

# Αειφόρος λειτουργία εγκαταστάσεων βιολογικής επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

<sup>1</sup>Αμανατίδου Ελισάβετ, <sup>1</sup>Σαμιώτης Γεώργιος, <sup>1</sup>Τρικοιλίδου Ελένη, <sup>2</sup>Ταουσάνιδης Νικόλαος, <sup>1</sup>Μπέλλος Δημήτριος

**Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Μακεδονίας**

<sup>1</sup>Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος & Μηχανικών Τεχνολογιών Αντιρρύπανσης  
Εργαστήριο Περιβαλλοντικής Χημείας & Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων

<sup>2</sup>Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών και Βιομηχανικού Σχεδιασμού ,  
Εργαστήριο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

## Ανθρωπογενείς Δραστηριότητες

Μεγάλες Ποσότητες  
Υγρών Αποβλήτων

Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων:  
Φυσικές, Φυσικοχημικές &  
Βιολογικές και Βιοχημικές  
Διεργασίες

Πόσο αιεφόρες είναι  
αυτές οι εφαρμογές;

Βιολογικές Διεργασίες Ενεργού  
Ιλύος: Ευρεία Εφαρμογή σε  
Αστικά & Βιομηχανικά Απόβλητα



Αποτελεσματική  
Επεξεργασία  
Υγρών  
Αποβλήτων

Μικρότερη  
Κατανάλωση  
Ενέργειας

+

=

- Έλεγχος μικροβιολογικών  
και μορφολογικών  
χαρακτηριστικών βιομάζας  
&  
μικροβιακή χειραγώγηση

- Υψηλοί χρόνοι  
κατακράτησης ιλύος

- Αποτελεσματικό  
διαχωρισμό  
υγρών/στερεών

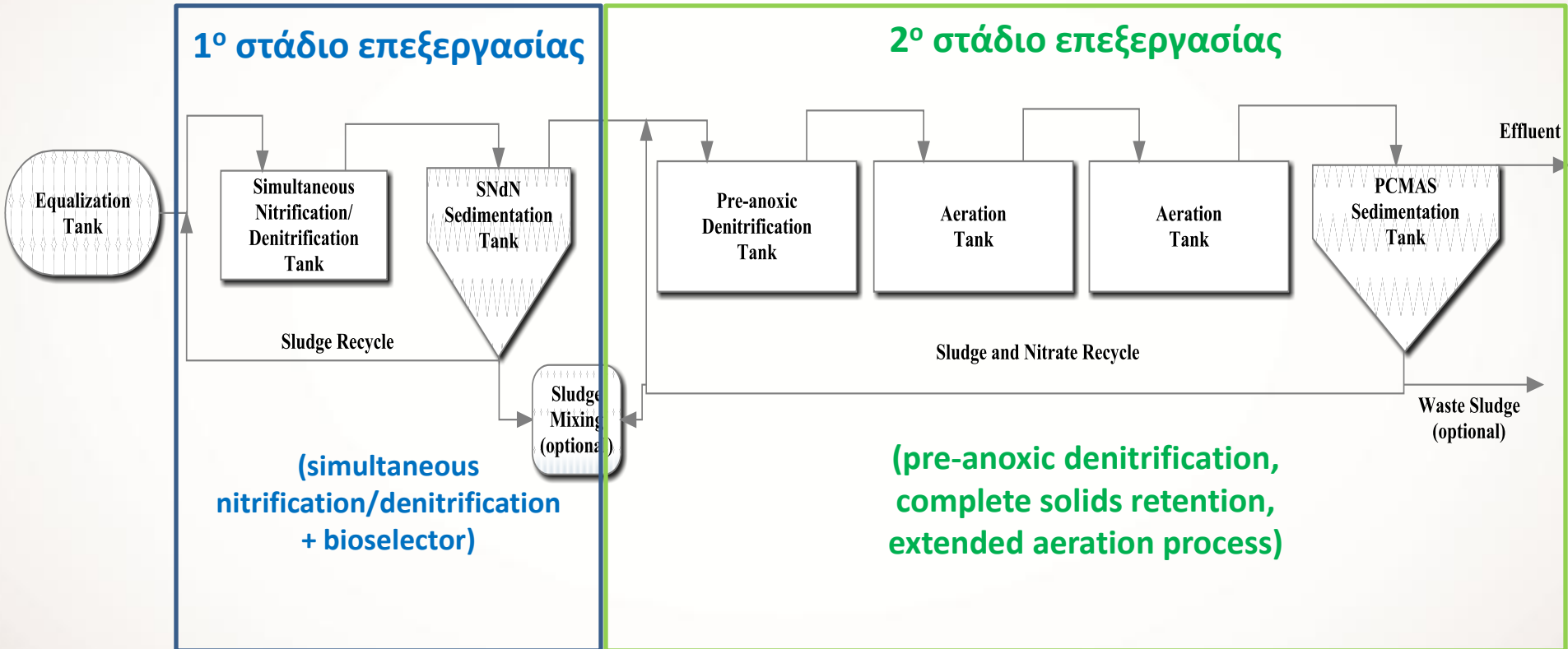
Μικρότερη  
Κατανάλωση  
Χημικών

Ελαχιστοποίηση  
Απορριπτόμενης  
Λυματολάσπης



Παρουσίαση επιτυχούς εφαρμογής μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων (ΜΕΥΑ)

Διάγραμμα ροής *CompReactor*<sup>®</sup> - «Σφαγεία Αλμωπίας ΑΕ»

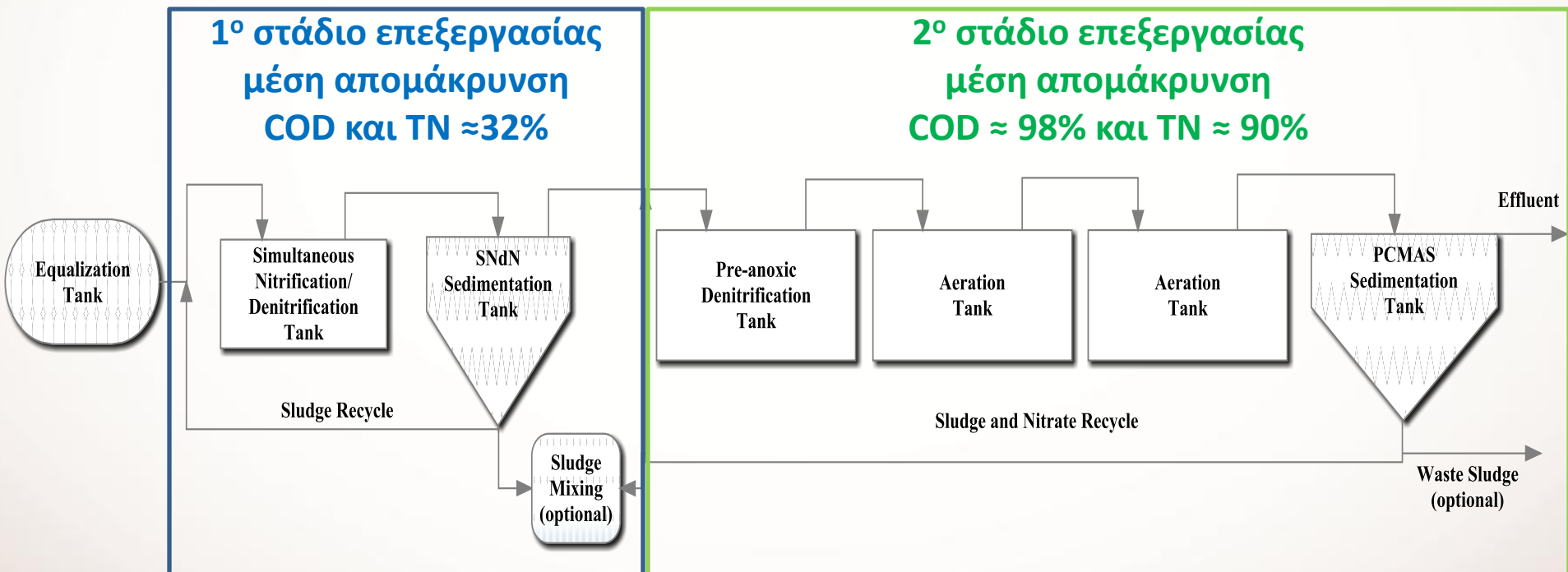


Κατόπιν εκκίνησης (start-up) και σταθεροποίησης της λειτουργίας του CompReactor®

➔ Η μέση απόδοση απομάκρυνσης COD, BOD και αμμωνιακού αζώτου έφθασε το 99%

➔ Η μέση απόδοση απομάκρυνσης ολικού αζώτου (TN) ξεπέρασε το 90%

➔ Η μέση συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών εξόδου MEYA < 30 mg/L

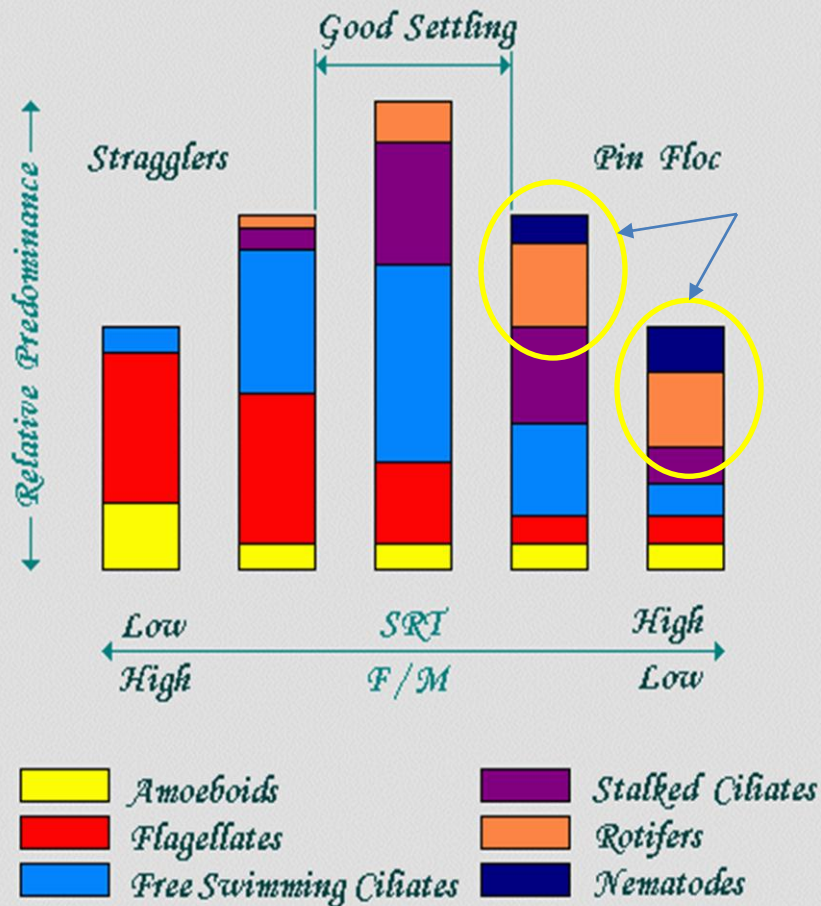


Ο καινοτόμος σχεδιασμός και λειτουργία του CompReactor® βασίζεται:

- **στη διπλή επεξεργασία** με χρήση αερόβιου/ανοξικού βιοεπιλογέα και αερόβιου συστήματος βιολογικής επεξεργασίας ολικής κατακράτησης ιλύος (Complete solids retention activated sludge process, *Amanatidou et al., 2016<sup>a</sup>*)
- **στον επιτυχή διαχωρισμό υγρών/στερεών** μέσω του καινοτόμου σχεδιασμού και λειτουργίας των δεξαμενών διαχωρισμού (καθίζησης), την επιβολή εξαναγκασμένης καθίζησης (forced sedimentation) και του ελέγχου της καθιζησιμότητας στις εκάστοτε λειτουργικές συνθήκες (state point analysis) (*Amanatidou et al., 2015*)
- **στη μικροβιακή χειραγώγηση (microbial manipulation)** μέσω τροποποίησης των παραμέτρων λειτουργίας των ΜΕΥΑ και του ελέγχου των μικροβιολογικών χαρακτηριστικών της ιλύος (*Amanatidou et al., 2016<sup>b,c</sup>*)

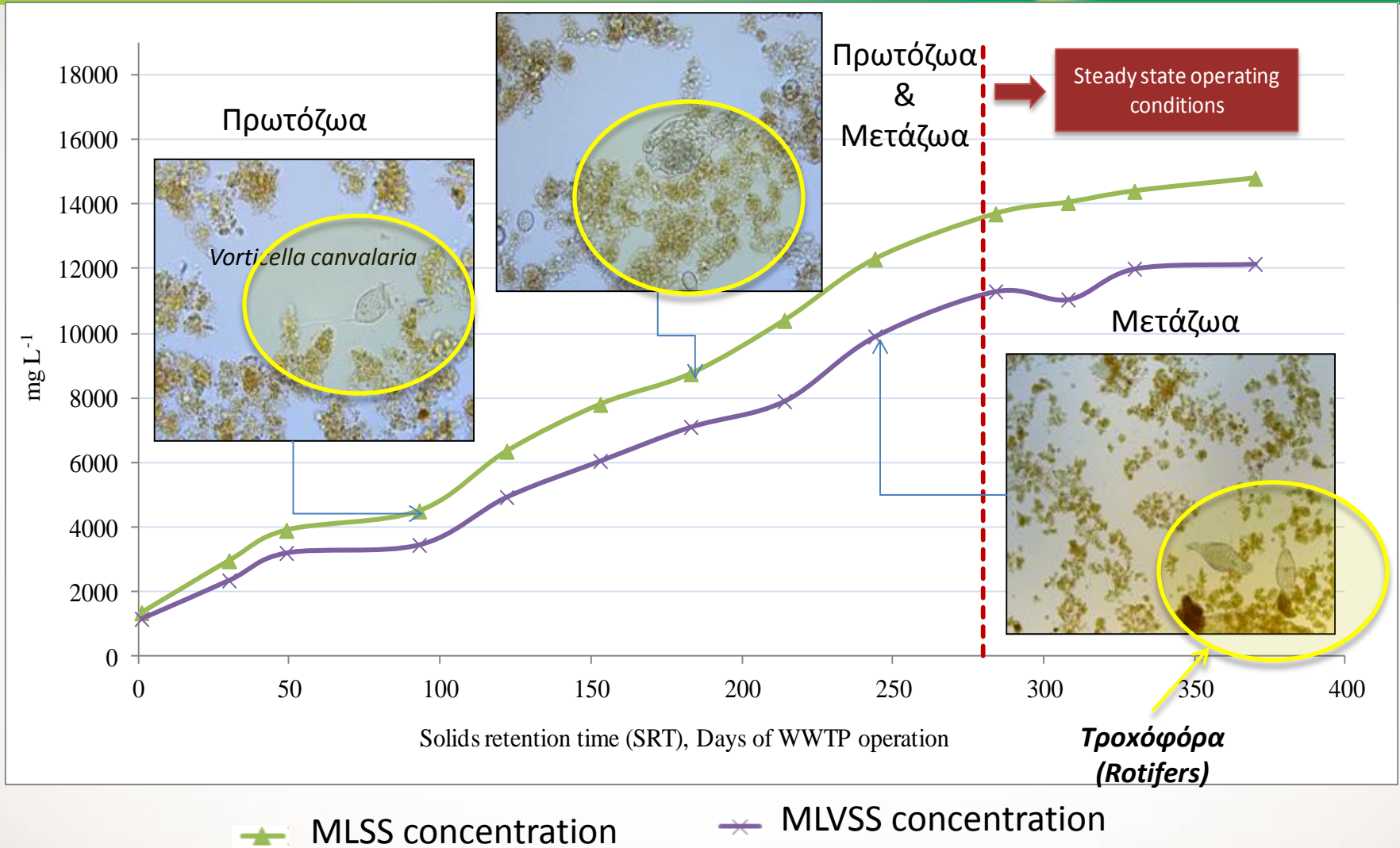


### Relative Predominance of Microorganisms



Η ολική κατακράτηση ιλύος σε συνδυασμό με την ωθούμενη ανάπτυξη συγκεκριμένων μικροβιακών ειδών μπορεί να οδηγήσει σε ελαχιστοποίηση της παραγόμενης άρα και απορριπτόμενης ιλύος κυρίως λόγω:

- Δημιουργίας συνθηκών εκτεταμένης «πείνας» στους βιοαντιδραστήρες (ενδογενής μεταβολισμός, λύση κυττάρων)
- Ανάπτυξης ανώτερων μικροβιακών ειδών, όπως τροχόζωα και νηματώδη (όχι νηματοειδή) και τα οποία δρουν ως βακτηριακοί θηρευτές (predator species) περιορίζοντας τη συσσώρευση βιομάζας στη ΜΕΥΑ



▲ MLSS concentration

× MLVSS concentration





Μέσω της υιοθέτησης του συνόλου ή μέρους των καινοτόμων λειτουργικών και σχεδιαστικών προσεγγίσεων του CompReactor® σε υπάρχουσες ή υπό κατασκευή ΜΕΥΑ

**ξεπερνιούνται οι βιβλιογραφικοί «περιορισμοί» που αφορούν:**

- ✓ στη συγκέντρωση ενεργού ιλύος (MLVSS) στις ΜΕΥΑ
- ✓ στους ρυθμούς και τον τρόπο (τεχνική) ανακυκλοφορίας ιλύος και νιτρικών
- ✓ στη γεωμετρία και διαστασιολόγηση των δεξαμενών καθίζησης

Με αποτέλεσμα:

- την **εξαιρετική απόδοση επεξεργασίας** «ισχυρών» υγρών αποβλήτων (high strength wastewaters)
- την **απομάκρυνση των κύριων ρυπαντικών φορτίων** (αιωρούμενων στερεών, οργανικών, αμμωνιακών και φωσφορικών συστατικών)

Με αποτέλεσμα:

- την επίτευξη χαρακτηριστικών επεξεργασμένου υγρού αποβλήτου με **δυνατότητα διάθεσής του σε ευαίσθητους αποδέκτες**
- τη **σταθερή λειτουργία της ΜΕΥΑ** και την **αποφυγή προβλημάτων** όπως διόγκωση ιλύος, αφρισμός, δυσσομίες κ.α.
- την **ελαχιστοποίηση** των ποσοτήτων απορριπτόμενης ιλύος (λυματολάσπης) και συνεπώς του κόστους διαχείρισής της (40% - 60% συνολικού κόστους λειτουργίας ΜΕΥΑ)
- τη **μείωση του ενεργειακού κόστους λειτουργίας** της ΜΕΥΑ
- τη **μείωση του κόστους εγκαταστάσεων και προσωπικού** της ΜΕΥΑ



Σύγκριση παραγωγής λυματολάσσης με συμβατικές αερόβιες βιολογικές διεργασίες	Συμβατικά συστήματα	CompReactor®
Ημερήσια παραγωγή λυματολάσσης (επί ξηρού)	35 – 130 kgMLSS/ημέρα	7 kgMLSS/ημέρα
Ετήσια παραγωγή λυματολάσση (επί ξηρού)	12,77 – 47,45 τόνοι/έτος	2,6 τόνοι/έτος
Ετήσιος όγκος λυματολάσσης	2028 m <sup>3</sup> /έτος	111 m <sup>3</sup> /έτος
Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης βιομάζας	0,12 – 0,45 kgMLVSS/kgCOD	0,025 kgMLVSS/kgCOD



**Ελαχιστοποίηση λυματολάσσης κατά 79,5% - 94,5 %**



**Κόστος διαχείριση ιλύος  $\geq 50\%$  κόστους λειτουργίας ΜΕΥΑ!**



- **≈ 90%** της ενέργειας που καταναλώνει ο *CompReactor*<sup>®</sup> απαιτείται για την τροφοδοσία του **συστήματος αερισμού** και των **αεραντλιών ανακυκλοφορίας** (δημιουργία συνθηκών υπερεπάρκειας οξυγόνου στους αερόβιους βιοαντιδραστήρες με DO > 4 mg/L)
- **≈ 10%** απαιτείται για τα **συστήματα ανάμιξης**, τις **υποβρύχιες αντλίες τροφοδοσίας** και το **SCADA (πίνακας ελέγχου ΜΕΥΑ)**

## Συγκριτικός πίνακας καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας διεργασιών επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

Ειδική κατανάλωση ενέργειας ως προς kg BOD ή COD που απομακρύνονται στη ΜΕΥΑ	Συμβατικά αερόβια συστήματα βιολογικής επεξεργασίας	Βιολογικά συστήματα επεξεργασίας με μεμβράνες	Βιολογικά συστήματα προσκολλημένης βιομάζας	Αναερόβια συστήματα βιολογικής επεξεργασίας	<i>Comp-Reactor</i> <sup>®</sup>
<i>kWh/kgBOD</i>	0,95 to 3,3	3 to 3,5			1,13
<i>kWh/kgCOD</i>	0,66 to 3,65	1,6 to 1,86	0,25	0,1	0,62

Στο δρόμο για τον αιεφόρο σχεδιασμό και λειτουργία των ΜΕΥΑ,

**οι κρίσιμες λειτουργικές παράμετροι είναι:**

- ✓ υψηλή συγκέντρωση βιομάζας στους βιοαντιδραστήρες της ΜΕΥΑ  
 $MLVSS > 10 \text{ kg/m}^3$
- ✓ μεγάλος χρόνος παραμονής ιλύος στο σύστημα, έως και την ολική κατακράτηση στερεών (complete solids retention activated sludge process), Ηλικία ιλύος  $\approx$  Χρόνο λειτουργίας ΜΕΥΑ
- ✓ μεγάλος υδραυλικό χρόνος παραμονής (σε σχέση με τα συμβατικά βιολογικά συστήματα),  $HRT > 24$  ώρες
- ✓ υψηλά επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου (DO) στους αερόβιους βιοαντιδραστήρες  
 $DO > 4 \text{ mg/L}$

**ενώ οι κρίσιμοι σχεδιαστικοί παράμετροι είναι:**

- ✓ η εισαγωγή βιοεπιλογέα στη γραμμή επεξεργασίας για επιτυχή μικροβιακή χειραγώγηση
- ✓ οι διαστάσεις και η γεωμετρία των δεξαμενών δευτεροβάθμιας καθίζησης, οι ρυθμοί ανακυκλοφορίας κ.α.



Πέραν των κρίσιμων λειτουργικών παραμέτρων που πρέπει να ελέγχονται εντατικά σε μία ΜΕΥΑ (παροχές, ρυπαντικά φορτία, επίπεδα οξυγόνου, pH κ.α.), ο έλεγχος των χαρακτηριστικών της βιομάζας (ενεργού ιλύος) κρίνεται απαραίτητος για την αντιμετώπιση των συνηθέστερων προβλημάτων τα οποία σχετίζονται συνήθως:

➤ **με τη μικροβιολογία της ενεργού ιλύος**  
( αφρισμός, διόγκωση ιλύος, αναποτελεσματική επεξεργασία κ.α)

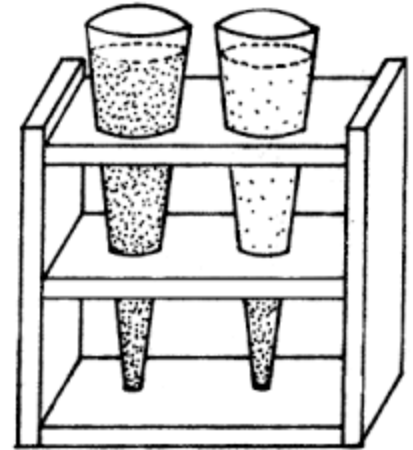
ή

➤ **με τη μορφολογία των φλόκων της ιλύος**  
(μη συνεκτική βιομάζα, pin point flocs κ.α.)

Προϋπόθεση για την αντιμετώπιση αυτών προβλημάτων είναι :

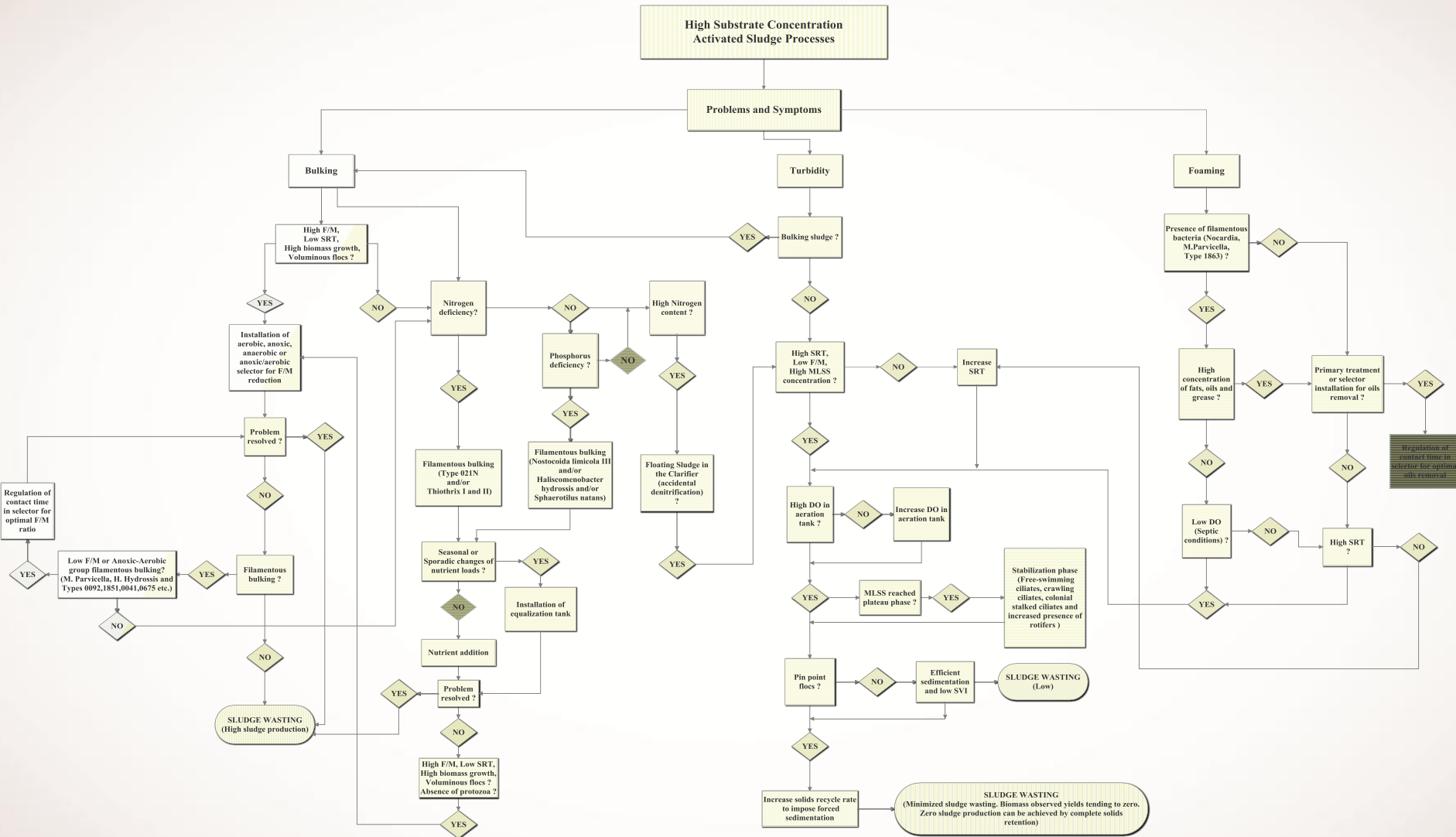


- ο εντατικός έλεγχος και παρακολούθηση των μικροβιολογικών και μορφολογικών χαρακτηριστικών της ιλύος (μικροσκοπική παρακολούθηση, δοκιμές καθίζησης)
- η «εύστοχη» τροποποίηση των παραμέτρων λειτουργίας της ΜΕΥΑ με στόχο τη μικροβιακή χειραγώγηση

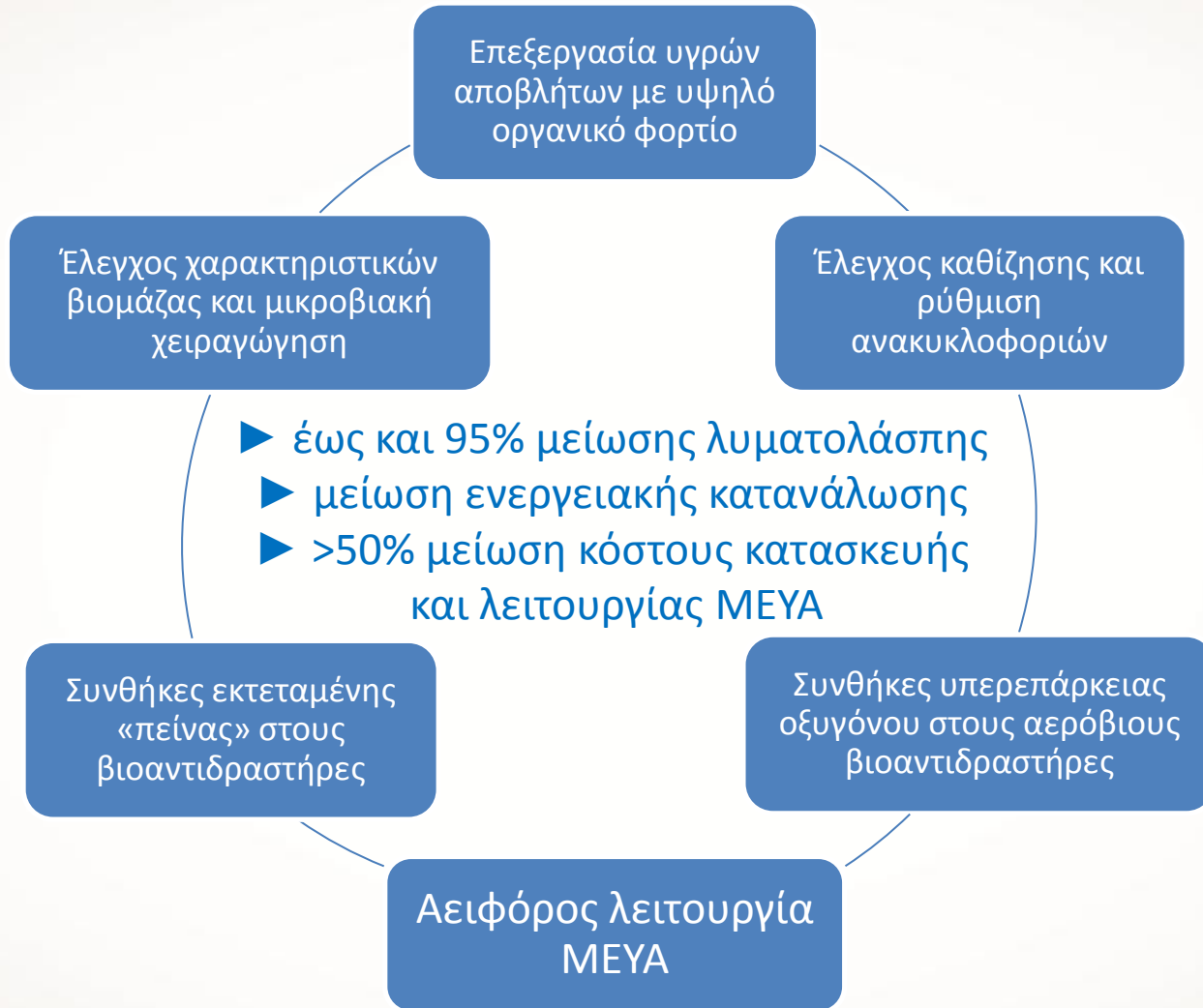


Για το λόγο αυτό:

δημιουργήθηκε ένα χρήσιμο εργαλείο υπό τη μορφή λογικού διαγράμματος, με τα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν σε απάντηση των συνηθέστερων προβλημάτων λειτουργίας των ΜΕΥΑ, υποδεικνύοντας παράλληλα λειτουργικές παρεμβάσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν προς μείωση της παραγόμενης λυματολάσπης







*Με την εφαρμογή μέρους ή του συνόλου των προτεινόμενων τροποποιήσεων στο σχεδιασμό και στη λειτουργία των ΜΕΥΑ αποκομούνται σημαντικά περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη*

**Ευχαριστώ για την προσοχή σας**

