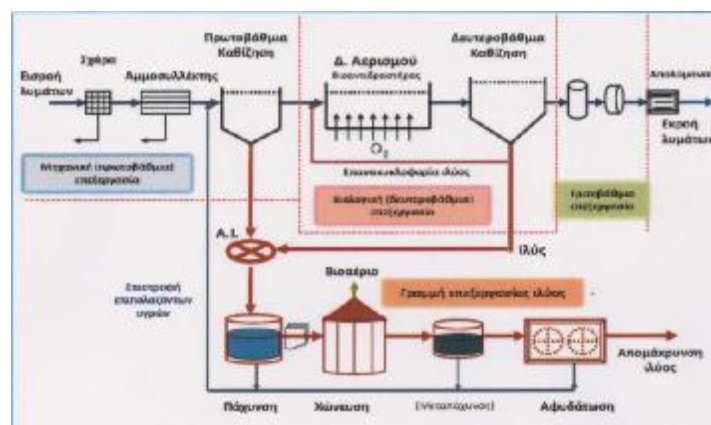


ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΕ

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ ΓΙΑ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΥΜΑΤΩΝ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ : ΚΟΥΣΤΑ ΔΙΟΝΥΣΙΑ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΔΡ ΠΑΝ. ΚΑΚΑΒΑΣ

ΠΑΤΡΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2015

Περιεχόμενα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο	8
ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ ΛΥΜΑΤΩΝ.....	8
1.1 Κατηγορίες αποβλήτων	8
1.2 Παράμετροι και χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων.....	10
1.2.1 Φυσικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων.....	11
1.2.2 Χημικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων.....	13
1.2.3 Μικροβιολογικά χαρακτηριστικά	14
1.3.1 Προεπεξεργασία	16
1.3.2 Πρωτοβάθμια επεξεργασία	16
1.3.3 Δευτεροβάθμια επεξεργασία	17
1.3.4 Τριτοβάθμια επεξεργασία	18
1.4 Αρχή λειτουργίας - Είδη καθίζησης.....	19
1.4.1 Καθίζηση τύπου I	19
1.4.2 Καθίζηση τύπου II.....	20
1.4.3 Καθίζηση τύπου III.....	20
1.4.4 Καθίζηση τύπου IV.....	20
Α. Δεξαμενή Πρωτοβάθμιας Καθίζησης (ΔΠΚ).....	20
Β. Δεξαμενή καθίζησης Imhoff	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο	24
Σχεδιασμός εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων	24
Α. Δεξαμενή πρωτοβάθμιας επεξεργασίας.....	31

Υπολογισμοί δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης (ΔΠΚ).....	32
Γ. Δεξαμενή τριτοβάθμιας(τελικής) επεξεργασίας.....	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	38
Εφαρμογές σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων	38
Α. Ξενοδοχείο	38
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	48
Παράρτημα	49

ΣΧΗΜΑΤΑ

Σχήμα 1- 1 : Τυπικές τιμές ΡΗ υγρών	13
Σχήμα 1- 2 : Πρωτοβάθμια επεξεργασία αστικών λυμάτων.....	15
Σχήμα 1- 3: Στάδια επεξεργασίας λυμάτων	19
Σχήμα 2- 1 : Διάγραμμα διεργασιών επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.....	24
Σχήμα 2- 2: Εναλλακτικά σενάρια επιλογής μεθόδου επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.....	28
Σχήμα 2- 3 : Τυπικό διάγραμμα ροής εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων με τη μέθοδο της ενεργούς ιλύος.....	29
Σχήμα 3- 1: Διάταξη μονάδων εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων ξενοδοχείου Β.	39
Σχήμα 3- 2 : Καθίζηση διακεκριμένων σφαιρικών σωματιδίων σε ήρεμο νερό θερμοκρασίας 10 ⁰ C.....	41
Σχήμα 3- 3 : Γραφική παράσταση των στοιχείων της Εφαρμογής 3-2	47
Σχήμα 3- 4: Δεξαμενές καθίζησης οριζόντιας και ανοδικής ροής.	47

ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 1- 1 : Rotifer στο μικροσκόπιο	15
Εικόνα 1- 2 : Τομή δεξαμενής τύπου Imhoff.....	23
Εικόνα 2- 1 :Εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού σε Ψυτάλλεια –Θεσσαλονίκη- Πάτρα.....	27
Εικόνα 2- 2: Κυκλική Δεξαμενή καθίζησης διαμέτρου $D=36$ m και ύψους $H=3,5$ m	33
Εικόνα 2- 3 : Άποψη κυκλικών δεξαμενών καθίζησης	34
Εικόνα 2- 4 : Δεξαμενή αερισμού.....	36
Εικόνα 2- 5 : Δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης.....	37

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1- 1 : Σημαντικότεροι ρυπαντές των αστικών αποβλήτων και λόγοι απομάκρυνσής τους	9
Πίνακας 1- 2 : Περιοχή τιμών και τυπικές τιμές παροχής αστικών λυμάτων ανάλογα με την προέλευσή τους (L/κάτοικο/ ημέρα)	9
Πίνακας 1- 3 : Χαρακτηριστικά και παράμετροι υγρών αποβλήτων	10
Πίνακας 2- 1: Τυπικές διαστάσεις δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης	34
Πίνακας 2- 2: Η καθίζηση ως μέθοδος απομάκρυνσης ρυπαντών.....	35
Πίνακας 3- 1 : Διαστάσεις δεξαμενών καθίζησης ξενοδοχειακής μονάδας	41
Πίνακας 3- 2: Επεξεργασία των πειραματικών στοιχείων.....	46

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Εφαρμογή 3- 1 : Υπολογισμός επιφανειακής ταχύτητας υπερχείλισης και οριζόντια ταχύτητα σε αμμοσυλλέκτη	41
Εφαρμογή 3- 2: Υπολογισμός του ποσοστού αφαίρεσης αιωρούμενων σωματιδίων	45

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τον τελευταίο αιώνα η ανθρωπότητα καλείται όλο και πιο έντονα να έρθει αντιμέτωπη με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκλήθηκαν από την βίαιη επέμβασή της στο φυσικό περιβάλλον. Η αλλαγή του κλίματος από την αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας, η μείωση της [βιοποικιλότητας](#)¹ αλλά και η συνεχής δηλητηρίαση του εδάφους, του νερού και του αέρα είναι μερικά μόνο από τα περιβαλλοντικά προβλήματα που προέκυψαν εξαιτίας της ελλιπούς πρόληψης της ρύπανσης.

Κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα συνοδεύεται από την παραγωγή αποβλήτων, η έκθεση σε πολλά από τα οποία μπορεί να είναι επικίνδυνη για την ανθρώπινη υγεία. Κρίνεται λοιπόν απαραίτητη η επεξεργασία τους πριν από τη διάθεσή τους σε κάποιο αποδέκτη (αέρας, έδαφος, νερό). Τα παραγόμενα απόβλητα είναι ως προς την φύση τους αέρια, υγρά ή στερεά.

Υγρά απόβλητα είναι ύδατα, τα οποία μπορούν να προκύψουν είτε από ανθρώπινες δραστηριότητες όπως τουαλέτα και απόνερα οικιακής χρήσης, είτε από βιομηχανικές δραστηριότητες. Η ποιοτική και ποσοτική σύσταση των υγρών αποβλήτων εξαρτάται από την πηγή προέλευσής τους.

Για την διασφάλιση της ποιότητας των λυμάτων που καταλήγουν στο περιβάλλον, τα λύματα επεξεργάζονται με στόχο την απομάκρυνση μη επιθυμητών σωματιδίων, βαρέων μετάλλων και θρεπτικών ουσιών. Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται διαφέρουν ανάλογα με τον όγκο των λυμάτων.

Πάντα όμως η επεξεργασία των αποβλήτων υπακούει σε οδηγίες και κανονισμούς που έχουν στόχο την εξασφάλιση της ποιότητας των αποβλήτων ώστε να μην δημιουργεί η απόρριψή τους πρόβλημα στο περιβάλλον.

Στο κεφάλαιο 1^ο περιγράφουμε τα γενικά στοιχεία των δεξαμενών

¹ [Βιοποικιλότητα - Βικιπαίδεια](#)

καθίζησης αστικών και βιομηχανικών λυμάτων. Δεν περιγράφεται η μέθοδος καθαρισμού με καθίζηση για ιατρικά απόβλητα.

Το κεφάλαιο 2^ο περιγράφει τη μεθοδολογία σχεδιασμού πρωτοβάθμιας ,δευτεροβάθμιας και τριτοβάθμιας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

Στο κεφάλαιο 3^ο παρατίθενται παραδείγματα σχεδιασμού εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων σε ξενοδοχειακή μονάδα και δύο εφαρμογές α) υπολογισμός επιφανειακής ταχύτητας υπερχειλίσης και οριζόντιας ταχύτητας σε αμμοσυλλέκτη και β) υπολογισμός του ποσοστού αφαίρεσης αιωρούμενων σωματιδίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^Ο

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΕΞΑΜΕΝΩΝ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ ΛΥΜΑΤΩΝ

1.1 Κατηγορίες αποβλήτων

Τα απόβλητα που καταλήγουν στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας διακρίνονται, ανάλογα με την προέλευσή τους, στις ακόλουθες κατηγορίες²:

- i. **Αστικά απόβλητα**, που προέρχονται από οικιακά συγκροτήματα, γραφεία, καταστήματα, σχολεία, ξενοδοχεία κλπ.
- ii. **Απόβλητα βιομηχανιών και βιοτεχνιών**, που διοχετεύονται στο αποχετευτικό σύστημα χωρίς (ή μετά από) μερική επεξεργασία.
- iii. **Επιφανειακά νερά απορροής**, δηλαδή τα νερά της βροχής μαζί με τα προϊόντα έκπλυσης των δρόμων, που καταλήγουν στο αποχετευτικό σύστημα.
- iv. **Νερά διήθησης-εισροής**, που δέχεται το αποχετευτικό σύστημα λόγω της μη απόλυτης στεγανότητάς του (αρμοί αγωγών, σημεία με φθορές) και που προέρχονται από τον υδροφόρο ορίζοντα και τα νερά επιφανειακής απορροής.

² Σ. Κ. ΠΑΝΑΚΟΥΛΙΑ, «Αποκεντρωμένη επεξεργασία υγρών αποβλήτων από ξενοδοχειακές μονάδες στο βόρειο άξονα της Κρήτης». ΧΑΝΙΑ 2009

Ρυπαντές	Λόγοι απομάκρυνσης
Αιωρούμενα στερεά	Δημιουργία αποθέσεως λάσπης και αναερόβιων συνθηκών
Βιοαποδομήσιμες οργανικές ουσίες	Μείωση του διαλυμένου οξυγόνου και δημιουργία σμηπτικών συνθηκών
Παθογόνοι Μικροοργανισμοί	Εξάπλωση ασθενειών
Θρεπτικά συστατικά	Ανάπτυξη ανεπιθύμητων οργανισμών για τον υδάτινο φορέα
Βαρέα μέταλλα	Σε μεγάλες συγκεντρώσεις επιφέρουν θάνατο κάποιων οργανισμών λόγω τοξικότητας
Διαλυμένα ανόργανα συστατικά	Απαραίτητη η απομάκρυνσή τους όταν τα επεξεργασμένα λύματα προορίζονται για επαναχρησιμοποίηση

Πίνακας 1- 1 : Σημαντικότεροι ρυπαντές των αστικών αποβλήτων και λόγοι απομάκρυνσής τους

Προέλευση	Περιοχή τιμών	Τυπική τιμή
Κατοικία	110-230	170
Ξενοδοχείο		
Πελάτης	150-230	190
Εργαζόμενος	30-50	38
Εστιατόριο	30-38	34
Σχολείο	19-64	42
Κατασκήνωση	130-190	170

Πίνακας 1- 2 : Περιοχή τιμών και τυπικές τιμές παροχής αστικών λυμάτων ανάλογα με την προέλευσή τους (L/κάτοικο/ ημέρα)

1.2 Παράμετροι και χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων³

Τα υγρά απόβλητα μπορούν να χαρακτηριστούν από τη φυσική, χημική και βιολογική τους σύσταση.

Κατηγορία	Παράμετρος
Φυσικά	Θερμοκρασία
	Οσμή
	Χρώμα
	Πυκνότητα
	Ολική περιεκτικότητα σε στερεά συστατικά
Χημικά	Πρωτεΐνες
	Υδατάνθρακες
	Οργανικά συστατικά (N και P)
	Λίπη και έλαια
	Βαρέα μέταλλα
	Ιχνοστοιχεία
	Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο 5 ημερών (BOD5)
	Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)
	Ολικός Οργανικός άνθρακας
Βιολογικά	Κολοβακτηρίδια
	Πρωτόζωα
	Βακτήρια
	Ιοί
	Μύκητες

Πίνακας 1- 3 : Χαρακτηριστικά και παράμετροι υγρών αποβλήτων

³ Πτυχιακή εργασία Α. Θ. Λέκκα «Επεξεργασία υγρών αποβλήτων, Περιγραφή και λειτουργία μονάδας επεξεργασίας λυμάτων Ιωαννίνων». Ηράκλειο 2013

1.2.1 Φυσικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων

Τα φυσικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων συμπεριλαμβάνουν την ολική περιεκτικότητα σε στερεά συστατικά, την οσμή, τη θερμοκρασία, την πυκνότητα, το χρώμα και τη θολερότητα

- **Θερμοκρασία**

Η θερμοκρασία ανάλογα με την γεωγραφική θέση και μόνο κατά μέσο όρο κυμαίνεται στους 10-21 °C. Είναι υψηλότερη από την θερμοκρασία του πόσιμου νερού. Η θερμοκρασία επιδρά σημαντικά στις χημικές και βιοχημικές αντιδράσεις, στην υδρόβια ζωή και στην καταλληλότητα του νερού για διάφορες χρήσεις γι' αυτό και ο προσδιορισμός της στα υγρά απόβλητα είναι σημαντικός. Αυξανόμενη θερμοκρασία μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση του διαλυμένου οξυγόνου, ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, επηρεάζοντας τους οργανισμούς που ζουν στους υδάτινους αποδέκτες.

- **Οσμή**

Οι οσμές στα αστικά απόβλητα προκύπτουν συνήθως από εκλυόμενα αέρια στην αποσύνθεση οργανικών ουσιών ή ουσιών που προστίθενται στο απόβλητο. Η οσμή μπορεί να μετρηθεί με οργανοληπτικές μεθόδους ή με ενόργανη ανάλυση.

- **Χρώμα**

Το χρώμα συνδέεται με το χρόνο παραγωγής των υγρών αποβλήτων. Τα φρέσκα απόβλητα εμφανίζουν καφέ-γκρίζο χρώμα που μεταβάλλεται σταδιακά σε σκούρο γκρι και τέλος σε μαύρο όσο παραμένουν στο δίκτυο λόγω της δημιουργίας αναερόβιων συνθηκών. Στην τελευταία περίπτωση το απόβλητο χαρακτηρίζεται σαν σηπτικό.

- **Πυκνότητα**

Η πυκνότητα των αστικών λυμάτων που δεν περιέχουν σημαντικές ποσότητες βιομηχανικών αποβλήτων είναι ίδια με αυτή του νερού στην ίδια θερμοκρασία.

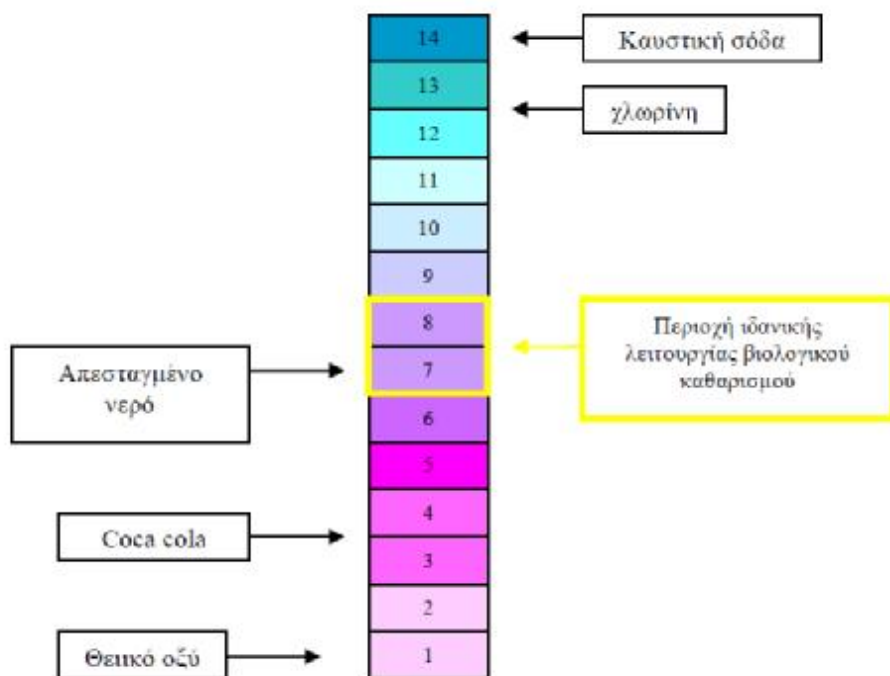
- **Στερεά συστατικά**

Ολική περιεκτικότητα σε στερεά συστατικά υγρών αποβλήτων ονομάζεται το στερεό υλικό που απομένει μετά από εξάτμιση σε 103-105 °C. Τα ολικά στερεά (Total Solids - TS) κατηγοριοποιούνται αρχικά σε διηθήσιμα (Filterable Solids-FS) και αιωρούμενα (Suspended Solids - SS) στερεά. Για τη διήθηση των ολικών στερεών χρησιμοποιούνται διηθητικές μεμβράνες από οργανικά πολυμερή ή γυάλινες ίνες. Η μάζα των στερεών αφυδατωμένων συστατικών που παραμένουν στο φίλτρο μετά εξάτμιση του νερού διαφοροποιούνται σε ολικά διηθήσιμα (TDS) ,δηλαδή μάζα του υπολείμματος που απομένει, και ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS).

1.2.2 Χημικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων⁴

- **PH**

Η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου είναι ίσως η πιο σημαντική παράμετρος της ποιότητας του αποβλήτου. Η διατήρηση επιθυμητών τιμών του PH είναι καθοριστικής σημασίας τόσο για τους μικροοργανισμούς της μονάδας επεξεργασίας όσο και των οργανισμών του αποδέκτη του επεξεργασμένου απόβλητου.



Σχήμα 1- 1 : Τυπικές τιμές PH υγρών

⁴ Σ. Βαλλιανάτου , με θέμα «Εφαρμογή του CLEAN αλγορίθμου σε συνδυασμό με την παραγοντική ανάλυση για τη μελέτη χρονοσειρών παραμέτρων βιολογικού καθαρισμού βιομηχανίας». Πάτρα 2011

Λίπη και έλαια

- Η παρουσία λιπών και ελαίων προκαλεί πολλά προβλήματα στην επεξεργασία του αποβλήτου .Η λιποσυλλογή μπορεί να πραγματοποιηθεί πριν ή και ταυτόχρονα με την αμμοσυλλογή . Συνήθως χρησιμοποιείται η μέθοδος της επίπλευσης επειδή τα λίπη έχουν την ικανότητα να επιπλέουν στην επιφάνεια των υγρών απ' όπου απομακρύνονται συνήθως με ξέστρα επιφανείας ή με αναρρόφηση.

- Θρεπτικά συστατικά (άζωτο-φώσφορο)

- Μέταλλα

Η παρουσία μετάλλων είναι καθοριστικής σημασίας εξαιτίας της τοξικότητας που παρουσιάζουν.

- Οργανικές ενώσεις

Η μέτρηση του οργανικού φορτίου γίνεται μέσω του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου (**BOD**) ή για χάριν ευκολίας της μέτρησης μέσω του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (**COD**).

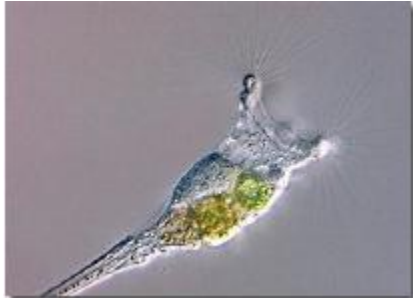
- Αγωγιμότητα

Το απόβλητο χαρακτηρίζεται από υψηλή αγωγιμότητα.

1.2.3 Μικροβιολογικά χαρακτηριστικά

- Μικροοργανισμοί ενεργού ιλύος

- 1.Βακτήρια
- 2.Μύκητες
- 3.Αλγη
- 4.Πρωτόζωα
- 5.Rotifers

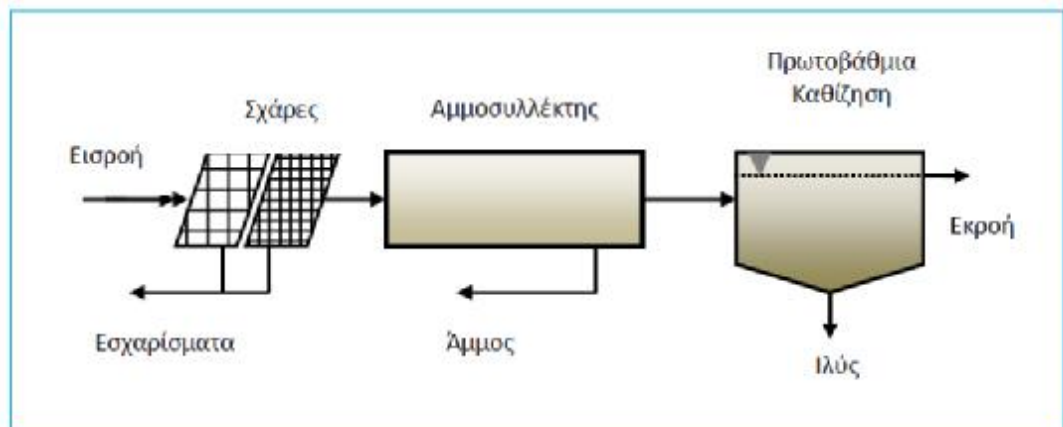


Εικόνα 1- 1 : Rotifer στο μικροσκόπιο

- **Παθογόνοι μικροοργανισμοί και ιοί**

Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί και ιοί που εμφανίζονται στο απόβλητο δεν προέρχονται από την παραγωγική διαδικασία αλλά από τα απόβλητα των ανθρώπων. Σε αυτούς συγκαταλέγονται τα κολοβακτηρίδια ,οι εντερόκοκκοι και οι εντεροοιοί .

1.3 Στάδια και διεργασίες επεξεργασίας λυμάτων



Σχήμα 1- 2 : Πρωτοβάθμια επεξεργασία αστικών λυμάτων

1.3.1 Προεπεξεργασία

Σκοπός της επεξεργασίας είναι η προστασία των επόμενων κύριων διαδικασιών επεξεργασίας καθώς και η βελτιστοποίηση της απόδοσής τους.

Στην προεπεξεργασία χρησιμοποιούνται οι παρακάτω μέθοδοι:

- i. **Εσχάρωση** : απομάκρυνση των ογκωδών αντικειμένων με χρήση σχαρών
- ii. **Άλεση**: θρυμματισμός των ογκωδών αντικειμένων σε πολύ μικρού μεγέθους στερεά
- iii. **Εξάμμωση**: απομάκρυνση κόκκων άμμου και άλλων σωματιδίων διαμέτρου μεγαλύτερης από 200 μ
- iv. **Λιποσυλλογή**: απομάκρυνση ελαίου και λιπών
- v. **Εξισορρόπηση παροχής**: εξασφάλιση ομοιόμορφης φόρτισης των επόμενων μονάδων επεξεργασίας

Τα στερεά παραπροϊόντα της προεπεξεργασίας διατίθενται με μεθόδους διάθεσης στερεών απορριμμάτων, ενώ τα λίπη και τα έλαια, όταν δεν μπορούν να ανακυκλωθούν, καίγονται σε ειδικούς κλιβάνους.

1.3.2 Πρωτοβάθμια επεξεργασία

Σκοπός της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας είναι η απομάκρυνση των στερεών από τα λύματα. Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία ως πρωτοβάθμια επεξεργασία κρίνεται αυτή που επιτυγχάνει την καθίζηση των αιωρούμενων στερεών κατά τουλάχιστον 50% της ποσότητας των εισερχόμενων λυμάτων και την τιμή του BOD κατά τουλάχιστον 20%. Στόχος είναι η απομάκρυνση των στερεών αλλά και των κολλοειδών στερεών. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στο στάδιο αυτό είναι:

- i. **Καθίζηση - Επίπλευση**: απομάκρυνση των αιωρούμενων οργανικών και ανόργανων στερεών μεγέθους 0,1 - 0,001 mm

ii. **Χημική επεξεργασία και καθίζηση:** απομάκρυνση των αιωρούμενων και κολλοειδών στερεών που δεν απομακρύνονται με απλή καθίζηση. Πραγματοποιείται με προσθήκη χημικών ουσιών στα λύματα για τη δημιουργία συσσωμάτων τα οποία απομακρύνονται με καθίζηση.

Απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών

Τα λύματα που έχουν υποστεί προεπεξεργασία, έχουν απαλλαγεί από την πλειοψηφία των μεγάλων σε μέγεθος στερεών και των επιπλεόντων. Παρόλα αυτά, υπάρχουν στη μάζα τους οργανικά και ανόργανα σωματίδια, μεγέθους 0,1-0,001mm σε αιώρηση τα οποία μπορούν να απομακρυνθούν με καθίζηση. Η απομάκρυνση των σωματιδίων αυτών πριν τη βιολογική επεξεργασία, επιφέρει μείωση του BOD κατά 25 - 40% και των αιωρούμενων στερεών κατά 50 - 70%. Η μείωση αυτή προορίζεται για τις επόμενες μονάδες βιολογικής επεξεργασίας ή τον τελικό αποδέκτη, εφόσον η επεξεργασία που γίνεται είναι μόνο πρωτοβάθμια.

1.3.3 Δευτεροβάθμια επεξεργασία

Σκοπός της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας είναι η απομάκρυνση του οργανικού φορτίου των λυμάτων με βιολογικές διεργασίες στις οποίες χρησιμοποιούνται μικροοργανισμοί που καταναλώνουν τις οργανικές ουσίες. Στη συνέχεια οι μικροοργανισμοί απομακρύνονται από τα απόβλητα με καθίζηση ή κάποια άλλη διαδικασία. Στη φάση αυτή έχουμε απομάκρυνση του οργανικού φορτίου 80-85%.

Η βιολογική επεξεργασία μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους που χωρίζονται σε δύο γενικές κατηγορίες ανάλογα με το αν οι μικροοργανισμοί βρίσκονται σε αιώρηση μέσα στα λύματα (ενεργός ιλύς, λίμνες) ή προσκολλημένοι σε κάποια επιφάνεια (βιολογικά φίλτρα, βιολογικοί δίσκοι).

i. **Σύστημα ενεργού ιλύος:** περιλαμβάνει αερισμό για την οξείδωση των οργανικών ουσιών και καθίζηση για την απομάκρυνση των μικροοργανισμών

ii. **Λίμνες:** οι μικροοργανισμοί καταναλώνουν τις οργανικές ουσίες κάτω από αερόβιες ή αναερόβιες συνθήκες. Το οξυγόνο προστίθεται είτε με διατάξεις αερισμού είτε μέσα από τη φυσική διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Η απομάκρυνση των μικροοργανισμών γίνεται με καθίζηση είτε στις ίδιες τις λίμνες είτε σε ξεχωριστές μονάδες καθίζησης και απομάκρυνσης.

iii. **Βιολογικά φίλτρα - Βιολογικοί δίσκοι:** το βιολογικό φίλτρο περιλαμβάνει κλίνη με διηθητικό μέσο πάνω στην επιφάνεια του οποίου προσκολλώνται οι μικροοργανισμοί καταναλώνοντας τις οργανικές ουσίες των λυμάτων που ρέουν μέσα στο φίλτρο χρησιμοποιώντας οξυγόνο από την ατμόσφαιρα και δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης για την απομάκρυνση των μικροοργανισμών που αποκολλώνται από την επιφάνεια του διηθητικού μέσου και παρασύρονται από τα λύματα. Οι βιολογικοί δίσκοι λειτουργούν με ανάλογο τρόπο, όπου οι μικροοργανισμοί βρίσκονται προσκολλημένοι πάνω σε επίπεδες επιφάνειες (δίσκους) που περιστρέφονται μέσα στη μάζα των αποβλήτων σε ειδικές δεξαμενές.

1.3.4 Τριτοβάθμια επεξεργασία

Σκοπός της τριτοβάθμιας επεξεργασίας είναι η απομάκρυνση ορισμένων ρυπαντικών ουσιών, κυρίως αζώτου και φωσφόρου, που δεν απομακρύνονται στα προηγούμενα στάδια επεξεργασίας. Η απομάκρυνση αυτή αποσκοπεί στην προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος από ορισμένες ουσίες ή στην προετοιμασία των επεξεργασμένων λυμάτων για επαναχρησιμοποίηση.

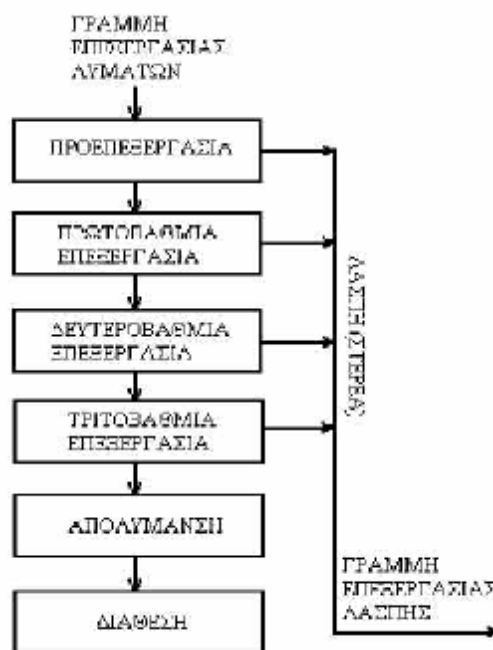
Στην τριτοβάθμια επεξεργασία περιλαμβάνονται φυσικές, χημικές και βιολογικές διαδικασίες.

Στις φυσικές περιλαμβάνονται οι:

- i. **Εκρρόφηση:** απομάκρυνση αμμωνίας
- ii. **Διήθηση:** απομάκρυνση των TS (Total Solids)
- iii. **Ηλεκτροδιάλυση:** απομάκρυνση νιτρικών ,αλάτων
- iv. **Αντίστροφη όσμωση:** απομάκρυνση αλάτων

Στις χημικές περιλαμβάνονται οι:

- i. **Ιονανταλλαγή:** απομάκρυνση των νιτρικών και της αμμωνίας
- ii. **Χημική επεξεργασία - καθίζηση:** απομάκρυνση φωσφόρου
- iii. **Ενεργός άνθρακας:** απομάκρυνση διαλυμένων οργανικών ουσιών, χλωρίου και βαρέων μετάλλων



Σχήμα 1- 3: Στάδια επεξεργασίας λυμάτων

1.4 Αρχή λειτουργίας - Είδη καθίζησης

Η απομάκρυνση λόγω καθίζησης βασίζεται στη διαφορά πυκνότητας μεταξύ των σωματιδίων και του υγρού, που οδηγεί στην κατακάθιση των αιωρούμενων στερεών. Ανάλογα με τη φύση των στερεών που βρίσκονται σε αιώρηση διακρίνουμε τρία είδη καθίζησης.

1.4.1 Καθίζηση τύπου I ή αλλιώς καθίζηση διακεκριμένων σωματιδίων η οποία παρατηρείται σε περιπτώσεις μικρών συγκεντρώσεων σωματιδίων, τα οποία καθιζάνουν ως διακεκριμένες οντότητες, δηλαδή χωρίς να σχηματίζουν συσσωματώματα ή άλλου τύπου ενότητες με άλλα σωματίδια, διατηρώντας αναλλοίωτες τις φυσικές τους ιδιότητες κατά τη διεργασία. Παράδειγμα καθίζησης τύπου I είναι η καθίζηση άμμου στους αμμοσυλλέκτες.

1.4.2 Καθίζηση τύπου II αντιστοιχεί σε καθίζηση μικρών συνήθως συγκεντρώσεων αιωρούμενου υλικού το οποίο θρομβώνεται καθώς καθιζάνει και ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η πρωτοβάθμια καθίζηση αστικών λυμάτων.

1.4.3 Καθίζηση τύπου III είναι γνωστή ως παρεμποδιζόμενη καθίζηση ή αλλιώς καθίζηση κατά ζώνης όπου τα σωματίδια δημιουργούν ένα πλέγμα που καθιζάνει ενιαία, δημιουργώντας μια διεπιφάνεια στην υγρή φάση. Παράδειγμα καθίζησης τύπου III είναι η δευτεροβάθμια καθίζηση για διαχωρισμό των αιωρούμενων στερεών μικτού υγρού και παραλαβή διαυγασμένης δευτεροβάθμιας εκροής.

1.4.4 Καθίζηση τύπου IV γνωστή και ως συμπύκνωση και λαμβάνει χώρα σε περιπτώσεις πολύ μεγάλων συγκεντρώσεων αιωρούμενου υλικού όπου τα σωματίδια βρίσκονται σε επαφή μεταξύ τους. Στην περίπτωση αυτή για να επιτευχθεί μείωση του όγκου του στρώματος της ιλύος θα πρέπει να γίνει συμπύκνωση της μάζας του αιωρούμενου υλικού ή να προκληθεί απελευθέρωση εγκλωβισμένου νερού και έξοδος του από το στρώμα ιλύος. Παράδειγμα καθίζησης τύπου IV είναι η πάχυνση της ιλύος.

Η τυπική πρωτοβάθμια καθίζηση των αστικών λυμάτων αντιστοιχεί στη δίοδο των προεπεξεργασμένων λυμάτων δια μέσου μιας δεξαμενής, όπου επικρατούν συνθήκες σχετικής ηρεμίας και επιτυγχάνεται διαχωρισμός με καθίζηση και επίπλευση, καθιζανόντων στερεών και επιπλέοντος υλικού.

Η απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών λαμβάνει χώρα σε δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης (ΔΠΚ). Οι ΔΠΚ είναι ορθογώνιες, κυκλικές ή σπανιότερα τετράγωνες. Στις μικρές εγκαταστάσεις συναντώνται δεξαμενές Imhoff και σηπτικές δεξαμενές

A. Δεξαμενή Πρωτοβάθμιας Καθίζησης (ΔΠΚ)

Η δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης αποτελεί την πρώτη βασική μονάδα καθαρισμού ύστερα από την προεπεξεργασία στις προηγούμενες εγκαταστάσεις. Η αρχή λειτουργίας βασίζεται στη σημαντική ελάττωση της ταχύτητας ροής των λυμάτων με αποτέλεσμα τα μεγαλύτερα και βαρύτερα αιωρούμενα σωματίδια να

καθιζάνουν στον πυθμένα.

Οι δεξαμενές καθίζησης είναι είτε ορθογώνιες με οριζόντια ροή των υγρών κατά μήκος της μεγάλης πλευράς, είτε κυκλικές με ακτινωτή ροή των λυμάτων από το κέντρο στην περιφέρεια, είτε τέλος κωνικές με λοξή ροή των λυμάτων από την κορυφή προς τα πάνω και έξω.

Εφόσον η δεξαμενή μελετηθεί σωστά και λειτουργεί κανονικά, επιτυγχάνεται απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών (40-70%) και μείωση του BOD (25-40%) ανάλογα με το χρόνο συγκράτησης.

Η λάσπη που καθιζάνει στον πυθμένα έχει σημαντικό οργανικό φορτίο και γι' αυτό πρέπει να απομακρύνεται συνεχώς με μηχανική αλυσίδα ή ξέστρα διότι αν παραμείνει, μετά από διάστημα μερικών ωρών, θα αρχίσει η αναερόβια αποδόμηση και η δημιουργία σοβαρών δυσοσμιών.

Παράμετροι σχεδιασμού δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης

Οι κύριες παράμετροι υπολογισμού των διαστάσεων των ΔΠΚ είναι:

1. Ο χρόνος παραμονής
2. Η επιφανειακή φόρτιση
3. Η ταχύτητα ροής στον πυθμένα των ΔΠΚ
4. Η απομάκρυνση των SS και του BOD

Οι ΔΠΚ που περιγράφηκαν χρησιμοποιούνται κυρίως στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας των αστικών αποβλήτων όπου οι παροχές των λυμάτων είναι μεγάλες σε σχέση με τις παροχές των λυμάτων στις μικρές εγκαταστάσεις επεξεργασίας των λυμάτων των ξενοδοχείων. Στις μικρές εγκαταστάσεις, όπου εξυπηρετείται μικρότερος πληθυσμός, χρησιμοποιούνται κυρίως σηπτικές δεξαμενές.

B. Δεξαμενή καθίζησης Imhoff

Χρήση και μορφή

Η δεξαμενή **Imhoff** χρησιμοποιείται για μεγαλύτερες ιδιωτικές εγκαταστάσεις όπου η μέση ημερήσια παροχή είναι μεγαλύτερη από 35 m³/ημέρα, και η τελική απορροή μπορεί να διατεθεί τόσο στο υπέδαφος όσο και σε επιφανειακές εγκαταστάσεις, διότι διατηρείται νωπή και άσηπτη.

Η δεξαμενή Imhoff αποτελείται από δύο επάλληλα διαμερίσματα, το θάλαμο καθίζησης και το θάλαμο χώνευσης, που επικοινωνούν με στενή σχισμή ώστε να περνούν κάτω τα ιζήματα, χωρίς να επηρεάζονται τα διερχόμενα λύματα από τις ανερχόμενες φυσαλίδες με μικρά τεμάχια σηπόμενης λάσπης, που οδηγούνται σε αεραγωγούς. Τα λύματα λοιπόν εξέρχονται από την δεξαμενή έπειτα από 2 έως 6 ώρες καθίζησης, χωρίς σηπτική επιβάρυνση και σχετικά διαυγή και άοσμα.

Η οριζόντια επιφάνεια των αεραγωγών είναι κατά προτίμηση 25% της συνολικής επιφάνειας της δεξαμενής.

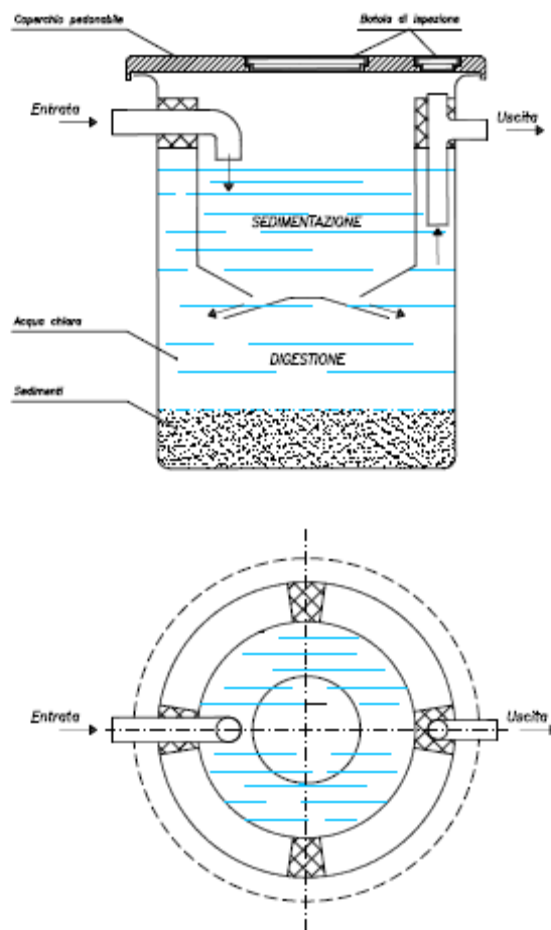
Χωρητικότητα

Για τον υπολογισμό του θαλάμου καθίζησης λαμβάνεται υπόψη η μέση ημερήσια παροχή των λυμάτων και ο χρόνος καθίζησης ο οποίος λαμβάνεται ίσος με 2 έως 3 ώρες για μεγάλες δεξαμενές (εξυπηρέτηση πάνω από 500 άτομα) ενώ για μικρές ίσος με 5 έως 6 ώρες.

Η χωρητικότητα του θαλάμου χώνευσης μετράται 0,40 m κάτω από τη σχισμή και υπολογίζεται 100 L/άτομο.

Θέση δεξαμενής Imhoff

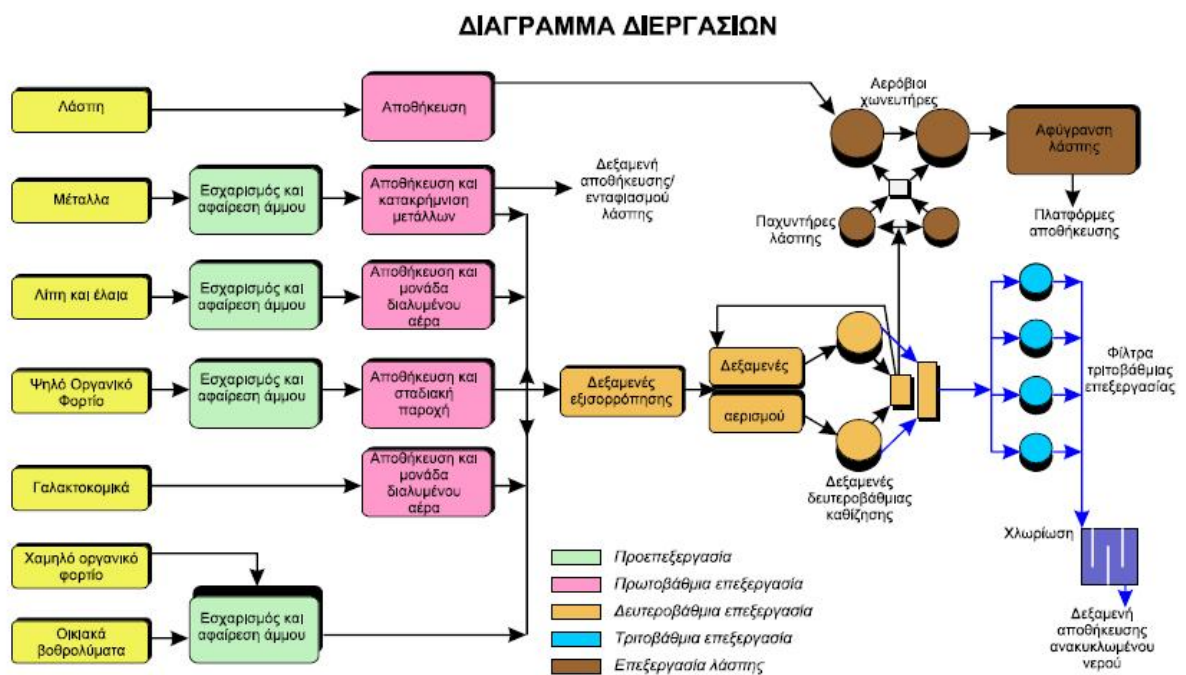
Η θέση της δεξαμενής Imhoff συνιστάται να βρίσκεται μακριά από οποιαδήποτε πηγή ύδρευσης με ελάχιστη απόσταση ασφαλείας ίση με 15 m και απόσταση 1 m από τα θεμέλια του κτηρίου.



Εικόνα 1- 2 : Τομή δεξαμενής τύπου Imhoff

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

Σχεδιασμός εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων



Σχήμα 2- 1 : Διάγραμμα διεργασιών επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

Για το σχεδιασμό των εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

1. Εκτιμούνται οι ποσότητες των υγρών αποβλήτων: Λαμβάνεται υπόψη το αποχετευτικό δίκτυο (χωριστικό ή παντοροϊκό). Υπολογίζονται οι καταναλώσεις νερού, οι απώλειες, οι εισροές και οι διηθήσεις. Υπολογίζεται η παροχή ξηρής περιόδου, η παροχή υγρής περιόδου, η μέση ημερήσια, η μέγιστη ημερήσια, η παροχή

αιχμής ή μέγιστη ωριαία.

2. Προσδιορίζονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων: Το βιοδιασπάσιμο οργανικό φορτίο, το ολικό οργανικό φορτίο, τα αιωρούμενα στερεά, το άζωτο, ο φώσφορος και διάφοροι άλλοι ρυπαντές.
3. Εκτιμάται ο χρόνος ζωής των έργων.
4. Προσδιορίζονται οι προδιαγραφές (ορίζονται από τη νομοθεσία) που πρέπει να πληρούν τα απόβλητα, μετά την επεξεργασία, προκειμένου να διατεθούν σε έναν συγκεκριμένο αποδέκτη ή να επαναχρησιμοποιηθούν σε διάφορες εφαρμογές, π.χ. για άρδευση.
5. Εξετάζονται όλες οι πιθανές εναλλακτικές λύσεις που μπορούν να ικανοποιήσουν τις απαιτούμενες προδιαγραφές.
6. Λαμβάνονται υπόψη οι τοπικές συνθήκες, όπως το κλίμα, οι εδαφολογικές συνθήκες, η θέση του αποχετευτικού συστήματος κ.λ.π.
7. Πραγματοποιείται τεχνικοοικονομική ανάλυση που περιλαμβάνει:
 - Καθορισμό των κριτηρίων σχεδιασμού των διαφόρων μονάδων επεξεργασίας.
 - Διαστασιολόγηση των διαφόρων μονάδων έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η επιθυμητή απόδοση με το χαμηλότερο κόστος.
 - Ανάλυση κόστους των εναλλακτικών λύσεων, που περιλαμβάνει τον υπολογισμό του κόστους κατασκευής και του κόστους λειτουργίας και συντήρησης. Με βάση την ανάλυση αυτή επιλέγεται η οικονομικότερη λύση για κατασκευή.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Ο σχεδιασμός μιας Εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων περιλαμβάνει συνήθως τους ακόλουθους σχεδιασμούς

1. Υπολογισμοί διαστασιολόγησης των μονάδων.
2. Υδραυλικοί υπολογισμοί – διαστασιολόγησης των αγωγών της Εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων .
3. Ηλεκτρομηχανικοί υπολογισμοί – Επιλογή και διαστασιολόγηση του εξοπλισμού.
4. Στατικοί υπολογισμοί των μονάδων της Εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων.

Μια διαδικασία σχεδιασμού μιας Εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων που μπορεί να εφαρμοστεί είναι η ακόλουθη:

- 1) Ο σχεδιασμός αρχίζει έχοντας διαθέσιμα (α) έναν κατάλογο των μονάδων που θα αποτελούν την Εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων (με τα απαραίτητα κριτήρια σχεδιασμού για κάθε μονάδα) και (β) μια γενική κάτοψη του οικοπέδου και των χαρακτηριστικών του εδάφους που θα εγκατασταθεί η Εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων.
- 2) Με τα στοιχεία αυτά, πραγματοποιούνται οι αρχικοί υπολογισμοί με τους οποίους γίνεται εκτίμηση στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των μονάδων (όγκοι, επιφάνειες κ.α.) και στις διαστάσεις των κτιρίων της Εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων. Στη συνέχεια σχεδιάζονται σκαριφήματα των μονάδων και των κτιρίων, τα οποία δίνονται στον αρμόδιο μηχανικό για την εκτέλεση των στατικών υπολογισμών.
- 3) Με βάση τις αρχικές διαστάσεις των μονάδων και των κτιρίων εξετάζονται διάφορες εναλλακτικές γενικές διατάξεις, από τις οποίες επιλέγουμε την βέλτιστη, χωρίς να έχουμε αποφασίσει για τις επιμέρους λεπτομέρειες.
- 4) Με βάση τη επιλεγείσα γενική διάταξη πραγματοποιούνται οι υδραυλικοί υπολογισμοί και αποφασίζονται έτσι τα υψόμετρα και οι στάθμες των λυμάτων στις διάφορες μονάδες, που δίνουν την δυνατότητα να γίνει οριστικοποίηση με τους υπολογισμούς διαστασιολόγησης.
- 5) Παράλληλα με τη γενική διάταξη και τους υδραυλικούς υπολογισμούς διαμορφώνετε σε αρχική μορφή το διάγραμμα των σωληνώσεων και οργάνων

που αποτελεί το κύριο σημείο επικοινωνίας με τον μηχανολόγο και ηλεκτρολόγο μηχανικό.

- 6) Ο μηχανολόγος και ηλεκτρολόγος μηχανικός εκτελούν τους υπολογισμούς και επιλέγουν τον κατάλληλο εξοπλισμό, συμπεριλαμβανομένων των αυτοματισμών και του ελέγχου της Εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων.
- 7) Με την εκτέλεση των Ηλεκτρολογικών, των μηχανολογικών υπολογισμών και των στατικών υπολογισμών παρέχονται οι τελικές πληροφορίες για τον καθορισμό των οριστικών χαρακτηριστικών των κτιρίων και των μονάδων της Εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων οπότε μπορεί να γίνει και η οριστική σχεδίαση των μονάδων και των κτιρίων της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων.
- 8) Οριστικοποιείται η γενική διάταξη των έργων με τα έργα διαμόρφωσης του χώρου και περίφραξης, το σχεδιασμό των δικτύων υποδομής και των υπολοίπων έργων.
- 9) Με βάση τα οριστικά σχέδια των μονάδων, τον επιλεγέντα ηλεκτρολογικό και μηχανολογικό εξοπλισμό και τα άλλα έργα γίνεται ο προϋπολογισμός του έργου.

Σύγχρονα δίκτυα αποχέτευσης άρχισαν να κατασκευάζονται στην Ευρώπη πριν από 100 - 120 περίπου χρόνια. Γύρο στα 1930 ξεκίνησε στην Ευρώπη η κατασκευή των πρώτων Εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων. Σήμερα έχουν κατασκευαστεί σύγχρονες Εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων σε όλες σχεδόν τις πόλεις της Ελλάδας, οι οποίες περιλαμβάνουν πολλά στάδια επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και κάθε στάδιο επεξεργασίας περιλαμβάνει περισσότερες από μια διεργασίες.

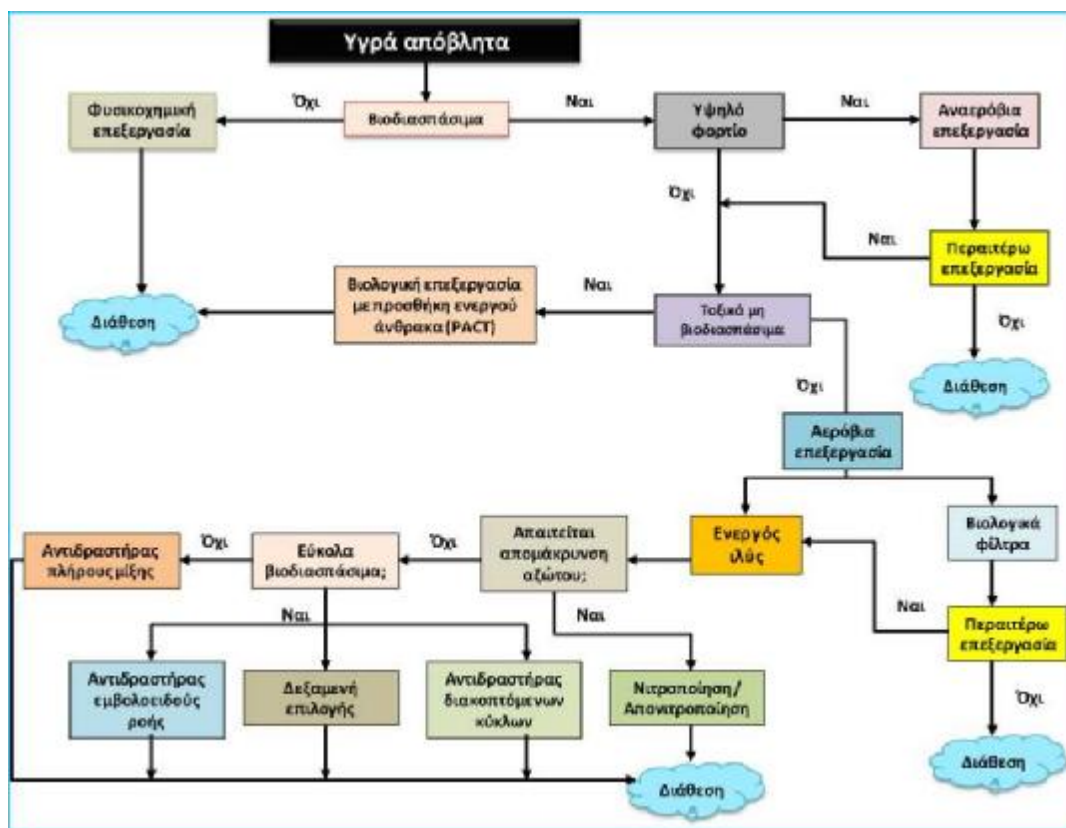


Εικόνα 2- 1 :Εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού σε [Ψυτάλλεια](#) –Θεσσαλονίκη-Πάτρα

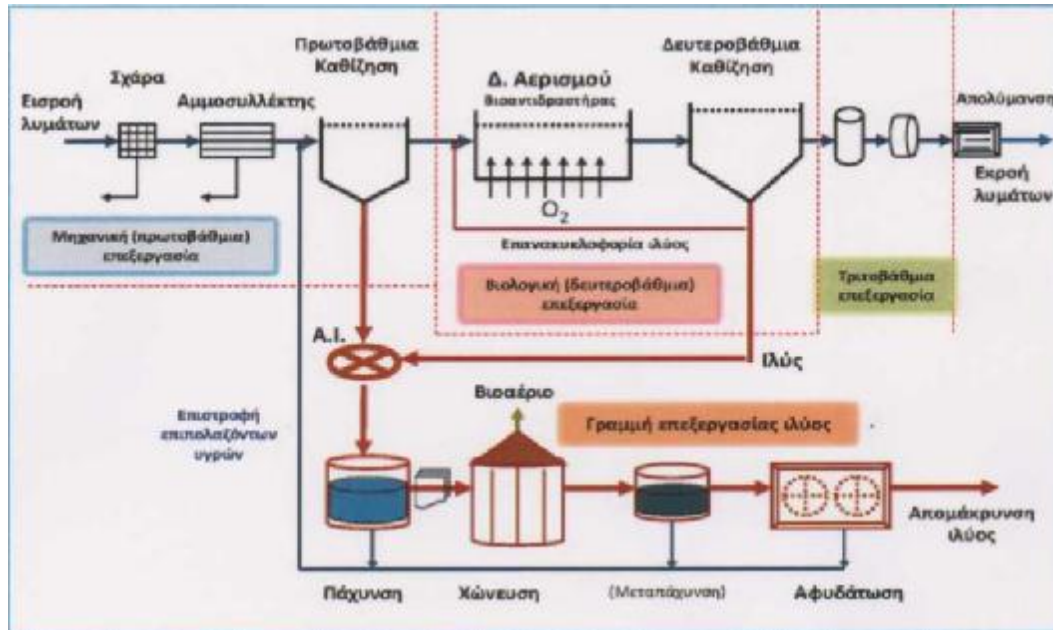
Στις μεγάλες Εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων οι διάφορες διεργασίες γίνονται σε ξεχωριστούς χώρους (δεξαμενές). Στις μικρότερες εγκαταστάσεις

κατασκευάζονται όσο το δυνατόν λιγότερες δεξαμενές. Αντίστοιχα έχουν αναπτυχθεί ξεχωριστές τεχνολογίες για την κατασκευή:

- 1) μικρών εγκαταστάσεων, (για μικρούς οικισμούς)
- 2) μεσαίων εγκαταστάσεων, (για χωριά)
- 3) μεγάλων εγκαταστάσεων, (για μικρές πόλεις)
- 4) πολύ μεγάλων εγκαταστάσεων (για μεγάλες πόλεις)



Σχήμα 2- 2: Εναλλακτικά σενάρια επιλογής μεθόδου επεξεργασίας υγρών αποβλήτων



Σχήμα 2- 3 : Τυπικό διάγραμμα ροής εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων με τη μέθοδο της ενεργούς ούλος

Με την καθίζηση επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός από τα λύματα των ουσιών που καθιζάνουν και αυτών που επιπλέουν. Πρόκειται για μια φυσική διεργασία διαχωρισμού των αιωρούμενων σωματιδίων, το ειδικό βάρος των οποίων είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο του νερού. Για σωματίδια με μέσο μέγεθος μεγαλύτερο από 100 μm και συγκέντρωση μεγαλύτερη από 50 mg/L , η καθίζηση είναι η κατ' εξοχήν εφαρμοζόμενη μέθοδος διαχωρισμού. Στηρίζεται στο φαινόμενο της βαρύτητας και εφαρμόζεται για την απομάκρυνση διαφόρων στερεών που καθιζάνουν.

Η καθίζηση εφαρμόζεται:⁵

- για την απομάκρυνση της άμμου στους αμμοσυλλέκτες.
- για την απομάκρυνση των TSS (ολικά αιωρούμενα στερεά)-Πρωτοβάθμια καθίζηση.
- για την απομάκρυνση των βιολογικών κροκίδων μετά από βιολογική επεξεργασία -Δευτεροβάθμια καθίζηση.
- για την απομάκρυνση των χημικών κροκίδων (μετά από χημική κροκίδωση),
- για την πάχυνση (πύκνωση) των στερεών στους παχυντές ιλύος.

Η ευρεία χρήση της καθίζησης οφείλεται στην απλότητα της μεθόδου, παρά τις περιπλοκές που παρουσιάζουν πολλές φορές διάφορες δεξαμενές καθίζησης, και στη μικρή κατανάλωση ενέργειας. Τα σωματίδια καθιζάνουν με βαρύτητα και η ταχύτητα καθίζησης σε ηρεμία εξαρτάται από το μέγεθος, το ειδικό βάρος και το σχήμα των σωματιδίων καθώς και την κινηματική συνεκτικότητα του ρευστού, η οποία είναι συνάρτηση και της θερμοκρασίας.

Σε κάθε δεξαμενή καθίζησης κατασκευάζεται προσαγωγός αγωγός ή διάταξη εισόδου με στόχο την ομοιόμορφη κατανομή της παροχής και ομαλή χωρίς στροβιλισμούς ροή. Η είσοδος (1) των υγρών στη δεξαμενή καθίζησης γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μειώνονται οι αναταράξεις / αναδεύσεις και να επιτυγχάνεται η καθίζηση. Αυτό επιτυγχάνεται με τις διατάξεις ηρεμίας. Η έξοδος των διαυγασάντων αποβλήτων γίνεται με ειδική διάταξη (υπερχειλιστή) για ομοιόμορφη απομάκρυνση των εξερχόμενων σε όλη την περιφέρεια ή σε όλη τη διάταξη εξόδου. Σε κάθε δεξαμενή καθίζησης υπάρχει το ξέστρο ιλύος και ο κώνος συγκέντρωσης ιλύος . Η ιλύς που

⁵ Ευθύμιος Νταρακάς « Επεξεργασία υγρών αποβλήτων-Τεχνική Περιβάλλοντος »

καθίζάνει απομακρύνεται προς τον κώνο συγκέντρωσης με τη βοήθεια του ξέστρου. Το ξέστρο κινείται με μικρή ταχύτητα για αποφυγή επαναιώρησης της ιλύος. Υπάρχουν ακόμα τα συστήματα συλλογής και απομάκρυνσης των επιπλεόντων .

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την καθίζηση, δηλαδή την απόδοση των δεξαμενών, είναι η μεταβολή της πυκνότητας του νερού (συγκέντρωση αλάτων, θολότητα, θερμοκρασία), οι διατάξεις ηρεμίας κατά την εισροή του νερού, οι άνεμοι, και οι μηχανισμοί απομάκρυνσης της ιλύος.

A. Δεξαμενή πρωτοβάθμιας επεξεργασίας

Η απόδοση της πρωτοβάθμιας καθίζησης στην επεξεργασία των λυμάτων έχει ως εξής:

- Μείωση TSS (Ολικά αιωρούμενα στερεά) κατά 40 - 50 %.
- Μείωση οργανικού φορτίου ως BOD κατά 25 - 30 %.

Σημειώνεται ότι ο βαθμός απόδοσης των δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης καθορίζεται από τη μέθοδο επεξεργασίας που θα εφαρμοστεί περαιτέρω. Όταν εφαρμόζεται μόνο μηχανική επεξεργασία, η καθίζηση θέτει αυστηρά όρια και έτσι στην εκροή από τις δεξαμενές, δεν επιτρέπεται μεγαλύτερη περιεκτικότητα από 0.3 cm³/L σε καθιζάνουσα ιλύ. Στην περίπτωση της βιολογικής επεξεργασίας με τη μέθοδο της αιωρούμενης βιομάζας , οι απαιτήσεις στο βαθμό απόδοσης των δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης είναι σχετικά μικρές. Πολλές φορές αρκεί μόνο η απομάκρυνση των πλέον μεγάλων σωματιδίων. Αντίθετα οι απαιτήσεις στην εκροή από τις δεξαμενές τελικής καθίζησης οι οποίες τοποθετούνται μετά τη βιολογική και χημική επεξεργασία για να συγκρατήσουν τους βιολογικούς και χημικούς θρόμβους είναι πολύ αυστηρές.

Η ιλύς που προκύπτει από τις δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης (συνήθως 45

gr/κατ/ημ.) περιέχει κυρίως ανόργανες ουσίες, δηλαδή πολλά αδρανή υλικά όπως άμμο, χόμα κλπ. Πρόκειται για ιλύ η οποία αφυδατώνεται σχετικά εύκολα. Η περιεκτικότητά της σε στερεά είναι συνήθως 2,5 - 3,0 %. Με δεδομένο ότι τα λύματα στο στάδιο του μηχανικού καθαρισμού δεν έχουν ακόμα υποστεί βιολογική επεξεργασία, η ιλύς της πρωτοβάθμιας καθίζησης περιέχει και πολύ μεγάλο ποσοστό οργανικών ουσιών. Γι αυτό το λόγο απαιτείται οπωσδήποτε σταθεροποίηση πριν την τελική της διάθεση.

Υπολογισμοί δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης (ΔΠΚ).

Η παροχή υπολογισμού $Q_h = 5811 \text{ m}^3/\text{hr}$

Η επιτρεπόμενη φόρτιση για $Q_h, C_s = 1.5 \text{ m/hr}$

Αρα η απαιτούμενη επιφάνεια είναι:

$$C_s = \frac{Q_h}{S} \Leftrightarrow S_0 = \frac{Q_h}{C_s} = \frac{5811}{1.5} = 3874 \text{ m}^2$$

Ο απαιτούμενος όγκος V για πλευρικό βάθος υγρών (H=3,5 m) θα είναι ίσος:

$$V = S * H = 3811 * 3.5 = 13559 \text{ m}^3$$

Ο ελάχιστος χρόνος συγκρατήσεως για συνθήκες $Q_h, t_{\text{min}} = 2.5 \text{ hr}$

$$t = \frac{V}{Q_h} = \frac{13559}{5811} = 2.33 \text{ hr} < 2.5 \text{ hr} \text{ δε μας καλύπτει.}$$

Για $t = 2.5 \text{ hr}$ $V = 2.5 * 5811 = 14527.5 \text{ m}^3/\text{hr}$

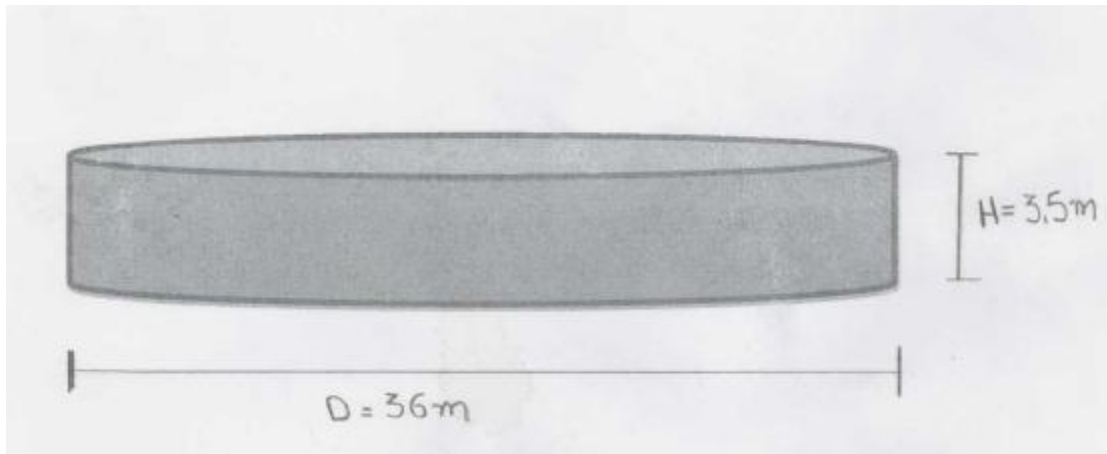
$$S_{\text{ελαχ.}} = \frac{V}{H} = \frac{14527.5}{3.5} = 4150.71 \text{ m}^2$$

Η ελάχιστη ακτίνα της δεξαμενής θα είναι ίση :

$$R^2 = \frac{S}{\pi} = \frac{4150.71}{3.141} = 321.21 \Leftrightarrow$$

$$R_{\text{min}} = \sqrt{321.21} = 36.34 \text{ m} \ \& \ D_{\text{min}} = 72.69 \text{ m}$$

Η απαιτούνται τέσσερις δεξαμενές διαμέτρου 36 m κάθε μία με επιφάνεια $S = 1017.36 \text{ m}^2$ και με $V = 3560 \text{ m}^3$



Εικόνα 2- 2: Κυκλική Δεξαμενή καθίζησης διαμέτρου $D = 36 \text{ m}$ και ύψους $H = 3,5 \text{ m}$

Οπότε:

$$S = 4070 \text{ m}^2, H = 3.5 \text{ m}, V = \frac{14240}{5811} \approx 2.5 \text{ hr}$$

Μήκος κάθε υπερχειλιστή $L = 0.9 \text{ m}$

Πλήθος υπερχειλιστών κάθε δεξαμενής $NL = \pi \cdot D / 1.5 = 76$ τεμάχια.

Συνολικό πλήθος υπερχειλιστών $NL = 304$

Συνολικό μήκος υπερχειλίσεως $L = NL \cdot L = 304 \cdot 0.9 = 273.6 \text{ m}$

Η μέγιστη ταχύτητα ροής θα είναι :

$$U = \frac{Q}{L} = \frac{3471.25}{273.6}$$

Μέγιστη υδραυλική φόρτιση για Q_h :

$$C_s = \frac{Q_h}{S} = \frac{5811}{4069.44} = 1.43 \text{ m/hr}$$



Εικόνα 2- 3 : Αποψη κυκλικών δεξαμενών καθίζησης

	Εύρος τιμών	Τυπική τιμή
Ορθογωνικές δεξαμενές		
Βάθος	3 - 5 m	4,3 m
Μήκος	15 - 90 m	24 - 40 m
Πλάτος	3 - 24 m	5 - 10 m
Ταχύτητα ξέστρων	0,6 - 1,2 m/min	0,9 m/min
Κυκλικές δεξαμενές		
Βάθος	3 - 5 m	4,3 m
Διάμετρος	3 - 60 m	12 - 45 m
Κλίση πυθμένα	1/16 - 1/6	1/12
Ταχύτητα ξέστρων	0,02 - 0,05 r/min	0.03 r/min

Πίνακας 2- 1: Τυπικές διαστάσεις δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης

Κακή:0-20%.Μέτρια:20-60%,Καλή :60-90%,Αριστη:90-100%

Ρυπαντής	Κροκίδωση και καθίζηση	Πρωτοβάθμια καθίζηση	Βιολογική επεξεργασία και καθίζηση	Προσθήκη χημικών στην εισροή, βιολογική επεξεργασία και καθίζηση
Λιωρούμενη οργανική ύλη	ΚΑΛΗ - ΑΡΙΣΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ - ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ - ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΛΗ - ΑΡΙΣΤΗ
Διαλυμένη οργανική ύλη	ΚΑΚΗ - ΜΕΤΡΙΑ	-	ΚΑΚΗ	ΚΑΚΗ
Αμμωνιακό άζωτο	-	-	-	-
Ανόργανο άζωτο	-	-	-	-
Φώσφορος	ΚΑΛΗ - ΑΡΙΣΤΗ	-	-	ΚΑΛΗ - ΑΡΙΣΤΗ
Σουλφίδια	-	-	-	-
Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC)	-	-	-	-
Ημιπτητικές οργανικές ενώσεις (SOC)	ΚΑΚΗ - ΜΕΤΡΙΑ	-	-	-
Φυτοφάρμακα	-	-	-	-
Βαριά μέταλλα	ΚΑΛΗ - ΑΡΙΣΤΗ ΚΑΚΗ	ΚΑΚΗ - ΜΕΤΡΙΑ ΚΑΚΗ	ΚΑΛΗ - ΑΡΙΣΤΗ ΚΑΚΗ	ΚΑΛΗ - ΑΡΙΣΤΗ ΚΑΚΗ
Παθογόνοι Μικροοργανισμοί				

Πίνακας 2- 2: Η καθίζηση ως μέθοδος απομάκρυνσης ρυπαντών

B. Δεξαμενή δευτεροβάθμιας επεξεργασίας

Σκοπός της δευτεροβάθμιας ή βιολογικής επεξεργασίας είναι να επιτυγχάνει τον διαχωρισμό της παραγόμενης βιολογικής ιλύος από τα επεξεργασμένα υγρά, τα οποία απαλλαγμένα από τα αιωρούμενα στερεά οδηγούνται προς την τριτοβάθμια επεξεργασία και τη τελική τους διάθεση. Αυτό επιτυγχάνεται κατά την ανάμειξη των αποβλήτων με το μικτό υγρό στο οποίο βρίσκονται βακτηρίδια και μικροοργανισμοί. Το μικτό υγρό αερίζεται με μηχανικά μέσα για να παρασχεθεί στους μικροοργανισμούς οξυγόνο ώστε να οξειδώσουν τις οργανικές ουσίες. Στις δεξαμενές αυτές το ανάμικτο υγρό παραμένει τον απαιτούμενο χρόνο, ούτως ώστε η λάσπη να καθιζάνει, ενώ το διαυγές υγρό διαχωρίζεται και υπερχειλίζει.



Εικόνα 2- 4 : Δεξαμενή αερισμού

Μετά την δεξαμενές αερισμού το μικτό υγρό υπερχειλίζει σε δύο δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης όπου οι μικροοργανισμοί (λάσπη) κατακάθονται και επιστρέφουν στο σύστημα για να συνεχίσουν την επεξεργασία. Η περίσσια λάσπη αντλείται σε δύο παράλληλους πυκνωτές λάσπης όπου συμπυκνώνεται .Από τους πυκνωτές η λάσπη αντλείται σε αερόβιους χωνευτήρες που είναι σχεδιασμένοι για να έχει χρόνο παραμονής 20 ημέρες ώστε να σταθεροποιηθεί.



Εικόνα 2- 5 : Δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης

Γ. Δεξαμενή τριτοβάθμιας(τελικής) επεξεργασίας

Για την περαιτέρω απομάκρυνση των ρυπογόνων συστατικών των δευτεροβάθμια επεξεργασμένων λυμάτων και ιδιαίτερα του φωσφόρου (για την μελλοντική περίπτωση επανακαθορισμού ορίου $TP < 2\text{mg/l}$), σχεδιάζεται σύστημα τριτοβάθμιας επεξεργασίας, κατάντη της βιολογικής βαθμίδας και περιλαμβάνει προσθήκη κροκιδωτικού και διύλιση.

Η μονάδα τριτοβάθμιας επεξεργασίας θα μπορεί να παρακαμφθεί, έτσι ώστε όταν οι συνθήκες το επιβάλλουν η εκροή της βιολογικής βαθμίδας να οδηγείται απευθείας προς απολύμανση. Για το λόγο αυτό τοποθετούνται δύο χυτοσιδηρές βάνες, τύπου σύρτου, μια για την παράκαμψη της μονάδας φίλτρανσης και μια στην είσοδο της μονάδας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Εφαρμογές σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων

Α. Ξενοδοχείο ⁶

Το υπό μελέτη ξενοδοχείο είναι μια τουριστική μονάδα Γ κατηγορίας. Η απόσταση του ξενοδοχείου από την ακτή υπολογίστηκε περί τα 800 μέτρα. Διαθέτει 59 δωμάτια με λουτρό με 119 κλίνες. Το ξενοδοχείο λειτουργεί μόνο κατά τη θερινή περίοδο. Η πληρότητά του κυμαίνεται μεταξύ 80-90 %. Στον εξωτερικό χώρο υπάρχει πισίνα και γκαζόν.

Επεξεργασία λυμάτων

Το ξενοδοχείο διαθέτει μονάδα επεξεργασίας λυμάτων η οποία βρισκόταν σε λειτουργία. Ο σχεδιασμός και η κατασκευή της μονάδας έγινε από την εταιρία ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ Ο.Ε. Δεν προβλέπεται αναβάθμιση της μονάδας μιας και μπορεί η ήδη υπάρχουσα να καλύψει ένα εύρος ατόμων 135,150. Σε περίπτωση επέκτασης του ξενοδοχείου θα γίνει αναβάθμιση της μονάδας ώστε να επεξεργάζεται λύματα που προέρχονται μέχρι και από 250 άτομα.

Το ξενοδοχείο πριν την δημιουργία της υπάρχουσας μονάδας, διαθέτει τρεις στεγανούς βόθρους. Οι δεξαμενές αυτές χρησιμοποιήθηκαν στη νέα μονάδα.

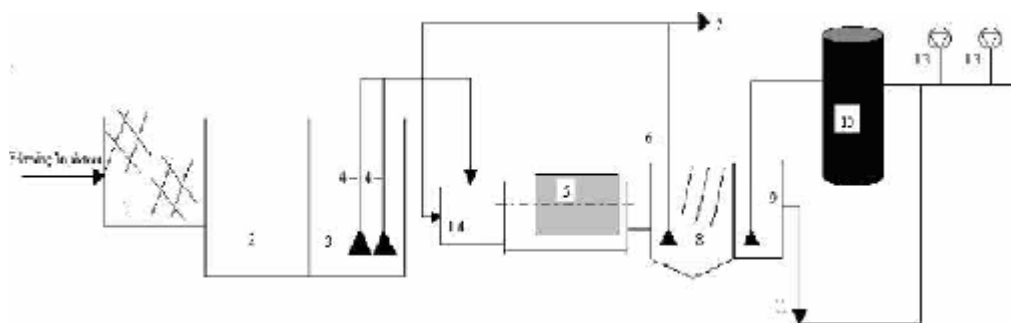
⁶ Σ. Κ. ΠΑΝΑΚΟΥΛΙΑ, «Αποκεντρωμένη επεξεργασία υγρών αποβλήτων από ξενοδοχειακές μονάδες στο βόρειο άξονα της Κρήτης». ΧΑΝΙΑ 2009

Επιλογή μονάδας επεξεργασίας λυμάτων

Όπως και στο ξενοδοχείο Α, η μονάδα που επιλέχθηκε για τη βιολογική επεξεργασία των λυμάτων στο ξενοδοχείο Β, χρησιμοποιεί τη μέθοδο των βιοδίσκων (BIO-TURN). Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου, καθώς και η αρχή λειτουργίας των βιοδίσκων.

Περιγραφή της μονάδας επεξεργασίας

Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται η διάταξη των μονάδων της εγκατάστασης.



Σχήμα 3- 1: Διάταξη μονάδων εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων ξενοδοχείου Β.

Πιο αναλυτικά, το παραπάνω σχήμα περιγράφει μια εγκατάσταση που αποτελείται από τις ακόλουθες μονάδες:

1. Εσχαρισμός
2. Δεξαμενή συγκέντρωσης
3. Δεξαμενή εξισορρόπησης
4. Αντλίες με φτερωτή VORTEX 0.75 HP
5. Βιολογικοί δίσκοι
6. Αντλία ανακυκλοφορίας ιλύος
7. Έξοδος πλεονάζουσας λάσπης προς δεξαμενή
8. Δεξαμενή καθίζησης
9. Αντλία προς το φίλτρο
10. Φίλτρο χαλικιών
11. Έξοδος επεξεργασμένων προς αποδέκτη

12. *Έξοδος προς αποδέκτη από υπάρχουσα δεξαμενή*
 13. *Δοσομετρικές αντλίες χλωρίου*
 14. *Δοχείο εισόδου βιολογικών δίσκων*
- Η μέγιστη απορροφούμενη ισχύς είναι 3 watt/M.I.Π. Οι αντλίες εργάζονται χρονικά.
 - Η δεξαμενή λάσπης είναι παραπλεύρως της δεξαμενής εξισορρόπησης.

Τα βιοτύμπανα είναι κατασκευασμένα από ανοξείδωτο υλικό σε όλα τα σημεία επαφής με τα λύματα.

Η ενδεικτική παροχή των λυμάτων είναι 1000 gal/ημέρα αλλά το μέγεθος εξαρτάται από τις Μονάδες Ισοδύναμου Πληθυσμού.

Προεπεξεργασία

Στο στάδιο της προεπεξεργασίας αποτελείται από εσχάρωση. Οι σχάρες είναι τοποθετημένες σε τετραγωνική δεξαμενή μήκους 0,5 m.

Πρωτοβάθμια επεξεργασία

Το στάδιο της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας αποτελούν οι δεξαμενές συγκέντρωσης και εξισορρόπησης. Οι δεξαμενές αυτές προϋπήρχαν της εγκατάστασης επεξεργασίας και χρησιμοποιήθηκαν με τον τρόπο αυτό από το μελετητή. Η εξισορρόπηση της παροχής είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται για την αναβάθμιση παλαιότερων εγκαταστάσεων επεξεργασίας. Στη δεξαμενή σταθεροποίησης συγκεντρώνεται η περίσσεια λάσπης του συστήματος για να σταθεροποιηθεί περαιτέρω και ακίνδυνη πια να απομακρυνθεί.

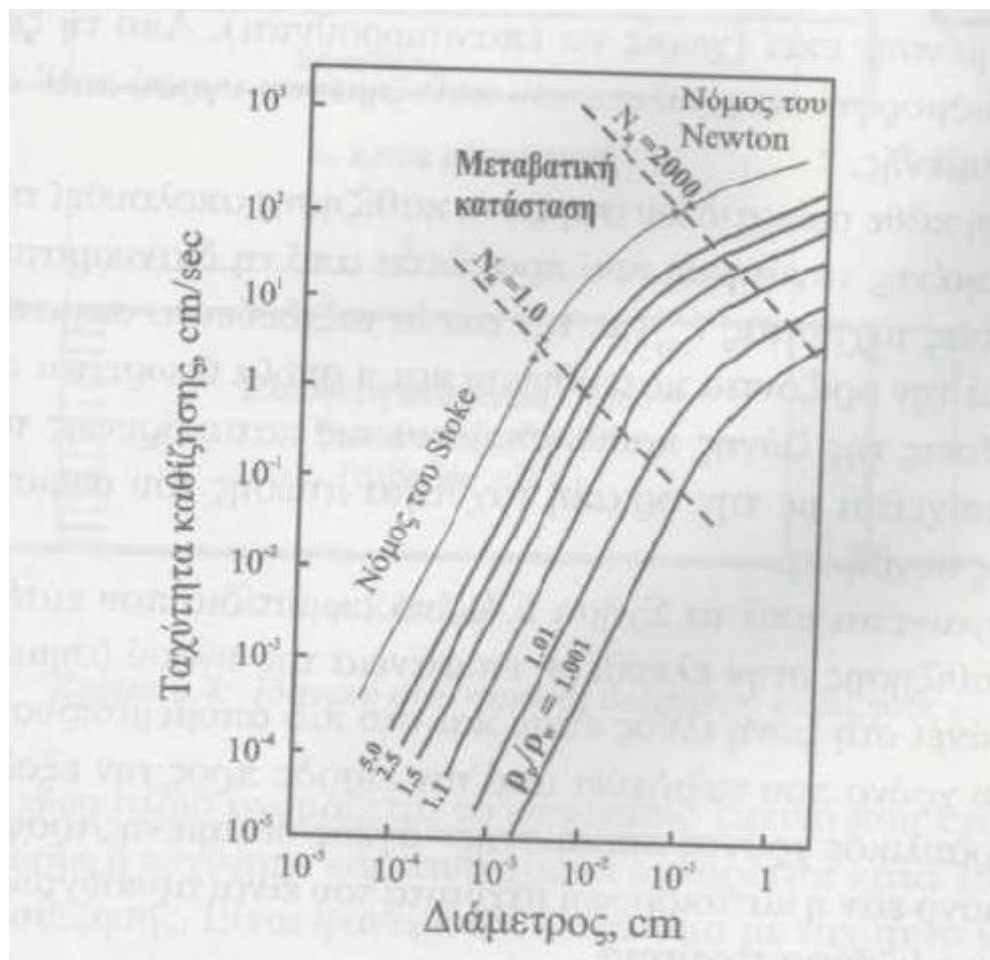
Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι διαστάσεις των δεξαμενών.

Διαστάσεις	Δεξαμενή συγκέντρωσης	Δεξαμενή εξισορρόπησης	Δεξαμενή λάσπης
Μήκος	1,5	1	1
Πλάτος	2	1	1
Ύψος	2	2	2

Πίνακας 3- 1 : Διαστάσεις δεξαμενών καθίζησης ξενοδοχειακής μονάδας

Εφαρμογή 3- 1 : Υπολογισμός επιφανειακής ταχύτητας υπερχειλίσης και οριζόντια ταχύτητα σε αμμοσυλλέκτη

Να υπολογισθεί η επιφανειακή ταχύτητα υπερχειλίσης και η οριζόντια ταχύτητα σε έναν αμμοσυλλέκτη ώστε να αφαιρείται άμμος μεγέθους μεγαλύτερου από 0,2 mm. Η άμμος που επιδιώκουμε να αφαιρέσουμε έχει σχετικό ειδικό βάρος 2,65 και τα αιωρούμενα στερεά που δεν αντιστοιχούν σε άμμο θεωρείται ότι έχουν σχετικό ειδικό βάρος ίσο με 1,15. Οι υπολογισμοί να γίνουν για θερμοκρασία λυμάτων ίση με 20ο C όπου η πυκνότητα της υγρής φάσης λαμβάνονται ίση με $998,2 \text{ kg/m}^3$ και το δυναμικό ιξώδες ίσο με $1,002 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{s/m}^2$.



Σχήμα 3- 2 : Καθίζηση διακεκρμένων σφαιρικών σωματιδίων σε ήρεμο νερό θερμοκρασίας 10⁰C.

Λύση

Όπως φαίνεται στο **σχήμα 3-2** σφαιρικά τεμαχίδια άμμου (σχετικό ειδικό βάρος 2,65) διαμέτρου 0,2 mm καθιζάνουν υπό καθεστώς μεταβατικών συνθηκών. Επίσης από το ίδιο σχήμα εκτιμάται τιμή για τον αριθμό N_R πλησιέστερα προς το 1,0 και όχι προς την περιοχή της τιμής 2000. Ξεκινάμε λοιπόν για τον υπολογισμό της οριακής ταχύτητας καθίζησης των τεμαχιδίων άμμου δεχόμενοι μία προσεγγιστική τιμή για τον αριθμό Reynolds ίση με 10 (σημειώνεται ότι θα μπορούσαμε να ξεκινήσουμε τους υπολογισμούς και με οποιαδήποτε άλλη τιμή για τον αριθμό Reynolds αλλά τότε θα απαιτείτο μεγαλύτερος αριθμός βημάτων για αποδεκτή σύγκλιση των υπολογιζόμενων τιμών).

Βήμα 1

Με βάση την τιμή $N_R = 10$ υπολογίζουμε την ταχύτητα και το συντελεστή οπισθέλκουσας. Στη συνέχεια από την τιμή που βρίσκουμε για το συντελεστή οπισθέλκουσας υπολογίζουμε την ταχύτητα και τη συγκρίνουμε με την τιμή που ήδη έχει υπολογισθεί με βάση τον αριθμό Reynolds που έχουμε επιλέξει (τιμή 10)

$$10 = \frac{v_s (m/s) \times 10^{-3} (m) \times 998,2 (kg/m^3)}{1,002 \times 10^{-3} (N \cdot m/s)} = v_s (m/s) \times 199,24 (m/s)$$

$$v_s = 0,0502 \text{ m/s}$$

$$\text{Και } C_D = \frac{24}{10} + \frac{3}{\sqrt{10}} + 0,34 = 3,69$$

Και υπολογίζεται η ταχύτητα

$$v_{s1} = \sqrt{\frac{\frac{4}{3} \times 9,81 (m/s^2) \times [(2650/998,2) - 1] \times 0,2 \times 10^{-3} (m)}{C_D}}$$

$$= \sqrt{\frac{4,329 \times 10^{-3}}{0,88}} (m/s) = 0,0343 (m/s)$$

Επειδή η τιμή $v_s = 0,0502$ m/s διαφέρει σημαντικά από την τιμή $v_{s1} = 0,0343$ m/s δοκιμάζουμε εκ νέου λαμβάνοντας ως βάση για τους υπολογισμούς την τιμή $v_{s1} = 0,0343$ m/s.

Βήμα 2

με $v_{s1} = 0,0343$ m/s υπολογίζονται:

$$N^R = 6,83 \quad C^D = 5,00 \quad v^{S2} = 0,0294 \text{ (m/s)}$$

Βήμα 3

με $v^{S2} = 0,0294 \text{ m/s}$ υπολογίζονται:

$$N^R = 5,86 \quad C^D = 5,68 \quad v^{S3} = 0,0276 \text{ (m/s)}$$

Βήμα 4

με $v^{S3} = 0,0276 \text{ m/s}$ υπολογίζονται:

$$N^R = 5,50 \quad C^D = 5,98 \quad v^{S3} = 0,0269 \text{ (m/s)}$$

Βήμα 5

με $v^{S4} = 0,0269 \text{ m/s}$ υπολογίζονται:

$$N^R = 5,36 \quad C^D = 6,12 \quad v^{S3} = 0,0266 \text{ (m/s)}$$

Βήμα 6

με $v^{S5} = 0,0266 \text{ m/s}$ υπολογίζονται:

$$N^R = 5,30 \quad C^D = 6,17 \quad v^{S3} = 0,0265 \text{ (m/s)}$$

Βήμα 7

με $v^{S6} = 0,0265 \text{ m/s}$ υπολογίζονται:

$$N^R = 5,28 \quad C^D = 6,19 \quad v^{S3} = 0,0264 \text{ (m/s)}$$

Βήμα 8

με $v^{S7} = 0,0264 \text{ m/s}$ υπολογίζονται:

$$N^R = 5,26 \quad C^D = 6,21 \quad v^{S3} = 0,0264 \text{ (m/s)}$$

Παρατηρούμε ότι επιτυγχάνεται σύγκλιση στα βήματα 7 και 8 με τιμή οριακής ταχύτητας καθίζησης ίση με 0.0264 m/s. Έτσι η επιφανειακή ταχύτητα υπερχειλίσης υπολογίζεται ίση με:

$$0,0264(\text{m/s})24 \times 60 \times 60 \text{ (s/d)} \left(\frac{\text{m}^2}{\text{m}^2} \right) = 2280 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \cdot d \right)$$

Με βάση τη σχέση $v_s = \sqrt{\left[\frac{8kgd}{f} \left(\frac{r_s - r}{r} \right) \right]}$ υπολογίζουμε την ταχύτητα συμπαρασυρμού τεμαχιδίων άμμου διαστάσεων 0,2mm (οι τιμές των συντελεστών k και f της παραπάνω σχέσης λαμβάνονται ίσοι με 0,05 και 0,02 αντίστοιχα).

$$\begin{aligned} (v_s)_{\text{άμμου}} &= \sqrt{\left[\frac{8kgd}{f} \left(\frac{r_{\text{άμμου}} - r_{\text{weroó}}}{r_{\text{weroó}}} \right) \right]} = \\ &= \sqrt{\left[\frac{8 \times 0,05 \times 9,81 \times 0,2 \times 10^{-3}}{0,02} \left(\frac{2650 - 998,2}{998,2} \right) \right]} = 0,255 \text{ (m/s)} \end{aligned}$$

Η ταχύτητα συμπαρασυρμού για αιωρούμενο υλικό που έχει μέγεθος 0,2mm και σχετικό βάρος 1,15 υπολογίζεται ίση με 0,077m/s.

Το μέγεθος των σωματιδίων αιωρούμενου υλικού που συμπαρασύρεται στην ταχύτητα συμπαρασυρμού τεμαχίων άμμου μεγέθους 0,2 mm προκύπτει από την παρακάτω σχέση:

$$= \sqrt{\left[\frac{8 \times 0,05 \times 9,81 \text{ (m/s)} \times d \text{ (mm)} \times 10^{-3}}{0,02} \left(\frac{1150 - 998,2}{998,2} \right) \right]} = 0,255 \text{ (m/s)}$$

Και είναι $d=2,2 \text{ mm}$

Έτσι ο αμμοσυλλέκτης σχεδιάζεται με επιφανειακή ταχύτητα υπερχειλίσης $2280 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \cdot d$ ($= 95 \text{ m/h} = 0,0264 \text{ m/s} = 2,64 \text{ cm/s}$) και οριζόντια ταχύτητα ροής των λυμάτων μικρότερη από 0,255m/s(=25,5 cm/s) αλλά μεγαλύτερη από 0,077 m/s(=7,7 cm/s). Η επιφανειακή αυτή ταχύτητα υπερχειλίσης εξασφαλίζει 100% αφαίρεση

σωματιδίων που έχουν διάμετρο 0,2 mm και μεγαλύτερη. Επίσης η περιοχή τιμών

Βάθος (H),m	Χρόνος (t),s	Ταχύτητα Καθίζησης ($v^t = H/t$),m/min	Αιωρούμενα στερεά σε χρόνο t (ΑΣ) ^t με ταχύτητα καθίζησης μικρότερη από ή ίση με v^t ,mg/L	Λόγος (ΑΣ) ^t / (ΑΣ) ⁰
-------------	--------------	---	---	--

(7,7 έως 25,5 cm/s)για την οριζόντια ταχύτητα ροής των λυμάτων δια μέσου του αμμοσυλλέκτη δεν επιτρέπει το συμπαρασυρμό τεμαχίων άμμου που έχουν διάμετρο 0,2 mm και μεγαλύτερη αλλά παράλληλα επιτυγχάνει το συμπαρασυρμό αιωρούμενου υλικού που δεν είναι άμμος και έχει μέγεθος μικρότερο από 2,2 mm. Η άμμος που διαχωρίζεται στον πυθμένα του αμμοσυλλέκτη είναι τόσο πιο καθαρή όσο η οριζόντια ταχύτητα των λυμάτων είναι πιο κοντά στην τιμή 25,5 cm/s.

Εφαρμογή 3- 2: Υπολογισμός του ποσοστού αφαίρεσης αιωρούμενων σωματιδίων

Ένα αιώρημα αποτελείται από διακεκριμένα σωματίδια τα οποία ακολουθούν καθίζηση τύπου I . Έγινε πειραματική μελέτη των χαρακτηριστικών καθίζησης με τη βοήθεια τυποποιημένης στήλης καθίζησης(βάθος δειγματολήπτη 1 m κάτω από την ελεύθερη επιφάνεια) και βρέθηκαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

Χρόνος δειγματοληψίας (s)	0	20	40	100	200	250	400
Αιωρούμενα στερεά (mg/L)	200	110	92	70	42	22	6

Ζητούνται:

Η % αφαίρεση που επιτυγχάνεται από μία ορθογωνική δεξαμενή καθίζησης όπου η ροή είναι οριζόντια εάν η επιφανειακή ταχύτητα υπερχείλισης είναι $168 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$.

Η % αφαίρεση από μία κυκλική δεξαμενή ανοδικής ροής που τροφοδοτείται με επιφανειακή ταχύτητα υπερχείλισης $168 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$.

Λύση

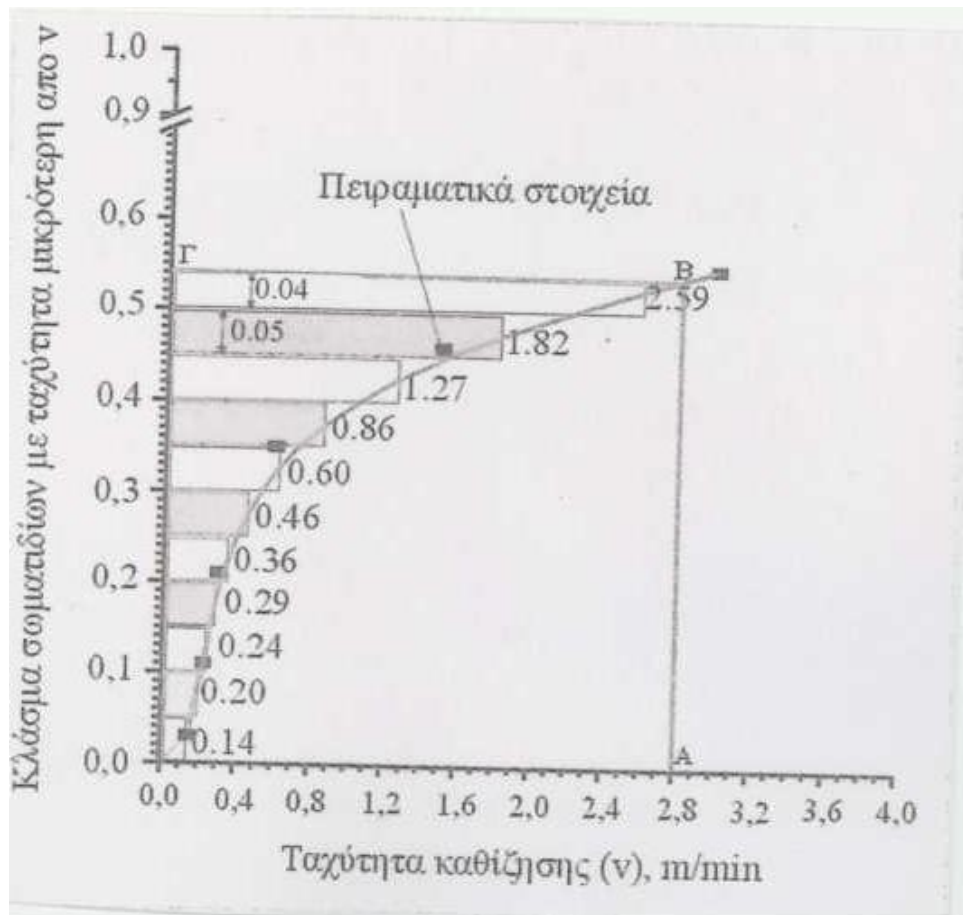
Με βάση τα πειραματικά στοιχεία υπολογίζονται οι τιμές των στηλών 3, και 5 του Πίνακα 3-2. Από τις τιμές των στηλών 3 και 5 του Πίνακα 3-2 κατασκευάζεται το διάγραμμα του Σχήματος 3-2.

1	2	3	4	5
1	20	3,00	110	0,55
1	40	1,50	92	0,46
1	100	0,60	70	0,35
1	200	0,30	42	0,21
1	250	0,24	22	0,11
1	400	0,15	6	0,03

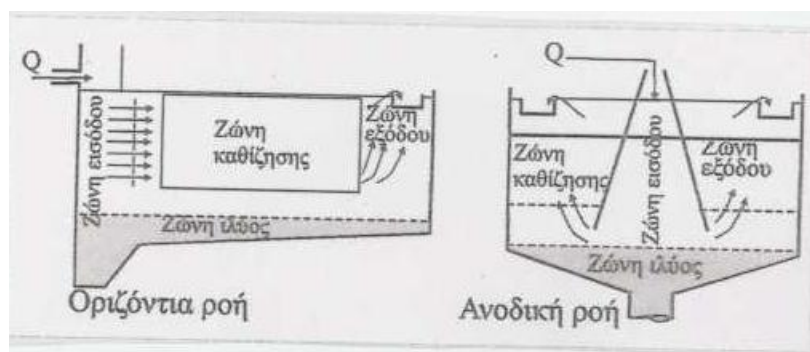
Πίνακας 3- 2: Επεξεργασία των πειραματικών στοιχείων.

Η επιφανειακή ταχύτητα υπερχειλίσης $168 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ αντιστοιχεί σε ταχύτητα κρίσιμου σωματιδίου $2,8 \text{ m/min}$. Τα σωματίδια λοιπόν που έχουν οριακή ταχύτητα καθίζησης $2,8 \text{ m/min}$ ή μεγαλύτερη αφαιρούνται κατά 100% τόσο όταν πρόκειται για οριζόντια ροή του αιωρήματος σε ορθογωνική δεξαμενή όσο και όταν πρόκειται για οριζόντια ροή του αιωρήματος σε δεξαμενή ανοδικής ροής.

Στη δεξαμενή ανοδικής ροής τα αιωρούμενα σωματίδια που έχουν ταχύτητα καθίζησης μικρότερη από την επιφανειακή ταχύτητα υπερχειλίσης (ταχύτητα κρίσιμου σωματιδίου) συμπαρασύρονται στην εκροή καθ' ολοκληρίαν και δεν αφαιρούνται κατά κάποιο ποσοστό στη ζώνη ιλύος όπως συμβαίνει στην περίπτωση δεξαμενής καθίζησης με οριζόντια ροή.



Σχήμα 3- 3 : Γραφική παράσταση των στοιχείων της Εφαρμογής 3-2



Σχήμα 3- 4: Δεξαμενές καθίζησης οριζόντιας και ανοδικής ροής.

Από την τιμή 2,8 m/min του οριζόντιου άξονα του Σχήματος 3-2 άγεται κατακόρυφη η οποία τέμνει την καμπύλη που ταιριάζει στα πειραματικά στοιχεία στο σημείο Β. Από το σημείο Β άγεται οριζόντια η οποία τέμνει τον κατακόρυφο άξονα στο σημείο Γ. Στο σημείο Γ αντιστοιχεί τιμή κλάσματος (λόγου) ίση με 0,54.

Έτσι η επιταχυνόμενη αφαίρεση είναι $(1-0,54) \times 100 = 46\%$ συν τη συμπληρωματική αφαίρεση που αντιστοιχεί στα σωματίδια που έχουν ταχύτητες καθίζησης στην

περιοχή 0 έως 2,8 m/min.

Η παραπάνω συμπληρωματική αφαίρεση αναφέρεται μόνο σε δεξαμενές με οριζόντια ροή και υπολογίζεται με γραφική ολοκλήρωση σύμφωνα με την ανάλυση που έχει γίνει στο διάγραμμα του Σχήματος 3-2. Το εμβαδόν μεταξύ της καμπύλης των πειραματικών στοιχείων και του κατακόρυφου άξονα υπολογίζεται από το εμβαδόν 10 ορθογωνίων που έχουν πλάτος 0,05 και ενός ακόμη ορθογωνίου που έχει πλάτος 0,04. Το εμβαδόν αυτό είναι:

$$\frac{1}{2,8} [0,05 \times (0,14 + 0,20 + 0,24 + 0,29 + 0,36 + 0,46 + 0,60 + 0,86 + 1,27 + 1,82) + 0,04 \times 2,59] = 0,15$$

Έτσι έχουμε συνολική% αφαίρεση:

$(0,46 + 0,15) \times 100 = 61\%$ για την περίπτωση δεξαμενής με οριζόντια ροή
Και

$(0,46 + 0) \times 100 = 46\%$ για την περίπτωση της δεξαμενής με ανοδική ροή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Διπλωματική εργασία Σωτηρίας Κ. Πανακούλια με θέμα «Αποκεντρωμένη επεξεργασία υγρών αποβλήτων από ξενοδοχειακές μονάδες στο βόρειο άξονα της Κρήτης». Χανιά, 2009.
2. Πτυχιακή εργασία Άλκηστις Θεοδώρας Λέκκα με θέμα «Επεξεργασία υγρών αποβλήτων, Περιγραφή και λειτουργία μονάδας επεξεργασίας λυμάτων Ιωαννίνων». Ηράκλειο 2013
3. Στυλιανός Π. Τσώνης, αναπληρωτής καθηγητής Πανεπιστημίου Πατρών «Επεξεργασία Λυμάτων».
4. Μεταπτυχιακό δίπλωμα ειδίκευσης Σπυριδούλας Βαλλιανάτου με θέμα «Εφαρμογή του CLEAN αλγορίθμου σε συνδυασμό με την παραγοντική ανάλυση για τη μελέτη χρονοσειρών παραμέτρων βιολογικού καθαρισμού βιομηχανίας». Πάτρα 2011
5. Ευθύμιος Νταρακάς « Επεξεργασία υγρών αποβλήτων-Τεχνική Περιβάλλοντος »

Παράρτημα

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ - ΔΙΑΘΕΣΗ ΚΑΙ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ

Νομοθεσία προστασίας περιβάλλοντος

1. Ν.1650/86 για την προστασία του περιβάλλοντος.

Περιέχει ένα γενικό θεσμικό πλαίσιο για την προστασία του περιβάλλοντος. Για τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων και την προστασία των υδάτων έχουν εκδοθεί οι ακόλουθες Π.Υ.Σ. και Κ.Υ.Α.

- ΠΥΣ 144/2-11-87 (ΦΕΚ 197Α/11-11-87)
- ΚΥΑ 18186 (ΦΕΚ 126Β/3-3-88)
- ΚΥΑ 55648 (ΦΕΚ 323Β/13-5-91) Μέτρα και περιορισμοί για την προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος (οριακές τιμές επικίνδυνων ουσιών στα υγρά απόβλητα)
- ΚΥΑ 26857 (ΦΕΚ 196Β/6-4-88) Μέτρα και περιορισμοί για την προστασία των υπόγειων υδάτων από επικίνδυνες ουσίες.
- ΚΥΑ 80568 (ΦΕΚ 641Β/7/8/91) Μέθοδοι, όροι και περιορισμοί για χρησιμοποίηση στη γεωργία της παραγόμενης ιλύος.

2. Το από 6.10.78 ΠΔ (ΦΕΚ 538/Δ) και το από 28.1.88 ΠΔ : υποχρεώνει τις ξενοδοχειακές μονάδες για την ύπαρξη κατάλληλης προεπεξεργασίας των λυμάτων πριν τη διάθεσή τους στο έδαφος, στη θάλασσα ή σε δίκτυο υπονόμων.

3. Εγκ. ΥΥΠ & ΚΑ με αριθμό ΥΜ/2985/29.5.91

Οδηγίες εφαρμογής Ε1β/221/65 σε συνδυασμό με 69269/5387/90 ΚΥΑ Διαδικασίες για την έκδοση άδειας διάθεσης λυμάτων με ταυτόχρονη έγκριση περιβαλλοντικών όρων.

Εγκύκλιος ΥΥΠ με αρ. Α5/2672