



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



Διαχείριση Αποβλήτων

Ενότητα 3: ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΣΤΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ
ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (ΛΥΜΑΤΩΝ)

ΜΠΑΚΟΠΟΥΛΟΥ ΣΟΦΙΑ

Περιβαλλοντολόγος, PhD, MSc

Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και
Περιφερειακής Ανάπτυξης



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

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 Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**» 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.



ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΣΤΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (ΛΥΜΑΤΩΝ)



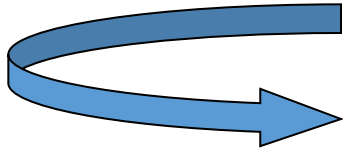
ΟΡΙΣΜΟΣ - ΛΥΜΑΤΑ



Κλάσμα των υγρών αποβλήτων που προέρχεται από τους χώρους υγιεινής, μαγειρεία, πλυντήρια και γενικά από την καθαριότητα κατοικιών, γραφείων, καταστημάτων, κλπ (Μαρκαντωνάτος, 1990).

Κύριο συστατικό τους είναι το νερό με ορισμένες ξένες προσμίξεις που το καθιστούν ακατάλληλο για διάθεση σε φυσικούς αποδέκτες (Μαρκαντωνάτος, 1990).

ΒΑΣΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ



Αισθητική
υποβάθμιση

Οργανική –
υδατική ρύπανση

Δημόσια υγεία

Ευτροφισμός

- Διάφορα ογκώδη αντικείμενα
- Άμμος
- Μικρού μεγέθους στερεά (αιωρούμενα στερεά – SS)
- Οργανικά συστατικά (υδατάνθρακες, λίπη, πρωτεΐνες)
- Παθογόνοι μικροοργανισμοί
- Θρεπτικά συστατικά, TN, TP

(Στάμου, 1995)

Βαρέα μέταλλα, ανόργανες και οργανικές τοξικές ουσίες, κλπ.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΥΔΑΤΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

BOD5

← Ως μέτρο των οργανικών συστατικών, αλλά και γενικότερα του ρυπαντικού φορτίου ενός αποβλήτου, χρησιμοποιείται η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για να οξειδώσει τα οργανικά συστατικά του (Κούγκολος, 2005).

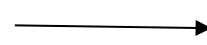
COD

– Σημαντικά προβλήματα ρύπανσης όταν σημαντικό οργανικό φορτίο διοχετεύεται σε υδάτινο αποδέκτη.

COD > BOD5

→ Τυπικές τιμές λόγου BOD5/COD για ανεπεξέργαστα λύματα κυμαίνονται από 0.3 - 0.8 (Metcalf & Eddy, 2007a).

TSS, θερμοκρασία, χρώμα, οσμή, πυκνότητα, θολότητα.



Φυσικά χαρακτηριστικά ενδιαφέροντος.

TN, TP. → Ανόργανα συστατικά ενδιαφέροντος.

Περιοχή τιμών και τυπικές τιμές

Περιοχή τιμών και τυπικές τιμές ποσοτήτων φυσικών και χημικών χαρακτηριστικών λυμάτων (g/κάτοικο/ημέρα).

Παράμετρος	Περιοχή τιμών	Τυπική τιμή
Οργανικό φορτίο		
-BOD ₅	50-120	80
-COD	110-295	190
Αιωρούμενα στερεά	60-150	90
Άζωτο		
-Αμμωνιακό	5-12	7.6
-Οργανικό	4-10	5.4
Ολικός φώσφορος	2.7-4.5	3.2

Τυπικές συγκεντρώσεις

Τυπικές συγκεντρώσεις φυσικών και χημικών χαρακτηριστικών λυμάτων για τις ελληνικές συνθήκες και προδιαγραφές επεξεργασμένων λυμάτων για απόρριψη σε «ευαίσθητους» αποδέκτες (Οδηγία 91/271/ΕΟΚ).

Παράμετρος	Συγκέντρωση (mg/L)	Προδιαγραφή απόρριψης (μέγιστη συγκέντρωση, mg/L)
BOD ₅	310	25
COD		125
Αιωρούμενα στερεά	280	35
Ολικό άζωτο	40	10-15
Ολικός φώσφορος	14	1-2

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΥΔΑΤΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ Ι

Παθογόνοι μικροοργανισμοί: Βακτήρια, μύκητες, πρωτόζωα, έλμινθες (νηματοειδή), ιοί.

Συνήθως για το χαρακτηρισμό της παθογένειας των νερών ή των αποβλήτων χρησιμοποιείται το σύνολο των κολοβακτηριδίων (Total Coliforms – TC) ή το κλάσμα των κολοβακτηριδίων περιττωματικής προέλευσης (Fecal Coliforms – FC). Ο αριθμός των TC και FC προκύπτει με εφαρμογή στατιστικής μεθόδου και καλείται Πιθανότατος Αριθμός Κολοβακτηριδίων (Most Probable Number, MPN) και εκφράζεται ως αριθμός ανά 100 mL δείγματος (MPN/mL) (Στάμου, 1995).

ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗ – ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΥΜΑΤΩΝ – ΟΡΙΣΜΟΣ



Τα έργα αποχέτευσης και επεξεργασίας των λυμάτων έχουν ως σκοπό την όσο το δυνατό γρηγορότερη και οικονομικότερη απομάκρυνση των νερών που έχουν χρησιμοποιηθεί με διάφορους τρόπους (απόβλητα) και είναι πια ακάθαρτα και βλαβερά για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία, όσο και την κατάλληλη επεξεργασία τους ώστε να διατεθούν ακίνδυνα στο περιβάλλον (Κούγκολος, 2005).

ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗ – ΕΙΔΗ ΑΠΟΧΕΤΕΥΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

- Παντοροϊκό σύστημα.
- Χωριστικό σύστημα.
- Μικτό σύστημα.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΥΜΑΤΩΝ



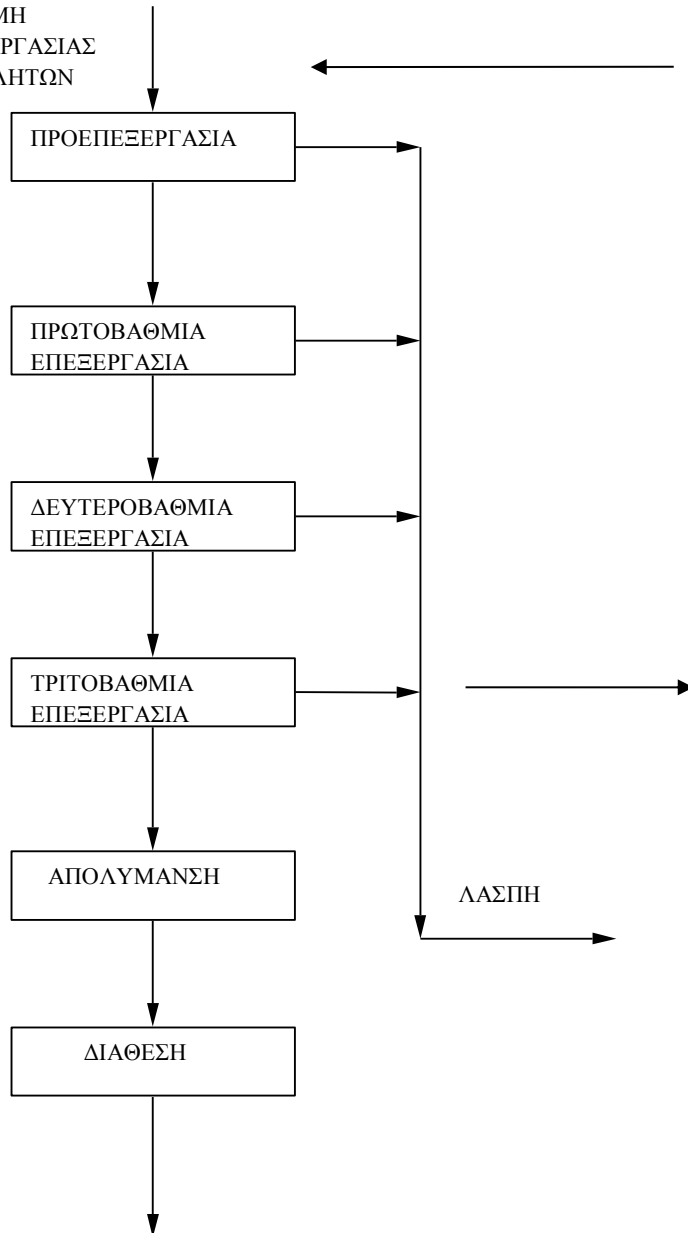
Τα λύματα, αν δεν περιέχουν μεγάλο ποσοστό βιομηχανικών αποβλήτων, είναι σχετικά σταθερής ποιότητας και μπορούν να υποβληθούν σε τυποποιημένες μεθόδους επεξεργασίας - καθαρισμού με δοκιμασμένα ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Οι μέθοδοι επεξεργασίας διακρίνονται σε:

- Φυσικές.
- Χημικές.
- Βιολογικές.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΥΜΑΤΩΝ I

ΓΡΑΜΜΗ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ
ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



Από την πρακτική εφαρμογή των διαφόρων συνδυασμών μεθόδων επεξεργασίας των λυμάτων έχουν διαμορφωθεί δύο βασικές γραμμές επεξεργασίας στις ΕΕΛ στην Ελλάδα (γραμμή επεξεργασίας λύματος και γραμμή επεξεργασίας ιλύος).

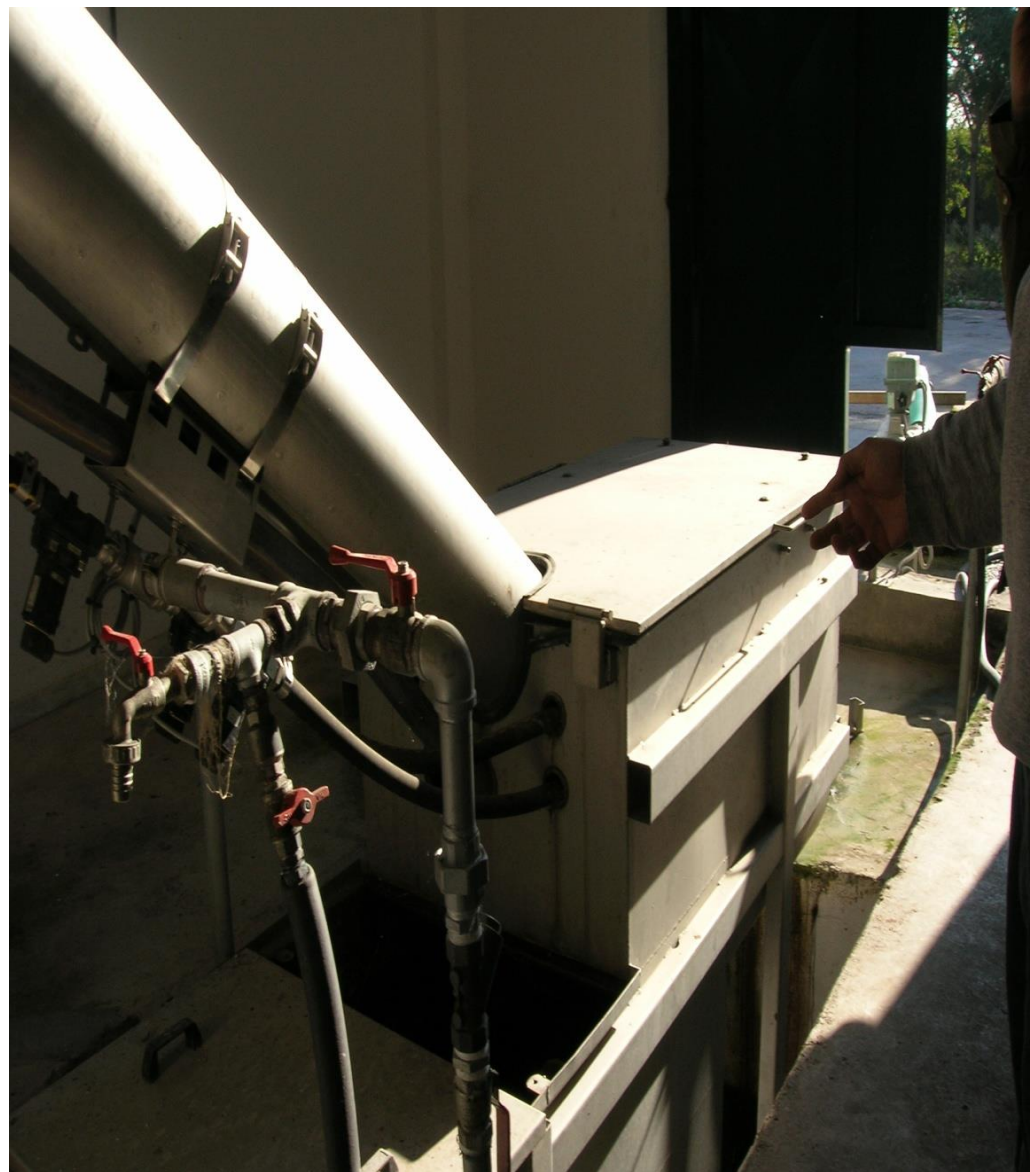
Προχωρημένη επεξεργασία

Προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση

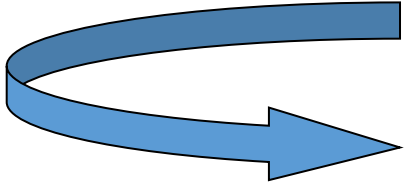
ΕΙΣΟΔΟΣ - ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗ



ΕΙΣΟΔΟΣ - ΒΟΘΡΟΛΥΜΑΤΑ



ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ



Απομάκρυνση ογκωδών αντικειμένων, άμμου, λιπών και ελαίων (Κούγκολος, 2005).

Περιλαμβάνει: εσχάρωση, εξάμμωση, λιποσυλλογή.

ΕΣΧΑΡΩΣΗ

Είδη εσχαρών (Κούγκολος, 2005):

- Χοντρές, Μέσες, Λεπτές.
- Χειροκίνητου καθαρισμού, μηχανοκίνητου καθαρισμού.
- Πολτοποιητής.

Η εσχάρωση συνήθως πραγματοποιείται εντός κλειστού κτιρίου για λόγους αντιμετώπισης των δυσοσμιών που συνήθως δημιουργούνται (Στάμου, 1995).

ΕΣΧΑΡΩΣΗ Ι



ΕΞΑΜΜΩΣΗ



Απομάκρυνση κόκκων άμμου, σωματιδίων αργίλου ή άλλων βαριών σωματιδίων γεωλογικής ή άλλης υφής διαμέτρου $> 0.15 \text{ mm}$ (Metcalf & Eddy, 2007a).

Εξαμμωτές: Συνήθως ορθογώνιοι, οριζόντιας ροής και ελεγχόμενης ταχύτητας.

Απομάκρυνση άμμου μέσω καθίζησης.

ΕΞΑΜΜΩΣΗ Ι



ΛΙΠΟΣΥΛΛΟΓΗ

Συλλογή λιπών και ελαίων με διαύγαση βαρύτητας.

Χρήση επίπλευσης με αέρα ή/και χημικής κροκίδωσης.

Ορθογώνιες ή κυκλικές δεξαμενές.

Χρόνος παραμονής 1-15 min (Κούγκολος, 2005).

ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ



Σκοπός της είναι η απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών, μεγέθους 0.1 – 0.001 mm, από τα απόβλητα (Κούγκολος, 2005).

Καθίζηση.

Χημική επεξεργασία και ακολούθως καθίζηση.

Η πρωτοβάθμια επεξεργασία μπορεί να ελαττώσει το οργανικό φορτίο των αποβλήτων κατά 25-50% περίπου, καθώς και την περιεκτικότητα σε αιωρούμενα στερεά κατά 50% περίπου. Επίσης ένα μικρό ποσοστό θρεπτικών στοιχείων, μετάλλων αλλά και μικροοργανισμών που εδράζονται στην επιφάνεια των στερεών σωματιδίων μπορεί να απομακρυνθεί κατά την πρωτοβάθμια επεξεργασία (Asano and Levine, 1998)

ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ – Δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης



ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ



Κατεξοχήν βιολογική επεξεργασία (βιολογικός καθαρισμός).

Σκοπός

Η απομάκρυνση των οργανικών ουσιών των αποβλήτων με βιολογικές διεργασίες στις οποίες χρησιμοποιούνται μικροοργανισμοί που καταναλώνουν τις οργανικές ουσίες, ενώ ταυτόχρονα τους παρέχεται οξυγόνο. Επίσης απομακρύνεται περαιτέρω ένα ποσοστό των θρεπτικών στοιχείων αλλά και διαφόρων ιχνοστοιχείων, μετάλλων και μικροοργανισμών που εδράζονται στην επιφάνεια των στερεών σωματιδίων (Κούγκολος, 2005, Asano and Levine, 1998).

ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ – ΜΕΘΟΔΟΙ



Κυριότερες μέθοδοι δευτεροβάθμιας επεξεργασίας:

- Ενεργός ιλύς.
- Λίμνες.
- Βιολογικά φίλτρα (χαλικοδιωλιστήρια).
- Βιολογικοί δίσκοι.

Ελλάδα:

87.8%: συστήματα ενεργού ιλύος.

10.1%: φυσικά συστήματα.

2.1%: συστήματα προσκολλημένης βιομάζας

(Αγγελάκης, κ.ά., 2000)

Φυσικά συστήματα επεξεργασίας.

ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ – ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ



Πλεονεκτήματα:

- Υψηλή απόδοση.
- Μικρή έκταση.

Τα συστήματα ενεργού ιλύος συνήθως περιλαμβάνουν (Κούγκολος, 2005):

- Δεξαμενή αερισμού – Απομάκρυνση οργανικών ουσιών από τους μικροοργανισμούς.
- Δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης – Απομάκρυνση μικροοργανισμών – Ανακυκλοφορία κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες.

ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ – ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ Ι

Δεξαμενή αερισμού.



ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ – ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ II

Δεξαμενή αερισμού (συνέχεια).



ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ – ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ ΙΙΙ

–Δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης.



ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ – ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ IV

Δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης.



ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ – ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ V

- Ανακυκλοφορία της λάσπης από τη δεξαμενή καθίζησης στη δεξαμενή αερισμού.

- F/M.

Μέθοδοι αερισμού (Κούγκολος, 2005):

- Διοχέτευση φυσαλίδων αέρα στα απόβλητα.
- Ανάδευση αποβλήτων με μηχανικά μέσα και άρα μεταφορά ατμοσφαιρικού οξυγόνου λόγω τύρβης που δημιουργείται.

Παραλλαγές συστημάτων ενεργού ιλύος (π.χ. παρατεταμένος αερισμός, κ.ά.).

ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ – ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ VI

Απομάκρυνση οργανικού φορτίου των αποβλήτων (σε συνδυασμό με την πρωτοβάθμια) κατά 80-90%. Επίσης απομακρύνεται περαιτέρω ένα ποσοστό των θρεπτικών στοιχείων αλλά και διαφόρων ιχνοστοιχείων, μετάλλων και μικροοργανισμών που εδράζονται στην επιφάνεια των στερεών σωματιδίων (Κούγκολος, 2005, Asano and Levine, 1998)

ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ – ΛΙΜΝΕΣ

Διακρίνονται συνήθως σε (Κούγκολος, 2005):

- Αεριζόμενες λίμνες.
- Λίμνες ή δεξαμενές σταθεροποίησης.

Μικρού βάθους λεκάνες που κατασκευάζονται με χωμάτινο ανάχωμα σε μορφή κυκλική, τετράγωνη ή ορθογώνια

Είναι μονάδες βιολογικής επεξεργασίας που λειτουργούν συνήθως κάτω από φυσικές (σε ορισμένες περιπτώσεις και τεχνητές) συνθήκες αερισμού ή και αναερόβια

Μπορούν να λειτουργήσουν ικανοποιητικά σε μικρές και αποκεντρωμένες εγκαταστάσεις και χωρίς μάλιστα να είναι απαραίτητη συνήθως η ύπαρξη πρωτοβάθμιας επεξεργασίας (Asano and Levine, 1998)

ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ – ΛΙΜΝΕΣ Ι

Πλεονεκτήματα (Κούγκολος, 2005):

- Μικρό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας.
- Απλή λειτουργία και παρακολούθηση.

Μειονεκτήματα (Κούγκολος, 2005):

- Απαιτούν μεγάλες εδαφικές εκτάσεις.
- Δυσχέρεια επεξεργασίας δύσκολα βιοαποικοδομήσιμων χημικών ουσιών.
- Δυσοσμία.
- Πολλά αιωρούμενα στην απορροή (π.χ. φύκη, κλπ.).

ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΦΙΛΤΡΑ, ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΔΙΣΚΟΙ.

- Βιολογικό φίλτρο: Κλίνη με διηθητικό μέσο πάνω στην επιφάνεια του οποίου είναι προσκολλημένοι οι μικροοργανισμοί – Βιολογικός δίσκος: Περιστρεφόμενοι δίσκοι στην επιφάνεια των οποίων είναι προσκολλημένοι οι μικροοργανισμοί.
- Ροή των αποβλήτων διαμέσου της κλίνης ή των δίσκων.
- Δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης για την απομάκρυνση των μικροοργανισμών που αποκολλούνται από την επιφάνεια του διηθητικού μέσου και παρασύρονται από τα απόβλητα, ενώ η ανακυκλοφορία δεν είναι απαραίτητη όπως στα συστήματα ενεργού ιλύος (Metcalf & Eddy, 2007a).

ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ Ι

ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΦΙΛΤΡΑ, ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΔΙΣΚΟΙ.(συνέχεια)

Πλεονεκτήματα:

Μικρό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας.
Χαμηλές απαιτήσεις σε ενέργεια.

Μειονεκτήματα:

Προβλήματα οσμών, κλπ.

ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ – ΦΥΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

- Βασίζονται στη χρήση φυσικών μέσων για τον καθαρισμό των αποβλήτων.
- Η επεξεργασία των αποβλήτων διαρκεί αρκετές ημέρες (>30) και πραγματοποιείται με τη βοήθεια της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και τη δράση μικροοργανισμών του εδάφους.
- Τεχνητοί υγρότοποι – Υδροχαρή φυτά – Υποβοήθηση της μείωσης του οργανικού φορτίου των αποβλήτων.

(Κούγκολος, 2005)

ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ – ΦΥΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ I

Πλεονεκτήματα (Κούγκολος, 2005):

- Χαμηλές έως μηδενικές απαιτήσεις σε ενέργεια.
- Όχι χημικά πρόσθετα.
- Χαμηλό κόστος κατασκευής και λειτουργίας.

Μειονεκτήματα (Κούγκολος, 2005):

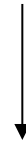
- Απαιτήση πολύ μεγάλων εκτάσεων για την κατασκευή τους.
- Όχι πολύ μεγάλο ποσοστό απομάκρυνσης οργανικού φορτίου σε σχέση με συμβατικές μονάδες.

ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ II

ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

- Φυσικά συστήματα.
- Συστήματα βιολογικών φίλτρων – δίσκων.
- Λίμνες.

Βιωσιμότητα &
περιβαλλοντικά προβλήματα.

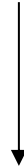


Κρίσιμος εξυπηρετούμενος ισοδύναμος
πληθυσμός οι 10000 κάτοικοι (Κούγκολος, 2005).



Ενεργός ιλύς η πλέον ενδεδειγμένη λύση (> 10000 ι.κ.).

ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ



Στις περισσότερες ΕΕΛ στην Ελλάδα ως τριτοβάθμια επεξεργασία νοείται η απομάκρυνση θρεπτικών συστατικών.



Νιτροποίηση – απονιτροποίηση
και απομάκρυνση φωσφόρου.

Βιολογικές διεργασίες.

ΠΡΟΧΩΡΗΜΕΝΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ



Βασικό στάδιο εάν στόχος είναι η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων.

Πρέπει να ακολουθεί τη δευτεροβάθμια επεξεργασία και να προηγείται της απολύμανσης, την οποία ωστόσο υποβοηθά μέσω μείωσης των στερεών που προσφέρουν ασπίδα προστασίας στους μικροοργανισμούς (Lazarova, 2003).

Ταξινόμηση τυπικών συστατικών που υπάρχουν σε αστικά υγρά απόβλητα

Ταξινόμηση	Ρύπος
Συμβατικά.	Ολικά αιωρούμενα στερεά. Κολλοειδή στερεά. Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο. Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο. Ολικός οργανικός άνθρακας. Αμμωνία. Νιτρικά. Νιτρώδη. Ολικό άζωτο. Φώσφορος. Βακτήρια. Κύστεις πρωτοζώων και ωκύστεις. Ιοί.

Πηγή: Metcalf & Eddy, 2007a

Αλατότητα, τοξικότητα Na, κλπ.

Ταξινόμηση τυπικών συστατικών που υπάρχουν σε αστικά υγρά απόβλητα I

Ταξινόμηση	Ρύπος
Μη συμβατικά.	Δύσκολα αποικοδομήσιμα οργανικά συστατικά. Πτητικά οργανικά συστατικά. Επιφανειοδραστικά συστατικά. Μέταλλα. Ολικά διαλυμένα στερεά.
Νεοεμφανιζόμενα.	Φαρμακευτικά προϊόντα. Προϊόντα καθαρισμού σπιτιών. Κτηνιατρικά και ανθρώπινα αντιβιοτικά. Βιομηχανικά και οικιακά προϊόντα Διάφορες ορμόνες. Άλλες ουσίες που διαταράσσουν το ενδοκρινικό σύστημα.

Προχωρημένη.



Προχωρημένη.



ΠΡΟΧΩΡΗΜΕΝΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

– ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

- Φυσικές.
- Χημικές.
- Βιολογικές.

Διεργασία	Μέσο διαχωρισμού	Παράδειγμα επεξεργασίας
Θρόμβωση-καθίζηση/επίπλευση	Βαρύτητα.	Απομάκρυνση μικροοργανισμών (άλγη, βακτήρια), αργίλων, χουμικών οξέων, προϊόντων ιζηματοποίησης.
Ιζηματοποίηση.	Χημικά αντιδραστήρια, οξείδωση και Ph.	Απομάκρυνση Ca, Fe, Mn, As, Zn, Cu, Cd, Ni, Pb, Hg, Ag, Cr, Se, Si, Mg, HCO_3^- , PO_4^{-3} , F^- .

Πηγή: Μήτρακας, 2001.

ΠΡΟΧΩΡΗΜΕΝΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ – ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ I

- Φυσικές.
- Χημικές.
- Βιολογικές.

Διεργασία	Μέσο διαχωρισμού	Παράδειγμα επεξεργασίας
Διήθηση.	Κοκκώδη υλικά σε κλίνη.	Απομάκρυνση αργίλων, μικροοργανισμών, προϊόντων ιζηματοποίησης.
Ιοντοεναλλαγή.	Στερεές ρητίνες.	Αποσκλήρυνση και απιονισμός του νερού, απομάκρυνση νιτρικών.

Πηγή: Μήτρακας, 2001.

ΠΡΟΧΩΡΗΜΕΝΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ – ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ II

- Φυσικές.
- Χημικές.
- Βιολογικές.

Διεργασία	Μέσο διαχωρισμού	Παράδειγμα επεξεργασίας
Αντίστροφη όσμωση.	Ημιπερατές μεμβράνες και πίεση.	Απομάκρυνση διαλυτών αλάτων του νερού και οργανικών μικρορυπαντών.
Προσρόφηση.	Στερεά προσροφητικά (π.χ. ενεργός άνθρακας).	Απομάκρυνση οργανικών ενώσεων και ιχνοστοιχείων.
Διαχωρισμός πτητικών.	Αέρας.	Απομάκρυνση αερίων ανόργανων (H ₂ S, NH ₃) και οργανικών (CH ₄ , CHCl ₃ κ.ά.).
Απορρόφηση.	Νερό.	Προσθήκη CO ₂ , Cl ₂ , O ₃ στο νερό.

Τυπικές αποδόσεις απομάκρυνσης συμβατικών συστατικών

Τυπικές αποδόσεις απομάκρυνσης συμβατικών συστατικών από τις εκροές επεξεργασμένων λυμάτων για διάφορους συνδυασμούς μεθόδων δευτεροβάθμιας και προχωρημένης επεξεργασίας λυμάτων.

Τυπική ποιότητα εκροής (οι μονάδες μετρώνται σε mg/L, εκτός της θολότητας η οποία μετράται σε NTU).

Είδος επεξεργασίας	TSS	BOD ₅	COD	Ολικό N	NH ₃ -N	PO ₄ -P	Θολότητα
Ενεργός ιλύς + διήθηση σε κοκκώδες μέσο.	4-6	5-10	30-70	15-35	15-25	4-10	0.3-5
Ενεργός ιλύς + διήθηση σε κοκκώδες μέσο + προσρόφηση σε ενεργό άνθρακα.	<5	<5	5-20	15-30	15-25	4-10	0.3-3
Ενεργός ιλύς / νιτροποίηση, απλό στάδιο.	10-25	5-15	20-45	20-30	1-5	6-10	5-15

Τυπικές αποδόσεις απομάκρυνσης συμβατικών συστατικών I

Τυπικές αποδόσεις απομάκρυνσης συμβατικών συστατικών από τις εκροές επεξεργασμένων λυμάτων για διάφορους συνδυασμούς μεθόδων δευτεροβάθμιας και προχωρημένης επεξεργασίας λυμάτων.

Τυπική ποιότητα εκροής (οι μονάδες μετρώνται σε mg/L, εκτός της θολότητας η οποία μετράται σε NTU).

Είδος επεξεργασίας	TSS	BOD ₅	COD	Ολικό N	NH ₃ -N	PO ₄ -P	Θολότητα
Ενεργός ιλύς / νιτροποίηση-απονιτροποίηση ξεχωριστών σταδίων	10-25	5-15	20-35	5-10	1-2	6-10	5-15
Προσθήκη μεταλλικών αλάτων στην ενεργό ιλύ + νιτροποίηση-απονιτροποίηση + διήθηση	5-10	5-10	20-30	3-5	1-2	≤1	0.3-2

Τυπικές αποδόσεις απομάκρυνσης συμβατικών συστατικών II

Τυπικές αποδόσεις απομάκρυνσης συμβατικών συστατικών από τις εκροές επεξεργασμένων λυμάτων για διάφορους συνδυασμούς μεθόδων δευτεροβάθμιας και προχωρημένης επεξεργασίας λυμάτων.

Τυπική ποιότητα εκροής (οι μονάδες μετρώνται σε mg/L, εκτός της θολότητας η οποία μετράται σε NTU).

Είδος επεξεργασίας	TSS	BOD ₅	COD	Ολικό N	NH ₃ -N	PO ₄ -P	Θολότητα
Βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου.	10-20	5-15	20-35	15-25	5-10	≤2	5-10
Ενεργός ιλύς + διήθηση σε κοκκώδες μέσο + προσρόφηση σε ενεργό άνθρακα + αντίστροφη όσμωση.	≤1	≤1	5-10	<2	<2	≤1	0.01-1

Τυπικές αποδόσεις απομάκρυνσης συμβατικών συστατικών III

Τυπικές αποδόσεις απομάκρυνσης συμβατικών συστατικών από τις εκροές επεξεργασμένων λυμάτων για διάφορους συνδυασμούς μεθόδων δευτεροβάθμιας και προχωρημένης επεξεργασίας λυμάτων.

Τυπική ποιότητα εκροής (οι μονάδες μετρώνται σε mg/L, εκτός της θολότητας η οποία μετράται σε NTU)

Είδος επεξεργασίας	TSS	BOD ₅	COD	Ολικό N	NH ₃ -N	PO ₄ -P	Θολότητα
Βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου και αζώτου + διήθηση.	≤10	<5	20-30	≤5	≤2	≤2	0.3-2
Ενεργός ιλύς + διήθηση σε κοκκώδες μέσο + προσρόφηση σε ενεργό άνθρακα + αντίστροφη όσμωση.	≤1	≤1	5-10	<2	<2	≤1	0.01-1

Τυπικές αποδόσεις απομάκρυνσης συμβατικών συστατικών IV

Τυπικές αποδόσεις απομάκρυνσης συμβατικών συστατικών από τις εκροές επεξεργασμένων λυμάτων για διάφορους συνδυασμούς μεθόδων δευτεροβάθμιας και προχωρημένης επεξεργασίας λυμάτων.

Τυπική ποιότητα εκροής (οι μονάδες μετρώνται σε mg/L, εκτός της θολότητας η οποία μετράται σε NTU)

Είδος επεξεργασίας	TSS	BOD ₅	COD	Ολικό N	NH ₃ -N	PO ₄ -P	Θολότητα
Ενεργός ιλύς/νιτροποίηση-απονιτροποίηση και απομάκρυνση φωσφόρου + διήθηση σε κοκκώδες μέσο + προσρόφηση σε ενεργό άνθρακα + αντίστροφη όσμωση.	≤1	≤1	2-8	≤1	≤0.1	≤0.5	0.01-1

Τυπικές αποδόσεις απομάκρυνσης συμβατικών συστατικών V

Τυπικές αποδόσεις απομάκρυνσης συμβατικών συστατικών από τις εκροές επεξεργασμένων λυμάτων για διάφορους συνδυασμούς μεθόδων δευτεροβάθμιας και προχωρημένης επεξεργασίας λυμάτων.

Τυπική ποιότητα εκροής (οι μονάδες μετρώνται σε mg/L, εκτός της θολότητας η οποία μετράται σε NTU)

Είδος επεξεργασίας	TSS	BOD ₅	COD	Ολικό N	NH ₃ -N	PO ₄ -P	Θολότητα
Ενεργός ιλύς/νιτροποίηση-απονιτροποίηση και απομάκρυνση φωσφόρου + μικροδιήθηση + αντίστροφη όσμωση.	≤1	≤1	2-8	≤0.1	≤0.1	≤0.5	0.01-1

Είδη συστατικών των λυμάτων

Είδη συστατικών των λυμάτων που απομακρύνονται ανά μέθοδο δευτεροβάθμιας και προχωρημένης επεξεργασίας.

Μέθοδος επεξεργασίας	Είδος συστατικού										
	Αιωρούμενα στερεά	Κολλοειδή στερεά	Οργανικό υλικό (σωματιδιακό)	Οργανικό υλικό (διαλυμένο)	Άζωτο	Φώσφορος	Ιχνοστοιχεία / Βαρέα μέταλλα	Ολικά διαλυμένα στερεά	Βακτήρια	Πρωτόζωα	Ιοί
Δευτεροβάθμια	✓			✓							
Δευτεροβάθμια με απομάκρυνση θρεπτικών στοιχείων				✓	✓	✓					

Πηγή: Metcalf & Eddy, 2007b.

Είδη συστατικών των λυμάτων I

Είδη συστατικών των λυμάτων που απομακρύνονται ανά μέθοδο δευτεροβάθμιας και προχωρημένης επεξεργασίας.

Μέθοδος επεξεργασίας	Είδος συστατικού										
	Αιωρούμενα στερεά	Κολλοειδή στερεά	Οργανικό υλικό (σωματιδιακό)	Οργανικό υλικό (διαλυμένο)	Άζωτο	Φώσφορος	Ιχνοστοιχεία / Βαρέα μέταλλα	Ολικά διαλυμένα στερεά	Βακτήρια	Πρωτόζωα	Ιοί
Διήθηση χώρου	✓								✓	✓	
Διήθηση επιφανείας	✓		✓						✓	✓	
Μικροδιήθηση	✓	✓	✓						✓	✓	
Υπερδιήθηση	✓	✓	✓						✓	✓	✓

Είδη συστατικών των λυμάτων II

Είδη συστατικών των λυμάτων που απομακρύνονται ανά μέθοδο δευτεροβάθμιας και προχωρημένης επεξεργασίας.

Μέθοδος επεξεργασίας	Είδος συστατικού										
	Αιωρούμενα στερεά	Κολλοειδή στερεά	Οργανικό υλικό (σωματιδιακό)	Οργανικό υλικό (διαλυμένο)	Άζωτο	Φώσφορος	Ιχνοστοιχεία / Βαρέα μέταλλα	Ολικά διαλυμένα στερεά	Βακτήρια	Πρωτόζωα	Ιοί
Νανοδιήθηση			✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓
Αντίστροφη όσμωση				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ηλεκτροδιάλυση		✓						✓			

Είδη συστατικών των λυμάτων

III

Είδη συστατικών των λυμάτων που απομακρύνονται ανά μέθοδο δευτεροβάθμιας και προχωρημένης επεξεργασίας.

Είδος συστατικού

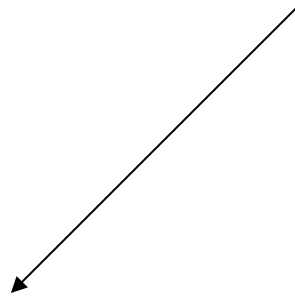
Μέθοδος επεξεργασίας	Αιωρούμενα στερεά	Κολλοειδή στερεά	Οργανικό υλικό (σωματιδιακό)	Οργανικό υλικό (διαλυμένο)	Άζωτο	Φόσφορος	Ιχνοστοιχεία / Βαρέα μέταλλα	Ολικά διαλυμένα στερεά	Βακτήρια	Πρωτόζωα	Ιοί
Προσρόφηση σε ενεργό άνθρακα				✓			✓				
Ιοντοεναλλαγή					✓		✓	✓			
Απολύμανση				✓					✓	✓	✓

Πηγή: Metcalf & Eddy, 2007b.

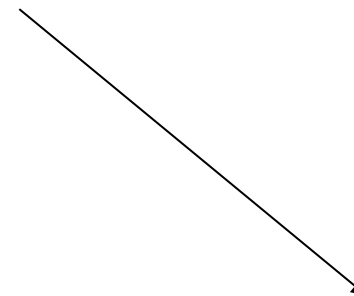
ΠΡΟΧΩΡΗΜΕΝΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ - ΚΡΟΚΙΔΩΣΗ



Τεχνικές απομάκρυνσης αιωρούμενων στερεών από την υγρή φάση μεγέθους μικρότερου των 10 μ m (Μήτρακας, 2001).



Καθίζηση.



Διήθηση.

ΠΡΟΧΩΡΗΜΕΝΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ - ΔΙΗΘΗΣΗ



Απομάκρυνση σωματιδίων μεγέθους μεταξύ 0.1 – 1000 μm
(Μήτρακας, 2001).

- Διήθηση χώρου.
 - Διήθηση επιφανείας.
 - Διήθηση με μεμβράνες.
- Απομάκρυνση αιωρούμενης & κολλοειδούς ύλης.

↓
Απομάκρυνση και διαλυτών
συστατικών.

(Metcalf & Eddy, 2007a).

ΠΡΟΧΩΡΗΜΕΝΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ – ΔΙΗΘΗΣΗ Ι

Είδη & τεχνικές διήθησης (Metcalf & Eddy, 2007a):

- Διήθηση χώρου: Κλίνη κοκκώδους υλικού (συνήθως κλίνη άμμου).
- Διήθηση επιφανείας: Μηχανική κοσκίνιση.
- Διήθηση με μεμβράνες: Μικροδιήθηση, Υπερδιήθηση, Νανοδιήθηση, Αντίστροφη όσμωση, Διάλυση και Ηλεκτροδιάλυση.



Συνδυασμός δύο ή περισσότερων διεργασιών για την επίτευξη υψηλής ποιότητας εκροής.

ΠΡΟΧΩΡΗΜΕΝΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ - ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ



Διεργασία συσσώρευσης συστατικών που βρίσκονται σε ένα διάλυμα επάνω σε μια κατάλληλη διεπιφάνεια (αερίου - υγρού ή υγρού – στερεού) (Metcalf & Eddy, 2007a).

Οργανικές ενώσεις που προσροφώνται σε μεγάλο βαθμό.	Οργανικές ενώσεις που προσροφώνται σε μικρό βαθμό.
Αρωματικοί διαλύτες: -Βενζόλιο. -Τολουόλιο. -Νιτροβενζόλια.	Κετόνες, οξέα και αλδεΐδες χαμηλού Μοριακού Βάρους (MB).
Χλωριωμένες αρωματικές ενώσεις: -Πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB). -Χλωροφαινόλες.	Σάκχαρα και άμυλα.

ΠΡΟΧΩΡΗΜΕΝΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ – ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ I

Στερεά προσροφητικά μέσα: ενεργός άνθρακας, συνθετικά πολυμερή, υλικά με βάση το πυρίτιο – Πορώδης δομή (Metcalf & Eddy, 2007a, Μήτρακας, 2001).

Οργανικές ενώσεις που προσροφώνται σε μεγάλο βαθμό.	Οργανικές ενώσεις που προσροφώνται σε μικρό βαθμό.
Πολυκυρηνικές αρωματικές ενώσεις.	Ενώσεις πολύ υψηλού ΜΒ ή κολλοειδή οργανικά.
Εντομοκτόνα και ζιζανιοκτόνα.	Αλειφατικές ενώσεις μικρού ΜΒ.
Χλωριωμένες μη αρωματικές ενώσεις.	
Υδρογονάνθρακες υψηλού ΜΒ: -Βαφές. -Βενζίνη. -Αμίνες. -Χουμικά.	

ΠΡΟΧΩΡΗΜΕΝΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ - ΙΟΝΤΟΕΝΑΛΛΑΓΗ



Διεργασία στην οποία ιόντα ενός ορισμένου είδους που βρίσκονται σε ένα αδιάλυτο μέσο ανταλλαγής αντικαθίστανται από ιόντα διαφορετικού είδους που βρίσκονται στο διάλυμα (Metcalf & Eddy, 2007a).

Υλικά: ζεόλιθοι, ρητίνες, κλπ.

Απομάκρυνση αζώτου, βαρέων μετάλλων και ολικών διαλυτών στερεών.

ΠΡΟΧΩΡΗΜΕΝΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΡΟΧΩΡΗΜΕΝΗΣ ΟΞΕΙΔΩΣΗΣ.



Οξείδωση πολύπλοκων, δύσκολα βιοαποικοδομήσιμων, οργανικών συστατικών που υπάρχουν στα υγρά απόβλητα. Συνδέονται με το σχηματισμό και τη χρήση της ελεύθερης ρίζας υδροξυλίου (OH⁻) ως ένα ισχυρό οξειδωτικό μέσο (Metcalf & Eddy, 2007a).

Ενδεικτικές διεργασίες προχωρημένης οξείδωσης (Metcalf & Eddy, 2007a):

Χρήση όζοντος σε συνδυασμό με UV.

Χρήση όζοντος σε συνδυασμό με υπεροξείδιο του υδρογόνου.

Χρήση όζοντος σε συνδυασμό με υπεροξείδιο του υδρογόνου και UV.

Φωτοκατάλυση (μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια).

ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΡΟΧΩΡΗΜΕΝΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ & ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΛΥΜΑΤΩΝ

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.

Αγροτική άρδευση: Διήθηση ή διήθηση μετά από κροκίδωση (συνήθως διήθηση χώρου)

Αστική άρδευση: Μικροδιήθηση / Διήθηση χώρου σε συνδυασμό με προσρόφηση σε ενεργό άνθρακα

Πόσιμο νερό: Νανοδιήθηση σε συνδυασμό με αντίστροφη όσμωση

(Pollice et al., 2004, Riahi et al., 2009, Tangsubkul et al., 2005, Blocher et al., 2003, Schaefer, 2001, Drewes et al., 2003, Van Voorthuizen et al., 2005, Bellona et al., 2004, Sadiq et al., 2003, Lopez et al., 2006).

ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ



Σκοπός της είναι η καταστροφή παθογόνων μικροοργανισμών, ώστε να αποφεύγεται ο κίνδυνος μετάδοσης ασθενειών διαμέσου του υδάτινου αποδέκτη (Κούγκολος, 2005).

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία (ενεργός ιλύς) εγγυάται την αποδοτικότητα της απολύμανσης (Lazarova, 2003).

ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ Ι

Με χρήση (Κούγκολος, 2005):

Χημικών ουσιών (χλώριο, βρώμιο, όζον, κλπ.)

Θερμοκρασίας ή ακτινοβολίας (UV)

Η αποτελεσματικότητα της απολύμανσης είναι μια σύνθετη συνάρτηση πολλών παραμέτρων, όπως για παράδειγμα το είδος και η δόση του απολυμαντικού μέσου, το είδος και η συγκέντρωση των μικροοργανισμών, ο χρόνος επαφής και τα χαρακτηριστικά ποιότητας του υγρού που θα απολυμανθεί (Μήτρακας, 2001).

Έξοδος μετά την απολύμανση



ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ - ΧΛΩΡΙΩΣΗ



Χλώριο, Υποχλωριώδες νάτριο, υποχλωριώδες ασβέστιο, διοξείδιο του χλωρίου.

Σε γενικές γραμμές, τα βακτήρια καταστρέφονται σε χαμηλές δόσεις χλωρίου, οι ιοί απαιτούν κατά κανόνα πολύ υψηλές δόσεις, ενώ μερικά παράσιτα δεν καταστρέφονται καθόλου από τη χλωρίωση (Lazarova and Bahri, 2004).

Πλεονεκτήματα (Κούγκολος, 2005, Metcalf & Eddy, 2007a):

Υπολειμματική δράση.

Οικονομική λύση.

Μειονεκτήματα (Κούγκολος, 2005, Metcalf & Eddy, 2007a):

Τοξική ουσία.

Σχηματισμός οργανοχλωριωμένων παραπροϊόντων.

ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ – ΧΛΩΡΙΩΣΗ I



ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ - ΟΖΟΝ



Ιδιαίτερα δραστικό οξειδωτικό συστατικό, γεγονός που το καθιστά πρώτη επιλογή όταν απαιτείται η εκτέλεση ισχυρά οξειδωτικών αντιδράσεων (Metcalf & Eddy, 2007a)

Πολύ αποδοτικό για την καταστροφή των ιών και γενικά θεωρείται ότι έχει ισχυρότερη και ταχύτερη απολυμαντική δράση σε σχέση με το χλώριο, ωστόσο δεν έχει καθόλου υπολειμματική δράση

ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ – ΟΖΟΝ Ι

Πλεονεκτήματα (Metcalf & Eddy, 2007a, Μήτρακας, 2001):

Διασπάται εύκολα παρέχοντας οξυγόνο στο απολυμανθέν υγρό, γεγονός ιδιαίτερα επιθυμητό

Βελτιώνει την αισθητική εικόνα του απολυμανθέντος υγρού

Συμβάλλει στην απομάκρυνση της οσμής – Απομάκρυνση οργανικών ενώσεων

Μείωση τοξικότητας

Μειονεκτήματα (Metcalf & Eddy, 2007a):

Μεγάλο κόστος σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους

Σχηματισμός παραπροϊόντων (λιγότερο τοξικών από τα οργανοχλωριωμένα)

ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ - UV



Φυσικό μέσο απολύμανσης, ιδιαίτερα αποτελεσματικό στην καταστροφή μονοκύτταρων παθογόνων μικροοργανισμών (Μήτρακας, 2001)

Πλεονέκτημα (Metcalf & Eddy, 2007a):

Καθόλου παραπρόϊοντα

Μειονέκτημα (Metcalf & Eddy, 2007a):

Όχι αποτελεσματικό σε όλα τα είδη παθογόνων μικροοργανισμών (π.χ. ιοί)

Κύρια χαρακτηριστικά των μεθόδων απολύμανσης

Κύρια τεχνικο-οικονομικά χαρακτηριστικά των μεθόδων απολύμανσης.

Χαρακτηριστικά	Χλωρίωση	Οζονισμός	Ακτινοβολία UV
Βακτηριοκτόνος δράση.	++	++	++
Ιοκτόνος δράση.	+	+++	++
Επανεμφάνιση βακτηρίων.	+	+	+
Παραπροϊόντα.	+++	+	-
Προβλήματα ασφαλείας.	+++	++	+

[-] καμία, [+] χαμηλή-ό, [++] μεσαία-ο, [+++] υψηλή-ό.

Πηγή: Lazarova, 2003.

Κύρια χαρακτηριστικά των μεθόδων απολύμανσης I

Κύρια τεχνικο-οικονομικά χαρακτηριστικά των μεθόδων απολύμανσης.

Χαρακτηριστικά	Χλωρίωση	Οζονισμός	Ακτινοβολία UV
Λειτουργικό κόστος.	+	++	+
Κόστος επένδυσης.	+	++	+
Ευκολία εγκατάστασης.	+	+	++
Συντήρηση.	++	+	+++
Σύστημα ελέγχου.	+	++	+++

[-] καμία, [+] χαμηλή-ό, [++] μεσαία-ο, [+++] υψηλή-ό.

Πηγή: Lazarova, 2003.

ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ & ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΛΥΜΑΤΩΝ

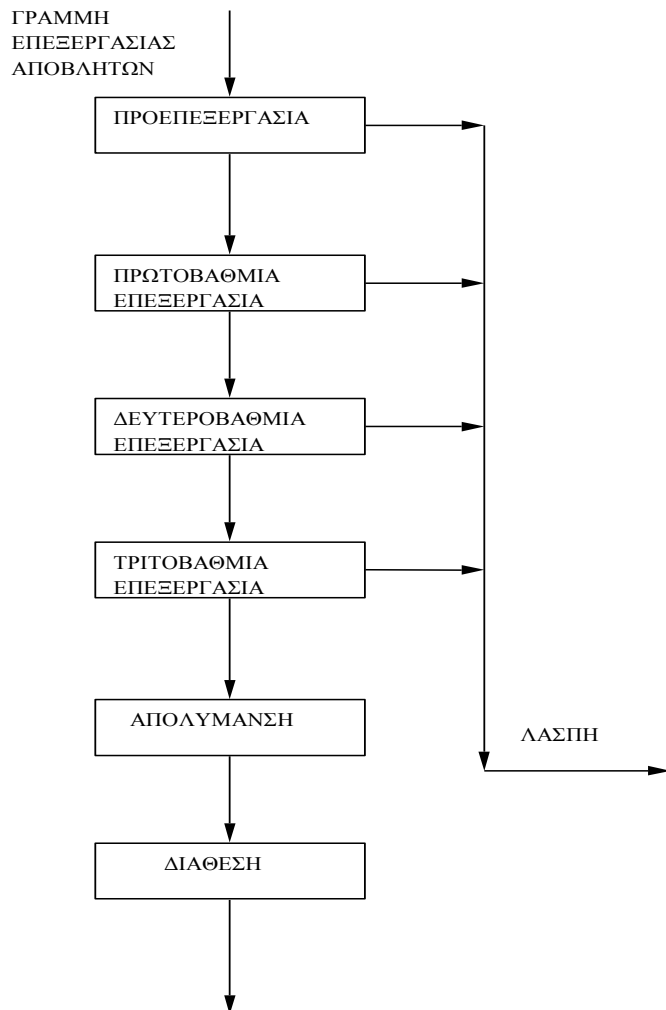
ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.

- Όζον → Αποτελεσματική απομάκρυνση όλων των ειδών παθογόνων, χρώματος, οσμής, τοξικότητας.
- UV → Παραγωγή κατάλληλης εκροής για επαναχρησιμοποίηση (ιδίως για άρδευση) με πιο ανταγωνιστικό κόστος ιδίως στις μικρές εγκαταστάσεις.

(Lazarova and Savoye, 2004, Petala et al., 2006, Xu et al., 2002).

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΙΛΥΟΣ (ΛΑΣΠΗΣ)

Επεξεργασία των επιβλαβών ουσιών που απομακρύνθηκαν στην πρώτη γραμμή (γραμμή επεξεργασίας λύματος)



ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΙΛΥΟΣ (ΛΑΣΠΗΣ) I

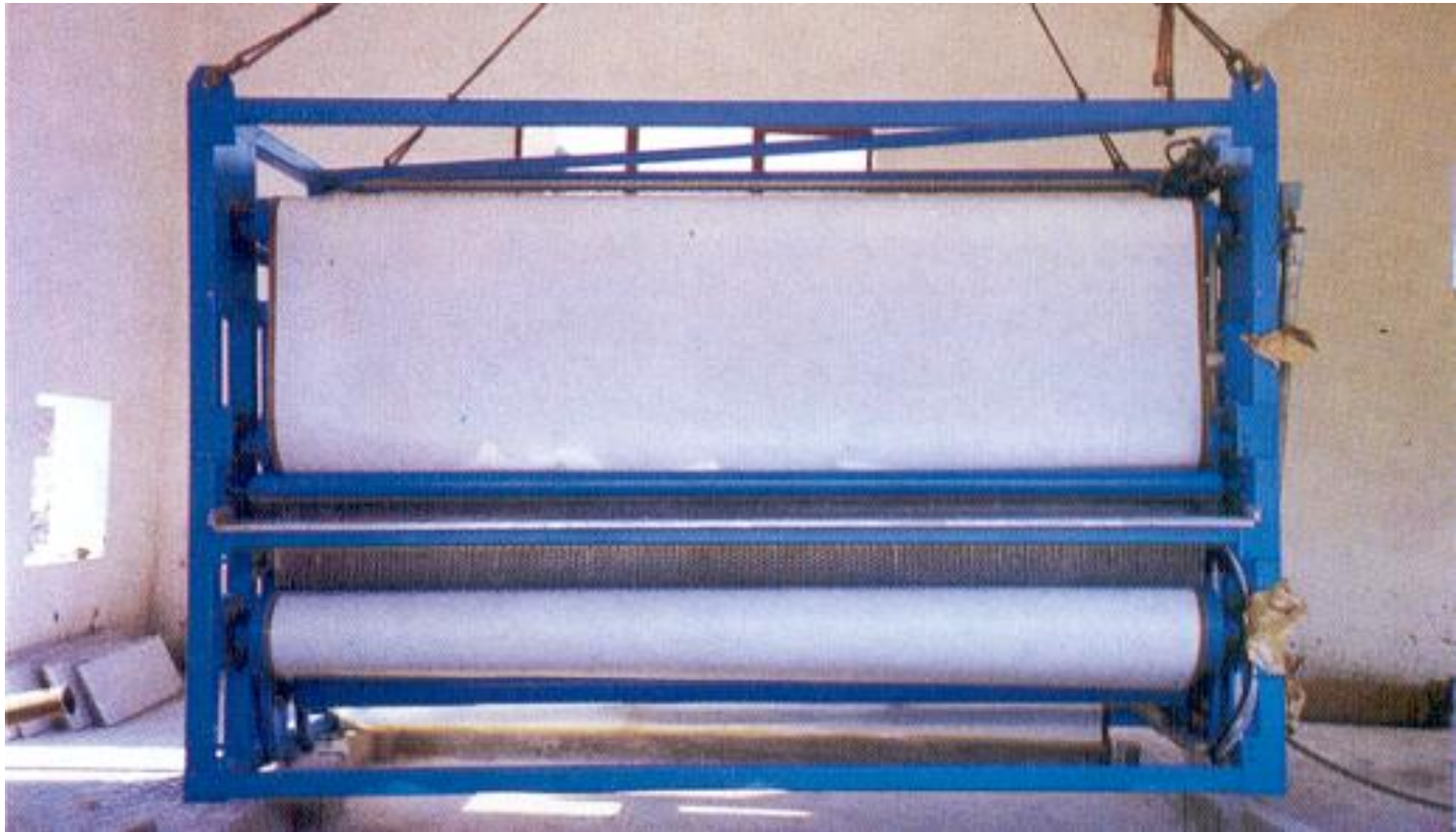
Περιλαμβάνει (Κούγκολος, 2005):

- Πάχυνση με σκοπό τη μείωση του όγκου με απομάκρυνση μέρους του νερού που περιέχει - Παχυντές βαρύτητας, επίπλευσης, κλπ.
- Χώνευση με σκοπό την περαιτέρω μείωση του όγκου και ταυτόχρονα μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών και των οσμών – Αερόβια ή αναερόβια σε κλειστές δεξαμενές – Παραγωγή βιοαερίου (αναερόβια).
- Αφυδάτωση με σκοπό τη μείωση της περιεχόμενης υγρασίας της – Μηχανικά μέσα (π.χ. ταινιοφιλτρόπρεσες ή κλίνες ξήρανσης).



Προϊόν της αφυδάτωσης είναι λάσπη με ξηρά συστατικά που κυμαίνεται από 5-35% κατά βάρος (ανάλογα με την προέλευση της λάσπης) (Metcalf & Eddy, 2007a).

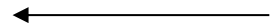
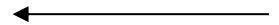
Ταινιοφιλτρόπρεσσα για την αφυδάτωση της λάσπης



ΔΙΑΘΕΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΗΣ ΙΛΥΟΣ



- Διάθεση σε ΧΥΤΑ.
- Διάθεση για αγροτική χρήση (λίπασμα)
(ΚΥΑ 80568/4225/1991).
- Διάθεση σε βιομηχανίες (χρήση ως καύσιμο).



**Σας ευχαριστώ για την προσοχή
σας**



Βιβλιογραφία

Αγγελάκης Α.Ν., Τσαγκαράκης, Κ.Π., Κοτσελίδου, Ο.Ν., Βαρδάκου, Ε. (2000) *Ανάγκη θέρψισης ελληνικών προδιαγραφών ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης εκροών επεξεργασμένων αστικών υγρών αποβλήτων: Μια προκαταρκτική προσέγγιση*, Τεχνική Έκθεση για το ΥΠΕΧΩΔΕ, ΕΔΕΥΑ, Λάρισα.

Κούγκολος, Α. (2005) *Εισαγωγή στην περιβαλλοντική μηχανική*, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.

Μαρκαντωνάτος, Γ. (1990) *Επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων*, Εκδόσεις Γαρταγάνης, Αθήνα.

Μήτρακας, Μ. (2001) *Ποιοτικά χαρακτηριστικά και επεξεργασία νερού*, 2η Έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.

Στάμου, Α. (1995) *Βιολογικός καθαρισμός αστικών αποβλήτων*, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.

Lazarona, V. (2003) “Οδηγίες και περιορισμοί για την εφαρμογή επαναχρησιμοποίησης νερού στην Ευρώπη” στα πρακτικά του επιστημονικού διημέρου (έργου LIFE 99/ENV/GR/000590) *Ανάκτηση και Επαναχρησιμοποίηση λυμάτων*, Θεσσαλονίκη, σελ. 127-141.

Βιβλιογραφία I

Metcalf & Eddy (2007a) *Μηχανική Υγρών Αποβλήτων – Επεξεργασία και Επαναχρησιμοποίηση*, 4η έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.

Asano, T. and Levine, A. (1998) “Wastewater reclamation, recycling, and reuse: An introduction”, in Asano, T. (ed.) *Wastewater reclamation and reuse*, CRC press, pp 1-56.

Bellona, Ch., Drewes, J.E., Xu, P., Amy, G. (2004) “Factors affecting the rejection of organic solutes during NF/RO treatment—a literature review”, Review, *Water Research*, **38**: 2795–2809.

Blocher, C., Dorda, J., Mavrov, V., Chmiel, H., Lazaridis, N.K., Matis, K.A. (2003) “Hybrid flotation—membrane filtration process for the removal of heavy metal ions from wastewater”, *Water Research*, **37**: 4018–4026.

Drewes, J.E., Reinhard, M., Fox, P. (2003) “Comparing microfiltration-reverse osmosis and soil-aquifer treatment for indirect potable reuse of water”, *Water Research*, **37**: 3612–3621.

Βιβλιογραφία II

Lazarova, V. and Bahri, A. (2004) “Code of practices for health protection” in Lazarova, V. and Bahri, A. (eds) *Water reuse for irrigation – Agriculture, Landscapes, and Turf Grass*, CRC press, pp 83-103.

Lazarova, V. and Savoye, Ph. (2004) “Technical and sanitary aspects of wastewater disinfection by UV irradiation for landscape irrigation”, *Water Science and Technology*, **50**(2): 203–209.

Lopez, A., Pollice, A., Lonigro A., Masi, S., Palese, A.M., Cirellie, G.L., Toscano, A., Passino, R. (2006) “Agricultural wastewater reuse in southern Italy”, *Desalination*, **187**: 323–334.

Metcalf & Eddy (2007b) *Water Reuse – Issues, Technologies, and Applications*, McGraw-Hill publications, New York.

Petala, M., Tsiridis, V., Samaras, P., Zouboulis, A., Sakellaropoulos, G.P. (2006) “Wastewater reclamation by advanced treatment of secondary effluents”, *Desalination*, **195**: 109–118.

Pollice, A., Lopez, A., Laera, G., Rubino, P., Lonigro, A. (2004) “Tertiary filtered municipal wastewater as alternative water source in agriculture: A field investigation in Southern Italy”, *Science of the Total Environment*, **324**: 201–210.

Βιβλιογραφία III

Riahi, Kh., Ben Mammou, A., Ben Thayer, B. (2009) “Date-palm fibers media filters as a potential technology for tertiary domestic wastewater treatment”, *Journal of Hazardous Materials*, **161**: 608–613.

Sadiq, R., Husain, T., Al-Zahrani, A.M., Sheikh, A.K., Farooq, S. (2003) “Secondary effluent treatment by slow sand filters: Performance and risk analysis”, *Water, Air, and Soil Pollution*, **143**: 41–63.

Schaefer, J. (2001) “Reliable water supply by reusing wastewater after membrane treatment”, *Desalination*, **138**: 91.

Tangsubkul, N., Beavis, P., Moore, S.J., Lundie S., Waite, T.D. (2005) “Life Cycle Assessment of water recycling technology”, *Water Resources Management*, **19**: 521–537.

Van Voorthuizen, E., Zwijnenburg, A., Wessling, M. (2005) “Nutrient removal by NF and RO membranes in a decentralized sanitation system”, *Water Research*, **39**: 3657–3667.

Xu, P., Janex, M-L., Savoye, Ph., Cockx, A., Lazarova, V. (2002) “Wastewater disinfection by ozone: Main parameters for process design”, *Water Research*, **36**: 1043–1055.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



Τέλος Ενότητας 3

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΣΤΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ
(ΛΥΜΑΤΩΝ)

