

# Τεχνολογία Επεξεργασίας Αποβλήτων

*Γενικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων-  
Εισαγωγή στην Επεξεργασία Υγρών  
Αποβλήτων – Στάδια Επεξεργασίας*

# Συστατικά της ροής των υγρών αποβλήτων

- ❑ **Αστικά υγρά απόβλητα:** Τα υγρά απόβλητα που αποβάλλονται από κατοικίες και από καταστήματα, ιδρύματα και παρόμοιες εγκαταστάσεις.
- ❑ **Βιομηχανικά υγρά απόβλητα:** Τα υγρά απόβλητα στα οποία κυριαρχούν τα βιομηχανικά απόβλητα.
- ❑ **Όμβρια ύδατα:** Οι επιφανειακές απορροές που είναι αποτέλεσμα των βροχοπτώσεων και του λιώσιμου του χιονιού
- ❑ **Νερά διήθησης και εισροής:** Τα ύδατα που εισέρχονται στο αποχετευτικό δίκτυο λόγω της μη απόλυτης στεγανότητας του και προέρχονται από τον υδροφόρο ορίζοντα και τα νερά της επιφανειακής απορροής.
  - **Νερά διήθησης:** Ύδατα εξωτερικής προέλευσης που εισέρχονται στο αποχετευτικό δίκτυο διαμέσου διαρροών των συνδέσεων, ρωγμών και ανοιγμάτων, ή πορωδών τοιχείων.
  - **Νερά εισροής:** Όμβρια ύδατα που εισέρχονται στο αποχετευτικό δίκτυο από τα φρεάτια συλλογής ομβρίων, τις υδρορροές, τα στραγγιστικά υπογείων κ.α.

# Χαρακτηρισμός υγρών αποβλήτων

## □ Κατάλληλες δειγματοληψίες

- Πρωτόκολλο εφαρμογής
- Σχέδιο διασφάλισης ποιότητας/ έλεγχος ποιότητας

(αριθμός σημείων δειγματοληψίας, αριθμός, τύπος και μέγεθος δειγμάτων, σήμανση διατήρηση και αποθήκευση δειγμάτων, συστατικά δειγμάτων, μέθοδοι δειγματοληψίας)

## □ Αναλυτικές τεχνικές

- Ποσοτικές
- Ποιοτικές

# Προγράμματα δειγματοληψιών

- **Στόχοι των προγραμμάτων δειγματοληψιών**
  - Έλεγχος απόδοσης της εγκατάστασης
  - Έλεγχος απόδοσης μιας δεδομένης διαδικασίας επεξεργασίας
  - Υλοποίηση νέων προγραμμάτων επεξεργασίας
  - Έλεγχος σχετικά με την εφαρμογή ή τη συμμόρφωση προς τη σχετική νομοθεσία
- **Για την επίτευξη των στόχων των προγραμμάτων δειγματοληψιών τα δεδομένα που συγκεντρώνονται θα πρέπει να είναι:**
  - Αντιπροσωπευτικά
  - Αναπαραγώγιμα
  - Τεκμηριωμένα (ασφαλή-ορθά-ακριβή)
  - Χρήσιμα

# Χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων

## ☐ Φυσικά

- Περιεκτικότητα σε στερεά
- Θερμοκρασία
- Χρώμα
- Οσμή
- Πυκνότητα
- Θολότητα

## ☐ Χημικά

- Οργανικά συστατικά
- Ανόργανα συστατικά
- Αέρια

## ☐ Βιολογικά

- Μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των αποβλήτων
- Παθογόνοι μικροοργανισμοί

# ➤ Φυσικά χαρακτηριστικά

## ☐ Στερεά

- ☐ Βρίσκονται αιωρημένα ή διαλυμένα στη μάζα των αποβλήτων και αποτελούνται από οργανικά και ανόργανα συστατικά.
- ☐ Ολικά στερεά (Total solids, TS): το υπόλειμμα δείγματος αποβλήτων μετά από εξάτμιση του στους 105°C (μέτρηση σε mg υπολείμματος ανά λίτρο δείγματος)
- ☐ Τα TS διακρίνονται σε διαλυμένα (Dissolved solids, DS) και αιωρούμενα (Suspended solids, SS) ( $TS=DS+SS$ ).
- ☐ Τα DS αναφέρονται στη συγκέντρωση των στερεών συστατικών που βρίσκονται σε διαλυμένη ή κολλοειδή μορφή στη μάζα των αποβλήτων και ορίζονται ως τα στερεά του δείγματος που περνούν μέσα από ειδικό φίλτρο (2μm) χωρίς να κατακρατούνται.
- ☐ Τα στερεά που συγκρατούνται στο φίλτρο ονομάζονται αιωρούμενα στερεά.

# ➤ Φυσικά χαρακτηριστικά

## ☐ Θερμοκρασία

- ☐ Η θερμοκρασία των υγρών αποβλήτων κυμαίνεται από 10-22 °C.
- ☐ Είναι ρυθμιστικός παράγοντας του βιολογικού και χημικού χαρακτήρα των αποβλήτων.
- ☐ Αύξηση της θερμοκρασίας επιφέρει:
  - Ανάπτυξη μικροοργανισμών που ευνοούνται από υψηλές θερμοκρασίες
  - Επιτάχυνση βιολογικών διεργασιών
  - Μείωση της διαλυτότητας των αερίων στη μάζα των αποβλήτων (κυρίως του οξυγόνου)
  - Επιτάχυνση χημικών αντιδράσεων
- ☐ Οι βέλτιστες θερμοκρασίες για βακτηριακή δραστηριότητα κυμαίνονται μεταξύ 25-35 °C.

# ➤ Φυσικά χαρακτηριστικά

## ☐ Χρώμα

- ☐ Το χρώμα είναι ενδεικτικό της ηλικίας και προέλευσης των αποβλήτων.
- ☐ Απόβλητα που δεν έχουν υποστεί σήψη έχουν γκρίζο χρώμα, ενώ εκείνα που έχουν υποστεί σήψη έχουν μαύρο χρώμα.
- ☐ Η αλλαγή χρώματος οφείλεται στην κατανάλωση του διαλυμένου οξυγόνου από τους μικροοργανισμούς που διασπούν τις οργανικές ενώσεις των αποβλήτων.



# ➤ Φυσικά χαρακτηριστικά

## ☐ Οσμή

- ☐ Η οσμή είναι ενδεικτικό στοιχείο της κατάστασης τους .
- ☐ Απόβλητα που δεν έχουν υποστεί σήψη έχουν ελαφριά δυσάρεστη οσμή, ενώ εκείνα που έχουν υποστεί σήψη έχουν πολύ ενοχλητική οσμή => **έκλυση υδρόθειου**
- ☐ Το υδρόθειο παράγεται από αναερόβιους μικροοργανισμούς που μετατρέπουν τα θειϊκά σε υδρόθειο.
- ☐ Άλλες ουσίες που συμμετέχουν στη δημιουργία δυσάρεστων οσμών είναι οργανικές ουσίες από βιομηχανικά απόβλητα όπως φαινόλες και χλωροφαινόλες.

## □ Πυκνότητα

- Η πυκνότητα των υγρών αποβλήτων ορίζεται ως η μάζα αυτών ανά μονάδα όγκου (Kg/L).
- Η πυκνότητα των αστικών αποβλήτων τα οποία δεν περιέχουν μεγάλες ποσότητες βιομηχανικών αποβλήτων είναι ίδια με αυτή του νερού στην ίδια θερμοκρασία.
- Σχετίζεται άμεσα με τη συγκέντρωση των στερεών.
- Σημαντική παράμετρος των αποβλήτων γιατί μπορεί να επηρεάσει τη διαδικασία της καθίζησης στις μονάδες επεξεργασίας.

## □ Θολότητα

- Μέτρο της **διαύγειας** του νερού που χρησιμοποιείται ως μέτρο της ποιότητας των αποβλήτων που καταλήγουν σε φυσικούς αποδέκτες κυρίως για τον περιορισμό κολλοειδών και υπολειμματικών αιωρούμενων σωματιδίων.
- Σε ανεπεξέργαστα απόβλητα δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της θολότητας και των αιωρούμενων σωματιδίων. Ωστόσο, η συσχέτιση αυτή είναι μεγάλη όταν πρόκειται για απόβλητα που έχουν υποστεί δευτερογενή επεξεργασία.

# ➤ Χημικά χαρακτηριστικά

## □ Οργανικά συστατικά

- Συνδιασμός άνθρακα, υδρογόνου και οξυγόνου, μαζί με άζωτο σε ορισμένες περιπτώσεις.
- **Αποτελείται κυρίως από:**
  - Πρωτεΐνες (40-60%)
  - Υδρογονάνθρακες (25-50%)
  - Λίπη και έλαια (8-12%)
  - Ουρία ( γρήγορη διάσπαση - φρέσκα υγρά απόβλητα)
  - Μεγάλος αριθμός διαφορετικών συνθετικών οργανικών μορίων σε μικρότερες ποσότητες (π.χ. γεωργικά φάρμακα, επιφανειοδραστικές ουσίες)

# Μέτρηση οργανικού περιεχομένου υγρών αποβλήτων

- ▶ **Αναλύσεις για τη μέτρηση μεγάλων συγκεντρώσεων οργανικού υλικού ( > 1.0 mg/L)**
  - Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD)
  - Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)
  - Ολικός οργανικός άνθρακας (total organic carbon, TOC)

---

- ▶ **Αναλύσεις για τη μέτρηση ελάχιστων συγκεντρώσεων ( $10^{-12}$  έως  $10^0$  mg/L)**
  - Χρήση ενόργανων μεθόδων ανάλυσης όπως η αέρια ή υγρή χρωματογραφία και η φασματοσκοπία μάζας

# ❑ Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD)

❑ Είναι η ποσότητα οξυγόνου που χρησιμοποιείται από τους μικροοργανισμούς για τη βιοχημική οξείδωση της οργανικής ουσίας που περιέχεται στα υγρά απόβλητα.

❑ Η ανάλυση του BOD χαρακτηρίζεται από μια σειρά περιορισμών

**Ωστόσο....**

## ❑ Ευρεία Χρήση !!!

- Για την εύρεση της ποσότητας οξυγόνου που απαιτείται για τη βιοχημική οξείδωση οργανικού υλικού
- Για τη μέτρηση της αποδοτικότητας μερικών διεργασιών επεξεργασίας υγρών αποβλήτων
- Για την εύρεση των τιμών συμμόρφωσης με τα όρια των εκροών

# ❑ Περιορισμοί στην ανάλυση του BOD

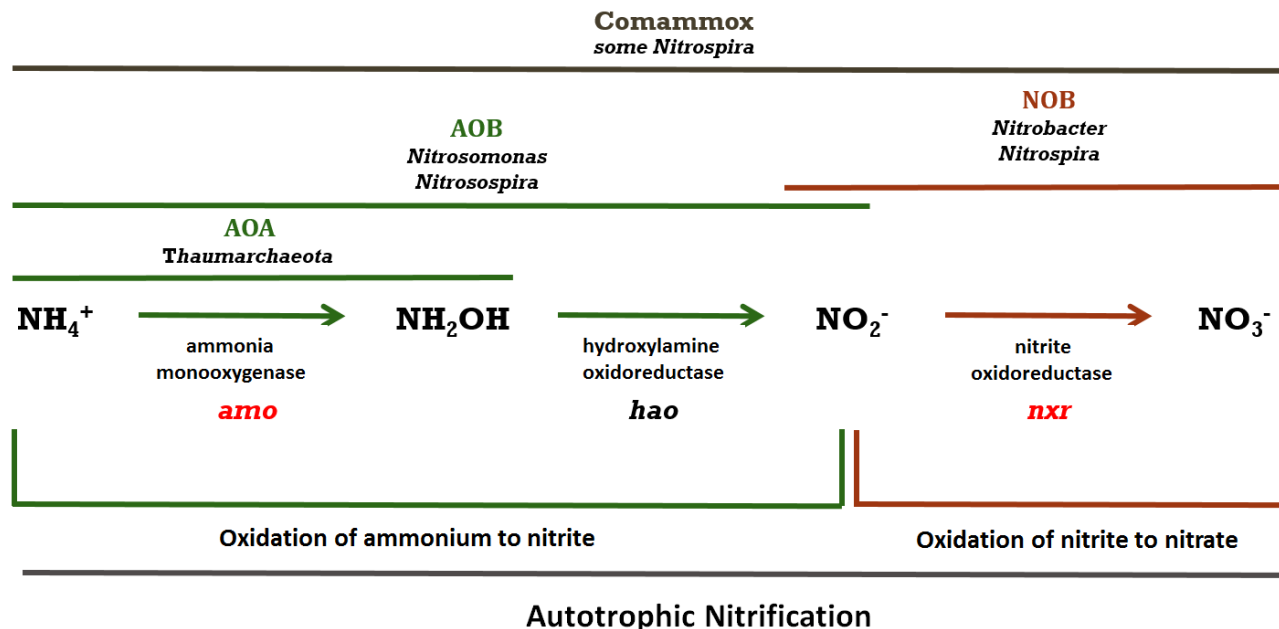
- ❑ Απαιτείται υψηλή συγκέντρωση ενεργών βακτηρίων που θα χρησιμοποιηθούν ως εμβόλιο
- ❑ Ανάγκη προεπεξεργασίας στην περίπτωση που υπάρχουν τοξικές ουσίες
- ❑ Ανάγκη ελαχιστοποίησης των νιτροποιητικών βακτηρίων
- ❑ Μέτρηση μόνο των βιοαποδομήσιμων οργανικών υλικών
- ❑ Απαιτείται σχετικά μεγάλη χρονική περίοδος για την απόκτηση των αποτελεσμάτων



Η περίοδος των 5 ημερών μπορεί και να μην αντιστοιχεί στο σημείο όπου το διαλυτό οργανικό υλικό έχει καταναλωθεί (οξείδωση 60-70% των οργανικών ουσιών έναντι 95-99% στις 20 ημέρες)

# □ Νιτροποίηση στην ανάλυση του BOD

- Κατά τη διάρκεια της υδρόλυσης των πρωτεϊνών παράγεται μη οργανικό υλικό όπως η αμμωνία.
- Ορισμένοι μικροοργανισμοί έχουν την ικανότητα να οξειδώνουν την αμμωνία σε νιτρώδη (νιτρωδοποιητικά βακτήρια και αρχαία) και ακολούθως σε νιτρικά (νιτρικοποιητικά βακτήρια) ή απευθείας σε νιτρικά (Comammox).





# □ Νιτροποίηση στην ανάλυση του BOD

- Χαμηλός ρυθμός αναπαραγωγής των νιτροποιητικών μικροοργανισμών => χρειάζονται 6-10 ημέρες ώστε να είναι μετρήσιμη η κατανάλωση οξυγόνου.
- Αν ένας ικανοποιητικός αριθμός μικροοργανισμών υπάρχει ήδη στο δείγμα τότε η παρεμβολή που δημιουργείται από τη νιτροποίηση είναι σημαντική => **ΕΣΦΑΛΜΕΝΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ** σχετικά με τη λειτουργία της εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων
- **Οι επιδράσεις της νιτροποίησης μπορούν να ξεπεραστούν με:**
  - Τη χρήση χημικών ουσιών που αναστέλλουν τη νιτροποίηση (παρεμποδιστές νιτροποίησης)
  - Με επεξεργασία των υγρών αποβλήτων κατά τρόπο που να μειώνει τον πληθυσμό των νιτροποιητικών μικροοργανισμών (αποστείρωση, χλωρίωση)

# ❑ Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (COD)

- ❑ Η ανάλυση του **COD** χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του ισοδύναμου οξυγόνου του οργανικού υλικού των υγρών αποβλήτων που μπορεί να οξειδωθεί χημικά με τη χρήση διχρωμικού καλίου.
- ❑ Συνίσταται στο διαλυτό COD και στο COD σωματιδιακής μορφής
- ❑ Συνήθως  $COD \gg BOD$ 
  - Παρουσία οργανικών ουσιών που οξειδώνονται δύσκολα βιοχημικά (π.χ. λιγνίνη) αλλά οξειδώνονται χημικά.
- ❑ **Η ανάλυση του COD μπορεί να ολοκληρωθεί σε 2,5 ώρες**
  - Παρουσία ανόργανων ουσιών που οξειδώνονται από το διχρωμικό κάλιο και «αυξάνουν» το εμφανιζόμενο ως οργανικό υλικό του δείγματος.
  - Παρουσία ουσιών τοξικών για τους μικροοργανισμούς που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση του BOD οργανικών ουσιών

# ❑ Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)

- ❑ Η ανάλυση του **TOC** χρησιμοποιείται για την εύρεση του ολικού οργανικού άνθρακα σε ένα υδατικό δείγμα.
- ❑ Συνίσταται στο διαλυτό TOC και στο TOC σωματιδιακής μορφής (επιτυχής διαφοροποίηση με διήθηση μέσω φίλτρου 0,45μm)
- ❑ Η ανάλυση του TOC χρησιμοποιεί θερμότητα, οξυγόνο, υπεριώδη ακτινοβολία, χημικά οξειδωτικά ή ένα συνδυασμό των παραπάνω για τη μετατροπή του οργανικού άνθρακα σε **διοξείδιο του άνθρακα** το οποίο μετράται με τη βοήθεια υπέρυθρου αναλυτή ή με άλλες μεθόδους.
- ❑ **Η ανάλυση του TOC ολοκληρώνεται σε 5 με 10 min**

# ➤ Χημικά χαρακτηριστικά

## □ Ανόργανα συστατικά

### □ Άζωτο, N

- Οργανικό N (πρωτεΐνες, ουρία και αμινοξέα)
- Αμμωνιακό N (άλατα  $\text{NH}_4^+$  ή  $\text{NH}_3$ )
- Προϊόντα οξειδωσης:  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$

### □ Φώσφορος, P

- Ανόργανος P ως ορθοφωσφορικά ( $\text{PO}_4^{-3}$ ,  $\text{HPO}_4^{-3}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$ ) και λιγότερο ως πολυφωσφορικά (π.χ.  $\text{P}_3\text{O}_{10}^{-5}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_7^{-4}$ )

# ➤ Χημικά χαρακτηριστικά

## □ Ανόργανα συστατικά

### □ pH

- Για τη βέλτιστη απόδοση και λειτουργία των μονάδων επεξεργασίας απαιτείται έλεγχος της τιμής του pH.
- Το εύρος του pH που είναι κατάλληλο για τη διατήρηση των περισσότερων μικροοργανισμών είναι πολύ μικρό (6-9)
- Για επεξεργασμένα υγρά απόβλητα που διατίθενται στο περιβάλλον το επιτρεπτο εύρος pH κυμαίνεται από 6.5 – 8.5.

### □ Αλκαλικότητα

- Οφείλεται στην παρουσία υδροξειδίων ( $\text{OH}^-$ ), ανθρακικών ιόντων ( $\text{CO}_3^{-2}$ ) και όξινων ανθρακικών ιόντων ( $\text{HCO}_3^-$ ) στοιχείων όπως το ασβέστιο, το μαγνήσιο, το νάτριο και το κάλιο.
- Συνεισφέρει στην αντίσταση έναντι στις αλλαγές του pH που προκαλούνται από την προσθήκη οξέων.

# ➤ Χημικά χαρακτηριστικά

## ☐ Ανόργανα συστατικά

### ☐ Χλωριούχα

- Περιέχονται στα αστικά απόβλητα από το πόσιμο νερό και τα ανθρώπινα απόβλητα (6g/άτομο/ημέρα) καθώς και σε βιομηχανικά απόβλητα.
- Η παρουσία τους στο νερό δε δημιουργεί προβλήματα ρύπανσης (υφάλμυρη γεύση)
- Στις διαδικασίες επεξεργασίας μειώνουν τη διαλυτότητα του οξυγόνου

### ☐ Τοξικά βαρέα μέταλλα

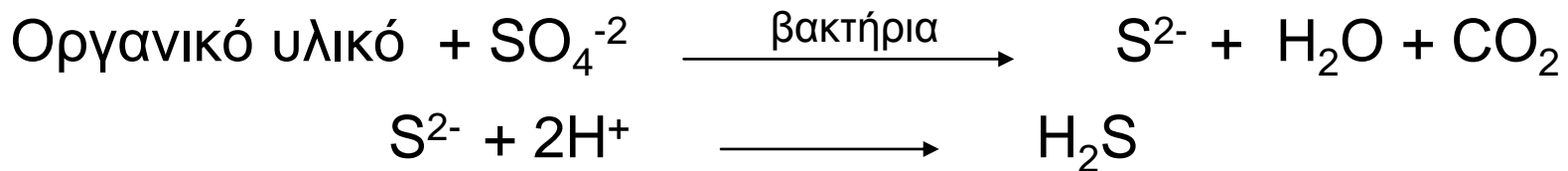
- Ιόντα στοιχείων Cu, Pb, Cr, As, Bo, Ag, Ni, Mn, Cd, Zn, Fe, Hg και οργανικές ενώσεις που περιέχονται σε γεωργικά φάρμακα
- Πάνω από ορισμένη συγκέντρωση είναι τοξικά.

# ➤ Χημικά χαρακτηριστικά

## ☐ Ανόργανα συστατικά

### ☐ Ενώσεις θείου

- Το θείο είναι απαραίτητο για τη σύνθεση των πρωτεϊνών και απελευθερώνεται κατά την αποδόμηση τους.
- Η κυριότερη μορφή θείου είναι τα θειϊκά ( $\text{SO}_4^{-2}$ ) που διασπώνται βιολογικά, κάτω από αναερόβιες συνθήκες, σε θειούχα, τα οποία με τη σειρά τους αντιδρούν με υδρογόνο και σχηματίζουν υδρόθειο ( $\text{H}_2\text{S}$ ) (δυσάρεστη οσμή!)



# ➤ Χημικά χαρακτηριστικά

## ☐ Αέρια

- ☐ Άζωτο ( $N_2$ )
- ☐ **Οξυγόνο ( $O_2$ )**
- ☐ Διοξείδιο του άνθρακα ( $CO_2$ )

Αέρια της ατμόσφαιρας

- ☐ Υδρόθειο ( $H_2S$ )
- ☐ Αμμωνία ( $NH_3$ )
- ☐ **Μεθάνιο ( $CH_4$ )**

Αέρια που προέρχονται από την αποδόμηση του οργανικού υλικού των υγρών αποβλήτων



# ➤ Χημικά χαρακτηριστικά

## ☐ Αέρια

### ☐ Οξυγόνο ( $O_2$ )

- Απαραίτητο στις αερόβιες βιολογικές διαδικασίες για την οξείδωση των οργανικών ενώσεων από τους μικροοργανισμούς.
- Το διαλυμένο οξυγόνο είναι παράμετρος ελέγχου ρύπανσης των υδάτινων φορέων και πρέπει να είναι πάνω από ορισμένα επίπεδα σύμφωνα με κανονισμούς και ανάλογα με τη χρήση του νερού.

### ☐ Μεθάνιο ( $CH_4$ )

- Σχηματίζεται κατά την αναερόβια αποσύνθεση οργανικών ενώσεων των αποβλήτων από ειδικούς μικροοργανισμούς και δεν περιέχεται στα απόβλητα.
- Χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας λόγω της υψηλής απόδοσης ενέργειας κατά την καύση του.
- Είναι εύφλεκτο.

# ➤ Βιολογικά χαρακτηριστικά

☐ Μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων

## ☐ Βακτήρια

- Μονοκύτταροι προκαρυωτικοί μικροοργανισμοί. Παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην αποδόμηση και σταθεροποίηση της οργανικής ύλης.

## ☐ Αρχαία

- Σημαντικοί οργανισμοί για τις αναερόβιες διαδικασίες και μπορούν να βρεθούν σε ακραίες συνθήκες θερμοκρασίας και χημικής σύστασης.

# ➤ Βιολογικά χαρακτηριστικά

## ☐ Μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων

### ☐ Μύκητες

- Ετερότροφοι, αερόβιοι, μη φωτοσυνθετικοί, χημειότροφοι, ευκαρυωτικοί οργανισμοί.
- Σαπρόφυτα: προσλαμβάνουν την τροφή τους από τη νεκρή οργανική ύλη.
- Αυξημένη περιβαλλοντική σημασία:
  1. Εμφανίζονται σε όλα τα περιβάλλοντα
  2. Ανθεκτικότητα σε μεγάλες αποκλίσεις pH

# ➤ Βιολογικά χαρακτηριστικά

## ☐ Μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων

### ☐ Πρωτόζωα

- Μονοκύτταροι, ευκαρυωτικοί, αερόβιοι ή επιλεκτικά αναερόβιοι, χημειότροφοι οργανισμοί.
- ✓ Αμοιβαδοειδή (ψευδοπόδια)
- ✓ Βλεφαριδοφόρα (βλεφαρίδες)
- ✓ Μαστιγοφόρα (μαστίγια)
- Τρέφονται με βακτήρια και άλλους μικροοργανισμούς
- **Διατηρούν την ισορροπία μεταξύ των διαφορετικών μικροοργανισμών** – πολύ σημαντικοί οργανισμοί για τη βιολογική επεξεργασία υγρών αποβλήτων

# ➤ Βιολογικά χαρακτηριστικά

## ☐ Παθογόνοι παράγοντες

- ☐ Μεταδοτικές ασθένειες μπορούν να μεταδοθούν από παθογόνους οργανισμούς που μπορεί να υπάρχουν στα απόβλητα.
- ☐ Οι παθογόνοι οργανισμοί που βρίσκονται στα απόβλητα μπορεί να προέρχονται από τις απεκκρίσεις ανθρώπων ή ζώων που έχουν προσβληθεί από μια μολυσματική ασθένεια ή είναι φορείς αυτής.
- ☐ Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί που βρίσκονται στα απόβλητα κατατάσσονται σε 4 γενικές κατηγορίες:
  - **Βακτήρια** (*Salmonella, Shigella, Vibrio, Mycobacteria, Leptospira, Yersinia*)
  - **Πρωτόζωα** (*Cryptosporidium parvum, Cyclospora, Giardia lamblia*)
  - **Έλμινθες** (*Ascaris, Taenia*)
  - **Ιοί** (Εντεροϊοί, αδενοϊοί, ηπατικοί Α ιοί)

## ➤ Χρήση των βιοδεικτών

- ❑ Ο αριθμός των παθογόνων οργανισμών που υπάρχουν στα απόβλητα είναι μικρός => **Δύσκολη η απομόνωση και η ανίχνευσή τους**
- ❑ Οι μη παθογόνοι μικροοργανισμοί βρίσκονται σε πληθώρα και είναι πιο εύκολο να μελετηθούν εργαστηριακά και γι'αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως οργανισμοί **βιοδείκτες** για την παρουσία των παθογόνων.

### ❑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΝΟΣ ΙΔΑΝΙΚΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ – ΔΕΙΚΤΗ

- Να εμπεριέχεται σε κοπρανώδη μόλυνση – μέλος της φυσιολογικής χλωρίδας του εντέρου των θερμόαιμων ζώων
- Να αναπτύσσεται σε πληθυσμούς ίσους ή μεγαλύτερους σε αφθονία με αυτούς του παθογόνου οργανισμού
- Να έχει παρόμοια χαρακτηριστικά βιωσιμότητας με τον παθογόνο οργανισμό
- Να είναι υποχρεωτικό ενδοκυτταρικό παράσιτο
- Η απομόνωση και καταμέτρηση του να είναι γρηγορότερη-ευκολότερη-φθηνότερη από του παθογόνου οργανισμού.

# ➤ Οργανισμοί βιοδείκτες

## ❑ ΔΕΝ ΕΧΕΙ ΒΡΕΘΕΙ Ο ΙΔΑΝΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΒΙΟΔΕΙΚΤΗΣ

### ❑ Βακτηριακοί δείκτες

- Ολικά Κολοβακτηριδοειδή βακτήρια – Κολοβακτηριδοειδή κοπρανώδη ( $100-400 \cdot 10^9$ /άτομο/ημέρα): Περιλαμβάνουν 4 γένη Εντεροβακτηρίων: *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*. Πιο αντιπροσωπευτικό το είδος *E. coli*.
- Εντερόκοκκοι: Βρίσκονται συνήθως σε μικρότερους πληθυσμούς από τους άλλους οργανισμούς δείκτες αλλά παρουσιάζουν καλύτερη βιωσιμότητα σε θαλασσινό νερό.

### ❑ Άλλοι οργανισμοί δείκτες

- Βακτηριοφάγοι: Ιοί που μολύνουν προκαρυωτικά κύτταρα.
- Κολιφάγοι: Ιοί που προσβάλλουν το είδος *E. coli*. Δείκτες για την παρουσία εντερικών ιών (ίδιο μέγεθος με παθογόνους ιούς – προέρχονται από απεκκρίσεις – υπάρχουν πάντα στα ανεπεξέργαστα αστικά απόβλητα).

# ➤ Βιολογικά χαρακτηριστικά

## ☐ Μικροφύκη (algae)

- ☐ Είναι αυτοτροφικοί, φωτοσυνθετικοί μικροοργανισμοί.
- ☐ Μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα στα επιφανειακά νερά- γρήγορη αναπαραγωγή-ευτροφικές καταστάσεις.
- ☐ Σε ταμειυτήρες πόσιμου νερού δημιουργία δυσάρεστων οσμών και γεύσης.



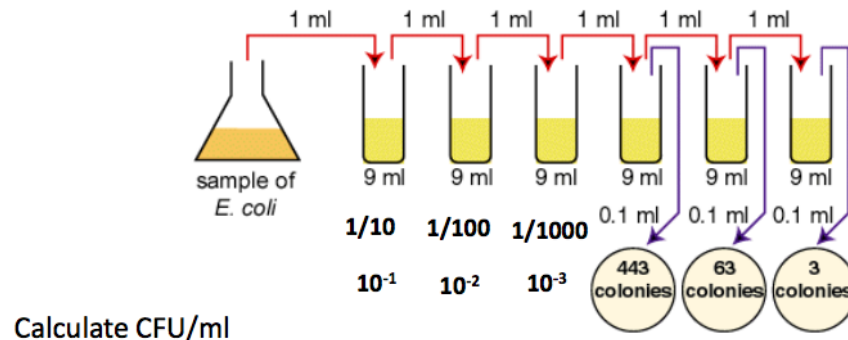
Στις λίμνες επεξεργασίας αποβλήτων ο ρόλος τους είναι ιδιαίτερα σημαντικός καθώς **παράγουν οξυγόνο** με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, που είναι απαραίτητο για τη διατήρηση της οικολογίας του υδάτινου περιβάλλοντος.



# ➤ Καταμέτρηση και αναγνώριση βακτηρίων

- ❑ Απευθείας καταμέτρηση σε θάλαμο μικροσκοπίου (καταμέτρηση ζωντανών και νεκρών βακτηρίων)
- ❑ Μέθοδος καταμέτρησης σε τριβλίο (διαδοχικές αραιώσεις δείγματος – επίστρωση σε τριβλίο= επώαση υπό ελεγχόμενες συνθήκες - καταμέτρηση colony forming units, cfu/mL)

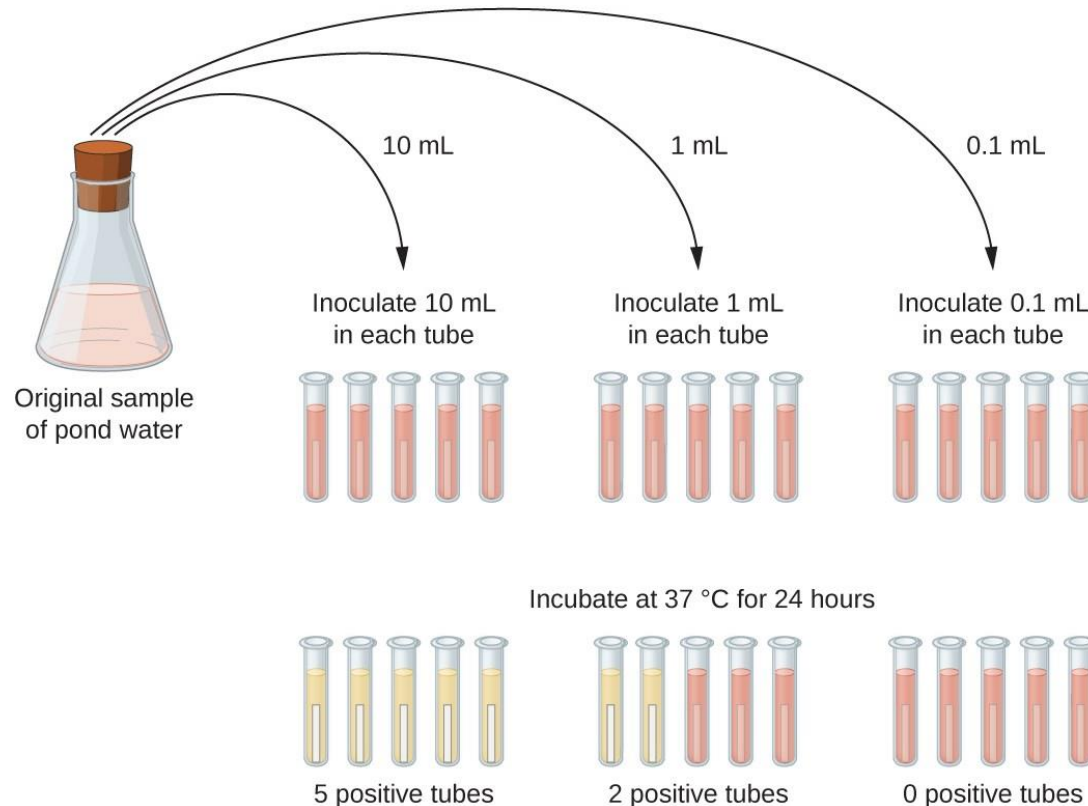
Determination of colony forming units



- ❑ Διήθηση σε μεμβράνη (κατακράτηση βακτηρίων σε φίλτρο 0,45μm και ακόλουθη ανάπτυξη σε τριβλίο)

# Καταμέτρηση και αναγνώριση βακτηρίων

- Ζύμωση σε πολλαπλούς δοκιμαστικούς σωλήνες [Most probable Number, MPN, διαδοχικές αραιώσεις - εμβολιασμός σε θρεπτικό μέσο δωδεκανικής θειικής λακτόζης – ζύμωση λακτόζης => ανάπτυξη κίτρινου χρώματος και παραγωγή αερίου (δημιουργία φυσαλίδων)]



# Καταμέτρηση και αναγνώριση βακτηρίων



## □ Αναγνώριση συγκεκριμένων βακτηρίων και πρωτοζώων

- **Φθορίζοντα αντισώματα:** Ένα αντίσωμα χρωματίζεται με μια φθορίζουσα χρωστική που δεν επηρεάζει την εξειδίκευση του. Όταν το αντίσωμα βρεθεί στον υπό εξέταση οργανισμό προσκολλάται στην επιφάνεια του και μπορεί να εξετασθεί με μικροσκοπία φθορισμού.
- **Ιχνηλάτες νουκλεϊκού οξέος:** Ιχνηλάτης συμπληρωματικός της αλληλουχίας του DNA/RNA του κάθε οργανισμού ή οργανισμών του ίδιου είδους, σημαίνεται με ραδιοισότοπο ή με φθοριοφόρο χρωστική. Ενσωμάτωση ιχνηλάτη στο νουκλεϊκό οξύ του βακτηριακού κυττάρου (υβριδοποίηση) και ανίχνευση με μικροσκοπία φθορισμού ή κυτταρομετρητές ροής.
- **Στοχευμένη και μη μεταγονιδιωματική ανάλυση**
- Αλληλούχιση προϊόντος ενίσχυσης PCR με εκκινητές που στοχεύουν σε μοριακούς δείκτες πέραν του ενός γονιδιώματος (π.χ. φυλογενετικοί ή λειτουργικοί δείκτες)
- Μεταγονιδιωματικό DNA κατακερματίζεται τυχαία, τα τμήματα που προκύπτουν αλληλουχούνται και συγκρίνονται με χαρακτηρισμένη βάση δεδομένων (shotgun sequencing)

# Στάδια επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

## ❑ Πρωτοβάθμια ή Μηχανική Επεξεργασία

Απομάκρυνση μέρους των αιωρούμενων στερεών και του οργανικού υλικού από τα υγρά απόβλητα

## ❑ Δευτεροβάθμια ή Βιολογική Επεξεργασία

Απομάκρυνση των βιοαποδομήσιμων οργανικών υλικών και των αιωρούμενων στερεών συμπεριλαμβανομένης ή μη της απολύμανσης και της απομάκρυνσης των θρεπτικών συστατικών (άζωτο, φώσφορος ή και τα 2 μαζί).

## ❑ Τριτοβάθμια ή Χημική Επεξεργασία

Απομάκρυνση των υπολειπόμενων αιωρούμενων στερεών συνήθως με τη χρήση μέσου διήθησης ή μικροσχάρας), συμπεριλαμβανομένης της απολύμανσης και της απομάκρυνσης των θρεπτικών συστατικών

# □ Στάδια επεξεργασίας υγρών αποβλήτων



## □ Προεπεξεργασία

- Απομάκρυνση μέρους των υλικών που περιέχονται στα απόβλητα όπως κουρέλια, ξύλα, επιπλέοντα υλικά, χαλίκια-αμμός, και γράσο και τα οποία μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα συντήρησης ή λειτουργίας στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας, στις διεργασίες και στα βοηθητικά συστήματα.

## □ Πρωτοβάθμια ή Μηχανική Επεξεργασία

### □ Προχωρημένη Πρωτοβάθμια Επεξεργασία

- Ενισχυμένη απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών και του οργανικού υλικού από τα υγρά απόβλητα. Τυπικά πραγματοποιείται με προσθήκη χημικών και διήθηση.

## □ Δευτεροβάθμια ή Βιολογική Επεξεργασία

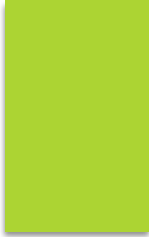
## □ Τριτοβάθμια ή Χημική Επεξεργασία

### □ Προχωρημένη Επεξεργασία

- Απομάκρυνση διαλυμένων και αιωρούμενων υλικών που παραμένουν μετά τη συνηθισμένη βιολογική επεξεργασία όταν απαιτείται σε διάφορες εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης του νερού.

# ❑ Πρωτοβάθμια ή Μηχανική Επεξεργασία

- ❑ Περιλαμβάνει κυρίως φυσικές διεργασίες διαχωρισμού που στηρίζονται στις φυσικές ιδιότητες των ρυπογόνων ουσιών.
- ❑ Ο μηχανικός καθαρισμός των υγρών αποβλήτων συνήθως ελαττώνει το ρυπαντικό φορτίο (οργανικά, στερεά, μικρόβια) κατά **35-60%** περίπου.



# □ Τεχνικές διαχωρισμού στην Πρωτοβάθμια Επεξεργασία

- **Εσχάρες και λοιπά κόσκινα:** για την απομάκρυνση σωματιδίων με διάμετρο πάνω από 10 mm και 0.2 mm αντίστοιχα
- **Αμμοσυλλέκτες:** για την απομάκρυνση άμμου και ογκωδών αντικειμένων
- **Λιποσυλλέκτες:** για την απομάκρυνση λίπους και ελαιωδών ουσιών

# □ Τεχνικές διαχωρισμού στην Πρωτοβάθμια Επεξεργασία

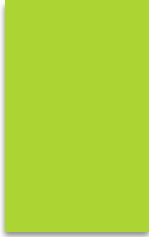
- **Κατακάθιση:** τα απόβλητα παραμένουν για ορισμένο χρόνο στην δεξαμενή κατακάθισης και στο διάστημα αυτό καθιζάνουν τα αιωρούμενα στερεά σωματίδια λόγω βαρύτητας
- **Επίπλευση:** χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών με ειδικό βάρος μικρότερο ή ίσο με αυτό το νερού
- **Κροκίδωση:** χημική μέθοδος κατεργασίας που αποβλέπει στην απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών που δύσκολα κατακάθονται





## □ Δευτεροβάθμια/Βιολογική Επεξεργασία

- *Το κατεξοχήν τμήμα επεξεργασίας όπου χρησιμοποιείται η μεταβολική δραστηριότητα των μικροοργανισμών για την μείωση του οργανικού φορτίου των αποβλήτων*
- Η επεξεργασία βασίζεται στην μικροβιακή μεταβολική δραστηριότητα σε αερόβιες ή αναερόβιες συνθήκες ανάλογα με την σύσταση των αποβλήτων



## □ Δευτεροβάθμια/Βιολογική Επεξεργασία

□ Η δευτεροβάθμια επεξεργασία αποτελείται είτε **από βιολογική αποδόμηση των οργανικών ουσιών και στην συνέχεια δευτεροβάθμια καθίζηση των σχηματιζόμενων σωματιδίων** είτε **από χημική υποστήριξη της αρχικής απλής καθίζησης με κροκίδωση σε συνδυασμό άλλες χημικές μεθόδους**

□ Κύρια προϊόντα της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας είναι οξειδωμένα προϊόντα

# □ Δευτεροβάθμια/Βιολογική Επεξεργασία

- Βασική προϋπόθεση για την επιτυχία του βιολογικού καθαρισμού είναι η απουσία υψηλών συγκεντρώσεων ρύπων τοξικών στην βιομάζα που αναπτύσσεται στα συστήματα βιολογικού καθαρισμού.
- **Χλωριούχα, κυανιούχα, βαρέα μέταλλα** προκαλούν σε ορισμένες περιπτώσεις αναστολή της ανάπτυξης ορισμένων μικροοργανισμών.
- Ο δευτεροβάθμιος καθαρισμός συνήθως οδηγεί σε μείωση του ρυπαντικού φορτίου κατά **80-90%** κατά μέσο όρο.

# □ Δευτεροβάθμια/Βιολογική Επεξεργασία

□ Ανάλογα με το πώς αναπτύσσονται οι μικροοργανισμοί στις μονάδες βιολογικής επεξεργασίας των αποβλήτων έχουμε:

- Βιοαντιδραστήρες βιο-κροκύδων (Suspended growth bioreactors): οι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται με την μορφή βιοσυσσωματωμάτων ή κροκύδων (floculates) και με την μορφή αυτή έρχονται σε άμεση επαφή με το οργανικό φορτίο των αποβλήτων.
- Βιοαντιδραστήρες βιοστρωμάτων (Attached growth bioreactors): όπου οι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται με την μορφή βιοστρωμάτων (biofilms) σε αδρανείς επιφάνειες που παρέχονται εντός των δεξαμενών καθαρισμού.

# ❑ Βιοαντιδραστήρες κροκύδων

- ❑ Συστήματα Ενεργοποιημένης Λάσπης (Activated sludge systems)
- ❑ Συστήματα Απομάκρυνσης Ανοργάνων (Biological nutrient removal systems)
- ❑ Συστήματα Αναερόβιας Χώνευσης (Anaerobic digestion systems)
- ❑ Λίμνες (Lagoons)

# □ Βιοαντιδραστήρες βιοστρωμάτων

- Περιστρεφόμενοι βιολογικοί δίσκοι (Rotating biological contractors)
- Χαλικοδιυλιστήρια (Trickling filters)
- Συστήματα Εμβαπτισμένων Βιοστρωμάτων - Κλίνες Πλήρωσης (Packed bed)

# □ Τριτοβάθμια ή Χημική Επεξεργασία

- Ακολουθεί τα προηγούμενα στάδια και απαιτείται κυρίως για την βελτίωση της ποιότητας των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων (polishing).
- Η επιλογή των μεθόδων που θα ακολουθηθούν κατά την τριτοβάθμια επεξεργασία καθορίζεται από την φύση και σύσταση των αποβλήτων καθώς και από τρόπο με τον οποίο θα επαναχρησιμοποιηθούν.

# ❑ Μέθοδοι τριτοβάθμιας επεξεργασίας

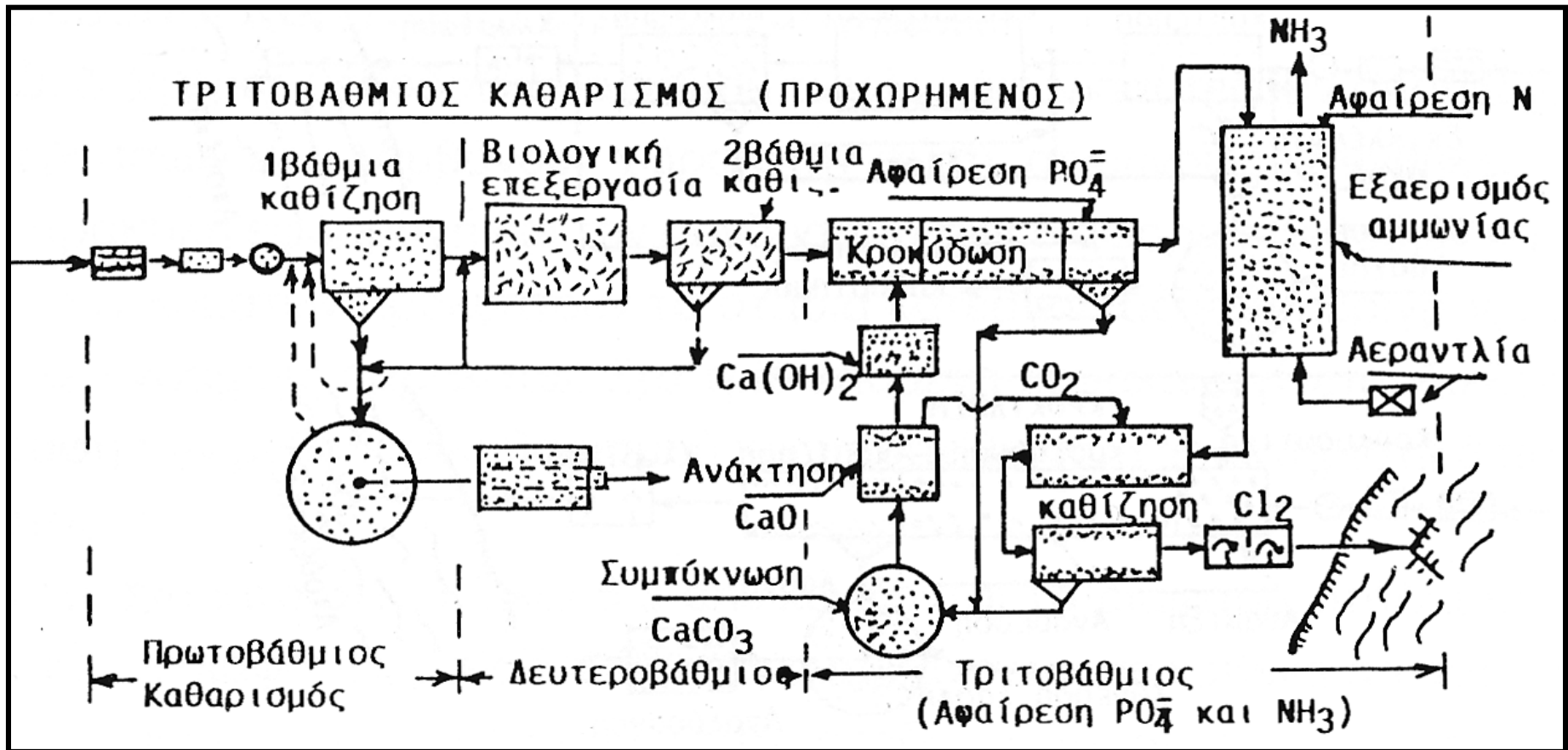
- ❑ Προσρόφηση
- ❑ Ιοντική ανταλλαγή
- ❑ Διεργασίες μεμβρανών
- ❑ Μέθοδοι απολύμανσης
- ❑ Επίπλευση
- ❑ Διεργασίες αερισμού και ιζηματοποίησης

➤ **Χλωρίωση** μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε μια από τις παραπάνω διεργασίες αν κριθεί απαραίτητο λόγω της φύσης των αποβλήτων (νοσοκομειακών) ή των ειδικών χρήσεων του αποδέκτη (ύδρευση).



# □ Τριτοβάθμια Επεξεργασία

- Ο τριτοβάθμιος καθαρισμός μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του ρυπαντικού φορτίου των αποβλήτων ως και **99%**.



# Χαρακτηριστικά αστικών υγρών αποβλήτων και ικανότητα καθαρισμού των διαφόρων σταδίων κατεργασίας αυτών



Παράμετρος ανάλυσης	Ακατέργαστα Απόβλητα (mg/L)	Πρωτοβάθμια (%)	Δευτεροβάθμια (%)	Τριτοβάθμια (%)
BOD	300	35	90	>95
COD	400	30	80	>95
Αιωρούμενα	300	60	90	>90
Ολικό N	60	20	50	>90
Ολικό P	15	12	30	>95

# □ Επεξεργασία υγρών αποβλήτων

- Τα συστήματα επεξεργασία υγρών αποβλήτων που χρησιμοποιούνται στην πράξη αποτελούν συνδυασμό μεθόδων και τεχνικών στα διάφορα στάδια επεξεργασίας.
- Η επιλογή των μεθόδων που θα χρησιμοποιηθούν σε κάθε στάδιο επεξεργασίας εξαρτάται από το είδος των αποβλήτων, την περιεκτικότητά τους σε οργανικό, ανόργανο φορτίο και παθογόνα.
- Σε μονάδες επεξεργασίας με μεγάλες αποδόσεις καθαρισμού (>95% οργανικού φορτίου και 99% μικροβιακού φορτίου) η απόρριψη των λυμάτων εξακολουθεί να είναι επικίνδυνη λόγω της πιθανής ύπαρξης παθογόνων και τοξικών ουσιών.