

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΕ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ
ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ

ΚΟΡΟΜΗΛΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΣΚΙΑΔΑΡΕΣΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΠΕΛΛΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑ

ΠΑΤΡΑ 2014

©2007 - All rights reserved

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΟΧΩΝ

Στόχος της παρούσας πτυχιακής είναι η μελέτη και ο σχεδιασμός του βιολογικού καθαρισμού σε μια μέτριοι μεγέθους ξενοδοχειακή μονάδα, δηλαδή μιας μονάδας με δυνατότητα φιλοξενίας 120 ατόμων. Πιο συγκεκριμένα, θα αναλυθούν όλες εκείνες οι παράμετροι και τα στάδια που απαιτούνται για την εγκατάσταση και λειτουργία του βιολογικού αυτού καθαρισμού.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ-ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Για την κάλυψη του παραπάνω στόχου, η πτυχιακή χωρίζεται σε δύο τμήματα. Στο πρώτο τμήμα γίνεται μια επισκόπηση των σύγχρονων μεθόδων επεξεργασίας λυμάτων. Μεταξύ άλλων εισάγονται οι βασικές έννοιες και οι ορισμοί που διέπουν το βιολογικό καθαρισμό, παρέχονται τα διάφορα χαρακτηριστικά των λυμάτων και τα στοιχεία που καθορίζουν το σχεδιασμό ενός βιολογικού καθαρισμού και ορίζονται οι αρχές που πρέπει να τηρούνται κατά το σχεδιασμό ενός βιολογικού καθαρισμού. Το πρώτο αυτό τμήμα είναι καθαρά βιβλιογραφικό και βασίζεται στην επισκόπηση βιβλίων, ηλεκτρονικών εγγράφων και σελίδων, σχετικών με το βιολογικό καθαρισμό. Οι πηγές που χρησιμοποιούνται είναι έντυπες, και ηλεκτρονικές, ελληνικές και ξένες.

Το δεύτερο τμήμα, αναφέρεται στο σχεδιασμό και την εγκατάσταση ενός βιολογικού καθαρισμού, που θα στηριχτεί στις παραπάνω παραμέτρους και αρχές. Για την εγκατάσταση του βιολογικού καθαρισμού χρησιμοποιείται ως μελέτη περίπτωσης μια ξενοδοχειακή μονάδα 120 ατόμων. Για το σκοπό αυτό κρίνεται αρχικά σημαντική η επιλογή του συστήματος του βιολογικού καθαρισμού που θα χρησιμοποιηθεί η οποία στη συνέχεια θα καθορίσει μεταξύ άλλων τη διαστασιολόγηση, και τα μηχανολογικά και ηλεκτρολογικά χαρακτηριστικά αυτού.

ΑΞΟΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται την εγκατάσταση ενός βιολογικού καθαρισμού σε μια μέτριοι μεγέθους ξενοδοχειακή μονάδα. Για το σκοπό αυτό ακολουθεί την τυπική διάρθρωση των πτυχιακών και αποτελείται από τα παρακάτω κεφάλαια.

Στο εισαγωγικό κεφάλαιο πραγματοποιείται μια εισαγωγή στους στόχους της πτυχιακής, ορίζεται η μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί και τέλος παρουσιάζεται η διάρθρωση των κεφαλαίων.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή σε έννοιες και ορισμούς που σχετίζονται με το βιολογικό καθαρισμό και οι οποίες είναι χρήσιμες για την κατανόηση του κειμένου της εργασίας. Ταυτόχρονα, παρουσιάζονται μεταξύ άλλων τα ποσοτικά χαρακτηριστικά των λυμάτων και η σύνθεση αυτών, ώστε όταν μελετηθεί στη συνέχεια η εγκατάσταση του βιολογικού καθαρισμού στην ξενοδοχειακή μονάδα, τα χαρακτηριστικά και η σύνθεση των λυμάτων να γίνει άμεσα αντιληπτή.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναλύεται η Ευρωπαϊκή και η Ελληνική νομοθεσία ώστε να αναγνωριστούν οι προδιαγραφές που απαιτούνται για την παραπάνω εγκατάσταση, ενώ στο

τρίτο κεφάλαιο αναπτύσσονται οι μέθοδοι του βιολογικού καθαρισμού και τα στάδια που απαιτούνται στην κάθε μέθοδο.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα διάφορα συστήματα βιολογικού καθαρισμού που εφαρμόζονται σε ξενοδοχειακές μονάδες, ενώ στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μελέτη περίπτωσης και οι ανάγκες της, που είναι και αυτές που τελικά θα επιβάλουν τη μέθοδο και το μέγεθος της εγκατάστασης.

Στο τελευταίο και έκτο κεφάλαιο, εξάγονται τα βασικά συμπεράσματα με βάση όλα τα στοιχεία που παρατίθενται παραπάνω και γίνονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	iii
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΧΕΙΑ	1
1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	1
1.1.1 Βασικές έννοιες και ορισμοί	1
1.2 ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΥΜΑΤΩΝ.....	4
1.2.1 Ποσότητα λυμάτων	4
1.2.2 Οι όροι παροχής και ο υπολογισμός τους.....	5
1.3 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ.....	10
2.1 ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ.....	10
2.1.1 Οδηγία 91/271/ΕΟΚ	10
2.1.2 Πολιτική της οδηγίας	13
2.2 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ	16
2.2.1 Υγειονομική Διάταξη Ειβ221/1965	16
2.2.2 ΚΥΑ 5673/400/1997 (ΦΕΚ 192/Β/ 1997).....	20
2.2.3 ΚΥΑ 1966/1982/1999 (ΦΕΚ 1811/Β/ 23.9.1999).....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	22
3.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	22
3.2 ΑΕΡΟΒΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΜΕΘΟΔΟΣ	23
3.3 ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	23
3.3.1 Προεπεξεργασία ή πρωτοβάθμια επεξεργασία.....	24
3.3.2 Βιολογική ή δευτεροβάθμια επεξεργασία.....	26
3.3.3 Απολύμανση εκροής	27
3.3.4 Τριτοβάθμια επεξεργασία της εκροής.....	28
3.3.5 Επεξεργασία λάσπης	28
3.3.5.1 Είδη ιλύος	28
3.3.5.2 Περιεχόμενο ιλύος.....	29
3.3.5.3 Επεξεργασία ιλύος.....	31
3.4 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ.....	31
3.4.1 Ανεπιθύμητη οσμή	31
3.4.2 Επικράτηση νηματοειδών (filamentous), διόγκωσης της λάσπης και επιπλέουσα ιλύς.....	32
3.4.3 Προβλήματα λειτουργίας λόγω αφρισμού.....	33
3.5 ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	35
3.5.1 Βιοαντιδραστήρες μεμβράνης (MBRs).....	35
3.6 ΔΙΑΘΕΣΗ ΛΥΜΑΤΩΝ	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΣΕ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑ .39	
4.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΟΥΣ ΚΑΙ ΟΙ ΠΑΡΑΛΛΑΓΕΣ ΤΟΥΣ.....	39
4.1.1 Συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος.....	40
4.1.2 Σύστημα παρατεταμένου αερισμού	41
4.1.3 Αντιδραστήρας εναλλασσόμενων λειτουργιών (SBR).....	43
4.1.4 Αντιδραστήρας αιωρούμενου βιοφίλμ (MBBR).....	45
4.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΙΟΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΩΝ ΜΕ ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ (MBR)	46

4.3 ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΦΙΛΤΡΑ.....	48
4.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	50

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΣΕ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑΚΗ ΜΟΝΑΔΑ..... 51

5.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	51
5.1.1 Μονάδα προεπεξεργασίας – Εσχάρωση	51
5.1.2 Σύστημα ενεργού ιλύος– Δεξαμενή αερισμού και δεξαμενή καθίζησης.....	52
5.1.3 Δεξαμενή ιλύος	54
5.1.4 Δεξαμενή χλωρίωσης.....	54
5.1.5 Δεξαμενή συλλογής καθαρών.....	54
5.2 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	54
5.2.1 Παροχές σχεδιασμού.....	54
5.2.2 Ρυπαντικό φορτίο εισροής	55
5.2.3 Ρυπαντικό φορτίο εκροής.....	55
5.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ.....	56
5.3.1 Προεπεξεργασία-εσχάρες	56
5.3.2 Δεξαμενή αερισμού και καθίζησης.....	56
5.3.3 Δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης	58
5.3.4 Δεξαμενή ιλύος	59
5.3.5 Δεξαμενή χλωρίωσης.....	61
5.3.6 Δεξαμενή καθαρών	61
5.3.7 Συγκεντρωτικές διαστάσεις των στοιχείων του βιολογικού καθαρισμού.....	61
5.4 ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	63
5.4.1 Δεξαμενή αερισμού.....	63
5.4.1.1 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός δεξαμενής αερισμού.....	63
5.4.1.2 Στοιχεία αερισμού (διαχυτήρες).....	64
5.4.1.3 Αεροσυμπιεστής παροχής αέρα (φουσητήρας).....	64
5.4.1.4 Μετρητής παροχής.....	65
5.4.1.5 Ελεγκτής οξυγόνου.....	66
5.4.2 Δεξαμενή καθίζησης	66
5.4.2.1 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός δεξαμενής καθίζησης.....	66
5.4.2.2 Αντλία μεταφοράς νερού.....	66
5.4.2.3 Διακόπτης στάθμης.....	67
5.4.3 Δεξαμενή ιλύος	67
5.4.3.1 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός δεξαμενής ιλύος.....	67
5.4.3.2 Αεραντλίες (Air Lift) ανακυκλοφορίας και απομάκρυνσης ιλύος.....	68
5.4.4. Δεξαμενή χλωρίωσης.....	68
5.4.4.1 Ηλεκτρομηχανολογικός Εξοπλισμός δεξαμενής χλωρίωσης.....	68
5.4.4.2 Δοσομετρική αντλία χλωρίου.....	68
5.4.4.3. Μετρητής pH.....	69
5.4.5 Δεξαμενή καθαρών.....	70
5.4.5.1 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός δεξαμενής καθαρών.....	70
5.4.5.2 Αντλία επεξεργασμένων.....	70
5.4.5.3 Διακόπτης στάθμης.....	70
5.5. ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ.....	71
5.5.1. Αυτοματοποίηση.....	71
5.5.2. Αυτοματοποίηση λειτουργίας συστήματος αερισμού.....	73
5.5.3. Αυτοματοποίηση λειτουργίας δεξαμενής καθίζησης.....	73
5.5.4. Αυτοματοποίηση λειτουργίας ανακυκλοφορίας και απομάκρυνσης ιλύος.....	74

5.5.5. Αυτοματοποίηση λειτουργίας δεξαμενής χλωρίωσης.....	74
5.5.6 Αυτοματοποίηση λειτουργίας διάθεσης καθαρών λυμάτων.....	74
5.6 ΣΥΣΤΗΜΑ SCADA.....	74
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	75
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	76
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ.....
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ
.....

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΧΕΙΑ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

1.1.1 Βασικές έννοιες και ορισμοί

Απόβλητο: είναι ένα ανεπιθύμητο υλικό ή ουσία τα οποία δεν έχουν πλέον καμία χρήση για τον άνθρωπο και το οποίο είτε έχει ήδη απορριφθεί ή προτίθεται να απορριφθούν. Μπορεί να αποτελείται από τα ανεπιθύμητα υλικά που έχουν απομείνει από μια διαδικασία παραγωγής (βιομηχανική, εμπορική, εξόρυξη ή γεωργικές εργασίες), ή από την κοινότητα και τις δραστηριότητες των νοικοκυριών.

Επικίνδυνο/Τοξικό Απόβλητο: είναι τα υλικά αυτά που οι άνθρωποι πρέπει να απορρίψουν λόγω των επικίνδυνων ιδιοτήτων τους.

Υγρά απόβλητα: τα υγρά που αποβάλλονται από ανθρώπινες δραστηριότητες όπως αστικές, βιομηχανικές, τουριστικές, γεωργοκτηνοτροφικές και ούτω καθεξής.

Λύματα: τα υγρά απόβλητα που προέρχονται από ανθρώπινες δραστηριότητες της πόλης, του χωριού (κατοικίες ή ξενοδοχεία). Σε περίπτωση που τα υγρά απόβλητα της πόλης περιέχουν σημαντικές ποσότητες από υγρά που προέρχονται από βιομηχανικές δραστηριότητες (βιομηχανικά απόβλητα), τότε ονομάζονται υγρά αστικά απόβλητα. Ισχύουν οι ακόλουθοι ορισμοί:

Αστικά λύματα: οικιακά λύματα ή μείγμα οικιακών με βιομηχανικά υγρά απόβλητα και σε συνδυασμό με τα όμβρια ύδατα (ΚΥΑ 5673/400/97). Έχουν σαν κύριο συστατικό τους το νερό, με προσμίξεις που τα καθιστούν ακατάλληλα για διάφορες χρήσεις. Τα χαρακτηριστικά τους διακρίνονται σε φυσικά, χημικά και βιολογικά.

Οικιακά λύματα: λύματα από περιοχές κατοικίας και υπηρεσιών που προέρχονται από λειτουργίες του ανθρώπινου οργανισμού και εμπορικές δραστηριότητες. Τα λύματα αυτά περιέχουν ανθρώπινα περιττώματα, υγρά καθαρισμού, κουζίνας με υπολείμματα τροφών, νερά αποσύνθεσης. Όσο περισσότερο παραμείνουν ανεπεξέργαστα (χωρίς αερισμό) τόσο περισσότερο δύσοσμα είναι.

Διαχείριση αποβλήτων: είναι το σύνολο των εγκαταστάσεων και των διεργασιών που είναι απαραίτητες για τη συλλογή, την επεξεργασία και διάθεση των αποβλήτων στο περιβάλλον. Η βέλτιστη διαχείριση έχει στόχο την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων της λειτουργίας κάθε δραστηριότητας στο περιβάλλον.

Επεξεργασία ή καθαρισμός αποβλήτων/λυμάτων: είναι η τεχνική/διαδικασία που διαχωρίζει από τα απόβλητα/λύματα κάθε ουσία ή συστατικό σε τέτοιο βαθμό ώστε να μην υπάρχουν δυσμενείς επιπτώσεις από τη διάθεση των αποβλήτων/λυμάτων **στο συγκεκριμένο χώρο** που έχει επιλεγεί για τη διάθεσή τους (αποδέκτης).

Βιολογικός καθαρισμός: είναι η τεχνητή διαδικασία που ακολουθούμε για να εξομοιώσουμε την λειτουργία της φύσης κατά την αδρανοποίηση των λυμάτων. Η λειτουργία του στηρίζεται στη γνωστή μέθοδο της αερόβιας επεξεργασίας. Με απλά λόγια τροφοδοτούμε το σύστημα μας (στα κέντρα επεξεργασίας λυμάτων) με λύματα και στην έξοδο του έχουμε καθαρό διαυγές νερό με ποιοτικά χαρακτηριστικά κατάλληλα για διάθεση σε φυσικό αποδεκτή.

Αποδέκτες υγρών αποβλήτων: είναι τα σημεία ή οι περιοχές όπου καταλήγουν τα απόβλητα με ή χωρίς επεξεργασία. Συνήθεις αποδέκτες είναι το έδαφος ή το υπέδαφος, οι ποταμοί, η θάλασσα, οι λίμνες και ούτω καθεξής.

Πρότυπα/ προδιαγραφές αποδέκτη: είναι οι περιορισμοί και τα όρια που πρέπει να πληρούν τα χαρακτηριστικά του αποδέκτη ώστε να είναι κατάλληλος για τις προβλεπόμενες χρήσεις. Καθορίζονται συνήθως από σχετικές οδηγίες της Ε.Ε. και ελέγχονται από τις αρμόδιες Υπηρεσίες (πχ. διευθύνσεις Υγείας) ώστε να εξασφαλίζεται η καταλληλότητα του αποδέκτη.

Πρότυπα/ προδιαγραφές διάθεσης: είναι οι περιορισμοί που επιβάλλονται σε κάθε δραστηριότητα που δημιουργεί απόβλητα (οικιστική, βιομηχανική και ούτω καθεξής), ώστε να τηρούνται τα πρότυπα του αποδέκτη. Με βάση τα πρότυπα διάθεσης η κάθε δραστηριότητα σχεδιάζει την επεξεργασία που θα πραγματοποιήσει ώστε να συμμορφωθεί με τους περιορισμούς αυτούς.

Πρότυπα/ προδιαγραφές σχεδιασμού: είναι η μέγιστη δυνατή ποσότητα από μία ουσία (ρυπαντική, μολυσματική ή και επικίνδυνη) που μπορεί να διατεθεί σε ένα αποδέκτη και να αφομοιωθεί χωρίς να διαταραχθούν μόνιμα τα φυσικά, φυσιολογικά, βιοχημικά και λοιπά χαρακτηριστικά ή γενικά η ισορροπία του αποδέκτη.

Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (5 ημερών, 20 °C) ή BOD₅ 20 °C): είναι η ποσότητα του οξυγόνου, που απαιτείται από διάφορους μικροοργανισμούς για να οξειδώσουν τις οργανικές ουσίες που βρίσκονται στο νερό ή στα απόβλητα σε ένα διάστημα 5 ημερών, σε μια θερμοκρασία 20 °C και χωρίς την ύπαρξη φωτός. Χρησιμοποιείται για τον έμμεσο προσδιορισμό της συγκέντρωσης των οργανικών ουσιών, που μπορούν να αποδομηθούν από μικροοργανισμούς (ΔΠΜΣ Περιβάλλον και Ανάπτυξη, χ.χ.) και αποτελεί το μέτρο του οργανικού φορτίου των αποβλήτων (Δεσποτίδου, Ν.).

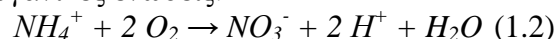
Ολικό Απαιτούμενο Οξυγόνο ή BODL (συνήθως 20 °C): αποτελεί την ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου, που χρησιμοποιείται από τους μικροοργανισμούς για την πλήρη βιοχημική οξείδωση των οργανικών υλών, που περιέχονται σε μια ποσότητα νερού. Η βιοχημική οξείδωση απαιτεί πολύ χρόνο και συνήθως απαιτούνται 20 ημέρες για να οξειδωθεί το 95 % με 99 % του BODL. Για το λόγο αυτό, στις περισσότερες περιπτώσεις χρησιμοποιείται το BOD₅, που αναφέρεται παραπάνω, κατά την οποία έχει διασπαστεί το 70 % με 80 % των ενώσεων που περιέχουν μόνο C, H και O, ενώ δεν έχει ξεκινήσει ακόμη η νιτροποίηση των αζωτούχων οργανικών ενώσεων (Δεσποτίδου, Ν.).

Οι αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά τη μέτρηση του BOD παρουσιάζονται παρακάτω (Δεσποτίδου, Ν.):

- Απλές οργανικές ενώσεις:



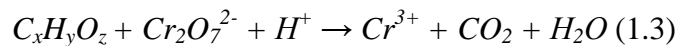
- Και αζωτούχες οργανικές ενώσεις:



Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο ή COD: είναι η ποσότητα του οξυγόνου, που χρειάζεται για τη χημική οξείδωση της οργανικής ύλης σε CO₂ και H₂O. Η οξείδωση αναφέρεται στο σύνολο των οργανικών ενώσεων, που περιλαμβάνονται σε ένα δείγμα νερού ή λύματος και οι οποίες μπορούν να οξειδωθούν με ένα ισχυρό οξειδωτικό μέσο. Παράδειγμα ενός τέτοιου

οξειδωτικού μέσου, αποτελεί το διχρωμικό κάλιο ($K_2Cr_2O_7$) σε όξινο περιβάλλον (Νταρακάς, 2014).

Η οξείδωση του οργανικού φορτίου πραγματοποιείται σε υψηλές θερμοκρασίες, σε χαμηλό pH και με την παρουσία θειικού αργύρου (Ag_2SO_4), που λειτουργεί σαν καταλύτης. Η εξουδετέρωση των χλωριούχων ιόντων, που κατά κανόνα υπάρχουν στο δείγμα, πραγματοποιείται με θειικό υδράργυρο ($HgSO_4$). Η εξουδετέρωση των περισσευόμενων διχρωμικών ιόντων ($Cr_2O_7^{2-}$) λαμβάνει χώρα παρουσία διαλύματος θειικού αμμωνιούχου σιδήρου ($FeSO_4(NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$) γνωστής κανονικότητας. Για την ογκομετρική ανάλυση (τιτλοδότηση) χρησιμοποιείται δείκτης Ferroin. Η οξείδωση της οργανικής ύλης περιγράφεται από την παρακάτω στοιχειομετρική εξίσωση (Νταρακάς, 2014):



Το COD χρησιμοποιείται σε πολλές περιπτώσεις είτε αντί του BOD είτε συμπληρωματικά με αυτό. Το μεγάλο πλεονέκτημα του COD έγκειται στο γεγονός ότι ολοκληρώνεται πολύ γρήγορα (σε δύο με τρεις ώρες). Ωστόσο και καθώς, δεν υπολογίζεται μόνο η βιοδιασπάσιμη αλλά και η μη βιοδιασπάσιμη οργανική ύλη, το COD αποτέλεσμα να είναι ένα μέτρο αποξυγονωτικών συνεπειών λιγότερο αντιπροσωπευτικό σε σύγκριση με το BOD. Μάλιστα, πάντα ισχύει: $COD > BOD_L > BOD_5$ (ΔΠΜΣ Περιβάλλον και Ανάπτυξη.).

Αιωρούμενα στερεά ή SS : είναι η ποσότητα των στερεών σωματιδίων που αιωρούνται στο νερό. Μάλιστα, τα αιωρούμενα στερεά μπορούν να αποτελούνται από ανόργανα ή οργανικά σωματίδια ή μη αναμίξιμα υγρά (Τσέζος και Χατζηκιοσεγιάν, 2012).

Τα ανόργανα σωματίδια, όπως είναι για παράδειγμα η άργιλος, η ιλύς και διάφορα άλλα συστατικά του χώματος, βρίσκονται συνήθως στα επιφανειακά νερά. Τα οργανικά σωματίδια, όπως είναι για παράδειγμα οι ίνες των φυτών και τα βιολογικά στερεά (βακτηρίδια και ούτω καθεξής), παρατηρούνται επίσης συνήθως στα επιφανειακά νερά. Επειδή το χώμα λειτουργεί σαν φίλτρο, στα υπόγεια νερά συναντώνται αιωρούμενα στερεά (Τσέζος και Χατζηκιοσεγιάν, 2012).

Καθιζάνοντα στερεά ή SS: αποτελούν αδιάλυτες στερεές ουσίες, οι οποίες καθιζάνουν στον πυθμένα σε συνθήκες ηρεμίας (Νταρακάς, 2013). Αποτελούν τα στερεά εκείνα, που κατακάθονται σε χρονικό διάστημα μιας ώρας στον πυθμένα ενός δοχείου σε σχήμα κώνου (κόνος Imhoff). Χρησιμοποιούνται για τον κατά προσέγγιση υπολογισμό της ποσότητας της λάσπης, που θα απομακρυνθεί σε μια εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων κατά το στάδιο της πρωτοβάθμιας καθίζησης (Δεσποτίδου, Ν.).

Πτητικά και μη πτητικά στερεά: τα πτητικά στερεά (volatile solids) αποτελούν τις ενώσεις των ολικών στερεών, που εξαερώνονται σε CO_2 και άλλα αέρια, όπως είναι για παράδειγμα τα H_2O , NO_x και SO_x , στην περίπτωση που κάποιο στερεό υπόλειμμα αποτεφρωθεί στους $550^\circ C$ με περίσσεια αέρα. Τα πτητικά στερεά αποτελούνται από βιοαποδομήσιμες και από μη βιοαποδομήσιμες οργανικές ενώσεις (Κομίλης, Π., 2008). Κατά την καύση του στερεού υπολείμματος πραγματοποιεί η ολική οξείδωση όλων των οργανικών ουσιών με αποτέλεσμα να παρατηρείται απώλεια βάρους. Με την απώλεια αυτή προσδιορίζονται τα πτητικά στερεά και έτσι προκύπτει το μέτρο των οργανικών ουσιών, που υπάρχουν στα λύματα ή τα βιομηχανικά απόβλητα (θα πρέπει ωστόσο να τονιστεί ότι κατά την παραπάνω καύση παρατηρείται και απομάκρυνση ορισμένων ανόργανων πτητικών συστατικών) (Δεσποτίδου, Ν.).

Από την άλλη, τα μη πτητικά στερεά είναι αυτά που παραμένουν όταν οι διαλύτης και πτητικά στερεά απομακρύνονται από ένα στερεό υπόλειμμα (Κομίλης, Π., 2008).

Ισοδύναμος πληθυσμός: ο ισοδύναμος πληθυσμός σε ένα ρεύμα αποβλήτων αποτελεί το σύνολο των ατόμων, που ευθύνονται για την παραγωγή αποβλήτων με το ίδιο φορτίο οργανικά βιοπαποδομήσιμων ουσιών με το αντίστοιχο φορτίο του ρεύματος των αποβλήτων, θεωρώντας ότι το κάθε άτομο παράγει σε ημερήσια βάση 60 g BOD₅ (Αυγητίδης, Μπελενιώτης και Σαμαράς, 2003).

1.2 ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΥΜΑΤΩΝ

Στην παρούσα υποενότητα παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία, που καθορίζουν το σχεδιασμό μιας μονάδας επεξεργασίας λυμάτων.

1.2.1 Ποσότητα λυμάτων

Η ποσότητα των λυμάτων ή αλλιώς η παροχή που τροφοδοτείται και οι διακυμάνσεις που αυτή παρουσιάζει αποτελεί κρίσιμο στοιχείο για το σχεδιασμό μιας μονάδας επεξεργασίας λυμάτων. Τα λύματα είναι κατά κανόνα και σε μεγάλο ποσοστό το αποτέλεσμα του πόσιμου νερού που παρέχεται σε μια πόλη μέσα από το δίκτυο ύδρευσης. Ένα ποσοστό βέβαια του πόσιμου αυτού νερού δεν καταφέρνει να φτάσει στο δίκτυο αποχέτευσης εξαιτίας των διαρροών του δικτύου ύδρευσης, της κατανάλωσης για το πότισμα των κήπων, ή το πλύσιμο των δρόμων, κλπ. Επιπλέον ένα μικρό ποσοστό του νερού ύδρευσης ενσωματώνεται στα παραγόμενα από τις βιοτεχνικές και βιομηχανικές δραστηριότητες προϊόντα (Ανδρουλάκης και Κουτάλας, 2008).

Σε γενικές γραμμές η ποσότητα των λυμάτων ισοδυναμεί με το 60 με 130 % του νερού που παρέχεται από το δίκτυο ύδρευσης της πόλης. Όπως όμως η ζήτηση νερού στην πόλη παρουσιάζει διακυμάνσεις, έτσι παρουσιάζουν διακυμάνσεις και τα παραγόμενα λύματα (Ανδρουλάκης και Κουτάλας, 2008). Το χρονικό διάστημα για να μπορέσουν τα λύματα να διοχετευθούν από το πιο απομακρυσμένο σημείο παραγωγής τους μέχρι την μονάδα επεξεργασίας είναι μεγάλο και μπορεί σε μεγάλες πόλεις να φτάσει τις 12 ώρες.

Στην περίπτωση που το σύστημα αποχέτευσης είναι μικτό, τότε όταν παρατηρούνται ισχυρές βροχοπτώσεις, αυξάνεται σημαντικά και η ποσότητα των λυμάτων εξαιτίας των απορροών μεγάλων ποσοτήτων επιφανειακών υδάτων. Έτσι, οι μονάδες επεξεργασίας λυμάτων που εξυπηρετούν τέτοια μικτά συστήματα θα πρέπει να σχεδιάζονται ώστε να μπορούν να επεξεργαστούν μέχρι και την τριπλάσια παροχή από αυτήν που παρέχεται κατά τις περιόδου έλλειψης βροχοπτώσεων, ενώ θα πρέπει ταυτόχρονα να μπορούν προσωρινά (για δύο ώρες) να αποθηκεύουν σε δεξαμενές κράτησης μια παροχή εξαπλάσια από αυτήν που παρέχεται κατά τις περιόδου έλλειψης βροχοπτώσεων. Όταν αυτές οι δεξαμενές γεμίσουν η επιπλέον εισερχόμενη ποσότητα λυμάτων διοχετεύεται στον αποδέκτη. Όταν ο αποδέκτης είναι ένα παρακείμενο ποτάμι, τότε αυτό βρίσκεται κάτω από συνθήκες πολύ αυξημένης παροχής ώστε να μειώνονται οι επιπτώσεις, καθώς παρατηρείται μεγάλη αραίωση του ρυπαντικού φορτίου (Ανδρουλάκης και Κουτάλας, 2008).

Από την άλλη, οι πόλεις που διαθέτουν ένα χωριστικό σύστημα αποχέτευσης οδηγούν τα όμβρια άμεσα στους κοντινότερους παρακείμενου αποδέκτες, ενώ η ποσότητα των λυμάτων,

που οδηγούνται στη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων, είναι το προϊόν όλων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και των λοιπών εκτός των επιφανειακών απορροών εισροών. Το αποτέλεσμα είναι στις πόλεις με χωριστικό σύστημα να παρατηρούνται μικρότερες διακυμάνσεις στην ποσότητα των λυμάτων που καταλήγουν στη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων. Έτσι, η μονάδα θεωρείται επαρκής όταν σχεδιάζεται ώστε να μπορεί να επεξεργαστεί μέχρι και την διπλάσια παροχή από αυτήν που παρέχεται κατά τις περιόδους έλλειψης βροχοπτώσεων (Ανδρουλάκης και Κουτάλας, 2008).

Θεωρώντας πως οι βασικές παράμετροι των αστικών λυμάτων είναι τα παρακάτω

- Αιωρούμενα στερεά
- Οργανικό φορτίο (που, όπως προαναφέρθηκε προσδιορίζεται από τις παραμέτρους COD και BOD₅)
- Ενώσεις του αζώτου (N)
- Ενώσεις του φωσφόρου (P)
- Κολοβακτηρίδια

Και ταυτόχρονα, πως η ποιότητα των λυμάτων (που θα παρουσιαστεί στην συνέχεια) παραμένει σχετικά σταθερή, τα ποσοτικά χαρακτηριστικά των λυμάτων μπορούν κατά προσέγγιση να προσδιοριστούν με βάση τις παρακάτω τιμές :

- Βιοαποδομήσιμο οργανικό φορτίο εκφρασμένο ως BOD₅: 60 g/ κάτοικο/ ημέρα
- Αιωρούμενα στερεά (TSS): 70 – 80 g/ κάτοικο/ ημέρα
- Ολικό άζωτο: 15 - 20 % της τιμής του BOD₅ ή 9 – 12 g/ κάτοικο/ ημέρα
- Ολικός φώσφορος: 4 - 5% της τιμής του BOD₅ ή 2,4 – 3 g/ κάτοικο/ ημέρα
- Κολοβακτηρίδια: $2 \cdot 10^9$ / κάτοικο/ ημέρα
- Πτητικά αιωρούμενα στερεά (VSS): 70 - 80% των SS ή 50 – 64 g/ κάτοικο/ ημέρα

Μια ακόμη σημαντική παράμετρος για τον προσδιορισμό του φορτίου των αστικών λυμάτων είναι και ο προαναφερθείς ισοδύναμος πληθυσμός, η οποία ισούται με 60 BOD₅ / κάτοικο/ ημέρα (Χουρδάκης, 2007).

1.2.2 Οι όροι παροχής και ο υπολογισμός τους

Οι όροι που χρησιμοποιούνται για να εκφραστεί ποσοτικά η παροχή των λυμάτων παρέχονται παρακάτω (Αρμένακας, 2005):

- **Μέση ημερήσια παροχή:** η μέση ημερήσια παροχή αποτελεί τη μέση ποσότητα των λυμάτων που παράγεται σε μια ημέρα και η οποία προκύπτει από την παρακάτω σχέση. Μάλιστα, ο συγκεκριμένος όρος υιοθετείται όταν σχεδιάζεται η δυναμικότητα μιας μονάδας επεξεργασίας λυμάτων, όταν υπολογίζεται το λειτουργικό κόστος της μονάδας αυτής, όταν προσδιορίζεται η συνολική ιλύς και ούτω καθεξής:

$$\text{Μέση ημερήσια ποσότητα λυμάτων κατά μέσο όρο (m}^3\text{/ ημέρα)} = \frac{\text{Συνολικός ετήσιος όγκος αποβλήτων (m}^3\text{) / 365 ημέρες}}{\text{(1.4)}}$$

- **Μέγιστη ημερήσια παροχή:** αποτελεί τη μέγιστη ποσότητα των λυμάτων που παράγεται κατά τις ημέρες του έτους, που η παροχή μεγιστοποιείται. Συνήθως η παροχή των αστικών λυμάτων είναι μέγιστη κατά το καλοκαίρι. Μάλιστα,

χρησιμοποιείται ώστε η μονάδα που θα σχεδιαστεί να μπορεί να επαρκή για τη μέγιστη αυτή παροχή, ενώ συνήθως παρέχεται από τον παρακάτω υπολογισμό:

$$\text{Μέγιστη ημερήσια παροχή (m}^3\text{/ ημέρα)} = 1,5 * \text{μέση ημερήσια παροχή (m}^3\text{/ ημέρα)} \quad (1.4)$$

- **Μέση ωριαία παροχή:** η μέση ωριαία παροχή αποτελεί τη μέση ποσότητα των λυμάτων που παράγεται σε μια ώρα και η οποία προκύπτει από την παρακάτω σχέση:

$$\text{Μέση ωριαία παροχή (m}^3\text{/ ώρα)} = (1 \text{ ημέρα} / 24 \text{ ώρες}) * \text{μέση ημερήσια παροχή (m}^3\text{/ ημέρα)} \quad (1.5)$$

- **Μέγιστη ωριαία παροχή:** αποτελεί τη μέγιστη ποσότητα των λυμάτων που παράγεται κατά τις ώρες, που η παροχή μεγιστοποιείται. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τους υδραυλικούς υπολογισμούς της εγκατάστασης, τη διαστασιολόγηση των εσχαρών, του αμμοσυλλέκτη, της δεξαμενής χλωρίωσης, της δεξαμενής τελικής καθίζησης και ούτω καθεξής. Υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{Μέγιστη ωριαία παροχή (m}^3\text{/ ώρα)} = \text{μέση ωριαία παροχή (m}^3\text{/ ώρα)} * \text{συντελεστής αιχμής} \quad (1.6)$$

- Όταν πρόκειται για μικρές ξενοδοχειακές μονάδες ή για μικρούς οικισμούς (λιγότεροι κάτοικοι από 1.000), η μέγιστη ωριαία παροχή λαμβάνεται τριπλάσια ή και τετραπλάσια της μέσης ωριαίας παροχής (συντελεστής αιχμής: 3 ή 4).

- Όταν ο πληθυσμός ενός οικισμού είναι πάνω από 1.000 κάτοικους, ο συντελεστής αιχμής λαμβάνεται ίσος με 1,5 έως 3.

- Ο συντελεστής αιχμής υπολογίζεται γενικότερα από την σχέση:

$$K = (18 + P^{1/2}) / (4 + P^{1/2}) \quad (1.7)$$

Όπου: K: συντελεστής αιχμής

P : πληθυσμός κατοίκων σε χιλιάδες

- Σε αστικές περιοχές η μέγιστη ωριαία παροχή συνήθως παρατηρείται κατά τις πρωινές ώρες μεταξύ 8.00 και 9.00 και τις μεσημεριανές ώρες μεταξύ 12.00 και 15.00, ενώ στα ξενοδοχεία μεταξύ 11.00 και 14.00 και μεταξύ 18.00 και 20.00 αντιστοίχως.

1.3 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ

Για να μπορεί να σχεδιαστεί μια μονάδα επεξεργασίας λυμάτων είναι απαραίτητο εκτός από την παροχή να είναι γνωστή και η σύσταση των λυμάτων. Τα λύματα ως γνωστόν αποτελούνται από οργανικό υλικό και άλλα συστατικά, η γνώση των οποίων είναι κρίσιμη, καθώς καθορίζει τόσο τον τρόπο επεξεργασίας όσο και την ποιότητα που αναμένεται να έχει η επεξεργασμένη εκροή

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά για τα αστικά λύματα μπορούν να διαχωριστούν στις εξής κατηγορίες: φυσικά, χημικά, βιοχημικά και μικροβιολογικά. Τα χαρακτηριστικά αυτά συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 1.1 Κυριότερα χαρακτηριστικά αστικών λυμάτων

Κατηγορία	Παράμετρος
Φυσικά	Ολικά στερεά (αιωρούμενα και διαλυμένα)
	Αιωρούμενα στερεά (καθιζάνοντα και μη καθιζάνοντα)
	Θολότητα
	Χρώμα (φαινομενικό λόγω των αιωρούμενων και πραγματικό λόγω των κολλοειδών υλών)
	Οσμή
	Θερμοκρασία (κυμαίνεται περίπου από 22- 21°C. Η μέση τιμή της είναι 15,6 °C)
Χημικά	Υδατάνθρακες
	Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο
	Θρεπτικά συστατικά ((άζωτο) N και (φωσφόρος) P με τυπικές συγκεντρώσεις 40-50 mg/ lt και 4-15 mg/ lt αντίστοιχα)
	Διάφορα κατιόντα (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , NH_4^+)
	Διάφορα ανιόντα (NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , Cl^-)
	Υδροθείο
	Βαρέα μέταλλα
	Ιχνοστοιχεία
Βιοχημικά	Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο 5 ημερών (BAO_5)
Μικροβιολογικά	Βακτήρια και ιοί
	Πρωτόζωα
	Ελμίνθες (Helminths)
	Κολοβακτηρίδια

Πηγή: Ανδρουλάκης και Κουτάλας, 2008

Πιο συγκεκριμένα, και καθώς η σύνθεση των λυμάτων ποικίλλει ευρέως, στη συνέχεια παρουσιάζεται μια μερική λίστα με πιθανά συστατικά:

- Νερό (περισσότερο από 95 τοις εκατό), που προστίθεται συχνά κατά τη διάρκεια της έκπλυσης που μεταφέρει τα απόβλητα στο σωλήνα
- Παθογόνα βακτήρια, όπως ιούς, prions και παρασιτικά σκουλήκια
- Μη παθογόνα βακτήρια
- Οργανικά σωματίδια, όπως περιττώματα, τρίχες, τρόφιμα, εμετός, ίνες χαρτιού, φυτικό υλικό και ούτω καθεξής
- Διαλυτό οργανικό υλικό, όπως ουρία, σάκχαρα φρούτων, οι διαλυτές πρωτεϊνών, φαρμάκων, φαρμακευτικών προϊόντων και ούτω καθεξής

- Ανόργανα σωματίδια όπως άμμος, χαλίκι, μεταλλικά σωματίδια, κεραμικά και ούτω καθεξής
- Διαλυτό ανόργανο υλικό όπως αμμωνία, αλάτι, αλάτι θάλασσας, κυανίδιο, υδρόθειο, θειοκυανικά, θειοθειικά και ούτω καθεξής
- Ζώα, όπως τα πρωτόζωα, τα έντομα, αρθρόποδα, μικρά ψάρια και ούτω καθεξής
- Μακρο-στερεά, όπως πάνες, προφυλακτικά, βελόνες, παιδικά παιχνίδια, νεκρά ζώα ή φυτά και ούτω καθεξής
- Αέρια όπως υδρόθειο, διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο και ούτω καθεξής
- Γαλακτώματα, όπως χρώματα, κόλλες, χρωστικές μαλλιών, γαλακτωματοποιημένα έλαια και ούτω καθεξής
- Τοξίνες όπως παρασιτοκτόνα, δηλητήρια, ζιζανιοκτόνα και ούτω καθεξής
- Φαρμακευτικά προϊόντα και ορμόνες

Η τυπική σύσταση των οικιακών λυμάτων που δεν έχουν υποστεί επεξεργασία και η οποία χρησιμοποιείται για τον χαρακτηρισμό των λυμάτων αυτών φαίνεται στον παρακάτω πίνακα 1.2

Πίνακας 1.2 Τυπική σύσταση οικιακών λυμάτων

Συστατικό	Συγκέντρωση (mg/ lt)		
	Ισχυρά	Μεσαία	Αδύνατα
Ολικά στερεά	1200	720	350
Ολικά διαλυμένα στερεά	850	500	250
Αιωρούμενα στερεά	350	220	100
Καθιζήσιμα στερεά	20	10	5
BOD ₅	400	220	110
COD	1000	500	250
TOC	290	160	80
Ολικό Άζωτο	85	40	20
Ολικός Φόσφορος	15	8	4
Χλωρικά	100	50	30
Θειικά	50	30	20
Αλκαλικότητα	200	100	50
Λίπη - Έλαια	150	100	50
Συγκέντρωση (Αρ./ lt)			
Κολοβακτηρίδια	10 ⁸ - 10 ⁹	10 ⁷ - 10 ⁸	10 ⁶ - 10 ⁷

Πηγή : Μαντζαβίνου, 2011

Θεωρώντας ως τη μεσαία συγκέντρωση ως το μέσο ρυπαντικό φορτίο των οικιακών λυμάτων και ως μέση υδατική κατανάλωση ανά κάτοικο και ανά ημέρα τα 150 lt/ κάτοικο/ ημέρα προκύπτει στον πίνακα 1.3., η ποσότητα των ρυπαντών στα οικιακά λύματα σε όρους μάζας.

Πίνακας 1.3 Τοπική σύσταση οικιακών λυμάτων

Συστατικό	Ημερήσια ποσότητα (kg/ημέρα)
Ολικά στερεά	0,09
Ολικά διαλυμένα στερεά	0,06
Αιωρούμενα στερεά	0,03
Καθιζήσιμα στερεά	0,001
BOD ₅	0,03
COD	0,06
Ολικό Άζωτο	0,05
Ολικός Φόσφορος	0,05
Χλωρικά	0.0075
Θειικά	0,0045
Αλκαλικότητα	0,015
Λίπη - Έλαια	0,015
Κολοβακτηρίδια	10 ¹⁰ – 10 ¹⁰

Πηγή Μαντζαβίνου, 2011

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

2.1 ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

2.1.1 Οδηγία 91/271/ΕΟΚ

Η οδηγία για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων (Οδηγία του Συμβουλίου με πλήρη τίτλο 91/271/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 21ης Μαΐου 1991 για την επεξεργασία αστικών λυμάτων) είναι μια οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με την «συλλογή, την επεξεργασία και την απόρριψη αστικών λυμάτων και την επεξεργασία και την απόρριψη των λυμάτων από ορισμένους βιομηχανικούς τομείς». Η οδηγία εγκρίθηκε στις 21 Μαΐου 1991. Δεδηλωμένος στόχος της είναι «η προστασία του περιβάλλοντος από τις αρνητικές επιπτώσεις της απόρριψης αστικών λυμάτων και τις απορρίψεις από ορισμένους βιομηχανικούς τομείς».

Η οδηγία απαιτεί τη συλλογή και την επεξεργασία των λυμάτων σε οικισμούς με ισοδύναμο πληθυσμό (PE) πάνω από 2.000, και πιο εξελιγμένη επεξεργασία σε οικισμούς με PE μεγαλύτερο από 10.000 σε ευαίσθητες περιοχές.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση πόλεις και περιοχές κατοικίας υποχρεούνται να συλλέγουν και να επεξεργάζονται τα αστικά τους λύματα, σύμφωνα με την Οδηγία για την Επεξεργασία των Αστικών Λυμάτων. Τα μη επεξεργασμένα αστικά λύματα ενδέχεται να είναι μολυσμένα με επιβλαβή βακτηρίδια και ιούς και, ως εκ τούτου, να εγκυμονούν κινδύνους για τη δημόσια υγεία. Περιέχουν επίσης θρεπτικές ουσίες όπως το άζωτο και ο φώσφορος, τα οποία μπορεί να είναι επιβλαβή για τα γλυκά ύδατα και το θαλάσσιο περιβάλλον, προκαλώντας την υπερβολική ανάπτυξη φυκιών που καταπνίγουν άλλες μορφές ζωής, μια διαδικασία γνωστή ως «ευτροφισμός».

Η ευρωπαϊκή οδηγία προβλέπει τη βιολογική επεξεργασία των λυμάτων, τη λεγόμενη «δευτεροβάθμια επεξεργασία», καθώς και την αυστηρότερη επεξεργασία των λυμάτων στις λεκάνες υδροσυλλογής ευαίσθητων περιοχών. Για τα κράτη μέλη της ΕΕ-15 έχουν παρέλθει όλες οι προθεσμίες εφαρμογής που προέβλεπε η οδηγία, αλλά τα κράτη μέλη της ΕΕ-12 έχουν μεγαλύτερες προθεσμίες, η τελευταία από τις οποίες λήγει το 2018.

Ευαίσθητες περιοχές: Ευαίσθητες περιοχές, κατά την έννοια της οδηγίας, είναι «ύδατα, εκβολές ποταμών και παράκτια ύδατα όπου παρουσιάζεται ευτροφισμός, ή όπου μπορεί να παρουσιαστεί ευτροφισμός αν δεν έχει ληφθεί προστατευτική δράση», "επιφανειακά γλυκά ύδατα προοριζόμενα για την άντληση πόσιμου νερού τα οποία περιέχουν ή θα μπορούσαν να περιέχουν περισσότερο από 50 mg/l νιτρικών ιόντων", περιοχές όπου περαιτέρω επεξεργασία είναι αναγκαία για να συμμορφωθούν με άλλες οδηγίες, όπως οι οδηγίες περί των υδάτων ιχθύων, των υδάτων κολύμβησης, των υδάτων για οστρακοειδή, περί της διατήρησης των αγρίων πτηνών και των φυσικών οικοτόπων, κλπ. Η οδηγία προβλέπει επίσης μια παρέκκλιση για τις περιοχές που χαρακτηρίζονται ως λιγότερο ευαίσθητες.

Εφαρμογή: Στις 31 Δεκεμβρίου 1998 τα κράτη μέλη όφειλαν να εξασφαλίσουν ότι οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων σε όλους τους οικισμούς με PE άνω των 10.000 απορρίπτουν τα λύματα σε ευαίσθητη περιοχή. Στις 31 Δεκεμβρίου 1998 τα κράτη μέλη όφειλαν να εξασφαλίσουν την κατασκευή εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων σε όλους τους οικισμούς με PE άνω των 15.000, οι οποίες απορρίπτουν τα λύματά τους σε μια λεγόμενη «περιοχή κανονικής ευαισθησίας» και τα βιοαποδομήσιμα απόβλητα που παράγονται από τα φυτά των κλάδων μεταποίησης τροφίμων που απαριθμούνται στην

οδηγία, και τα οποία απορρίπτονται απευθείας σε ύδατα υποδοχής, ενώ πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις.

Στις 31 Δεκεμβρίου 2005 τα κράτη μέλη είχαν την υποχρέωση να παρέχουν συλλογή και επεξεργασία σε όλους τους οικισμούς με ΡΕ μεταξύ των 2.000 και 10 000 των οποίων τα λύματα απορρίπτονται σε ευαίσθητη περιοχή, και σε όλους τους οικισμούς με ΡΕ από 10.000 έως 15.000 των οποίων τα λύματα δεν απορρίπτονται σε ευαίσθητη περιοχή.

Το 2004, η έκθεση της Επιτροπής σχετικά με την εφαρμογή από τα κράτη μέλη, διαπίστωσε ότι ορισμένα κράτη μέλη, ιδίως η Γαλλία και η Ισπανία, ήταν αργή στην παροχή των απαιτούμενων πληροφοριών και διαδικασιών επί παραβάσει.

Η έκθεση ανέφερε επίσης μια σειρά από ανησυχίες σχετικά με την εφαρμογή σε αρκετές χώρες, ιδίως στην Ισπανία για τη μη παροχή προηγμένων μεθόδων επεξεργασίας στις υδρολογικές λεκάνες των ποταμών που έχουν χαρακτηριστεί ως ευαίσθητες στο κατάντη τμήμα τους.

Πολιτική σημασία: Η οδηγία για τα αστικά λύματα σηματοδότησε μια στροφή από τη νομοθεσία με στόχο την πρότυπα κατά την τελική χρήση σε αυστηρότερη νομοθεσία με στόχο τη ρύθμιση της ποιότητας του νερού στην πηγή. Η οδηγία εφαρμόζεται τόσο για τα οικιακά λύματα και τα λύματα από βιομηχανικούς κλάδους, που αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο μέρος της ρύπανσης. Κατέδειξε επίσης τον ολοένα και πιο λεπτομερή χαρακτήρα της νομοθεσίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης και οδήγησε σε σημαντικές δαπάνες σε πολλά κράτη μέλη.

Σύμφωνα με τα τελευταία στοιχεία (2013), η συλλογή και επεξεργασία των λυμάτων βελτιώθηκαν στην Ευρωπαϊκή Ένωση, αν και μεγάλες διαφορές εξακολουθούν να υφίστανται μεταξύ των κρατών μελών. Τα κράτη μέλη με τις καλύτερες επιδόσεις, όπως η Αυστρία, η Γερμανία και η Ολλανδία, πληρούν σε μεγάλο βαθμό τα πρότυπα που έχουν οριστεί για την επεξεργασία των λυμάτων, ενώ αρκετά άλλα κράτη μέλη είναι πολύ κοντά. Τα κράτη μέλη που προσχώρησαν τελευταία, τα οποία ξεκίνησαν από μια χαμηλότερη βάση, έχουν επίσης συνολικά βελτιώσει τη συλλογή και επεξεργασία των λυμάτων, παρά τα χαμηλότερα ποσοστά συμμόρφωσής τους προς τα ευρωπαϊκά πρότυπα. Στην πρόοδο αυτή συνέβαλε η ΕΕ με σημαντική χρηματοδότηση, ύψους 14,3 δισ. ευρώ για την περίοδο 2007-2013.

Η έκθεση δείχνει ότι το μεγαλύτερο μέρος (91%) του ρυπαντικού φορτίου των μεγάλων αστικών κέντρων της ΕΕ υπόκειται σε αυστηρότερη επεξεργασία. Πρόκειται για μια αξιοσημείωτη βελτίωση σε σχέση με την προηγούμενη έκθεση (77%).

Επιπλέον, χάρη στην καλύτερη επεξεργασία των υδάτων και τις μικρότερες απορρίψεις ακατέργαστων λυμάτων στο περιβάλλον, έχει αδιαμφισβήτητα βελτιωθεί η ποιότητα των υδάτων κολύμβησης. Στις αρχές του 1990, μόνον το 60% των υδάτων αυτών ήταν άριστης ποιότητας, ενώ σήμερα το ποσοστό αυτό ανέρχεται στο 78%.

Αποτελέσματα εφαρμογής

Σύμφωνα με την ευρωπαϊκή νομοθεσία που θεσπίστηκε το 1991, τα κράτη μέλη οφείλουν να εγκαταστήσουν συστήματα συλλογής των αστικών λυμάτων. Οφείλουν επίσης να διασφαλίζουν ότι τα ύδατα που εισρέουν σ' αυτά τα συστήματα υπόκεινται στην κατάλληλη

"δευτεροβάθμια" επεξεργασία για απομάκρυνση των ρύπων. Τα λύματα που εισρέουν σε ευαίσθητες περιοχές (όπως περιοχές κολύμβησης ή δεξαμενές πόσιμο νερού) πρέπει να υποβάλλονται σε πρόσθετες αυστηρότερες μορφές επεξεργασίας.

Η τελευταία έκθεση καλύπτει την περίοδο 2009/2010. Τα σημαντικότερα πορίσματα είναι τα εξής:

- Τα ποσοστά συλλογής των λυμάτων είναι πολύ υψηλά: 15 κράτη μέλη συλλέγουν το 100% του συνολικού ρυπαντικού τους φορτίου. Όλα τα κράτη μέλη διατήρησαν ή βελτίωσαν τις προηγούμενες επιδόσεις τους, αν και τα ποσοστά συμμόρφωσης παρέμειναν κάτω από το 30 % στη Βουλγαρία, την Κύπρο, την Εσθονία, τη Λετονία και τη Σλοβενία.
- Το ποσοστό συμμόρφωσης όσον αφορά τη δευτεροβάθμια επεξεργασία ανέρχεται στο 82%, δηλαδή 4 ποσοστιαίες μονάδες πάνω σε σχέση με την προηγούμενη έκθεση. Παρατηρούνται όμως τεράστιες διαφορές ανάμεσα στα κράτη της ΕΕ-15, όπου τα ποσοστά κυμαίνονταν στο 90–100%, και στα κράτη της ΕΕ-12, όπου το μέσο ποσοστό συμμόρφωσης ήταν 39%.
- Το ποσοστό συμμόρφωσης όσον αφορά την αυστηρότερη επεξεργασία των λυμάτων, προκειμένου να καταπολεμηθεί ο ευτροφισμός ή να μειωθεί η βακτηριολογική ρύπανση που μπορεί να έχει επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου, ήταν 77 % συνολικά. Στην ΕΕ 12 ο μέσος όρος ήταν μόλις 14%, ενώ στην Αυστρία, τη Γερμανία, την Ελλάδα και τη Φινλανδία το ποσοστό συμμόρφωσης έφθασε το 100%.
- Το ποσοστό των εδαφών της ΕΕ που χαρακτηρίζονται ως ευαίσθητες περιοχές αυξήθηκε κατά δύο μονάδες σε σχέση με την προηγούμενη έκθεση, φθάνοντας σχεδόν το 75%. Η μεγαλύτερη αύξηση σημειώθηκε στη Γαλλία και την Ελλάδα.

Η έκθεση δείχνει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό (91%) του ρυπαντικού φορτίου των μεγάλων αστικών κέντρων της ΕΕ υπόκειται σε αυστηρότερη επεξεργασία. Πρόκειται για αξιοσημείωτη βελτίωση σε σχέση με την προηγούμενη έκθεση (77%). Ωστόσο, στο παράρτημα της έκθεσης, όπου παρέχονται συγκριτικά στοιχεία για τις 27 πρωτεύουσες των κρατών μελών της ΕΕ, επιστάται η προσοχή στο εξής: μόνον 11 από τις 27 διαθέτουν επαρκές σύστημα συλλογής και επεξεργασίας, παρά το γεγονός ότι τα σχετικά πρότυπα έχουν θεσπιστεί πριν από 20 και πλέον χρόνια.

Το Ταμείο Συνοχής και το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης παίζουν σημαντικό ρόλο στην εφαρμογή της οδηγίας αυτής. Το 2009 διατέθηκαν 3,5 δισ. ευρώ σε έργα υποδομών για τα λύματα. Το 2010 το ποσό αυτό ανήλθε σε 9,7 δισ. ευρώ, εκ των οποίων 3,3 δισ. ευρώ χορηγήθηκαν στην Πολωνία, 1,2 δισ. ευρώ στη Ρουμανία και 600 εκατομμύρια στην Ουγγαρία. Για τη συνολική περίοδο προγραμματισμού 2007-2013, η συμβολή της ΕΕ σε επενδύσεις για τη συλλογή/επεξεργασία λυμάτων εκτιμάται σε 14,3 δισ. ευρώ.

Τα ποσοστά συμμόρφωσης ήταν υψηλότερα στις περιπτώσεις που εφαρμοζόταν η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει» και γινόταν επιστροφή των εξόδων. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προωθεί τη συμμόρφωση μέσα από τον συνεχή διάλογο και, όταν αυτό είναι απαραίτητο, εφαρμόζοντας τις λεγόμενες «διαδικασίες επί παραβάσει», ορισμένες εκ των οποίων χρονολογούνται από το 1997. Επί του παρόντος εκκρεμούν διαδικασίες επί παραβάσει κατά 10 κρατών μελών.

2.1.2. Πολιτική της οδηγίας

Η οδηγία ΕΑΛ (Επεξεργασία Αστικών Λυμάτων) θέτει τέσσερις βασικές υποχρεωτικές αρχές:

α. Σχεδίαση:

Τα στοιχεία σχεδίασης της οδηγίας υποχρεώνουν τα κράτη μέλη σε:

- Χαρακτηρισμό των ευαίσθητων περιοχών (φορείς με ευαίσθητο νερό), σύμφωνα με τρία ειδικά κριτήρια, ώστε να επανεξετάζει την ονομασία τους κάθε τέσσερα χρόνια.
- Προσδιορισμό των σχετικών υδραυλικών λεκανών απορροής των ευαίσθητων περιοχών και διασφάλιση ότι όλες οι απορρίψεις λυμάτων από οικισμούς με περισσότερους από 10.000 που βρίσκονται εντός της λεκάνης πρέπει να είναι πιο αυστηρή από τη δευτεροβάθμια επεξεργασία.
- Καθιέρωση λιγότερο ευαίσθητων περιοχών ανάλογα με την περίπτωση.
- Καθιέρωση ενός τεχνικού και χρηματοδοτικού προγράμματος για την εφαρμογή της οδηγίας για την κατασκευή των αποχετευτικών συστημάτων συλλογής και επεξεργασίας λυμάτων που αφορούν τους στόχους της επεξεργασίας μέσα στις προθεσμίες που καθορίζονται από την οδηγία (και στις συνθήκες προσχώρησης των νέων κρατών μελών).

β. Ρύθμιση:

Οι πτυχές ρύθμισης της οδηγίας υποχρεώνουν τα κράτη μέλη σε:

- Καθιέρωση συστημάτων προηγούμενης ρύθμισης ή της άδειας για όλες τις απορρίψεις αστικών λυμάτων.
- Καθιέρωση συστημάτων προηγούμενης ρύθμισης ή της άδειας για τις απορρίψεις βιομηχανικών λυμάτων σε συστήματα συλλογής για αστικά λύματα, με τους εξής περιορισμούς:
 - Ü Δεν θα πρέπει να εμποδίζεται η λειτουργία μονάδας επεξεργασίας ιλύος και η επεξεργασία των λυμάτων.
 - Ü Δεν θα έχει αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον (συμπεριλαμβανομένων των υδάτων υποδοχής).
 - Ü Ασφαλής διάθεση της λυματολάσπης.
- Καθιέρωση συστημάτων προηγούμενης ρύθμισης ή / και ειδικές άδειες και άδειες για τις βιομηχανίες επεξεργασίας τροφίμων.
- Διασφάλιση ότι όλα τα αστικά λύματα που παράγονται σε οικισμούς άνω των 2000 ΡΕ παρέχονται με συστήματα συλλογής, και ότι η ικανότητα αυτών είναι τέτοια ώστε όλα τα αστικά λύματα συλλέγονται, λαμβάνοντας υπόψη τις συνθήκες τοπικές κλιματικές συνθήκες και τις εποχιακές διακυμάνσεις.

- Διασφάλιση ότι οι εθνικές αρχές έχουν λάβει μέτρα για τον περιορισμό της ρύπανσης των υδάτων υποδοχής από υπερχειλίσεις όμβριων υδάτων μέσω συστημάτων συλλογής κάτω από ασυνήθιστες καταστάσεις, όπως η βροχή.
- Διασφάλιση ότι η επεξεργασία των λυμάτων σε όλους τους οικισμούς στο επίπεδο που ορίζεται από την οδηγία και εντός της προβλεπόμενης προθεσμίας γίνεται ως εξής:
Η δευτεροβάθμια επεξεργασία είναι το βασικό επίπεδο που θα πρέπει να παρέχεται, με αυστηρότερη επεξεργασία που απαιτείται σε ευαίσθητες περιοχές και τις λεκάνες απορροής τους.

Για ορισμένες απορρίψεις σε παράκτια ύδατα οι συνθήκες επεξεργασίας μπορεί να είναι λιγότερο αυστηρές (δηλαδή πρωτοβάθμια επεξεργασία), υπό ορισμένες προϋποθέσεις και με την επιφύλαξη της συμφωνίας της Ευρωπαϊκής Επιτροπής.

Για τους οικισμούς με ισοδύναμο πληθυσμό μικρότερο από 2000, αλλά είναι εξοπλισμένα με ένα σύστημα συλλογής, πρέπει να παρέχεται κατάλληλη επεξεργασία.

- Διασφάλιση ότι τηρούνται οι τεχνικές προδιαγραφές για το σχεδιασμό, την κατασκευή, λειτουργία και συντήρηση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων και ότι εξασφαλίζουν επαρκή δυναμικότητα του εργοστασίου και την επεξεργασία των αστικών λυμάτων που παράγονται σε οικισμούς λαμβάνοντας υπόψη τις κανονικές κλιματολογικές συνθήκες και τις εποχιακές διακυμάνσεις.
- Διασφάλιση της προστασίας του περιβάλλοντος από τις δυσμενείς επιπτώσεις της απόρριψης λυμάτων.
- Διασφάλιση ότι η περιβαλλοντικά και τεχνικά ορθή επαναχρησιμοποίηση ή διάθεση της ιλύος καθαρισμού λυμάτων υπόκειται σε γενικούς κανόνες, σε καταχώρηση ή άδεια και ότι τηρείται η απαίτηση της ειδικής διυπουργικής επιτροπής, που συνδέεται με τις οδηγίες για τη γεωργική επαναχρησιμοποίηση (86/278/ΕΟΚ), αποτέφρωση (89/429 / ΕΟΚ και 89/369/ΕΟΚ) και τους χώρους υγειονομικής ταφής (99/31/ΕΚ). Η διάθεση της λυματολάσπης σε επιφανειακά ύδατα απαγορεύεται.

γ. Παρακολούθηση:

Οι πτυχές της παρακολούθησης της οδηγίας υποχρεώνει τα κράτη μέλη να εξασφαλίσουν ότι τα προγράμματα παρακολούθησης είναι κατάλληλα και ότι τα προγράμματα ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις που προβλέπονται στο παράρτημα ΙΔ της οδηγίας όσον αφορά τις παραμέτρους που παρακολουθούνται, αναλυτική μέθοδο και τη συχνότητα δειγματοληψίας. Τα κράτη μέλη καλούνται να εξασφαλίσουν ότι παρακολουθούνται και οι δύο απορρίψεις από μονάδες επεξεργασίας αστικών λυμάτων και υδάτων υποδοχής.

δ. Πληροφορίες και υποβολή εκθέσεων:

Οι διατάξεις περί πληροφόρησης και υποβολής εκθέσεων της οδηγίας υποχρεώνει τα κράτη μέλη να εξασφαλίζουν ότι τα ακόλουθα τίθενται σε ισχύ:

- Κατάλληλοι μηχανισμοί για την συνεργασία και την ανταλλαγή πληροφοριών με άλλα κράτη μέλη σε περιπτώσεις όπου οι απορρίψεις λυμάτων έχουν διασυνοριακές επιπτώσεις στην ποιότητα των κοινών υδάτων.
- Επαρκείς διαδικασίες αναφοράς και βάσεις δεδομένων για την παροχή πληροφοριών στην Επιτροπή σχετικά με:
Τη μεταφορά της οδηγίας στην εθνική νομοθεσία, τα προγράμματα εφαρμογής και τις εκθέσεις κατάστασης σχετικά με τη διάθεση και την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων και της λυματολάσπης.
Κατάσταση των αποχετευτικών δικτύων, αποδοτικότητα των εγκαταστάσεων επεξεργασίας (δηλαδή σε επίπεδο επεξεργασίας και παρακολούθησης αποτελεσμάτων) και την ποιότητα των υδάτων υποδοχής.

Κατάσταση των απορρίψεων από τη βιομηχανία επεξεργασίας τροφίμων στα επιφανειακά ύδατα.

- Πρόσβαση για το κοινό στις σχετικές πληροφορίες και δημοσίευση των εκθέσεων για την κατάσταση κάθε δύο χρόνια σχετικά με την κατάσταση της συλλογής και επεξεργασίας λυμάτων και τη διάθεση ή επαναχρησιμοποίηση της ιλύος.

2.2 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Κάθε κράτος μέλος της ΕΕ είναι υποχρεωμένο να ενσωματώνει στην εθνική νομοθεσία τις οδηγίες που εκδίδονται από το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο. Οι ελληνικοί νόμοι που αφορούν τη διαχείριση των λυμάτων είναι οι παρακάτω:

2.2.1 Υγειονομική Διάταξη Ειβ221/1965

Υγειονομική Διάταξη Ειβ221/1965 (ΦΕΚ 138/Β/24.2.1965) «Περί διαθέσεως λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων» όπως ισχύει σήμερα μετά τις τροποποιήσεις με αριθ. Γ1γ/9900/27.11.74 (ΦΕΚ 1266/Β/3.12.74), στη συνέχεια με την αριθ. Γ1/2400/26.3.75 (ΦΕΚ 371/Β/4.4.75) και την Α1β/2055/4.3.80 (ΦΕΚ 338/Β/2.4.80) περί υποχρεωτικής κατασκευής αποχωρητηρίων» (Περιβαλλοντική υγιεινή και δημόσια υγεία, 2010).

Αφορά την υποχρέωση συγκέντρωσης και κατάλληλης διάθεσης όλων των παραγομένων από τις ανθρώπινες δραστηριότητες υγρών αποβλήτων (λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων). Στο νόμο αυτόν καθορίζονται (Περιβαλλοντική υγιεινή και δημόσια υγεία, 2010):

- Οι ορισμοί των χρησιμοποιούμενων όρων και εννοιών
- Γενικοί όροι για τη διάθεση λυμάτων ή βιομηχανικών αποβλήτων
- Οι όροι για τη διάθεση λυμάτων ή βιομηχανικών αποβλήτων σε επιφανειακά ύδατα. Πιο συγκεκριμένα, η διάθεση των λυμάτων ή των βιομηχανικών αποβλήτων επιτρέπεται να γίνεται στα επιφανειακά ύδατα ή στο έδαφος μονάχα αν παρέχεται άδεια σύμφωνα με το άρθρο 14 της παρούσας υγειονομικής διάταξης και μόνο εφόσον αποφεύγονται:
 - Η δημιουργία κινδύνων για τη δημόσια υγεία με τη μορφή μολύνσεων, οχλήσεων ή αντιαισθητικών καταστάσεων.
 - Η αλλοίωση των φυσικών, χημικών ή βιολογικών χαρακτηριστικών των υδάτων σε τέτοιο βαθμό ώστε να βλάπτεται η εκάστοτε προβλεπόμενη χρήση τους.
 - Η παρακώλυση του φυσικού αυτοκαθαρισμού των υδάτων και του εδάφους.
 - Οι βλάβες στα έργα και οι οικονομικές ζημιές.

Για την εξασφάλιση των παραπάνω:

- Θα πρέπει να τηρούνται οι καθέκαστα από την παρούσα υγειονομική διάταξη καθοριζόμενοι όροι.

Στην περίπτωση όμως που για οποιονδήποτε λόγο οι παραπάνω όροι δεν είναι επαρκείς, απαιτούνται τα παρακάτω συμπληρωματικά μέτρα:

- Η έγκριση της διάθεσης των λυμάτων ή βιομηχανικών αποβλήτων, σύμφωνα με τους όρους της παρούσης, θα λαμβάνονται από τον ενδιαφερόμενο για την κατασκευή κάθε είδους έργου (υπονόμων λυμάτων ή βιομηχανικών αποβλήτων, οικοδομών κατοικιών, ξενοδοχείων, σχολείων, νοσοκομείων, στρατώνων, ιδρυμάτων, βιοτεχνικών ή βιομηχανικών εγκαταστάσεων και ούτω καθεξής) από το οποίο προκύπτουν λύματα ή βιομηχανικά απόβλητα.
- Απαιτούμενα χαρακτηριστικά επιφανειακών υδάτων ανάλογα με τη χρήση τους

- Ελάχιστοι όροι αναφορικά με τη διάθεση των λυμάτων ή των βιομηχανικών αποβλήτων στα επιφανειακά ύδατα. Πιο συγκεκριμένα:
 - Û Τα λύματα ή τα βιομηχανικά απόβλητα ανάλογα με την ποσότητα και τη ποιότητα τους, τον αποδέκτη και τις τοπικές συνθήκες, θα υφίστανται επεξεργασία και θα διατίθενται με τέτοιο τρόπο ώστε να μη καθιστούν τα ύδατα που τα αποδέχονται ακατάλληλα για την εκάστοτε βάσει της προβλεπόμενης ανωτέρας τάξεως χρήση.
 - Û Σε καμία περίπτωση δεν επιτρέπεται η διάθεση λυμάτων ή βιομηχανικών αποβλήτων χωρίς την προηγούμενη επεξεργασία, που είναι ισοδύναμη τουλάχιστον προς την απλή καθίζηση μέσης διάρκειας 2 ωρών. Εξαιρέση του γενικού αυτού κανόνος γίνεται να επιτραπεί, μόνο όταν πρόκειται περί διάθεσης σε σημεία απομακρυσμένα από κατοικημένες ή πολυσύχναστες περιοχές, όπως αυτές καθορίζονται από το άρθρο 6 της παρούσας διάταξης και εφόσον δεν συντρέχουν συνθήκες μεταφοράς ρύπων ή μολύνσεων μέσω ρευμάτων.
 - Û Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων θα τοποθετούνται σε βιομηχανικές ζώνες ή εκτός των ορίων του σχεδίου πόλεως και, στην περίπτωση έλλειψης τέτοιων περιοχών θα τοποθετούνται στο περίγραμμα της κατοικημένης περιοχής και παράλληλα θα λαμβάνονται όλα τα απαιτούμενα μέτρα για την αποφυγή πρόκλησης κινδύνων ή οχλήσεων έως και της ανάπτυξης εντόμων, δυσοσμίων ή αντιαισθητικών καταστάσεων. Στις περιπτώσεις ιδιωτικών συστημάτων διάθεσης λυμάτων ή βιομηχανικών αποβλήτων, είναι δυνατόν οι σχετικές εγκαταστάσεις να τοποθετούνται ενός κατοικημένων περιοχών, εφόσον από αυτές τις εγκαταστάσεις δεν προκαλούνται κίνδυνοι ή οχλήσεις.
 - Û Εφόσον οι υγειονομικές υπηρεσίες κρίνουν αναγκαίο λόγω τοπικών συνθηκών, είναι δυνατόν να απαιτήσουν την εφαρμογή αποτελεσματικής απολύμανσης σε άλλες περιπτώσεις εκτός από αυτή μέσω της καθίζησης των διατιθεμένων λυμάτων. Επίσης δύνανται να απαιτήσουν την πρόβλεψη δυνατότητας απολύμανσης στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, παρότι δεν απαιτείται αυτή μόνιμα για την αντιμετώπιση εκτάκτων περιπτώσεων. Ειδικότερα, τα λύματα νοσοκομείων και αναρρωτηρίων, των ιδιωτικών συστημάτων διάθεσης θα υποβάλλονται πάντοτε σε αποτελεσματική απολύμανση, όσες φορές διατίθενται σε επιφανειακά ύδατα, στο επιφανειακό έδαφος ή στις καταβόθρες.
 - Û Η θέση και ο τρόπος εκβολής των λυμάτων ή βιομηχανικών αποβλήτων θα εξασφαλίζουν ταχεία και καλή ανάμιξη αυτών με τα νερά του αποδέκτη. Η αραιώση των λυμάτων βιομηχανικών αποβλήτων μέσα στα ύδατα του αποδέκτη, κατόπιν της εύλογης ανάμιξής τους κοντά στην εκβολή, θα είναι τέτοια ώστε να μη προκαλούνται σηπτικές ή εν γένει αντιαισθητικές ή οχληρές καταστάσεις. Σε κάθε όμως περίπτωση, και όταν πρόκειται για την εκβολή λιμών ή θαλασσών, το σημείο εκβολής τοποθετείται σε βάθος μεγαλύτερο του 1,00 μ. από την κατωτάτη στάθμη του ύδατος.
 - Û Το σημείο εκβολής λυμάτων, ανεξαρτήτως βαθμού καθαρισμού και απολύμανσης αυτών, θα πρέπει να απέχει τουλάχιστον, 300 μ. από τα όρια των περιοχών, που χρησιμοποιούνται για την αλιεία εδωδίων οστρακόδερμων και 200 μ. α τα όρια των περιοχών, που χρησιμοποιούνται για κολύμβηση. Αυτές οι αποστάσεις ασφαλείας θα αυξάνονται ανάλογα με την ποσότητα και την ποιότητα των

λυμάτων, καθώς και από τις τοπικές συνθήκες (θαλάσσια ρεύματα και ούτω καθεξής) με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζονται σε όλες τις συνθήκες τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά των υδάτων για τις εν λόγω χρήσεις.

- Καθορισμός της χρήσης των επιφανειακών υδάτων και των ειδικών όρων για τη διάθεση λυμάτων ή βιομηχανικών αποβλήτων για κάθε αποδέκτη
- Όροι για τη διάθεση λυμάτων ή βιομηχανικών αποβλήτων στο έδαφος
- Ειδικοί όροι για κάθε μέθοδο διάθεσης λυμάτων ή βιομηχανικών αποβλήτων στο έδαφος. Πιο συγκεκριμένα:

Ü Επιφανειακή διάθεση λυμάτων ή βιομηχανικών αποβλήτων:

Ø Τα διατιθέμενα λύματα ή βιομηχανικά απόβλητα θα έχουν υποβληθεί σε επεξεργασία τουλάχιστον ισοδύναμη προς την δι' εσχάρας ανοίγματος 2,5 εκ. Επίσης τα λύματα ή τα βιομηχανικά απόβλητα δεν θα βρίσκονται, κατά το δυνατόν σε σηπτική κατάσταση, καθώς θα λαμβάνονται τα κατ' ανάγκη απαιτούμενα μέτρα αερισμού ή χλωρίωσης.

Ø Η έκταση της περιοχής διαθέσεως θα είναι επαρκής και η επιφάνεια της θα έχει ομαλές κλίσεις, ώστε να εξασφαλίζεται η κανονική κατανομή και να προλαμβάνεται η υπερφόρτιση του εδάφους, ή και η δημιουργία συλλογών στάσιμων υγρών με αποτέλεσμα την ανάπτυξη σηπτικών καταστάσεων ή εντόμων. Τα τυχόν αποστραγγιζόμενα ή με οποιονδήποτε τρόπο διαφεύγοντα λύματα ή βιομηχανικά απόβλητα θα διατίθενται περαιτέρω ανάλογα με την περίπτωση συμφωνίας με τους όρους της παρούσας διάταξης.

Ø Η περιοχή διάθεσης δεν θα υπόκειται σε κατάκλυση από τις πλημμύρες. Η απόσταση των ορίων της περιοχής διαθέσεως λυμάτων ή βιομηχανικών αποβλήτων από κατοικημένες ή πολυσύχναστες περιοχές ή και άλλες περιοχές (υδροληψίας, οπωρώνων και ούτω καθεξής) θα καθορίζεται σε κάθε περίπτωση ανάλογα με την καθαρότητα των διατιθεμένων λυμάτων ή βιομηχανικών αποβλήτων, του τρόπου της επιφανειακής διαθέσεως αυτών και των τοπικών συνθηκών με τέτοιο τρόπο ώστε να μη προκαλούνται κίνδυνοι μόλυνσεων ή οχλήσεων. Ειδικότερα, δια την προστασία του ποσίμου ύδατος από λυμάτων, τα όρια της περιοχής διαθέσεως αυτών θα απέχουν τουλάχιστον 30 μ. από φρεάτια ή πηγές και 15 μ. από σωλήνες υδραγωγείου.

Ø Θα λαμβάνονται αποτελεσματικά μέτρα, ώστε να αποκλείεται είσοδος αναρμόδιων προσώπων και ζώων, εντός της περιοχής διαθέσεως των λυμάτων.

Ø Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες τα λύματα ή τα βιομηχανικά απόβλητα χρησιμοποιούνται για την άρδευση φυτειών, θα πρέπει να πληρούνται επιπλέον και οι παρακάτω όροι:

§ Τα διατιθέμενα λύματα ή βιομηχανικά απόβλητα θα έχουν υποβληθεί σε επεξεργασία σε επεξεργασία τουλάχιστον ισοδύναμη προς την απλή καθίζηση μέσης διάρκειας 2 ωρών.

§ Στα λύματα που προέρχονται από αρδευόμενες καλλιέργειες δεν θα περιλαμβάνονται λαχανικά εσθιόμενα χωρίς βρασμό.

§ Κάθε άρδευση μέσω λυμάτων θα διακόπτεται για δύο τουλάχιστον εβδομάδες για τη συγκομιδή ή τη βοσκή γαλακτοφόρων ζώων.

§ Δεν θα χρησιμοποιούνται λύματα ή βιομηχανικά απόβλητα βυρσοδεψείων ή ετέρων εγκαταστάσεων τα οποία είναι δυνατόν να είναι μολυσμένα δια σπορίων άνθρακος.

§ Θα προβλέπεται εναλλακτικός τρόπος υγιεινής διάθεσης των λυμάτων ή των βιομηχανικών αποβλήτων, όταν αυτά δεν χρησιμοποιούνται για την άρδευση.

ΰ Υπεδάφια διάθεση λυμάτων ή βιομηχανικών αποβλήτων:

Ø Τα διατιθέμενα λύματα ή βιομηχανικά απόβλητα θα έχουν υποβληθεί σε επεξεργασία ισοδύναμη τουλάχιστον προς την απλή καθίζηση μέσης διάρκειας 2 ωρών.

Ø Η απορροφητική ικανότητα του εδάφους θα είναι επαρκής, ώστε κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες να μη παρατηρείται επιφανειακή υπερχείλιση των διατιθεμένων λυμάτων ή βιομηχανικών αποβλήτων.

Ø Θα υφίσταται επαρκής απόσταση ασφαλείας της περιοχής διάθεσης των λυμάτων ή βιομηχανικών αποβλήτων, ανάλογα με τη καθαριότητα αυτών, του τρόπου διάθεσης αυτών και των τοπικών συνθηκών, ώστε να μην προκαλούνται κίνδυνοι αλλοίωσης των χαρακτηριστικών τυχόν επηρεαζόμενων από αυτά υδάτων, σε βαθμό που να βλάπτει την χρήση των υδάτων αυτών. Οι αποστάσεις ασφαλείας για τις περιπτώσεις διάθεσης λυμάτων, σε καμία περίπτωση δε θα πρέπει να είναι μικρότερες των 30 μ. από πηγές και ακτές κολύμβησης, των 15 μ. από σωλήνες υδραγωγείων και των 3 μ. από θεμέλια κτιρίων και οριογραμμές.

- Μικρά ιδιωτικά συστήματα διάθεσης λυμάτων
- Αποχωρητήρια χωρίς ροή ύδατος
- Μεταφορά λυμάτων, βιομηχανικών αποβλήτων ή ιλύος και διάθεσή τους
- Απολύμανση λυμάτων
- Υπόχρεοι και υποχρεώσεις
- Άδεια

2.2.2 ΚΥΑ 5673/400/1997 (ΦΕΚ 192/Β/ 1997)

ΚΥΑ 5673/400/1997 (ΦΕΚ 192/Β/ 1997) «Μέτρα και όροι για την επεξεργασία αστικών λυμάτων», όπως ισχύει σήμερα μετά τις τροποποιήσεις από την Υ.Α. 48392/939/2002, (405/Β/3.4.2002) και την Υ.Α. 19661/1982/1999, (1811/Β/29.9.1999) (ΕΛΙΝΥΑΕ, 2014).

Η συγκεκριμένη απόφαση αφορά την προάσπιση τόσο του περιβάλλοντος όσο και την δημόσια υγείας μέσα από την λήψη των αναγκαίων μέτρων ώστε να αποφευχθούν οι αρνητικές επιπτώσεις από τη διάθεση των αστικών λυμάτων και των λυμάτων που προέρχονται από συγκεκριμένους βιομηχανικούς τομείς, που ορίζονται στο παράρτημα της απόφασης (ΚΥΑ 5673/400/1997 (ΦΕΚ 192/Β/ 1997)).

Στην παρούσα απόφαση καθορίζονται (ΕΛΙΝΥΑΕ, 2014):

- Σκοπός
- Ορισμοί (αστικά λύματα, βιομηχανικά υγρά απόβλητα, κατάλληλη επεξεργασία και ούτω καθεξής)
- Πεδίο εφαρμογής
- Δημιουργία δικτύων αποχέτευσης
- Προσδιορισμός ευαίσθητων περιοχών - προϋποθέσεις διάθεσης αστικών λυμάτων
- Προσδιορισμός λιγότερο ευαίσθητων περιοχών - προϋποθέσεις διάθεσης αστικών λυμάτων
- Προϋποθέσεις διάθεσης αστικών λυμάτων από σταθμούς επεξεργασίας
- Μέτρα και προϋποθέσεις για τη διοχέτευση βιομηχανικών λυμάτων σε αποχετευτικά δίκτυα και σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων
- Μέτρα και προϋποθέσεις για την απευθείας διάθεση των βιομηχανικών λυμάτων
- Μέτρα και όροι για τη διάθεση λυμάτων και ιλύος από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων
- Έλεγχοι – παρακολούθηση των λυμάτων υποδοχής
- Κατάρτιση εκθέσεων
- Κατάρτιση προγραμμάτων
- Κυρώσεις
- Απαιτήσεις για τα αστικά λύματα
- Κριτήρια προσδιορισμού ευαίσθητων και λιγότερο ευαίσθητων περιοχών

- Βιομηχανικοί τομείς

2.2.3 ΚΥΑ 1966/1982/1999 (ΦΕΚ 1811/Β/ 23.9.1999)

ΚΥΑ 1966/1982/1999 (ΦΕΚ 1811/Β/ 23.9.1999): αποτελεί την τροποποίηση της παραπάνω ΚΥΑ-Κατάλογος ευαίσθητων περιοχών για τη διάθεση αστικών λυμάτων σύμφωνα με το άρθρο 5 (παράγραφος 1) της απόφασης αυτής, ενώ έχει συμπληρωθεί από Υ.Α. 48392/939/02, (405/Β/3.4.02).

Η παρούσα απόφαση αφορά τη συμμόρφωση της ΚΥΑ 5673/400/1997 με τις διατάξεις της οδηγίας 98/15/ΕΕ αναφορικά με την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, ώστε να επιτυγχάνεται με αποτελεσματικότερο τρόπο η προστασία του περιβάλλοντος και πιο συγκεκριμένα των περιοχών εκείνων που ορίζονται ως ευαίσθητες από τις απορρίψεις στους υδατικούς αποδέκτες των αστικών λυμάτων που διοχετεύονται σε σταθμούς επεξεργασίας (ΚΥΑ 1966/1982/1999 (ΦΕΚ 1811/Β/ 23.9.1999)).

Στην παρούσα απόφαση καθορίζονται:

- ΜΠΠ (Μονάδα Ισοδύναμου Πληθυσμού): το αποικοδομήσιμο οργανικό φορτίο που παρουσιάζει βιοχημικές απαιτήσεις σε οξυγόνο πέντε ημερών (BOD5) ίσες προς 60 gr/ημέρα
- Οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις που εγκαθίστανται σε ΒΠΠΕ διοχετεύουν τα λύματά τους μετά από προκαταρκτική επεξεργασία στην μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων της ΒΠΠΕ
- Οι ευαίσθητες περιοχές της ελληνικής επικράτειας
- Οι απαιτήσεις (τιμή συγκέντρωσης ή ποσοστό μείωσης) για απορρίψεις από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων σε ευαίσθητες περιοχές

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

3.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Υπάρχουν πολυάριθμες διαδικασίες/μέθοδοι, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον καθαρισμό υγρών αποβλήτων, ανάλογα με το είδος και την έκταση της μόλυνσης. Δύο είναι οι βασικές προσεγγίσεις στο θέμα:

- Η χρήση των απορριμμάτων στο νερό ως πόρος (όπως τεχνητοί υγρότοποι).
- Η χρήση των απορριμμάτων αυστηρά ως ρύπανση (όπως η πλειοψηφία των μονάδων επεξεργασίας σήμερα).

Το μεγαλύτερο μέρος των λυμάτων υποβάλλεται σε επεξεργασία σε ενεργοβόρες Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ) βιομηχανικής κλίμακας που περιλαμβάνουν φυσικές, χημικές και βιολογικές διαδικασίες επεξεργασίας. Ωστόσο, η χρήση των σηπτικών δεξαμενών και άλλων Εγκαταστάσεων Αποχέτευσης On-Site (OSSF) είναι ευρέως διαδεδομένη στις αγροτικές περιοχές.

Το πιο σημαντικό σύστημα επεξεργασίας είναι η αερόβια διεργασία ενεργού ιλύος, με βάση την συντήρηση και επανακυκλοφορία ενός συμπλόκου βιομάζας που αποτελείται από μικροοργανισμούς σε θέση ώστε να απορροφά και να προσροφά την οργανική ύλη που μεταφέρεται στα λύματα.

Αναερόβιες διεργασίες επεξεργασίας λυμάτων (UASB, EGSB) επίσης εφαρμόζονται ευρέως στην επεξεργασία των βιομηχανικών αποβλήτων και της βιολογικής ιλύος. Κάποια λύματα μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν ως ανακυκλωμένο νερό.

Ολοένα και πιο πολύ, στις περισσότερες οικολογικές προσεγγίσεις επεξεργασίας λυμάτων που χρησιμοποιούν συστήματα κλίνης, χρησιμοποιούνται τεχνητοί υγρότοποι. Η τριτοβάθμια επεξεργασία εφαρμόζεται όλο και περισσότερο και οι περισσότεροι κοινές τεχνολογίες είναι η πολύ μικρή διήθηση ή οι συνθετικές μεμβράνες. Μετά από διήθηση με μεμβράνη, τα επεξεργασμένα λύματα δεν ξεχωρίζουν από τα νερά φυσικής προέλευσης της ποιότητας του πόσιμου νερού (χωρίς μεταλλικά στοιχεία). Νιτρικά άλατα μπορούν να απομακρυνθούν από τα λύματα από φυσικές διεργασίες σε υγροτόπους αλλά και μέσω εντατικής μικροβιακής απονιτροποίησης, όπου μία μικρή ποσότητα μεθανόλης προστίθεται τυπικά για την παροχή των βακτηρίων με μία πηγή άνθρακα. Η επεξεργασία λυμάτων με όζον επίσης αυξάνεται σε δημοτικότητα, και απαιτεί τη χρήση μιας γεννήτριας όζοντος, η οποία απολυμαίνει το νερό, καθώς οι φυσαλίδες όζοντος διέρχονται μέσα στη δεξαμενή, αλλά είναι ενεργοβόρα.

Η διάθεση υγρών αποβλήτων από βιομηχανικές εγκαταστάσεις είναι ένα δύσκολο και δαπανηρό πρόβλημα. Τα περισσότερα διυλιστήρια πετρελαίου, χημικών και πετροχημικών προϊόντων έχουν On-site εγκαταστάσεις, για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων τους, έτσι ώστε οι συγκεντρώσεις των ρύπων των επεξεργασμένων λυμάτων σύμφωνα με τους τοπικούς ή και εθνικούς κανονισμούς σχετικά με την απόρριψη λυμάτων σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας της κοινότητας ή σε ποτάμια, λίμνες ή ωκεανούς. Οι τεχνητοί υγρότοποι που χρησιμοποιούνται σε έναν αυξανόμενο αριθμό υποθέσεων, παρέχουν υψηλής ποιότητας και αποδοτική επιτόπου επεξεργασία. Άλλες βιομηχανικές διεργασίες που παράγουν πολλά απόβλητα ύδατα, όπως η παραγωγή χάρτου και πολτού έχει δημιουργήσει περιβαλλοντικές ανησυχίες, που οδηγούν στην ανάπτυξη διαδικασιών για την ανακύκλωση της χρήσης νερού στις εγκαταστάσεις πριν τον καθαρισμό και την απόρριψη.

3.2 ΑΕΡΟΒΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΜΕΘΟΔΟΣ

Πριν γίνει παρουσίαση στις αερόβιες διεργασίες βιολογικής επεξεργασίας, είναι σημαντικό να συζητήσουμε εν συντομία τους όρους αερόβια και αναερόβια. Αερόβια, όπως υποδηλώνει ο τίτλος, σημαίνει υπό την παρουσία αέρα (οξυγόνου) ενώ η αναερόβια σημαίνει απουσία αέρα (οξυγόνου). Αυτοί οι δύο όροι έχουν άμεση σχέση με το είδος των βακτηρίων ή μικροοργανισμών που εμπλέκονται στην αποικοδόμηση των οργανικών ακαθαρσιών σε μία δεδομένη πηγή λυμάτων και τις συνθήκες λειτουργίας του βιοαντιδραστήρα.

Ως εκ τούτου, αερόβιες διεργασίες επεξεργασίας λαμβάνουν χώρα υπό την παρουσία αέρα και χρησιμοποιούν μικροοργανισμούς (που ονομάζονται επίσης αερόβια), οι οποίοι χρησιμοποιούν μοριακό/ελεύθερο οξυγόνο ώστε να αφομοιώσουν οργανικές προσμίξεις, δηλαδή τη μετατροπή τους σε διοξείδιο του άνθρακα, νερό και βιομάζα.

Οι αναερόβιες διαδικασίες επεξεργασίας, από την άλλη πλευρά λαμβάνουν χώρα απουσία αέρα (και επομένως μοριακού/ελεύθερου οξυγόνου) από τους εν λόγω μικροοργανισμούς (που ονομάζονται επίσης αναερόβιοι) οι οποίοι δεν απαιτούν αέρα (μοριακό /ελεύθερο οξυγόνο) ώστε να αφομοιώσουν οργανικές ακαθαρσίες. Τα τελικά προϊόντα της οργανικής αφομοίωσης στην αναερόβια επεξεργασία είναι το μεθάνιο, το αέριο διοξείδιο του άνθρακα και η βιομάζα.

Η βιολογική επεξεργασία είναι ένα σημαντικό και αναπόσπαστο μέρος της κάθε μονάδας επεξεργασίας λυμάτων που διαχειρίζεται λύματα είτε από το δήμο ή τη βιομηχανία που έχουν διαλυτές οργανικές ακαθαρσίες ή ένα συνδυασμό των δύο τύπων πηγών λυμάτων. Το προφανές οικονομικό όφελος, τόσο από την άποψη των επενδύσεων κεφαλαίου και του κόστους λειτουργίας, της βιολογικής επεξεργασίας σε σχέση με άλλες διαδικασίες επεξεργασίας, όπως η χημική οξείδωση, η θερμική οξείδωση, κλπ. έχει παγιώσει τη θέση της σε οποιαδήποτε ολοκληρωμένη εγκατάσταση επεξεργασίας των λυμάτων.

Η βιολογική επεξεργασία με αερόβια μέθοδο της ενεργού ιλύος υλοποιείται στην πράξη για πάνω από έναν αιώνα. Αύξηση της πίεσης για συμμόρφωση με αυστηρότερες προδιαγραφές εκκένωσης οδήγησε στην εφαρμογή μιας ποικιλίας από προηγμένες διεργασίες βιολογικής επεξεργασίας κατά τα τελευταία χρόνια.

3.3 ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο όγκος των αποβλήτων συνεχίζει να αυξάνεται ως αποτέλεσμα της δημογραφικής αλλαγής, την οικονομική ανάπτυξη και την αστική εξάπλωση. Μαζί με τις αυστηρότερες περιβαλλοντικές διατάξεις προστασίας, ως αποτέλεσμα των κανονισμών και του τρόπου ζωής, η επεξεργασία των λυμάτων είναι μια σημαντική περιβαλλοντική πρόκληση για τις τοπικές αρχές.

Η επεξεργασία των αστικών λυμάτων είναι επίσης μια τεχνολογική και οικονομική πρόκληση. Ο στόχος είναι η διαφύλαξη της βιοποικιλότητας και η προστασία των υδάτινων πόρων, εξασφαλίζοντας παράλληλα την ευημερία των τοπικών πληθυσμών.

Τα συστήματα επεξεργασίας σχεδιάζονται με διαφορετική πολυπλοκότητα με βάση την ποιότητα των λυμάτων προς επεξεργασία και την ευαισθησία του μέσου.

Ο καθαρισμός των αστικών λυμάτων συνήθως απαιτεί αρκετά στάδια επεξεργασίας. Τα στάδια αυτά παρουσιάζονται στις παρακάτω υποενότητες.

3.3.1 Προεπεξεργασία ή πρωτοβάθμια επεξεργασία

Σκοπός της προεπεξεργασίας είναι η προστασία του καθαρού νερού και γενικότερα η αφαίρεση οποιασδήποτε ουσίας που θα μπορούσε να δυσχεράνει τις μεταγενέστερες διαδικασίες επεξεργασίας. Ανάλογα με την ποιότητα του νερού που θα επεξεργαστεί, αρκετές διαδικασίες θα μπορούσαν να απαιτούνται, συμπεριλαμβανομένων:

- διαλογής
- στράγγισμα με μια συσκευή τυμπάνου Prepazur
- αφαίρεση άμμου
- επεξεργασία των λιπαρών καταλοίπων με τη χρήση της τεχνολογίας Biomaster
- καθαρισμός

Η πρωτοβάθμια επεξεργασία των λυμάτων αφαιρεί τα υπολείμματα στερεών ρύπων (BOD, COD και SS), και σε ορισμένες περιπτώσεις επιτυγχάνει την πάχυνση ιλύος.

Ανάλογα με την ποιότητα του νερού που πρόκειται να καθαριστεί, μπορεί να χρησιμοποιηθούν διάφορες πρωτογενείς και δευτερογενείς μονάδες καθίζησης.

Τα διαφορετικά στάδια της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας, που λαμβάνουν χώρα ώστε να μειωθούν τα ρυπαντικά φορτία των υγρών αποβλήτων παρουσιάζονται παρακάτω (η παρουσίαση γίνεται κατά σειρά προτεραιότητας) (Λιάκου, 2011):

- Εσχάρωση: με το συγκεκριμένο στάδιο επιτυγχάνεται η συγκράτηση των ογκωδών αντικειμένων με σκοπό να αποφευχθούν τυχόν προβλήματα δυσλειτουργίας και να προστατευτούν από μηχανικές εμφράξεις και βλάβες τόσο ο εξοπλισμός όσο και οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Το παρόν στάδιο διακρίνεται σε δύο είδη:
 - **Ü** με το πρώτο να αποτελεί την εσχάρωση αδρομερών κατά το οποίο και συγκρατούνται τα σχετικά μεγάλα στερεά με τη χρησιμοποίηση σταθερών εσχάρων. Οι εσχάρες αυτές μπορούν να είναι χονδρές, μεσαίου πάχους ή και λεπτές,
 - **Ü** και το δεύτερο στάδιο να αποτελεί την εσχάρωση λεπτοφυών στερεών κατά το οποίο και συγκρατούνται μικρότερου μεγέθους στερεά με τη χρησιμοποίηση κόσκινου, μορφής κεκλιμένου δίσκου ή τυμπάνου, που αποτελείται από ανοξείδωτο πλέγμα ή νήμα με ανοίγματα που ποικίλουν από 0,23 έως και 3,3 mm.
- Εξάμμωση: στο συγκεκριμένο στάδιο επιδιώκεται η συγκράτηση παρασυρόμενων κυρίως ανόργανων υλικών (όπως για παράδειγμα η άμμος ή τα χαλίκια) μεγάλου ειδικού βάρους διαμετρήματος, συνήθως μεγαλύτερου από 0,15 mm με 0,2 mm με σκοπό να προστατευτούν από μηχανικές εμφράξεις και βλάβες οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας που ακολουθούν αλλά και να αποφευχθεί ο συχνός καθαρισμός της δεξαμενής χώνευσης ιλύος από τα αδρανή ιζήματα.

Η διάταξη της εξάμμωσης είναι όμοια σε μορφή και λειτουργία με αυτή της καθίζησης.

- **Λιποσυλλογή:** το συγκεκριμένο στάδιο απαιτείται όταν πρόκειται για την τεχνολογία καθαρισμού των υγρών βιομηχανικών αποβλήτων και πιο συγκεκριμένα όταν παρατηρούνται λιπαρές ή ελαιώδεις προσμίξεις. Με το παρόν στάδιο αποφεύγεται η έμφραξη του μηχανολογικού εξοπλισμού. Ο τρόπος διαχωρισμού των ελεύθερων και επιπλέοντων λιπαρών από τα απόβλητα πραγματοποιείται μέσα από τη διαύγαση βαρύτητας. Μάλιστα, τα λιπαρά συστατικά με ειδικό βάρος μικρότερο του νερού επιπλέουν στην επιφάνεια του διαχωριστή, από όπου και ξαφρίζονται με ξέστρο και τελικά οδηγούνται για επιπρόσθετη επεξεργασία ή διάθεση. Στην περίπτωση που τα λιπαρά συστατικά έχουν τη μορφή κολλοειδών τότε χρειάζεται ειδική επεξεργασία ώστε να απελευθερωθούν από το κολλοειδές διάλυμα και να διαχωριστούν μέσω βαρύτητας, χημικής κροκίδωσης ή επίπλευσης με αέρα ανάλογα με τον τύπο δηλαδή του κολλοειδούς διαλύματος.

Η διάταξη της λιποσυλλογής είναι κατά κανόνα ένας διαρρυθμισμένος θάλαμος που επιτρέπει την επιπλέουσα ύλη να παραμείνει στην επιφάνεια των αποβλήτων μέχρι και την απομάκρυνσή της, ενώ το υγρό συνεχίζει να ρέει μέσα από βαθιά στόμια εκροής.

- **Εξισορρόπηση - Ομογενοποίηση:** το παρόν στάδιο είναι κρίσιμο για να εξασφαλιστεί η αποδοτική λειτουργία των συστημάτων επεξεργασίας. Η εξισορρόπηση ροής μπορεί να αναφέρεται στο σύνολο των παροχών διαφορετικών παραγωγικών διαδικασιών ή και σε επιλεγμένες ροές ορισμένων σταδίων της ίδιας παραγωγικής διαδικασίας.

Κατά κανόνα το στάδιο αυτό λαμβάνει χώρα σε δεξαμενές κατάλληλου όγκου με σκοπό να εξασφαλιστεί ο απαραίτητος υδραυλικός χρόνος παραμονής (ποικίλει συνήθως από 3 έως και 10 ώρες).

- **Κροκίδωση:** το συγκεκριμένο στάδιο απαιτείται για την απομάκρυνση των αιωρούμενων και κολλοειδών στερεών που παραμένουν από την απλή καθίζηση. Η διαδικασία έχει σα σκοπό τη μείωση των ολικών στερεών, τη βελτίωση της απόδοσης της πρωτοβάθμιας καθίζησης και την απομάκρυνση του φωσφόρου. Η χημική επεξεργασία πραγματοποιείται μέσα από την προσθήκη στα απόβλητα χημικών ουσιών, οι οποίες και οδηγούν στη συνένωση των αιωρούμενων και των κολλοειδών στερεών, που μπορούν έτσι με ευκολία να απομακρυνθούν στη συνέχεια μέσω καθίζησης είτε στη δεξαμενή της πρωτοβάθμιας καθίζησης ή σε κάποια ειδική για το σκοπό αυτό ξεχωριστή δεξαμενή.
- **Καθίζηση:** το παρόν στάδιο στοχεύει στην αφαίρεση από τα υγρά απόβλητα των σωματιδίων ειδικού βάρους μεγαλύτερου του νερού και στηρίζεται στο ότι τα σωματίδια αυτά θα κατακάτσουν όταν σε ηρεμία λόγω της βαρύτητας. Το αποτέλεσμα, με από κάποιο χρονικό διάστημα ηρεμίας είναι να κατακάτσουν τα σωματίδια αυτά και έτσι η ιλύς να αφαιρεθεί με αντλία στο κάτω μέρος της δεξαμενής.

Οι δεξαμενές καθίζησης έχουν κυκλικό, ορθογωνικό ή κυλινδρικό σχήμα είτε είναι στατικές με κεκλιμένα επίπεδα ή ξέστρα ιλύος.

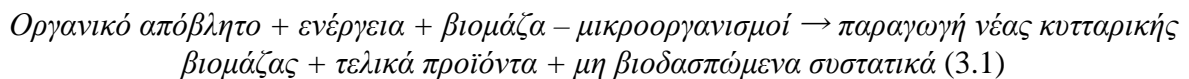
- **Επίπλευση:** χρησιμοποιείται για να καθαριστούν τα βιομηχανικά απόβλητα από τα διάφορα ελαιώδη συστατικά, τις ίνες και γενικά όλα εκείνα τα υλικά που έχουν βάρος μικρότερο από αυτό του νερού.

3.3.2 Βιολογική ή δευτεροβάθμια επεξεργασία

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία είναι η βιολογική επεξεργασία του νερού χρησιμοποιώντας μια μεγάλη ποικιλία μικροοργανισμών, κυρίως βακτηρίων. Αυτοί οι μικροοργανισμοί μετατρέπουν το βιοαποικοδομήσιμο οργανικό υλικό που περιέχεται στα λύματα σε απλές ουσίες και πρόσθετα βιομάζας.

Με την δευτεροβάθμια επεξεργασία επιτυγχάνεται η απομάκρυνση των διαλυμένων οργανικών ενώσεων και των αιωρούμενων στερεών και κυρίως της παραγόμενης βιομάζας. Τα αιωρούμενα αυτά στερεά απομακρύνεται κατά κανόνα μέσα από την εφαρμογή της δευτερεύουσας καθίζησης .

Με τον αερόβιο βιολογικό καθαρισμό πραγματοποιούνται διεργασίες που τελικά οδηγούν στη βιολογική σταθεροποίηση ή την οξείδωση της οργανικής ύλης (ρύποι) των αποβλήτων. Οι διεργασίες περιγράφονται από την παρακάτω εξίσωση, ενώ η όλη διαδικασία πραγματοποιείται μέσω ανάδευσης:



Η δευτεροβάθμια επεξεργασία στηρίζεται στην πραγματοποίηση βιοχημικών διεργασιών, οι οποίες λαμβάνουν χώρα ανεξέλεγκτα στη φύση, όπως για παράδειγμα όταν διοχετεύονται τα απόβλητα σε έναν υδάτινο αποδέκτη. Από την άλλη, οι βιοχημικές διεργασίες αυτές πραγματοποιούνται με ελεγχόμενο τρόπο σε ειδικές για το σκοπό αυτό δεξαμενές (Ντούλας et al., 2007).

Οι συγκεκριμένες δεξαμενές παρέχουν τις κατάλληλες συνθήκες στους μικροοργανισμούς, δηλαδή την τροφή (οργανικά συστατικά των αποβλήτων) και το οξυγόνο, ώστε να αναπτυχθούν και να πολλαπλασιαστούν. Το αποτέλεσμα είναι η τα βλαβερά οργανικά συστατικά να αντικαθίστανται από τους μικροοργανισμούς αυτούς (κυρίως βακτηρίδια), που δεν είναι μόνο αβλαβείς, όπως οι παθογόνοι, αλλά συνιστούν και το μέσο καθαρισμού σε μια εγκατάσταση επεξεργασίας αστικών αποβλήτων. Το οξυγόνο προσφέρεται με τεχνητό τρόπο στους μικροοργανισμούς με τη βοήθεια διατάξεων, που ονομάζονται αεριστήρες. Λόγω των αεριστήρων και οι δεξαμενές ονομάζονται δεξαμενές αερισμού (Ντούλας et al., 2007).

Το μίγμα των μικροοργανισμών και της τροφής είναι η ονομαζόμενη ενεργός ιλύς, με αποτέλεσμα και η συγκεκριμένη μέθοδος του βιολογικού καθαρισμού να ονομάζεται και μέθοδος ενεργού ιλύος (Ντούλας et al., 2007).

Η ιλύς απομακρύνεται από τη μάζα των αποβλήτων, καθώς τα απόβλητα αφήνονται να διέλθουν σε δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης, στις οποίες η ιλύς καθιζάνει και έτσι τελικά συλλέγεται στον πυθμένα των δεξαμενών αυτών. Η καθιζάνουσα αυτή ιλύς αποτελεί τη δευτεροβάθμια λάσπη. Τα απόβλητα που έχουν πλέον καθαριστεί υπερχειλίζουν από την περιφέρεια των δεξαμενών. Μετά τη δευτεροβάθμια επεξεργασία, τα καθαρισμένα απόβλητα μπορούν να διατεθούν χωρίς κίνδυνο στον υδάτινο αποδέκτη, με την προϋπόθεση ότι ο αποδέκτης αυτός δεν έχει κριθεί ως ιδιαίτερα ευαίσθητος για να χρήζει τριτοβάθμιας επεξεργασίας (Ντούλας et al., 2007). Τα επεξεργασμένα απόβλητα και κατόπιν απολύμανσης απορρίπτονται στο περιβάλλον (Μίχος Α.Ε., 2014).

Στη βιολογική επεξεργασία περιλαμβάνεται και η ελεγχόμενη απονιτροποίηση.

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία διακρίνεται στις (Λιάκου, 2011):

- **Αερόβια Επεξεργασία:** Οι διεργασίες που πραγματοποιούνται κατά τον αερόβιο βιολογικό καθαρισμό καταλήγουν στη βιολογική σταθεροποίηση ή την οξείδωση του οργανικού φορτίου που περιέχεται στα απόβλητα. Οι μέθοδοι της αερόβιας επεξεργασίας συνοψίζονται παρακάτω:
 - **Ü** Ενεργός ιλύς (activated sludge)
 - **Ü** Βιολογικά φίλτρα (trickling filters)
 - **Ü** Περιστρεφόμενοι βιολογικοί δίσκοι (rotating biological discs)
 - **Ü** Βιοαντιδραστήρες Μεμβρανών (MBR)
- **Αναερόβια Επεξεργασία:** στη συγκεκριμένη επεξεργασία η αποδόμηση των οργανικών ουσιών πραγματοποιείται χωρίς να υπάρχει στοιχειακό οξυγόνο. Εφαρμόζεται κυρίως με σκοπό να χωνευτεί η παραγόμενη από τα συστήματα καθίζησης ιλύς και ώστε να καταστεί δυνατή η επεξεργασία ορισμένων πυκνών βιομηχανικών ή άλλων αποβλήτων σε αναερόβιες δεξαμενές. Συνήθως απαιτεί πολλές ημέρες παραμονής των αποβλήτων, οι οποίες κυμαίνονται από 10 έως και 30 ή ακόμη και περισσότερες ημέρες.

Στις δεξαμενές της δευτεροβάθμιας καθίζησης, η ιλύς καθιζάνει ως βιοκροκίδες, δηλαδή ως λάσπη. Ένα τμήμα της ιλύος κυκλοφορείται εκ νέου στη δεξαμενή αερισμού ώστε να ενισχυθούν οι μικροοργανισμοί, ενώ το υπόλοιπο αφαιρείται καθώς κρίνεται ως περισσευούμενο (Λιάκου, 2011).

3.3.3 Απολύμανση εκροής

Τα καθαρισμένα πια από τη δευτεροβάθμια επεξεργασία απόβλητα δέχονται μόνο τη διεργασία της απολύμανσης, η οποία γίνεται κατά κανόνα με τη χλωρίωση, που στοχεύει στο να εξοντωθούν οι παθογόνοι μικροοργανισμοί σε επιμήκεις δεξαμενές. Μετά την απολύμανση τα απόβλητα διοχετεύονται στον αποδέκτη (Ντούλας et al., 2007). Ωστόσο, η απολύμανση αυτή με χλώριο οδηγεί στην απόρριψη βλαπτικών χλωροπαραγώγων στο περιβάλλον (Μίχος Α.Ε., 2014).

Αντίθετα, η απολύμανση μέσω ακτινοβολίας UV αποτελεί μία απόλυτα ασφαλή και φυσική μέθοδο, που ούτε προσδίδει χημικά και ούτε έχει βλαβερές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Μάλιστα, η ακτινοβολία UV μπορεί να εφαρμοσθεί απευθείας σε δευτεροβάθμια λύματα, αν και για καλύτερη ποιότητα εκροής και κυρίως για την επαναχρησιμοποίηση του νερού για άρδευση και βιομηχανική χρήση προτείνεται πριν την εφαρμογή της απολύμανσης UV η φίλτρανση. Κατά περίπτωση τέλος μπορεί να προηγηθεί της φίλτρανσης και της κροκίδωσης (Μίχος Α.Ε., 2014).

Η απολύμανση UV γίνεται κυρίως με συστήματα βαρύτητας ανοικτού καναλιού, τα οποία και επιτρέπουν την πυκνότερη τοποθέτηση των λυχνιών και τον καλύτερο έλεγχο της ρύπανσής τους. Τα πιο εξελιγμένα συστήματα διαθέτουν αυτόματο χημικό και μηχανικό καθαρισμό. Τέλος, αν οι συνθήκες το υποχρεώνουν, δίνεται η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν συστήματα απολύμανσης UV κλειστού θαλάμου (Μίχος Α.Ε., 2014).

3.3.4 Τριτοβάθμια επεξεργασία της εκροής

Στάδιο που εφαρμόζεται όταν τα επεξεργασμένα λύματα προορίζονται για άρδευση ή για διάθεση σε υδατικό αποδέκτη.

Μάλιστα, λαμβάνει χώρα σε μια εγκατάσταση επεξεργασίας αστικών αποβλήτων, όταν τα επεξεργασμένα απόβλητα διοχετεύονται σε έναν αποδέκτη, στον οποίο είναι πιθανό να δημιουργηθούν συνθήκες ευτροφισμού ή όταν προσμένονται λειτουργικά προβλήματα στη μονάδα, όπως είναι για παράδειγμα η ανύψωση ή διόγκωση της λάσπης. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να απομακρυνθούν τόσο το άζωτο όσο και ο φώσφορος είτε με τη χρησιμοποίηση βιολογικών μεθόδων είτε με τη χρησιμοποίηση χημικών. Τα ογκώδη στερεά που συκρατούνται στις εσχάρες και η άμμος που καθιζάνει στους εξαμμωτές, κατόπιν αφυδάτωσης μεταφέρονται σε χωματερές από απορριμματοφόρα (Ντούλας et al., 2007).

Στο παρόν στάδιο περιλαμβάνεται και η απολύμανση των επεξεργασμένων αποβλήτων είτε με την προσθήκη ισχυρών οξειδωτικών παραγόντων είτε με τη χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας. Οι μέθοδοι του συγκεκριμένου σταδίου συνοψίζονται παρακάτω (Λιάκου, 2011):

- Διήθηση σε αμμόφιλτρα
- Προσρόφηση σε φίλτρα ενεργού άνθρακα
- Αντίστροφη ώσμωση
- Ιοντοεναλλαγή
- Χλωρίωση
- Οζόνωση
- Υπεριώδης ακτινοβολία (UV)
- Εξάτμιση

3.3.5 Επεξεργασία λάσπης

3.3.5.1 Είδη ιλύος

Η βιολογική επεξεργασία λυμάτων παράγει διαφορετικά είδη ιλύος κατά τη διάρκεια των επιμέρους σταδίων της διαδικασίας. Στη γλωσσική χρήση των λυμάτων οι ακόλουθοι όροι χρησιμοποιούνται για τη λάσπη (Lenntech water treatment solutions, 2014 γ)):

- **Ακατέργαστη ιλύς (raw sludge):** η ακατέργαστη ιλύς είναι η μη επεξεργασμένη και μη σταθεροποιημένη ιλύς, που μπορεί να ληφθεί από μονάδες επεξεργασίας λυμάτων. Τείνει να καθιστά όξινη τη χώνευση και παράγει οσμή.
- **Πρωτογενής ιλύς (primary sludge):** η πρωτογενής ιλύς παράγεται μέσω της μηχανικής διαδικασίας επεξεργασίας των λυμάτων. Προκύπτει μετά το στάδιο της εσχάρωσης και της εξάμμωσης και αποτελείται από άλυτες μολύνσεις λυμάτων. Η ιλύς που συσσωρεύεται στο κάτω μέρος της λεκάνης του πρωτογενούς καθίζησης, επίσης, καλείται πρωτογενής ιλύς. Η σύνθεση αυτής της λάσπης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της μονάδας. Η πρωτογενής ιλύς αποτελείται κατά ένα υψηλό ποσοστό από οργανικές ύλες, όπως είναι για παράδειγμα τα περιττώματα, τα λαχανικά, τα φρούτα, τα υφάσματα, το χαρτί και ούτω καθεξής. Το αποτέλεσμα που παράγεται είναι ένα παχύ υγρό με ένα ποσοστό ύδατος μεταξύ 93% και 97%.

- **Ενεργός ιλύς (activated sludge):** η απομάκρυνση της διαλυμένης οργανικής ύλης και των θρεπτικών ουσιών από τα λύματα λαμβάνει χώρα στο στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας, που όπως ήδη αναφέρθηκε, λαμβάνει χώρα από την αλληλεπίδραση διαφορετικών τύπων βακτηρίων και μικροοργανισμών, οι οποίες απαιτούν το οξυγόνο για να ζήσουν, να αναπτυχθούν και να πολλαπλασιαστούν ώστε να καταναλώσουν την οργανική ύλη. Η ιλύς που παράγεται από αυτή τη διαδικασία ονομάζεται ενεργός ιλύς. Η ενεργός ιλύς υφίσταται συνήθως σε μορφή νιφάδων, που εκτός ζωντανών και νεκρής βιομάζας περιέχουν προσροφημένα, αποθηκευμένα, καθώς και οργανικά και ανόργανα μέρη.

Η συμπεριφορά καθίζησης των νιφάδων της ενεργού λάσπης είναι μεγάλης σημασίας για τη λειτουργία του βιολογικού καθαρισμού. Οι νιφάδες θα πρέπει να έχουν μεγάλη δυνατότητα αφαίρεσης, έτσι ώστε η βιομάζα να μπορεί να διαχωρίζεται από τα καθαρισμένα λύματα χωρίς προβλήματα και ώστε ο απαιτούμενος όγκος της ενεργής ιλύος να μπορεί να αντληθεί πίσω στο τμήμα αερισμού.

- **Επιστρέφουσα ενεργή ιλύς (return activated sludge):** η ενεργοποιημένη ιλύς ρέει από τη βιολογική μονάδα αερισμού στην τελική μονάδα διαύγασης. Οι νιφάδες της ενεργής λάσπης κατακάθονται στον πυθμένα και μπορούν να διαχωριστούν από τα καθαρισμένα λύματα. Το κύριο μέρος της διαχωρισμένης ιλύος, που μεταφέρεται πίσω στη μονάδα αερισμού, ονομάζεται επιστρέφουσα ενεργή ιλύος.
- **Περίσσεια ιλύος, δευτεροβάθμια ιλύς (excess sludge, secondary sludge):** για να επιτευχθεί μια σταθερή ηλικία ιλύος, η αχρησιμοποίητη βιομάζα πρέπει να αφαιρεθεί από το σύστημα βιολογικού καθαρισμού ως περίσσεια ιλύος. Η περίσσεια ιλύος περιέχει μη υδρολυόμενα σωματιδιακά υλικά και βιομάζα που οφείλονται σε μεταβολισμούς.
- **Τριτοβάθμια ιλύς (tertiary sludge):** η τριτοβάθμια ιλύς παράγεται μέσω περαιτέρω σταδίων επεξεργασίας λυμάτων, όπως για παράδειγμα με την προσθήκη ενός συντελεστή κροκίδωσης.
- **Χωνεμένη ιλύς:** η χωνεμένη ιλύς συσσωρεύεται κατά τη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης. Έχει μαύρο χρώμα και μυρίζει γήινα. Ως συνάρτηση του βαθμού σταθεροποίησης η αναερόβια ιλύς παρουσιάζει ένα οργανικό τμήμα στερεών που κυμαίνεται από 45 % ως 60 %.

3.3.5.2 Περιεχόμενο ιλύος

Το κύριο χαρακτηριστικό της ενεργής ιλύος είναι η εμφάνιση των μικροοργανισμών, οι οποίες προσροφούν διαλυτή τροφή είτε πάνω από την επιφάνεια του σώματός τους είτε σε κάποιο κυτταρικό στόμιο συμβάλλοντας έτσι στον καθαρισμό λυμάτων. Η βιοκοινότητα της ενεργής ιλύος δίνει πληροφορίες για την κατάσταση της ενεργής ιλύος και για την επίτευξη του καθαρισμού. Η βιοκοινότητα αυτή αποτελείται από τα εξής (Lenntech water treatment solutions, 2014 β):

- **Βακτήρια:** τα βακτήρια είναι απλά, άχρωμα και μονοκυτταρικά φυτά που χρησιμοποιούν διαλυτή τροφή και είναι ικανά για αναπαραγωγή χωρίς αυτο το φως του ήλιου. Όπως αποικοδομητές παίζουν τον απαραίτητο οικολογικό ρόλο της αποσύνθεσης της οργανικής ύλης και της σταθεροποίησης των οργανικών αποβλήτων

στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Τα βακτήρια είναι υπεύθυνα για την αύξηση της ενεργής ιλύος στην οικιακή επεξεργασία των λυμάτων. Μια ευρεία ποικιλία βακτηρίων μπορεί να βρεθεί σε μια νιφάδα λάσπης. Ενδεικτικά, αναφέρονται οι παρακάτω τύποι βακτηρίων:

- **Spirillum:** γένος κοινών κινητικών μικροοργανισμών (Spirobacteria) που έχει τη μορφή σπειροειδούς σχήματος νημάτων.
- **Vitreoscilla:** Ένα γένος των gram-αρνητικών, αερόβιων ή μικροαεροφιλικών, άχρωμων νημάτων. Είναι ευκίνητα γλιστρώντας πλάγια, ενώ παράγουν μια ομοδιμερή βακτηριακή αιμοσφαιρίνη, ειδικά κάτω από συνθήκες ανάπτυξης όπου το οξυγόνο είναι περιορισμένο.
- **Sphaerotilus:** ένα περικαλυμμένο νηματοειδές βακτήριο που εμφανίζει ένα χαρακτηριστικό «ψευδούς» διακλάδωσης. Κάποτε λανθασμένα πιστευόταν ότι είναι υπεύθυνο για την πλειοψηφία των νηματοειδών επεισοδίων διόγκωσης S.natans, που έχει πλέον αναγνωριστεί ότι μόνο σπάνια συναντώνται. Σχετίζονται με τον περιορισμό των θρεπτικών ουσιών, και πιστεύεται ότι δεν εμφανίζονται σε φυτά με ανοξικές ζώνες.
- **Beggiatoa:** είναι ένα μεγάλο, άχρωμο βακτήριο του θείου που περιλαμβάνει τόσο αποικιακές όσο και νηματοειδείς μορφές και μπορεί να κυριαρχήσει στις μικροβιακές κοινότητες που συνδέονται με τα θαλάσσια ιζήματα. Το βακτήριο *Beggiatoa* spp. φαίνεται λευκό λόγω της αντανάκλασης του φωτός στα εγκλείσματα του σε θείο. Το εύρος μεγέθους του ποικίλει από μερικά χιλιοστά έως αρκετά μέτρα.
- **Zoogloea:** μια αποικία ή μάζα των βακτηριδίων που είναι ενταγμένες σε μια ιξώδη και ζελατινώδη ουσία. Είναι χαρακτηριστικό της μεταβατικής φάσης, κατά την οποία γρήγορα πολλαπλασιαζόμενα βακτήρια περνούν στη φάση της εξέλιξης τους.

Εκτός από τα βακτήρια, ένας αριθμός ειδών πρωτόζωων έχουν εντοπιστεί στην ενεργή ιλύς. Τα πρωτόζωα είναι μονοκύτταροι οργανισμοί που μπορούν να καταναλώνουν τροφή, όπως αυτή που καταναλώνουν τα βακτήρια και τα αιωρούμενα σωματίδια. Είναι οργανισμοί που υπάρχουν εν μέρει επί των ενεργοποιημένων νιφάδων λάσπης. Άλλα πρωτόζωα κινούνται ζωηρά πάνω ή μεταξύ των ενεργοποιημένων νιφάδων λάσπης. Από την άλλη τα νηματώδη ή τροχόζωα, που περιέχονται στην ενεργή ιλύς κατατάσσονται μεταξύ των πολυκύτταρων οργανισμών (Lenntech water treatment solutions, 2014 β)).

Η ιλύς που αντλείται μετά την διαδικασία επεξεργασίας των λυμάτων, περιλαμβάνει στην εκφορτωμένη σταθεροποιημένη κατάσταση (Lenntech water treatment solutions, 2014 β)):

- Άνθρακα (50-70%)
- Υδρογόνο (6,5-7,3%)
- Οξυγόνο (21-24%)
- Αζωτο (15-18%)
- Φώσφορο(1-1,5%) και
- Θείο (0-2,4%).

Το νερό είναι το κύριο συστατικό της ιλύος. Η ποσότητα του νερού εξαρτάται από το είδος της ιλύος (πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια ή τριτοβάθμια λάσπη) και τον τρόπο της

σταθεροποίησης (αερόβια, αναερόβια). Η ακατέργαστη ιλύς έχει περιεκτικότητα σε νερό από 93 % έως 99 %. Ως εκ τούτου, μια αφυδάτωση (μέχρι περίπου 35 % περιεκτικότητας ξηράς ουσίας) ή μια ξήρανση (σε πάνω από 85 % περιεκτικότητας ξηράς ουσίας) μπορεί να είναι απαραίτητη για μια περαιτέρω χρησιμοποίηση (Lenntech water treatment solutions, 2014 β)).

Το δεύτερο κύριο συστατικό είναι η ξηρά ουσία, η οποία αποτελείται από οργανικές και ανόργανες ουσίες (Lenntech water treatment solutions, 2014 β)).

Εκτός από τα κύρια μέρη, η ιλύς περιέχει μια μεγάλη ποικιλία ίχνους συστατικών που έχουν διαχωριστεί από τα λύματα. Οργανικά και ανόργανα ιχνοστοιχεία, τα οποία έχουν την προέλευσή του στα λύματα, βρίσκονται εμπλουτισμένο στην ιλύ (Lenntech water treatment solutions, 2014 β)).

3.3.5.3 Επεξεργασία ιλύος

Για την επιλογή της βέλτιστης επεξεργασίας της ιλύος πρέπει να γνωρίζουμε:

- Τη σύνθεση της ιλύος σε σχέση με την καταγωγή της
- Τον τελικό προορισμό των επεξεργασμένων λυμάτων (ανακύκλωση, την ανάκτηση, την καταστροφή)

Η σταθερή αύξηση του όγκου της λυματολάσπης που παράγεται από την επεξεργασία του νερού, που συνδέονται τόσο με τη δημογραφική αλλαγή και την αύξηση της εξάπλωσης των πόλεων, οδηγεί σε ολοένα και αυστηρότερους περιορισμούς για τους δήμους.

Η επεξεργασία της λάσπης, ώστε να μειωθεί ο όγκος της και να μετατραπεί σε ένα ανακτήσιμο προϊόν είναι πλέον μια αναγκαιότητα.

Για την υποστήριξη των τοπικών αρχών στη διαχείριση της ιλύος και των παραπροϊόντων επεξεργασίας, που πρέπει να ανακυκλώνονται, να εξαλειφθούν ή να ανακτηθούν, υπάρχουν διάφορες τεχνικές λύσεις:

- Πάχυνση Ιλύος και αφυδάτωση
- Χώνευση ιλύος προκειμένου να μειωθεί σε μέγεθος, αυξημένη ξηρότητα μέσω της αφυδάτωσης, μακροπρόθεσμη σταθεροποίηση, και την ανάκτηση της πράσινης ενέργειας από ιλύ σε μορφή βιοαερίου
- Θερμική, μικτή ή ηλιακή ξήρανση
- Καταστροφή με αποτέφρωση.

3.4 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

3.4.1 Ανεπιθύμητη οσμή

Οι εκπομπές αερίων από σταθμούς επεξεργασίας αστικών και βιομηχανικών λυμάτων πρέπει να ελέγχονται με τη σύλληψη των αερίων από τη στιγμή που εκπέμπονται και καλύπτοντας τους τομείς των εκπομπών. Μια ποικιλία των τεχνολογιών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιορίσει την κυκλοφορία οσμηρών αερίων, όπως:

- Διπλός βιολογικός και φυσικοχημικός έλεγχος οσμών για την εξαντλητική χρήση αποθείωσης
- Βιολογικός έλεγχος οσμών για την επεξεργασία στοιχείων με υδρόθειο και μερκαπτάνες.

3.4.2 Επικράτηση νηματοειδών (filamentous), διόγκωσης της λάσπης και επιπλέουσα ιλύς

Πολλές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων έχουν προβλήματα στο στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας, που σχετίζονται με την άφθονη ανάπτυξη των νηματοειδών μικροοργανισμών. Οι λόγοι για τη μαζική εμφάνιση των νηματοειδών μικροοργανισμών είναι (Lenntech water treatment solutions, 2014 α)):

- Η μικρή ποσότητα ιλύος
- Η μονόπλευρη σύνθεση των λυμάτων
- Οι διακυμάνσεις στα λύματα

Λόγω των αυξανόμενων απαιτήσεων όσον αφορά την επίτευξη καθαρισμού, το φορτίο ιλύος, δηλαδή η αναλογία του ημερήσιου φορτίου BOD που παρέχεται ως τροφή και η ξηρά στερεά ύλη της δεξαμενής ενεργής ιλύος, μειώνεται. Αυτή η μείωση οδηγεί στην άφθονη ανάπτυξη των νηματοειδών οργανισμών, καθώς αυτοί οι οργανισμοί αγγίζουν (σε αντίθεση με τα βακτήρια που σχηματίζουν νιφάδες) υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης, ακόμη και αν οι συγκεντρώσεις του οξυγόνου και του υποστρώματος είναι χαμηλές (Lenntech water treatment solutions, 2014 α)).

Ένας άλλος λόγος για την κυριαρχία των νηματοειδών μικροοργανισμών είναι η μονόπλευρη σύνθεση των λυμάτων, που παρατηρείται σε πολλές βιομηχανικές επιχειρήσεις. Επίσης, οι διακυμάνσεις στην εκροή, όπως για παράδειγμα η ασταθής ροή, η διακύμανση της θερμοκρασίας και οι ποικίλες αλλαγές στη σύνθεση των θρεπτικών ουσιών στα υγρά απόβλητα, μπορούν να ωφελήσουν την ανάπτυξη αυτών των οργανισμών, επειδή είναι γενικά πολύ λιγότερο προσλαμβάνοντα από τα βακτήρια που σχηματίζουν νιφάδες (Lenntech water treatment solutions, 2014 α)).

Όταν γίνεται αναφορά για νηματοειδείς οργανισμούς, συνήθως πρόκειται για βακτήρια και σε ορισμένες περιπτώσεις για νηματοειδείς μύκητες. Η παρουσία ενός ορισμένου ποσού νηματοειδών οργανισμών είναι πλεονεκτική, επειδή σε σύγκριση με τα βακτήρια που σχηματίζουν νιφάδες, επιτυγχάνουν πιο αποτελεσματική πρόσληψη των θρεπτικών συστατικών. Επιπλέον η ωοειδής κατασκευή τους υποστηρίζει τη λειτουργία τους για τη δέσμευση αιωρούμενων σωματιδίων. Τα πλεονεκτήματα αυτά αντιμετωπίζουν τα μειονεκτήματα μιας κατώτερης καθίζησης ιλύος, η οποία αυξάνει τις δαπάνες για τη δραστική επεξεργασία λάσπης (Lenntech water treatment solutions, 2014 α)).

Η αυξημένη ανάπτυξη των νηματοειδών μικροοργανισμών προκαλεί δύο εξαιρετικά ανεπιθύμητα φαινόμενα (Lenntech water treatment solutions, 2014 α)) που είναι::

- **Η ιλύς διόγκωσης (bulking sludge):** η ιλύς διόγκωσης αναφέρεται στη λάσπη που χαρακτηρίζεται από μια εξαιρετικά κακή διευθέτηση και από χαρακτηριστικά πύκνωσης. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η ιλύς διόγκωσης συσσωρεύεται στη μονάδα διαύγασης, όπου και σχηματίζει ένα παχύ στρώμα και πρέπει να αφαιρεθεί.

Η καθίζηση περιγράφεται από τις παραμέτρους του όγκου της ιλύος (SV) και από τον δείκτη όγκου ιλύος (SVI). Ο όγκος της λάσπης είναι ο ειδικός όγκος, που

καταλαμβάνει η λάσπη σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα καθίζησης (ως επί το πλείστον 30 λεπτά σε ένα βαρέλι) σε ml/ l. Ο δείκτης όγκου ιλύος περιγράφει την όγκο που έχει 1 g ιλύος (αναφερόμενο στην ξηρά στερεά ύλη) μετά από 30 λεπτά. της καθίζησης. Για τον υπολογισμό του VSI το SV (ml/ l) θα πρέπει να διαιρεθεί από την ξηρά στερεά ύλη TS (mg/ l):

$$VSI (ml/ g) = VS (ml/ l) / TS (g/ l) \quad (3.2)$$

Ο δείκτης όγκου ιλύος της ιλύος διόγκωσης είναι περισσότερος από 150 ml / g.

- **Η επιπλέουσα ιλύς (floating sludge):** Από την άλλη, η επιπλέουσα ιλύς είναι το δεύτερο φαινόμενο που λαμβάνει χώρα σε ασθενικές δεξαμενές ενεργής ιλύος. Η επιπλέουσα ιλύς επιπλέει στην επιφάνεια, λόγω της άφθονης ανάπτυξης των ακτινομυκήτων και ορισμένων άλλων νηματοειδών οργανισμών, τα οποία διαθέτουν μία υδρόφοβη κυτταρική επιφάνεια. Η υδρόφοβη κυτταρική επιφάνεια προσροφά φυσαλίδες αερίου αέρα και αζώτου και έτσι η ιλύς οδηγείται να κολυμπά προς τα πάνω. Η επιπλέουσα ιλύς πρέπει να αφαιρεθεί γρήγορα, επειδή οδηγεί στο σχηματισμό του αφρού στις σηπτικές δεξαμενές αναερόβιας επεξεργασίας ιλύος.

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι που απαγορεύουν την άφθονη ανάπτυξη των νηματοειδών μικροοργανισμών. Μια τεχνική λύση για την πρόληψη της διόγκωσης της ιλύος είναι ή η εφαρμογή υψηλά φορτωμένων δεξαμενών (high-loaded tanks, (selectors)) ως ένα στάδιο πριν από τη δεξαμενή της ενεργής ιλύος ή η εγκατάσταση συστημάτων υδατόπτωσης. Σε αμφότερες τις περιπτώσεις, η παρατηρηθείσα κλίση του υποστρώματος αντισταθμίζει τη χαμηλή φόρτωση των λυμάτων και έτσι η διόγκωση της ιλύος μπορεί να προληφθεί (Lenntech water treatment solutions, 2014 α)).

Μια παρόμοια μέθοδος βρίσκεται στο στάδιο της βιολογικής απομάκρυνσης του φωσφόρου στην προχωρημένη επεξεργασία λυμάτων: Εδώ το αποτέλεσμα των ανάντη, αναερόβιων δεξαμενών μίξης είναι το ίδιο με την η εφαρμογή υψηλά φορτωμένων δεξαμενών (Lenntech water treatment solutions, 2014 α)).

Άλλες μέθοδοι για να επιτευχθεί μια καλύτερη καθίζηση είναι η παράκαμψη της προκαταρκτικής καθίζησης, η βελτίωση των χαρακτηριστικών των λυμάτων από τα μονόπλευρα λύματα ή η προσθήκη ιζηματοποιητών και κροκιδωτικών (Lenntech water treatment solutions, 2014 α)).

3.4.3 Προβλήματα λειτουργίας λόγω αφρισμού

Ο αφρισμός κατά τη διαδικασία της ενεργής ιλύος είναι ένα κοινό λειτουργικό πρόβλημα σε πολλές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Ο αφρός μπορεί να παρατηρηθεί σε μια δεξαμενή αερισμού, στη δευτεροβάθμια καθίζηση, καθώς επίσης και σε έναν αναερόβιο χωνευτήρα. Ο αφρός στη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων είναι συνήθως κολλώδης, παχύρρευστος και καφέ σε χρώμα. Επιπλέει και συσσωρεύεται στην κορυφή των δεξαμενών και μπορεί να καταλάβει ένα μεγάλο κλάσμα των στερεών και του όγκου του αντιδραστήρα, μειώνοντας έτσι την ποιότητα της εκροής και τον έλεγχο του χρόνου κατακράτησης της ιλύος (SRT). Ο αφρός μπορεί επίσης να υπερχειλίσει σε διαβάσεις πεζών και γύρω περιοχές,

παρουσιάζοντας σοβαρές δυσκολίες και κινδύνους για την λειτουργία και το περιβάλλον (Microbewiki, 2012).

Πολλοί λόγοι που σχετίζονται με την δημιουργία αφρού: παρουσία αργά βιοδιασπώμενα τασιενεργών (παράδειγμα, οικιακά απορρυπαντικά) από βιομηχανικά ή αστικά λύματα, πλεονάζουσα παραγωγή εξωκυττάριας πολυμερούς ουσίας (EPS) από μικροοργανισμούς ενεργής λάσπης κάτω από συνθήκες περιορισμένων θρεπτικών συστατικών, πολλαπλασιασμός των νηματοειδών οργανισμών και του αερίου που παρέχονται στη δεξαμενή αερισμού ή που παράγονται στην ανοξική ζώνη των δεξαμενών αερισμού, τη δευτεροβάθμια καθίζηση και τους αναερόβιους χωνευτήρες (Microbewiki, 2012).

Ο σταθερός αφρός στη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων είναι το προϊόν από της αλληλεπίδρασης μεταξύ των φυσαλίδων αερίου, των τασιενεργών και των υδρόφοβων σωματιδίων. Τα υδρόφοβα σωματίδια συναθροίζονται στη διεπιφάνεια αέρα-νερού και ενισχύουν τη μεμβράνη του νερού μεταξύ των φυσαλίδων αέρα. Εν τω μεταξύ, τα σωματίδια αυτά χρησιμεύουν επίσης ως συλλέκτες για τασιενεργά, τα οποία σταθεροποιούν τον αφρό. Οι φυσαλίδες αερίου στη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων ενεργοποιούνται με αερισμό, μηχανική ανάμειξη και βιολογική διαδικασία, όπως είναι η απονιτροποίηση και η αναερόβια χώνευση. Οι τασιενεργά σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων προέρχονται από τα ρεύματα υγρών αποβλήτων, που περιέχουν αργά βιοδιασπώμενα τασιενεργά, ενώ τα υδρόφοβα σωματίδια αναφέρονται κανονικά στα νηματοειδή βακτήρια με μια δομή μακράς αλυσίδας και μια υδρόφοβη επιφάνεια (Microbewiki, 2012).

Δεν υπάρχουν καθολικά αποδεκτές αποτελεσματικές στρατηγικές για τον έλεγχο της δημιουργίας στις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων. Ειδικά μέτρα πρέπει να λαμβάνονται σύμφωνα με το αίτιο δημιουργίας του αφρού, τους οργανισμούς που εμπλέκονται και τη λειτουργική κατάσταση της μονάδας. Οι κοινές στρατηγικές για τον έλεγχο της δημιουργίας αφρού περιλαμβάνουν α) η μείωση του χρόνου κατακράτησης της ιλύος (ο χρόνος κατακράτησης γίνεται παρόμοιος με μέσο χρόνο κατακράτησης των κυττάρων, που χρησιμοποιείται συχνά σε λειτουργία επεξεργασίας λυμάτων) για να ξεπλυθούν τα νηματοειδή βακτήρια, β) η απομάκρυνση των υδρόφοβων ουσιών και του υποστρώματος που θα μπορούσαν να ενισχύσουν τη δημιουργία αφρού ή να ευνοήσουν την ανάπτυξη των νηματοειδών βακτηριδίων, γ) η εισαγωγή διαλογέων (selectors) πριν από τις δεξαμενές αερισμού για να καταστείλουν την ανάπτυξη των νηματοειδών βακτηριδίων και δ) η προσθήκη οξειδωτικών παραγόντων όπως είναι το χλώριο για να σκοτώσουν τα νηματοειδή βακτήρια (Microbewiki, 2012).

3.5 ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

3.5.1 Βιοαντιδραστήρες μεμβράνης (MBRs)

Η συνδυασμένη επεξεργασία συνίσταται σε ένα συνδυασμό από διάφορα στάδια επεξεργασίας σε ολοκληρωμένες μονάδες που ονομάζεται βιοαντιδραστήρες μεμβράνης (MBRs). Αυτοί οι βιοαντιδραστήρες ενσωματώνουν βιολογικό καθαρισμού ενεργού ιλύος, καθώς και μεμβράνη υπερδιήθησης για την παραγωγή λυμάτων που μπορούν να απορρίπτονται σε ευαίσθητες περιοχές ή να επαναχρησιμοποιηθούν.

Ανάλογα με τη συγκέντρωση της ιλύος στη δεξαμενή και την προβλεπόμενη ικανότητα επεξεργασίας, μπορούν να εισαχθούν διάφορες λύσεις:

- μια δομή που ενσωματώνει ένα ή περισσότερα συστήματα μεμβρανών κοίλης ίνας με εξωτερικό κάλυμμα που δέχονται συγκεντρώσεις ιλύος των 10 g / l, με κανένα όριο στο μέγεθος της μονάδας
- μια δομή που ενσωματώνει ένα ή περισσότερα μηχανικά ενισχυμένα συστήματα μεμβρανών με επίπεδη πλάκα για τις εγκαταστάσεις χειρισμού έως 100.000 PE και μια συγκέντρωση ιλύος 15 g / l.

3.6 ΔΙΑΘΕΣΗ ΛΥΜΑΤΩΝ

Υπάρχουν τρεις γενικές μέθοδοι με τις οποίες η τελική διάθεση των λυμάτων μπορεί να επιτευχθεί. Ωστόσο, η τελική διάθεση προκαλεί ανησυχία αναφορικά με τη συγκέντρωση παθογόνων μικροοργανισμών, βαρέων μετάλλων και βιολογικά ανθεκτικών οργανικών ενώσεων, όπως τα φυτοφάρμακα ή εντομοκτόνα, τα οποία μπορούν να εισχωρήσουν στο σύστημα προμήθειας νερού. Αυτές οι μέθοδοι συνοψίζονται παρακάτω (Water/ Wastewater Distance Learning Website, 2014):

- **Επιφανειακή διάθεση:** σε γενικές γραμμές η μέθοδος αυτή αποτελεί τη διάθεση λυμάτων που προκύπτουν από την άρδευση. Περιλαμβάνει την εξάπλωση των λυμάτων πάνω από την επιφάνεια του εδάφους γενικά με τάφρους άρδευσης. Παρατηρείται κάποια εξάτμιση, αλλά τα περισσότερα από τα λύματα εμποτίζονται το έδαφος και παρέχουν υγρασία με μικρές ποσότητες συστατικών λίπανσης για τη ζωή των φυτών. Η μέθοδος αυτή είναι σε μεγάλο βαθμό περιορίζεται σε μικρές ποσότητες λυμάτων που προέρχονται από ένα σχετικά μικρό πληθυσμό και όπου η έκταση γης είναι διαθέσιμη και δημιουργούνται ενοχλητικά προβλήματα. Χρησιμοποιείται βέλτιστα σε άγονες ή ημι-άνυδρες περιοχές, όπου η υγρασία που προστίθεται στο έδαφος έχει ιδιαίτερη αξία. Εάν καλλιεργούνται καλλιέργειες στην περιοχή απόρριψης, τότε η ανάπτυξη της βλάστησης θα πρέπει συχνά να εξαιρείται από τα λύματα. Επειδή τα ανεπεξέργαστα λύματα περιέχουν παθογόνους οργανισμούς, η παραγωγή των τροφίμων που προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο και που μπορούν να καταναλωθούν χωρίς μαγείρεμα δεν είναι επιθυμητή.
- **Υπόγεια διάθεση:** με αυτήν την μέθοδο τα λύματα εισάγονται μέσα στο έδαφος κάτω από την επιφάνεια της μέσω λάκκων. Είναι η μέθοδος που χρησιμοποιείται συνήθως για τη διάθεση των λυμάτων από κατοικίες ή ιδρύματα, στα οποία υπάρχει μόνο ένας περιορισμένος όγκος λυμάτων.
- **Απόρριψη από αραίωση:** η απόρριψη από αραίωση είναι η απλή μέθοδος της απόρριψης λυμάτων σε επιφανειακά ύδατα, όπως είναι ένα ποτάμι, μια λίμνη, η

θάλασσα, οι εκβολές ποταμών ή των υγροτόπων. Έχει ως αποτέλεσμα τη ρύπανση του υδάτινου αποδέκτη. Ο βαθμός της ρύπανσης εξαρτάται από την αραίωση, τον όγκο και τη σύνθεση των λυμάτων σε σύγκριση με τον όγκο και την ποιότητα του νερού με το οποίο αναμιγνύεται. Όταν ο όγκος και η περιεκτικότητα σε οργανική ύλη των υγρών αποβλήτων είναι μικρή, σε σύγκριση με τον όγκο του νερού που δέχεται τα υγρά απόβλητα, τότε το διαλυμένο οξυγόνο στο νερό υποδοχής είναι επαρκές για να οδηγήσει στην αερόβια αποσύνθεση των οργανικών στερεών και έτσι να μην υπάρξουν αρνητικές επιπτώσεις. Ωστόσο, παρά τη συνεχιζόμενη αερόβια κατάσταση των υδάτων υποδοχής, η μικροβιακή μόλυνση παραμένει μια απειλή για την υγεία και τα επιπλέοντα στερεά των υγρών αποβλήτων είναι ορατά ως απόδειξη της ρύπανσης, εάν δεν αφαιρεθούν προηγουμένως.

Όταν το διαλυμένο οξυγόνο στο νερό υποδοχής είναι ανεπαρκές για τη διατήρηση της αερόβιας αποσύνθεσης, λαμβάνει χώρα η αναερόβια αποσύνθεση και η σήψη με αποτέλεσμα να παρατηρούνται απαράδεκτες συνθήκες. Δεν είναι τόσο ο όγκος των λυμάτων που είναι ο κρίσιμος παράγοντας όσο η ποσότητα οργανικής ύλης που αποδομείται εύκολα στα απόβλητα ύδατα. Έτσι, ο όγκος των υγρών αποβλήτων που έχουν υποστεί επεξεργασία για την εξάλειψη ή μείωση αυτής της οργανικής ύλης μπορούν να απορρίπτονται σε μια φυσική επιφάνεια νερού, χωρίς να δημιουργούν απαράδεκτες συνθήκες, ενώ ο ίδιος όγκος ανεπεξεργαστων λυμάτων μπορεί να οδηγήσει σε κάποια ενόχληση. Το διαλυμένο οξυγόνο στο νερό υποδοχής είναι ο καθοριστικός παράγοντας.

Λιγότερο προφανή προβλήματα που συνδέονται με αυτό το είδος της διάθεσης είναι οι επιπτώσεις των τοξικών ή δυνητικά τοξικών ενώσεων που βρίσκονται στα οικιακά και βιομηχανικά λύματα. Αυτές μπορεί να περιλαμβάνουν άμεσες τοξικές επιδράσεις, όπως τα βαρέα μέταλλα στα ψάρια και η συγκέντρωση ορισμένων βιολογικά ανθεκτικών ενώσεων στην τροφική αλυσίδα. Ένα παράδειγμα θα ήταν η συσσώρευση ορισμένων φυτοφαρμάκων από μικροοργανισμούς, οι οποίοι καταναλώνονται από ανώτερους οργανισμούς όπως τα ψάρια, τα πουλιά ακόμη και ο άνθρωπος. Μια άλλη λεπτή περιβαλλοντική δράση που προκαλεί ανησυχία είναι ο εμπλουτισμός των υδάτων υποδοχής από την εισαγωγή των φυτικών θρεπτικών ουσιών, όπως το άζωτο και φώσφορο. Η παρουσία υπερβολικών ποσοτήτων αυτών των θρεπτικών ουσιών μπορούν να διεγείρουν την ανάπτυξη φυτών και φυκών στα ύδατα υποδοχής. Αυτό είναι ένα ιδιαίτερα ανησυχητικό φαινόμενο στην ενδοχώρα, που περικλείεται νερά όπως λίμνες, όπου το σώμα του νερού μπορεί να υποστεί ζημία από τις σταδιακές αλλαγές μακροπρόθεσμες αλλαγές που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια των ετών.

Από την άλλη, οι συνήθεις πρακτικές διάθεσης λυμάτων των κατοικημένων περιοχών είναι δύο και συνοψίζονται παρακάτω:

- **Διάθεση εκτός του χώρου παραγωγής ή σύστημα αποχέτευσης (off-site or sewer system):** βρίσκεται γενικά σε όλα τις κατοικημένες αστικές περιοχές. Συνήθως οι κατοικίες είναι χτισμένες πάνω σε οικοπέδα, τοποθετημένες κατά το μήκος δρόμων, με την κάθε κατοικία να συνδέεται μέσα από έναν οικιακό σωλήνα αποχέτευσης με μια μεγαλύτερης διαμέτρου κοινόχρηστη αποχέτευση, η οποία διατρέχει τους δρόμους ή περνά μέσα από τα ανοικοδόμητα όρια της κοινότητας, οδηγείται σε έργα επεξεργασίας λυμάτων που βρίσκονται σε χαμηλότερο υψόμετρο από τη μία πλευρά και από εκεί καταλήγει μέσω μιας κεντρικής εκβολής αποχέτευσης σε ένα ποτάμι ή μια περιοχή άρδευσης (Jordaan, M., 2009).

Υπάρχει διάκριση της διάθεσης αυτής ανάμεσα στα μονά και τα διπλά συστήματα αποχέτευσης με τα διπλά να αποτελούνται από έναν υπόνομο για τα οικιακά λύματα, το νερό πλύσης και ούτω καθεξής ο οποίος παραλληλίζεται από ένα σύστημα αποχέτευσης όμβριων. Στα μονά συστήματα ο υπόνομος και σύστημα αποχέτευσης όμβριων είναι ενωμένα. Το μειονέκτημα του μονού συστήματος είναι η ανάγκη της διαχείρισης μιας ευρείας ποσότητας και συνδυασμού υγειονομικών αποβλήτων και όμβριων ανά διαστήματα (Jordaan, M., 2009).

- **Διάθεση εντός του χώρου παραγωγής:** η συγκεκριμένη μέθοδος έχει μικρότερο κόστος εγκατάστασης και χαμηλές ανάγκες σε παροχή νερού. Η διαχείριση των λυμάτων είτε ολικά είτε μερικών των οικιακών λυμάτων γίνεται στο σημείο παραγωγής τους, δηλαδή στις εγκαταστάσεις της οικίας (Viraraghavan, Sundaravadivel και Vigneswaran, 2009).

Η διάθεση λυμάτων είναι η διαδικασία κατά την οποία τα λύματα μεταφέρονται από τις πόλεις και τις κατοικημένες περιοχές σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, όπου στη συνέχεια γίνεται επεξεργασία για να αφαιρεθούν οι ρύποι και να παραχθούν περιβαλλοντικά ασφαλή απόβλητα. Η διάθεση των αποβλήτων λυμάτων προστατεύει τη δημόσια υγεία και επιτυγχάνει πρόληψη των ασθενειών, καθώς και της ρύπανση των υδάτων από ρύπους λυμάτων. Πολλές σύγχρονες πόλεις έχουν συστήματα αποχέτευσης, και η προώθηση της τεχνολογίας επέτρεψε πιο φιλικές προς το περιβάλλον και υγιεινές λύσεις για τη διάθεση και τη επεξεργασία των λυμάτων. Τα αποχετευτικά συστήματα αποτελούν μέρος των σύγχρονων υποδομών και των αστικών υπηρεσιών κοινής ωφέλειας, στις οποίες περιλαμβάνονται και τα δίκτυα φυσικού αερίου, ηλεκτρικού και ύδρευσης.

Τα οικιακά λύματα, που παράγονται σε αστικές κατοικίες, ιδρύματα και επιχειρήσεις, συνήθως συλλέγονται από τις σωληνώσεις και αγωγούς που ονομάζονται υπόνομοι, τα οποία οδηγούν σε ένα κεντρικό σημείο απόρριψης. Στις αγροτικές κατοικίες, τα οικιακά λύματα συχνά συγκεντρώνονται σε μια σηπτική δεξαμενή επί του ακινήτου. Τα βιομηχανικά απόβλητα, τα οποία αποτελούνται από τα υγρά που παράγονται σε διαδικασίες παραγωγής, ορισμένες φορές, συλλέγονται σε υπονόμους, αλλά η φύση πολλών βιομηχανικών αποβλήτων μπορεί να καταστήσει επικίνδυνη ή δύσκολη την διαδικασία αυτή. Συχνά οι βιομηχανίες διαθέτουν τα δικά τους απόβλητα. Τα λύματα της καταιγίδας, η οποία προέρχεται από τη βροχή και τα υπόγεια ύδατα, συλλέγονται, είτε σε αποχέτευσης όμβριων ή με οικιακά λύματα και βιομηχανικά απόβλητα, και αυτό ονομάζεται συνδυασμένη αποχέτευση.

Ο σωλήνας αποχέτευσης πρέπει να είναι αρκετά ισχυρός για να αντέχει τις δομικές τάσεις στις οποίες υποβάλλεται στο έδαφος. Επιπλέον, ο ίδιος ο σωλήνας και οι αρθρώσεις μεταξύ των τμημάτων των σωλήνων πρέπει να είναι ικανά να αντέχουν τουλάχιστον μέτρια πίεση νερού χωρίς σημαντική διαρροή λυμάτων στο περιβάλλον. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την σωλήνα αποχέτευσης περιλαμβάνουν πλαστικά, υαλοποιημένο πηλό, χυτοσίδηρο και χάλυβα, λαμαρίνες, σκυρόδεμα και αμιαντοτσιμέντο. Αν και συνήθως είναι κυκλικοί, οι σωλήνες κατασκευάζονται επίσης σε σχήμα αυγού ή ημι-ελλειπτικό έτσι ώστε τα αιωρούμενα στερεά να μην συσσωρεύονται ακόμη και σε σχετικά χαμηλό ρυθμό ροής, περίπου 0,6 m ανά δευτερόλεπτο. Οι σωλήνες υπονόμων συνήθως έχουν κλίση προς τα κάτω προς το κεντρικό σημείο συλλογής λυμάτων, έτσι ώστε να τα λύματα να ρέουν σε αυτό, φυσικά, αν και μπορεί να απαιτηθεί αντλιοστάσιο.

Τα λύματα τελικά απορρίπτονται σε υπόγεια ή επιφανειακά υδάτινα ρεύματα. Σε προηγούμενους αιώνες, η αραιώση που παράγεται από τις απορρίψεις λυμάτων σε μεγάλα

υδατικά συστήματα θεωρήθηκε επαρκής για να καθιστούν αβλαβείς τυχόν τοξικές ουσίες που περιέχονται σε αυτό. Ωστόσο, ο όγκος των λυμάτων είναι πλέον τόσο μεγάλος, ώστε η αραιώση δεν θεωρείται πλέον μια επαρκή εγγύηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΣΕ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑ

Πρόκειται για ένα έργο μικρής κλίμακας στις περισσότερες των περιπτώσεων (μικρές κι μεσαίες μονάδες) με ιδιωτικό χαρακτήρα.

Βασικό κριτήριο για την επιλογή του συστήματος βιολογικού καθαρισμού είναι:

- να έχει όσο το δυνατόν λιγότερα μηχανικά μέρη,
- να χρησιμοποιεί όσο το δυνατόν λιγότερη ενέργεια,
- να είναι αξιόπιστο και να μην απαιτεί μια δύσκολη και συνεχή καθημερινή λειτουργία και συντήρηση.

Η μικρή κλίμακα των έργων σε συνδυασμό και με τις παραπάνω απαιτήσεις και δυσκολίες, οδήγησε στην τυποποίηση και την εμπορική παραγωγή συστημάτων επεξεργασίας τα οποία παρουσιάζουν περιορισμένο κόστος κατασκευής, υψηλή ποιότητα κατασκευής, αποδοτικότερη λειτουργία, μικρότερη έκταση για την κατασκευή. Συνδυάζονται συνήθως με σηπτικές δεξαμενές για την εξισορρόπηση της εισερχόμενης παροχής και την ικανοποιητική λειτουργία κάτω από συνθήκες μεταβαλλόμενης ημερήσιας παροχής.

Το σύστημα επεξεργασίας των λυμάτων που εφαρμόζεται συνήθως είναι **σύστημα ενεργού ιλύος** και οι παραλλαγές του π.χ. παρατεταμένος αερισμός, SBR).

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται βασικά συστήματα βιολογικού καθαρισμού, που χρησιμοποιούνται σε ξενοδοχειακές μονάδες (εκτεταμένη αναφορά γίνεται στα συστήματα ενεργού ιλύος, καθώς μια παραλλαγή αυτού χρησιμοποιείται στην μελέτη περίπτωσης του επόμενου κεφαλαίου).

4.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΟΥΣ ΚΑΙ ΟΙ ΠΑΡΑΛΛΑΓΕΣ ΤΟΥΣ

Η μέθοδος ενεργού ιλύος είναι η επικρατέστερη σήμερα μέθοδος επεξεργασίας και εφαρμόζεται με διάφορες παραλλαγές ανάλογα με τον τύπο αντιδραστήρα που χρησιμοποιείται.

Αντιδραστήρες είναι οι δεξαμενές στις οποίες γίνονται οι διεργασίες με συνηθέστερες αυτές του αερισμού της μείξης και της ανακυκλοφορίας. Όλες οι μονάδες βιολογικού καθαρισμού αποτελούνται από μια ομάδα αντιδραστήρων συνδεδεμένων μεταξύ τους εν σειρά ή παράλληλα, οι οποίοι επεξεργάζονται τα λύματα με μηχανικό, χημικό ή βιολογικό τρόπο.

Οι αντιδραστήρες διακρίνονται σε:

- Αντιδραστήρες ροής
- Περιοδικούς αντιδραστήρες διαδοχικών δόσεων SBR (Sequencing Batch Reactor)

Οι αντιδραστήρες ροής είναι αυτοί που εφαρμόζονται στις περισσότερες περιπτώσεις επεξεργασίας, αλλά παρουσιάζουν μειονεκτήματα ως προς το βαθμό αποδόμησης των ρύπων στις ποσοτικές και ποιοτικές μεταβολές των λυμάτων, και χαρακτηρίζονται με αυξημένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Στους περιοδικούς αντιδραστήρες SBR, η επεξεργασία των λυμάτων γίνεται διαδοχικά/κατά δόσεις, δηλαδή για ορισμένη ποσότητα και ποιότητα λυμάτων, η οποία μετριέται και ελέγχεται κάθε φορά. Βάσει αυτών των μετρήσεων προσδιορίζεται κάθε φορά ο χρόνος των διεργασιών στις οποίες επιβάλλονται τα λύματα ώστε το τελικό αποτέλεσμα δηλ. ο βαθμός καθαρισμού να είναι σταθερός ανεξάρτητα από τις ποιοτικές και ποσοτικές μεταβολές των λυμάτων.

4.1.1 Συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος

Το συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος χρησιμοποιείται ευρέως εξαιτίας της ευελιξίας του και της προσαρμοστικότητάς του σε μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών. Αποτελείται από τη μονάδα βιολογικής επεξεργασίας, τη μονάδα τελικής καθίζησης, τη διάταξη ανακυκλοφορίας της ιλύος και τη διάταξη απομάκρυνσης της περίσσειας ιλύος .

Ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία χρησιμοποιείται, το συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος μπορεί να συμπεριλάβει και την πρωτοβάθμια καθίζηση, που όμως δεν είναι απαραίτητη από λειτουργικής απόψεως. Ωστόσο, η χρησιμοποίηση της πρωτοβάθμιας καθίζησης απομακρύνει σημαντικό τμήμα των αιωρούμενων στερεών που περιέχονται στα λύματα, που κυμαίνεται από 40 % έως 70 %, ενώ οδηγεί και στη σημαντική μείωση του οργανικού φορτίου (25 – 40 % BOD₅). Σαν αποτέλεσμα, η χρήση της συμβάλει στην εφαρμογή μιας μικρότερου όγκου δεξαμενής αερισμού. Όμως, η χρήση της πρωτοβάθμιας καθίζησης μειονεκτεί καθώς οδηγεί στην παραγωγή μη σταθεροποιημένης πλεονάζουσας πρωτοβάθμιας λάσπης. Παρόλα αυτά χρησιμοποιείται, δεδομένου ότι και η δευτεροβάθμια λάσπη δεν είναι σταθεροποιημένη με αποτέλεσμα να απαιτείται, σε κάθε περίπτωση, η περαιτέρω επεξεργασία λάσπης. Συνήθως, και όταν πρόκειται για συστήματα μικρών οικισμών η πρωτοβάθμια καθίζηση δε χρησιμοποιείται και έτσι το σύστημα απλουστεύεται ακόμη πιο πολύ. (ΡΟΪΚΟΣ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΑΕ, 2012).

Στη δεξαμενή αερισμού πραγματοποιείται η διεργασία της αερόβιας διάσπασης των οργανικών ενώσεων που περιλαμβάνονται στα λύματα. Ο αερισμός, δηλαδή η τροφοδοσία του απαιτούμενου οξυγόνου στο ανάμικτο υγρό, και παράλληλα η διατήρηση της αιώρησης, πραγματοποιείται κατά κανόνα με τη χρήση φυσητήρων - διαχυτών (υποβρύχια διάχυση) ή επιφανειακών αεριστήρων .

Χαρακτηριστικό στοιχείο της ενεργού ιλύος είναι η διάταξη των βακτηρίων σε συσσωματώματα, οι λεγόμενες βιοκροκίδες. Οι βιοκροκίδες από την δεξαμενή αερισμού εισέρχονται στην δεξαμενή τελικής καθίζησης όπου και καθιζάνουν στον πυθμένα αυτής, ενώ το υπερκείμενο υγρό υπερχειλίζει προς την έξοδο. Η βιομάζα που συγκεντρώνεται στον πυθμένα της δεξαμενής αποτελεί την ενεργό ιλύ, το μεγαλύτερο μέρος της οποίας ανακυκλοφορεί στην δεξαμενή αερισμού ώστε να διατηρηθεί στο ανάμικτο υγρό η επιθυμητή συγκέντρωση βιομάζας. Η ανακυκλοφορία αυτή έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του μέσο χρόνο παραμονής των μικροοργανισμών στο σύστημα, ενώ η περίσσεια ιλύος απομακρύνεται από το σύστημα. Η κύρια εφαρμογή του συστήματος είναι στην επεξεργασία αστικών λυμάτων χαμηλού φορτίου

Μειονεκτήματα-πλεονεκτήματα

Τα κύρια πλεονεκτήματα του συμβατικού συστήματος ενεργού ιλύος είναι:

- Σχετικά χαμηλή κατανάλωση ενέργειας σε σύγκριση με το σύστημα του παρατεταμένου αερισμού.
- Υψηλός βαθμός απόδοσης σε ό,τι αφορά την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου εκφρασμένου σε BOD₅.
- Επίτευξη πλήρους νιτροποίησης σε θερμά κλίματα, π.χ. τους καλοκαιρινούς και φθινοπωρινούς μήνες της Ελλάδας.

- Δυνατότητα πραγματοποίησης της βιολογικής απομάκρυνσης του αζώτου και του φωσφόρου.
- Απαιτήση για μικρές σχετικά εκτάσεις σε σύγκριση με το σύστημα του παρατεταμένου αερισμού.

Τα κύρια μειονεκτήματα του συμβατικού συστήματος ενεργού ιλύος είναι

- Υψηλό κατασκευαστικό και λειτουργικό κόστος.
- Σχετικά υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις.
- Ανάγκη ύπαρξης εξειδικευμένου προσωπικού.
- Σχετικά ευαίσθητο σύστημα σε τοξικές ουσίες.
- Απαιτήση περαιτέρω επεξεργασίας για σταθεροποίηση τόσο της περίσσειας της ενεργού ιλύος, όσο και της ιλύος που προέρχεται από την πρωτοβάθμια καθίζηση (όταν αυτή χρησιμοποιείται).
- Εμφάνιση προβλημάτων νηματοειδούς διόγκωσης της ιλύος.
- Έλλειψη σταθερότητας σε περιπτώσεις μεταβαλλόμενων φορτίων εισόδου.

4.1.2 Σύστημα παρατεταμένου αερισμού

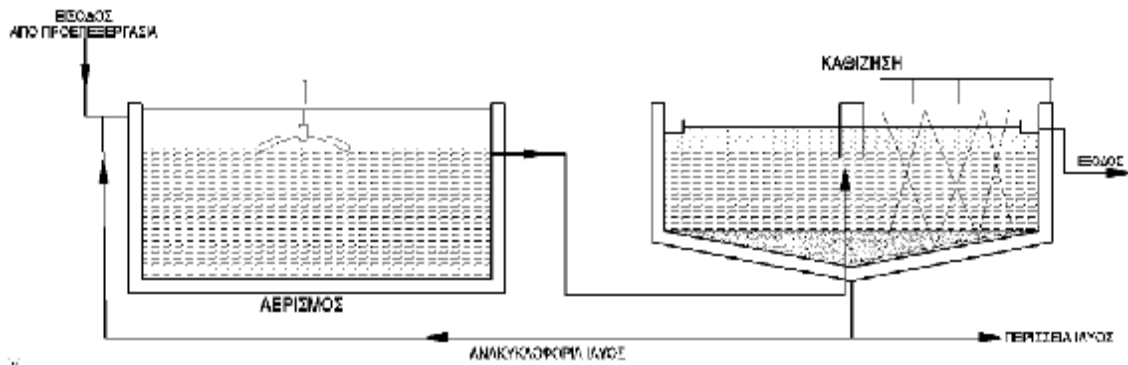
Το σύστημα παρατεταμένου αερισμού αποτελεί μια παραλλαγή του συμβατικού συστήματος ενεργού ιλύος που λειτουργεί σε υψηλές τιμές του χρόνου παραμονής των στερεών, δηλαδή σε χαμηλή οργανική φόρτιση. Εκτός αυτής της διαφοροποίησης, ο σχεδιασμός του είναι αντίστοιχος με αυτόν του συμβατικού συστήματος ενεργού ιλύος

Με την χρησιμοποίηση του συγκεκριμένου συστήματος επιτυγχάνεται μια μικρή παραγωγή περίσσειας ιλύος, που είναι σχετικά σταθεροποιημένη, με αποτέλεσμα να μειώνονται σε σημαντικό βαθμό οι ανάγκες της περαιτέρω επεξεργασίας της

Το σύστημα στην βασική του μορφή αποτελείται από:

- τη μονάδα βιολογικής επεξεργασίας,
- τη μονάδα τελικής καθίζησης
- τη διάταξη ανακυκλοφορίας της ιλύος
- τη διάταξη απομάκρυνσης της περίσσειας ιλύος

Στην σχήμα 4.1. που ακολουθεί φαίνεται η τυπική διάταξη του συστήματος επεξεργασίας με τη μέθοδο του παρατεταμένου αερισμού.



Σχήμα 4.1 Τυπική διάταξη του συστήματος παρατεταμένου αερισμού (ΡΟΪΚΟΣ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΑΕ, 2012)

Συνήθως, τα συγκεκριμένα συστήματα δεν συνδυάζονται με δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης. Σε ορισμένες περιπτώσεις και όταν πρόκειται για ένα μικρό μέγεθος έργου, τα συστήματα παρατεταμένου είναι προκατασκευασμένα, και οι επιμέρους μονάδες τους χωρίζονται με κοινά τοιχώματα.

Ο αερισμός πραγματοποιείται με σύστημα υποβρύχιας διάχυσης (φουσητήρες – διαχυτές) ή με επιφανειακούς αεριστήρες όπως στο σχήμα 4.1. Η περίσσεια ιλύος είναι σταθεροποιημένη και απομακρύνεται, κατά κανόνα για επιπλέον απλή επεξεργασία (πάχυνση – αφυδάτωση). Ο μεγάλος χρόνος παραμονής οδηγεί στη νιτροποίηση των λυμάτων, ενώ με την ενσωμάτωση ανοξικής δεξαμενής μπορεί να πραγματοποιηθεί και απονιτροποίηση. Η απαιτούμενη ανακυκλοφορία νιτροποιημένου υγρού στη μονάδα απονιτροποίησης πραγματοποιείται με άντληση ανάμικτου υγρού από την έξοδο του αερισμού.

Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα

Η βασική εφαρμογή του συστήματος είναι σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων ευρείας κλίμακας. Στην Ελλάδα υπάρχει σημαντική εμπειρία στο σχεδιασμό και κατασκευή συστημάτων επεξεργασίας παρατεταμένου αερισμού.

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει το σύστημα παρατεταμένου αερισμού είναι τα εξής

- Υψηλός βαθμός απόδοσης σε σχέση με την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου εκφρασμένου σε BOD₅.
- Δυνατότητα βιολογικής απομάκρυνσης αζώτου και φωσφόρου.
- Απλότητα σε σύγκριση με το τυπικό σύστημα ενεργού ιλύος.
- Μεγάλη ευστάθεια στις μεταβολές του υδραυλικού και οργανικού φορτίου αλλά και τοξικών λόγω του μεγάλου υδραυλικού χρόνου παραμονής.
- Περιορισμένη παραγωγή περίσσειας ιλύος και παράλληλα σταθεροποίηση αυτής εντός της δεξαμενής αερισμού, έτσι ώστε να μην απαιτεί περίπλοκα συστήματα επεξεργασίας.
- Δυνατότητα για την εισαγωγή των ακατέργαστων λυμάτων στην δεξαμενή αερισμού χωρίς τη παρεμβολή πρωτοβάθμιας καθίζησης.

Αντίστοιχα, τα κύρια μειονεκτήματα του συστήματος είναι :

- Υψηλό κατασκευαστικό και λειτουργικό κόστος.
- Σχετικά υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις.
- Ανάγκη ύπαρξης εξειδικευμένου προσωπικού.

- Εμφάνιση προβλημάτων νηματοειδούς διόγκωσης της ιλύος.

4.1.3 Αντιδραστήρας εναλλασσόμενων λειτουργιών (SBR)

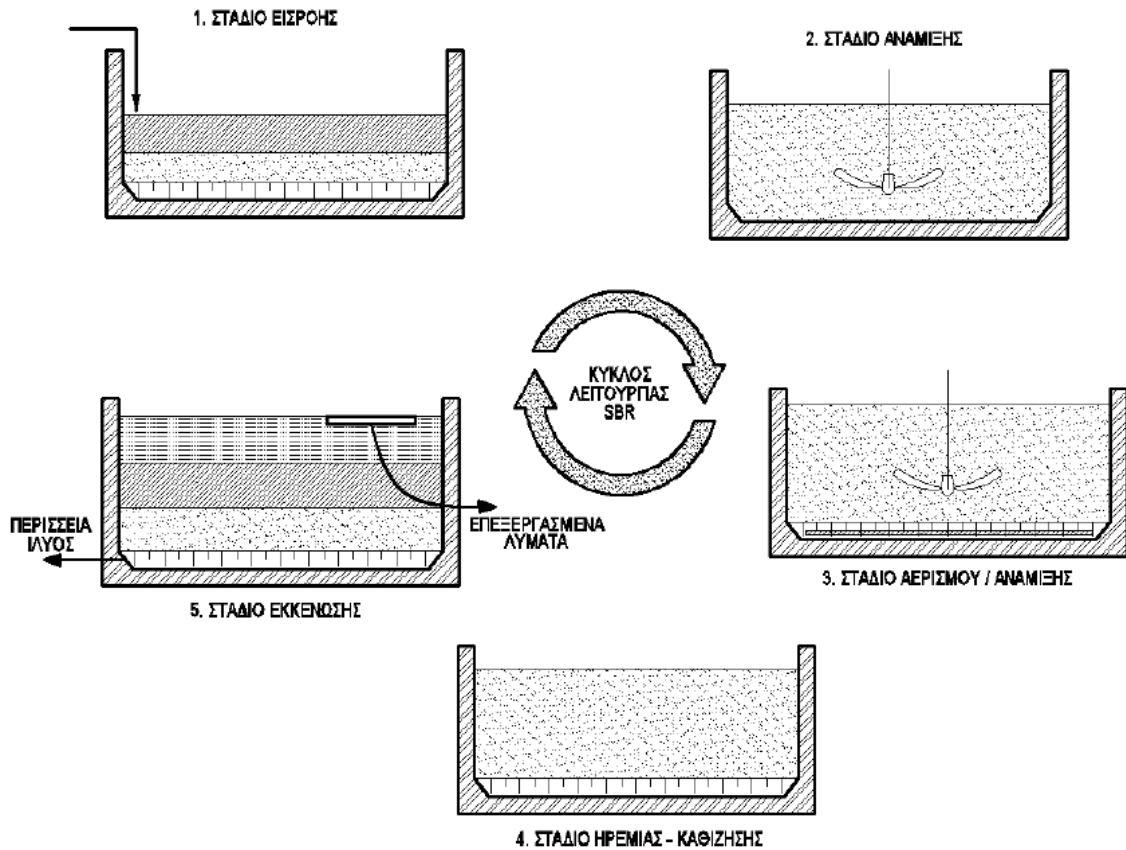
Ο αντιδραστήρας εναλλασσόμενων λειτουργιών, μπορεί να εφαρμοστεί τόσο στην περίπτωση μεγάλων εγκαταστάσεων όσο και σε μικρές, εξαιτίας της απλότητάς και της ικανότητάς να ανταποκρίνεται πολύ καλά στις μεγάλες διακυμάνσεις παροχών και ρυπαντικών φορτίων, που συνήθως παρατηρούνται στις μικρές εγκαταστάσεις. Χαρακτηριστικό του συστήματος είναι ο συνδυασμός σε κοινή δεξαμενή των λειτουργιών του βιολογικού αντιδραστήρα ενεργού ιλύος και της δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης. Έχει τέσσερις συνολικά εναλλασσόμενες φάσεις λειτουργίας όπως φαίνεται και στο σχέδιο 4.2. που ακολουθεί.

Η βασική διαφοροποίηση του παρόντος συστήματος από ένα συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος είναι ότι στον αντιδραστήρα εναλλασσόμενων λειτουργιών η διακριτοποίηση των βιοχημικών αντιδράσεων και της φυσικής διεργασίας της καθίζησης είναι χρονική Ένας πλήρης κύκλος λειτουργίας ενός συστήματος SBR αποτελείται από τέσσερις διαδοχικές φάσεις :

- Στη Φάση I (Φάση εισροής) εισέρχονται τα προς επεξεργασία λύματα στη δεξαμενή. Η φάση αυτή μπορεί να συνδυαστεί και με την επίτευξη βιοχημικών διεργασιών στην περίπτωση κατά την οποία θα τεθεί σε λειτουργία το σύστημα ανάμιξης (για την αποκατάσταση ανοξικών συνθηκών) ή το σύστημα αερισμού (για την αποκατάσταση αερόβιων συνθηκών) της δεξαμενής.
- Στη συνέχεια ακολουθεί η Φάση II (φάση αντιδράσεων) κατά τη διάρκεια της οποίας αποκαθίστανται εναλλακτικές και ανάλογα με τις απαιτήσεις επεξεργασίας, αναερόβιες, ανοξικές και αερόβιες με ενεργοποίηση και απενεργοποίηση των διατάξεων ανάμιξης και αερισμού.
- Μετά το πέρας της φάσης των αντιδράσεων, απενεργοποιείται το σύστημα ανάμιξης ή/και αερισμού για την επίτευξη συνθηκών ηρεμίας και την καθίζηση των καθιζήσιμων στερεών στον πυθμένα της δεξαμενής (Φάση III – καθίζηση).
- Κατά την Φάση IV (φάση εκκένωσης) η οποία αποτελεί και την τελευταία φάση, απομακρύνονται υπό συνθήκες ηρεμίας τα επεξεργασμένα λύματα με τη βοήθεια τηλεσκοπικής δικλείδας, επιπλέοντος υπερχειλιστή ή άλλου κατάλληλου εξαρτήματος που εξασφαλίζει σταθερή παροχή απομάκρυνσης. Στη ίδια φάση απομακρύνεται και η περίσσεια λάσπης.

Αφού ο αντιδραστήρας γεμίσει σταματάει η τροφοδοσία του και εκτελούνται οι επόμενες φάσεις μέχρι την εκκένωση και την αφαίρεση της περίσσειας λάσπης (τέλος κύκλου). Οι χρόνοι της κάθε φάσης του κύκλου συνήθως ρυθμίζονται ανάλογα με την ποσότητα των λυμάτων έτσι ώστε να έχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα και οικονομικότερη λειτουργία. Λόγω των συνθηκών ηρεμίας στη φάση καθίζησης, μια περίπου ώρα είναι επαρκής χρόνος για την ικανοποιητική καθίζηση της λάσπης, ενώ η διάρκεια της φάσης εκκένωσης μπορεί να

είναι μικρότερη από μία ώρα, γεγονός που τελικώς προσδιορίζεται από τη λειτουργία των κατάντη έργων χειρισμού της εκροής. Η καθίζηση της ιλύος σε συστήματα SBR είναι κατά κανόνα πολύ ικανοποιητική, με συγκεντρώσεις στερών της τάξεως των 10.000 mg/l. Για την αποφυγή προβλημάτων νηματοειδούς διόγκωσης, συνίσταται όπως η φάση εισροής των λυμάτων να είναι περιορισμένης διάρκειας



Σχήμα 4.2 Κύκλος λειτουργίας αντιδραστήρα εναλλασσόμενων λειτουργιών (ΡΟΪΚΟΣ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΑΕ, 2012)

Πλεονεκτήματα μειονεκτήματα

Τα κύρια πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι

- Υψηλός βαθμός απόδοσης ως προς την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου εκφρασμένου σε BOD₅.
- Ικανοποιητική απομάκρυνση αζώτου και δυνατότητα απομάκρυνσης φωσφόρου.
- Μικρή απαιτούμενη έκταση.
- Η απαίτηση για ελάχιστη απασχόληση προσωπικού, διότι η κατά φάσεις λειτουργία εύκολα αυτοματοποιείται.
- Το σύστημα ελάχιστα επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της παροχής εισροών και ρυπαντικών φορτίων.
- Λειτουργική ευελιξία του συστήματος.

- Τα προβλήματα διόγκωσης της ιλύος είναι σχεδόν ανύπαρκτα και σε κάθε περίπτωση ελέγχονται εύκολα.

Τα κύρια μειονεκτήματα της μεθόδου είναι:

- Υψηλό κατασκευαστικό και λειτουργικό κόστος, αν και χαμηλότερο από τα συμβατικά συστήματα ενεργού ιλύος και παρατεταμένου αερισμού.
- Η ενεργειακή κατανάλωση.
- Η απαίτηση αξιόλογου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και συστημάτων αυτοματισμού.
- Η αναγκαιότητα κατασκευής δεξαμενής εξισορρόπησης.

4.1.4 Αντιδραστήρας αιωρούμενου βιοφίλμ (MBBR)

Η μέθοδος επεξεργασίας MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor) αποτελεί μια δοκιμασμένη και αποτελεσματική τεχνολογία για τη βιολογική επεξεργασία των λυμάτων. Η συγκεκριμένη τεχνολογία πρωτοεμφανίστηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1980 και έχει εξελιχθεί σε ένα σύγχρονο σύστημα επεξεργασίας λυμάτων με συνεχώς αυξανόμενες εφαρμογές σε πολλές χώρες ανά τον κόσμο.

Πλεονεκτήματα μειονεκτήματα

Το σύστημα MBBR συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των συστημάτων προσκολλημένης βιομάζας με αυτά των συστημάτων αιωρούμενης βιομάζας. Έχει περιορισμένη εφαρμογή δεδομένου ότι αποτελεί σχετικά σύγχρονη τεχνολογία. Τα βασικότερα πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι:

- Μικρή απαιτούμενη έκταση.
- Λειτουργική αξιοπιστία: Σταθερότητα σε υψηλές μεταβολές φορτίων, ανεκτικότητα σε διακυμάνσεις, γρήγορη επαναφορά μετά από μεγάλες διαταράξεις, Οι αντιδραστήρες δεν φράσσουν, δεν υπάρχει κίνδυνος διόγκωσης της ιλύος.
- Ευελιξία: Ευελιξία στα σχήματα αντιδραστήρων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, σε τυχόν αυξανόμενες απαιτήσεις δυναμικότητας με την αύξηση του ποσοστού πλήρωσης της δεξαμενής, δυνατότητα χρήσης υφιστάμενων δεξαμενών για βιοαντιδραστήρες, ευκολία σε μελλοντικές επεκτάσεις.
- Επιπλέον. Δεν απαιτείται ανακυκλοφορία της ιλύος, χαμηλό φορτίο κατά το στάδιο του διαχωρισμού, χαμηλή παραγωγή ιλύος, μειωμένη κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος.

Τα κύρια μειονεκτήματα της μεθόδου είναι

- Υψηλό σχετικά κόστος κατασκευής.
- Αναγκαιότητα κατασκευής δεξαμενής εξισορρόπησης.

4.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΙΟΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΩΝ ΜΕ ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ (MBR)

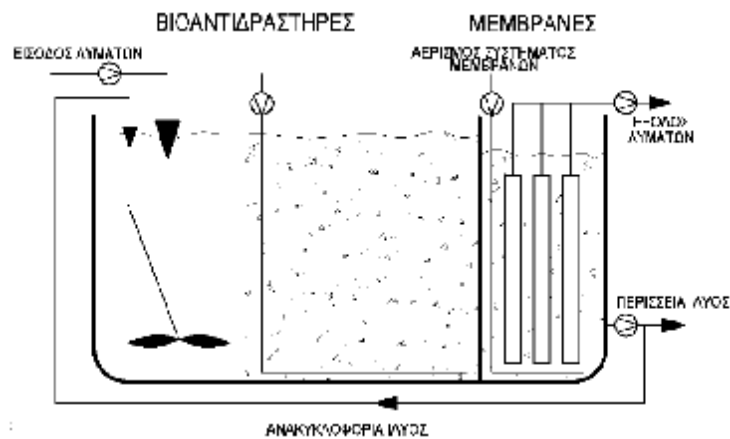
Το σύστημα βιοαντιδραστήρων με μεμβράνες (MBR) αποτελεί σχετικά πρόσφατη εξέλιξη στον τομέα της Επεξεργασίας Λυμάτων αλλά και στην αντιρρυπαντική τεχνολογία γενικότερα. Η μέθοδος αυτή, ουσιαστικά, αποτελεί τον συνδυασμό της κλασσικής και ευρέως διαδεδομένης μεθόδου ενεργού ιλύος με την μεθοδολογία της διύλισης, καταργώντας έτσι την χρήση δεξαμενών τελικής Καθίζησης σαν μέσο διαύγασης της τελικής εκροής και συμπίκνωσης της παραγόμενης ιλύος των γνωστών συστημάτων. Η καινοτομία της μεθόδου βρίσκεται στη χρήση ειδικών μεμβρανών νέας τεχνολογίας οποίες βρίσκονται βυθισμένες στο ανάμικτο υγρό και μέσω των οποίων διακινούνται τα λύματα.

Το σύστημα MBR εφαρμόζει σε γενικές γραμμές τις αρχές λειτουργίας ενός τυπικού συστήματος ενεργού ιλύος με τη διαφορά ότι οι συγκεντρώσεις ανάμεικτου υγρού κυμαίνονται από 10 έως 20kg/m³, ενώ η ηλικία της λάσπης διαμορφώνεται στις 30-60 μέρες ελαχιστοποιώντας τον υδραυλικό χρόνο παραμονής και την πλεονάζουσα ιλύ που προκύπτει πλήρως σταθεροποιημένη. Οι δεξαμενές τελικής καθίζησης του συστήματος ενεργού ιλύος αντικαθίστανται από μονάδες διύλισης μέσω μεμβρανών (τύπου MF ή UF) με πόρους από 0,01μm έως 1μm και κατά μέσο όρο κατά 0,4μm. Η ανακυκλοφορία της ενεργού ιλύος γίνεται με ταχείς ρυθμούς της τάξης των 5Q (όπου Q η παροχή σχεδιασμού) σε αντίθεση με τα κλασσικά συστήματα ενεργού ιλύος που η ανακυκλοφορία παίρνει τιμές από 0,5-1,5Q (ΡΟΪΚΟΣ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΑΕ, 2012). Η υψηλή συγκέντρωση της βιομάζας στο βιολογικό αντιδραστήρα, έχει ως συνέπεια την επίτευξη πλήρους διάσπαση της οργανικής ύλης (μικρή ποσότητα πλεονάζουσα ιλύς) και της νιτροποίησης μέσα σε περίπου 3 ώρες.

Το πρόβλημα της έμφραξης των μεμβρανών χρήζει προσοχής καθώς μπορεί να οδηγήσει σε αστοχία της εγκατάστασης και αντιμετωπίζεται τόσο με την βελτιωμένη ποιότητα μεμβρανών όσο και με την κατάλληλη προεπεξεργασία των λυμάτων όπως είναι η μικροεσχάρωση των εισερχόμενων λυμάτων και ο αερισμός των εισερχόμενων λυμάτων. Ένα σύστημα MRB λειτουργεί είτε με εμβαπτιζόμενες μεμβράνες στον βιοαντιδραστήρα (sMRB) είτε με εξωτερικές μεμβράνες (side-stream MBR).

Ο καθαρισμός των μεμβρανών γίνεται συνήθως μέσω του αερισμού (μεγάλες φυσαλίδες, sMRB) ή με αντίστροφη έκπλυση και κατά τακτά χρονικά διαστήματα με χρήση χημικών διαλυμάτων. Ο αναμενόμενος μέσος χρόνος ζωής μιας τέτοιας μεμβράνης κυμαίνεται από 3-10 χρόνια, γεγονός που εξαρτάται από την ποιότητα των εισερχόμενων λυμάτων, την ποιότητα της μεμβράνης και την μέθοδο προεπεξεργασίας.

Η μέθοδος αυτή μπορεί να λειτουργήσει σαν αυτοτελής επεξεργασία, μετά από κάποια ειδική απλή προεπεξεργασία ή σαν συμπλήρωμα επεξεργασίας σε υφιστάμενες μονάδες ως τριτογενής επεξεργασία .



Εικόνα 4.3 Τυπική διάταξη του συστήματος MBR (ΡΟΪΚΟΣ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΑΕ, 2012)

Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι:

- Εκροή υψηλής ποιότητας (απόδοση ως προς την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου εκφρασμένου σε BOD5 > 95%).
- Η τελική απορροή εκπληρώνει τα κριτήρια της Οδηγίας 91-271/ΕΟΚ ακόμη και για ισοδύναμους πληθυσμούς > 100.000 κατοίκους με εκροή σε ευαίσθητο αποδέκτη. Ομοίως καλύπτονται οι συνήθεις απαιτήσεις για τις μικροβιακές παραμέτρους των υδάτων κολύμβησης χωρίς να απαιτείται περαιτέρω απολύμανση. Τέλος αυξάνει τις επιλογές επαναχρησιμοποίησης του ανακτημένου νερού σύμφωνα με την ισχύουσα σχετική Κ.Υ.Α.
- Δεν παρουσιάζει προβλήματα καθιζηματικότητας της ιλύος .
- Μειωμένες απαιτήσεις του συστήματος σε όγκο.
- Λειτουργεί άριστα και ως αποκεντρωμένο σύστημα επεξεργασίας λυμάτων με μεγάλη ευελιξία ανάλογα με τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό.
- Απαιτεί περιορισμένο αλλά ειδικευμένο προσωπικό.
- Εναρμονίζεται απόλυτα με το φυσικό περιβάλλον της περιοχής καθώς οι απαιτήσεις του σε έκταση είναι οι ελάχιστες δυνατές.
- Προκαλεί την ελάχιστη δυνατή όχληση (δεν παρουσιάζει οσμές κ.λπ. καθώς η λειτουργία γίνεται σε κλειστό κύκλωμα).

Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι:

- Υψηλό πάγιο και λειτουργικό κόστος (λόγω της απαίτησης αντικατάστασης των μεμβρανών μετά από κάποιο χρόνο λειτουργίας) των μεμβρανών.

- Περιορισμένη εφαρμογή (σχετικά σύγχρονη τεχνολογία).
- Απαιτήση λεπτοεσχάρωσης ανάντη των μεμβρανών για την αποφυγή προβλημάτων έμφραξης.
- Ανάγκη ύπαρξης δεξαμενής εξισορρόπησης.

4.3 ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΦΙΛΤΡΑ

Το βιολογικό φίλτρο, όπως και το σύστημα ενεργού ιλύος, έχει σαν στόχο την απομάκρυνση των οργανικών ουσιών από τα λύματα μέσω των διαδικασιών της οξειδωσης και της σύνθεσης. Η βασική διαφορά των δύο συστημάτων έγκειται στο ότι ενώ στο σύστημα ενεργού ιλύος η βιομάζα βρίσκεται σε αιώρηση (suspended growth), στα βιολογικά φίλτρα οι μικροοργανισμοί είναι προσκολλημένοι σε ένα σταθερό φορέα (attached growth).

Τα βιολογικά φίλτρα έχουν τη μορφή συνήθως κυκλικής κλίνης, πληρωμένης με ένα πορώδες υλικό, στους πόρους του οποίου είναι προσκολλημένοι οι μικροοργανισμοί οι οποίοι διασπούν το οργανικό φορτίο των λυμάτων που διανέμονται στην επιφάνεια του φίλτρου.

Τα επεξεργασμένα λύματα εκρέουν από τον πυθμένα και οδηγούνται στην δεξαμενή τελικής καθίζησης. Η διατήρηση των αερόβιων συνθηκών στα βιολογικά φίλτρα γίνεται με φυσικό τρόπο και συγκεκριμένα με την κυκλοφορία του ατμοσφαιρικού αέρα μέσα στα κενά του φίλτρου

Ανάλογα με το υλικό πλήρωσης τα βιολογικά φίλτρα χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες.

- Τα τυπικά βιολογικά φίλτρα από χαλίκια ή άμμο, που διακρίνονται στη συνέχεια στα: Βραδύφιλτρα

Τα βραδύφιλτρα με πλεονεκτήματα:

- Ø Ικανοποιητική απόδοση ως προς την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου εκφρασμένου σε BOD5.
- Ø Απλότητα, ευκολία και χαμηλή δαπάνη λειτουργίας, πλεονεκτήματα που τα καθιστούν κατάλληλα για επεξεργασία λυμάτων απομακρυσμένων ή μικρών πόλεων.
- Ø Εύκολο διαχωρισμό/αποκόλληση της ιλύος στη δεξαμενή τελικής καθίζησης λόγω της μεγάλης πυκνότητας.
- Ø Ταυτόχρονη νιτροποίηση, χωρίς τη χρήση ξεχωριστών μονάδων.
- Ø Αυξημένη ανθεκτικότητα, σε σχέση με την ενεργό ιλύ, στην επίδραση τοξικών εισροών, ανθεκτικότητα που οφείλεται στο μικρό χρόνο επαφής λυμάτων-βιομάζας ή στο γεγονός ότι λόγω της ύπαρξης των τοξικών ουσιών μόνον το επιφανειακό στρώμα της βιομάζας καταστρέφεται, αποκολλάται και απομακρύνεται, και εμφανίζεται το υποκείμενο στρώμα μικροοργανισμών που δεν έχει υποστεί φθορά.

Τα αντίστοιχα μειονεκτήματα είναι :

- Ø Το υψηλό σχετικά κόστος κατασκευής

- Ø Η απαίτηση μεγάλης επιφάνειας
- Ø Η δυσκολία επεξεργασίας λυμάτων με μεγάλο οργανικό φορτίο ($BOD_5 > 300 \text{mg/lit}$) λόγω της αδυναμίας τους να επεξεργαστούν ισχυρά λύματα.
- Ø Η απαραίτητη ύπαρξη πρωτοβάθμιας επεξεργασίας (π.χ. σηπτική δεξαμενή ή πρωτοβλαθμια καθίζηση σε μεγαλύτερες εγκαταστάσεις) που αυξάνει το κόστος και το μέγεθος της μονάδας.
- Ø Η αδυναμία ελέγχου της βιομάζας του φίλτρου, ώστε αυτό να προσαρμοζόταν σε τυχόν μεταβολές των συνθηκών λειτουργίας (πράγμα που επιτυγχάνεται με την επανακυκλοφορία στο σύστημα ενεργού ιλύος).
- Ø Η αδυναμία ελέγχου της ποσότητας του παρεχόμενου οξυγόνου (εκτός αν προστεθεί τεχνητός αερισμός, οπότε χάνεται σημαντικό μέρος της λειτουργικής απλότητας).
- Ø Οχλήσεις από οσμές και έντομα

Ταχύφιλτρα

Τα ταχύφιλτρα παρουσιάζουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Ø Σχετικά μικρό λειτουργικό κόστος (μεγαλύτερο από τα βραδύφιλτρα)
- Ø Μειωμένη απαιτούμενη επιφάνεια σε σχέση με τα βραδύφιλτρα
- Ø Δυνατότητα επεξεργασίας λυμάτων με ισχυρό οργανικό φορτίο
- Ø Εύκολος διαχωρισμός βιομάζας και επεξεργασμένων λυμάτων
- Ø Μεγάλη ανθεκτικότητα στην επίδραση τοξικών εισροών

Και τα αντίστοιχα μειονεκτήματα:

- Ø Υψηλότερο κόστος κατασκευής σε σχέση με τα βραδύφιλτρα
- Ø Ο βαθμός απόδοσης των ταχυφίλτρων είναι μέτριος και χαμηλότερος από τον αντίστοιχο των βραδύφίλτρων
- Ø Στα ταχύφιλτρα δεν πραγματοποιείται ικανοποιητική νιτροποίηση.
- Ø Αδυναμία ελέγχου της βιομάζας του φίλτρου
- Ø Αδυναμία ελέγχου της ποσότητας του παρεχόμενου οξυγόνου (εκτός αν προστεθεί τεχνητός αερισμός, οπότε χάνεται σημαντικό μέρος της λειτουργικής απλότητας).
- Ø Οχλήσεις από οσμές και έντομα

- Τα φίλτρα με σύνθετα μέσα από αδρανή υλικά (πλαστικά φίλτρα, φίλτρα υφάσματος, τύρφης, κεραμικά υλικά κ.λπ.).

4.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το κύριο πρόβλημα που θα πρέπει να αντιμετωπίσει το σύστημα βιολογικού καθαρισμού μικρής ξενοδοχειακής μονάδας είναι οι μεγάλες διακυμάνσεις των ωριαίων και ημερήσιων παροχών οπότε η μονάδα επεξεργασίας θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να προσαρμόζει τις διεργασίες της στις αυξομειώσεις των εισερχομένων παροχών και ρύπων. Ο έλεγχος και η αυτόματη λειτουργία του συστήματος θα πρέπει επίσης να αντιμετωπίζεται.

Σε σχέση με τις μεγάλες μονάδες βιολογικού καθαρισμού τα μικρά συστήματα παρουσιάζουν επιπλέον και τις παρακάτω ιδιαιτερότητες:

- Δεν υπάρχει συνήθως εξειδικευμένο προσωπικό για τη λειτουργία και τη συντήρηση
- Λειτουργούν εποχιακά
- Υπάρχουν δυσκολίες στη διάθεση των καθαρισμένων λυμάτων και της περίσσειας λάσπης.

Σήμερα βέβαια η αποτελεσματική επεξεργασία των λυμάτων είναι περισσότερο εφικτή για τρεις βασικούς λόγους:

1. Εμπειρία και γνώση που σημαίνει μεγαλύτερη κατανόηση των βιοχημικών διεργασιών στους αντιδραστήρες βιολογικής επεξεργασίας.
2. Τεχνολογική πρόοδο, κυρίως όσον αφορά την κατασκευή των συστημάτων αερισμού, μείξης καθώς και της δυνατότητας on-line ελέγχου της ποιότητας των αποβλήτων.
3. Ανάπτυξη της πληροφορικής που επιτρέπει τον έλεγχο και την αυτόματη λειτουργία των συστημάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΣΕ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑΚΗ ΜΟΝΑΔΑ

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μία ολοκληρωμένη μελέτη για τον σχεδιασμό εγκατάστασης βιολογικού καθαρισμού που περιλαμβάνει την επιλογή του κατάλληλου μοντέλου/τεχνολογίας επεξεργασίας, τη διαστασιολόγηση του βασικού εξοπλισμού (δεξαμενές και ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός), και τη βελτιστοποίηση λειτουργίας.

Το ξενοδοχείο πάνω στο οποίο θα βασιστεί ο σχεδιασμός του βιολογικού καθαρισμού διαθέτει 60 δωμάτια και 120 κλίνες. Επίσης σαν μέση θερμοκρασία λαμβάνεται η τιμή των 21 °C, (θεωρώντας ότι το ξενοδοχείο βρίσκεται σε μια ζεστή περιοχή της χώρας) και ότι ακόμη αυτό βρίσκεται σε ύψος 250 m από τη στάθμη της θάλασσας.

Βασικό κριτήριο για την επιλογή του συστήματος βιολογικού καθαρισμού ήταν να έχει όσο το δυνατόν λιγότερα μηχανικά μέρη, να χρησιμοποιεί όσο το δυνατόν λιγότερη ενέργεια, να είναι αξιόπιστο και να μην απαιτεί μια δύσκολη και συνεχή επιτόπια επίβλεψη και καθημερινή συντήρηση.

5.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Η επιλεγείσα μέθοδος επεξεργασίας των λυμάτων είναι το **σύστημα ενεργού ιλύος πλήρους ανάμιξης**. Αρχικά τα λύματα θα δέχονται μια προεπεξεργασία μέσω εσχάρωσης. Στη συνέχεια θα λαμβάνει χώρα ο βιολογικός καθαρισμός τους μέσω του συστήματος ενεργού ιλύος πλήρους ανάμιξης, που θα περιλαμβάνει μια δεξαμενή αερισμού και μια δεξαμενή καθίζησης. Κατόπιν, η λάσπη αντλείται στη δεξαμενή λάσπης και τα λύματα προχωράνε για απολύμανση μέσω της δεξαμενής χλωρίωσης, όπου και καταλήγουν στη δεξαμενή καθαρών λυμάτων, από όπου και εξέρχονται μέσω της γραμμής διάθεσης.

Τα στάδια της λειτουργίας περιγράφονται στις παρακάτω υποενότητες.

5.1.1 Μονάδα προεπεξεργασίας – Εσχάρωση

Οι εσχάρες, όπως προαναφέρθηκε, χρησιμοποιούνται για την προστασία των μονάδων επεξεργασίας από ογκώδη αντικείμενα (χαρτιά, κουρέλια, πλαστικά, κλαδάκια), που αν εισέλθουν θα προκαλέσουν εμφράξεις στις εγκαταστάσεις και φθορά στον μηχανολογικό εξοπλισμό. Επίσης, βοηθούν στο διαχωρισμό και στην απομάκρυνση στερεών, που η παρουσία τους θα εμπόδιζε την απόδοση των επόμενων διεργασιών.

Οι εσχάρες αποτελούνται συνήθως από παράλληλες σιδερένιες ράβδους με διάκενα και χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Χονδροεσχάρες: 6 - 150 mm διάκενο (ράβδοι σε κατακόρυφη ή κεκλιμένη θέση)
- Λεπτοεσχάρες: < 6 mm διάκενο (διάτρητα μεταλλικά φύλλα, συρμάτινα κόσκινα)
- Μικροεσχάρες: < 50 μm διάκενο μεταξύ των ράβδων (επεξεργασμένα απόβλητα)

Κατά το σχεδιασμό των έργων προεπεξεργασίας, πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για την ύπαρξη δύο ή περισσότερων εσχάρων για λόγους συντήρησης. Το υλικό κατασκευής τους θα πρέπει να είναι ανθεκτικό στην οξείδωση και για αυτό το λόγο συνήθως χρησιμοποιείται ανοξείδωτος χάλυβας ή πλαστικό. Για να αποφευχθεί η εναπόθεση των στερεών στο κανάλι ροής η ταχύτητα προσέγγισης των λυμάτων στην εσχάρα θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 0,25 m/s, ενώ η ταχύτητα διελεύσεως μέσα από τα διάκενα θα πρέπει να είναι μικρότερη από 1,2 m/s, για να αποτραπεί ο παρασυρμός των συγκρατούμενων υλικών. Η ταχύτητα ροής ρυθμίζεται με αυξομείωση του πλάτους του καναλιού.

Στην περίπτωση μας η προεπεξεργασία των λυμάτων ξεκινάει με την εσχάρωση για τη συγκράτηση των ογκωδών αντικειμένων. Θα τοποθετηθούν δύο εσχάρες: μία μηχανική τοξωτή αυτοκαθαριζόμενη και μία στατική χειρονακτικά καθαριζόμενη. Η χρήση της στατικής εσχάρας γίνεται στις περιπτώσεις βλάβης ή συντήρησης της μηχανικής σχάρας με κατάλληλο χειρισμό αντίστοιχων θυροφραγμάτων. Και οι δύο εσχάρες είναι κατασκευασμένες από ανοξείδωτο χάλυβα.

Η συλλογή των εσχαρισμάτων γίνεται με τη χρήση μεταφορικής ταινίας, η οποία είναι απλή στη λειτουργία, έχει χαμηλό κόστος, δεν εμφανίζει κίνδυνο εμφράξεων, αλλά δημιουργεί προβλήματα οσμών. Εναλλακτικά, η συλλογή γίνεται με εκτοξευτή πεπιεσμένου αέρα, ο οποίος δεν δημιουργεί προβλήματα οσμών, αλλά υπάρχει κίνδυνος εμφραξής του. Στη συνέχεια, τα εσχαρίσματα συμπιέζονται και επιτυγχάνεται μείωση του όγκου τους κατά 70% και μείωση της υγρασίας κατά 50%. Η διάθεσή τους γίνεται με ταφή, χώνευση, καύση, διάθεση με τα απορρίμματα ή με άλεση.

5.1.2 Σύστημα ενεργού ιλύος– Δεξαμενή αερισμού και δεξαμενή καθίζησης

Η διεργασία ενεργού ιλύος αποτελεί μια μέθοδο που χρησιμοποιείται ευρέως σε όλο τον κόσμο για τη βιολογική επεξεργασία των λυμάτων. Οι πρόγονες μέθοδοι της διαδικασίας ενεργού ιλύος χρονολογούνται ήδη πίσω στο 1880. Η διαδικασία έχει εξελιχθεί πολύ από τότε, κυρίως λόγω των αναγκών για υψηλότερης ποιότητας λύματα από μονάδες επεξεργασίας λυμάτων, της τεχνολογικής προόδου και της αυξημένης πλέον κατανόησης των μικροβιακών διεργασιών.

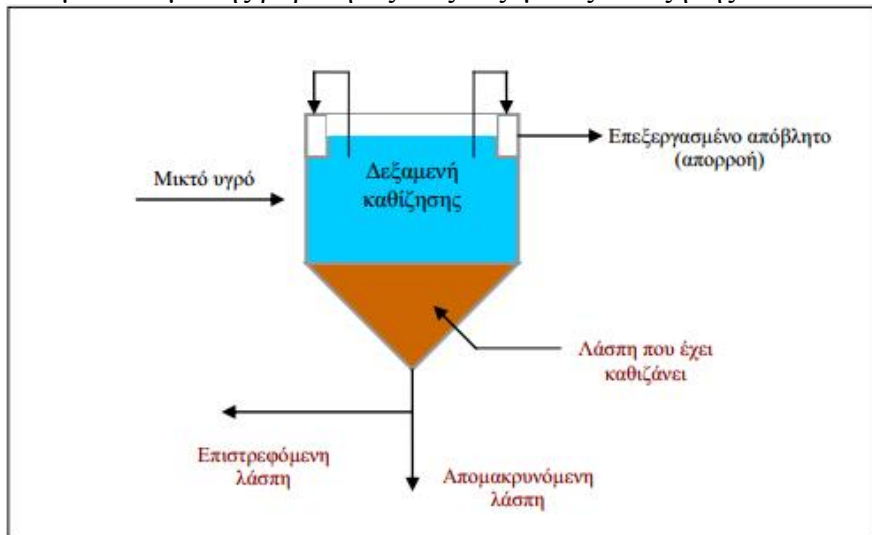


Εικόνα 5.1: Δεξαμενή αερισμού

Η διεργασία ενεργού ιλύος ονομάστηκε έτσι επειδή οι μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται στην βιοαποικοδόμηση των αποβλήτων ανακυκλώνονται πάλι πίσω και στην αρχή της διαδικασίας επεξεργασίας. Αυτή η ανακύκλωση οδηγεί σε μια πιο ενεργό βιοαποικοδόμηση των αποβλήτων. Στη λεκάνη αερισμού λαμβάνει χώρα, η ανάμιξη και ο αερισμός του εισρέοντος με το μικροβιακό εναιώρημα απόβλητου. Εξ' ορισμού η διαδικασία ενεργού ιλύος περιλαμβάνει τρία βασικά μέρη:

- Εναν αντιδραστήρα στον οποίο οι μικροοργανισμοί υπεύθυνοι για την διαδικασία επεξεργασίας διατηρούνται σε εναιώρημα και σε αερισμό.
- Εναν διαχωριστή υγρού-στερεών, που συνήθως είναι μια δεξαμενή καθίζησης που ακολουθεί τον αντιδραστήρα.
- Ενα σύστημα ανακύκλωσης για την επιστροφή των στερεών, που απομακρύνονται από τη μονάδα διαχωρισμού υγρού-στερεών, πίσω μέσα στον αντιδραστήρα.

Ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά της μεθόδου ενεργού ιλύος είναι ο σχηματισμός πηγμάτων στερεοποιημένων στερεών (floculent settleable solids). Τα στερεά συνήθως απομακρύνονται με το νόμο της βαρύτητας στις δεξαμενές καθίζησης.



Εικόνα 5.2: Λειτουργία δεξαμενής καθίζησης

Γενικά, πριν τη διαδικασία της ενεργού ιλύος χρησιμοποιείται πρωτοβάθμια καθίζηση για την απομάκρυνση των καθιζανόντων στερεών. Όταν αφαιρεθούν τα καθιζανόντα στερεά, η βιολογική διαδικασία η οποία εμπλέκεται στην ενεργοποιημένη ιλύ είναι πιο αποτελεσματική στην απομάκρυνση των διαλυτών, κολλοειδών σωματιδίων και των οργανικών ουσιών.

Η πρωτοβάθμια καθίζηση συχνά παραλείπεται σε μικρές κοινότητες και μικρές εγκαταστάσεις, όπως για παράδειγμα σε ξενοδοχεία, λόγω των λιγότερο λειτουργικά εντατικών μεθόδων που χρησιμοποιούνται παραδοσιακά σε αυτές τις περιπτώσεις και λόγω των προβλημάτων οσμής που μπορεί να προκαλέσει σε περιοχές που έχουν ζεστό κλίμα. Για τους λόγους αυτούς θα παραληφθεί και στην εγκατάσταση που μελετάμε.

5.1.3 Δεξαμενή ιλύος

Υπό συνθήκες ηρεμίας στη δεξαμενή καθίζησης διαχωρίζονται τα αιωρούμενα στερεά από τα επεξεργασμένα υγρά. Η λάσπη που καθιζάνει στις δεξαμενές ανακυκλοφορεί προς την αναερόβια δεξαμενή, μέσω των αντλιοστασίων ανακυκλοφορίας/ απομάκρυνσης λάσπης. Η ανακυκλοφορία λάσπης έχει στόχο να διατηρεί σταθερή τη συγκέντρωση ενεργού ιλύος στο σύστημα αερισμού, ενώ η πλεονάζουσα λάσπη απομακρύνεται μέσω των αντλιών απομάκρυνσης περίσσειας λάσπης προς την δεξαμενή ιλύος για παραπέρα διαχείριση.



Εικόνα 5.3: Απομάκρυνση περίσσειας λάσπης

5.1.4 Δεξαμενή χλωρίωσης

Ως σύστημα απολύμανσης των επεξεργασμένων λυμάτων επιλέγεται αυτό της απολύμανσης με χλωρίωση. Για τη χλωρίωση της εκροής χρησιμοποιείται διάλυμα υποχλωριώρους νατρίου (NaOCl). Για την απομάκρυνση του υπολειμματικού χλωρίου πραγματοποιείται αποχλωρίωση των επεξεργασμένων υγρών πριν από την τελική τους διάθεση. Πιο συγκεκριμένα, για την απολύμανση χρησιμοποιείται διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου περιεκτικότητας 14 % σε ενεργό χλώριο.

5.1.5 Δεξαμενή συλλογής καθαρών

Τα επεξεργασμένα και απολυμασμένα λύματα συλλέγονται κατόπιν στη δεξαμενή συλλογής καθαρών.

5.2 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

5.2.1 Παροχές σχεδιασμού

Τύπος λυμάτων: Αστικά

Ισοδύναμος πληθυσμός σχεδιασμού: 120 άτομα

Υδραυλικό φορτίο: 250 l/ κλ./ ημέρα
Ημερήσια παροχή λυμάτων: (120 κάτοικοι)*(250 l/ κάτοικο/ ημέρα) = 30 m³/ ημέρα
Μέση ωριαία παροχή λυμάτων: 1,25 m³/ ώρα
Μέση ωριαία παροχή λυμάτων Q₁₈: 1,7 m³/ ώρα
Μέγιστη ημερήσια παροχή: 45 m³/ ημέρα
Μέγιστη ωριαία παροχή: 2,4 m³/ ώρα
Μέγιστη ωριαία παροχή αιχμής: 5,0 m³/ ώρα

5.2.2 Ρυπαντικό φορτίο εισροής

Ειδικό Ρυπαντικό Φορτίο BOD₅: 65 g/ κάτοικο/ ημέρα
Βιοχημικός Απαιτούμενο Οξυγόνο BOD₅: 7,8 kg/ ημέρα
Συγκέντρωση BOD₅: 260 mg/ l
Ειδικό Ρυπαντικό Φορτίο Αιωρούμενων Στερεών, SS: 75 g/ κάτοικο/ ημέρα
Αιωρούμενα Στερεά, SS: 9 kg/ ημέρα
Συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών, SS : 300 mg/ l
Ειδικό Ρυπαντικό Φορτίο Ολικού Άζωτου, TN: 10,5 g/ κάτοικο/ ημέρα
Ολικό Άζωτο κατά Kjeldahl, TN: 1,26 kg/ ημέρα
Ειδικό Ρυπαντικό Φορτίο Ολικού Φωσφόρου, TP : 2,7 g/ κάτοικο/ ημέρα
Ολικός Φόσφορος, TP: 0,324 kg/ ημέρα

5.2.3 Ρυπαντικό φορτίο εκροής

Το τελικό επεξεργασμένο λύμα θα είναι σχεδόν άοσμο, διαυγές και χωρίς χρώμα. Επιπλέον θα έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

BOD₅: μέχρι 20 MG/L
Αιωρούμενα στερεά: << 30 MG/L
COD: << 90 MG/L
Ολικό άζωτο (N): << 30 MG/L
Ολικός φώσφορος (P): << 10 MG/L
Λιπαρές ουσίες: 0
Υπολειμματικό χλώριο: << 0.5 MG/L
Διαλυμένο οξυγόνο (D.O): τουλάχιστον 4 MG/L
Ολικά κολοβακτηροειδη: μέχρι 1000 MG/L
Κολοβακτηροειδη: << 1000/100 ML
Κοπρώδη κολοβακτηροειδή: << 50/100 ML
Τοξικές ουσίες: << 0.5 MG/L

Τα όρια διάθεσης των λυμάτων σε καμία περίπτωση δεν θα υπερβαίνουν τα καθοριζόμενα στην ΚΥΑ 5613/400/5.3.97 (οδηγία 91/271/EE).

5.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

5.3.1 Προεπεξεργασία-εσχάρες

Ο προσδιορισμός της ελάχιστης επιφάνειας εσχάρας θα γίνει με τη χρήση της σχέσης (Tchobanoglous, Burton και Stensel, 2003):

$$S = \frac{Q_{\max}}{u_{\max}} * \frac{d+r}{d} * \frac{1}{1-n} \quad (5.1)$$

Όπου: Q_{\max} η μέγιστη ωριαία παροχή
 u_{\max} η μέγιστη ταχύτητα διαμέσου των ράβδων (λαμβάνεται ίση με 1,1 m/s)
 d το διάκενο ράβδων (0,02 m)
 r το πάχος ράβδων (0,01 m)
 n ο βαθμός έμφραξης (25 %)

Έτσι προκύπτει ότι η ελάχιστη απαιτούμενη επιφάνεια εσχάρας είναι **0.17 m²**. Τέλος, η κλίση διατομών της κάθε εσχάρας είναι 45°, ενώ το άνοιγμα ράβδων της κάθε εσχάρας είναι 2 cm. Θα χρησιμοποιηθούν μία αυτόματη και μια χειροκίνητα εσχάρα.

5.3.2 Δεξαμενή αερισμού και καθίζησης

Για τον υπολογισμό των όγκων της δεξαμενής αερισμού και της δεξαμενής καθίζησης που ακολουθεί χρησιμοποιούνται οι παραδοχές δεδομένων που φαίνονται στον πίνακα 5.1.

Τα βήματα για τον προσδιορισμό των δύο δεξαμενών περιγράφονται αναλυτικά στις παρακάτω ενότητες. Με βάση τους υπολογισμούς αυτούς ο όγκος της δεξαμενής αερισμού θα είναι **12 m³**, και η αντίστοιχη επιφάνεια της **8 m²**.

Πίνακας 5.1 Παράμετροι που βασίζονται στις μέσες τιμές λειτουργίας ενεργού ιλύος πλήρους ανάμιξης (Tchobanoglous, Burton και Stensel, 2003)

Παράμετρος	Τιμή	Παράμετρος	Τιμή
Y	0.4 g VSS/g bCOD	Kn	0.74 g NH4-N/m ³
Yn	0.12 g VSS/g NOx	kdn	0.08 g VSS/g VSS*d
mn,m	0.75 g VSS/g VSS*d	mm	6 g VSS/g VSS*d
Ks	20 g bCOD/m ³	Ko	0.5 g/m ³
kd	0.12 g VSS/g VSS*d	F	0.9
α	0.6	β	0.95
qmn	1.07	qmm	1.07
qKn	1.053	qkd	1.04
qkdn	1.04	qKs	1
qfd	0.15		

Πηγή: (Tchobanoglous, Burton και Stensel, 2003)

Μεθοδολογία υπολογισμού

A. Υπολογισμός της μάζας των πτητικών αιωρούμενων στερεών (VSS) και των ολικών αιωρούμενων στερεών (TSS) για τη δεξαμενή αερισμού

Τα πτητικά αιωρούμενα στερεά προσδιορίζονται χρησιμοποιώντας την ίδια εξίσωση όπως η λάσπη, που τώρα περιλαμβάνει και τα μη βιοαποικοδομήσιμα VSS στην εισροή (Tchobanoglous, Burton και Stensel, 2003):

$$P_{x,VSS} = \frac{QY(S_o - S)}{1 + (k_d)} + \frac{(f_d)(k_d)QY(S_o - S)SRT}{1 + (k_d)SRT} + \frac{QY_n(NO_x)}{1 + (k_{dn})SRT} + Q(nbVSS) \quad (5.2)$$

όπου $P_{x,VSS}$: καθαρή ενεργ/μένη λάσπη αποβ/των που παράγεται κάθε μέρα (kg VSS/ ημέρα)
nbVSS: μη βιοαποικοδομήσιμα VSS (142,4 mg/ L)
(Οι λοιποί όροι έχουν προηγουμένως οριστεί)

Τελικά προκύπτει ότι η καθαρή ενεργοποιημένη λάσπη αποβλήτων είναι **3,49 kg/ ημέρα**. Για να προσδιοριστεί η μάζα είναι απαραίτητο να πολλαπλασιαστεί με τον SRT, με αποτέλεσμα να προκύπτει μια μάζα ίση με **18,41 kg**.

Η συνολική συγκέντρωση των αιωρούμενων στερεών περιλαμβάνει το VSS συν τα ανόργανα στερεά τα οποία μπορούν να βρεθούν στην εισροή. Τα ανόργανα στερεά προσθέτουν στην παραγωγή στερεών του συστήματος και ως εκ τούτου είναι αναγκαίο να προστεθεί ένας όρος στην εξίσωση 4.8. Το κλάσμα VSS της συνολικής λάσπης θεωρείται ότι είναι περίπου 85 % και ως εκ τούτου είναι αναγκαίο να διαιρεθεί ο κάθε όρος της λάσπης με 0,85 (Tchobanoglous, Burton και Stensel, 2003).

$$P_{x,TSS} = \frac{QY(S_o - S)}{0.85} + \frac{(f_d)(k_d)QY(S_o - S)SRT}{0.85} + \frac{QY_n(NO_x)}{0.85} + Q(nbVSS) + Q(TSS_o - VSS_o) \quad (5.3)$$

όπου $P_{x,TSS}$: συνολική χαμένη μάζα των ξηρών στερεών (kg TSS/ ημέρα)

TSS_o: συγκέντρωση εισροής TSS λυμάτων (283 mg/ L)

VSS_o: εισροής συγκέντρωση VSS λυμάτων (220 mg / L)

(Οι λοιποί όροι έχουν προηγουμένως οριστεί)

Η συνολική χαμένη μάζα των ξηρών στερεών είναι ίση με **4,67 kg/ ημέρα**. Για να προσδιοριστεί η μάζα είναι απαραίτητο να πολλαπλασιαστεί με τον SRT, με αποτέλεσμα να προκύπτει μια μάζα ίση με **35,5 kg**.

B. Επιλογή μιας συγκέντρωσης αναμιγνύομενου υγρού αιωρούμενων στερεών (MLSS) και καθορισμός του όγκου της δεξαμενή αερισμού και του υδραυλικού χρόνου κράτησης

Είναι απαραίτητο να γνωστοποιηθεί ο όγκος της λεκάνης αερισμού και ο υδραυλικό χρόνο κράτησης για να καθοριστούν διαστάσεις της δεξαμενή αερισμού. Ο όγκος προσδιορίζεται διαιρώντας την μάζα του συνόλου των αιωρούμενων στερεών, η οποία βρέθηκε χρησιμοποιώντας την εξίσωση 5.3, με μια υποτιθέμενη συγκέντρωση μικτού υγρού αιωρούμενων στερεών (MLSS). Το εύρος των MLSS της ενεργού ιλύος πλήρους ανάμιξης είναι μεταξύ 800 – 6.500 mg/ L (Tchobanoglous, Burton και Stensel, 2003). Στην παρούσα

μελέτη επιλέχθηκε μια μέση κατάσταση - τιμή των 3.000 mg/ L. Έτσι με βάση (Tchobanoglous, Burton και Stensel, 2003):

$$V = \frac{P_{x,TSS} * STR}{MLSS} \quad (5.4)$$

Όπου: ο όγκος V: όγκος δεξαμενής αερισμού (m³)

MLSS: συγκέντρωση μικτού υγρού αιωρούμενων στερεών (3.000 mg/ L)

(Οι λοιποί όροι έχουν προηγουμένως οριστεί)

Απο την παραπάνω σχέση 5.4, ο προκύπτων όγκος της δεξαμενής αερισμού είναι **12 m³**. Είναι συχνά απαραίτητο ο όγκος να διαιρεθεί σε δύο ή περισσότερες δεξαμενές. Αυτό είναι χρήσιμο εάν μία δεξαμενή χρειάζεται συντήρηση οπότε μπορεί να μη χρησιμοποιηθεί στο διάστημα αυτό χωρίς όμως να διακοπεί η όλη επεξεργασία λυμάτων (Tchobanoglous, Burton και Stensel, 2003), αλλά και για να αντιμετωπίσουμε τις μεταβολές στην παροχή των λυμάτων. Δεδομένου όμως ότι ο όγκος της δεξαμενής στην παρούσα μελέτη είναι σχετικά μικρός αποφασίστηκε η επεξεργασία να έχει μία μόνο δεξαμενή αερισμού.

5.3.3. Δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης

Το τελευταίο βήμα της διαδικασίας είναι ο σχεδιασμός της δευτερεύουσας καθίζησης. Είναι το στάδιο όπου η τελευταία καθίζηση λαμβάνει χώρα πριν να απορριφτούν τα λύματα. Μέρος της ιλύος από το στάδιο αυτό, ανακυκλώνεται πίσω μέσα στη δεξαμενή αερισμού. Είναι σημαντικό να προσδιοριστεί το ποσοστό που θα πρέπει να ανακυκλώνεται. Αυτό γίνεται χρησιμοποιώντας τη συγκέντρωση της ιλύος με βάση την παρακάτω εξίσωση (Tchobanoglous, Burton και Stensel, 2003):

$$R = \frac{X}{X_r - X} \quad (5.5)$$

Όπου: R: αναλογία ανακυκλώσεως

X: συγκέντρωση του MLVSS (3000 mg/ L)

X_r: συγκέντρωση του MLVSS να ανακυκλωθούν (1000 mg/ L)

Έτσι πίσω στη λεκάνη αερισμού θα ανακυκλωθεί το **75 %** της ιλύος.

Για να προσδιοριστεί το μέγεθος της δεξαμενής δευτερεύουσας καθίζησης είναι απαραίτητο να υποτεθεί ένας υδραυλικός ρυθμός εφαρμογής. Το μέγεθος της δεξαμενής δευτερεύουσας καθίζησης προσδιορίζεται διαιρώντας το μέσο όρο ροής του συστήματος με τον υδραυλικό ρυθμό εφαρμογής. Το εύρος του υδραυλικού ρυθμού εφαρμογής είναι 16-28 m³/ m²*ημέρα (Tchobanoglous, Burton και Stensel, 2003).

Για τη συγκεκριμένη μελέτη λαμβάνεται τιμή του υδραυλικού ρυθμού 20m³/ m²*ημέρα, με αποτέλεσμα και το μέγεθος της δεξαμενής δευτερεύουσας καθίζησης να είναι **0,79 m²**. Το βάθος του 1,5 m χρησιμοποιήθηκε ώστε η δεξαμενή αυτή να είναι σε συμφωνία με τη δεξαμενή αερισμού. Από τους υπολογισμούς ο συνολικός όγκος της δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης είναι **1,18 m³**.

Είναι αναγκαίο σε πολλές περιπτώσεις η μια δεξαμενή θα πρέπει να διαιρεθεί σε δύο ή περισσότερες δεξαμενές για να διευκολύνει η συντήρηση (Tchobanoglous, Burton και Stensel, 2003). Λόγω όμως του μικρού μεγέθους της δεξαμενής στην παρούσα μελέτη, θεωρήθηκε ότι μια δεξαμενή θα ήταν επαρκής.

5.3.4. Δεξαμενή ιλύος

Για το υπολογισμό το όγκου της δεξαμενής ιλύος είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της παραγωγής λάσπης που ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα (χρησιμοποιούνται οι παραδοχές του πίνακα 5.1):

1. Προσδιορισμός το καθαρό ειδικού ρυθμού ανάπτυξης και του χρόνου κατακράτησης στερεών με βάση αυτόν τον ρυθμό ανάπτυξης: ο ρυθμός ανάπτυξης των βακτηριδίων νιτροποίησης προσδιορίζεται από τη συγκέντρωση αζώτου και το ποσό του διαλυμένου οξυγόνου της ενεργού ιλύος. Αυτό γίνεται με την επίλυση της ακόλουθης εξίσωσης (Tchobanoglous, Burton και Stensel, 2003):

$$m_n = \left(\frac{m_{nm}N}{K_n + N} \right) \left(\frac{DO}{K_o + DO} \right) - k_{dn} \quad (5.6)$$

Όπου: m_n : ειδικός ρυθμός αύξησης των βακτηριδίων νιτροποίησης (g νέα κύτταρα/ g κυττάρων * ημέρα)

m_{nm} : μέγιστος ειδικός ρυθμός ανάπτυξης των βακτηριδίων νιτροποίησης (1,13 g νέα κύτταρα/ g κυττάρων * ημέρα)

N : συγκέντρωση εκροής αζώτου (0,5 g/ m³)

K_n : σταθερά μισής ταχύτητας, συγκέντρωση υποστρώματος στο ενάμισι του μέγιστου ποσοστού χρησιμοποίησης του ειδικού υποστρώματος (1,01 g / m³)

KDN : ενδογενής συντελεστής φθοράς για τους οργανισμούς νιτροποίησης (0,10 g VSS/ g VSS * ημέρα)

DO : συγκέντρωση διαλελυμένου οξυγόνου (2 g/ m³)

K_o : συντελεστής ημικορεσμού για DO (0.5 g / m³)

Το συγκεκριμένο ποσοστό αύξησης των βακτηριδίων νιτροποίησης είναι **0,20 g νέα κύτταρα/ g κυττάρων * ημέρα**.

Ο χρόνος κατακράτησης των στερεών είναι ο μέσος χρόνος που τα στερεά ενεργού ιλύος βρίσκονται στο σύστημα. Για ένα σύστημα ενεργού ιλύος πλήρους ανάμιξης αυτός είναι ίσος με το αντίστροφο του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης (Tchobanoglous, Burton και Stensel, 2003):

$$SRT = \frac{1}{m_n} \quad (5.7)$$

Όπου: SRT : χρόνος κατακράτησης στερεών (ημέρες)

m_n : ειδικός ρυθμός ανάπτυξης των βακτηριδίων νιτροποίησης (0,20 g νέα κύτταρα/ g κυττάρων * ημέρα)

Ως εκ τούτου, ο χρόνος κατακράτησης στερεών είναι ίση με **5,07 ημέρες**.

2. Σχεδιασμός του χρόνου κατακράτησης στερεών: ο σχεδιασμός του SRT εφαρμόζει τον συντελεστή ασφάλειας για τον θεωρητικό SRT. Αυτό επιτρέπει τυχόν διακυμάνσεις που μπορεί να συμβούν μεταξύ του μέγιστου και του μέσου ρυθμούς ροής. Ο σχεδιασμός του SRT υπολογίζεται με την ακόλουθη εξίσωση (Tchobanoglous, Burton και Stensel, 2003):

$$\text{Design SRT} = (\text{Safety Factor}) * (\text{Theoretical SRT}) \quad (5.8)$$

Χρησιμοποιώντας την υπόθεση συντελεστή ασφάλειας 1,5 και το θεωρητικό χρόνο κατακράτησης στερεών της προηγούμενης υποενότητας, ο σχεδιασμός του SRT είναι **7.61 ημέρες**.

3. Παραγωγή λάσπης: είναι αναγκαίο να εκτιμηθεί η ποσότητα της λάσπης που θα παράγεται για να σχεδιαστούν οι εγκαταστάσεις χειρισμού και διάθεσης/επαναχρησιμοποίησης. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για να προσδιοριστεί η παραγωγή ιλύος βασίζεται στον χαρακτηρισμό των λυμάτων. Πρώτα, είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί η συγκέντρωση του διαλυτού υποστρώματος εκροής, που είναι μια συνάρτηση του SRT και των κινητικών συντελεστών για την ανάπτυξη και την αποσύνθεση. Αυτή μπορεί να προσδιοριστεί χρησιμοποιώντας την εξίσωση 5.9. Χρησιμοποιώντας τη συγκέντρωση του διαλυτού υποστρώματος εκροής και την εξίσωση 5.10 που λαμβάνει την ετερότροφη ανάπτυξη της βιομάζας, τα κυτταρικά υπολείμματα από την ενδογενή αποσύνθεση, τη βιομάζα των βακτηριών νιτροποίησης και τα μη βιοδιασπώμενα πτητικά αιωρούμενα στερεά, μπορεί να προσδιοριστεί η ποσότητα της παραγόμενης ιλύος. Είναι επίσης απαραίτητο να εκτιμηθεί η συγκέντρωση του NH₄-N στη ροή εισρέοντος, που έχει νιτροποιηθεί. Είναι αναγκαίο να υπολογιστεί η συγκεκριμένη συγκέντρωση επειδή μια σωστή ισορροπία αζώτου εξαρτάται από την ποσότητα της βιομάζας που παράγεται. Αυτή η υπόθεση μπορεί να γίνει με την παραδοχή ότι είναι ίση με το 80% του TKN στη ροή εισροής. Το σφάλμα που σχετίζεται με την υπόθεση αυτή είναι αμελητέο (Tchobanoglous, Burton και Stensel, 2003).

$$S = \frac{K_s [1 + (k_d)SRT]}{SRT(m_m - k_d) - 1} \quad (5.9)$$

Όπου: S: συγκέντρωση του περιορισμού της ανάπτυξης υποστρώματος στο διάλυμα (mg/ L)

k_d : συντελεστής ενδογενούς αποσύνθεσης (0.15 ημέρα⁻¹)

K_s = σταθερά μισής ταχύτητας (20 mg/ L)

Y = απόδοση της βιομάζας (0.40)

(Οι λοιποί όροι έχουν προηγουμένως οριστεί)

Η προκύπτουσα συγκέντρωση του περιορισμού της ανάπτυξης υποστρώματος στο διάλυμα είναι ίση με **0,65 g bCOD/ m³**.

$$P_{x,bio} = \frac{QY(S_o - S)}{1 + (k_d)} + \frac{(f_d)(k_d)QY(S_o - S)SRT}{1 + (k_d)SRT} + \frac{QY_n(NO_x)}{1 + (k_{dn})SRT} \quad (5.10)$$

Όπου: $P_{x,bio}$: βιομάζα ως χαμένα VSS (g/ ημέρα)

Q: ροή εισροής (14,5 m³/ ημέρα)

So: συγκέντρωση εισροής (403,2 mg/ L)
k_{dn}: ενδογενής συντελεστής φθοράς για τους οργανισμούς νιτροποίησης (0,10 ημέρα⁻¹)
f_d: κλάσμα της μάζας των κυττάρων που παραμένουν ως υπολείμματα κυττάρων (0,9 g/ g)
Y_n: καθαρή παραγωγή βιομάζας (0,12 g VSS/ g bsCODr)
NO_x = άζωτο οξειδώνεται (41,6 mg/ L)
(Οι λοιποί όροι έχουν προηγουμένως οριστεί)

Χρησιμοποιώντας τις τιμές από τους πίνακες που δόθηκαν στην υποενότητα 4.1.3.1 και το αποτέλεσμα από την εξίσωση 4.5, η λάσπη που παράγεται είναι ίση με **1,35 kg VSS / ημέρα**.

Κατόπιν του παραπάνω προσδιορισμού και θεωρώντας πως η άντληση και μεταφορά λάσπης θα γίνεται κάθε 80 ημέρες, προκύπτει για πυκνότητα λάσπης ίση με 35 kg TS / m³ ο όγκος της δεξαμενής λάσπης που είναι ίσος με (Tchobanoglous, Burton και Stensel, 2003) **3 m³**.

5.3.5 Δεξαμενή χλωρίωσης

Για τον υπολογισμό του όγκου της δεξαμενής χλωρίωσης επιλέγεται χρόνος παραμονής ίσος με 20 min. Για ωριαία παροχή των λυμάτων ίση με Q = 1,7 m³/ hr, ο απαιτούμενος όγκος της δεξαμενής προκύπτει ίσος με V = 20 min * (1/60 hr/min) * 1,7 m³/hr = **0,60 m³** (Tchobanoglous, Burton και Stensel, 2003).

5.3.6 Δεξαμενή καθαρών

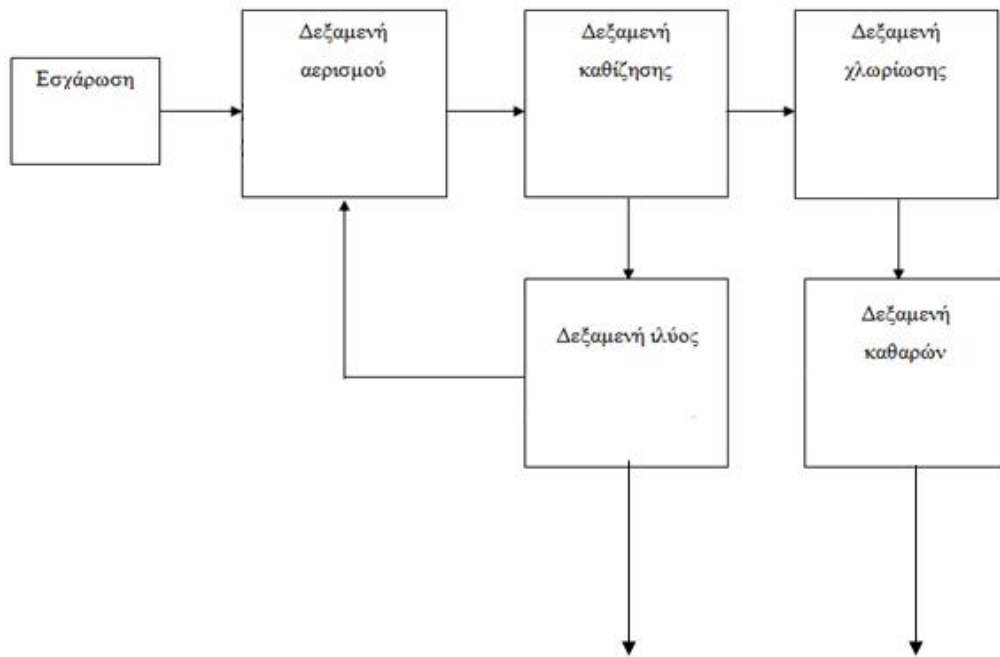
Ο όγκος της δεξαμενής καθαρών λαμβάνεται ίσος με το ήμισυ της δεξαμενής αερισμού και έτσι θα είναι ίσος με **6 m³** (Tchobanoglous, Burton και Stensel, 2003).

5.3.7 Συγκεντρωτικές διαστάσεις των στοιχείων του βιολογικού καθαρισμού

Επιφάνεια εσχάρας: 0.17 m²
Όγκος δεξαμενής αερισμού: 12 m³ (επιφάνεια 8 m² και βάθος 1.5 m)
Όγκος δεξαμενής καθίζησης: 1,18 m³ (επιφάνεια 0,75 m² και βάθος 1.5 m)
Όγκος δεξαμενής ιλύος: 3 m³ (επιφάνεια 2 m² και βάθος 1.5 m)
Όγκος δεξαμενής χλωρίωσης: 0,60 m³ (επιφάνεια 0,4 m² και βάθος 1.5 m)
Όγκος δεξαμενής καθαρών: 6 m³ (επιφάνεια 4 m² και βάθος 1.5 m)

Όλες οι δεξαμενές είναι κατασκευασμένες από οπλισμένο σκυρόδεμα. Στο Παράρτημα I της εργασίας υπάρχουν τα κατασκευαστικά σχέδια.

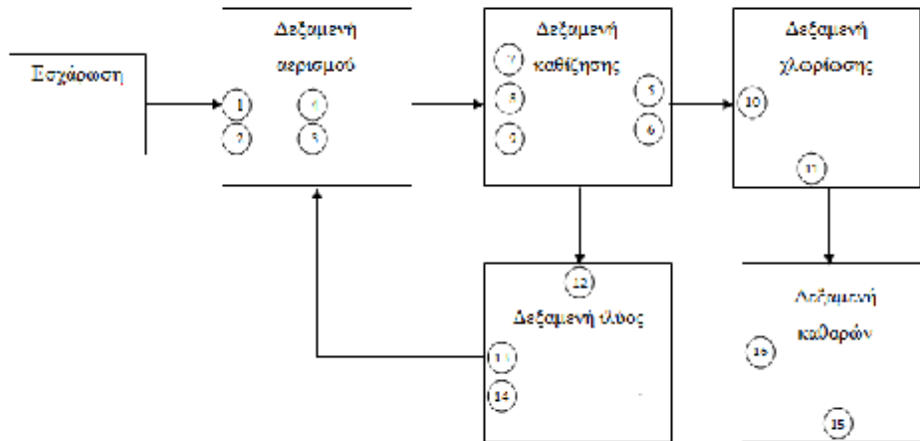
Στο σχέδιο που ακολουθεί δίνεται σε διάγραμμα η διάταξη των σταδίων επεξεργασίας με τον αντίστοιχο εξοπλισμό που θα αναλυθεί στη συνέχεια.



Σχ. 5.1 Διάγραμμα επεξεργασίας λυμάτων

5.4 ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Στο σχέδιο 5.2. που ακολουθεί δίνεται το είδος και η θέση του βασικού ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και το εξοπλισμού ελέγχου λειτουργίας της μονάδας.



Σχ. 5.2 Διάγραμμα ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- | | |
|-------------------------|--|
| 1) Παροχόμετρο | 9) Αισθητήρας στάθμης 3 |
| 2) Μετρητής οξυγόνου | 10) Δοσομετρική αντλία |
| 3) Διαχυτήρας | 11) Μετρητής pH |
| 4) Αεροσυμπιεστής | 12) Παροχόμετρο |
| 5) Αντλία νερού 1 | 13) Αντλία επανακυκλοφορίας λάσπης (Airlift) |
| 6) Αντλία νερού 2 | 14) Αντλία απομάκρυνσης λάσπης |
| 7) Αισθητήρας στάθμης 1 | 15) Αντλία απομάκρυνσης καθαρών |
| 8) Αισθητήρας στάθμης 2 | |

5.4.1. Δεξαμενή αερισμού

5.4.1.1 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός δεξαμενής αερισμού

Στα συστήματα διάχυσης του αέρα, ο εξοπλισμός περιλαμβάνει:

- Σύστημα αερισμού/διάχυσης
- Αεροσυμπιεστής παροχής αέρα
- Παροχόμετρο
- Μετρητής οξυγόνου

5.4.1.2 Στοιχεία αερισμού (διαχυτήρες)

Είναι τα στοιχεία που σκοπό έχουν να φέρουν σε επαφή τα λύματα με τον αέρα (οξυγόνωση). Τα στοιχεία αυτά είναι κατασκευασμένα με πολυπροπυλένιο και καλύπτονται από μία ειδική μεμβράνη που έχει δεκάδες πόρους-οπές μίας όψεως, έτσι ώστε όταν το στοιχείο βρίσκεται σε λειτουργία η μεμβράνη φουσκώνει ανοίγουν οι οπές και ο αέρας μπορεί να εξέλθει στην δεξαμενή με την μορφή μάλιστα της μικροφουσαλίδας. Όταν το στοιχείο παύει να λειτουργεί η μεμβράνη επανέρχεται, κλείνουν οι οπές και τα λύματα δεν μπορούν να εισέλθουν στο στοιχείο με συνέπεια αυτό να μην βουλώνει και να διατηρείται καθαρό.

Στην παρακάτω εικόνα 5.4. δίνεται η μορφή των συνήθων εμπορικών τύπων (ATE-65) στοιχείων αερισμού.



Εικόνα 5.4: Διαχυτήρες ATE-65

5.4.1.3 Αεροσυμπιεστής παροχής αέρα (φουσητήρας)

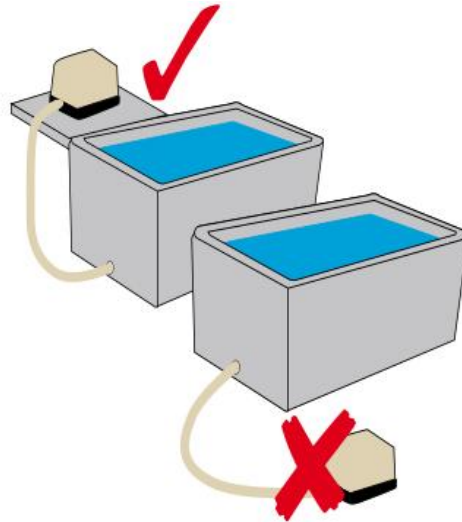
Για την παροχή του αέρα στα στοιχεία αερισμού είναι απαραίτητη η εγκατάσταση του κατάλληλου αεροσυμπιεστή (φουσητήρα). Είναι αεροσυμπιεστής χαμηλής πίεσης (συνήθως 0,3-0,5 bar) με την κίνηση να δίνεται συνήθως από τριφασικό ασύγχρονο κινητήρα. Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνεται ενδεικτικά η εμπορική μορφή και τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός αεροσυμπιεστή και η τοποθέτησή του.



Όπος: SECOH EL 100
Όγκος Αέρα: 130 L/Min
Ηλεκτρική Ισχύς: 92 W
Επίπεδο θορύβου: 42 db
Πίεση: 100 mbar
Τάση: 230 V
Συχνότητα: 50Hz

Εικόνα 5.5: Αεροσυμπιεστής EL100

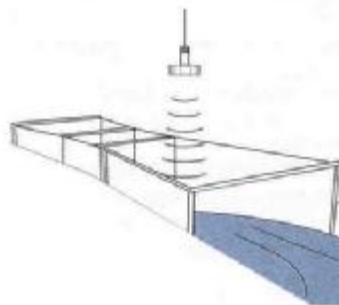
Η εγκατάσταση του φουσητήρα πρέπει να γίνει σε επίπεδο υψηλότερο της στάθμης λυμάτων δεξαμενών όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.6



Εικόνα 5.6: Εγκατάσταση αεροσυμπιεστή

5.4.1.4 Μετρητής παροχής

Στην είσοδο της δεξαμενής αερισμού στο άνοιγμα εισροής λυμάτων τοποθετείται το παροχόμετρο.. Συνήθως είναι τεχνολογίας υπερήχων. Η εμπορική μορφή, η τοποθέτηση και τα τεχνικά χαρακτηριστικά φαίνονται στην εικόνα 5.7 που ακολουθεί.



Χαρακτηριστικά

- Αισθητήρας υπερήχων χωρίς επαφή
- Ακριβές & επαληθευόμενο
- Ενσωματωμένο καταγραφικό 2 εκατ. σημείων
- 3 προγραμματιζόμενα ρελέ
- Προστασία με ηλεκτρονικό κλείδωμα (Password)
- Απλή βαθμονόμηση 3-πλήκτρων

Εικόνα 5.7 Παροχόμετρο ανοικτού καναλιού

5.4.1.5 Ελεγκτής οξυγόνου

Για την μέτρηση του επιπέδου οξυγόνου και τη ρύθμιση της παροχής αέρα χρησιμοποιείται ψηφιακός ελεγκτής οξυγόνου με ενσωματωμένο αισθητήριο οξυγόνου.

Στην εικόνα 5.8 που ακολουθεί φαίνεται η εμπορική μορφή, και τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά ενός μετρητή οξυγόνου.



Χαρακτηριστικά
Οθόνη με LED ψηφιακή ένδειξη
2 ρελέ ελέγχου
Αισθητήρας οξυγόνου 91DO

Εικόνα 5.8 Ψηφιακός ελεγκτής οξυγόνου

5.4.2. Δεξαμενή καθίζησης

5.4.2.1 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός δεξαμενής καθίζησης

Η μεταφορά των λυμάτων στη δεξαμενή γίνεται συνήθως με τη βοήθεια της βαρύτητας. Με την βαρύτητα γίνεται συνήθως και η μεταφορά της λάσπης προς την αντίστοιχη δεξαμενή. Έτσι ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός περιλαμβάνει:

- Δύο όμοιες αντλίες για τη μεταφορά του νερού προς τη δεξαμενή χλωρίωσης
- οριοδιακόπτη (διακόπτης στάθμης) της δεξαμενής.

5.4.2.2. Αντλία μεταφοράς νερού

Η αντλία μεταφοράς στο στάδιο της χλωρίωσης υπολογίζεται για τη μέγιστη ωριαία παροχή αιχμής 5,0 m³/ώρα σύμφωνα με τις παροχές σχεδιασμού της εγκατάστασης.

Στην εικόνα 5.9 που ακολουθεί φαίνεται η εμπορική μορφή και τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά της υποβρύχιας αντλίας.



Χαρακτηριστικά:

Ονομαστική ισχύς 400 W
Μανομετρικό MAX 5 m
Παροχή MAX 7,500 l/h
Μέγιστο βάθος αναρρόφησης 5 m
Στόμιο 1 1/4"
Βάρος 3,5 kg

Εικόνα 5.9 Υποβρύχια αντλία νερού

5.4.2.3. Διακόπτης στάθμης

Στη δεξαμενή καθίζησης θα τοποθετηθούν τρεις αισθητήρες σε διαφορετικά ύψη για την λειτουργία των αντλιών μεταφοράς νερού στο στάδιο της χλωρίωσης. Συνήθως χρησιμοποιούνται ηλεκτρονικοί διακόπτες στάθμης (Float Switch). Η εμπορική μορφή του ηλεκτρονικού Διακόπτη Στάθμης (Float Switch) φαίνεται στην εικόνα 5.10 που ακολουθεί



Εικόνα 5.10 Διακόπτης στάθμης (Flow Switch)

Ηλεκτρονικός Διακόπτης Στάθμης Νερού (Float Switch).

Έχει την δυνατότητα να ανασταφεί το κινούμενο μέρος (Polypropylene Foam) και η επαφή του από normally closed να γίνει normally open

Υλικά Κατασκευής

Float: Polypropylene Foam
Stem: POM
Nut: Polypropylene
O-ring: Silicon
Clip: POM
Leads: 1007 AWG22, 48", black
Top Fill: Epoxy

Χαρακτηριστικά

Temperature: -10 ~ +90°C
Contact rating: 50W
Max Switching Voltage: <=220VAC
Min Breakdown Voltage: 600VDC
Max Switching Current: 2.5A
Max Contact Resistance: 100mΩ
Specific Gravity: .8

Λειτουργία

Όταν το κινούμενο μέρος πέσει 0.12" (+/- 0.04") από το clip της βάσης , τότε κλείνει κύκλωμα και ενώνονται οι επαφές του διακόπτη. Όταν το κινούμενο μέρος ανέβει 0.20" (+/- 0.04") από το clip της βάσης, τότε ανοίγει το κύκλωμα και οι επαφές δεν ενώνονται.

5.4.3. Δεξαμενή ιλύος

5.4.3.1. Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός δεξαμενής ιλύος

Περιλαμβάνει:

- την αντλία/αεραντλία αναρρόφησης λάσπης ανακυκλοφορίας (Air Lift λάσπης)
- την αντλία αναρρόφησης της λάσπης προς την δεξαμενή ιλύος (συγκέντρωσης ή και μηχανικής αφυδάτωσης της ιλύος)
- Ρυθμιστής λειτουργίας

5.4.3.2 Αεραντλίες (Air Lift) ανακυκλοφορίας και απομάκρυνσης ιλύος

Για την ανακυκλοφορία της ιλύος στη δεξαμενή αερισμού και την απομάκρυνσή της χρησιμοποιούνται αεραντλίες (Air Lift). Για την ανακυκλοφορία, στην μέθοδο ενεργού ιλύος η αντλία θα πρέπει να έχει την ικανότητα επιστροφής στη δεξαμενή αερισμού περίπου 75% της παροχής των λυμάτων. Δηλαδή για παροχή αιχμής 5 m³/h, θα επιστρέφει 3,75 m³/h. Χρησιμοποιείται επίσης αεραντλία (Air Lift) για την απομάκρυνση της περίσσειας λάσπης. Ενδεικτικά παραθέτουμε τη φωτογραφία και τα τεχνικά χαρακτηριστικά μιας αεραντλίας (Air Lift).



ZB 1" 0.75hp air lift pump

PUMP TYPE	POWER		INLET/OUTLET	MAX.FLOW	MAX.HEAD	MAX.SUCT	G.W	PACKING DIMENSION
	kW	HP						
25ZB-45-0.75A	0.75	1.00	1"X1"	58	45	8	12	315X185X275

Εικόνα 5.11 Αεραντλία (Air Lift)

5.4.4. Δεξαμενή χλωρίωσης

5.4.4.1. Ηλεκτρομηχανολογικός Εξοπλισμός δεξαμενής χλωρίωσης

Περιλαμβάνει:

- τη δοσομετρική αντλία χλωρίου
- Μετρητής/αισθητήριο ελεύθερου χλωρίου ή PH-μετρο

5.4.4.2. Δοσομετρική αντλία χλωρίου

Οι ωριαίες ανάγκες που πρέπει να καλύπτει η δοσομετρική αντλία προσδιορίζονται ανάλογα για να καλύπτουν την μέγιστη ωριαία απορροή (2.4 m³/ h) και αντιστοιχούν σε 0.01 x 2400 : 150 = 0.16 lt /h.

Για δόση 10 mg/lt = 0.01 g/lt και με Q_d=30 m³/ ημ. = 30000 lt/ ημ. απαιτείται 0.01 x 30000 = 300gr Cl₂ /ημ. Το υποχλωριώδες νάτριο, σε υγρή μορφή βρίσκεται συνήθως στο εμπόριο σε περιεκτικότητα 150 gr/lt (15.00%), οπότε οι μέγιστες ημερήσιες ανάγκες αναλογούν σε (300

gr Cl₂/ημ) : (150 gr/lit) = 2 lit/ημ. Ένα δοχείο εμπορίου 30 λίτρων μπορεί να καλύψει τις ανάγκες της μονάδας βιολογικού καθαρισμού για 15 ημέρες.

Οι ωριαίες ανάγκες που πρέπει να καλύπτει η δοσομετρική αντλία προσδιορίζονται ανάλογα για να καλύπτουν την μέγιστη ωριαία απορροή (2.4 m³/h) και αντιστοιχούν σε 0.01 x 2400 : 150 = 0.16 lit/h.

Ενδεικτικά παραθέτουμε τη φωτογραφία και τα τεχνικά χαρακτηριστικά μίας αντίστοιχης αντλίας του εμπορίου.



Εκλέγεται δοσομετρική αντλία (Εικόνα 5.8) με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Τύπος : LMI A14

Ρύθμιση παροχής αντλίας : 0.004-2.2 lit/h

Μέγιστη πίεση διέγχυσης : 17.3 Bar

Μέγιστη Ισχύς : 22 W

Εικόνα 5.12 Δοσομετρική Αντλία

5.4.4.3. Μετρητής pH

Για την μέτρηση και τον έλεγχο του pH χρησιμοποιείται ψηφιακός μετρητής με το κατάλληλο αισθητήριο για την οδήγηση της δοσομετρικής αντλίας χλωρίου μέσω ενσωματωμένων επαφών ρελέ.

Ενδεικτικά παραθέτουμε τη φωτογραφία και τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός ελεγκτή/αναλυτή με το συμβατό αισθητήριο.

SC 200	pHD-S sc
	
Ψηφιακός ελεγκτής γενικής χρήσης για έως και 2 αισθητήρια	
Παράμετροι	Τιμή pH, δυναμικό οξειδοαναγωγής, αγωγιμότητα, οξυγόνο, παράμετροι θρεπτικών ουσιών, οργανικό φορτίο, παράμετροι απολύμανσης, θελότητα, στερεά, ιλύς, παροχή
Προστασία	IP 66/NEMA 4X
Τύπος οθόνης	Οθόνη LCD με οπισθοφωτισμό LED
Δεδομένα μέτρησης και αρχειοθέτηση συμβάντων	Κάρτα SD
Τροφοδοσία ρεύματος	100 ... 240 V AC, 24 V DC (προαιρετικά)

Εικόνα 5.13 Ψηφιακός ελεγκτής/αναλυτής πολλαπλών παραμέτρων

5.4.5. Δεξαμενή καθαρών

5.4.5.1 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός δεξαμενής καθαρών

Περιλαμβάνει:

- την αντλία επεξεργασμένων, συνήθως υποβρύχια αντλία
- οριοδιακόπτη (αισθητήρα στάθμης) για την ενεργοποίηση της αντλίας

5.4.5.2 Αντλία επεξεργασμένων

Για τη διάθεση των καθαρών λυμάτων χρησιμοποιείται υποβρύχια αντλία νερού η οποία οδηγείται από διακόπτη στάθμης. Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εμπορικής μορφής της αντλίας.



Χαρακτηριστικά:

Τύπος: Tsurumi TOS50C2.75

Ισχύς: 0.75kW

Τάση: 400V, 50Hz, τριφασική

Μέγιστη παροχή: 330 l/m

Εικόνα 5.14 Υποβρύχια αντλία επεξεργασμένων

5.4.5.3. Διακόπτης στάθμης

Για την εντολή λειτουργίας της αντλίας επεξεργασμένων χρησιμοποιείται ηλεκτρονικός διακόπτης (Float Switch) διακόπτης στάθμης ο οποίος τοποθετείται στο πάνω μέρος της δεξαμενής καθαρών. Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνετε η εμπορική μορφή του διακόπτη στάθμης καθώς και τεχνικά χαρακτηριστικά του.



Εικόνα 5.15 Διακόπτης στάθμης

Ηλεκτρονικός Διακόπτης Στάθμης Νερού (Float Switch).

Έχει την δυνατότητα να ανασταφεί το κινούμενο μέρος (Polypropylene Foam) και η επαφή του από normally closed να γίνει normally open

Υλικά Κατασκευής

Float: Polypropylene Foam
Stem: POM
Nut: Polypropylene
O-ring: Silicon
Clip: POM
Leads: 1007 AWG22, 48", black
Top Fill: Epoxy

Χαρακτηριστικά

Temperature: -10 ~ +90°C
Contact rating: 50W
Max Switching Voltage: <=220VAC
Min Breakdown Voltage: 600VDC
Max Switching Current: 2.5A
Max Contact Resistance: 100mΩ
Specific Gravity: .8

Λειτουργία

Όταν το κινούμενο μέρος πέσει 0.12" (+/- 0.04") από το clip της βάσης , τότε κλείνει κύκλωμα και ενώνονται οι επαφές του διακόπτη. Όταν το κινούμενο μέρος ανέβει 0.20" (+/- 0.04") από το clip της βάσης, τότε ανοίγει το κύκλωμα και οι επαφές δεν ενώνονται.

5.5. ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

5.5.1. Αυτοματοποίηση

Η ξενοδοχειακή μονάδα έχει διαφορούμενη πληρότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ανομοιόμορφη παροχή λυμάτων στην είσοδο του βιολογικού καθαρισμού της μονάδας.

Η αυτοματοποίηση της μονάδας βιολογικού καθαρισμού έχει ως κύριο σκοπό την εύρυθμη λειτουργία και την εξοικονόμηση ενέργειας για την μείωση κόστους λειτουργίας. Εκτός από τη διαδικασία ελέγχου και μετρήσεων η φιλοσοφία που σήμερα επεκτείνεται όλο και περισσότερο είναι η αυτοματοποίηση στη λειτουργία.

Η δομή βέβαια και το μέγεθος της μονάδας βιολογικού καθαρισμού θα συνηγορούν αν τα συστήματα πλήρους αυτοματισμού όπως SCADA, PLC είναι τεχνικοοικονομικά συμφέρουσες λύσεις

Σαν πρώτο βήμα στην διαδικασία αυτοματοποίησης είναι ο κατάλογος των υλικών της εγκατάστασης επεξεργασίας που θα αυτοματοποιηθεί.

Πίνακας 5.2. Κατάλογος υλικού προς αυτοματοποίηση

α/α	Τύπος υλικού	Περιγραφή λειτουργίας/ελέγχου	Χαρακτηριστικά
1	Αεροσυμπιεστής	Αερισμός δεξαμενής αερισμού	Φυσητήρας συνδεδεμένος με το

			σύστημα αερισμού/διάχυσης
2	Παροχόμετρο	Μέτρηση ροής λυμάτων στη δεξαμενή αερισμού	Μέτρηση ροής με υπέρηχους
3	Μετρητής οξυγόνου	Μέτρηση επιπέδου οξυγόνου στη δεξαμενή αερισμού, καθορισμός ορίων Χαμηλό Μέσο Υψηλό Έλεγχος λειτουργίας αεροσυμπιεστών	Ψηφιακός μετρητής/ελεγκτής οξυγόνου με ρελέ ελέγχου λειτουργίας αεροσυμπιεστών.
4	Αντλία νερού	Μεταφορά νερού στο στάδιο/δεξαμενή της χλωρίωσης	Βυθιζόμενη αντλία νερού
5	Διακόπτης στάθμης	Στάθμη δεξαμενής καθίζησης τριών ορίων: Χαμηλό Μέσο Υψηλό Έλεγχος λειτουργίας αντλίας νερού	Ηλεκτρονικός διακόπτης στάθμης (Float Switch)
6	Αντλία λάσπης	Επανακυκλοφορία λάσπης στη δεξαμενή αερισμού	Αεροανυψωτική αντλία (airlift)
7	Αντλία λάσπης	Απομάκρυνση λάσπης από τη δεξαμενή ιλύος	Αεροανυψωτική αντλία (airlift)

Πίνακας 5.2. Κατάλογος υλικού προς αυτοματοποίηση (συνέχεια)

8	Δοσομετρική αντλία χλωρίου	Προσθήκη χλωρίου	Δοσομετρική αντλία μεταβλητής παροχής
9	Ελεγκτής/Ρυθμιστής pH	Ρύθμιση δοσομετρικής αντλίας χλωρίου και έλεγχος pH	Όργανο ελεγκτής/αναλυτής πολλαπλών παραμέτρων
10	Αντλία νερού	Απομάκρυνση/εξαγωγή επεξεργασμένων	Υποβρύχια αντλία νερού
11	Διακόπτης στάθμης	Εκκίνηση αντλίας επεξεργασμένων	Ηλεκτρονικός διακόπτης στάθμης (Float Switch)

Ο έλεγχος λειτουργίας της εγκατάστασης θα έχει στόχο τη συμμόρφωση με τα καθορισμένα όρια των παραμέτρων εκροής (πλην των μικροβιακών). Θα γίνεται με την τοποθέτηση κατάλληλου δειγματολήπτη στην έξοδο πριν από τη δεξαμενή χλωρίωσης. Ο δειγματολήπτης θα έχει τη δυνατότητα λήψης δειγμάτων σε αναλογία με την παροχή. Οι μετρήσεις αυτές σε συνδυασμό με τη μέτρηση της παροχής θα δίνουν στοιχεία για την ρύθμιση των επί μέρους παραμέτρων/ ορίων ρύθμισης των αισθητηρίων.

Στο Παράρτημα της εργασίας υπάρχουν κάποια τυπικά ηλεκτρολογικά σχέδια που βοηθούν στην σχεδίαση και κατανόηση ενός ολοκληρωμένου σχεδίου αυτοματισμού (PLC ή SCADA)

5.5.2 Αυτοματοποίηση λειτουργίας συστήματος αερισμού

Η εφαρμογή της μεθοδολογίας αερισμού με διάχυση περιλαμβάνει:

- Δύο αεροσυμπιεστές με τους αντίστοιχους ηλεκτροκινητήρες
- Μετρητής/ελεγκτής οξυγόνου

Για την εκκίνηση και την ρύθμιση λειτουργίας των αεροσυμπιεστών, θα οριστούν τρία όρια ποσότητας οξυγόνου L_{min} , L_{av} , L_{max} , τα οποία αντίστοιχα θα δίνουν εντολή για τη λειτουργία δύο, ενός, κανενός αντίστοιχα αεροσυμπιεστών. Θα προβλέπεται/ρυθμίζεται επίσης η εκκίνηση των δύο αεροσυμπιεστών να μην είναι ταυτόχρονη (π.χ. χρονική διαφορά 15 sec περίπου) καθώς και η εναλλαγή στην αποσύνδεση όταν η ποσότητα του οξυγόνου υπερβεί τη μεσαία στάθμη ($L_{μεσαίο}$). Η ρύθμιση λειτουργίας γίνεται μέσω του ψηφιακού ελεγκτή οξυγόνου ο οποίος διαθέτει το κατάλληλο λογισμικό. Στο παράρτημα II δίνεται σχέδιο λειτουργίας του συστήματος αερισμού.

5.5.3 Αυτοματοποίηση λειτουργίας δεξαμενής καθίζησης

Για τη μεταφορά νερού στο στάδιο της χλωρίωσης ορίζονται τρία όρια L_{max} για την εκκίνηση/ λειτουργία των δύο αντλιών, $L_{μεσαίο}$ λειτουργία μίας αντλίας, L_{min} για το σταμάτημα και των δύο αντλιών. Οι διακόπτες στάθμης θα τοποθετηθούν σε διαφορετικά ύψη στη δεξαμενή καθίζησης και θα ελέγχουν τη λειτουργία των αντλιών. Στο παράρτημα II δίνεται σχέδιο λειτουργίας του Η/Μ εξοπλισμού της δεξαμενής καθίζησης

5.5.4 Αυτοματοποίηση λειτουργίας ανακυκλοφορίας και απομάκρυνσης ιλύος

Η λειτουργία της αντλίας ανακυκλοφορίας δηλ. η ρύθμιση της επιστρεφόμενης μάζας ιλύος γίνεται χειροκίνητα ή με τη βοήθεια PLC με μέτρηση του εισερχόμενου φορτίου (παροχόμετρο εισόδου) και του χρόνου παραμονής στη δεξαμενή καθίζησης. Για την απομάκρυνση της παραγόμενης περίσσειας λάσπης στην περίπτωση μας σύμφωνα με τον όγκο της δεξαμενής ιλύος, γίνεται κάθε 80 ημέρες, άρα δεν συντελείται λόγος αυτοματοποίησης της λειτουργίας η οποία γίνεται χειροκίνητα έπειτα από οπτική επιθεώρηση.

5.5.5 Αυτοματοποίηση λειτουργίας δεξαμενής χλωρίωσης

Το χλώριο διοχετεύεται στην αρχή της διαδρομής με συνεχή ροή χλωρίου για ορισμένο διάστημα (δόσεις) μέχρι το PH να αποκτήσει την καθορισμένη τιμή οπότε σταματά η παροχή χλωρίου δηλαδή η λειτουργία της δοσομετρικής αντλίας, μέχρι που η τιμή να πέσει κάτω από μία ορισμένη τιμή/όριο. Ο έλεγχος της λειτουργίας γίνεται μέσω ελεγκτή/αναλυτή ο οποίος έχει ενσωματωμένες επαφές ρελέ και το κατάλληλο λογισμικό για τη ρύθμιση της λειτουργίας τους. Στο παράρτημα II δίνεται σχέδιο λειτουργίας της διαδικασίας χλωρίωσης.

5.5.6 Αυτοματοποίηση λειτουργίας διάθεσης καθαρών λυμάτων

Ο διακόπτης στάθμης είναι συνδεδεμένος με το μπλοκ ελέγχου και ενεργοποιεί την αντλία δίνοντας εντολή εκκίνησης στο ρελέ της σε περίπτωση συσσώρευσης επεξεργασμένων. Στο παράρτημα II δίνεται σχέδιο λειτουργίας της διάθεσης καθαρών λυμάτων.

5.6. ΣΥΣΤΗΜΑ SCADA

Ο όρος SCADA (supervisory control and data acquisition) περιγράφει μια κατηγορία συστημάτων βιομηχανικού αυτομάτου ελέγχου και τηλεμετρίας. Το χαρακτηριστικό των συστημάτων SCADA είναι ότι αποτελούνται από τοπικούς ελεγκτές, που ελέγχουν επί μέρους στοιχεία και μονάδες μιας εγκατάστασης, συνδεδεμένους σε ένα κεντρικό Master Station (Κύριο Σταθμό Εργασίας). Ο κεντρικός σταθμός εργασίας μπορεί κατόπιν να επικοινωνεί τα δεδομένα που συλλέγει από την εγκατάσταση σε ένα πλήθος από σταθμούς εργασίας σε τοπικό LAN ή και να μεταδίδει τα δεδομένα της εγκατάστασης σε μακρινά σημεία μέσω κάποιου συστήματος τηλεπικοινωνίας, πχ μέσω του ενσύρματου τηλεφωνικού δικτύου ή μέσω κάποιου ασύρματου δικτύου. Στο παράρτημα II υπάρχουν κάποια ενδεικτικά σχέδια λειτουργίας βιολογικού καθαρισμού μέσω SCADA.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η διεργασία ενεργού ιλύος έχει αποδειχθεί αποτελεσματική στο πέρασμα των χρόνων σε πολλές περιπτώσεις ξενοδοχειακών μονάδων με κύρια χαρακτηριστικά το μικρό σχετικά μέγεθος η ανομοιομορφη φόρτιση και συχνά και η ασυνεχής ή περιοδική λειτουργία. Κατά συνέπεια, η συγκεκριμένη διεργασία είναι και αυτή που επιλέχτηκε για τη μελέτη περίπτωσης της παρούσας έρευνας.

Η ποσότητα της ροής που πρέπει να αντιμετωπιστεί είναι σχετικά μικρή και για το λόγο αυτό θεωρείται ότι το σύστημα θα καταφέρει να αποδειχτεί λειτουργικό αν και δεν υπάρχει εγγύηση για την πρακτικότητά του. Θα μπορούσαν για παράδειγμα να επιλεγούν περισσότερες από μια δεξαμενές αερισμού και δευτεροβάθμιας καθίζησης, οι οποίες και θα αύξαναν την πρακτικότητά του συστήματος (μεγαλύτερη ευκολία συντήρησης) αν και λόγω των μικρών όγκων που απαιτούνται και για τις δύο δεξαμενές αλλά και για την αποφυγή επιπλέον αύξησης του όγκου κρίθηκε περιττό να υπάρξουν πολλαπλές δεξαμενές. Και πάλι όμως καθώς η ροή για την οποία σχεδιάστηκε το σύστημα είναι μικρή και έτσι η ροή θα μπορούσε δυνητικά να αποθηκευθεί εάν το σύστημα χρειαζόταν συντήρηση. Όταν τα προβλήματα έκτασης δεν είναι απαγορευτικά η κατασκευή και λειτουργία δύο βιολογικών καθαρισμών είναι συχνά δεδομένη.

Τα ηλεκτρομηχανολογικά χαρακτηριστικά και τα στοιχεία ελέγχου της εγκατάστασης μέσω των συστημάτων αυτοματισμού συμβάλουν στην ομαλή λειτουργία του συστήματος στις διαφοροποιούμενες κάθε φορά συνθήκες τόσο της παροχής όσο και της σύστασης των λυμάτων εισροής. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας και την επίτευξη των επιθυμητών χαρακτηριστικών των λυμάτων στην έξοδο του βιολογικού καθαρισμού που είναι το βασικό ζητούμενο της κάθε εγκατάστασης. Η προσθήκη περισσότερης και υψηλότερης τεχνολογίας μπορεί να το επιτύχει και στόχος είναι αυτή να μπορέσει να είναι ανταγωνιστική και στις μικρού μεγέθους μονάδες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Νομοθεσία:

- [1] ΚΥΑ 1966/1982/1999 (ΦΕΚ 1811/Β/ 23.9.1999)
- [2] ΚΥΑ 5673/400/1997 (ΦΕΚ 192/Β/ 1997)

Έντυπη βιβλιογραφία:

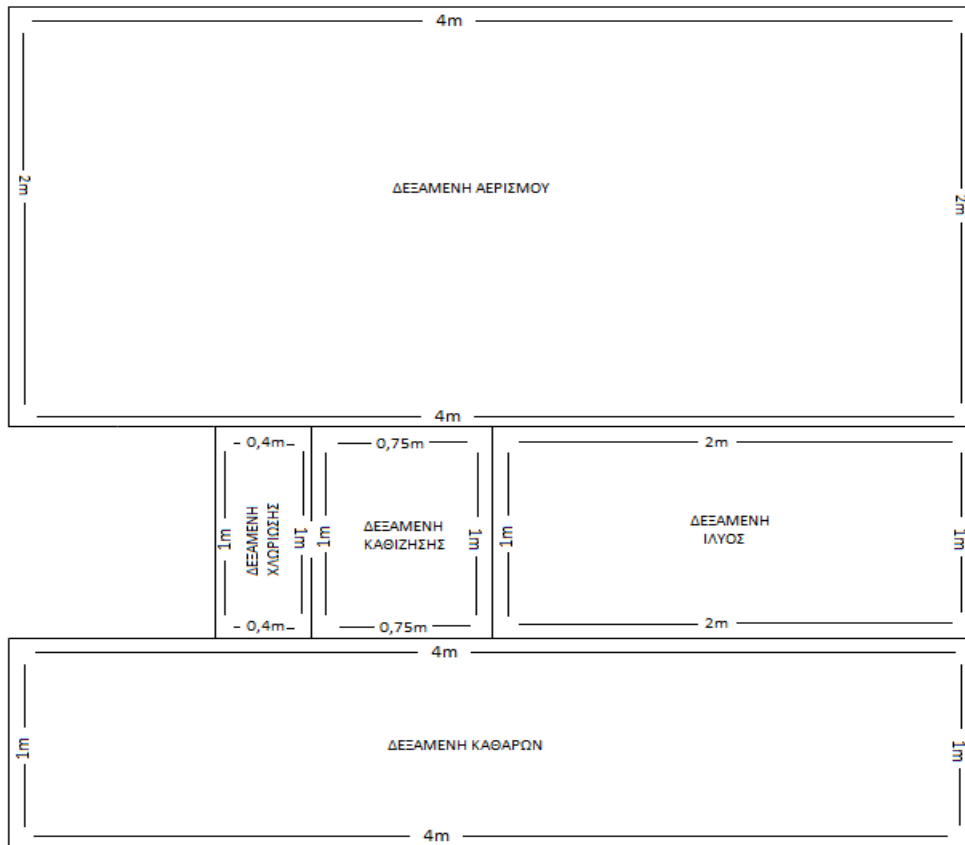
- [2] Ανδρουλάκης, Ε. ΚΑΙ Κουτάλας, Π. (2008). *ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΜΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΜΗ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ*. Προπτυχιακό επίπεδο. Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης.
- [3] Αρμενιάκας, Μ. (2005). *ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΕ ΦΥΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΝΗΣ ΚΑΛΑΜΙΩΝ*. Προπτυχιακό επίπεδο. Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης.
- [4] Αυγητίδης, Β., Μπελενιώτης, Ν. και Σαμαράς, Π. (2003). *ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ*. Θεσσαλονίκη: Τ.Ε.Ε., Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας.
- [5] Δεσποτίδου, Ν., Μ. *ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ*. Δήμος Θέρμης. (2013). *Προμελέτη Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων Θέρμης – Βασιλικών*. Δήμος Θέρμης
- [6] ΠΜΣ Περιβάλλον και Ανάπτυξη, *ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΑΝΕΠΙΘΥΜΗΤΕΣ ΟΥΣΙΕΣ*.
- [7] Κομίλης, Π., Δ. (2008). *ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ*, σημειώσεις στο ΔΠΘ, Ξάνθη, 2008.
- [8] Λιάκου, Μ. (2011). *Παρακολούθηση μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και τεχνικές μείωσης ρυπαντικού φορτίου με τη χρήση μεμβρανών*. Προπτυχιακό επίπεδο. ΕΜΠ.
- [9] Μαμάης, Δ. (2008). *Ρύπανση υδατικών οικοσυστημάτων*, σημειώσεις του μαθήματος Υδατικό Περιβάλλον και Ανάπτυξη στο ΕΜΠ, Αθήνα, εαρινό εξάμηνο 2007-2008.
- [10] Μαντζαβίνου, Π. (2011). *Διερεύνηση εναλλακτικών μεθόδων διαχείρισης υδάτων σε επίπεδο κατοικίας*. Μεταπτυχιακό επίπεδο. ΕΜΠ.
- [11] Νταρακάς, Ε. (2014). *Διεργασίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων (Τεχνική Περιβάλλοντος)*, σημειώσεις του μαθήματος Εισαγωγή στη Τεχνική Περιβάλλοντος στο ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη, Ιανουάριος 2014.
- [12] Νταρακάς, Ε. (2013). *Εργαστηριακές μέθοδοι αποτίμησης ποιότητας νερού και λυμάτων*, σημειώσεις στο ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη, Ιούνιος 2013.
- [13] Ντούλας, Σ., Τόγιας, Ν., Χρυσανθόπουλος, Π., Τρικαλίτη, Α. και Σκούλλος, Μ. (2007). Βιολογικός καθαρισμός. Στο: 5^ο Συνέδριο «Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση».
- [14] ΡΟΪΚΟΣ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΑΕ, (2012). *Τεχνική Υποστήριξη της Κεντρικής Υπηρεσίας Υδάτων (νυν Ειδική Γραμματεία Υδάτων) για τον προσδιορισμό κατάλληλων συστημάτων και την ανάπτυξη κριτηρίων επιλογής για την επεξεργασία λυμάτων οικισμών Δ προτεραιότητας*. Αθήνα: ΡΟΪΚΟΣ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΑΕ.
- [15] Τέγου Ιωάννα, Λ. (2014). *ΕΠΙΛΟΓΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΛΟΥΤΡΟΠΟΛΕΩΣ ΘΕΡΜΗΣ*. Μεταπτυχιακό επίπεδο. Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- [16] Τσέζος, Μ. και Χατζηκιοσεγιάν, Α. (2012). *ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ, ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ*, σημειώσεις στο ΕΜΠ, Αθήνα, 2012.
- [17] Χουρδάκης, Ν. (2007). *ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΜΕ ΚΡΟΚΙΑΩΣΗ*. Μεταπτυχιακό επίπεδο. Πολυτεχνείο Κρήτης.

- [18] Crites, R. και Tchobanoglous, G. (1998). *Small and decentralized wastewater management systems*. 1^η έκδοση. Boston: WCB/McGraw-Hill.
- [19] Gibbon, D. (1974). *Aeration of activated sludge in sewage treatment*. 1^η έκδοση. New York: Pergamon Press.
- [20] Tchobanoglous, G., Burton, F. και Stensel, H. (2002). *Wastewater engineering*. 4^η έκδοση. Boston: McGraw-Hill.

Ηλεκτρονική βιβλιογραφία:

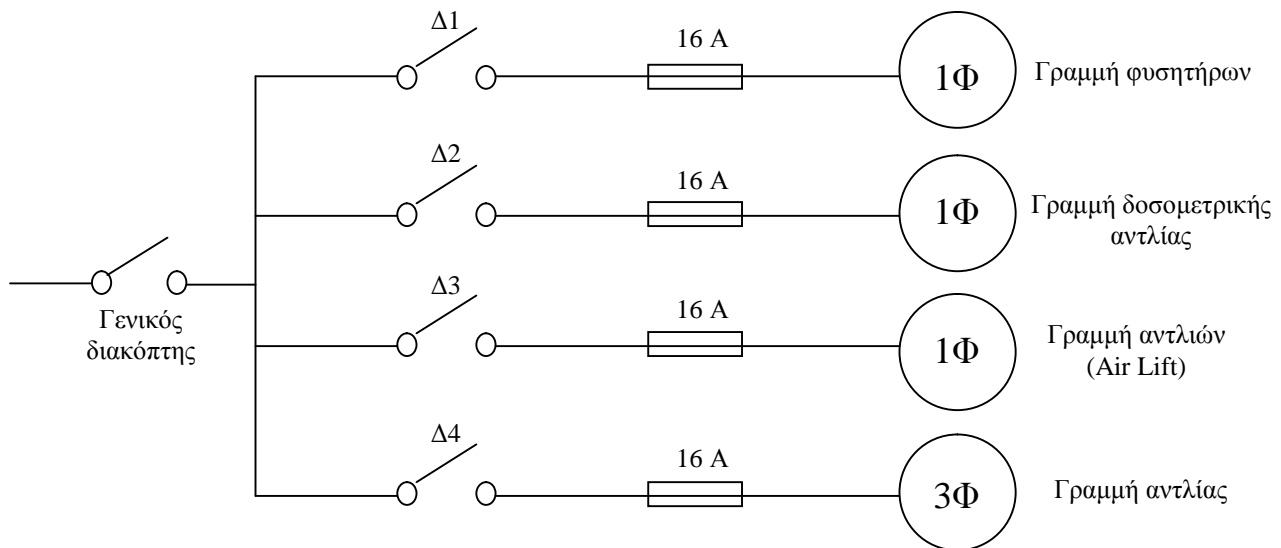
- [21] Βιολογικός καθαρισμός. [Online pdf] Διαθέσιμο στην: http://1lyk-karpen.eyr.sch.gr/biology/biological_cleaning.pdf [Προσβασιμότητα: 1 Σεπτεμβρίου 2014].
- [22] ΕΛΙΝΥΑΕ. (2014). *Κ.Υ.Α. οικ. 5673/400/1997 - Μέτρα και όροι για την επεξεργασία αστικών λυμάτων*. [Online] Διαθέσιμο στην: http://www.elinyae.gr/el/item_details.jsp?item_id=3776&cat_id=925 [Προσβασιμότητα: 1 Σεπτεμβρίου 2014].
- [23] Μίχος Α.Ε., (2014). *Βιολογικός Καθαρισμός*. [Online] Διαθέσιμο στην: http://www.michos.gr/index.php?lang=gr§ion=&option=contents&task=view_category&category=112&more=1&PHPSESSID=f081aaf3ee9b992d7aafdc84a7d34386&print=1 [Προσβασιμότητα: 1 Σεπτεμβρίου 2014].
- [24] Περιβαλλοντική υγιεινή και δημόσια υγεία, (2010). *Υ.Α. Ειβ 221/1965 - Περί διαθέσεως λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων*. [Online] Διαθέσιμο στην: <http://epoptes.wordpress.com/2010/10/05/%CF%85-%CE%B1-%CE%B5%CE%B9%CE%B2-2211965-%CF%80%CE%B5%CF%81%CE%AF-%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CE%B8%CE%AD%CF%83%CE%B5%CF%89%CF%82-%CE%BB%CF%85%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%B2%CE%B9/> [Προσβασιμότητα: 1 Σεπτεμβρίου 2014].
- [25] Ποιοτικά χαρακτηριστικά λυμάτων. [Online pdf] Διαθέσιμο στην: <http://diocles.civil.duth.gr/links/home/veltiomeno/nees/KatharismosLimaton/poioitikaxaraktiristika.pdf> [Προσβασιμότητα: 3 Σεπτεμβρίου 2014].
- [26] Lenntech water treatment solutions, (2014 α)). *Copious growth of filamentous organisms - problems and solutions*. [Online] Διαθέσιμο στην: <http://www.lenntech.com/library/sludge/filamentous/filamentous-bacteria.htm> [Προσβασιμότητα: 2 Σεπτεμβρίου 2014].
- [27] Lenntech water treatment solutions, (2014 β)). *Sludge components*. [Online] Διαθέσιμο στην: <http://www.lenntech.com/library/sludge/components/sludgecomponents.htm> [Προσβασιμότητα: 2 Σεπτεμβρίου 2014].
- [28] Lenntech water treatment solutions, (2014 γ)). *Sludge sorts*. [Online] Διαθέσιμο στην: <http://www.lenntech.com/library/sludge/sorts/sludgesorts.htm> [Προσβασιμότητα: 2 Σεπτεμβρίου 2014].
- [29] Microbewiki, (2012). *Foaming in wastewater treatment plant (WWTP)*. [Online] Διαθέσιμο στην: [https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Foaming_in_wastewater_treatment_plant_\(WWTP\)](https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Foaming_in_wastewater_treatment_plant_(WWTP)) [Προσβασιμότητα: 2 Σεπτεμβρίου 2014].
- [30] Water/ Wastewater Distance Learning Website, (2014). *Wastewater Treatment Methods and Disposal*. [Online] Διαθέσιμο στην: <http://water.me.vccs.edu/courses/ENV149/treatment.htm> [Προσβασιμότητα: 4 Σεπτεμβρίου 2014].

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ

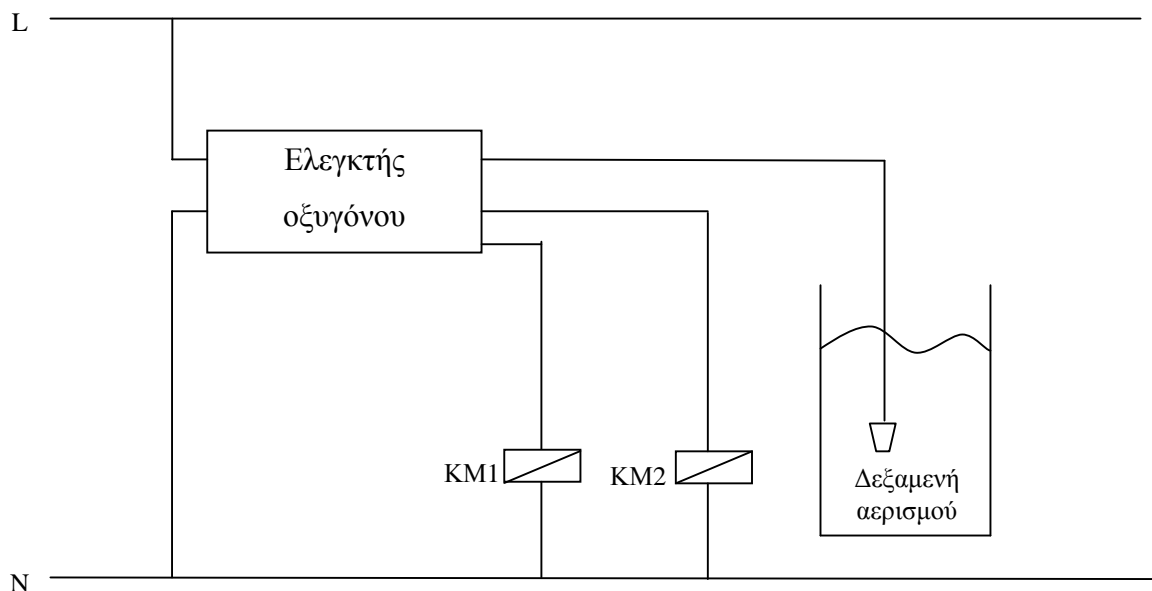


Σχ. Ι.1. Κάτοψη των δεξαμενών του βιολογικού σταθμού

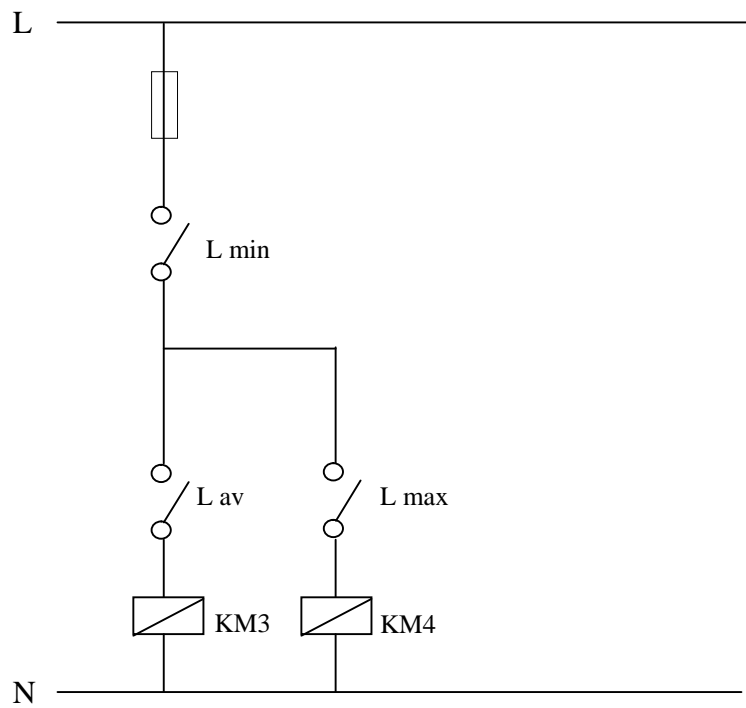
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ



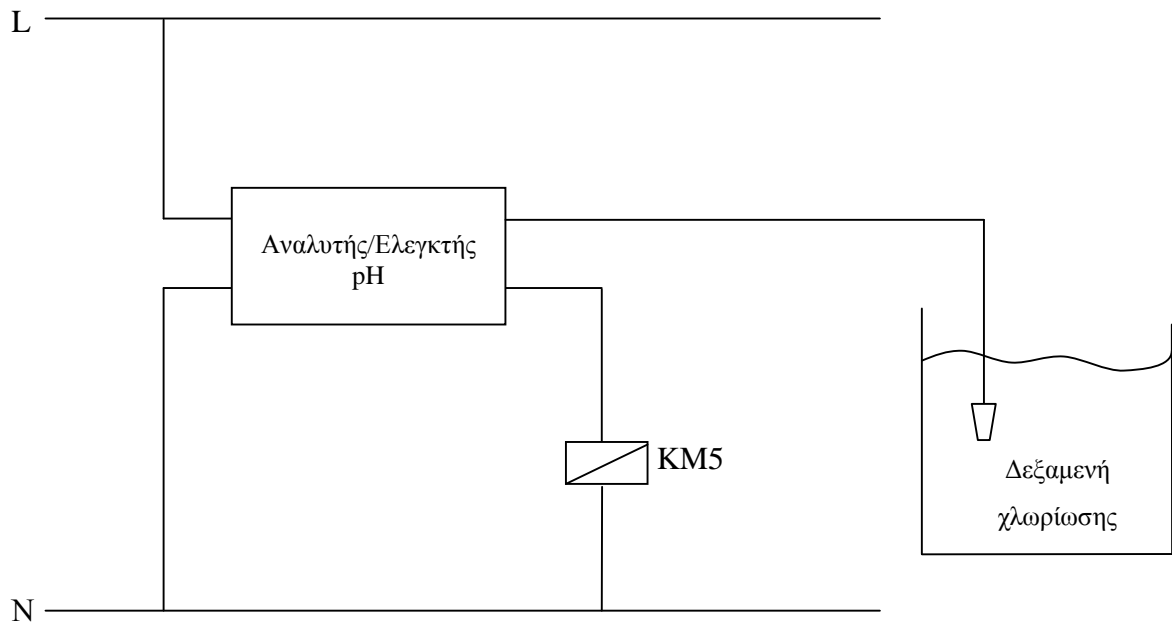
Σχ. ΙΙ.1 Μονογραμμικό σχέδιο ηλεκτρικής εγκατάστασης



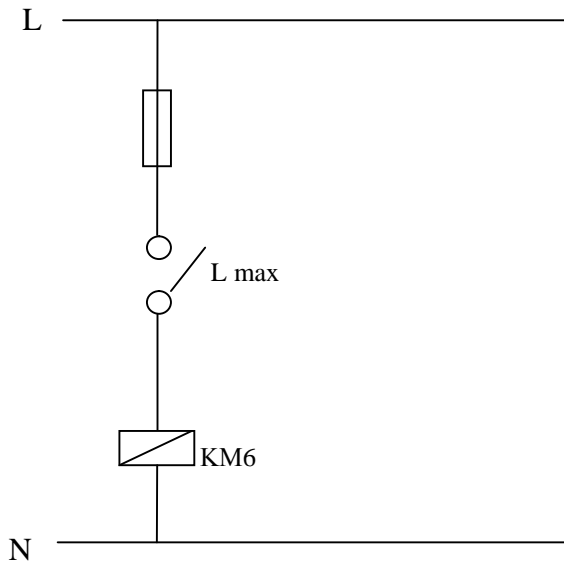
Σχ. ΙΙ.2 Σχέδιο λειτουργίας συστήματος αερισμού



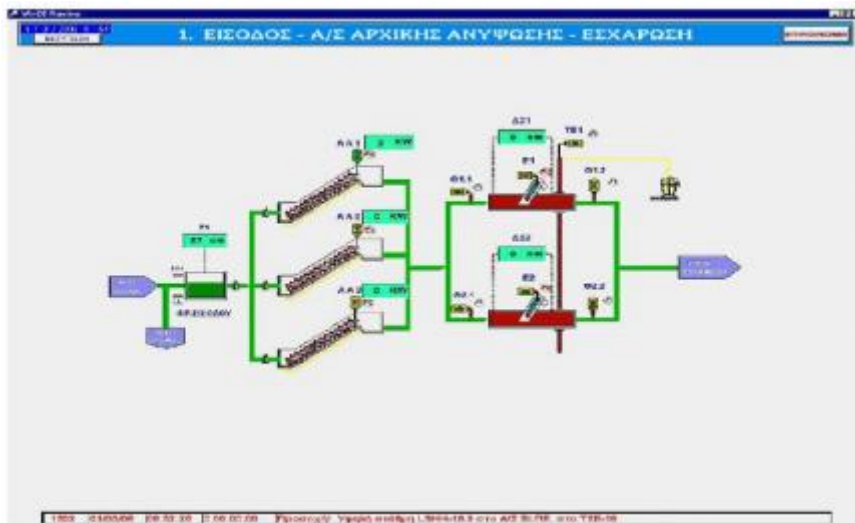
Σχ. II.3 Αυτοματισμός λειτουργίας μεταφοράς λυμάτων στο στάδιο της χλωρίωσης



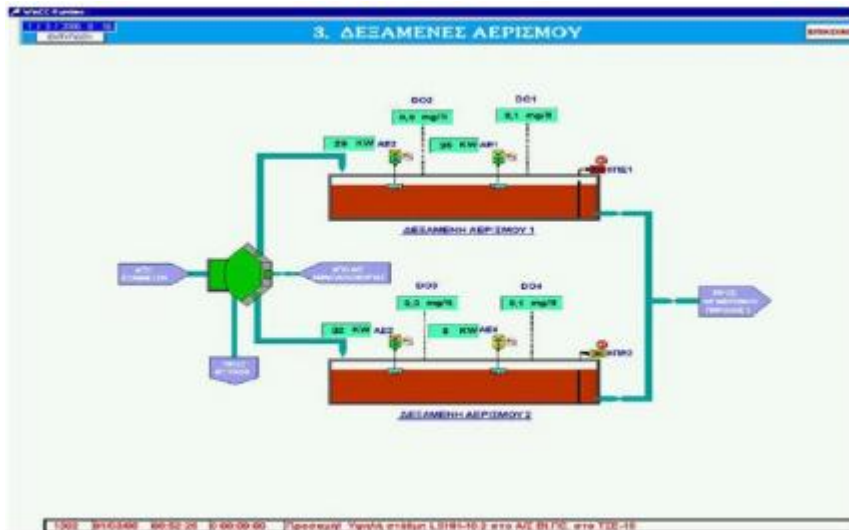
Σχ. II.4 Σχέδιο ελέγχου λειτουργίας της διαδικασίας χλωρίωσης



Σχ. ΙΙ.5 Αυτοματισμός λειτουργίας διάθεσης καθαρών λυμάτων



Σχ. ΙΙ.6 Απεικόνιση πρωτοβάθμιας επεξεργασίας σε οθόνη SCADA



Σχ. Π.7 Απεικόνιση δευτεροβάθμιας επεξεργασίας σε οθόνη SCADA