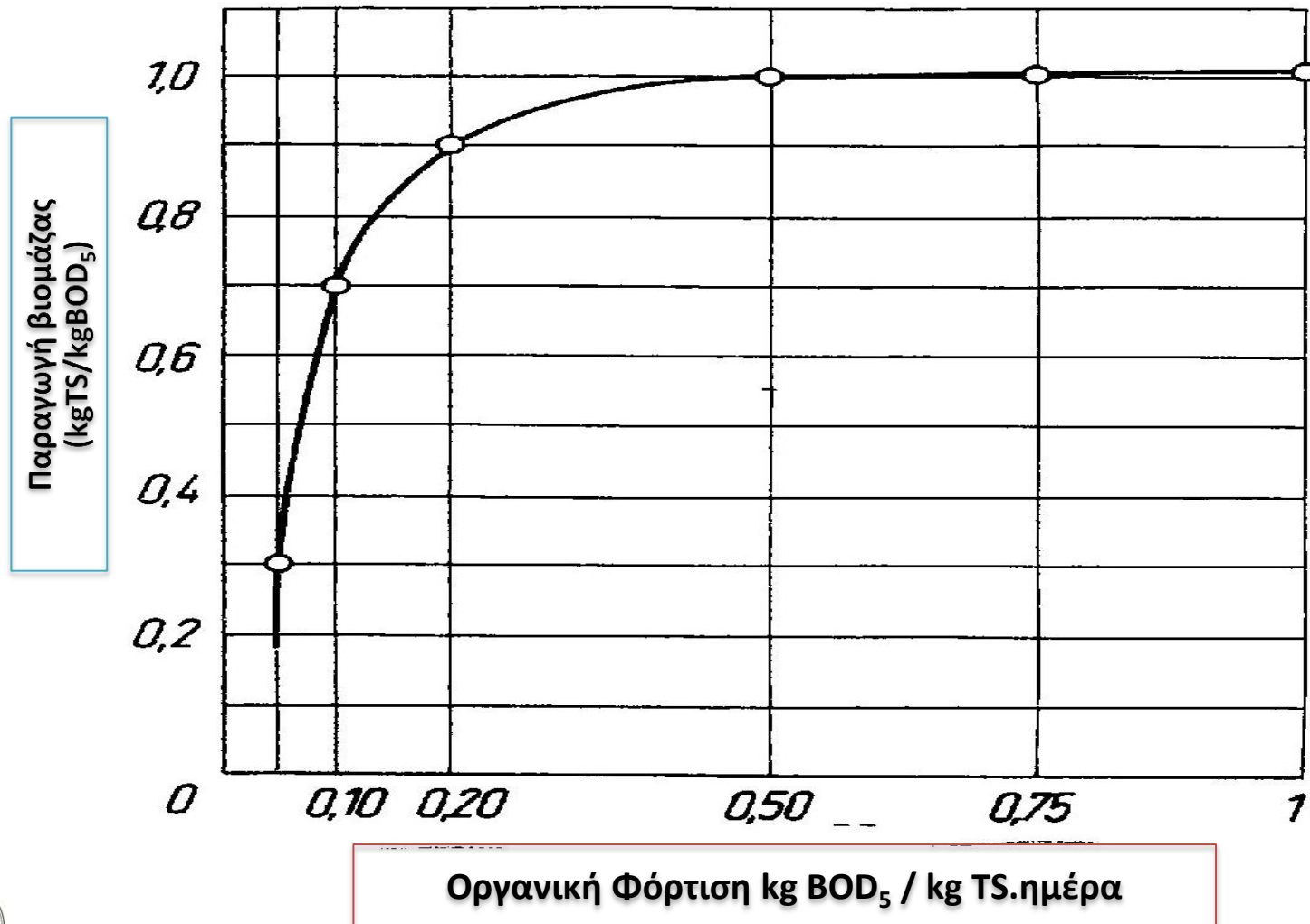
- Πως εξασφαλίζεται; (Συγκέντρωση O_2 ;)

Η αερόβια διεργασία εξασφαλίζεται όταν υπάρχει στα λύματα διαλυμένο οξυγόνο σε συγκεντρώσεις $\geq 0,5 \text{ mg/l}$

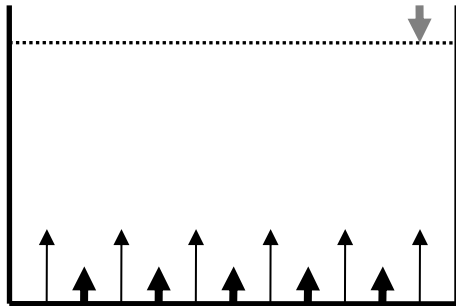
- Πως λειτουργεί ο βιοντιδραστήρας;
- Ποιες είναι οι μέθοδοι αερισμού των λυμάτων;
- Τι ρόλο παίζει η συγκέντρωση της βιομάζας στον βιοαντιδραστήρα; (Βαθμός καθαρισμού – Συγκέντρωση βιομάζας).
- Επανακυκλοφορία ιλύος; Από τι εξαρτάται ο ρυθμός επανακυκλοφορίας της ιλύος;



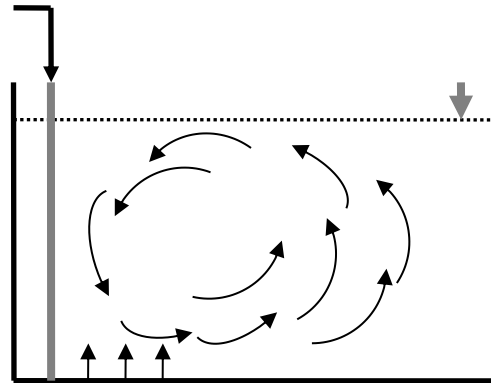
Σχέση παραγωγής βιομάζας και οργανικής φόρτισης στη δεξαμενή ενεργού ιλύος



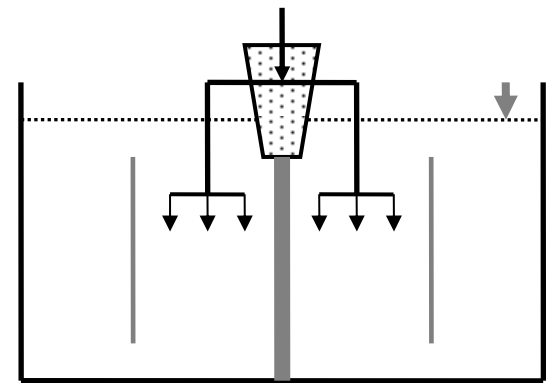
Δεξαμενή αερισμού (ενεργού ιλύος)



Με διαχυτήρες στον πυθμένα



Με διαχυτήρες στον πυθμένα



Με διαχυτήρες στην επιφάνεια

Απαιτούμενο $O_2/kg BOD_5$ που αποδομείται ανάλογα με τις απαιτήσεις επεξεργασίας:

1,5 - 2,0 $kg O_2/kg BOD_5$ (χωρίς νιτροποίηση).

2,5 $kg O_2/kg BOD_5$ (με νιτροποίηση).



Αερισμός λυμάτων

- Με διαχυτήρες λεπτής φυσαλίδας (σε όλη την επιφάνεια, ή πλατιάς δέσμης).
- Με αεριστήρες τύπου βούρτσας (Mammuthrotor) ή κυλινδρικούς αεριστήρες.
- Με επιφανειακούς περιστρεφόμενους αεριστήρες σταθερού άξονα.
- Με επιφανειακούς περιστρεφόμενους πλωτούς αεριστήρες.
- Με πρόσδοση καθαρού οξυγόνου.



Αερισμός λυμάτων



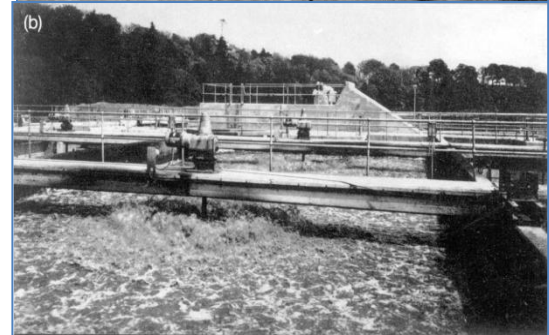
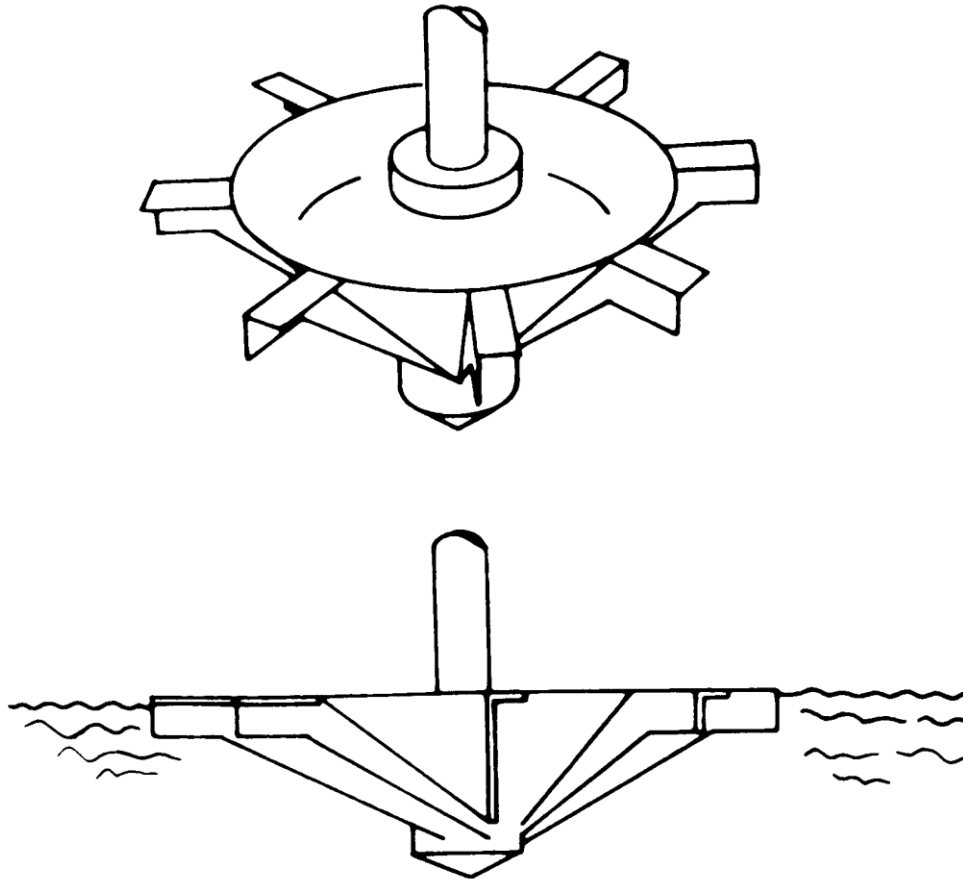
Πηγή:
<http://water.worldbank.org/shw-resource-guide/infrastructure/menu-technical-options/activated-sludge>



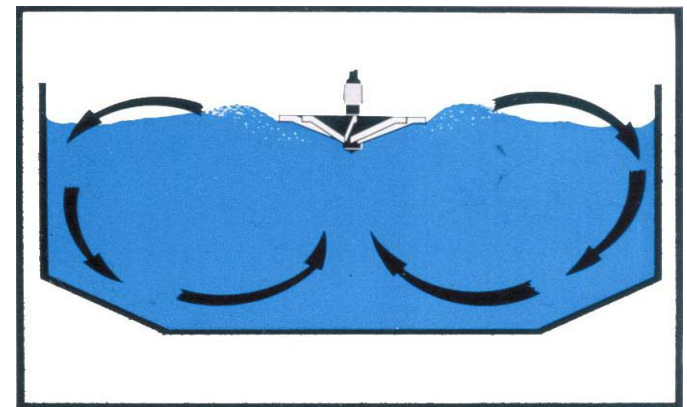
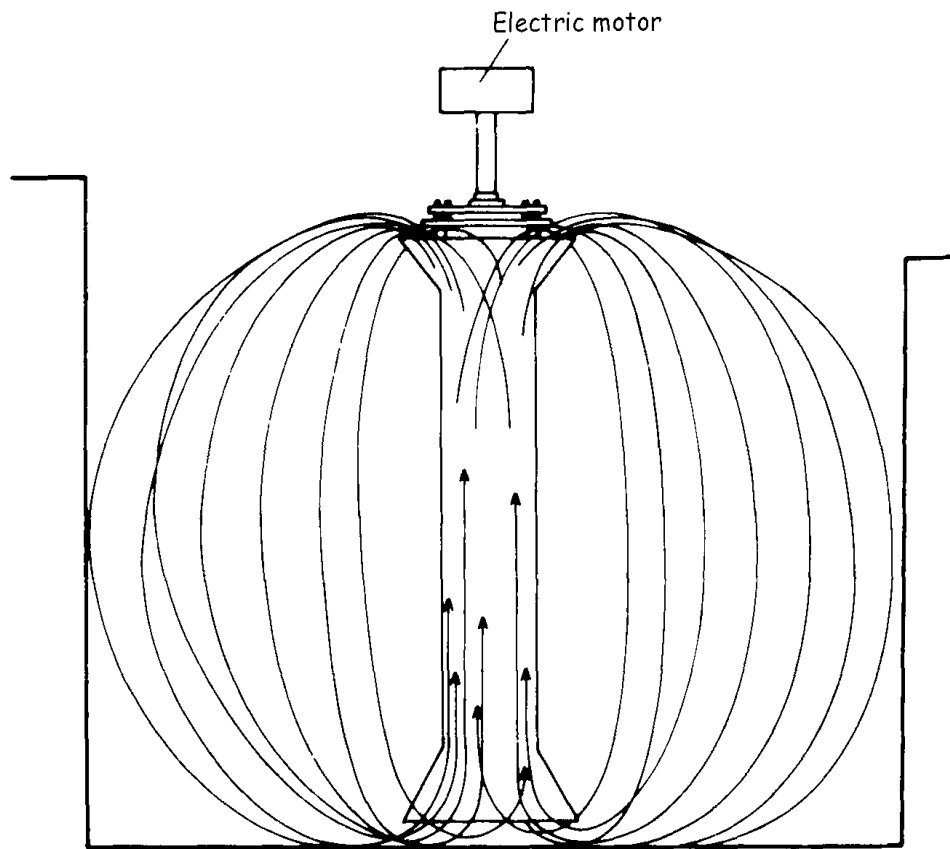
Πηγή:
<http://www.cwcnorthernsonoma.org/>



Αερισμός (Simcar aeration cone)



Αερισμός (Simplex^R aeration cone)



Αερισμός λυμάτων

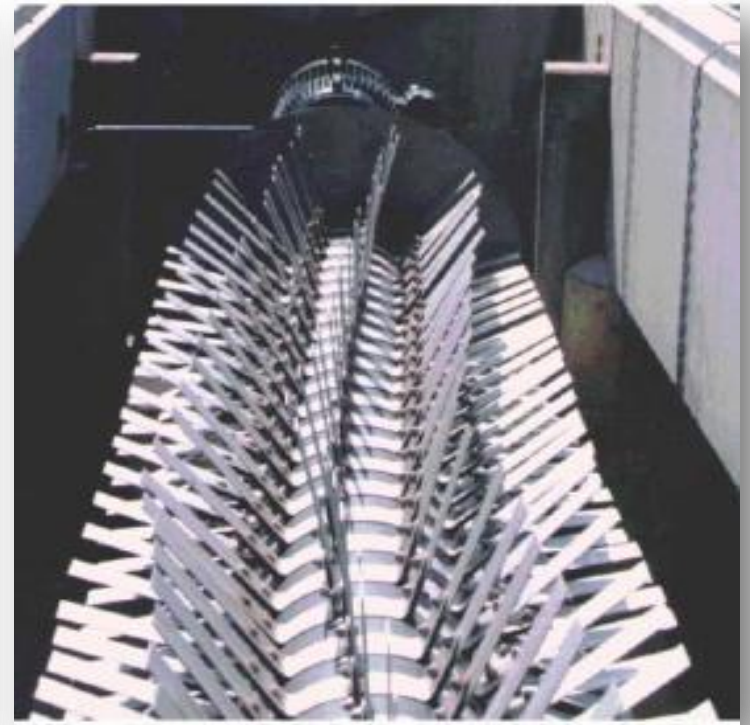


Πηγή:

http://www.michos.gr/index.php?lang=gr§ion=&option=contents&task=view_content&category=90&id=5



Σύστημα αερισμού με κυλινδρικούς αεριστήρες τύπου βούρτσας (Mammuthrotor)



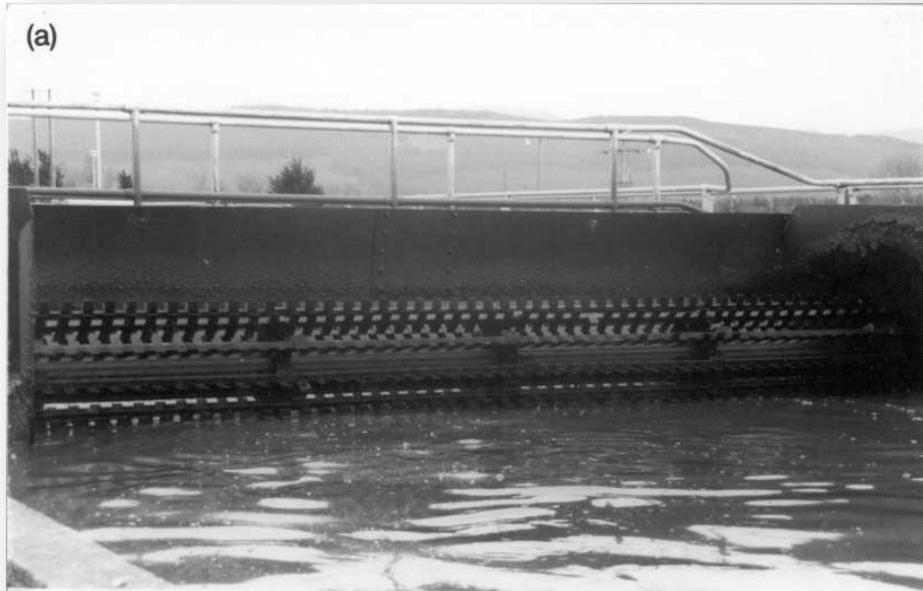
Πηγή:

http://www.spaansbabcock.com/fr/produits_en_applications/aeration_de_surface/o2_rotor.aspx

Λεπτομέρεια αεριστήρα τύπου βούρτσας



Αερισμός λυμάτων (Mammuth rotor)



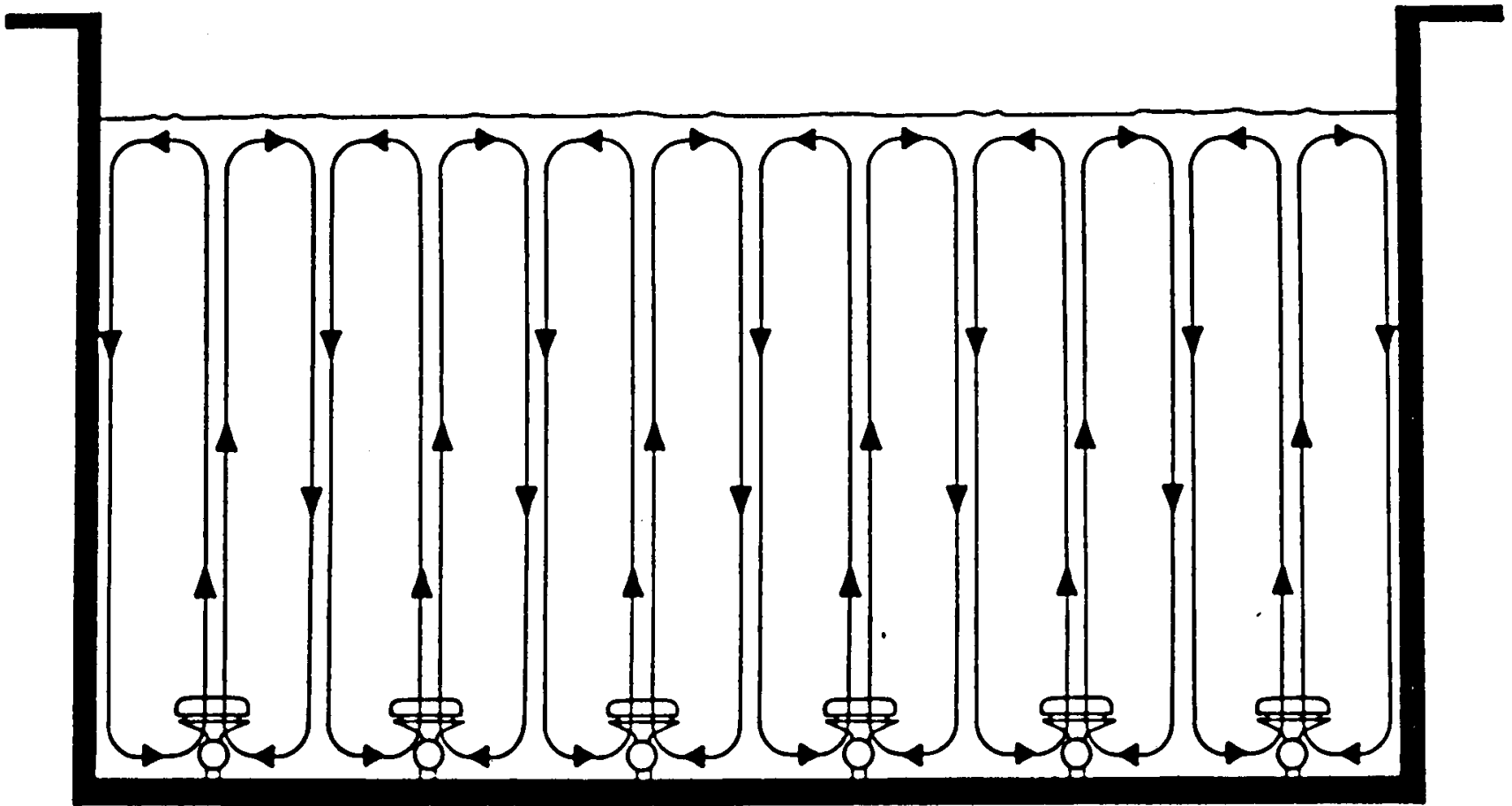
Switched off



In action

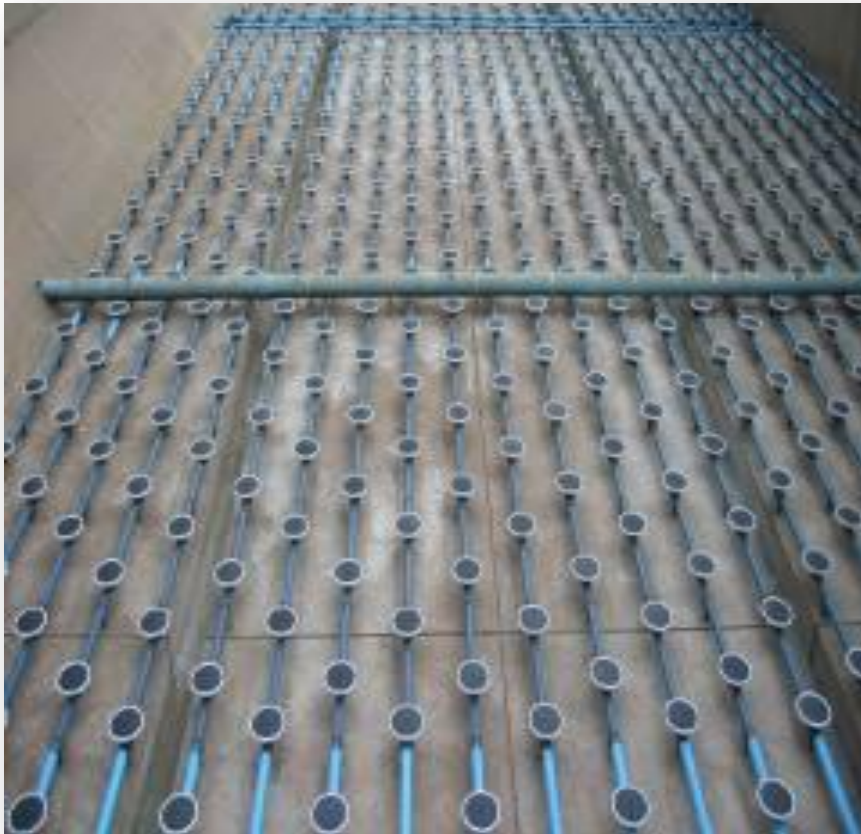
Πηγή:
O'Leary 1988

Αερισμός (Λειτουργία διαχυτήρων μέσα τη Δ.Α.)



Αερισμός λυμάτων

Διαχυτήρες λεπτής φυσαλίδας στον πυθμένα



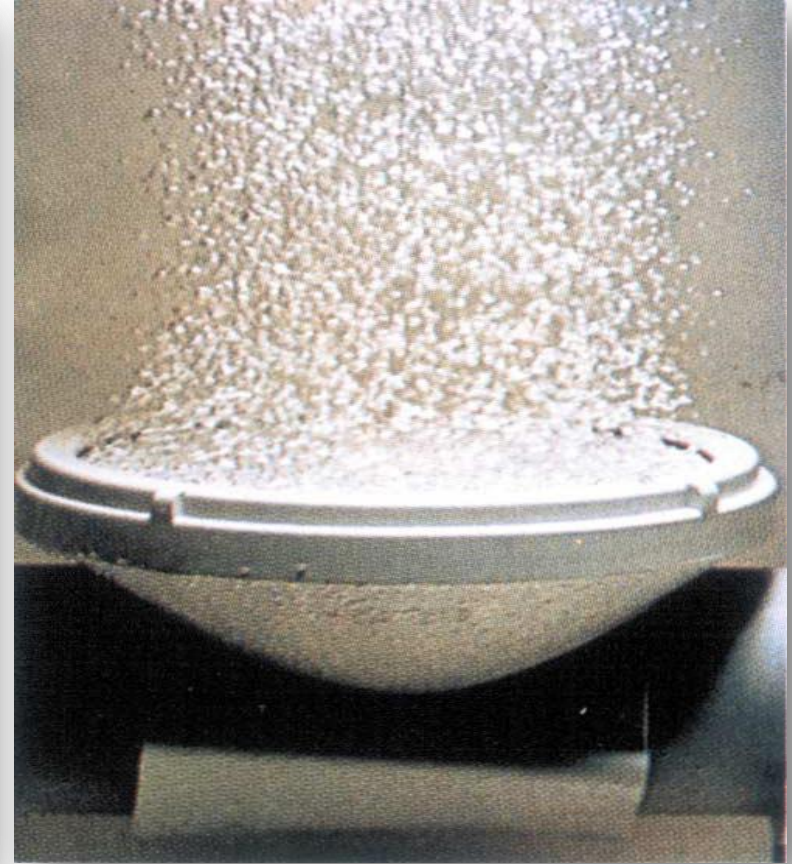
Πηγή:

<http://www.shivsu.com/sewagetreatment.html>



Αερισμός λυμάτων

Λεπτομέρεια διαχυτήρων λεπτής φυσαλίδας



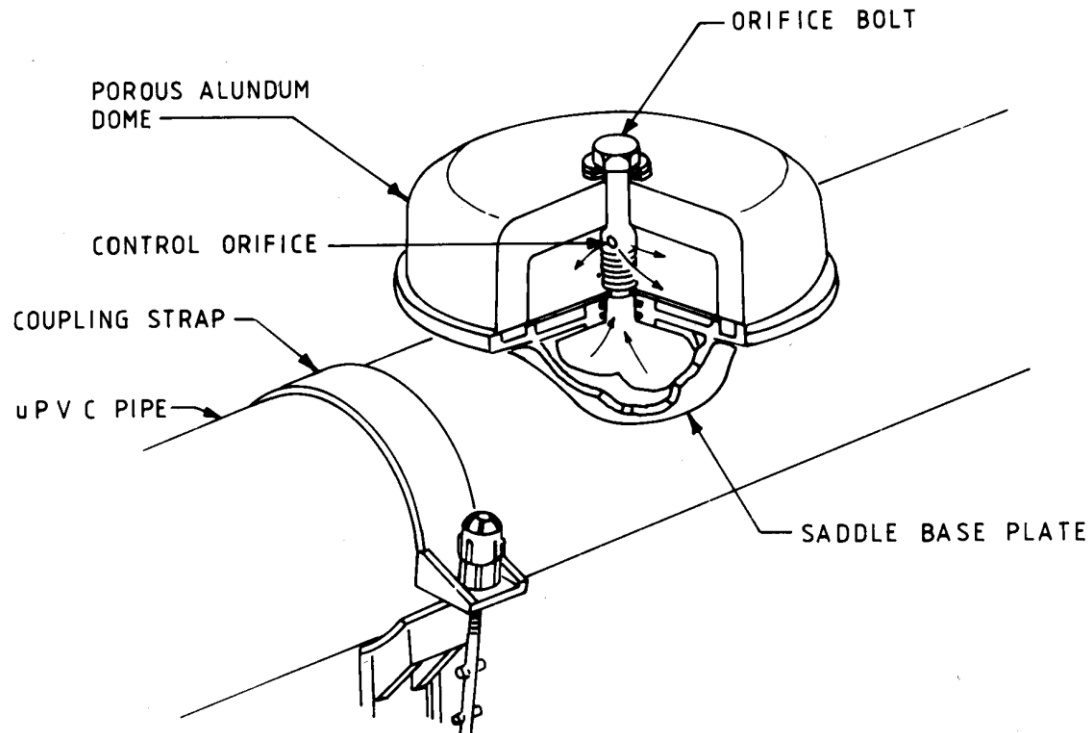
Πηγή:

<http://www.bomnuocdailoan.com/thong-so-may-bom-nuoc/Thiet-Bi-Phan-Phoi-Khi-Bot-Tinh-Dang-Ong-84P-Micropore->



Αερισμός λυμάτων

Σχηματική διάταξη και εικόνα διαχυτή τύπου Dome

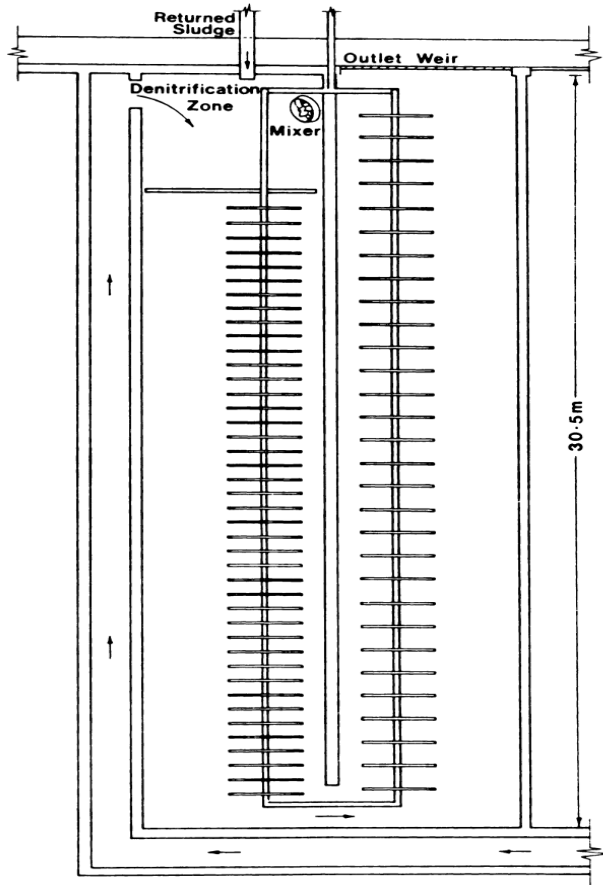


(Carborundum Abrasives GB Ltd)

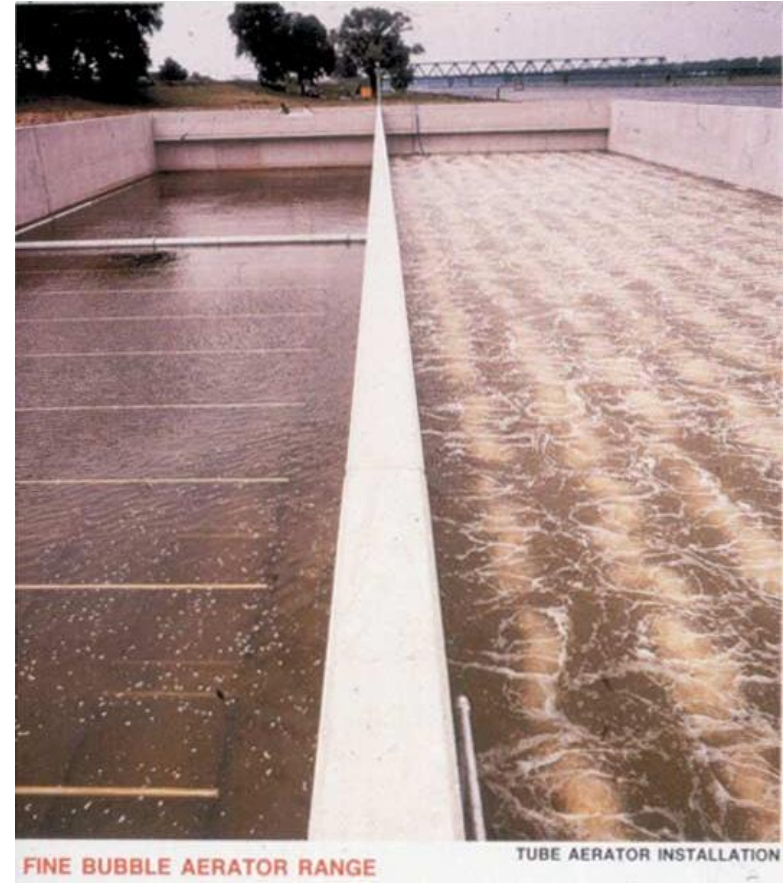


Αερισμός λυμάτων

Διαχυτήρες λεπτής φυσαλίδας



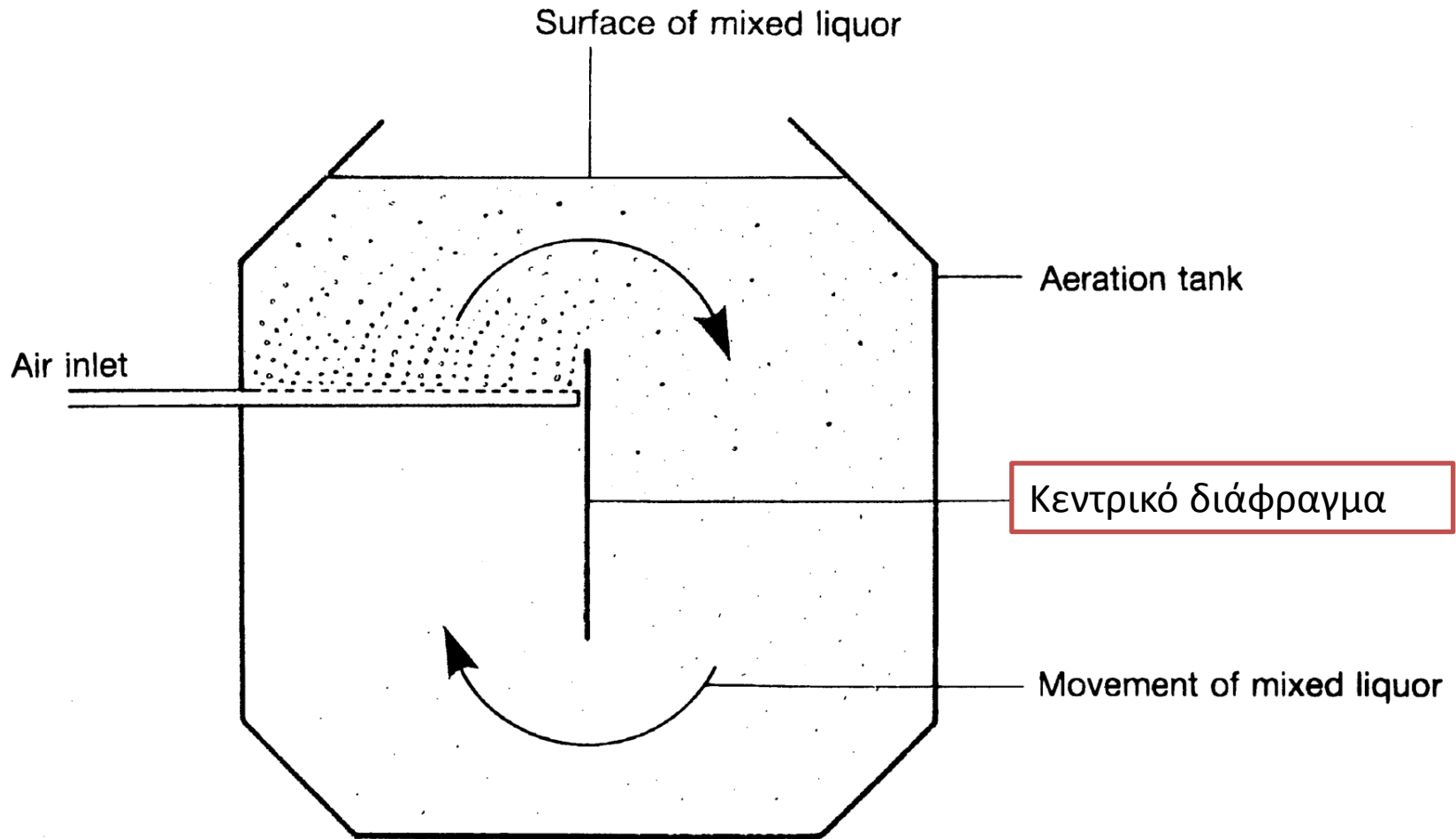
Layout of fine bubble tube aerators at Hawick Sewage Treatment Works, (Πηγή: Wallis 1989)



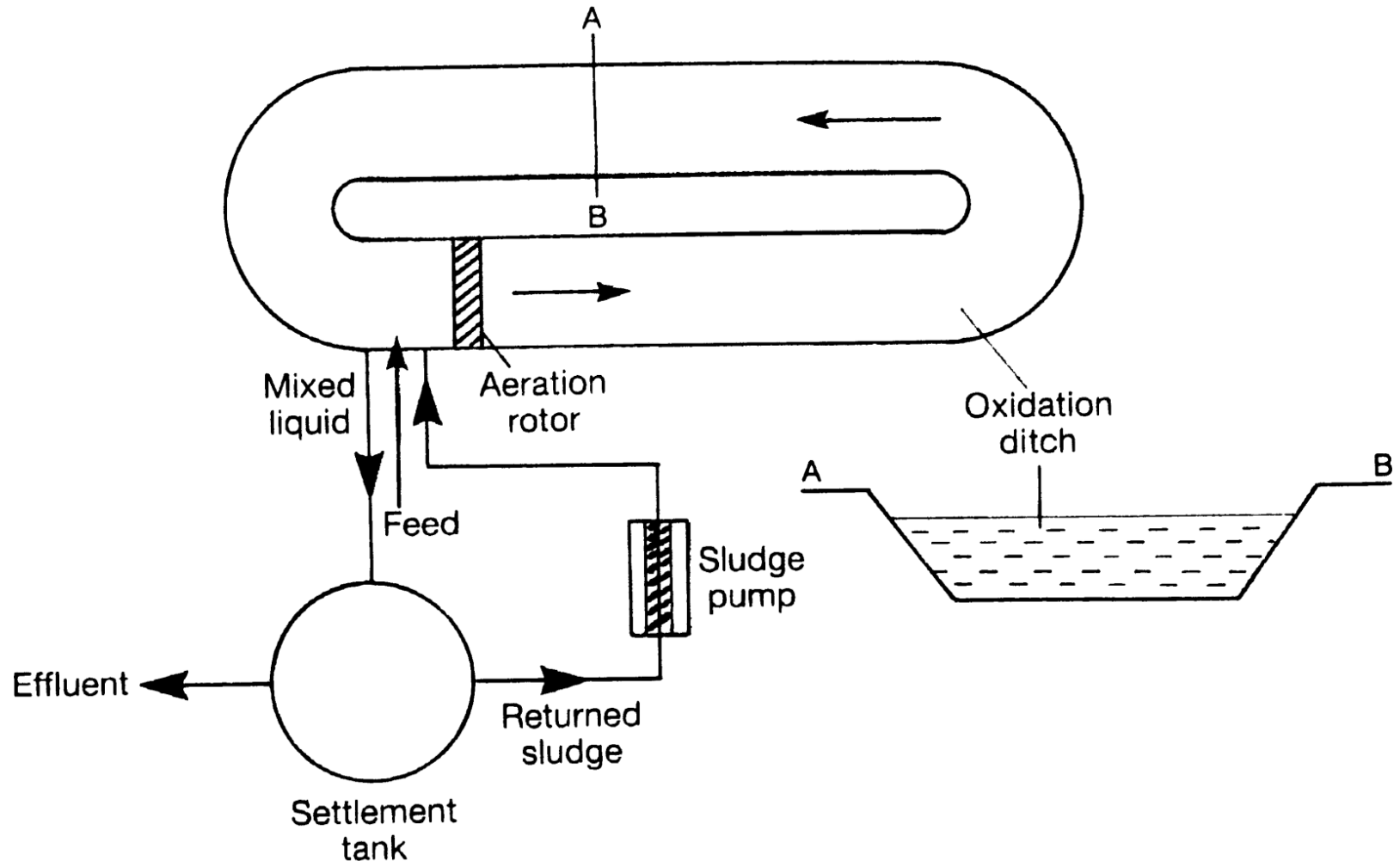
(a) Fine bubble tube aerators mounted on a framework of air supply pipes. (b) Aeration in operation Rosewater Engineering Ltd.



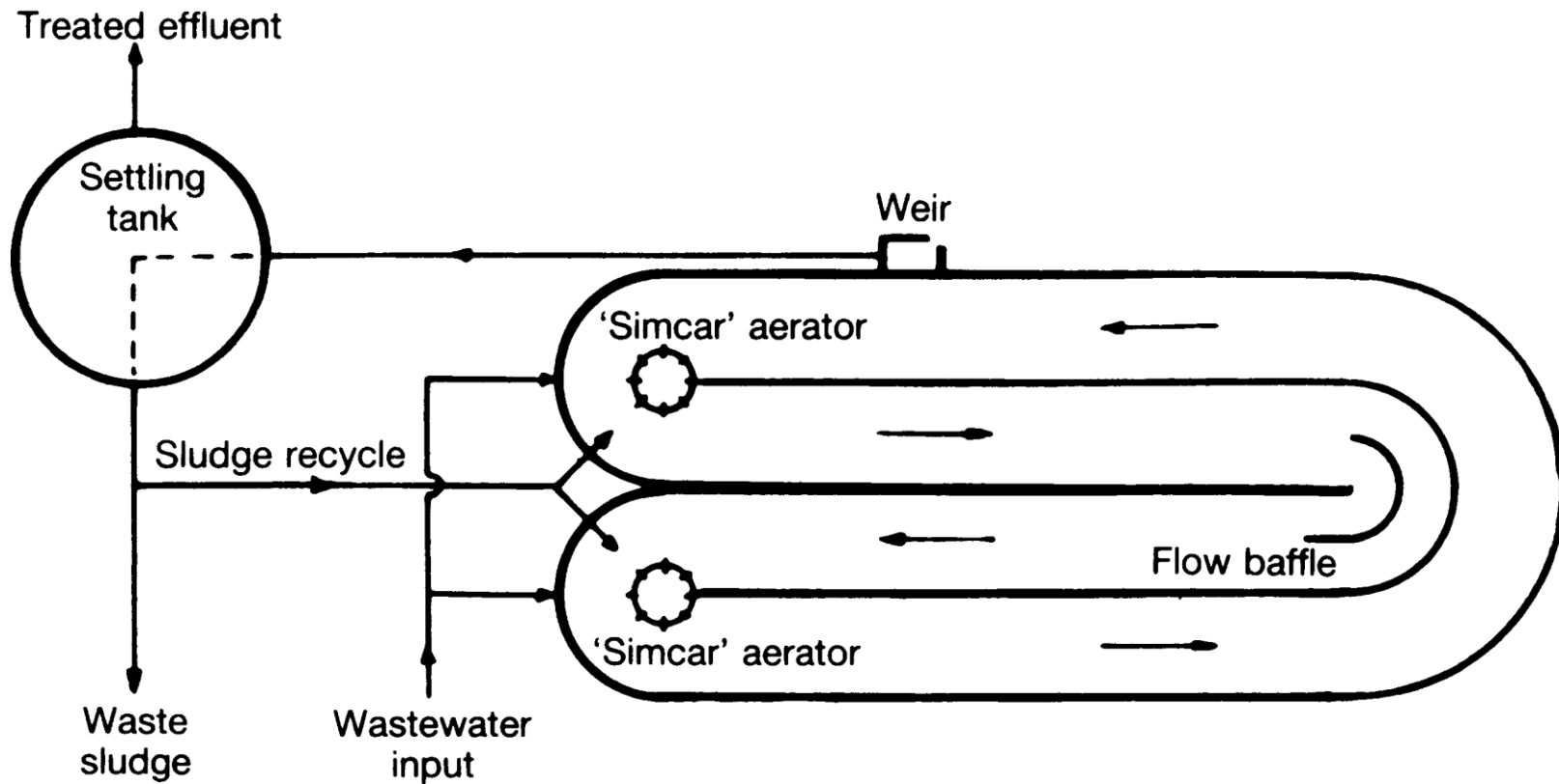
Αερισμός (Σχηματική διάταξη διαχυτήρων τύπου ΙΝΚΑ)



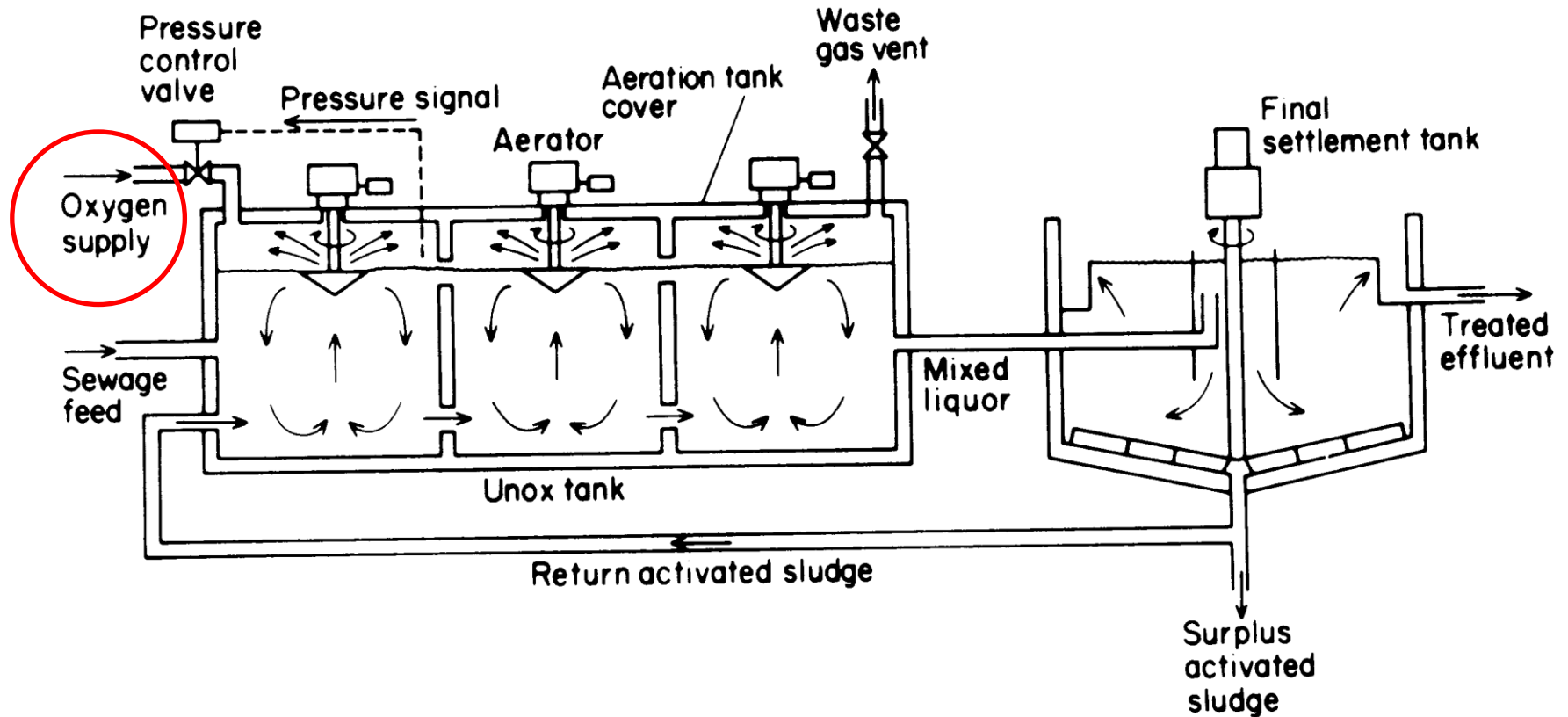
Σύστημα παρατεταμένου αερισμού (Οξειδωτική τάφρος)



Οξειδωτική τάφρος carousel



Σχηματική διάταξη μεθόδου ενεργού ιλύος με πρόσδοση καθαρού O₂



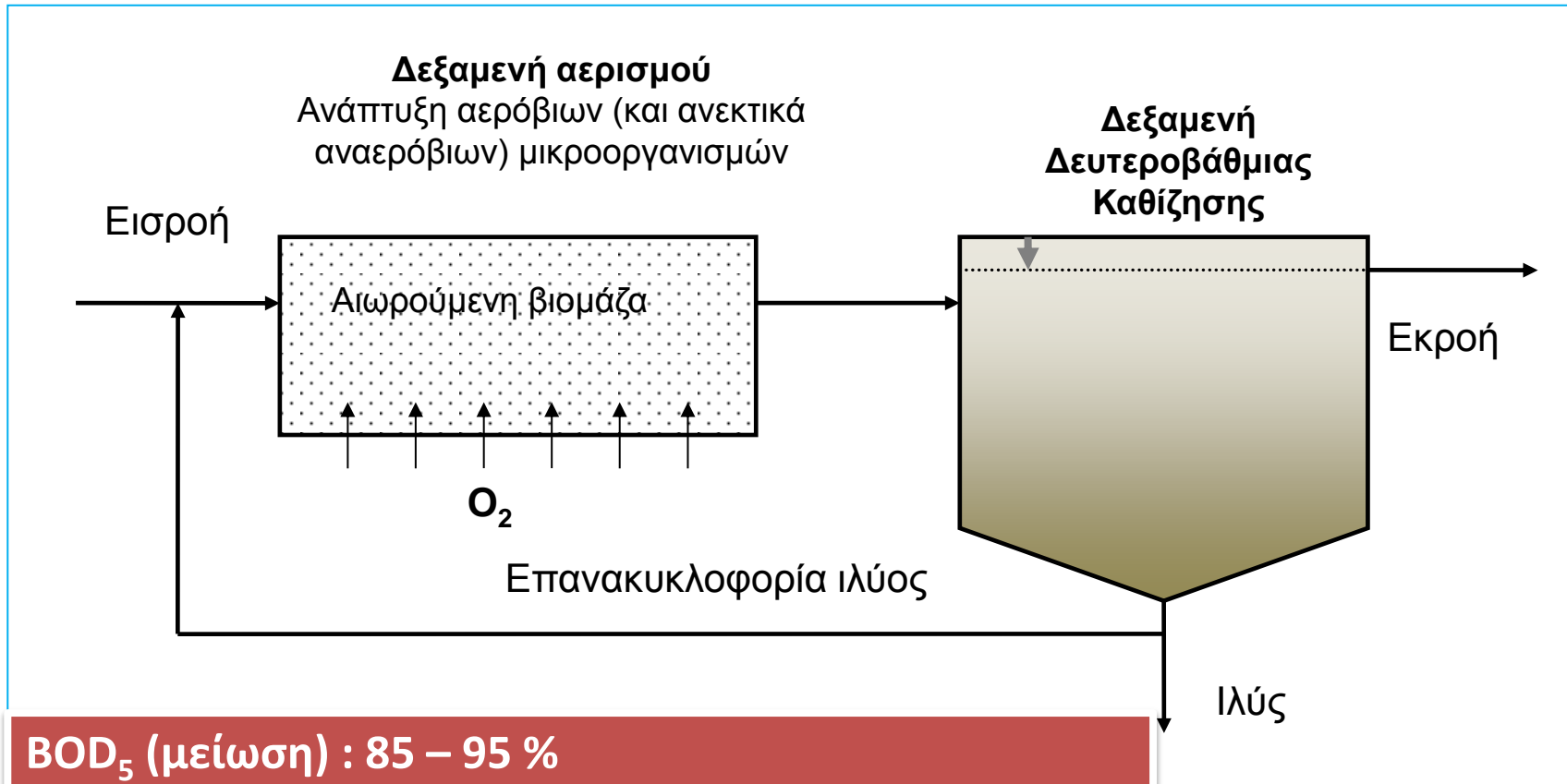
Πηγή: Hawkes 1983a



Δεξαμενή ενεργού ιλύος (Ε.Ε.Λ. Καβάλας)



Ενεργός ιλύς: Απόδοση της μεθόδου



BOD₅ (μείωση) : 85 – 95 %

Αιωρούμενα στερεά (μείωση) : 80 – 90 %

Βακτήρια (μείωση) : 98 – 99 %



Δεξαμενές καθίζησης

- Είδη δεξαμενών καθίζησης
- Κίνηση υγρών
- Είσοδος υγρών (Διατάξεις ηρεμίας)
- Έξοδος υγρών (Υπερχειλιστές)
- Σαρωτές ιλύος
- Απαγωγός επιπλεόντων
- Κώνος συγκέντρωσης ιλύος



Δεξαμενές καθίζησης

- **Προσαγωγός αγωγός ή διάταξη εισόδου.** **Στόχος:** ομοιόμορφη κατανομή της παροχής και ομαλή χωρίς στροβιλισμούς ροή.
- **Διάταξη απαγωγής των καθαρών.** **Στόχος:** ομοιόμορφη απομάκρυνση των εξερχόμενων σε όλη την περιφέρεια ή σε όλη τη διάταξη εξόδου.
- **Κώνος συγκέντρωσης ιλύος και ξέστρο ιλύος.** **Στόχος:** απομάκρυνση της ιλύος που καθιζάνει προς τον κώνο συγκέντρωσης με τη βοήθεια του ξέστρου. Το ξέστρο κινείται με μικρή ταχύτητα για αποφυγή επαναιώρησης της ιλύος.
- **Συστήματα συλλογής και απομάκρυνσης των επιπλεόντων.**

Η ιλύς από τη δευτεροβάθμια καθίζηση έχει περιεκτικότητα σε στερεά (0,5 – 1 %)



Απομάκρυνση ρυπαντών από υγρά απόβλητα με βιολογική επεξεργασία

Ρυπαντής	Κλασικό σύστημα αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας	Βιολογική απονιτροποίηση	Χαλικοδιυλιστήρια (Χαμηλό φορτίο)	Χαλικοδιυλιστήρια (Υψηλό φορτίο)	Αναερόβια επεξεργασία
Suspended Organic Matter	-	-	-	-	-
Dissolved Organic Matter	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΛΗ
Ammonia Nitrogen	ΚΑΚΗ	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΚΗ	ΚΑΚΗ
Inorganic Nitrogen	ΚΑΚΗ	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΚΗ	ΚΑΚΗ	ΚΑΚΗ
Phosphorus	ΚΑΚΗ – ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΚΗ – ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΚΗ – ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΚΗ – ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΚΗ
Sulfides	ΑΡΙΣΤΗ	ΑΡΙΣΤΗ	ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ	-
VOC	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ
SOC	ΚΑΚΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΚΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΚΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΚΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΚΗ – ΑΡΙΣΤΗ
Pesticides	ΚΑΚΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΚΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΚΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΚΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΚΗ – ΑΡΙΣΤΗ
Heavy metals	-	-	-	-	-
Pathogens	ΚΑΚΗ – ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΚΗ – ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΚΗ – ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΚΗ – ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΚΗ – ΜΕΤΡΙΑ

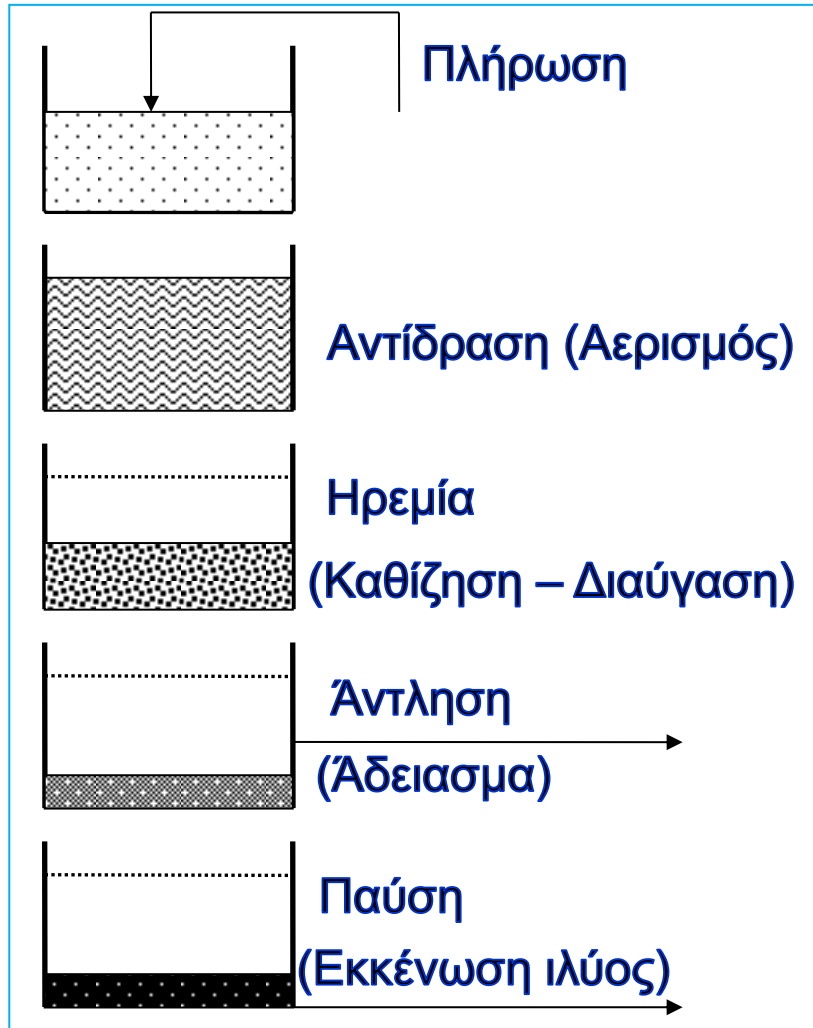




ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Βιολογικές διεργασίες – Τα συστήματα SBR

Αντιδραστήρες διαλείποντος έργου εναλλασσόμενων κύκλων λειτουργίας



- Πρόκειται για συστήματα ενεργού ιλύος τα οποία λειτουργούν σε **διαφορετικούς χρόνους και όχι σε διαφορετικούς χώρους**, δηλαδή οι φάσεις της επεξεργασίας διαχωρίζονται **χρονικά και όχι χωρικά**.
- **Εξισορρόπηση, Αερισμός και Καθίζηση** μπορούν να επιτευχθούν σε ένα και μόνο αντιδραστήρα.
- Η απόδοση των SBR είναι συνήθως συγκρίσιμη με τα συμβατικά συστήματα ενεργού ιλύος και εξαρτάται από το σχεδιασμό του συστήματος καθώς και από άλλα ειδικά κριτήρια.
- Ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους, τα συστήματα SBR μπορούν να επιτύχουν ικανοποιητική απομάκρυνση BOD και θρεπτικών συστατικών.
- Η απόδοση στην απομάκρυνση του BOD κυμαίνεται συνήθως από 85 - 95 %.
- Οι κατασκευαστές SBR προσφέρουν συνήθως εγγύηση για την παραγωγή εκρεόντων λυμάτων με χαρακτηριστικά μικρότερα από:
 - 10 mg/L **BOD**
 - 10 mg/L **TSS**
 - 5 - 8 mg/L **TN**
 - 1 - 2 mg/L **TP**.



Θετικά και αρνητικά των συστημάτων SBR

- Η εξισορρόπηση, η πρωτοβάθμια καθίζηση (στις περισσότερες περιπτώσεις), η βιολογική επεξεργασία και η δευτεροβάθμια καθίζηση μπορούν να επιτευχθούν σε ένα μόνο αντιδραστήρα.
 - Πιο απλοποιημένη η μέθοδος επεξεργασίας (λιγότερη παρακολούθηση).
 - Λειτουργική ευελιξία, ιδιαίτερα αποτελεσματική στην αντιμετώπιση διακυμάνσεων στα εισερχόμενα ρυπαντικά φορτία. (Αρκεί η ρύθμιση του κύκλου λειτουργίας (χρονική ρύθμιση) ανάλογα με τις ανάγκες).
 - Απαιτούν ελάχιστη κάλυψη χώρου.
 - Μειωμένο κόστος κεφαλαίου λόγω κατάργησης ορισμένου εξοπλισμού.
 - Δεν απαιτείται επανακυκλοφορία ιλύος.
 - Αποφεύγονται τα φαινόμενα διόγκωσης της ιλύος λόγω της ανάπτυξης νηματοειδών μικροοργανισμών, καθώς με μεταβολή του κύκλου λειτουργίας μπορούν να δημιουργηθούν κατάλληλες συνθήκες επιλογής των υγιών βακτηρίων σε βάρος των νηματοειδών.
 - Επιτυγχάνεται υψηλός βαθμός απονιτροποίησης και καλή ποιότητα βιομάζας.
- Απαιτείται υψηλότερο επίπεδο πολυπλοκότητας σε σύγκριση με τα συμβατικά συστήματα και ιδίως για τα μεγαλύτερα συστήματα, των μονάδων χρόνου και των ελέγχων.
 - Απαιτείται ανώτερο επίπεδο συντήρησης σε σύγκριση με συμβατικά συστήματα, που συνδέεται με περισσότερο εξελιγμένους ελέγχους, αυτοματοποιημένους διακόπτες, και αυτοματοποιημένες βαλβίδες.
 - Πιθανή διαφυγή της καθιζάνουσας ιλύος κατά τη διαδικασία της εκκένωσης.
 - Πιθανή έμφραξη συσκευών αερισμού κατά τη διάρκεια των εναλλασσόμενων κύκλων λειτουργίας, ανάλογα με το σύστημα αερισμού που χρησιμοποιείται από τον κατασκευαστή.
 - Απαίτηση για εξισορρόπηση μετά το σύστημα SBR, ανάλογα με τις κατάντη διαδικασίες.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Αερόβιες – αναερόβιες βιολογικές διεργασίες (Λίμνες λυμάτων)

Λίμνες σταθεροποίησης λυμάτων

- Πρόκειται για μικτή επεξεργασία η οποία πραγματοποιείται σε δεξαμενές σταθεροποίησης με αρκετό βάθος, όπου στο **ανώτερο στρώμα** διατηρούνται αερόβιες συνθήκες εξαιτίας του ατμοσφαιρικού οξυγόνου ή του παραγόμενου από τα φύκια οξυγόνου με τη διεργασία της φωτοσύνθεσης, ενώ στο **κατώτερο στρώμα** όπου δεν διεισδύει το φως επικρατούν αναερόβιες συνθήκες.



Λίμνες σταθεροποίησης λυμάτων

Συνδυασμός ενεργού ιλύος με δεξαμενές σταθεροποίησης / οξείδωσης.



Πηγή:
http://www.isma.fr/en_aerateur-a-vis-helicoidale-wbl-documentation.html



Πηγή:
<http://www.hotfrog.it/Societa/SWATER-APPs-Applicazioni-del-Modello-SWater-per-il-Calcolo-Verifica-Simulazione-dei-Processi-di-Trattamento-delle-Acque-Reflue>



Λίμνες σταθεροποίησης λυμάτων

Αεριζόμενες λίμνες σταθεροποίησης λυμάτων



Πλωτοί αναδευτήρες



Πηγή: <http://www.wateronline.com/doc/pmsls-oloid-surface-aeration-system-0001>



Θετικά και αρνητικά των αεριζόμενων λιμνών σταθεροποίησης λυμάτων

- Χαμηλό κόστος κατασκευής – λειτουργίας.
- Απλή λειτουργία και μικρές απαιτήσεις συντήρησης.
- Ρύθμιση της εκροής και έλεγχος της ρύπανσης για μια κρίσιμη περίοδο (κατάλληλα συστήματα για παροδική ή εποχιακή παραγωγή αποβλήτων).
- Αντοχή σε μεγάλες μεταβολές της ποιότητας των εισερχόμενων αποβλήτων λόγω αραίωσης. (Ρυθμίζουν καλύτερα τις φορτίσεις σε σχέση με πολλά άλλα συστήματα και αποτελούν μια καλή επιλογή σε ορισμένες περιπτώσεις).
- Μείωση οργανικού φορτίου σε ικανοποιητικά επίπεδα.
- Ικανοποιητική απομάκρυνση φωσφόρου.
- Η φωτοσυνθετική δράση δημιουργεί αιωρούμενα στερεά τα οποία πρέπει να απομακρυνθούν.

- Απαιτήση μεγάλης έκτασης εγκατάστασης.
- Δυσκολία απομάκρυνσης φυτών που παράγονται από την βιολογική δράση στη λίμνη.
- Μεγάλοι χρόνοι παραμονής.
- Μικρή δυνατότητα αποδόμησης ορισμένων βιομηχανικών αποβλήτων (π.χ. η ύπαρξη τοξικών ουσιών, βαρέων μετάλλων είναι δυνατόν να σταματήσει τη βιολογική δράση).
- Ενοχλητικές οσμές, έντομα, κουνούπια.
- Δημιουργία αιωρούμενων στερεών (SS) με αποτέλεσμα η εκροή να μην ικανοποιεί συνήθως τις απαιτήσεις για τα SS.
- Μικρότερη απόδοση σε χαμηλές θερμοκρασίες (κρύα κλίματα). Αποτέλεσμα είναι η απαίτηση είτε μεγαλύτερων εδαφικών εκτάσεων είτε μεγαλύτερων χρόνων παραμονής.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Παράμετροι διαστασιολόγησης αερόβιων βιοαντιδραστήρων αιωρούμενης βιομάζας

Παράμετροι διαστασιολόγησης αερόβιων βιοντιδραστήρων αιωρούμενης βιομάζας

- Ο δείκτης όγκου ιλύος (mL/g),
- Η ηλικία της ιλύος (ημέρες),
- Η συγκέντρωση της βιομάζας στον αντιδραστήρα (Kg/m^3),
- Το ημερήσιο οργανικό φορτίο που εισέρχεται στον αντιδραστήρα ($\text{Kg BOD}_5/\eta\mu$),
- Η χωρική επιβάρυνση του αντιδραστήρα με οργανικό φορτίο ($\text{Kg BOD}_5/\text{m}^3 \text{ δεξ. } \eta\mu$),
- Η φόρτιση της βιομάζας με οργανικό φορτίο ($\text{Kg BOD}_5/\text{Kg } \eta\mu$)
- Η διάρκεια αερισμού (ώρες),
- Η κατανάλωση του οξυγόνου ($\text{Kg O}_2/\text{Kg BOD}_5$),
- Το ποσοστό επανακυκλοφορίας της ιλύος.



Οργανική φόρτιση Φ_B δεξαμενών

- $\Phi_B > 0,6$ kg/kgd **υψηλής** φόρτισης.
- $\Phi_B < 0,6$ kg/kgd **χαμηλής** φόρτισης.
- Για τιμές $\Phi_B = 0,3 - 2,0$ kg/kgd επιτυγχάνονται τιμές **$\Delta OI = 80 - 120$ mL/g** οι οποίες θεωρούνται ικανοποιητικές (*80 – 140 mL/g ακόμα καλύτερα*).



Βιομάζα

- Συγκέντρωση της βιομάζας στον αντιδραστήρα (Kg/m^3) **2,0 - 5,0 kg/m^3**
- Ημερήσιο οργανικό φορτίο που εισέρχεται στον αντιδραστήρα ($\text{Kg BOD}_5/\eta\mu$)
- Χωρική επιβάρυνση του αντιδραστήρα με οργανικό φορτίο ($\text{Kg BOD}_5/\text{m}^3 \text{ δεξ. } \eta\mu$),
- Φόρτιση της βιομάζας με οργανικό φορτίο ($\text{Kg BOD}_5/\text{Kg } \eta\mu$)



Άλλα μεγέθη που ενδιαφέρουν

- Ο χρόνος παραμονής των λυμάτων στη Δ.Α. **6 – 8 ώρες**
- Η ηλικία της ιλύος (ημέρες) **5 – 15 – 20 ημέρες**
- Ο δείκτης όγκου ιλύος (mL/gr) **80 - 140 ml/gr**
- Η κατανάλωση του οξυγόνου (Kg O₂/Kg BOD₅)
O₂ (~ 8 m³ αέρα για κάθε m³ λυμάτων)
- Το ποσοστό επανακυκλοφορίας της ιλύος
Περίπου 50 - 100% της παροχής των λυμάτων



Ηλικία ιλύος

- Η ηλικία ιλύος (Ηιλ) δίνει προσεγγιστικά το χρόνο για τον οποίο η βιομάζα, δηλαδή οι ενεργοί μικροοργανισμοί, παραμένει στη δεξαμενή αερισμού.
- Όσο μεγαλύτερος είναι ο επιθυμητός βαθμός επεξεργασίας των λυμάτων τόσο αυξάνεται και η ηλικία της ιλύος που απαιτείται.



Ηλικία ιλύος ($H_{iλ}$)

Ως ηλικία ιλύος ορίζεται ο λόγος της συνολικής ποσότητας ενεργού βιομάζας της δεξαμενής αερισμού ($B_{συ}$) προς την ημερήσια παραγωγή βιομάζας στη δεξαμενή ($B_{ημ.πα}$).

$$H_{iλ} = \frac{B_{συ}}{B_{ημ.}}$$

$$\left(\frac{kg}{kg/ημ} = ημ \right)$$

όπου $\mu_{μεσ}$ = η μέση τιμή του συντελεστή αύξησης της βιομάζας κατά την διάρκεια μιας ημέρας.

$$B_{ημ} = \mu_{μεσ} B_{συ}$$

Οι τιμές $B_{συ}$ και $B_{ημ}$ δίνονται σε Kg ξηράς ουσίας. Η ποσότητα της βιομάζας είναι πάντα το βάρος της σε ξηρά κατάσταση.

Άρα :

$$\mu_{μεσ} = \frac{B_{ημ.πα}}{B_{συ}} = \frac{1}{H_{iλ}} \quad ημ^{-1}$$



Ηλικία ιλύος

- Εάν δεν πρόκειται να γίνει νιτροποίηση η απαιτούμενη ηλικία της ιλύος είναι **5 ημέρες**.
- Εάν πρόκειται να γίνει νιτροποίηση και απονιτροποίηση ο χρόνος είναι τριπλάσιος (**15 ημέρες**).
- Εάν πρόκειται να γίνει και σταθεροποίηση ιλύος η απαιτούμενη ηλικία της ιλύος είναι **20 ημέρες**.
- Όσο χαμηλότερη είναι η **θερμοκρασία** του περιεχομένου της δεξαμενής τόσο μεγαλύτερη είναι η απαιτούμενη ηλικία της ιλύος. Αυτό συμβαίνει γιατί σε χαμηλές θερμοκρασίες οι διεργασίες παραγωγής της βιομάζας εξελίσσονται με βραδύτερους ρυθμούς.



Ο δείκτης όγκου ιλύος (ΔΟΙ) ή Sludge Volume Index (SVI)

- Οι βιολογικοί θρόμβοι που δημιουργούνται στη δεξαμενή ενεργού ιλύος δεν πρέπει να είναι ούτε μικρών ούτε μεγάλων διαστάσεων.
- Για την εκτίμηση της καταλληλότητας των διαστάσεων των βιολογικών θρόμβων μιας ΕΕΛ χρησιμοποιείται ο **ΔΟΙ**.
- $\Delta OI = 100 \text{ mL/g}$ σημαίνει βιολογική ιλύ με περιεκτικότητα 99% νερό και 1% ξηρά ουσία (ξηράνση της ιλύος στους $105 \text{ }^\circ\text{C}$).
- Η τιμή του δείκτη αυτού δίνει τον όγκο που καταλαμβάνει 1 g ξηράς ουσίας ενεργού ιλύος σε ενυδατωμένη κατάσταση και μετά από καθίζηση 30 λεπτών (Κώνος Imhoff).
- Για κανονικές συνθήκες λειτουργίας των ΕΕΛ οι τιμές του **ΔΟΙ** κυμαίνονται μεταξύ **80 και 120 ή 140 mL/g**.

ΔΟΙ : Δείκτης Όγκου ιλύος = SVI : Sludge Volume Index



Κώνοι Imhoff



$$\Delta \text{ΟΙ} = \frac{\text{ΟΙ}(\text{ml} / \text{l})}{\text{B}(\text{g} / \text{l})} (\text{ml} / \text{g})$$

ΟΙ: Όγκος ιλύος μετά από καθίζηση 30 λεπτών σε κώνο Imhoff (ml/Lt)

B: Βιομάζα στη μονάδα όγκου ιλύος μετά από ξήρανση σε 105 °C (gr/Lt)

$$\text{TSS}(\text{mg} / \text{l}) = \frac{(A - B) \times 1000 \text{ml} / \text{l}}{C (\text{ml})}$$

Υπολογισμός βιομάζας (B)

A = Μικτό βάρος μετά την ξήρανση (mg)

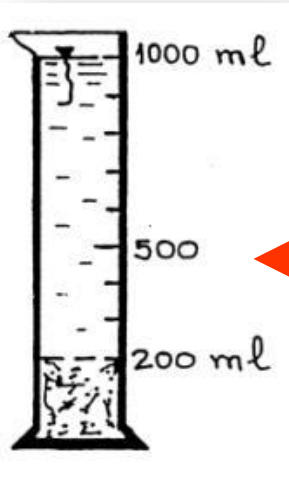
(Βάρος ξηρού υπολείμματος + βάρος φίλτρου μετά από 24 ώρες στους 105 °C)

B = Βάρος φίλτρου (mg)

C = Όγκος δείγματος (ml)



Ρυθμός επανακυκλοφορίας ιλύος



Ο ρυθμός επανακυκλοφορίας της ιλύος ($R=Q_r/Q$) λαμβάνεται κατά προσέγγιση ίσος με το λόγο του όγκου των καθιζανόντων στερεών, ύστερα από καθίζηση (30 λεπτών) της απορροής της δεξαμενής αερισμού σε βαθμολογημένο κύλινδρο 1000 mL, προς τον όγκο του υπερκείμενου υγρού και πάντως τουλάχιστον 15%.

Παράδειγμα:

$$R=Q_r/Q \times 100 = 200/800 \times 100 = 25\%$$

Για παροχή λυμάτων $Q=20.000 \text{ m}^3/\eta\mu.$

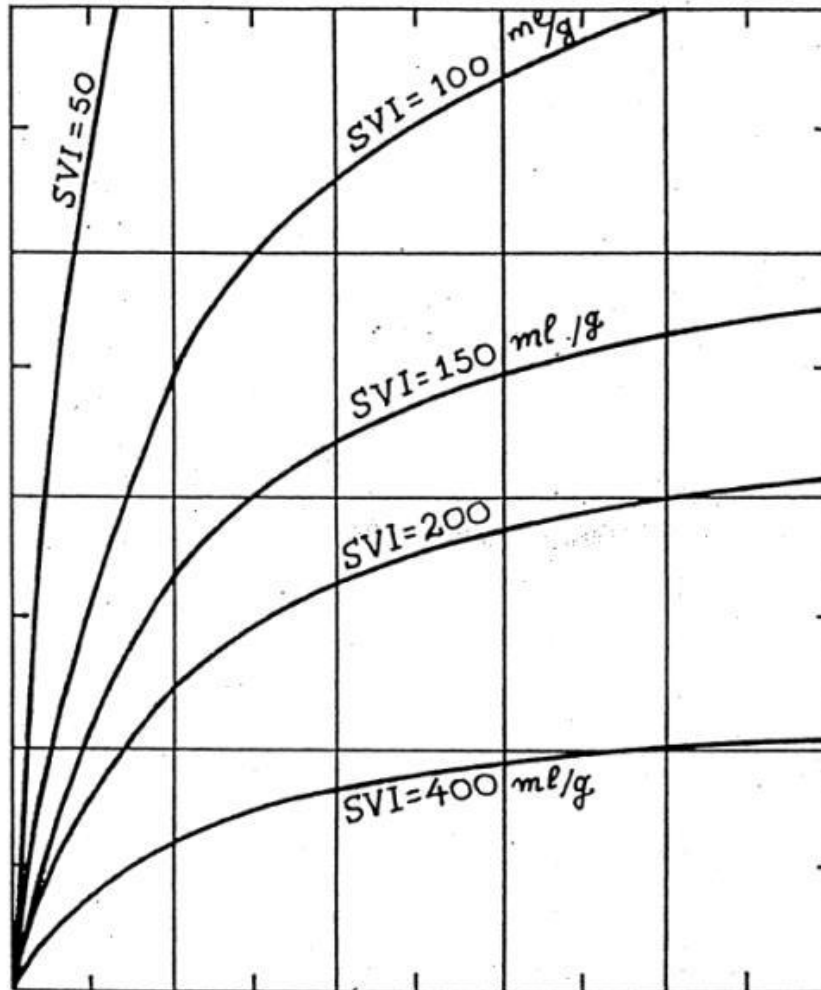
Η ιλύς επανακυκλοφορίας θα είναι:

$$Q_r = 20.000 \times 25\% = 5.000 \text{ m}^3/\eta\mu. = 210 \text{ m}^3/\acute{\omega}\rho\alpha$$



Ρυθμός επανακυκλοφορίας ιλύος

Συγκέντρωση
ιλύος μικτού
υγρού, MLSS
(mg/Lt)



Ρυθμός
ανακυκλοφορίας,
 $R=Q_r/Q$



Οργανική Φόρτιση

- Συγκέντρωση βιομάζας στον αντιδραστήρα (Kg/m^3),
- Ημερήσιο οργανικό φορτίο εισερχόμενο στον αντιδραστήρα ($\text{Kg BOD}_5/\eta\mu$),
- Χωρική επιβάρυνση αντιδραστήρα με οργανικό φορτίο ($\text{Kg BOD}_5/\text{m}^3 \text{ δεξ. } \eta\mu$),
- Φόρτιση βιομάζας με οργανικό φορτίο ($\text{Kg BOD}_5/\text{Kg } \eta\mu$).



Ημερήσια παραγωγή βιομάζας

Η ημερήσια παραγωγή βιομάζας ενός βιοαντιδραστήρα εξαρτάται:

- από την ποσότητα των οργανικών ουσιών που διοχετεύονται σε αυτόν και
- από την ενεργό βιομάζα που περιέχει

Οργανική φόρτιση (Φ)

Βιομάζα (εισερχόμενη)

Βιομάζα (περιεχόμενη)

Ο λόγος των δύο αυτών μεγεθών είναι η βασικότερη παράμετρος διαστασιολόγησης των αντιδραστήρων και ονομάζεται **οργανική φόρτιση**.

Δίνεται συνήθως σε Kg BOD₅ ανά Kg βιομάζας και ημέρα (kg/kg d).



Οργανική φόρτιση

Οργανική φόρτιση δεξαμενών (Φ_B)

Πρόκειται για την ποσότητα των οργανικών ουσιών, μετρούμενη σε BOD η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως τροφή από τη βιομάζα που περιέχεται στην μονάδα όγκου των δεξαμενών κατά τη διάρκεια μιας ημέρας (Φ_B).

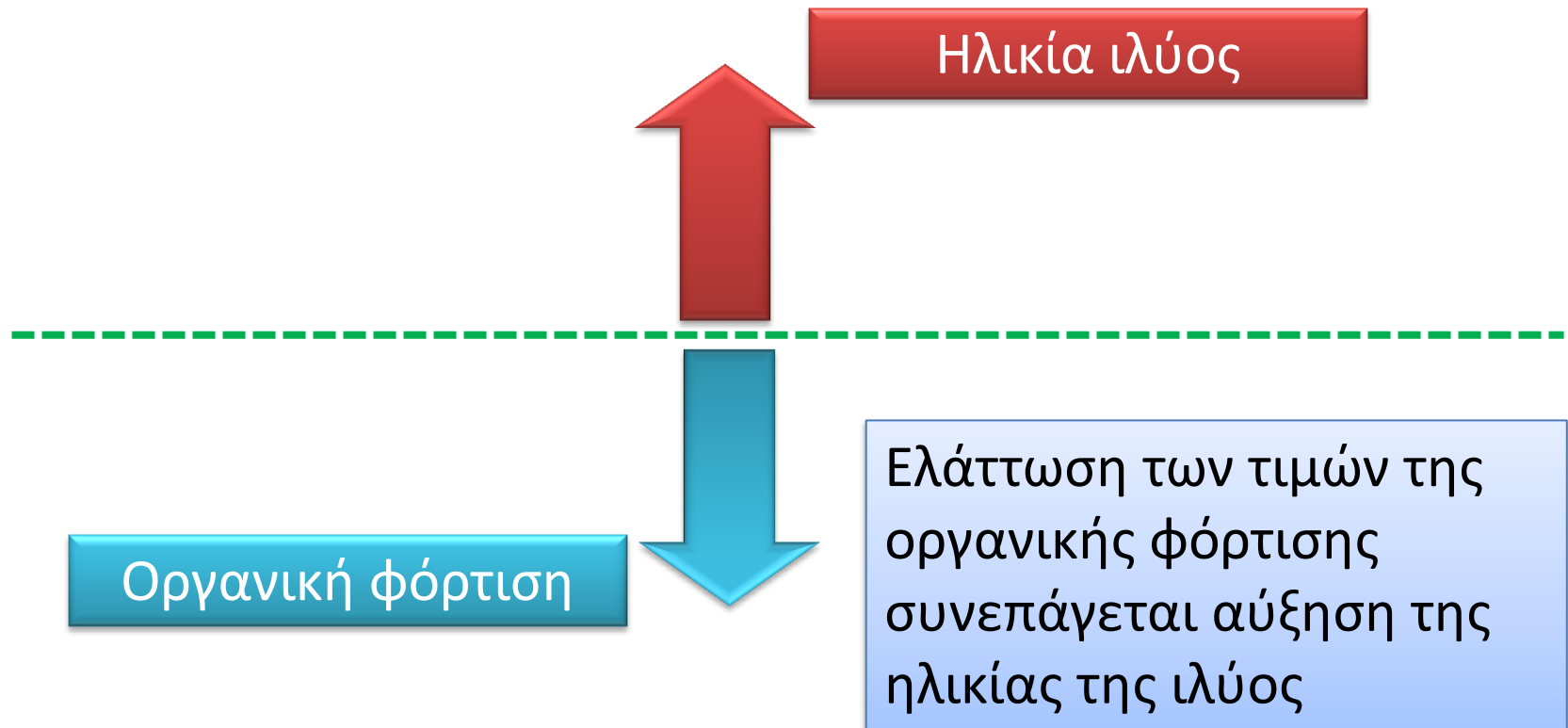
Οργανική φόρτιση (Φ)

Πολλές φορές η οργανική φόρτιση δίνεται απευθείας σαν ποσότητα οργανικών ουσιών που διοχετεύεται στην μονάδα όγκου των δεξαμενών, δηλαδή σε $\text{kg}/\text{m}^3\text{d}$ (Φ).



Ηλικία ιλύος και οργανική φόρτιση

Αντίστροφη είναι η σχέση της ηλικίας της ιλύος (Ηιλ) με την οργανική φόρτιση (Φ).



Ουσίες στα εκρέοντα λύματα από τις εγκαταστάσεις ενεργού ιλύος

Για τιμές $\Phi_B \leq 1$ η απόδοση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας είναι περίπου σταθερή (85-90%), ελαττώνεται δε όταν οι τιμές της οργανικής φόρτισης είναι μεγαλύτερες.

Οργανική φόρτιση	Ουσίες
$\Phi_B \geq 1$	Οργανικά υπόλοιπα, NH_3 , δύσκολα αποικοδομήσιμες ουσίες, βακτήρια
$1 \geq \Phi_B \geq 0.2$	NH_3 , δύσκολα αποικοδομήσιμες ουσίες, βακτήρια
$0.2 \geq \Phi_B \geq 0.$	Δύσκολα αποικοδομήσιμες ουσίες, βακτήρια
$0.1 \geq \Phi_B$	Δύσκολα αποικοδομήσιμες ουσίες



Αποικοδόμηση οργανικών ουσιών – Παραγωγή βιομάζας

- Τα λύματα αποτελούνται από μίγμα διαφορετικών οργανικών ουσιών, κάθε μια από τις οποίες έχει διαφορετική ταχύτητα αποικοδόμησης.
- Η μέγιστη παραγωγή βιομάζας παρατηρείται κατά την αποικοδόμηση των ταχέως αποικοδομήσιμων ουσιών και είναι 1,5 kg/kg BOD₅ που αποικοδομείται.
- Η ποσότητα των ουσιών αυτών καθορίζει το **πρώτο επίπεδο αποικοδόμησης** των οργανικών ουσιών (**ΠΕΑ**).
- Οι τιμές του ΠΕΑ των λυμάτων κυμαίνονται μεταξύ 30 και 70 mg BOD₅/L.



Αποικοδόμηση οργανικών ουσιών – Παραγωγή βιομάζας

- Σε περιπτώσεις μεγάλων τιμών οργανικής φόρτισης των δεξαμενών γίνεται κυρίως αποικοδόμηση των ταχέως αποικοδομήσιμων ουσιών και επομένως έχουμε την μέγιστη παραγωγή ιλύος.
- Ελαττώνοντας τις τιμές οργανικής φόρτισης των δεξαμενών η ταχύτητα αποικοδόμησης πέφτει. Η ποιότητα του περιβάλλοντος των βακτηρίων χειροτερεύει με αποτέλεσμα την καταστροφή τους με αυξανόμενους ρυθμούς (αδρανοποίηση της ιλύος). Στη θέση τους αναπτύσσονται άλλοι μικροοργανισμοί οι οποίοι τρέφονται από τα βακτήρια (κυρίως πρωτόζωα).
- Το τελικό αποτέλεσμα είναι η ελάττωση της παραγόμενης ποσότητας ιλύος λόγω αδρανοποίησής της.



Μικροοργανισμοί που αποτελούν τη βιομάζα των δεξαμενών αερισμού σε σχέση με τις τιμές της οργανικής φόρτισης

Οργανική φόρτιση kg/kg d	Μικροοργανισμοί
$\Phi_B > 2$	Κυρίως βακτήρια τα οποία παράγουν μεγάλη ποσότητα ιλύος. Αδρανοποίηση της ιλύος δεν γίνεται.
$2 > \Phi_B > 0.6$	Βακτήρια που αρχίζουν να αδρανοποιούνται σε μικρές ποσότητες και πρωτόζωα που αυξάνουν με γρήγορους ρυθμούς.
$0.6 > \Phi_B > 0.1$	Νιτροποίηση, παραγωγή ιλύος σε μέτριες ποσότητες. Μεγάλη παρουσία πρωτόζωων ορισμένα από τα οποία τρέφονται με βακτήρια.
$0.1 > \Phi_B$	Αδρανοποίηση της βιολογικής ιλύος. Η παραγωγή βιολογικής ιλύος είναι πολύ μικρή. Κυριαρχούν τα πρωτόζωα σε μικρές όμως συγκεντρώσεις. Τέλος νιτροποίησης.



Λειτουργία και απόδοση των δεξαμενών ενεργού ιλύος

- Η επίδραση της οργανικής φόρτισης στον ΔΟΙ δεν είναι επιστημονικά θεμελιωμένη.
- Η εμπειρία έδειξε ότι για τιμές $\Phi_B = 0.3$ ως $2,0 \text{ kg/kgd}$ επιτυγχάνονται τιμές $\Delta\text{ΟΙ} = 80 - 120 \text{ mL/g}$ οι οποίες θεωρούνται ικανοποιητικές.
- Για τιμές $\Phi_B > 2.0 \text{ kg/kg d}$ παρατηρείται ανάπτυξη κλωστοειδών βακτηρίων στις δεξαμενές ενεργού ιλύος, τα οποία δεν καθιζάνουν στις δεξαμενές καθίζησης αλλά αντίθετα επιπλέουν.
- Για τιμές $\Phi_B < 0.3 \text{ kg/kg d}$ οι βιολογικοί θρόμβοι διαλύονται σε πολλούς μικρών διαστάσεων οι οποίοι έχουν μικρές ταχύτητες καθίζησης. Το αποτέλεσμα είναι η ελάττωση της απόδοσης των δεξαμενών καθίζησης και συνεπώς χειροτέρευση της ποιότητας των εκρεόντων λυμάτων.



Λειτουργία και απόδοση των δεξαμενών ενεργού ιλύος

Τα λύματα είναι ένα μίγμα οργανικών ουσιών, κάθε μια από τις οποίες αποδομείται από την βιομάζα με διαφορετική ταχύτητα.

Κατά τη λειτουργία των εγκαταστάσεων βιολογικής επεξεργασίας η αποδόμηση των λυμάτων γίνεται στην αρχή ταχύτερα και μετά βραδύτερα. Αυτό συμβαίνει γιατί μερικές ουσίες προσροφώνται από τους βιολογικούς θρόμβους και κατ' αυτόν τον τρόπο διαχωρίζονται από τα λύματα ενώ δεν έχουν ακόμη αποδομηθεί.

Η καμπύλη αποικοδόμησης των αποικοδομήσιμων ουσιών είναι ευθεία γραμμή και συνεπώς ισχύει $\log y = -vt$ και $y = 10^{-vt}$

$$\frac{\varphi_t - \varphi_{\text{υπ}}}{\varphi_{t_0} - \varphi_{\text{υπ}}}$$

v = συντελεστής αερισμού (h^{-1})

t = διάρκεια αερισμού

$\varphi_{\text{υπ}}$ = Φορτίο υπολοίπων οργανικών ουσιών που δεν αποικοδομούνται

φ_t = Φορτίο οργανικών ουσιών μετά από αερισμό διάρκειας t

φ_{t_0} = Φορτίο οργανικών ουσιών στην αρχή του πειράματος (t_0)



Κατανάλωση οξυγόνου

- Στις εγκαταστάσεις ενεργού ιλύος υφίστανται αερόβιες διεργασίες.
- Πολλά από τα βακτήρια που χρησιμοποιούνται είναι ανεκτικά αναερόβια και διαβιούν και σε περιβάλλον στο οποίο δεν υπάρχει οξυγόνο. Οι αναερόβιες όμως διεργασίες είναι ατελείς και εξελίσσονται αργά. Συνεπώς για την κατεργασία των λυμάτων οι ποσότητες των οποίων είναι συνήθως μεγάλες, η αναερόβια κατεργασία δεν είναι η καταλληλότερη εκτός από ελάχιστες εξαιρέσεις όπως οι σηπτικοί βόθροι.
- Η αερόβια διεργασία εξασφαλίζεται όταν υπάρχει στα λύματα διαλυμένο οξυγόνο σε συγκεντρώσεις $\geq 0,5$ mg/L.
- Η κατανάλωση οξυγόνου είναι συνάρτηση της ποσότητας των οργανικών ουσιών των λυμάτων οι οποίες οξειδώνονται στις δεξαμενές αερισμού.
- Όσο μεγαλύτερη είναι η παραγωγή της βιομάζας τόσο μικρότερη είναι η ποσότητα οξυγόνου που καταναλώνεται για την αποδόμηση του ρυπαντικού φορτίου των λυμάτων γιατί μικρό μόνο μέρος αυτών των ουσιών οξειδώνεται σε ανόργανες ουσίες, ενώ το μεγαλύτερο μετατρέπεται σε οργανικές ουσίες άλλης μορφής (βιομάζα).



Υπολογισμός κατανάλωσης οξυγόνου

$$O_c = d \Phi_{\alpha\pi} + e B$$

όπου:

O_c = κατανάλωση οξυγόνου στην μονάδα όγκου των δεξαμενών και ημέρα $\text{kg}/\text{m}^3\text{d}$

$d\Phi_{\alpha\pi}$ = κατανάλωση οξυγόνου για την αδρανοποίηση των οργανικών ουσιών (για $\Phi_B \approx 0,5$ έως $2 \text{ kg}/\text{kgd}$, $d=0,5$)

e_B = κατανάλωση οξυγόνου για την ενδογενή αναπνοή της βιομάζας (για $\Phi_B \approx 0,5$ έως $2 \text{ kg}/\text{kgd}$, $e=0,1$)

B = ξηρά βιομάζα στην μονάδα όγκου των δεξαμενών αερισμού (kg/m^3)

Το οξυγόνο που πρέπει να διαλυθεί στα λύματα υπολογίζεται με την εξίσωση:

$$O_{\lambda\upsilon} = \alpha O_{\nu\epsilon} = \frac{O_K}{O_K - O} O_c \quad (\text{kg}/\text{m}^3\text{d})$$

α = συντελεστής διάλυσης οξυγόνου στο μείγμα λύματα-ενεργός ιλύς.

$O_{\nu\epsilon}$ = οξυγόνο που είναι δυνατόν να διαλυθεί στο καθαρό νερό $\text{kg}/\text{m}^3\text{d}$.

O_K = τιμή κορεσμού διαλυμένου οξυγόνου στις δεξαμενές αερισμού mg/L .

O = συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου στις δεξαμενές αερισμού mg/L .

$O_{\lambda\upsilon}$ = οξυγόνο που εισάγεται στο μείγμα λύματα-ενεργός ιλύς $\text{kg}/\text{m}^3\text{d}$.



Κατανάλωση οξυγόνου στις δεξαμενές αερισμού

O_{ve}/ϕ (kg O ₂ /kg BOD ₅)	Μέθοδος
1 - 1,2	Δεξαμενές υψηλής φόρτισης (μερική αποικοδόμηση των οργανικών ουσιών των λυμάτων).
1 - 1,5	Δεξαμενές αερισμού στις οποίες γίνεται αποικοδόμηση του συνόλου των ευκόλως αποικοδομήσιμων ουσιών.
2,5	Εγκαταστάσεις με νιτροποίηση.
2,8	Εγκαταστάσεις με αδρανοποίηση της παραγόμενης ιλύος.



Κατανάλωση οξυγόνου

Οι παραπάνω αναφερόμενες ποσότητες οξυγόνου εισάγονται στις δεξαμενές αερισμού και διαλύονται στα λύματα με συστήματα αερισμού με τα οποία εξοπλίζονται οι δεξαμενές.

Στα οικιακά λύματα η διάλυση του οξυγόνου είναι δυσκολότερη απ' ότι στο νερό και επομένως η ποσότητα του οξυγόνου που πρέπει να διοχετευθεί στις δεξαμενές με τις συσκευές αερισμού είναι μεγαλύτερη.

Αυτό λαμβάνεται υπόψη με τον συντελεστή α της εξίσωσης:

$$O_{\lambda\upsilon} = \alpha O_{\nu\epsilon} = \frac{O_K}{O_K - O} O_c$$

Οι τιμές του συντελεστή α ελαττώνονται όταν αυξάνεται η ρύπανση των λυμάτων.

Επίσης οι τιμές του συντελεστή α επηρεάζονται από την ένταση της ανάδευσης.



Ποσοστό επανακυκλοφορίας ίλυσ

Στις εγκαταστάσεις ενεργού ίλυσ το ποσοστό επανακυκλοφορίας α , υπολογίζεται ως εξής:

$$Q (1+\alpha) B = \alpha Q B_{\lambda}$$

$$B + \alpha B = \alpha B_{\lambda}$$

$$B = \alpha (B_{\lambda} - B)$$



$$\alpha = \frac{B}{B_{\lambda} - B}$$

B = περιεκτικότητα βιομάζας στη δεξαμενή

α = ποσοστό επανακυκλοφορίας ίλυσ

Q = παροχή εισρεόντων στην εγκατάσταση λυμάτων

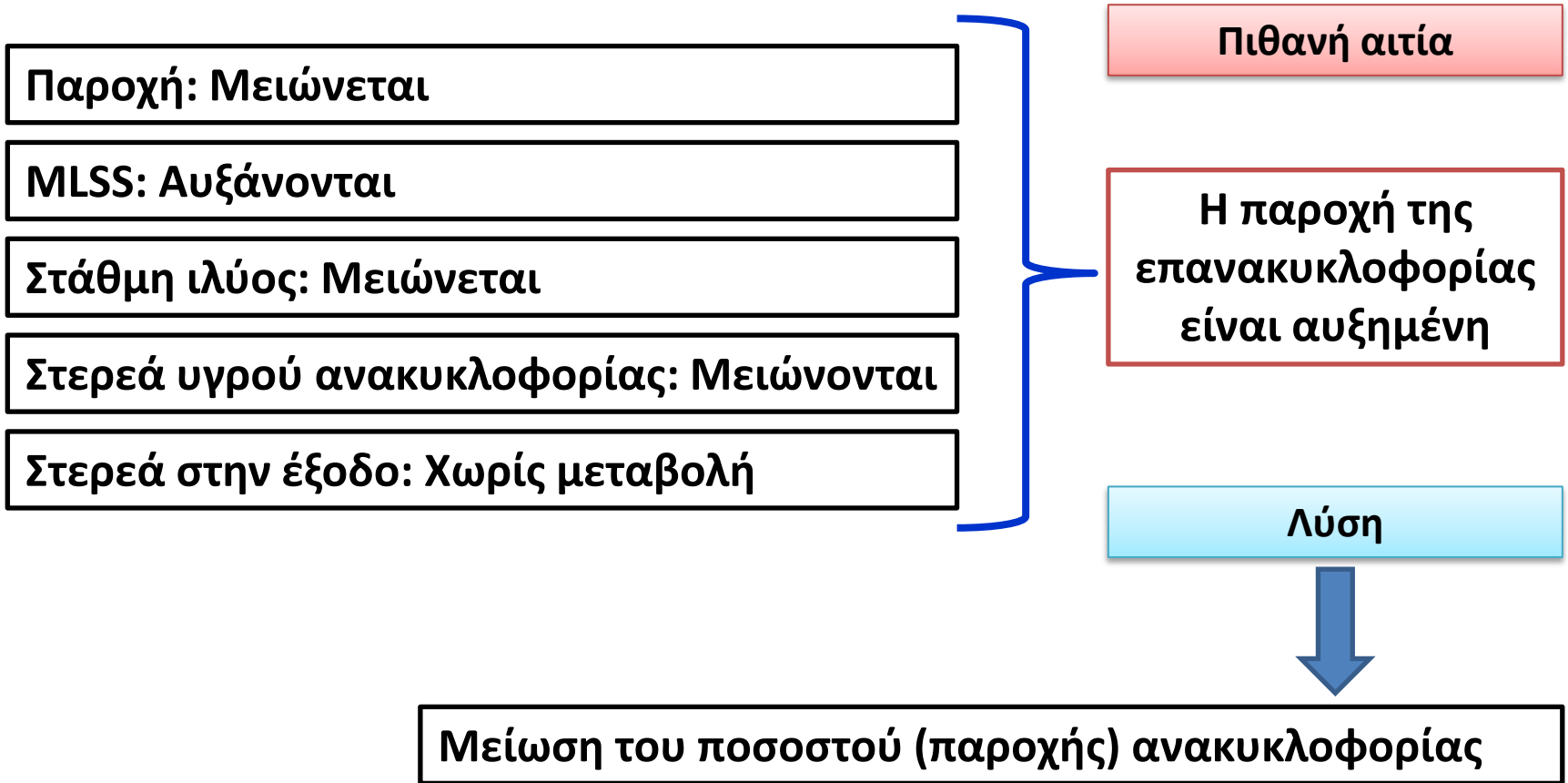
B_{λ} = βιομάζα ίλυσ επανακυκλοφορίας

Το ποσοστό επανακυκλοφορίας στις εγκαταστάσεις ενεργού ίλυσ υψηλής φόρτισης κυμαίνεται μεταξύ **0,5 και 1,0**.

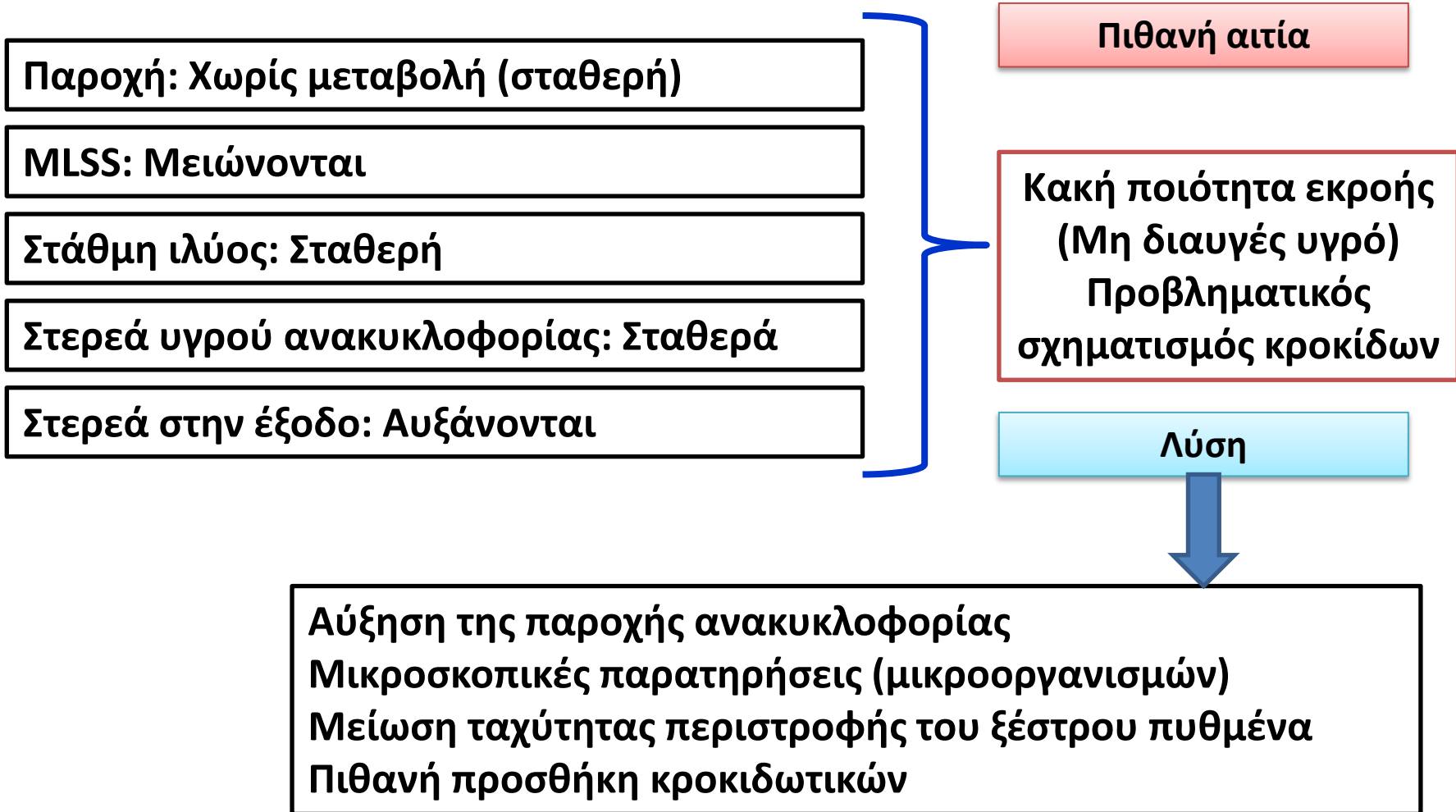
Δηλαδή επανακυκλοφορία από **50 % έως 100 %**.



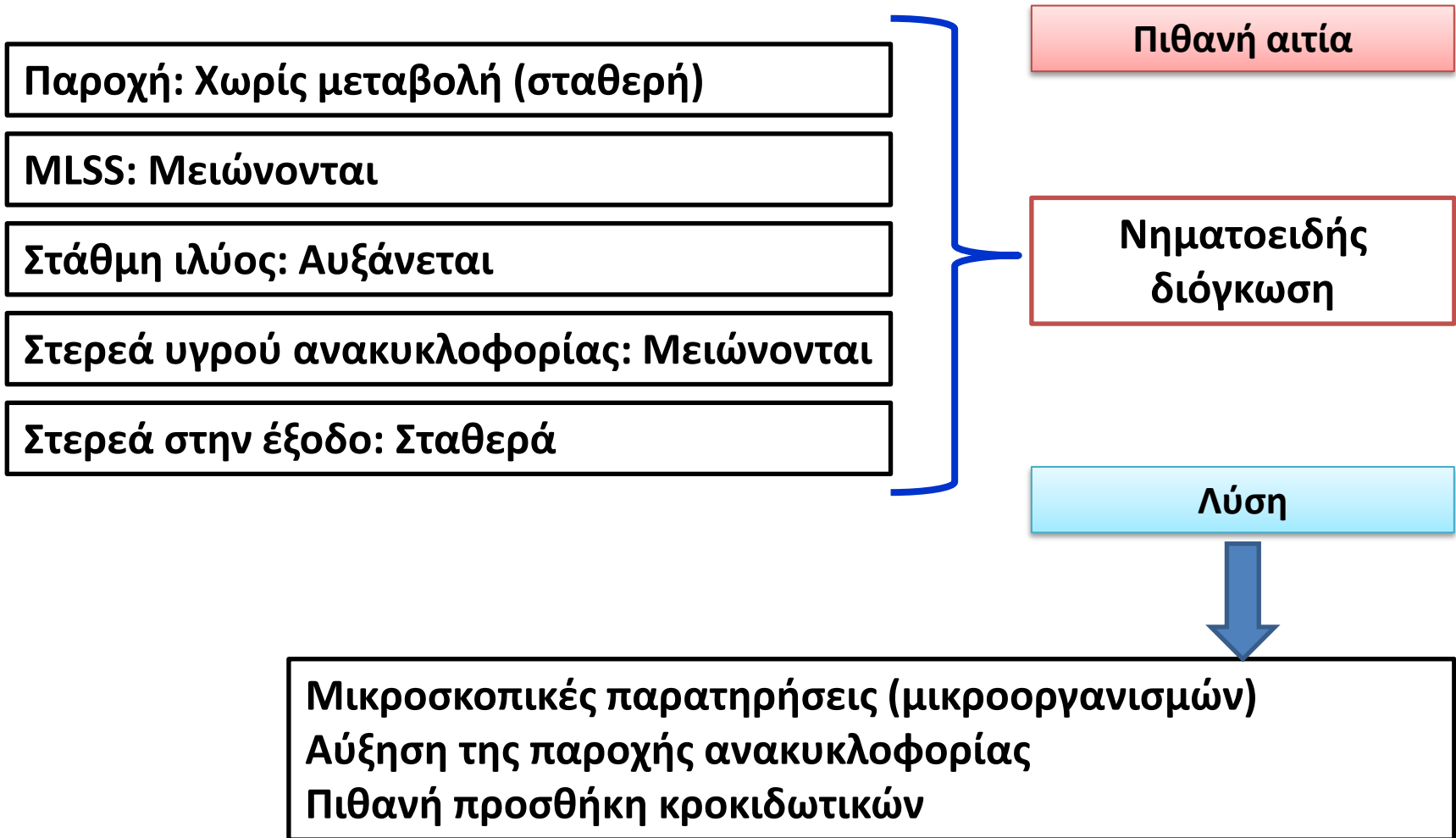
Βιολογική βαθμίδα Ε.Ε.Λ. Προβλήματα – Επίλυση



Βιολογική βαθμίδα Ε.Ε.Λ. Προβλήματα – Επίλυση



Βιολογική βαθμίδα Ε.Ε.Λ. Προβλήματα – Επίλυση



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Ευθύμιος Νταρακάς.
«Τεχνική Περιβάλλοντος». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014.

Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:
<http://eclass.auth.gr/courses/OCRS460/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Ολυμπία Τασκάρη
Θεσσαλονίκη, 1/9/2014



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Σημειώματα

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

