ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΟΙΚΙΣΜΟ 12.000 ΚΑΤΟΙΚΩΝ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: **Αγγελοπούλου Ανδριάνα**

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: **Δρ. Θεοδωροπούλου Μαρία**

ΠΑΤΡΑ 2015

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως την καθηγήτρια Δρ. Θεοδωροπούλου Μαρία κυρίως για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, και την υπομονή που έκανε κατά τη διάρκεια υλοποίησης της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Όπως επίσης και για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση της, για την επίλυση διάφορων θεμάτων.

Θα ήθελα επίσης να απευθύνω τις ευχαριστίες μου στους γονείς μου, οι οποίοι στήριξαν τις σπουδές μου με διάφορους τρόπους, φροντίζοντας για την καλύτερη δυνατή μόρφωση μου. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά και να εκφράσω την ειλικρινή μου ευγνωμοσύνη, σε όσους στάθηκαν δίπλα μου με κάθε τρόπο και με βοήθησαν στην ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας.

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστών: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος σπουδαστής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολοκλήρου του κειμένου εξ ίσου, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο σπουδαστής
(Ονοματεπώνυμο)

……………………
(Υπογραφή)

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας και πραγματοποιεί μελέτη ενός βιολογικού καθαρισμού μιας περιοχής με 12.000 κατοίκους. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στην μελέτη έχουν ληφθεί υπόψη οι αυξομειώσεις που υπάρχουν στον πληθυσμό κατά περιόδους με σκοπό την μεγαλύτερη ακρίβεια του συστήματος του βιολογικού καθαρισμού με στοχό την ασφάλεια του περιβάλλοντος.

Είναι πλέον κοινά αποδεκτό ότι η ανθρώπινη υγεία και ευημερία εξαρτώνται από την ποιότητα του περιβάλλοντος το οποίο δέχεται καθημερινά πιέσεις ανθρωπογενούς προέλευσης. Η αειφορική διαχείριση των φυσικών πόρων, η ανάπτυξη τεχνολογιών απορρύπανσης, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και η ανάπτυξη κατάλληλων μεθόδων είναι μόνο μερικά από τα θέματα που απαιτούνται για την ορθή διαχείριση του περιβάλλοντος. Ο στόχος των ανθρώπων στις μέρες μας είναι η αναζήτηση τεχνικών λύσεων, καθώς και η προστασία του περιβάλλοντος από λανθασμένες πρακτικές.

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που έρχεται αντιμέτωπος ο άνθρωπος είναι η έλλειψη του νερού, η διαφύλαξη του καθώς και η προφύλαξη του από την ρύπανση του περιβάλλοντος. Ο βιολογικός καθαρισμός δίνει λύση στην αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων.

Η επεξεργασία των λυμάτων που πραγματοποιείται μέσω βιολογικού καθαρισμού θεωρείται ότι είναι από τους πιο αποτελεσματικούς τρόπους αντιμετώπισης της ρύπανσης των υδάτινων αποδεκτών. Επιπλέον, έχει την δυνατότητα καθαρισμού και διαχωρισμού των αστικών λυμάτων από βλαβερά συστατικά που μπορούν να περιέχουν και παράλληλα δίνεται η δυνατότητα ακίνδυνης διάθεσης των λυμάτων στο περιβάλλον χωρίς να το επιβαρύνουν με ρυπαντικά φορτία.

Η επιλογή ενός συστήματος επεξεργασίας λυμάτων απαιτεί προσεκτική διερεύνηση τόσο των αναγκών, όσο και των προτεινόμενων λύσεων, καθώς σημαντικό ρόλο παίζει όχι μόνο η προσφερόμενη τεχνολογία, αλλά και η ποιότητα κατασκευής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως στόχο την μελέτη και την σχεδίαση ενός συστήματος βιολογικού καθαρισμού μιας περιοχής με 12.000 κατοίκους. Η μελέτη θα πραγματοποιηθεί με σκοπό την πλήρη κάλυψη των αναγκών των κατοίκων καθώς επίσης λαμβάνει υπόψη τις αυξομειώσεις που παρατηρούνται στον πληθυσμό κατά περιόδους. Εισαγωγικά αναλύεται η εξέλιξη των βιολογικών καθαρισμών μέσα από μια σύντομη ιστορική αναδρομή, με συνέπεια την κατανόηση της σπουδαιότητας τέτοιων συστημάτων από την αρχή της ανθρωπότητας.

Στο 1^{o} Κεφαλαίο ορίζεται ο βιολογικός καθαρισμός και αναλύονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που παρουσιάζει κάθε μέθοδος. Επιπλέον, αναγράφονται οι γενικές αρχές καθαρισμού λυμάτων καθώς και οι αρχές που έχουν δημιουργηθεί για τα συστήματα βιολογικού καθαρισμού. Στην συνέχεια γίνεται ο διαχωρισμός των ειδών του βιολογικού καθαρισμού ανάλογα με τις εγκαταστάσεις οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιούν είτε φυσικά είτε τεχνητά μέσα.

Στο 2^{o} Κεφάλαιο αναλύονται τα ανεπεξέργαστα απόβλητα. Αρχικά καταγράφονται τα χαρακτηριστηκά που θα πρέπει να μελετηθούν για τον σχεδιασμό ενός Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων και έπειτα αναλύεται κάθε κατηγορία δίνοντας έμφαση στα προβλήματα που δημιουργούνται από την ύπαρξη τους.

Στο 3^{o} Κεφάλαιο αναλύονται οι μέθοδοι επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Καταγράφεται ο προσδιορισμός των φυσικοχημικών παραμέτρων των υγρών αποβλήτων και περιγράφονται τα στάδια επεξεργασίας και οι διαδικασίες από τις οποίες αποτελούνται.

Στο 4^{o} Κεφάλαιο αναλύονται όλα τα συστήματα επεξεργασίας λυμάτων μικρής κλίμακας είτε αυτά είναι συμβατικά - μηχανικά συστήματα είτε είναι φυσικά συστήματα. Σκοπός της περιγραφής των συστημάτων είναι επιλογή του καταλληλότερου συστήματος για μια περιοχή με 12.000 κατοίκους. Σε κάθε σύστημα δίνεται έμφαση στα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που προσφέρει.

Στο 5^{o} Κεφάλαιο πραγματοποιείται η τεχνική περιγραφή των μονάδων του συστήματος του βιολογικού καθαρισμού της μελέτης. Αρχικά γίνεται η επιλογή του συστήματος και ακολουθούν τα δεδομένα σχεδιασμού. Αφού πραγματοποιηθεί συνοπτική περιγραφή του έργου γίνεται αρίθμηση των μονάδων και στην συνέχεια υλοποιείται η ανάλυση τους.

Στο 6^{o} Κεφάλαιο πραγματοποιούνται οι υπολογισμοί της μελέτης λειτουργίας του βιολογικού καθαρισμού. Σε κάθε μονάδα που προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 5 γίνεται αναφορά των χαρακτηριστικών της και στην συνέχεια πραγματοποιείται η διαστασιολόγηση της.

Στο τέλος της παρούσας πτυχιακής εργασίας παρατίθεται ο επίλογος.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΓΕΝΙΚΑ

ΚΕΦΆΛΑΙΟ 2 ΑΝΕΠΕΞΈΡΓΑΣΤΑ ΑΠΌΒΛΗΤΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΜΈΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΏΝ ΛΥΜΆΤΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΣΥΣΤΉΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΊΑΣ ΛΥΜΆΤΩΝ ΜΙΚΡΉΣ ΚΛΊΜΑΚΑΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη και ο σχεδιασμός βιολογικού καθαρισμού για οικισμό 12.000 κατοίκων. Θα πραγματοποιηθεί ανάλυση των συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων μικρής κλίμακας που έχει ως στόχο την επιλογή του κατάλληλου συστήματος για την παρούσα μελέτη.

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

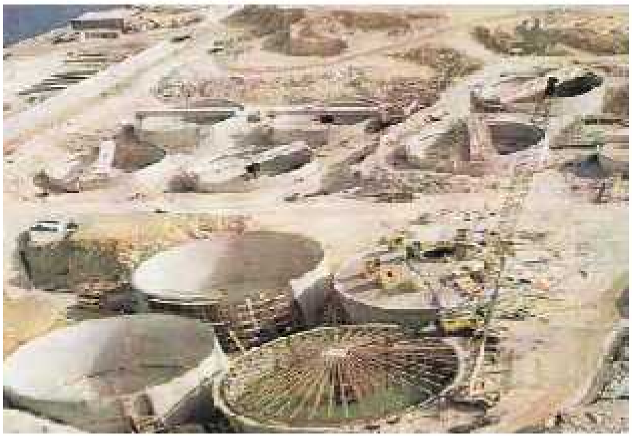
Από τα αρχαία χρόνια το νερό αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία της φύσης. Το νερό ωστόσο, είναι ένα αγαθό που η προσφορά του με το πέρασμα των χρόνων μειώνεται επικίνδυνα. Επιπλέον, πρέπει να λάβουμε υπόψη μας ότι η ανάπτυξη σε οποιαδήποτε κατεύθυνση απαιτεί νέους υδατικούς πόρους. Έτσι, γίνεται αντιληπτό ότι η εξεύρεση και διαχείριση υδατικών πόρων είναι από τα θέματα που προκαλούν μεγάλο επιστημονικό ενδιαφέρον και θα απασχολήσουν ιδιαιτέρα τις ερχόμενες δεκαετίες.

Οι πρώτοι ανεπτυγμένοι πολιτισμοί της αρχαιότητας αντιμετωπίζοντας το πρόβλημα των λυμάτων δημιουργούν μεθόδους απομάκρυνσης τους. Τα πρώτα έργα κατασκευάζονται στην Κρήτη και την Συρία και ονομάζονται υπόνομοι. Οι υπόνομοι χρησιμοποιούνται ωστόσο και για την απομάκρυνση των νερών της βροχής. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν εγκαταστάσεις υπονόμων σε διαφορές περιοχές που λειτουργούν μέχρι και σήμερα. Χαρακτηριστηκό παράδειγμα είναι οι εγκαταστάσεις των υπονόμων στην Αρχαία Ρώμη, όπου ακόμα και σήμερα θεωρούνται άρτια κατασκευασμένες.

Φθάνοντας στον Μεσαίωνα εκτός από τους υπονόμους αρχίζει η κατασκευή των βόθρων. Κατά την πλήρωση των βόθρων με λύματα, ειδικά συνεργεία τους άδειαζαν είτε σε παράκτιες περιοχές, είτε σε λίμνες, είτε σε ποτάμια. Στις αρχές του 19^{ου} αιώνα κατασκευάζονται καλύτερα αποχετευτικά συστήματα τα οποία βελτιώνουν την ποιότητα ζωής των ανθρώπων. Πραγματοποιούνται οι πρώτες επιτυχημένες προσπάθειες επεξεργασίας αποβλήτων. Η διήθηση στο χώμα ή στην άμμο, ή η καθίζηση πραγματοποιούνται σε ειδικές δεξαμενές όπου έχουν τον ρόλο των σημερινών δεξαμενών καθίζησης.

Ωστόσο, ο ερχομός του 20^{ου} αιώνα φέρνει την βιομηχανική ανάπτυξη, ιδιαίτερα στις ανεπτυγμένες περιοχές, και αρχίζει η παραγωγή και η αποχέτευση μεγάλων ποσοτήτων αστικών και άλλων υγρών αποβλήτων σε παράκτιες και άλλες περιοχές, που προκαλούν σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα.

Το 1950 και το 1960 πραγματοποιείται η πρώτη εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων με σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος. Η μελέτη και κατασκευή συμβατικών έργων επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων θεωρήθηκε τότε, ότι θα αντιμετώπιζε οριστικά τα προβλήματα, που σχετίζονται με τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων. Όμως, από τις αρχές της δεκαετίας, άρχισαν να αναδύονται σοβαρά προβλήματα κόστους, λειτουργίας και γενικά διαχείρισης αυτών των έργων.



Εικόνα 1: Βιολογικός καθαρισμός Ψυτάλλειας. (Σκανδάμη Α., 2005)

Συνήθως, οι ενεργειακοί και οικονομικοί πόροι είναι περιορισμένοι με αποτέλεσμα τα μέτρα και οι λύσεις που λαμβάνονται να είναι στα πλαίσια βιώσιμης ανάπτυξης. Ωστόσο, οι τεχνικές λύσεις που δίνονται για κάθε περίπτωση θα πρέπει να ικανοποιούν τους περιβαλλοντικούς και κοινωνικούς περιορισμούς, να έχουν τις μικρότερες ενεργειακές απαιτήσεις και να κοστίζουν το ελάχιστο δυνατό.

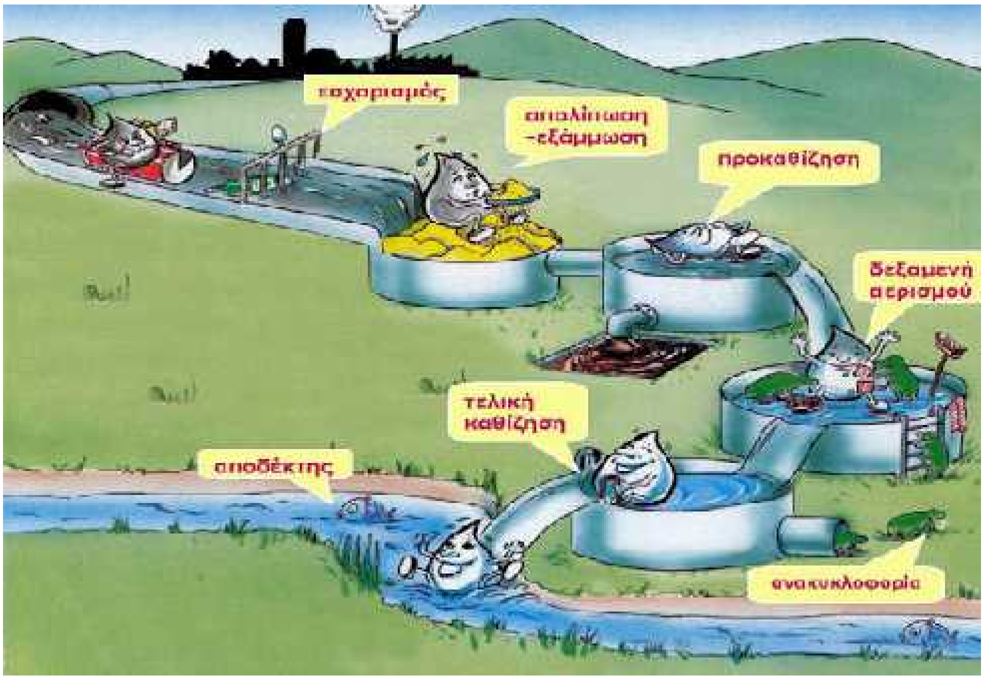
Σε πολλές χώρες η ανάγκη για ορθή διαχείριση των υδατικών πόρων γίνεται επιτακτική για την προστασία του περιβάλλοντος, την αύξηση της παραγωγικότητας της γεωργίας και φυσικά την καλύτερη ποιότητα ζωής του ανθρώπου. Ένα από τα αντικείμενα αιχμής στη διαχείριση των υδατικών πόρων είναι η ανακύκλωση και χρήση μη συμβατικών πόρων, όπως είναι η ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για την κάλυψη των συνεχώς αυξανόμενων υδατικών αναγκών. Αυτός είναι ο λόγος που στις μέρες μας αρκετά κράτη και διεθνείς οργανισμοί είτε έχουν θεσπίσει είτε προετοιμάζονται να θεσπίσουν κανονισμούς ή οδηγίες, που θα συμβάλουν στην ασφαλή χρήση των εκροών υγρών αποβλήτων. (Σκανδάμη Α., 2005 ; Μπουλπούλη Μ., 2007)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΓΕΝΙΚΑ

1.1.ΟΡΙΣΜΟΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

Η επεξεργασία λυμάτων είναι μια από τις πιο αποτελεσματικές μεθόδους αντιμετώπισης της ρύπανσης των υδάτων και έχει ως στόχο την ακίνδυνη διάθεση των λυμάτων στο περιβάλλον. Για την επεξεργασία των λυμάτων πραγματοποιείται βιολογικός καθαρισμός όπως ορίζεται η τεχνική διαδικασία κατά την οποία επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός των λυμάτων από τα βλαβερά συστατικά τα οποία εμπεριέχονται σε αυτά.

Μια σύντομη περιγραφή της διαδικασίας του βιολογικού καθαρισμού είναι ότι τα λύματα συλλέγονται, στην συνέχεια εισάγονται σε ένα σύστημα και ακολουθώντας την ενδεικτική πορεία (Εικόνα 1.1) στην έξοδο τους λαμβάνεται καθαρό διαυγές νερό το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο περιβάλλον χωρίς να το επιβαρύνει, ενώ παράλληλα περιορίζεται η σπατάλη των υδάτων.



Εικόνα 1.1: Ενδεικτικό διάγραμμα πορείας λυμάτων σε μια εγκατάσταση βιολογικού καθαρισμού. [1]

Τα λύματα συλλέγονται σε Κέντρα Επεξεργασίας Λυμάτων. Τα Κέντρα Επεξεργασίας Λυμάτων είναι εγκαταστάσεις οι οποίες έχουν την δυνατότητα υποδοχής και επεξεργασίας των λυμάτων. Οι εγκαταστάσεις θα πρέπει να ανταποκρίνονται στο μέγεθος των επεξεργασμένων λυμάτων, δηλαδή την εμβέλια της περιοχής που θέλουν να καλύψουν (π.χ πόλη, κωμόπολη)

Το βασικό πλεονέκτημα του βιολογικού καθαρισμού είναι ότι με την πλήρη επεξεργασία των λυμάτων, το νερό που διοχετεύεται στην θάλασσα είναι απαλλαγμένο από τους ρύπους σε ποσοστό 90% - 95% και πλήρως ακίνδυνο. (Σκανδάμη Α., 2005)

1.2. ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΛΥΜΑΤΩΝ

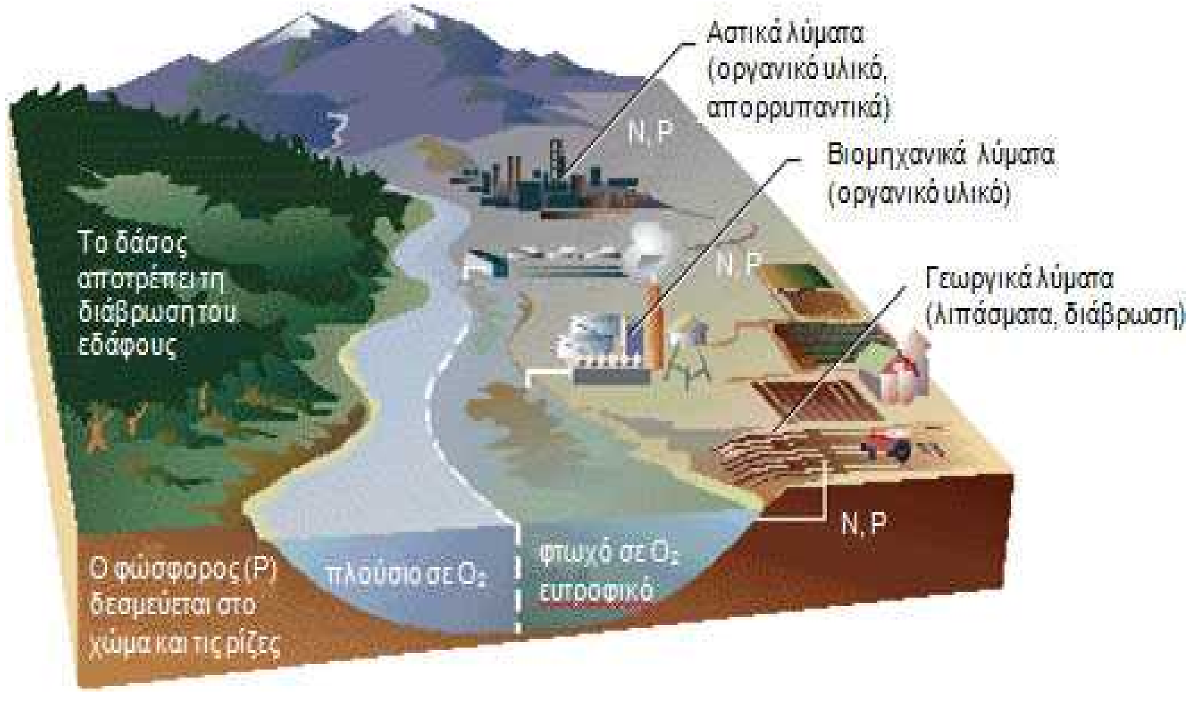
Τα απόβλητα διακρίνονται ανάλογα με τα βασικά φυσικά χαρακτηριστικά τους σε στερεά και σε υγρά και υπόκεινται σε επεξεργασία καθαρισμού κατά την οποία απομακρύνονται, εξουδετερώνονται ή τροποποιούνται κατάλληλα τα επιβλαβή χαρακτηριστικά τους, με στόχο είτε την ελάττωση είτε την εξάλειψη τους. Κύριο συστατικό των υγρών αποβλήτων είναι το νερό και συντίθενται επιπλέον από οργανικά ή ανόργανα, διαλυμένα ή λεπτομερή αιωρούμενα στερεά, τα οποία φέρουν τα κύρια ρυπαντικά φορτία, καθώς και από αδρομερή ή ευμεγέθη παρασυρόμενα στερεά.

Οι μικροοργανισμοί που υπάρχουν και αναπτύσσονται στο νερό διαιρούνται σε τρεις κατηγορίες και είναι οι κάτωθι:

- ✓ Φυτά
- ✓ Ζώα
- ✓ Πρώτιστα

Η τρίτη κατηγορία είναι υπεύθυνη για την ανάπτυξη ιών και παθογόνων μικροοργανισμών και παίζουν πρώτιστο ρόλο στη μόλυνση των υδάτων. Επίσης, τα υγρά απόβλητα μπορούν να καταταγούν σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με την πηγή προέλευσης τους, οι οποίες είναι οι ακόλουθες:

- *Αστικά απόβλητα:* είναι αποτελέσματα ανθρώπινων και ανθρωπογενών δραστηριοτήτων.
- *Βιομηχανικά απόβλητα:* αποτελούνται από τα υγρά εκκρίματα των βιομηχανικών εγκαταστάσεων.
- *Αγροτικά απόβλητα:* περιλαμβάνουν κυρίως τις απορροές των αρδευτικών συστημάτων.



Εικόνα 1.2: Πηγές ρύπανσης από αστικά, βιομηχανικά και γεωργικά λύματα. [2]

Η επεξεργασία των λυμάτων έχει σαν βασικούς στόχους την μείωση του βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD), καθώς επίσης και την μείωση του πληθυσμού των μικροοργανισμών.

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι καθαρισμού των λυμάτων, οι οποίες ουσιαστικά είναι μία απομίμηση διάφορων διεργασιών που πραγματοποιούνται στη φύση. Οι μέθοδοι καθαρισμού των λυμάτων όμως είναι πιο αποτελεσματικές, διότι οι διεργασίες γίνονται υπό έλεγχο και κάτω από τις ευνοϊκότερες δυνατές συνθήκες. Οι διεργασίες που γίνονται στα κέντρα επεξεργασίας λυμάτων, είναι σύνθετες και έχουν σαν πρώτη ύλη τα λύματα πριν την επεξεργασία τους και τελικό προϊόν τα πλέον «καθαρά» λύματα. Βασικό παραπροϊόν τους είναι η ιλύς. (Jorgensen, 1989 ; Φράγκος Ν., 2005)

1.3.ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

Η βασική αρχή στην οποία στηρίζεται η λειτουργία των βιολογικών καθαρισμών είναι ο μετασχηματισμός των διαλυμένων οργανικών και ανόργανων ενώσεων που αποτελούν τους ρύπους του νερού, με μεταβολικές διαδικασίες σε κύτταρα και εξωκυτταρικές ουσίες που έχουν την τάση να συσσωματώνονται. Τα συσσωματώματα δεσμεύουν τους αιωρούμενους ρύπους. Αποτέλεσμα αυτού είναι η μετατροπή του πολυφασικού μείγματος σε διφασικό. Η μετατροπή αυτή δίνει την δυνατότητα διαχωρισμού του διαλύτη που στην περίπτωση των λυμάτων είναι το νερό, από τις αιωρούμενες ουσίες, δηλαδή την βιομάζα.

Μετά την επεξεργασία των λυμάτων το νερό που έχει διαχωριστεί εναποτίθεται στο περιβάλλον ακίνδυνα, ενώ η βιομάζα αναλύεται περαιτέρω με την βοήθεια βιολογικών ή φυσικοχημικών διεργασιών με τον ίδιο σκοπό, δηλαδή την ακίνδυνη διάθεσή της στο περιβάλλον.

Ωστόσο, η επεξεργασία των λυμάτων δεν είναι τόσο απλή διότι αποτελείται από πολλές παραμέτρους. Η σημαντικότερη παράμετρος είναι το ρυπαντικό φορτίο που περιέχουν τα λύματα το οποίο κατηγοριοποιείται ως εξής:

- Ισχυρό ρυπαντικό φορτίο
- Μεσαίο ρυπαντικό φορτίο
- Ασθενές ρυπαντικό φορτίο

Πειραματικές μελέτες έχουν καταλήξει στις κυμαινόμενες τιμές του ρυπαντικού φορτίου ανάλογα με την πηγή προέλευσής του.

Εικόνα 1.3: Βιολογικός καθαρισμός Θεσσαλονίκης. [3]

Αποτέλεσμα των προαναφερόμενων είναι η επιλογή του είδους της εγκατάστασης του βιολογικού καθαρισμού σύμφωνα με τις ανάγκες της περιοχής που πρέπει να καλύψει η εγκατάσταση, την ποιότητα της τελικής εκροής, τις τοπικές συνθήκες, τις επιθυμητές χρήσεις του αποδέκτη καθώς επίσης και τους διαθέσιμους οικονομικούς πόρους τόσο για την αρχική επένδυση όσο και για την λειτουργία της εγκατάστασης επεξεργασίας. (Metcalf & Eddy,1995)

1.4. ΕΙΔΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

Ανάλογα με τις απαιτήσεις κάθε περιοχής καθώς και τις δυνατότητες που παρουσιάζονται σε αυτή χρησιμοποιείται η κατάλληλη εγκατάσταση για την λειτουργία του βιολογικού καθαρισμού. Οι εγκαταστάσεις αποτελούνται είτε από φυσικά είτε από τεχνητά μέσα.

Εγκαταστάσεις αποτελούμενες από φυσικά μέσα:

- ✓ Φυτογαιώδη φίλτρα

Εγκαταστάσεις αποτελούμενες από τεχνητά μέσα:

- ✓ Υπόγειες εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού
- ✓ Επιφανειακές ή υπέργειες εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού

Στην συνέχεια γίνεται ανάλυση των προαναφερόμενων εγκαταστάσεων. (Gleick, 1993)

1.4.1. Εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού από φυσικά μέσα

Ο βιολογικός καθαρισμός με την χρήση των φυτογαιωδών φίλτρων είναι μια από τις σπουδαιότερες μεθόδους βιολογικού καθαρισμού. Η μέθοδος αυτή δεν έχει την δυνατότητα μόνο της επεξεργασίας και του καθαρισμού των λυμάτων αλλά και την εξάλειψη της ρύπανσης με σκοπό την εξοικονόμηση του νερού για επαναλαμβανόμενη χρήση. Επιπλέον, τα φυτογαιώδη φίλτρα έχουν την δυνατότητα να μετατρέψουν τα στερεά συστατικά των λυμάτων σε λίπασμα για τις γεωργικές καλλιέργειες.

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην εφαρμογή της περιβαλλοντικής τεχνολογίας, όπου γίνεται χρήση των φυτών στο χώρο της εγκατάστασης για τον καθαρισμό των λυμάτων. Τονίζεται ότι αυτή η μέθοδος πλεονεκτεί στα εξής:

- ✓ Αναβάθμιση περιβάλλοντος
- ✓ Δημιουργία «πράσινων» εγκαταστάσεων
- ✓ Απομάκρυνση δυσοσμίας
- ✓ Μικρό κόστος εγκαταστάσεων
- ✓ Μικρό κόστος λειτουργίας

Η διαδικασία καθαρισμού των λυμάτων με φυτογαιώδη φίλτρα πραγματοποιείται σε δύο φάσεις.

- ❖ ***Πρώτη φάση:***

Αρχικά υπάρχει ένας μηχανισμός καθαρισμού όπου διαχωρίζονται τα στερεά από τα υγρά συστατικά λύματα. Ο διαχωρισμός αυτός γίνεται σε μία δεξαμενή όπου έχουν συγκεντρωθεί τα λύματα μέσω των φρεατίων. Στην συνέχεια γίνεται χρήση των ειδικών φίλτρων τα οποία είναι τοποθετημένα στο μέσω μίας δεξαμενής η οποία είναι διαχωρισμένη με τοιχώματα. Τα τοιχώματα αυτά όπως και ο πυθμένας της δεξαμενής είναι ντυμένος με τα ειδικά φίλτρα για τον καθαρισμό των λυμάτων.

Τα υγρά συστατικά των λυμάτων αποστραγγίζονται και περνούν από τα φίλτρα στην δεξαμενή συγκέντρωσης. Τα στερεά συστατικά κατακάθονται στην δεξαμενή στην συνέχεια απομακρύνονται και επεξεργάζονται με σκοπό την χρήση τους ως λιπάσματα. Συμπερασματικά λοιπόν γίνεται το πρώτο μέρος του βιολογικού καθαρισμού.

- ***Δεύτερη φάση:***

Σε αυτή τη φάση ολοκληρώνεται ο βιολογικός καθαρισμός των υγρών λυμάτων, με αποτέλεσμα να συλλέγεται το νερό από την δεξαμενή διαχωρισμού και να διοχετεύεται σε τεχνητή λίμνη για την επαναχρησιμοποίηση του νερού. Ωστόσο, από την δεξαμενή διαχωρισμού δεν απομακρύνεται καθαρό νερό, έτσι γίνεται χρήση των γαιωδών φίλτρων.

Τα γαιώδη φίλτρα τοποθετούνται στο έδαφος σε βάθος σκάμματος 1.00m. Ο πυθμένας καλύπτεται με αδιαπέραστη μεμβράνη. Η πλήρωση του σκάμματος πραγματοποιείται με στρώσεις από γαιώδη υλικά ορισμένης διαπερατότητας.

Στην επιφάνεια της τελικής στρώσης φυτεύονται υδροχαρή φυτά. Οι γαιώδης στρώσεις της λεκάνης του σκάμματος αποτελούν το χωμάτινο φίλτρο στην επιφάνεια του οποίου διοχετεύονται σταδιακά τα λύματα τα οποία έχουν συγκεντρωθεί μέσω των φρεατίων. Τα λύματα διαπερνούν της στρώσεις και σε αυτή την φάση γίνεται η αποσύνθεση της οργανικής ύλης.

Ο ρόλος των υδρόχαρων φυτών είναι με την βοήθεια των ριζών τους να αποδίδουν το απαραίτητο οξυγόνο στο έδαφος. Με αυτό τον τρόπο πραγματοποιούνται αναερόβιες και αερόβιες ζώνες στο επίπεδο των ριζών, όπου και αναπτύσσονται οι μικροοργανισμοί.

Εικόνα 1.4: Υδροχαρή φυτά. [5]

Οι μικροοργανισμοί διασπούν και μεταβολίζουν τις οργανικές ύλες. Τονίζεται ότι ένα μέρος απορροφάται από το έδαφος και ορυκτοποιείται. Οι ρίζες καθαρίζουν τα λύματα από τα νιτρικά και φωσφορικά άλατα και τα απολυμαίνουν από κολοβακτήρια, εντερόκκκοκους και σαλμονέλες. Η μέθοδος αυτή ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές του καθαρού νερού και εξαρτάται άμεσα από τον χρόνο παραμονής του στο σύστημα. Τον πρώτο χρόνο το νερό θεωρείται καθαρό ενώ τον δεύτερο χαρακτηρίζεται ως πλήρως καθαρό και το σύστημα έχει την μέγιστη απόδοση.

Υπάρχουν διάφορα είδη φυτών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, κάποια από τα πιο συνήθη είναι τα κάτωθι:

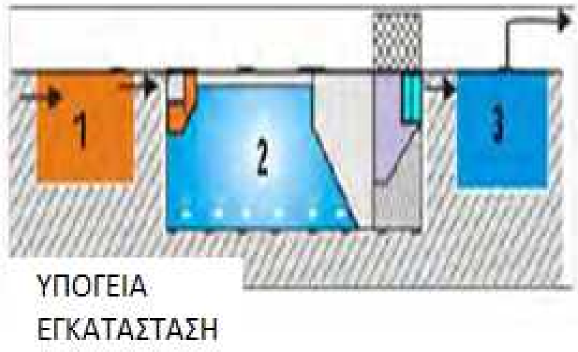
- ✓ Κοινό καλάμι
- ✓ Νερόκρινο
- ✓ Βούρλο

Ωστόσο, έχουν πραγματοποιηθεί πειραματικές μελέτες που αποδεικνύουν ότι μπορεί να γίνει χρήση και φυτών τα οποία δεν ανήκουν στην οικογένεια των υδρόχαρων αλλά θα πρέπει να ευδοκιμούν στις κλιματικές συνθήκες κάθε περιοχής.

Σε αυτό το στάδιο ολοκληρώνεται η διαδικασία της δεύτερης φάσης του βιολογικού καθαρισμού. Απομένει η απομάκρυνση του νερού και η διοχέτευση του στην τεχνητή λίμνη της εγκατάστασης για την φύλαξη και στην συνέχεια τη χρήση του καθαρού νερού. Τονίζεται ότι το νερό αυτό θεωρείται κατάλληλο για καλλιέργειες και βιομηχανική χρήση.

1.4.2. Εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού με τεχνητά μέσα

Όπως προαναφέρθηκε στο παραπάνω εδάφιο οι εγκαταστάσεις του βιολογικού καθαρισμού μπορεί να είναι είτε υπόγειες είτε επιφανειακές-υπέργειες. Σε αυτό το σημείο θα αναφερθούν κάποια χαρακτηριστικά αυτών των εγκαταστάσεων χωρίς να γίνει αναφορά στο τεχνικό κομμάτι τους.



Εικόνα 1.5: Απεικόνιση υπόγειας εγκατάστασης βιολογικού καθαρισμού (Σκανδάμη Α., 2005)

❖ ***Υπόγειες εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού***

Οι υπόγειοι βιολογικοί καθαρισμοί έχουν το πλεονέκτημα της διαφύλαξης και της εξοικονόμησης χώρου. Παράλληλα εκμηδενίζονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη λειτουργία τους, καθώς δημιουργείται μια υπόγεια, αθέατη υποδομή, χωρίς προβλήματα θορύβου και χωρίς εκπομπή οσμών στο περιβάλλον.

Επίσης, θα πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχει η ευελιξία επέκτασης της μονάδας και μετά την ολοκλήρωση κατασκευής του έργου.

Εικόνα 1.6: Απεικόνιση υπόγειας εγκατάστασης βιολογικού καθαρισμού (Σκανδάμη Α., 2005)

❖ ***Υπέργειες ή επιφανειακές εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού***

Οι υπέργειοι βιολογικοί καθαρισμοί μειονεκτούν σε ότι πλεονεκτούν οι προαναφερόμενοι υπόγειοι, δηλαδή η περιοχή που φιλοξενεί έναν υπέργειο βιολογικό καθαρισμό πρέπει να αντιμετωπίσει προβλήματα όπως:

- ✓ Εκπομπή οσμών
- ✓ Ηχητική ρύπανση
- ✓ Αισθητική ρύπανση κ.α.

Επιπλέον, στην περίπτωση των υπέργειων εγκαταστάσεων θα πρέπει να τονιστεί ότι δεν προτείνεται και δεν είναι πάντα εφικτό, να πραγματοποιηθεί επέκταση διότι καλύπτει πολύτιμο χώρο.

Ωστόσο, υπάρχουν βιολογικοί καθαρισμοί που έχουν την δυνατότητα να εγκατασταθούν και με τους δύο τρόπους που προαναφέρθηκαν. Αξιοσημείωτο παράδειγμα είναι ο βιολογικός καθαρισμός τύπου CONTAINER ενώ μπορεί να τοποθετηθεί και σε διαφορετική θέση ανάλογα με τις μελλοντικές ανάγκες της περιοχής. (Crites R. and T. Tchobanoglous, 1998)

1.5. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

Με την χρήση αποτελεσματικών μεθόδων και τεχνολογίας ο βιολογικός καθαρισμός έχει την δυνατότητα να εξαλείψει τα προβλήματα των υγρών αποβλήτων. Τα πλεονεκτήματα των εγκαταστάσεων του βιολογικού καθαρισμού είναι αρκετά και ποικίλουν ανάλογα με την εμβέλια της περιοχής που θέλουν να καλύψουν.

Εικόνα 1.7: Τυπική Μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. [6]

Εικόνα 1.8: Τυπική μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Καλαμάτας. [6]

Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι τέτοια συστήματα έχουν και κάποια μειονεκτήματα. Στην συνέχεια του εδαφίου παραθέτονται συνοπτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που παρουσιάζουν οι βιολογικοί καθαρισμοί.

❖ Πλεονεκτήματα βιολογικού καθαρισμού

- Σημαντική είναι η συμβολή του στην προστασία του περιβάλλοντος στην περιοχή του.
- Απαιτείται ελάχιστη συντήρηση και έξοδα.
- Προστασία του περιβάλλοντος (π.χ. ρύπανση του Υδροφόρου ορίζοντα).
- Απλή και ασφαλής λειτουργία.
- Δεν απαιτείται η κατασκευή αποχετευτικού δικτύου που έχει ως συνέπεια την εξοικονόμηση χρηματικών πόρων.
- Κατασκευάζεται μόνο μια εγκατάσταση υποδοχής και επεξεργασίας βοθρολυμάτων.
- Αποφεύγεται η ταλαιπωρία των κατοίκων από τα έργα κατασκευής του αποχετευτικού δικτύου.
- Μπορεί να γίνει χρήση του επεξεργασμένου νερού για πότισμα ή και για άλλες χρήσεις, εξοικονομώντας ταυτόχρονα πολύτιμο πόσιμο νερό.

❖ Μειονεκτήματα βιολογικού καθαρισμού

- Υπερφόρτωση του συστήματος κάποιες φορές που μπορεί να προκαλέσει δυσοσμία και θόρυβο.
- Κάποια συστήματα βιολογικού καθαρισμού τα οποία κάνουν χρήση καυστικών χημικών, ενώ είναι αποτελεσματικά στην διάλυση του συσσωρευμένου λίπους, παρουσιάζουν τα εξής μειονεκτήματα:
    - ✓ Φθείρουν σημαντικά τους σωλήνες αλλά και ολόκληρη την εγκατάσταση.
    - ✓ Έχουν υψηλό και επαναλαμβανόμενο κόστος.
    - ✓ Είναι ανθυγιεινά και επικίνδυνα και για αυτό απαιτούνται ειδικές στολές για την χρήση τους.
    - ✓ Διασπώνται δύσκολα και ρυπαίνουν σε μεγάλο βαθμό το περιβάλλον.
    - ✓ Μειώνουν την απόδοση του βιολογικού καθαρισμού, διότι εξολοθρεύουν του μικροοργανισμούς.
    - ✓ Καθαρίζουν το αποχετευτικό δίκτυο όταν έχει ήδη φράξει, με αποτέλεσμα σε περιόδους αιχμής το πρόβλημα να εμφανίζεται αιφνιδιαστικά και με μεγάλη ένταση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

2.1.ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΕΝΤΡΟΥ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ (ΚΕΛ)

Ο σχεδιασμός ενός Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων (ΚΕΛ) καθορίζεται από τα εξής βασικά χαρακτηριστικά:

1. Παροχές
2. Φυσικά χαρακτηριστικά
3. Οργανικά χαρακτηριστικά
4. Άζωτο
5. Φώσφορος
6. Παθογόνοι μικροοργανισμοί
7. pH και αλκαλιότητα
8. Άλλα χαρακτηριστικά

2.1.1. Παροχές

Στους υπόνομους ακαθάρτων γίνεται η αποχέτευση τριών κυρίως κατηγοριών υγρών:

- ***Λύματα:*** η παροχή των λυμάτων μιας κατοικημένης περιοχής δεν είναι χρονικά σταθερή και μεταβάλλεται περιοδικά στη διάρκεια του 24ώρου, της εβδομάδας και του χρόνου.
- ***Βιομηχανικά λύματα:*** η συστηματική ποιοτική και ποσοτική απογραφή είναι απαραίτητη κυρίως για τις υδροφόρες λεγόμενες βιομηχανίες με επισήμανση της χρονικής κατανομής της παροχής στη διάρκεια της ημέρας και της εβδομάδας, προκειμένου τα βιομηχανικά απόβλητα να φτάσουν με το δίκτυο υπονόμων ή απευθείας στο κέντρο επεξεργασίας λυμάτων.
- ***Άντληση υπόγειων νερών που μπαίνουν στο δίκτυο από ατέλειες των συνδέσεων ή ρήγματα των αγωγών:*** η ποσότητα των υπόγειων νερών, που εισδύουν στο δίκτυο υπονόμων, εξαρτάται γενικά από τη στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα και τη στεγανότητα της κατασκευής.(Κανάκας Σ., 2014)

Ουσιαστικά για τον σχεδιασμό ενός κέντρο επεξεργασίας λυμάτων χρησιμοποιούνται 5 είδη παροχών και είναι τα εξής:

- Μέση ημερήσια παροχή (Q_m σε m^3/d), η οποία είναι ίση με τον όγκο των αποβλήτων που καταλήγει σε ένα έτος στο Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων για επεξεργασία διαιρεμένο με 365.
- Μέγιστη ημερήσια παροχή(Q_{max} σε m^3/d), η οποία είναι ίση με τη μέγιστη τιμή των ημερήσιων παροχών του έτους. Είναι σημαντική για τον υπολογισμό των υδραυλικών χρόνων παρακράτησης των δεξαμενών εξισορρόπησης και των δεξαμενών επαφής χλωρίωσης.
- Ελάχιστη ημερήσια παροχή (Q_{min} σε m^3/d), η οποία είναι ίση με την ελάχιστη τιμή των ημερήσιων παροχών του έτους. Είναι σημαντική για τον σχεδιασμό των αγωγών, όπου είναι δυνατή η καθίζηση των στερεών.

- Μέγιστη ωριαία παροχή ή παροχή αιχμής (Q_h σε m^3/d), η οποία παρατηρείται κατά το 24ωρο της Q_{max}. Τα στοιχεία της είναι απαραίτητα για τον σχεδιασμό των δικτύων αποχέτευσης, των αντλιοστασίων, και γενικώς των υδραυλικών εγκαταστάσεων.
- Ελάχιστη ωριαία παροχή (Q_{min} σε m^3/d), η οποία παρατηρείται κατά το 24ωρο της $Q_{min.}$ Είναι σημαντική για τον σχεδιασμό αγωγών, όπου είναι δυνατή η καθίζηση στερεών.(Τέγου Ι., 2004 ; Τζιάνα Α., 2008)

2.1.2. Φυσικά χαρακτηριστικά

2.1.2.1. Στερεά συστατικά

Τα στερεά συστατικά ανήκουν στα φυσικά χαρακτηριστικά των ανεπεξέργαστων αποβλήτων. Τα ολικά στερεά συστατικά (Total Solid TS) είναι το σύνολο των στερεών που βρίσκονται αιωρημένα (αιωρούμενα στερεά, Suspended Solids-SS) ή διαλυμένα (διαλυμένα στερεά, Dissolved Solids-DS) στη μάζα των αποβλήτων και αποτελούνται από οργανικά ή εξαερώσιμα στερεά (Volatile Solids-VS) και ανόργανα (αδρανή, σταθερά ή μη εξαερώσιμα Volatile ή Fixed Solids-FS) στερεά. Ένα τμήμα των στερεών αυτών διαχωρίζεται με διήθηση και καθίζηση, ενώ τα αιωρούμενα στερεά λόγω της κολλοειδούς ιδιότητας τους απομακρύνονται με κροκκίδωση και συσσωμάτωση.

Όσον αφορά τη ρύπανση του υδάτινου περιβάλλοντος, τα αιωρούμενα στερεά είναι υπεύθυνα για την θολότητα του υδάτινου αποδέκτη καθώς παρεμποδίζουν την διάδοση του φωτός, ενώ γενικά τα ολικά στερεά όταν δεν απομακρυνθούν αλλά διοχετευτούν σε έναν υδάτινο φορέα καθιζάνουν στον πυθμένα δημιουργώντας στρώμα λάσπης και ανεπιθύμητες αναερόβιες συνθήκες για το οικοσύστημα του φορέα (παρεμπόδιση ωοτοκίας ψαριών). (Σαββάκης Κ., 2002 ; Κανάκας Σ., 2014)

2.1.2.2. Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία των αποβλήτων αποτελεί παράγοντα του βιολογικού και χημικού τους χαρακτήρα. Τόσο η αύξηση, όσο και η μείωσή της επιδρούν σε μεγάλο βαθμό στο οικοσύστημα. Η θερμοκρασία των αποβλήτων κυμαίνεται από 7-18^oC στις ψυχρές περιοχές και από 13-24^oC στις θερμότερες περιοχές, και είναι μεγαλύτερη από την θερμοκρασία του πόσιμου νερού και του περιβάλλοντος.

Η υψηλή θερμοκρασία μπορεί να ευνοήσει πολλές διεργασίες όπως η καθίζηση, η βιολογική επεξεργασία, η απολύμανση κ.τ.λ. Ωστόσο μπορεί να προκαλέσει και πολλά προβλήματα όπως:

- ✓ Ανάπτυξη μικροοργανισμών που ευνοούνται από υψηλές θερμοκρασίες.
- ✓ Επιτάχυνση των βιολογικών διεργασιών.
- ✓ Μείωση της διαλυτότητας των αερίων στη μάζα των αποβλήτων, κυρίως του οξυγόνου.
- ✓ Επιτάχυνση των χημικών αντιδράσεων.

Όσον αφορά την ρύπανση του περιβάλλοντος, η διοχέτευση θερμών αποβλήτων σε έναν υδάτινο φορέα έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση του διαλυμένου οξυγόνου στον φορέα, εξαιτίας της μειωμένης διαλυτότητας του οξυγόνου σε υψηλές θερμοκρασίες αλλά και εξαιτίας του αυξημένου ρυθμού καταναλώσεώς του. Επιπλέον, επιβαρύνεται το οικοσύστημα του φορέα καθώς προκαλείται θάνατος ωφέλιμων οργανισμών και ταυτόχρονη ανάπτυξη ανεπιθύμητων οργανισμών.(Τζιάνα Α., 2008 ; Κανάκας Σ., 2014)

2.1.2.3. Χρώμα

Χαρακτηριστικό ενδεικτικό για την εκτίμηση της ηλικίας αλλά και της προέλευσης των αποβλήτων είναι το χρώμα τους. Η κατανάλωση του διαλυμένου οξυγόνου από τους μικροοργανισμούς που διασπούν τις οργανικές ενώσεις των αποβλήτων προκαλεί την αλλαγή του χρώματός τους. Απόβλητα γκρίζου χρώματος έχουν υποστεί κάποια αποσύνθεση ή έχουν παραμείνει αρκετό χρόνο στο δίκτυο συλλογής. Απόβλητα χρώματος μαύρου έχουν υποστεί σήψη, ενώ χρώμα ανοιχτό καφέ υποδεικνύει απόβλητα παλιά λιγότερο από 6 ώρες.

Επιπρόσθετα υπάρχει πιθανότητα τα απόβλητα να εμφανίσουν άλλους χρωματισμούς. Αυτό συνήθως οφείλεται στην παρουσία χρωστικών ουσιών από βιομηχανικά απόβλητα. Για τον αποχρωματισμό των αποβλήτων πρέπει να γίνεται απομάκρυνση των ανόργανων και των οργανικών ενώσεων που δεν αποικοδομούνται βιολογικά. Η απομάκρυνση γίνεται με χημική μέθοδο. (Σαββάκης Κ., 2002 ; Ταρταράς Μ., & Καδδά Ι. 2010)

2.1.2.4. Οσμή

Ένα ακόμα φυσικό χαρακτηριστικό των ανεπεξέργαστων λυμάτων που παίζει σπουδαίο ρόλο, καθώς απασχολεί το κοινό ίσως και περισσότερο από την σωστή λειτουργία των εγκαταστάσεων καθαρισμού είναι ο προσδιορισμός της οσμής των λυμάτων. Το πρόβλημα της οσμής οφείλεται στην αναερόβια διάσπαση οργανικών ενώσεων. Το ποσό της οσμής είναι ανάλογο της «ηλικίας» των λυμάτων. Όταν τα λύματα είναι «φρέσκα» τις περισσότερες φορές η μυρωδιά τους δεν είναι ενοχλητική.

Στην περίπτωση που τα λύματα μένουν και αποσυντίθεται κάτω από αναερόβιες συνθήκες, ελευθερώνεται μια ποικιλία ενώσεων που είναι υπεύθυνες για την δημιουργία των δυσάρεστων οσμών. Λόγω της σημαντικότητας του περιορισμού των οσμών, οι οσμές μετρούνται με οργανοληπτικές μεθόδους ή με ενόργανη ανάλυση. Η απομάκρυνση των οσμών γίνεται σε εμπλουτισμό των αποβλήτων σε οξυγόνο ή με οξειδωτικά μέσα. (Σαββάκης Κ., 2002 ; Λέκκα Α., 2013)

2.1.2.5. Θολότητα

Θολότητα ορίζεται ως το μέτρο της σκέδασης ή απορρόφησης του φωτός από τα κολλοειδή αιωρούμενα σωματίδια του νερού. Η «γήρανση» των κολλοειδών αυτών σωματιδίων είναι υπεύθυνη για την δημιουργία της περισσότερης θολότητας. Σημαντική είναι και η συμβολή των μικροοργανισμών καθώς και των φυτικών ινών στην δημιουργία της θολότητας.

Η θολότητα δεν αποτελεί απευθείας ποσοτική μέτρηση των αιωρούμενων στερεών, επειδή η απορρόφηση και η σκέδαση του φωτός επηρεάζονται τόσο από το μέγεθος όσο και από τα επιφανειακά χαρακτηριστικά των αιωρούμενων σωματιδίων. (Πολίτη Τ., 2010)

2.1.3. Οργανικά Συστατικά

Για την ανάπτυξη πολλών οργανισμών, όπως οι μικροοργανισμοί, είναι απαραίτητη η ύπαρξη θρεπτικών συστατικών. Τα θρεπτικά αυτά συστατικά ονομάζονται οργανικά συστατικά. Η ύπαρξη των οργανικών συστατικών αποτελεί σημαντική παράμετρο της ποιότητας επεξεργασίας των αποβλήτων. (Λέκκα Θ., 2013)

Τα κυριότερα οργανικά συστατικά των αποβλήτων είναι τα παρακάτω:

- *Πρωτεΐνες*: Είναι μακρομοριακές ενώσεις αποτελούμενες κυρίως από άνθρακα, οξυγόνο, υδρογόνο, θείο και άζωτο που αποσυντίθεται εύκολα από τους μικροοργανισμούς.

- *Υδρογονάνθρακες*: Περιέχουν άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο. Ορισμένα (σάκχαρα) διασπώνται εύκολα από μικροοργανισμούς, ενώ άλλοι (άμυλο) δυσκολότερα.

- *Λίπη και Έλαια*: Αποτελούν συστατικά των λυμάτων. Βρίσκονται και στα νερά των επιφανειακών απορροών από την έκπλυση των δρόμων (λάδια, πετρέλαια κ.λπ.). Είναι ενώσεις που αποτελούνται κυρίως από υδρογονάνθρακες, που δεν διαλύονται στο νερό, άρα και στη μάζα των αποβλήτων. Τα πιο σημαντικά λίπη είναι τα λάδια (υγρά) και τα λίπη (στερεά). Η τυπική σύσταση των αστικών αποβλήτων είναι 40-60% πρωτεΐνες, 25-50% υδρογονάνθρακες και τα 10% λιπίδια.

- *Επιφανειακά ενεργές ουσίες*: Περιέχονται στα αστικά απόβλητα ως συστατικά των απορρυπαντικών, σαπουνιών κ.τ.λ. Είναι μακρομοριακές ενώσεις διαλυτές στη μάζα των αποβλήτων και δρουν στη διαχωριστική επιφάνεια υγρού-αέρα δημιουργώντας αφρούς ή υγρού-υγρού δημιουργώντας γαλακτώματα. Κάποιες από αυτές δεν διασπώνται, ενώ κάποιες είναι παράλληλα και τοξικές.

- *Φαινόλες* (C_6H_5OH)*:* Περιέχονται σε βιομηχανικά απόβλητα, ενώ δεν διασπώνται από μικροοργανισμούς σε μεγάλες συγκεντρώσεις (>500mg/l) λόγω τοξικότητας.

- *Εντομοκτόνα και φυτοφάρμακα*: Είναι τοξικές ενώσεις επικίνδυνες για όλες τις μορφές ζωής και καταλήγουν στο αποχετευτικό σύστημα από τις απορροές γεωργικών περιοχών.

Όπως προαναφέρθηκε, για την ανάπτυξη πολλών μικροοργανισμών απαραίτητη είναι η ύπαρξη των οργανικών ουσιών. Όταν οι οργανικές ουσίες διοχετευτούν σε έναν υδάτινο φορέα, χρησιμοποιούνται ως τροφή από τους μικροοργανισμούς που περιέχονται στα απόβλητα με παράλληλη κατανάλωση του διαλυμένου οξυγόνου του φορέα. Το διαλυμένο οξυγόνο πρέπει να έχει μια συγκεκριμένη τιμή, διαφορετικά διαταράσσεται η ισορροπία του οικοσυστήματος του φορέα με αποτέλεσμα τον θάνατο των ζώντων οργανισμών και την δημιουργία συνθηκών σήψης. Επιπλέον, κάποιες φορές δημιουργείται από τα λιπίδια επιφανειακό στρώμα, το οποίο δυσκολεύει την μεταφορά του οξυγόνου και του ηλιακού φωτός.

Η σύσταση των οργανικών συστατικών είναι πολύπλοκη, γεγονός που καθιστά αδύνατη την μέτρησή τους. Έτσι, για την μέτρηση των οργανικών συστατικών, χρησιμοποιείται η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για να οξειδώσει πλήρως τα οργανικά συστατικά τους (B.O.D.). (Schroeder E.D., 1985 ; Τζιάνα Α., 2008)

2.1.4. Άζωτο

Το άζωτο είναι ένα από τα βασικά συστατικά των ζώντων οργανισμών, διότι είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη μικροοργανισμών. Το άζωτο περιέχεται στα απόβλητα στις εξής παρακάτω μορφές:

- *Οργανικό άζωτο* (πρωτεΐνες, ουρία και αμινοξέα)
- *Αμμωνιακό άζωτο* (αμμωνιακά άλατα ή αμμωνία)

Όταν το άζωτο διοχετεύεται σε ένα κέντρο επεξεργασίας αποβλήτων ή σε έναν υδάτινο φορέα υπόκειται σε κάποιες μετατροπές. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τους μικροοργανισμούς, όπως η θερμοκρασία, το διαθέσιμο οξυγόνο και η υγρασία, μπορούν να έχουν επιπτώσεις στο βαθμό στον οποίο πραγματοποιούνται οι μετατροπές του αζώτου. Οι κυριότερες μετατροπές του αζώτου είναι οι εξής:

1. Μετατροπή του οργανικού αζώτου σε αμμωνιακό από αερόβιους και αναερόβιους μικροοργανισμούς.
2. Οξείδωση του αμμωνιακού αζώτου σε νιτρώδη από ειδικά αερόβια-νιτροδοποιητικά βακτήρια (Nitrosomonas). Η μετατροπή αυτή αποτελεί την νιτροδωποίηση.
3. Περαιτέρω οξείδωση των νιτρωδών σε νιτρικά από ειδικά αερόβια-νιτροποιητικά βακτήρια (Nitrobacter). Η μετατροπή αυτή αποτελεί την νιτροποίηση.
4. Αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη και τελικά σε αέριο άζωτο από αερόβια-αναερόβια βακτήρια. Η αναγωγή γίνεται κυρίως σε αέριο άζωτο σε αναερόβιες συνθήκες και σε μικρό ποσοστό σε αμμωνία. Η διαδικασία αυτή αποτελεί την απονιτροποίηση.

Η διοχέτευση αποβλήτων σε έναν υδάτινο φορέα που περιέχει αμμωνιακό άζωτο έχει μεγάλες επιδράσεις στο περιβάλλον. Αρχικά απαιτούνται μεγάλες ποσότητες οξυγόνου για την οξείδωσή του σε νιτρώδη και νιτρικά. Τα νιτρικά χρησιμοποιούνται ως τροφή από τα φύκια καθώς και από πολλά υδρόβια φυτά. Μια μεγάλη συγκέντρωση αζώτου μπορεί να οδηγήσει σε υπερβολική ανάπτυξη των φυκιών και των διάφορων υδρόβιων φυτών, δηλαδή μπορεί να προκαλέσει το φαινόμενο του ευτροφισμού. Ο ευτροφισμός έχει σαν αποτέλεσμα την έμφραξη του υδάτινου φορέα, την αύξηση της θολότητας, την αύξηση των φυκιών, την αδυναμία χρήσης του νερού για ύδρευση κ.λ.π. (Τζιάνα Α., 2008)

2.1.5. Φώσφορος

Ο φώσφορος είναι ένα από τα βασικά συστατικά των ζώντων οργανισμών και περιέχεται στα απόβλητα στις παρακάτω μορφές:

- Ανόργανος φώσφορος, κυρίως ως ορθοφωσφορικά (PO_4^{-3}, HPO_4^{-3}, $H_2PO_4^{-1}$) ή και ως πολυφωσφορικά (π.χ. $P_3O_{10}^{-5}$, $P_2O_7^{-4}$).
- Οργανικός φώσφορος (σε μικρότερες ποσότητες από ότι ο ανόργανος συνήθως)

Στις οργανικές ενώσεις των λυμάτων ανήκει περίπου το 75% του συνολικά υπάρχοντος φωσφόρου, ενώ το υπόλοιπο (25% περίπου) βρίσκεται στα υγρά απόβλητα κυρίως με την μορφή ορθοφωσφορικών διαλυτών ιόντων από 70-90% και πολυφωσφορικών ιόντων τα οποία είναι περίπλοκα μόρια, αλλά και με την μορφή άλλων οργανικών φωσφορικών ενώσεων.

Τα πολυφωσφορικά σε υδάτινο διάλυμα υδροδιαλύονται σε ορθοφωσφορικά που μπορούν να καταναλωθούν απ ’ευθείας από διάφορους μικροοργανισμούς. Η διοχέτευση αποβλήτων που περιέχουν φώσφορο σε έναν υδάτινο φορέα ευνοεί, σε συνδυασμό με την παρουσία αζώτου, το φαινόμενο του ευτροφισμού.

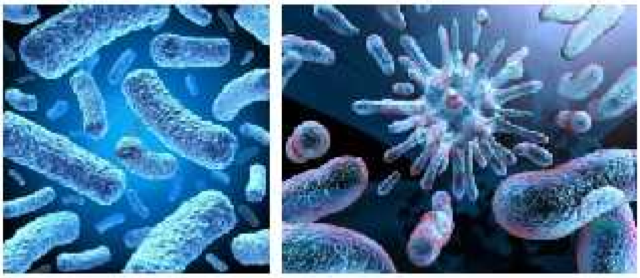
Σημειώνεται ότι συχνά ο φώσφορος είναι ο καθοριστικός παράγοντας του φαινομένου του ευτροφισμού και έτσι η απομάκρυνσή του από τα απόβλητα έχει αποκτήσει μεγάλη σημασία, ιδίως εξαιτίας της αυξανόμενης χρήσης του στην παραγωγή απορρυπαντικών. Ο φώσφορος εκφράζεται ως ολικός φώσφορος (οργανικός και ανόργανος) και ως ανόργανος φώσφορος (ορθοφωσφορικά και πολυφωσφορικά). (Τζιάνα Α., 2008 ; Νταρακάς Ε., 2014)

2.1.6. Παθογόνοι Μικροοργανισμοί

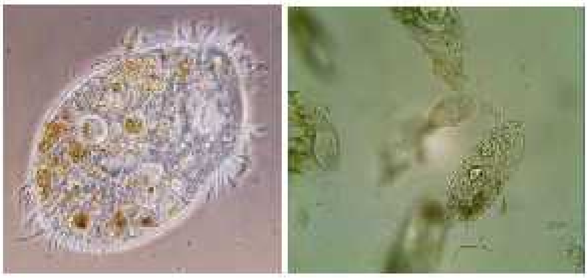
Είναι γεγονός ότι στα λύματα εμπεριέχονται παθογόνοι μικροοργανισμοί οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την μεταφορά και κατά συνέπεια την μετάδοση ασθενειών μέσω του νερού στον άνθρωπο. Οι ασθένειες αυτές είναι πολύ σοβαρές όπως η χολέρα, η δυσεντερία, η ηπατίτιδα, ο τυφοειδής πυρετός κ.λ.π. Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί είναι κυρίως:

- ✓ Βακτήρια
- ✓ Πρωτόζωα
- ✓ Ιοί

Η ανίχνευση των παθογόνων μικροοργανισμών καθώς και ο ποσοτικός προσδιορισμός τους είναι πολύ βασικά στοιχεία. Πρακτικά όμως ο προσδιορισμός τους είναι αδύνατος διότι οι παθογόνοι μικροοργανισμοί βρίσκονται στους υδάτινους φορείς σε μικρές συγκεντρώσεις και σε μεγάλη ποικιλία ειδών. Γι’ αυτό αντί για τον προσδιορισμό κάθε είδους παθογόνων μικροοργανισμών γίνεται ο προσδιορισμός ενδεικτικών μικροοργανισμών, των οποίων η παρουσία υποδηλώνει και πιθανή παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών.(Ταρταράς Μ., Καδδά Ι. 2010)



Εικόνα 2.1: Βακτήρια. (Κανάκας Σ., 2014)



Εικόνα 2.2: Πρωτόζωα (Κανάκας Σ., 2014)

2.1.7. pH και οξύτητα

Ένα ακόμα σημαντικό χαρακτηριστικό των λυμάτων είναι το pH. Το pH εξαρτάται από το είδος και τον αριθμό των φυσικοχημικών και βιολογικών διεργασιών που πραγματοποιούνται στο υδάτινο περιβάλλον. Σχεδόν όλες οι διαδικασίες επεξεργασίας (χημική και βιολογική επεξεργασία, επεξεργασία ιλύος, απολύμανση κ.λ.π.) επηρεάζονται από το pH διότι λόγω των αυξομειώσεών του δημιουργούνται πολλές ανεπιθύμητες καταστάσεις όπως προβλήματα φθοράς στον μηχανολογικό εξοπλισμό, σε αγωγούς κ.α. Κατά συνέπεια ο συνεχής έλεγχος των τιμών του pH κρίνεται απαραίτητος για την βέλτιστη απόδοσή τους, τόσο στο στάδιο σχεδιασμού όσο και κατά την λειτουργία του κέντρου επεξεργασίας.

Η οξύτητα οφείλεται στην παρουσία ιόντων HCO_3^-, CO_3^{-2}, OH^- τα οποία σχηματίζουν ενώσεις με τα Ca, Mg, Na, K, NH_4^+. Η οξύτητα των λυμάτων είναι σημαντική παράμετρος γιατί ρυθμίζει το pH των λυμάτων και κατά συνέπεια επηρεάζει διάφορες διεργασίες επεξεργασίας. Η οξύτητα εκφράζεται συνήθως ως mg/L $CaCO_3$ (ppm= mg/L).

2.1.8. Άλλα Χαρακτηριστικά

Μερικά ακόμα χαρακτηριστικά ανεπεξέργαστων λυμάτων που παίζουν ρόλο για τον σχεδιασμό μιας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Χλωριούχα
- ✓ Θειούχα
- ✓ Βαρέα μέταλλα

2.1.8.1. Χλωριούχα

Η περιεκτικότητα των λυμάτων σε χλώριο είναι πλούσια εξαιτίας των ανθρώπινων αποβλήτων και του πόσιμου νερού. Το χλώριο δεν προκαλεί πολύ μεγάλα προβλήματα όταν διοχετεύεται σε έναν υδάτινο φορέα. Ωστόσο, κατά την διοχέτευσή του σε έναν υδάτινο φορέα ενώνεται με ορισμένα οργανικά συστατικά, με αποτέλεσμα την δημιουργία τοξικών ενώσεων. Οι τοξικές αυτές ενώσεις όταν παρουσιάζονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις δίνουν στο νερό που χρησιμοποιείται για ύδρευση μια εφάλμυρη γεύση.

Κατά την διαδικασία της επεξεργασίας, η κύρια επίδραση της παρουσίας των χλωριούχων στα απόβλητα είναι η μείωση της διαλυτότητας του οξυγόνου. Επιπροσθέτως επηρεάζει τον προσδιορισμό του COD και συνεπώς πρέπει να λαμβάνεται υπ’ όψην. (Κανάκας Σ., 2014)

2.1.8.2. Θειούχα

Το θείο μπορεί να βρεθεί στα λύματα σε διάφορες μορφές και αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό των ζωντανών οργανισμών. Η πιο σημαντική ένωση του θείου είναι τα θειικά, διότι είναι πρόδρομες ενώσεις για τον σχηματισμό υδρόθειου και θειικού οξέως. Τόσο το υδρόθειο, όσο και το θειικό οξύ δημιουργούν πολλά προβλήματα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η έκλυση δυσάρεστων οσμών που είναι δυνατόν να συμβεί στο αποχετευτικό δίκτυο και στα κέντρα επεξεργασίας λυμάτων, εξαιτίας της παρουσίας υδροθείου.

Επιπλέον, το υδρόθειο είναι υπεύθυνο για το μαύρο χρώμα τόσο στα απόβλητα, όσο και στην παραγόμενη λάσπη. Αυτό συμβαίνει όταν στην μάζα των αποβλήτων περιέχεται σίδηρος. Η ένωση του υδρόθειου με τον σίδηρο έχει σαν αποτέλεσμα τον σχηματισμό θειούχου σιδήρου που δίνει το μαύρο χρώμα. Ωστόσο, το βασικότερο πρόβλημα του θειικού οξέως είναι η διάβρωση που προκαλεί στους αγωγούς της αποχέτευσης. (Κανάκας Σ., 2014)

2.1.8.3. Βάρεα μέταλλα

Τα βαρέα μέταλλα έχουν πολύ μεγάλη σημασία για την ισορροπία του οικοσυστήματος. Ορισμένα βαρέα μέταλλα όταν βρίσκονται σε πολύ μικρές ποσότητες αποτελούν σημαντικά στοιχεία για την ανάπτυξη των οργανισμών. Ωστόσο κάποια άλλα στοιχεία όπως ο χαλκός, το νικέλιο, ο υδράργυρος, το κάδμιο και ο μόλυβδος αντιδρούν με τα μικροβιακά ένζυμα αναστέλλοντας ή επιβραδύνοντας το μεταβολισμό τους. Γι’ αυτό σε υψηλές συγκεντρώσεις πρέπει να απομακρύνονται από τα λύματα γιατί γίνονται τοξικά, καρκινογόνα και τερατογόνα. (Λέκκα Θ., 2013 ; Κανάκας Σ., 2014)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ

3.1. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

- ***Βιοχημικώς απαιτούμενο οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand, BOD)***:

Το βιοχημικώς απαιτούμενο οξυγόνο (BOD) είναι η πιο διαδεδομένη χρησιμοποιούμενη παράμετρος για την μέτρηση του οργανικού φορτίου των λυμάτων και μολυσμένων υδάτινων σωμάτων. Η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου που δαπανούν οι μικροοργανισμοί για την πλήρη βιοχημική οξείδωση των περιεχόμενων οργανικών υλών ορίζεται ως ολικό BOD (BOD_u) μιας ποσότητας νερού.

Για να ολοκληρωθεί η μείωση του BOD απαιτείται μεγάλο χρονικό διάστημα. Για την ικανοποίηση του 95-99% του αρχικού BOD χρειάζονται 20 ημέρες. Για αυτό χρησιμοποιούμε συνήθως το BOD_5, το οποίο ορίζεται ως το BOD των 5 πρώτων ημερών σε θερμοκρασία 20^oC.

Η σημαντικότητα του BOD βρίσκεται στο ότι μετρά άμεσα το κυριότερο ρυπαντικό αποτέλεσμα της οργανικής ύλης, δηλαδή την κατανάλωση διαλυμένου οξυγόνου που πραγματοποιούν οι μικροοργανισμοί κατά την οξείδωσή της. (Βασιλάκος Ι., 2008)

- ***Χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand, COD)***:

Το χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο (COD) ορίζεται ως η ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται για την πλήρη χημική οξείδωση της οργανικής ύλης σε CO_2 και νερό. Η χρήση του COD γίνεται είτε σαν συμπληρωματικό του BOD είτε αντί αυτού. Ενώ το COD πλεονεκτεί συγκριτικά με το BOD στο ζήτημα της ταχύτητας αφού η διεργασία ολοκληρώνεται σε 2-3 ώρες, έχει το μειονέκτημα ότι μετρά εκτός από την βιοδιασπάσιμη και την μη βιοδιασπάσιμη οργανική ύλη. Κατά συνέπεια αποτελεί μέτρο των αποξυγονωτικών συνεπειών λιγότερο αντιπροσωπευτικό από το BOD.

- ***Διαλυμένο οξυγόνο (DO)***:

Η ύπαρξη του διαλυμένου οξυγόνου (DO) είναι απαραίτητη για την επιβίωση των υδρόβιων οργανισμών και των ψαριών. Η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου εξαρτάται από την θερμοκρασία, την ποσότητα που καταναλώνεται από τους υδρόβιους οργανισμούς, την ποσότητα που προκύπτει από την φωτοσύνθεση, την ταχύτητα ροής του νερού καθώς και τον αερισμό του. Η αύξηση της θερμοκρασίας μειώνει την διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό.

- ***Ολικός οργανικός άνθρακας (Total Organic Carbon, TOC)***:

Ο ολικός οργανικός άνθρακας (TOC) είναι το καταλληλότερο μέτρο για μικρές συγκεντρώσεις οργανικής ύλης που ενδιαφέρουν ιδιαίτερα την παραγωγή πόσιμου νερού και εκφράζει την ολική ποσότητα οργανικού άνθρακα που περιέχεται στα απόβλητα. Η διεργασία προσδιορισμού εκτελείται σχετικά γρήγορα και η μέτρηση ολοκληρώνεται σε μόλις 2-3 ώρες, ενώ μειονεκτεί λόγω του υψηλού κόστους της συσκευής ανάλυσης.

3.2.ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Η επεξεργασία των αποβλήτων είναι μία σύνθετη διεργασία στην οποία χρησιμοποιούνται φυσικές, χημικές, φυσικοχημικές και βιολογικές μέθοδοι.

Τα κύρια στάδια επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων είναι τα εξής παρακάτω:

- **Πρωτοβάθμια επεξεργασία ή αρχική καθίζηση**
- **Δευτεροβάθμια ή βιολογική επεξεργασία**
- **Τριτοβάθμια ή χημική επεξεργασία**

3.2.1. Πρωτοβάθμια Επεξεργασία

Κατά την πρωτοβάθμια επεξεργασία τα απόβλητα υποβάλλονται σε προεπεξεργασία. Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι για να θεωρηθεί απαραίτητη η πρωτοβάθμια επεξεργασία θα πρέπει οι συγκεντρώσεις του ρυπαντικού φορτίου να κυμαίνονται στα πλαίσια που παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1.

Ρύπος	Όριο Συγκέντρωσης	Είδος προεπεξεργασίας
Αιωρούμενα Στερεα	>125mg/lit	Καθίζηση, επίπλευση
Λάδια και λίπη	-	Απομάκρυνση με επιφανειακό σαρωτό ή διαχωρισμός
Τοξικά ιόντα	>35mg/lit	Καθίζηση ή ανταλλαγή ιόντων
Pb^{++}	>0.1mg/lit	»
$Cu^{++}+Ni^{++}+CN^{-}$	>1mg/lit	»
$Cr^{+6}+Zn^{++}$	>3mg/lit	»
Ph	< 6.5 > 8.5	Εξουδερέρωση ή εξισορρόπηση
Διακύμανση οργανικού φορτίου	>2:1	Εξισορρόπηση
Σουλφίδια	>100mg/lit	Καθίζηση ή διαχωρισμός με ανάκτηση
Αμμωνία	>500mg/lit	Αραίωση, ανταλλαγή ιόντων, ρύθμιση Ph
Θερμοκρασία	>38° C	Ψύξη

Πίνακας 3.1: Συγκεντρώσεις ρυπαντών οι οποίες καθιστούν απαραίτητη την πρωτοβάθμια επεξεργασία. (Σαββάκης Κ.,2002)

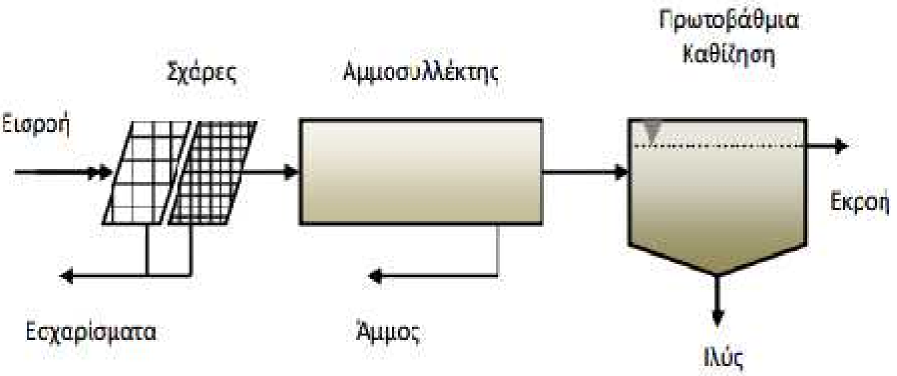
3.2.1.1. Προεπεξεργασία

Η προεπεξεργασία ή αλλιώς η μηχανική επεξεργασία των λυμάτων, είναι μία διαδικασία πολύ σημαντική και απαραίτητη για την ορθή λειτουργία του μηχανολογικού εξοπλισμού και γενικότερα της λειτουργίας του Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων. Κατά την προεπεξεργασία των λυμάτων απομακρύνονται τα μεγαλύτερου μεγέθους σωματίδια όπως λίπη, άμμος, μικρά τμήματα ξύλου και πλαστικού, και γίνεται σημαντική μείωση του ρυπαντικού φορτίου.

Η διαδικασία της προεπεξεργασίας αποτελείται από τα παρακάτω στάδια:

- ✓ Εσχάρωση
- ✓ Εξάμμωση
- ✓ Μέτρηση παροχής
- ✓ Υποδοχή βοθρολυμάτων

Ακολουθεί η ανάλυση των παραπάνω σταδίων της προεπεξεργασίας των λυμάτων.



Σχήμα 3.1: Πρωτοβάθμια επεξεργασία υγρών αποβλήτων. [7]

3.2.1.1.1. Εσχάρωση

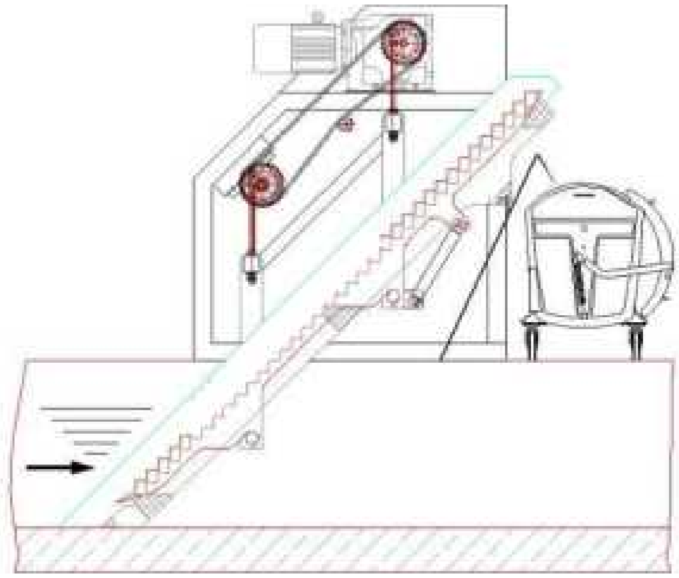
Κατά την διαδικασία της εσχάρωσης απομακρύνονται μεγάλου μεγέθους αντικείμενα μεγαλύτερα του 1 cm (πλαστικά, ξύλα κ.λ.π.) με στόχο την αποφυγή προβλημάτων λειτουργίας του Κ.Ε.Λ. και του μηχανολογικού εξοπλισμού. Τα αντικείμενα που συλλέγονται κατά την διαδικασία της εσχάρωσης θα μπορούσαν είτε να δημιουργήσουν φθορές στους αγωγούς είτε να προκαλέσουν εμφράξεις στις αντλίες. Η διαδικασία της εσχάρωσης πραγματοποιείται με την χρήση εσχαρών στις οποίες συγκρατούνται τα ευμεγέθη αντικείμενα.

Οι εσχάρες είναι συνήθως κατασκευασμένες από ανοξείδωτο χάλυβα, διότι το μεγαλύτερο τμήμα τους είναι εκτεθειμένο στο νερό και μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες:

1. Απλές-χειροκίνητες: δεν συνίσταται η χρήση τους παρά μόνο σε μικρές μονάδες ή σε μεγάλες μονάδες σαν προεσχάρωση. Οι απλές εσχάρες απαιτούν χειρονακτικό καθαρισμό, που είναι διαδικασία κουραστική, χρονοβόρα και δυσάρεστη.

2. Μηχανικές-αυτοκαθαριζόμενες: είναι η καλύτερη δυνατή λύση, καθώς υπάρχει ειδικό μηχανικό σύστημα το οποίο λειτουργεί περιοδικά και καθαρίζονται αυτόματα.

Συνήθως οι εγκαταστάσεις των εσχαρών βρίσκονται μέσα σε κτίρια ή μακριά από κατοικημένες περιοχές για λόγους περιβαλλοντικών οχλήσεων. Τα εσχαρίσματα αποθηκεύονται προσωρινά σε ειδικούς κλειστούς κάδους απορριμμάτων και καταλήγουν στις χωματερές. (Φράγκος Ν., 2005 ; Τζιάνα Α., 2008)



Σχήμα 3.2: Κεκλιμένη εσχάρα και μηχανισμός απομάκρυνσης εσχαρισμάτων. [7]

Εικόνα 3.1: Εσχάρωση λυμάτων. (Κανάκας Σ., 2014)

3.2.1.1.2. Εξάμμωση

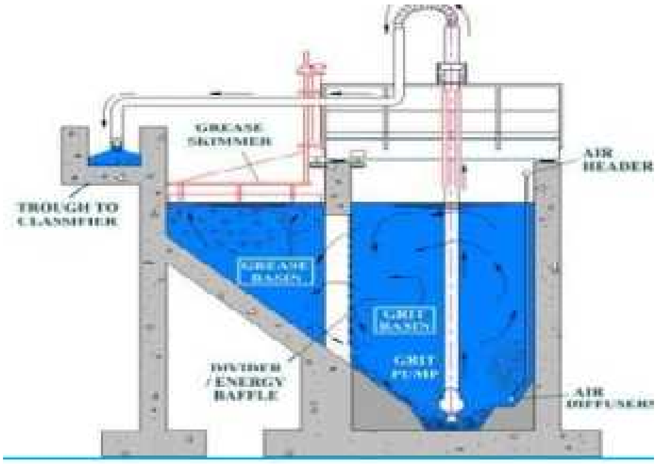
Άλλη μία πολύ σημαντική διεργασία που περιλαμβάνει η προεργασία των λυμάτων είναι η εξάμμωση. Στο στάδιο αυτό απομακρύνονται από τα υγρά απόβλητα οι κόκκοι άμμου και γενικότερα όλα τα σωματίδια διαμέτρου μεγαλύτερης από 200 μm. Στόχος της εξάμμωσης είναι η αποφυγή της εναπόθεσης σωματιδίων στα τοιχώματα των αγωγών και η αποφυγή δημιουργίας δυσλειτουργιών στον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό (αντλίες, ροόμετρα κ.λ.π.) λόγω εμφράξεων των αγωγών.

Υπάρχουν δύο βασικά είδη εξαμμωτών:

1. Εξαμμωτές με σταθερή ταχύτητα ροής
2. Οι αεριζόμενοι εξαμμωτές

Οι αεριζόμενοι εξαμμωτές υπερτερούν συγκριτικά με τους εξαμμωτές σταθερής ροής διότι:

- Έχουν σταθερή απόδοση.
- Έχουν μικρούς όγκους, εξαιτίας των μικρών χρόνων παραμονής.
- Τα απόβλητα αερίζονται σε αυτούς.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως σημεία προσθήκης χημικών.
- Έχουν μικρές υδραυλικές απώλειες.
- Συνδυάζονται με λιποσυλλέκτες.



Σχήμα 3.3: Τομή αεριζόμενων εξαμμωτών με συνδυαζόμενους λιποσυλλέκτες. [7]

Εικόνα 3.2: Δεξαμενή εξάμμωσης – αφαίρεσης λιπών. (Τζιάνα Α., 2008)

Οι λιποσυλλέκτες φροντίζουν για την απομάκρυνση των ελαίων και των λιπών με σκοπό την αποφυγή προβλημάτων στο στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας. Τα λίπη που συλλέγονται οδηγούνται σε παρακείμενα φρεάτια με κατάλληλη διάταξη.

Η καθίζηση της άμμου είναι ανάλογη της απόδοσης του εξαμμωτή, του είδους και της κατάστασης του αποχετευτικού συστήματος και της παρουσίας βιομηχανικών αποβλήτων. Η αποθήκευση της άμμου γίνεται σε ειδικά διαμορφωμένα δοχεία όμοια με αυτά των εσχαρισμάτων και η τελική της διάθεση γίνεται στις χωματερές ή σε δρόμους ως υλικό επιχωμάτωσης. (Τζιάνα Α., 2008, Κανάκας Σ., 2014)

3.2.1.1.3. Μέτρηση παροχής

Σκοπός της μέτρησης παροχής είναι ο υπολογισμός της παροχής που διέρχεται από το Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων, με βάση την οποία ρυθμίζεται η λειτουργία σημαντικών μονάδων. Με το σήμα της παροχής ρυθμίζεται συνήθως η λειτουργία της διάταξης συλλογής, απομάκρυνσης και στράγγισης της άμμου του αεριζόμενου εξαμμωτή, των αντλιών ανακυκλοφορίας και των μονάδων που χρησιμοποιούν χημικά (π.χ. συνδυασμένη βιολογική-χημική απομάκρυνση φωσφόρου, απολύμανση κ.α.). (Wilson F., 1981)

3.2.1.1.4. Υποδοχή βοθρολυμάτων

Ένα αποχετευτικό δίκτυο είναι αδύνατο να εξυπηρετήσει τις απομακρυσμένες κατοικίες, και έτσι δεν μπορεί να αποφευχθεί η ύπαρξη των βοθρολυμάτων. Τα βοθρολύματα απαιτούν ειδική διαχείριση, καθώς το ρυπαντικό τους φορτίο είναι πολύ υψηλό συγκριτικά με αυτό των υγρών αποβλήτων που φτάνουν με τα δίκτυα αποχέτευσης.

Στόχος της υποδοχής βοθρολυμάτων είναι η παραλαβή των βοθρολυμάτων από τα βυτιοφόρα, η αποθήκευσή τους και η διοχέτευσή τους στα Κέντρα Επεξεργασίας Λυμάτων χωρίς να επηρεάζεται το περιβάλλον και να δημιουργούνται διαταραχές στην λειτουργία των Κέντρων Επεξεργασίας Λυμάτων.

Εικόνα 3.3: Μονάδα υποδοχής και προεπεξεργασίας βοθρολυμάτων. (Τζιάνα Α., 2008)

Η διάταξη υποδοχής βοθρολυμάτων αποτελείται από τα εξής παρακάτω μέρη:

- *Χώρος εκκένωσης των βοθρολυμάτων:*

Ο χώρος εκκένωσης των βοθρολυμάτων είναι ο χώρος που εναποτίθενται τα βοθρολύματα. Προτιμάται να είναι κοντά στα έργα προκαταρκτικής επεξεργασίας και η έκταση του χώρου να είναι ικανοποιητική για να πραγματοποιούνται με άνεση οι ελιγμοί των βυτιοφόρων. Ο χώρος αυτός συνήθως είναι κλειστός και εξοπλισμένος με διάταξη απόσμησης, ενώ παράλληλα συνίσταται να υπάρχει και διάταξη έκπλυσης.

- *Φρεάτια υποδοχής:*

Τα φρεάτια υποδοχής είναι απαραίτητο για να μην υπάρχουν αρνητικές επιδράσεις στο περιβάλλον, να έχουν διατάξεις που να συνδέονται στεγανά με τους σωλήνες των βυτιοφόρων. Στον εξοπλισμό των φρεατίων υποδοχής συμπεριλαμβάνονται χονδρές εσχάρες για την συγκράτηση των ογκωδών στερεών.

- *Δεξαμενή εξισορρόπησης βοθρολυμάτων:*

Από τα φρεάτια υποδοχής τα βοθρολύματα καταλήγουν στην δεξαμενή εξισσορόπησης. Απαραίτητο χαρακτηριστικό της δεξαμενής είναι να είναι κλειστή για να μην εκλύονται οσμές, ενώ τα τοιχώματα πρέπει να έχουν κατάλληλη διαμόρφωση έτσι ώστε να μην ευνοείται η εναπόθεση στερεών σε αυτά και παράλληλα να διευκολύνεται η έκπλυσή τους με κατάλληλη διάταξη ακροφυσίων. Επιπλέον στην δεξαμενή μπορούν να προστίθενται χημικά για να περιορίζονται οι οσμές και για να εξουδετερώνονται τα βοθρολύματα.

- *Αντλίες βοθρολυμάτων:*

Η χρήση των αντλιών βοθρολυμάτων γίνεται για την μεταφορά των βοθρολυμάτων από την δεξαμενή εξισορρόπησης στο Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων. Η τροφοδότηση συνίσταται να γίνεται σε χρονικές περιόδους της ημέρας που τα ρυπαντικά φορτία των υγρών αποβλήτων που δέχεται είναι ελάχιστα. (Κανάκας Σ., 2014)

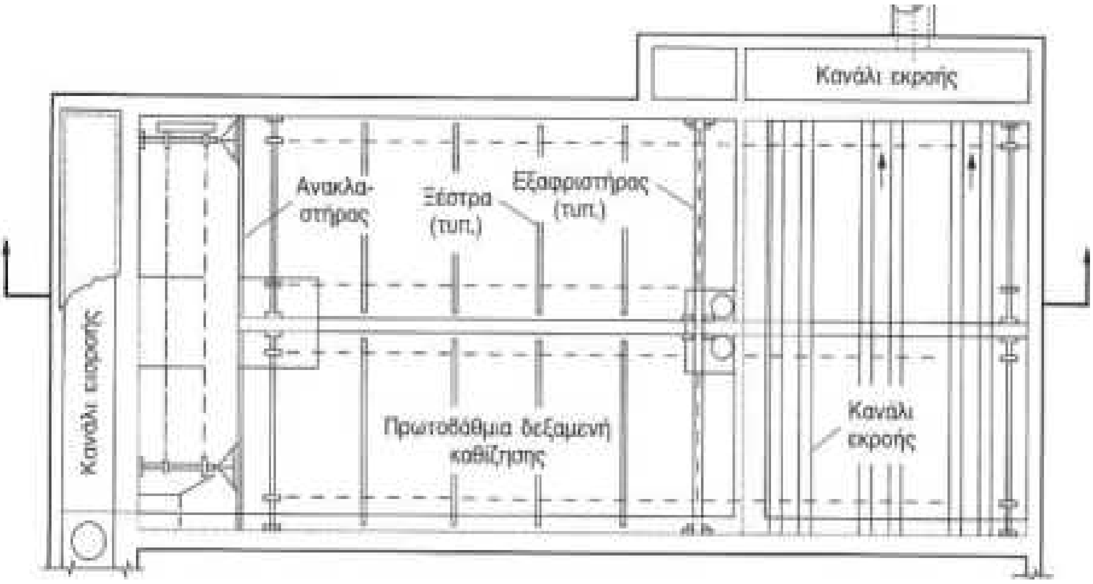
3.2.1.2. Πρωτοβάθμια καθίζηση

Η πρωτοβάθμια καθίζηση είναι η διαδικασία η οποία ολοκληρώνει την πρωτοβάθμια επεξεργασία. Αποτελεί μία ακόμη σημαντική διεργασία όσον αφορά την επεξεργασία λυμάτων αφού τα περισσότερα αιωρούμενα σωματίδια είναι τόσο μικρής διαμέτρου που δεν συγκρατούνται κατά την διεργασία της εσχάρωσης. Με την λειτουργική διαδικασία της πρωτοβάθμιας καθίζησης απομακρύνονται οργανικά και ανόργανα στερεά μεγέθους 0.001-0.1 mm. Βασικός στόχος της διεργασίας είναι η μείωση του ρυπαντικού φορτίου.

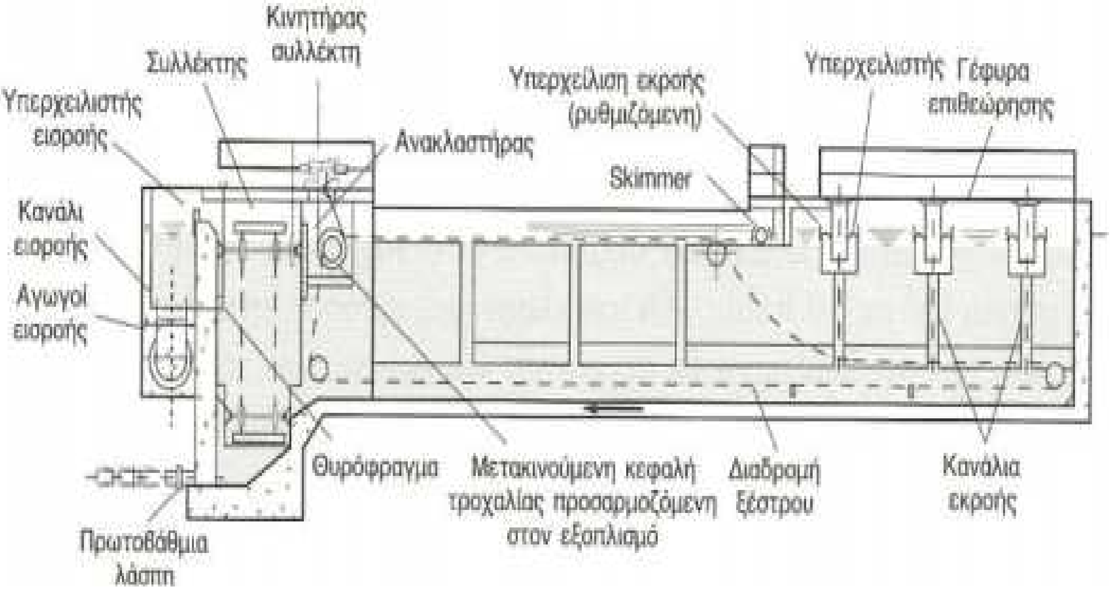
Η πρωτοβάθμια καθίζηση εκτελείται σε μεγάλες δεξαμενές, τις λεγόμενες δεξαμενές καθίζησης όπου τα αιωρούμενα σωματίδια κάτω από συνθήκες σχεδόν στρωτής ροής, καθιζάνουν και συσσωματώνονται με αποτέλεσμα την διαρκή αύξηση της ταχύτητας καθίζησής τους.

Ο καθαρισμός των δεξαμενών πραγματοποιείται με ειδικά συστήματα ξέστρων τα οποία διαφοροποιούνται ανάλογα με την γεωμετρία αλλά και την τεχνολογία σχεδιασμού της δεξαμενής. Με την πρωτοβάθμια επεξεργασία μπορεί να απομακρυνθούν κατά μέσο όρο το

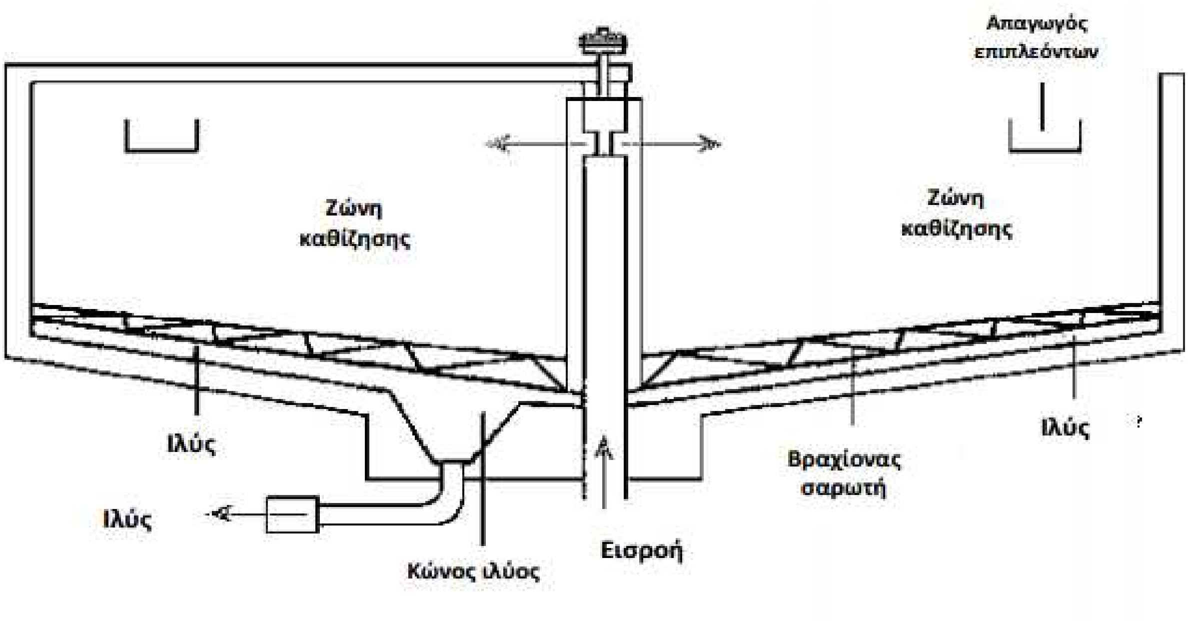
35% του οργανικού φορτίου (BOD) και το 55% των αιωρούμενων στερεών. Η λειτουργία της στηρίζεται στο φαινόμενο της βαρύτητας. Η ευρεία χρήση της οφείλεται στην απλότητα της μεθόδου και στην μικρή κατανάλωση ενέργειας.(Φράγκος Ν., 2005 ; Νταράκας Ε., 2014)



Σχήμα 3.3: Κάτοψη ορθογώνιας δεξαμενής πρωτοβάθμιας καθίζησης.
(Νταράκας Ε., 2014)



Σχήμα 3.4: Τομή ορθογώνιας δεξαμενής πρωτοβάθμιας καθίζησης.
Νταράκας Ε., 2014)



Σχήμα 3.5: Τομή κυκλικής δεξαμενής πρωτοβάθμιας καθίζησης.
(Νταράκας Ε., 2014)

3.2.2. Δευτεροβάθμια επεξεργασία

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία αποτελεί ουσιαστικά τον σκελετό της επεξεργασίας των αποβλήτων. Ως δευτεροβάθμια επεξεργασία ορίζεται κάθε βιολογική επεξεργασία που έχει ως στόχο την μείωση του οργανικού φορτίου (BOD) και των αιρούμενων στερεών, ενώ παράλληλα στοχεύει στη μείωση των αζωτούχων (N) και φωσφορικών (P) ενώσεων που μπορεί να περιέχονται στα απόβλητα. Σε αυτό το στάδιο εφαρμόζονται οι παρακάτω μέθοδοι:

- ***Αερόβια βιολογική οξείδωση***
- ***Αναερόβια βιολογική αποδόμηση***
- ***Νιτροποίηση***
- ***Απονιτροποίηση***

Στην συνέχεια πραγματοποιείται αναλυτική περιγραφή των προαναφερόμενων μεθόδων.

3.2.2.1. Αερόβια βιολογική οξείδωση

Η αερόβια βιολογική οξείδωση είναι μία διεργασία κατά την οποία η διαλυμένη και η σωματιδιακή οργανική ύλη που εμπεριέχεται στα λύματα απομακρύνεται και σταθεροποιείται με την χρήση μικροοργανισμών.

Η διεργασία εκτελείται στην δεξαμενή αερισμού. Ουσιαστικά η δεξαμενή αερισμού αποτελείται από επί μέρους δεξαμενές. Βασικός της σκοπός είναι ο αερισμός του νερού. Με αυτόν τον τρόπο οι μικροοργανισμοί που εμπεριέχονται στο νερό εκμεταλλεύονται όλο το διαλυμένο οξυγόνο (DO) του νερού. Με την λήψη του διαλυμένου οξυγόνου (DO) οι μικροοργανισμοί αποκτούν ενέργεια και οξειδώνουν την οργανική ύλη των αποβλήτων σε διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), νερό (H_2O) και επιπρόσθετη βιομάζα. Απαραίτητη είναι η ύπαρξη του αζώτου (N) και του φωσφόρου (P) για την μετατροπή της οργανικής ύλης σε απλά τελικά προϊόντα.

Η σχετική πυκνότητα της παραγόμενης βιομάζας είναι ελάχιστα μεγαλύτερη από αυτήν του νερού και η απομάκρυνσή της είναι απαραίτητη για ολοκληρωθεί επιτυχώς η διαδικασία. Η απομάκρυνσή της γίνεται στις δεξαμενές καθίζησης με την μέθοδο της καθίζησης και είναι αναγκαία διότι η βιομάζα αποτελεί οργανικό υλικό και θα προσμετράται στην εκροή ως BOD. (Νταράκας Ε., 2014)

$$\text{Οργανική ύλη} + O_2 \xrightarrow{\text{μικροοργανισμοί}} CO_2 + H_2O + \text{Νέα κυτταρική μάζα} + NO_3^- + PO_4^{-3} + SO_4^{-2}$$

Διάγραμμα 3.1: Αερόβια βιολογική επεξεργασία λυμάτων. (Νταράκας Ε., 2014)

3.2.2.2. Αναερόβια βιολογική αποδόμηση

Η αναερόβια βιολογική αποδόμηση γίνεται κάτω από συνθήκες έλλειψης οξυγόνου. Κατά την διεργασία αυτή οι μικροοργανισμοί καταναλώνουν τις οργανικές ενώσεις. Αυτοί οι μικροοργανισμοί ονομάζονται αναερόβιοι μικροοργανισμοί και είναι τα αρχαιοβακτήρια, τα μεθανοβακτήρια, οι μύκητες και τα πρωτόζωα. Τα βασικότερα παραγόμενα προϊόντα της αναερόβιας διεργασίας είναι το μεθάνιο (CH_4), το υδρόθειο (H_2S), το υδρογόνο (H), η αμωνία (NH_3) και η αναερόβια βιομάζα.

$$\text{Οργανική ύλη} \xrightarrow{\text{μικροοργανισμοί}} CO_2 + CH_4 + \text{Νέα κυτταρική μάζα} + NH_3 + H_2S + H_2O + H_2$$

Διάγραμμα 3.2: Αναερόβια βιολογική επεξεργασία λυμάτων. (Νταράκας Ε., 2014)

Η διεργασία της αναερόβιας βιολογικής αποδόμησης έχει πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα τα οποία παρατίθενται παρακάτω:

Πλεονεκτήματα αναερόβιας βιολογικής αποδόμησης:

- Σύνθεση βιοαερίου (CH_4+CO_2= Βιοαέριο)
- Δεν απαιτείται αερισμός
- Επίτευξη αποικοδόμησης δύσκολα βιοαποικοδομήσιμων ουσιών
- Πολύ χαμηλή παραγωγή ιλύος

Μειονεκτήματα αναερόβιας βιολογικής αποδόμησης:

- Πολύ αργή διεργασία
- Πολύ ευαίσθητη διεργασία
- Χαμηλός ρυθμός ανάπτυξης των μικροοργανισμών που εκτελούν την διεργασία

Η αναερόβια επεξεργασία εφαρμόζεται κυρίως σε υγρά απόβλητα με υψηλό ρυπαντικό φορτίο και χαμηλή τοξικότητα. Επίσης δεν διαθέτει ικανότητα μείωσης του (BOD) περισσότερο από 80% σε αντίθεση με την αερόβια η οποία μπορεί να φτάσει σε απόδοση έως και 97%. (Ζουρνάς Α. ; Τέγου Ι., 2004)

3.2.2.3. Νιτροποίηση

Γενικά, η ανάπτυξη ενός διαφορετικού είδους αερόβιων οργανισμών οι οποίοι προκύπτουν από την μείωση του οργανικού άνθρακα, έχουν την δυνατότητα να αποσυνθέσουν την διαλυμένη στο νερό αμμωνία χρησιμοποιώντας οξυγόνο και μειώνοντας περαιτέρω το BOD της εξόδου. Αυτή η διαδικασία ορίζεται ως νιτροποίηση.

Πιο συγκεκριμένα με τον όρο νιτροποίηση περιγράφεται ολοκληρωμένα η βιολογική διαδικασία που αποτελείται από δύο βασικά στάδια. Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει την διεργασία της *νιτρωδοποίησης* κατά την οποία μία ομάδα αυτότροφων βακτηρίων οξειδώνει τα αμμωνιακά προς νιτρώδη. Το δεύτερο στάδιο περιλαμβάνει την διαδικασία της *νιτρικοποίησης* κάτα την οποία από μία άλλη αυτή την φορά ομάδα αυτότροφων βακτηρίων οξειδώνει τα νιτρώδη προς νιτρικά.

Είναι πειραματικά αποδεδειγμένο ότι υπεύθυνα για την εκπλήρωση της διεργασίας της νιτροποίησης είναι τα αυτότροφα αερόβια βακτήρια του γένους Nitrosomonas καθώς και τα βακτήρια του γένους Nitrobacter. Η διαδικασία συντελείται εντός δεξαμενών με διακεκριμένους δομικά αεριζόμενους θαλάμους. Για την ολοκλήρωση της διαδικασίας απαιτείται μέσος χρόνος παραμονής περισσότερο από δέκα ημέρες, ενώ επηρεάζεται από πολλούς περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως:

- Η θερμοκρασία: η βέλτιστη θερμοκρασία νιτροποίησης κυμαίνεται από 28 έως 32^oC. Η μείωση της θερμοκρασίας έχει σαν αποτέλεσμα την σημαντική μείωση της ταχύτητας αντίδρασης.
- Το pH: η βέλτιστη τιμή στην αλκαλική περιοχή είναι pH=8.2.
- Η υψηλή συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου (>1,5 mg/L).
- Η τοξικότητα
- Τα Βαρέα Μέταλλα
- Η μοριακή αμμωνία (NH_3)

3.2.2.4. Απονιτροποίηση

Η απονιτροποίηση είναι μία βιολογική διεργασία κατά την οποία τα νιτρικά ιόντα μετατρέπονται σε αέριο άζωτο, ενώ ταυτόχρονα εκλύονται μικρές ποσότητες υποξειδίου (N_2O) και μονοξειδίου (NO) του αζώτου. Κατά την διάρκεια εκτέλεσης της απονιτροποίησης η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου πρέπει τείνει να γίνει μηδενική έτσι ώστε οι μικροοργανισμοί να είναι αναγκασμένοι να χρησιμοποιήσουν ως «τροφή» τα νιτρικά. Εάν δεν πραγματοποιηθεί υπό αυτές τις συνθήκες, τότε ευνοείται η αερόβια οξείδωση.

Πολλά από τα ήδη υπάρχοντα ετερότροφα βακτήρια είναι ικανά να εκτελέσουν την διεργασία της απονιτροποίησης. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν τα Pseudonomonas, Acinetobacterm, Aerobacter και Bacillus.

Για την εκτέλεση της διεργασίας της απονιτροποίησης απαραίτητη είναι η ύπαρξη μιας πηγής άνθρακα, η οποία θα αποτελέσει την τροφή των ετερότροφων βακτηριδίων που συντελούν για την εκτέλεση της απονιτροποίησης. Η πηγή άνθρακα μπορεί να είναι είτε διαλυτές και κολλοειδείς οργανικές ενώσεις των μη επεξεργασμένων αποβλήτων (BOD), είτε ο ενδογενής άνθρακας των μικροοργανισμών.

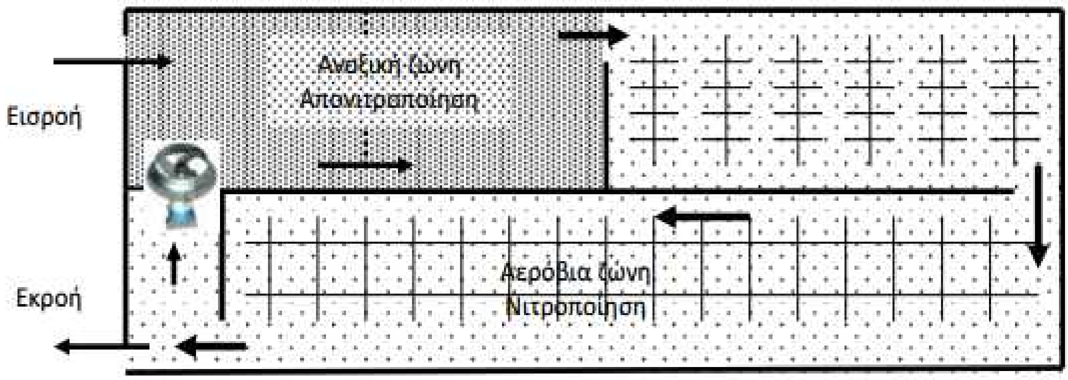
Οι παράγοντες που επηρεάζουν την διεργασία της απονιτροποίησης είναι οι εξής:

- Η επιλογή της πηγής άνθρακα
- Η θερμοκρασία: πρέπει να κυμαίνεται στους 5-60^{o}C
- Το pH: πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 6-8
- Η συγκέντρωση οξυγόνου πρέπει να είναι πού μικρή

Τα συστήματα απονιτροποίησης μπορεί να ταξινομηθούν σε δυο κατηγορίες ανάλογα με τον αριθμό των δεξαμενών που αποτελούν το σύστημα:

- ✓ Μονοβάθμιο σύστημα απονιτροποίησης
- ✓ Διβάθμιο σύστημα απονιτροποίησης

Σπουδαίο ρόλο όσον αφορά ένα μονοβάθμιο σύστημα παίζει η τοποθέτηση της ανοξικής δεξαμενής. Εάν η ανοξική δεξαμενή είναι τοποθετημένη πριν την αερόβια, ο βαθμός απόδοσης απομάκρυνσης του αζώτου κυμαίνεται σε ποσοστό 80-90%. Επιπλέον έχουμε χαμηλό λειτουργικό κόστος και χαμηλό κατασκευαστικό κόστος.



Σχήμα 3.6: Κάτοψη δεξαμενής νιτροποίησης – απονιτροποίησης.
(Νταράκας Ε., 2014)

Σε περίπτωση που η αερόβια δεξαμενή προηγείται της ανοξικής η διεργασία της απονιτροποίησης διεξάγεται με αργούς ρυθμούς. Τα διβάθμια συστήματα απονιτροποίησης χαρακτηρίζονται από το υψηλό λειτουργικό κόστος, το υψηλό κατασκευαστικό κόστος, αλλά και τον υψηλό βαθμό απόδοσης.

Οι διεργασίες νιτροποίηση-απονιτροποίηση, θεωρείται ορθό να μην εκτελούνται στις ίδιες δεξαμενές διότι η μεν διεργασία της νιτροποίησης έχει σαν απαραίτητο εφόδιο για την διεξαγωγή της το οξυγόνο ενώ η διεργασία της απονιτροποίησης απαιτεί την πλήρη απουσία του.

3.2.2.5. Δευτεροβάθμια καθίζηση

Η διαδικασία της δευτεροβάθμιας καθίζησης πραγματοποιείται σε δεξαμενές παρόμοιες με αυτές της πρωτοβάθμιας καθίζησης. Η βασική διαφορά των διεργασιών της καθίζησης είναι το ποσοστό αφαίρεσης οργανικών και αιωρούμενων σωματιδίων, το οποίο είναι σαφώς μεγαλύτερο κατά την διεξαγωγή της δευτεροβάθμιας καθίζησης διότι πραγματοποιείται σε μεγαλύτερες και περισσότερες δεξαμενές, με αποτέλεσμα να παραμένει περισσότερο χρόνο το επεξεργαζόμενο υγρό. (Βαρνάβα Ρ., 2014)

3.2.3. Τριτοβάθμια επεξεργασία

Ο φόβος λειψυδρίας και κατά συνέπεια η ανάγκη εξοικονόμησης του νερού οδήγησε στην ανάγκη επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων. Απαραίτητη διαδικασία που πρέπει να ολοκληρωθεί πριν την επαναχρησιμοποίηση τους είναι η τριτοβάθμια επεξεργασία. Η διεργασία αυτή αποσκοπεί στην βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των λυμάτων και στην αποτελεσματική απολύμανσή τους ώστε να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν ξανά ακίνδυνα. (Αλμπανέλης Φ., 2007)

Η τριτοβάθμια επεξεργασία έπεται της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας και είναι και το τελευταίο στάδιο της επεξεργασίας των λυμάτων. Κατά την εκροή των λυμάτων από τις δευτεροβάθμιες δεξαμενές καθίζησης εξακολουθούν να περιέχουν μικρές ποσότητες αζώτου και φωσφόρου, σαφώς μικρότερες από τις αρχικές αλλά όχι αμελητέες, καθώς και παθογόνους μικροοργανισμούς. Σκοπός της τριτοβάθμιας επεξεργασίας είναι η ελάττωση των υπολειμμάτων του αζώτου και του φωσφόρου, καθώς και η απομάκρυνση όλων των παθογόνων μικροοργανισμών έτσι ώστε τα νερά να διατίθενται ακίνδυνα στους αποδέκτες.

Για να ολοκληρωθεί η τριτοβάθμια επεξεργασία πρέπει να ολοκληρωθούν οι παρακάτω εργασίες:

- *Κροκκίδωση - συσσωμάτωση (Flocculation – coagulation)*
- *Διήθηση*
- *Απολύμανση*

3.2.3.1. Κροκκίδωση – συσσωμάτωση

Η κροκκίδωση είναι μία διεργασία της οποίας στόχος είναι η απομάκρυνση των αιωρούμενων κολλοειδών και αδρομερών αιωρούμενων σωματιδίων του νερού. Το μέγεθος των κολλοειδών σωματιδίων κυμαίνεται από 10^{-7} – 10^{-8} cm. Εξαιτίας του μικρού τους μεγέθους και του ηλεκτρικού τους φορτίου τα σωματίδια παραμένουν αιωρούμενα για μεγάλο χρονικό διάστημα, καθιζάνουν και απομακρύνονται δύσκολα με τις συμβατικές φυσικές διεργασίες επεξεργασίας. Για αυτόν τον λόγο εκτελούνται οι παρακάτω διεργασίες:

- Η προσθήκη χημικών μέσων, που είναι γνωστά ως κροκκιδωτικά. Τα συνηθέστερα κροκκιδωτικά είναι το θειικό αργίλιο ($Al_2(SO_4)_3$, $18H_2O$) και τα άλατα του σιδήρου (τριχλωριούχος σίδηρος $FeCl_3$.$6H_2O$ και θειικός σίδηρος $FeSO_4$ $7H_2O$. Το στάδιο αυτό είναι το βασικότερο στάδιο της κροκκίδωσης. Μεταξύ των κολλοειδών σωματιδίων αναπτύσσονται σχετικά ασθενείς ελκτικές δυνάμεις οι λεγόμενες Van De Waals και ισχυρότερες απωστικές ηλεκτροστατικής φύσης δυνάμεις που έχουν αρνητικό επιφανειακό φορτίο. Η προσθήκη κροκκιδωτικών μέσων τα οποία έχουν θετικό επιφανειακό φορτίο γίνεται με στόχο τον μηδενισμό του συνολικού φορτίου των σωματιδίων έτσι ώστε να επικρατήσουν οι ελκτικές δυνάμεις Van De Waals και να δημιουργηθούν συσσωματώματα.
- Η συνένωση των κολλοειδών σωματιδίων που προσεγγίζουν το ένα το άλλο με αποτέλεσμα την δημιουργία ορατών συσσωματωμάτων. Ο μηχανισμός αυτός ονομάζεται συσσωμάτωση ή θρόμβωση. Η διαδικασία αυτή έπεται της προσθήκης χημικών μέσων. Αφού επικρατήσουν οι ελκτικές δυνάμεις Van De Waals δημιουργούνται συσσωματώματα τα οποία ξεπερνούν τα 10^{-4} cm σε διάμετρο.
- Η απομάκρυνση των σχηματισμένων μεγάλων συσσωματωμάτων με καθίζηση ή διήθηση είναι το τελευταίο στάδιο της κροκκίδωσης. Σε αυτό το στάδιο τα συσσωματωμένα σωματίδια καθιζάνουν στον πυθμένα της δεξαμενής καθίζησης και στην συνέχεια απομακρύνονται από το νερό με την μορφή ιλύος. (Νταράκας Ε., 2014)

3.2.3.2. Διήθηση

Για την διήθηση του νερού χρησιμοποιείται η τεχνική της διήθησης κλίνης. Τα αιωρούμενα σωματίδια εισέρχονται στο πορώδες μέσο, το οποίο είναι ένα κοκκώδες υλικό, κινούμενα προς την επιφάνεια των κόκκων όπου προσκολλούνται και απομακρύνονται από την ροή. Το διηθητικό στρώμα πρέπει να έχει πάχος περίπου δύο μέτρα εξαιτίας του μεγάλου μεγέθους των κόκκων και συνεπώς και των κενών.

Όσο η διαδιακασία εξελίσσεται η διαπερατότητα του διηθητικού στρώματος μικραίνει, ενώ όταν η θολότητα του διηθισμένου νερού ξεπεράσει το επιτρεπτό όριο η διαδικασία διήθησης διακόπτεται για να ακολουθήσει διαδικασία έκπλυσης η οποία διαρκεί περίπου 10 λεπτά.

Η διεργασία της διήθησης συμβάλλει δραστικά στην μείωση της θολότητας του νερού καθώς και στην απομάκρυνση των μικροοργανισμών που παραμένουν μετά την διεργασία της κροκκίδωσης. (Σαββάκης Κ., 2002)

3.2.3.3. Απολύμανση

Η διαδικασία της απολύμανσης αποτελεί το τρίτο και τελευταίο στάδιο της τριτοβάθμιας επεξεργασίας. Η απολύμανση είναι μία διαδικασία ζωτικής σημασίας διότι έχει ως στόχο την καταστροφή ή την αδρανοποίηση των παθογόνων μικροοργανισμών σε επίπεδο ασφαλές για τον ανθρώπινο οργανισμό.

Για την εκτέλεση αυτής της διεργασίας απαραίτητο εφόδιο είναι το απολυμαντικό μέσο. Για να γίνει ορθή χρήση του απολυμαντικού μέσου, πρέπει να πληρεί τις παρακάτω προϋποθέσεις:

- Δραστικότητα σε όλες τις κατηγορίες μικροοργανισμών που παρουσιάζονται στο σύστημα
- Οικονομικό στην εφαρμογή του
- Να μην δημιουργεί παρενέργειες στο σύστημα
- Να μην διευκολύνει την ανεξέλεγκτη ανάπτυξη ανεπιθύμητων ουσιών
- Να μην δημιουργεί σοβαρούς κινδύνους για το προσωπικό και το περιβάλλον (Νταράκας Ε., 2014)

Ωστόσο, υπάρχουν κάποιοι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η αποτελεσματικότητα της διαδικασίας της απολύμανσης. Ουσιαστικά επηρεάζουν τον ρυθμό εξουδετέρωσης των παθογόνων μικροοργανισμών που περιέχονται στα λύματα. Οι παράγοντες αυτοί είναι οι ακόλουθοι:

- Το είδος, η δόση και οι ιδιότητες του απολυμαντικού μέσου
- Ο χρόνος έκθεσης των μικροοργανισμών στο απολυμαντικό μέσο
- Το είδος του μικροοργανισμού
- Τα υδραυλικά χαρακτηριστικά της δεξαμενής απολύμανσης
- Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των λυμάτων (Βασιλάκος Ι., 2008)

Υπάρχουν τρεις βασικοί μέθοδοι απολύμανσης:

1. *Χλωρίωση*
2. *Απολύμανση του νερού με όζον* (O_3)
3. *Απολύμανση του νερού με υπεριώδη ακτινοβολία (UV)*

Ακολουθεί ανάλυση των τριών μεθόδων στην συνέχεια του εδαφίου.

❖ ***Χλωρίωση - Αποχλωρίωση***

Μία από τις μεθόδους απολύμανσης του νερού είναι η χλωρίωση. Απαραίτητο εφόδιο για την διεργασία της χλωρίωσης είναι το χλώριο είτε ελεύθερο είτε σε ενώσεις (υποχλωριώδες νάτριο, $NaOCl$).

Ουσιαστικά το χλώριο είναι μία τοξική ουσία που μπορεί να βλάψει τόσο τους ανθρώπους όσο και τα ζώα. Ωστόσο η ορθολογική του χρήση δεν μπορεί να βλάψει. Το όριο περιεκτικότητας του νερού σε χλώριο που δεν μπορεί να βλάψει τον άνθρωπο είναι τα 50 mg/L όμως η οσμή και η γεύση που δημιουργεί αποκλείει την πόση του. Κάποιες φορές παρόλο που η περιεκτικότητα του νερού σε χλώριο είναι κάτω από το επιτρεπτό όριο το χλώριο μπορεί να αντιδράσει με κάποιες οργανικές ενώσεις και να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα στον ανθρώπινο οργανισμό όπως καρκίνο, στειρότητα, βλάβες σε ζωτικά όργανα κ.α.

Ωστόσο η απολύμανση με χλώριο είναι η πιο διαδεδομένη και εύχρηστη μέθοδος απολύμανσης τόσο για το νερό όσο και για τα υγρά απόβλητα. Αυτό οφείλεται στην αποτελεσματικότητά του, την ασφαλή χρήση του και την ιδιότητά του να διατηρεί υπολειμματική δράση.

Η διεργασία της χλωρίωσης εκτελείται σε ειδικές δεξαμενές, τις λεγόμενες δεξαμενές χλωρίωσης ή αλλιώς δεξαμενές επαφής. Για να επιτευχθεί ο επιθυμητός βαθμός απομάκρυνσης των μικροοργανισμών τα απόβλητα πρέπει να παραμείνουν ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα στις δεξαμενές χλωρίωσης. Ο χρόνος επαφής κυμαίνεται από 15 έως 30 λεπτά.

Αξίζει να αναφερθεί ότι η απολύμανση είναι άμεσα εξαρτημένη από την θερμοκρασία κα το pH του νερού. Η μέγιστη απολύμανση επιτυγχάνεται για τιμές pH μεταξύ 5,5 και 7,5 ενώ όσο χαμηλότερη είναι η θερμοκρασία του νερού, τόσο περισσότερη ποσότητα χλωρίου απαιτείται για την επιτυχή απολύμανση. (Νταράκας Ε., 2014)

Παρά την χρησιμότητα της διαδικασίας της χλωρίωσης έχει υπάρξει έντονος προβληματισμός για τις επιπτώσεις της διεργασίας αυτής στον ανθρώπινο οργανισμό. Κατά την αντίδραση του αερίου χλωρίου με οργανικές ουσίες που περιέχονται στα λύματα ή στο νερό δημιουργούνται πολύ τοξικά παράγωγα μεθανίου τα λεγόμενα τριαλογονομένα παράγωγα μεθανίου (thihalomethanes). Υπάρχει όριο συγκέντρωσης των προαναφερόμενων στο νερό η οποία δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 100 μg/l διότι θεωρούνται καρκινογόνα.

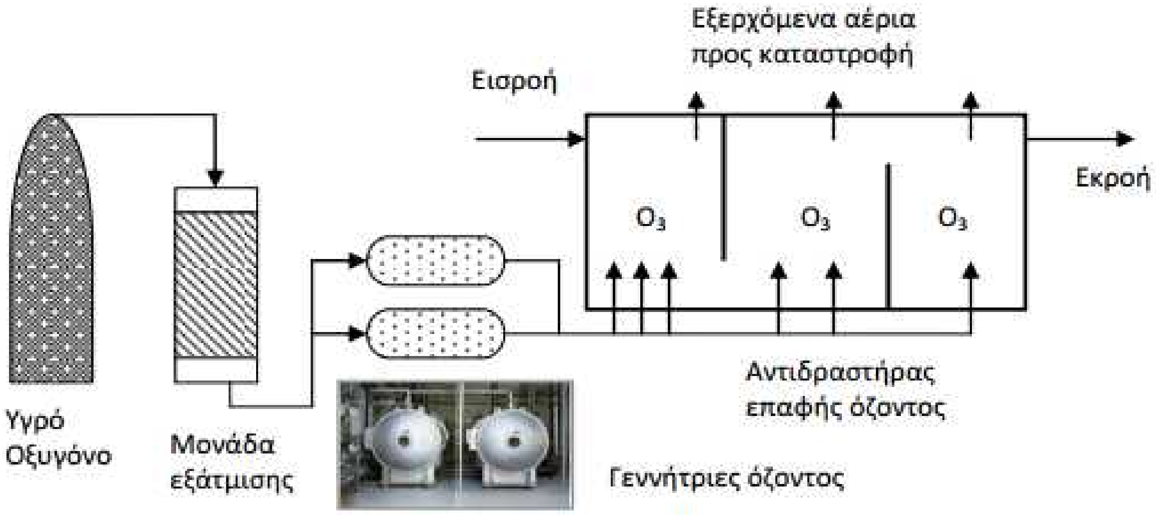
Εικόνα 3.4: Δεξαμενές χλωρίωσης – αποχλωρίωσης. (Νταράκας Ε., 2014)

Επιπροσθέτως όριο συγκέντρωσης στο νερό έχουμε και για το ελεύθερο χλώριο του οποίου η συγκέντρωση δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 6.8 μg/l διότι είναι ιδιαίτερα τοξικό για τους υδρόβιους οργανισμούς. Σε περίπτωση που η συγκέντρωση χλωρίου υπερβεί το επιτρεπόμενο όριο ακολουθούμε την διαδικασία της αποχλωρίωσης.

Η αποχλωρίωση επιτυγχάνεται είτε με προσθήκη διοξειδίου του θείου, είτε μέσω προσρρόφησης από ενεργό άνθρακα σε μορφή κόκκων και σκόνης ο οποίος ταυτόχρονα απομακρύνει και άλλα ανεπιθύμητα υλικά. Για την ολοκλήρωση της διαδικασίας δεν απαιτούνται ειδικές δεξαμενές επαφής. (Βασιλάκος Ι., 2008)

❖ *Απολύμανση του νερού με όζον (O_3)*

Η απολύμανση του νερού με όζον ή αλλιώς οζόνωση είναι άλλη μία μέθοδος απολύμανσης. Βασικό συστατικό της είναι το όζον. Το όζον είναι αέριο το οποίο παράγεται από καθαρό οξυγόνο ή από τον ατμοσφαιρικό αέρα μετά από κατάλληλη επεξεργασία. Η χρήση του όζοντος αποτελεί ιδανική λύση για προχωρημένη επεξεργασία υγρών αποβλήτων με στόχο την ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση τους.



Σχήμα 3.7: Τυπικό διάγραμμα ροής απολύμανσης υγρών απόβλητων με όζον. (Νταράκας Ε., 2014)

Η μέθοδος της απολύμανσης του νερού με όζον έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τα οποία ακολουθούν επιγραμματικά:

Πλεονεκτήματα απολύμανσης του νερού με όζον:

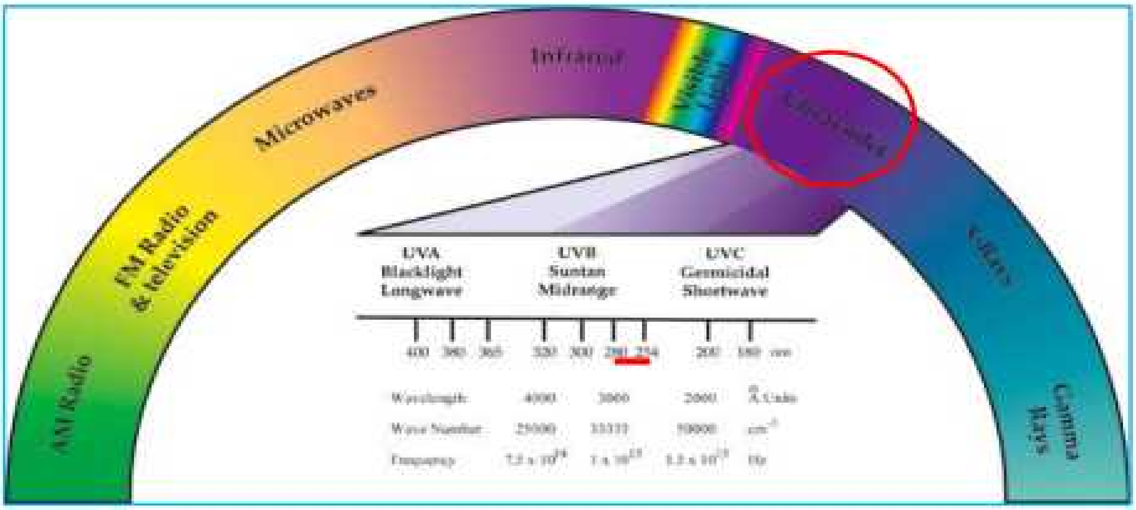
- Ασφαλής μεταφορά και αποθήκευση
- Εξαιρετικές απολυμαντικές ιδιότητες
- Άμεση καταστροφή μικροοργανισμών που παρουσιάζουν αντοχή σε άλλα απολυμαντικά
- Άμεση απολύμανση
- Μικρός χρόνος εφαρμογής της μεθόδου
- Δεν επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την θερμοκρασία
- Δεν επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το pH.

Μειονεκτήματα απολύμανσης του νερού με όζον:

- Υψηλό λειτουργικό κόστος
- Μεγάλη κατανάλωση όζοντος από τους ρυπαντές που περιέχονται στο νερό
- Σχηματισμός επικίνδυνων ενώσεων για την υγεία.(Νταράκας Ε., 2014)

❖ *Απολύμανση του νερού με υπεριώδη ακτινοβολία (UV)*

Η υπεριώδης ακτινοβολία (UV) έχει ισχυρή απολυμαντική δράση την οποία οφείλει στην απορρόφηση της από το γενετικό υλικό (DNA) των κυττάρων και παράγεται από ειδικούς λαμπτήρες. Βασικός παράγοντας όσον αφορά την αποτελεσματικότητα της μεθόδου αποτελεί η δόση ενέργειας που απορροφάται από τον μικροοργανισμό. Η ποσότητα αυτή υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τον ρυθμό της έντασης της ενέργειας που παρέχεται επί τον χρόνο κατά τον οποίο οι μικροοργανισμοί είναι εκτεθειμένοι στην ακτινοβολία.



Εικόνα 3.5: Το φάσμα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.
(Νταράκας Ε., 2014)

Εικόνα 3.6: Συστοιχίες λαμπτήρων UV για απολύμανση.
(Νταράκας Ε., 2014)

Παρά την αποτελεσματικότητα της μεθόδου και τα πλεονεκτήματα της δεν μπορούμε να αγνοήσουμε τα μειονεκτήματα της.

Πλεονεκτήματα απολύμανσης με υπεριώδη ακτινοβολία (UV):

- Αποτελεσματικότητα για πολλά είδη μικροοργανισμών
- Δεν επηρεάζει τον υδάτινο αποδέκτη
- Δεν υπάρχει τοξική υπολειμματική δράση
- Οικονομικός εξοπλισμός
- Ο εξοπλισμός δεν καταλαμβάνει πολύ χώρο

Μειονεκτήματα απολύμανσης με υπεριώδη ακτινοβολία (UV):

- Απουσία μετρήσιμης υπολειμματικής ποσότητας
- Πτώση απόδοσης λαμπτήρων
- Μικρή διάρκεια ζωής λαμπτήρων(Νταράκας Ε., 2014)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΜΙΚΡΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ

4.1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα συστήματα επεξεργασίας λυμάτων διαχωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες με κριτήριο, εφόσον οι διεργασίες που πραγματοποιούνται είναι παρόμοιες, τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιούνται (φυσικός ή συμβατικός) . Οι δύο κατηγορίες συστημάτων λοιπόν είναι οι εξής:

- ***Συμβατικά ή μηχανικά συστήματα επεξεργασίας***
- ***Φυσικά συστήματα επεξεργασίας***

Οι διεργασίες που πραγματοποιούνται και στις δύο αυτές κατηγορίες είναι παρόμοιες, ωστόσο τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας παρουσιάζουν ένα σύνολο πλεονεκτημάτων στα οποία υστερούν τα συμβατικά συστήματα επεξεργασίας.

Βασικό πλεονέκτημα των φυσικών συστημάτων είναι ότι για να καλύψουν τις ενεργειακές τους ανάγκες κάνουν χρήση μόνο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (αιολική, ηλιακή κ.λπ.), σε αντίθεση με τα συμβατικά συστήματα που χρησιμοποιούν συμβατικές πηγές ενέργειας τόσο για την κατασκευή όσο και για την λειτουργία τους. Επιπλέον τα φυσικά συστήματα δεν αποτελούνται από μηχανικά μέρη και κατά συνέπεια δεν έχουν μεγάλο κόστος κατασκευής, δεν απαιτούν εξειδικευμένο προσωπικό και το λειτουργικό τους κόστος είναι μηδενικό.

Όσον αφορά τα συμβατικά συστήματα λόγω των μηχανικών εγκαταστάσεων, απαιτούν κατάλληλα εκπαιδευμένο και εξειδικευμένο προσωπικό ενώ παράλληλα απαιτούν υψηλό κόστος τόσο για την κατασκευή τους όσο και για την λειτουργία τους. Επιπροσθέτως, πρέπει να σημειωθεί πως κατά την επεξεργασία λυμάτων σε ένα φυσικό σύστημα η παραγωγή παραπροϊόντων είναι μηδαμινή και δεν χρήζει επιπρόσθετης επεξεργασίας εν αντιθέσει με τα συμβατικά συστήματα που ποσότητες παραπροϊόντων δεν μπορούν να αγνοηθούν και απαιτούν περαιτέρω επεξεργασία.

Ολοκληρώνοντας την σύγκριση των δύο κατηγοριών συστημάτων πρέπει να αναφέρουμε πως οι διεργασίες στα συμβατικά συστήματα πραγματοποιούνται ταχύτερα από ότι στα φυσικά συστήματα λόγω των επιβαλλόμενων τεχνητών συνθηκών, ενώ δεν απαιτούν μεγάλες εκτάσεις για τις εγκαταστάσεις τους. (Τσιχριντζής Β., 2003)

4.2. ΣΥΜΒΑΤΙΚΆ – ΜΗΧΑΝΙΚΆ ΣΥΣΤΉΜΑΤΑ

Η κατασκευή συμβατικών συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων τόσο στις πόλεις όσο και στους απομακρυσμένους οικισμούς αποτελεί βασική προϋπόθεση για να επιτευχθεί η διαχείριση των λυμάτων. Η κατασκευή συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων εφαρμόστηκε αρχικά στις μεγάλες πόλεις, κατασκευάζοντας εκτεταμένα δίκτυα αποχέτευσης όπου μεταφέρονταν και συλλέγονταν τα απόβλητα, και ειδικές κεντρικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων όπου μετά την περισυλλογή τους υπόκεινται σε επεξεργασία. Την ίδια μέθοδο ακολούθησαν και για την κάλυψη των αναγκών, όσον αφορά την διαχείριση των λυμάτων, και σε πόλεις με λίγους κατοίκους ή απομακρυσμένους οικισμούς συνδέοντας τις περιοχές αυτές με ένα κεντρικό σύστημα επεξεργασίας αποβλήτων.

Σύντομα διαπιστώθηκε πως η σύνδεση των απομακρυσμένων περιοχών με τις κεντρικές εγκαταστάσεις δεν ήταν ιδιαίτερα συμφέρουσες καθώς απαιτούσαν μεγάλες εκτάσεις για την εγκατάσταση των μονάδων επεξεργασίας, ενώ είχαν υψηλό κόστος κατασκευής και συντήρησης με αποτέλεσμα με την πάροδο των χρόνων να παραμελούνται και να παύει η λειτουργία τους.

Έτσι έπειτα από την πρόοδο και την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών εφαρμόστηκε μία νέα μέθοδος κατά την οποία ένας αραιοκατοικημένος οικισμός είναι δυνατόν να εξυπηρετηθεί από πολλές επιμέρους μονάδες επεξεργασίας μικρού μεγέθους. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η προστασία του περιβάλλοντος και της δημόσιας υγείας, ενώ παράλληλα οι εγκαταστάσεις αυτές έχουν χαμηλό κόστος λειτουργίας και κατασκευής.

Τα συμβατικά συστήματα κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- ***Συστήματα ενεργού ιλύος***
- ***Συστήματα προχωρημένης επεξεργασίας***
- ***Βιολογικά φίλτρα***
- ***Περιστρεφόμενοι βιολογικοί δίσκοι***

4.2.1. Συστήματα ενεργού ιλύος & παραλλαγές τους

Τα συμβατικά συστήματα διακρίνονται σε τρείς κατηγορίες και είναι οι εξής:

- Συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος
- Σύστημα παρατεταμένου αερισμού
- Αντιδραστήρας ενεργού ιλύος ρευστοποιημένης κλίνης
- Αντιδραστήρας εναλλασσόμενων λειτουργιών
- Αντιδραστήρας αιωρούμενου βιοφίλμ

Στην συνέχεια του Κεφαλαίου θα αναλυθούν κάθε ένα από τα συστήματα ξεχωριστά με σκοπό την κατανόηση της λειτουργίας τους. Επίσης, θα πραγματοποιηθεί ανάλυση των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων που παρουσιάζει κάθε σύστημα σε στόχο την επιλογή του «καλύτερου» για την περίπτωση μας συμβατικού συστήματος.

4.2.1.1.Συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος

Το συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος χαρακτηρίζεται ως ένα από τα σπουδαιότερα συστήματα διότι η ευελιξία και προσαρμοστικότητα του σε πολλαπλές και διάφορων τύπων εφαρμογές του δίνει την δυνατότητα να χρησιμοποιείται ευρύτατα. Το συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος αποτελείται από τη μονάδα βιολογικής επεξεργασίας, τη μονάδα τελικής καθίζησης, τη διάταξη ανακυκλοφορίας της ιλύος και τη διάταξη απομάκρυνσης της περίσσειας ιλύος.

Ωστόσο, σύμφωνα με την εφαρμογή το συμβατικό σύστημα ενεργούς ιλύος έχει την δυνατότητα να περιλαμβάνει πρωτοβάθμια καθίζηση. Η εφαρμογή της πρωτοβάθμιας καθίζησης δεν μπορεί να θεωρηθεί απαραίτητη από λειτουργικής απόψεως. Όμως, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η χρήση της απομακρύνει σημαντικό μέρος των αιωρούμενων στερεών που περιέχονται στα λύματα, σε ποσοστό που κυμαίνεται από 40 - 70%. Επιπλέον, έχει την δυνατότητα να ελαττώνει σημαντικά το οργανικό φορτίο σε ποσοστό που κυμαίνεται στο 25 - 40% του BOD_5. Έτσι, με αυτή την εφαρμογή γίνεται χρήση μικρότερου όγκου βιολογικής επεξεργασίας δηλαδή της δεξαμενής αερισμού, αφού έχει δυνατότητα απομάκρυνσης οργανικού φορτίου σε αρκετά σημαντικό ποσοστό.

Στα συμβατικά συστήματα ενεργούς ιλύος εφαρμόζεται η πρωτοβάθμια καθίζηση όπου έχει και βασικό μειονέκτημα την παραγωγή μη σταθεροποιημένης πλεονάζουσας πρωτοβάθμιας λάσπης. Η χρήση της πρωτοβάθμιας καθίζησης γίνεται δεδομένου ότι η δευτεροβάθμια λάσπη δεν είναι επίσης σταθεροποιημένη και ως εκ τούτου απαιτείται, σε κάθε περίπτωση, η περαιτέρω επεξεργασία λάσπης. Συνήθως, σε συστήματα μικρών οικισμών, όπως αυτό που μελετάται στην παρούσα πτυχιακή εργασία, παραλείπεται η πρωτοβάθμια καθίζηση, κάνοντας απλούστερο το σύστημα.

Στη δεξαμενή αερισμού πραγματοποιείται η διεργασία της αερόβιας διάσπασης των οργανικών ενώσεων που περιέχουν τα λύματα. Τα λύματα εισερχόμενα στη δεξαμενή αερισμού, έρχονται σε επαφή με:

- ✓ Μίγμα μικροοργανισμών
- ✓ Οργανικών ενώσεων
- ✓ Ανόργανων ενώσεων

Οι σωματιδιακές οργανικές ενώσεις αρχικά υφίστανται υδρόλυση σε απλούστερες διαλυτές ενώσεις μικρού μοριακού βάρους και αυτό πραγματοποιείται μέσω της δράσης εξωκυτταρικών υδρολυτικών ενζύμων. Τα προϊόντα της υδρόλυσης εισέρχονται στα κύτταρα των ετεροτροφικών μικροοργανισμών μαζί με τις διαλυτές οργανικές ενώσεις των λυμάτων, όπου λαμβάνουν μέρος οι βιοχημικές διεργασίες που έχουν ως αποτέλεσμα την απομάκρυνσή τους από τα λύματα. Ο αερισμός, ήτοι η τροφοδοσία του απαιτούμενου οξυγόνου στο ανάμικτο υγρό, και παράλληλα η διατήρηση της αιώρησης, γίνεται συνήθως με τη χρήση φυσητήρων – διαχυτών (υποβρύχια διάχυση) ή επιφανειακών αεριστήρων.

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της ενεργού ιλύος είναι η παρουσία των βακτηρίων σε συσσωματώματα που ονομάζονται βιοκροκκίδες. Οι βιοκροκκίδες 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 ενεργού ιλύος ανακυκλοφορεί στην δεξαμενή αερισμού για την διατήρηση στο ανάμικτο υγρό της επιθυμητής συγκέντρωσης βιομάζας. Η ανακυκλοφορία αυτή αυξάνει το μέσο χρόνο παραμονής των μικροοργανισμών στο σύστημα και η πλεονάζουσα ιλύς απομακρύνεται από το σύστημα.

Το συμβατικό σύστημα της ενεργού ιλύος θεωρείται ότι είναι κατάλληλο για επεξεργασία αστικών λυμάτων χαμηλού ρυπαντικού φορτίου. Επίσης, είναι κατάλληλο σε σχετικά μικρές τιμές του χρόνου παραμονής των στερεών, σε περιοχές με τα κλιματολογικά δεδομένα της Ελλάδας. Όταν το κλίμα είναι «ιδανικό» οδηγεί στην μερική και σε ορισμένες περιπτώσεις στην πλήρη νιτροποίηση των λυμάτων, που μπορεί να προκαλέσει λειτουργικά προβλήματα λόγω ανύψωσης της ιλύος στη δεξαμενή τελικής καθίζησης. Για την αποφυγή του φαινομένου της ανύψωσης της ιλύος το μόνο δραστικό μέτρο είναι η προσθήκη ανοξικών αντιδραστήρων για την επίτευξη ελεγχόμενης απονιτροποίησης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της κατανάλωσης οξυγόνου, που αγγίζει το 50% της ποσότητας που χρειάζεται για τη νιτροποίηση και φυσικά επιτυγχάνεται η απομάκρυνση του αζώτου και η συμμόρφωση του αζώτου σύμφωνα με όρια της νομοθεσίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης για ευαίσθητες περιοχές.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχει η δυνατότητα να πραγματοποιηθεί η προσθήκη αναερόβιων αντιδραστήρων για την βιολογική απομάκρυνση του φωσφόρου. Αυτή η προσθήκη έχει σαν βασικό στόχο την απομάκρυνση φωσφόρου, όμως επιδρά με πολύ θετικό τρόπο στην αποτελεσματική καθίζηση της ιλύος, καθώς οι αντιδραστήρες δρουν ως δεξαμενές επιλογής μικροοργανισμών και περιορίζουν την ανάπτυξη μιας μεγάλης κατηγορίας νηματοειδών μικροοργανισμών που ευθύνονται για τα φαινόμενα διόγκωσης και κακής καθίζησης της ιλύος.

Γενικώς, εκτός των απαιτήσεων που μπορεί να θέτει ο αποδέκτης, η απομάκρυνση και των δύο θρεπτικών συστατικών όπως αζώτου και φωσφόρου δημιουργεί προϋποθέσεις για καλύτερη και σταθερότερη λειτουργία των εγκαταστάσεων επεξεργασίας. Η πρόσθετη δαπάνη για την απομάκρυνση των θρεπτικών αφορά το αρχικό κόστος κατασκευής και κυμαίνεται μεταξύ του 20-25% του συνολικού κόστους της εγκατάστασης. Για τις λειτουργικές δαπάνες και με δεδομένη την αναπόφευκτη σε κάθε περίπτωση νιτροποίηση, προκύπτει με την απομάκρυνση των θρεπτικών σημαντική μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων που είναι της τάξεως του 10%. Κάθε σύστημα έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Στην περίπτωση του συμβατικού συστήματος ενεργού ιλύος τα πλεονεκτήματα είναι τα κάτωθι:

- Σχετικά χαμηλή κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με αυτό του παρατεταμένου αερισμού.
- Υψηλό βαθμό απόδοσης ως προς την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου εκφρασμένου σε BOD_5.
- Συχνά επίτευξη πλήρους νιτροποίησης σε θερμά κλίματα (καλοκαίρι και φθινόπωρο στην Ελλάδα).
- Δυνατότητα βιολογικής απομάκρυνσης αζώτου και φωσφόρου.
- Απαιτεί μικρές σχετικά εκτάσεις (σε σχέση με την λύση του παρατεταμένου αερισμού).

Τα μειονεκτήματα του συμβατικού συστήματος ενεργού ιλύος είναι:

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

4.2.1.2. Σύστημα παρατεταμένου αερισμού

Το σύστημα παρατεταμένου αερισμού είναι ένα σύστημα ενεργού ιλύος που λειτουργεί σε υψηλές τιμές του χρόνου παραμονής των στερεών. Επίσης, συνιστάται για χαμηλή οργανική φόρτιση. Ο σχεδιασμός και η αρχή λειτουργίας του είναι πανομοιότυπος με εκείνον του συμβατικού συστήματος ενεργού ιλύος.

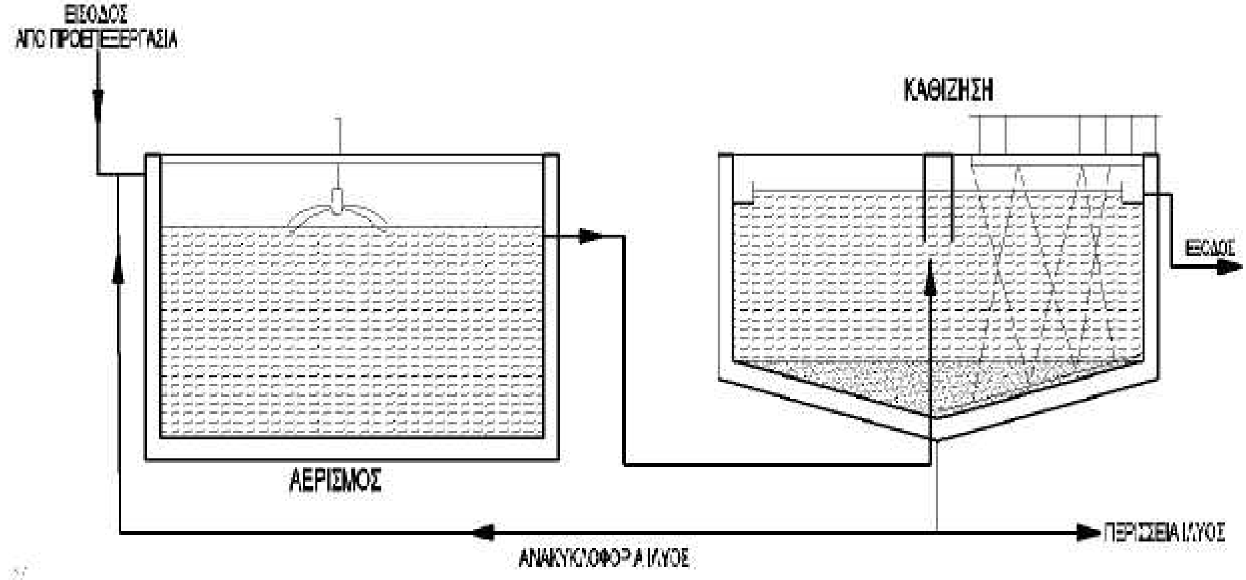
Κατά την εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου παρατηρείται μικρή παραγωγή περίσσειας ιλύος, η οποία είναι σχετικά σταθεροποιημένη, μειώνοντας έτσι σημαντικά τις ανάγκες για την περαιτέρω επεξεργασία της. Ωστόσο, απαραίτητη θεωρείται πριν την διάθεση της, η αφυδάτωσή της με σκοπό την μείωση του όγκου της και την εύκολη διαχείρισή της.

Το σύστημα παρατεταμένου αερισμού στην βασική του μορφή αποτελείται από τα εξής μέρη:

- ✓ Μονάδα βιολογικής επεξεργασίας
- ✓ Μονάδα τελικής καθίζησης βιολογικής επεξεργασίας
- ✓ Διάταξη ανακυκλοφορίας της ιλύος
- ✓ Διάταξη απομάκρυνσης της περίσσειας ιλύος.

Επιπλέον, τονίζεται ότι τέτοιου είδους συστήματα δεν συνδυάζονται συνήθως με δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης. Για μικρό μέγεθος έργου, τα συστήματα αυτά είναι προκατασκευασμένα, σαν ενιαίο σύνολο όπου οι επιμέρους μονάδες δηλαδή ο βιολογικός αντιδραστήρας, η δεξαμενή τελικής καθίζησης και η δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης χωρίζονται με κοινά τοιχώματα.

Ο αερισμός πραγματοποιείται είτε με σύστημα υποβρύχιας διάχυσης (φυσητήρες – διαχυτές), είτε με επιφανειακούς αεριστήρες. Η περίσσεια ιλύος είναι σταθεροποιημένη και απομακρύνεται, συνήθως για περαιτέρω απλή επεξεργασία (πάχυνση – αφυδάτωση). Ο μεγάλος χρόνος παραμονής έχει ως συνέπεια την νιτροποίηση των λυμάτων, ενώ με την ενσωμάτωση ανοξικής δεξαμενής μπορεί να επιτευχθεί και απονιτροποίηση. Η απαιτούμενη ανακυκλοφορία νιτροποιημένου υγρού στη μονάδα απονιτροποίησης επιτυγχάνεται με άντληση ανάμικτου υγρού από την έξοδο του αερισμού.



Σχήμα 4.1: Τυπική διάταξη σχήματος επεξεργασίας ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό. (Ανδρεαδάκης Α., 2012)

Ωστόσο, κάθε σύστημα έχει και κάποιες παραλλαγές που έχουν σκοπό να εξυπηρετήσουν κάποιες ανάγκες. Έτσι μια παραλλαγή του συστήματος παρατεταμένου αερισμού είναι η οξειδωτική τάφρος όπου ο βιολογικός αντιδραστήρας διαμορφώνεται από κλειστή τάφρο είτε ορθογωνική είτε τραπεζοειδούς διατομής. Για τον αερισμό και την ανάδευση του ανάμικτου υγρού χρησιμοποιούνται μηχανικοί αεριστήρες οριζόντιου άξονα ή κατακόρυφου άξονα με ειδικό σχεδιασμό, ώστε να επιτυγχάνεται η κυκλοφορία του ανάμικτου υγρού στην τάφρο με ικανή ταχύτητα και ταυτόχρονα ο αερισμός.

Σε αρκετές περιπτώσεις για την υποβοήθηση της κυκλοφορίας του ανάμικτου υγρού εντός της οξειδωτικής τάφρου χρησιμοποιούνται τα εξής:

- ✓ Επικουρικά των επιφανειακών αεριστήρων
- ✓ Αναδευτήρες
- ✓ Προωθητήρες ροής.

Εναλλακτικά είναι δυνατή η εφαρμογή συστήματος υποβρύχιας διάχυσης για τον αερισμό των λυμάτων, οπότε στην περίπτωση αυτή είναι υποχρεωτική η χρήση αναδευτήρων-προωθητήρων ροής για την εξασφάλιση της απαιτούμενης κυκλοφορίας του υγρού.

Με κατάλληλη ρύθμιση της λειτουργίας του συστήματος αερισμού μπορεί να επιτευχθεί η δημιουργία ανοξικών ζωνών μέσα στην οξειδωτική τάφρο για την απομάκρυνση του αζώτου με απονιτροποίηση. Το σύστημα του παρατεταμένου αερισμού εφαρμόζεται σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων ευρείας κλίμακας.

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει το σύστημα παρατεταμένου αερισμού είναι τα εξής:

- Υψηλός βαθμός απόδοσης ως προς την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου εκφρασμένου σε BOD_5.
- Δυνατότητα βιολογικής απομάκρυνσης αζώτου και φωσφόρου.
- Απλούστερο από το τυπικό σύστημα ενεργού ιλύος.
- Μεγάλη ευστάθεια στις μεταβολές του υδραυλικού και οργανικού φορτίου 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 εισαγωγής των ακατέργαστων λυμάτων στην δεξαμενή αερισμού χωρίς να παρεμβληθεί πρωτοβάθμια καθίζηση.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι:

- Υψηλό κατασκευαστικό και λειτουργικό κόστος.
- Υψηλή κατανάλωση ενέργειας.
- Απαίτηση εξειδικευμένου προσωπικού.
- Εμφάνιση λειτουργικών προβλημάτων που εντοπίζονται κυρίως στα φαινόμενα της νηματοειδούς διόγκωσης ιλύος και αφρισμού. (Ανδρεαδάκης Α., 2012)

4.2.1.3. Αντιδραστήρας ενεργού ιλύος ρευστοποιημένης κλίνης (αιωρούμενης βιομάζας)

Το σύστημα με αντιδραστήρα ενεργού ιλύος ρευστοποιημένης κλίνης αποτελεί παραλλαγή του τύπου ενεργού ιλύος. Το σύστημα αυτό, το χαρακτηρίζει η σταθερότητα της παραγόμενης ιλύος και η καλή απομάκρυνση των οργανικών.

Ο βιοαντιδραστήρας δέχεται υψηλής συγκέντρωσης σε βιομάζα που κυμαίνεται σε τιμές που αγγίζουν και τα 4.000mg/l. Η βιομάζα βρίσκεται σε αιώρηση και η διαύγαση των επεξεργασμένων λυμάτων γίνεται σε ενσωματωμένη διάταξη διαχωρισμού εντός της μονάδας της βιολογικής επεξεργασίας. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι σε τέτοιου τύπου συστήματα δεν απαιτείται η κατασκευή ανεξάρτητων δεξαμενών καθίζησης.

Οι διεργασίες που συντελούνται είναι οι κάτωθι:

- ✓ Οξείδωση του οργανικού φορτίου
- ✓ Νιτροποίηση
- ✓ Απονιτροποίηση των αζωτούχων ενώσεων.

Ο αντιδραστήρας είναι κατάλληλα διαμερισματοποιημένος σε χώρο αερισμού, χώρο αιωρούμενης βιομάζας (απονιτροποίησης - διαύγασης), και χώρο συλλογής της εκροής. Στο σύστημα αυτό, η απαιτούμενη ανακυκλοφορία νιτροποιημένου υγρού εξασφαλίζεται μέσω της συνεχούς ανακυκλοφορίας μεταξύ της ζώνης αερισμού και της ζώνης απονιτροποίησης και συνεπώς δεν απαιτείται η κατασκευή ανεξάρτητου αντλιοστασίου ανακυκλοφορίας νιτροποιημένου υγρού.

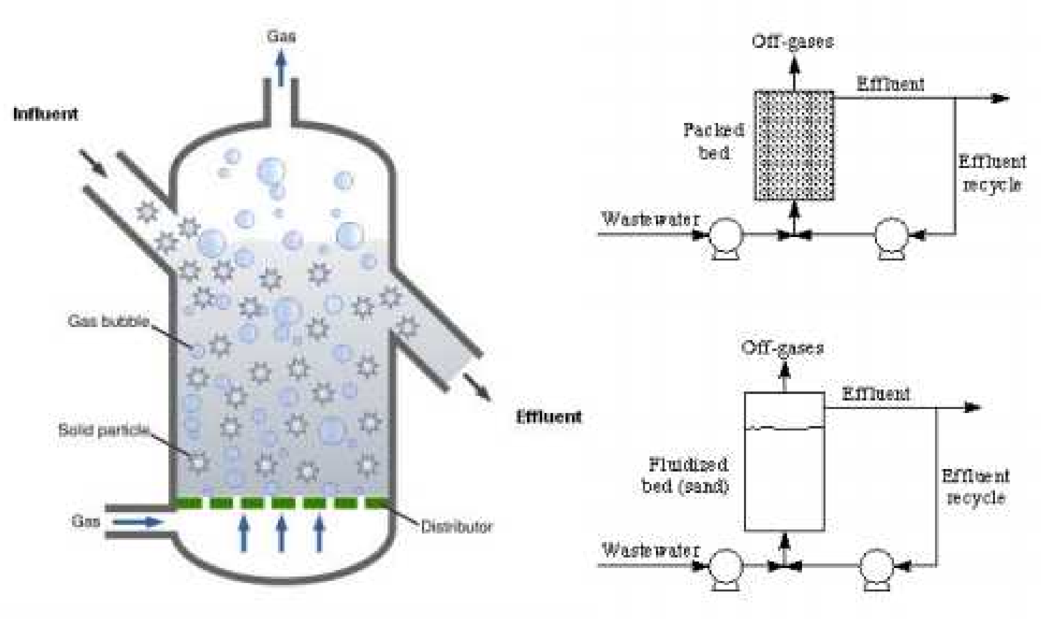
Η επαφή των λυμάτων και των μικροοργανισμών της ενεργού ιλύος μπορεί να θεωρηθεί ιδανική λόγω της μορφής της αιωρούμενης βιομάζας που επιτυγχάνεται μέσα στον αντιδραστήρα. Η βιομάζα είναι σαν ένα αιωρούμενο στρώμα, το οποίο παίζει και το ρόλο του φίλτρου με αποτέλεσμα να παρέχει εξαιρετική διαύγαση των επεξεργασμένων λυμάτων. Πριν την τροφοδοσία των λυμάτων στον βιολογικό αντιδραστήρα είναι δυνατόν να κατασκευαστεί δεξαμενή εξισορρόπησης των εισερχόμενων παροχών η οποία εξασφαλίζει το πλεονέκτημα της εξομάλυνσης της ροής σε περίπτωση μεγάλων διακυμάνσεων αλλά και της εξοικονόμησης της ενέργειας, διότι υπάρχει σταθερή κατανάλωση σε όλη την διάρκεια της ημέρας (24ωρο).

Τα λύματα οδηγούνται στην δεξαμενή αερισμού, όπου εισάγεται με διάχυση σε αντίθετη ροή με τα λύματα ο αέρας και αναμειγνύεται με την ενεργό ιλύ. Τονίζεται ότι στη ζώνη αυτή υπάρχουν έντονες συνθήκες ανάμιξης για την βελτιστοποίηση και μεγιστοποίηση της απόδοσης μεταφοράς του οξυγόνου στο μίγμα λυμάτων - ενεργού ιλύος. Το μείγμα, κατόπιν, οδηγείται στις δεξαμενές αιώρησης της βιομάζας. Στην δεξαμενή αερισμού υπάρχει ελεύθερη ζώνη απαερισμού, όπου η κατανάλωση οξυγόνου είναι μεγάλη, με σκοπό να εξασφαλίζεται η ανοξική συνθήκη στην ζώνη της βιομάζας και κατ’ επέκταση η απονιτροποίηση.

Ακόμα θα πρέπει να σημειωθεί ότι εντός της ζώνης βιομάζας υπάρχει μία κατάλληλη διαμόρφωση ώστε να γίνεται αποδοτικά ο διαχωρισμός των επεξεργασμένων λυμάτων (διαύγαση). Τα επεξεργασμένα λύματα εξέρχονται από αυτή, συγκεντρώνονται σε συλλέκτη και απομακρύνονται από το σύστημα απαλλαγμένα από στερεά. Η απομάκρυνση φωσφόρου γίνεται κατά ένα ποσοστό βιολογικά εντός του βιολογικού αντιδραστήρα και σε περίπτωση που απαιτείται υψηλού βαθμού απομάκρυνση φωσφόρου προστίθεται σύστημα χημικής κροκκίδωσης.

Συγκρίνοντας το σύστημα με αντιδραστήρα ενεργού ιλύος ρευστοποιημένης κλίνης με τα κλασσικά συστήματα της δεξαμενής καθίζησης παρατηρείται ότι η βιομάζα δεν απομακρύνεται από τον βιολογικό αντιδραστήρα αλλά παραμένει σε αιώρηση εξασφαλίζοντας έτσι συνεχείς και σταθερούς ρυθμούς βιολογικών διεργασιών και τελικά επιτυγχάνεται υψηλή απόδοση επεξεργασίας και μείωσης του οργανικού ρυπαντικού φορτίου με την ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας. Έτσι, δεν απαιτείται η κατασκευή ανεξάρτητου αντλιοστασίου ανακυκλοφορίας ιλύος.

Για να διατηρηθούν οι υδραυλικές συνθήκες σταθερές, δημιουργείται μια σταθερή ανακυκλοφορία μεταξύ της δεξαμενής αερισμού και των ζωνών της βιομάζας. Η ανακυκλοφορία αυτή εξασφαλίζει την διαδοχική νιτροποίηση – απονιτροποίηση, αναγκάζοντας τα λύματα να περνούν από αερόβιες σε ανοξικές συνθήκες και αντίστροφα.



Σχήμα 4.2: Αντιδραστήρες ενεργού ιλύος ρευστοποιημένης κλίνης.
(Παρασκάκη Α.,2013)

Το σύστημα σε σχέση με τα κλασσικά συστήματα, παρουσιάζει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Υψηλός βαθμός απόδοσης ως προς την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου εκφρασμένου σε BOD_5.
- Χαμηλή παραγωγή ιλύος.
- Απλούστερη λειτουργία με λιγότερες απαιτήσεις συντήρησης (απουσία δεξαμενών καθίζησης, αντλιοστασίου ανακυκλοφορίας ιλύος).
- Μικρότερη κατανάλωση ενέργειας.
- Μικρότερος απαιτούμενος όγκος λόγω της υψηλής συγκέντρωσης βιομάζας και μεγαλύτερης επιτρεπόμενης φόρτισης λειτουργίας.
- Μικρότερη απαιτούμενη επιφάνεια εγκατάστασης.

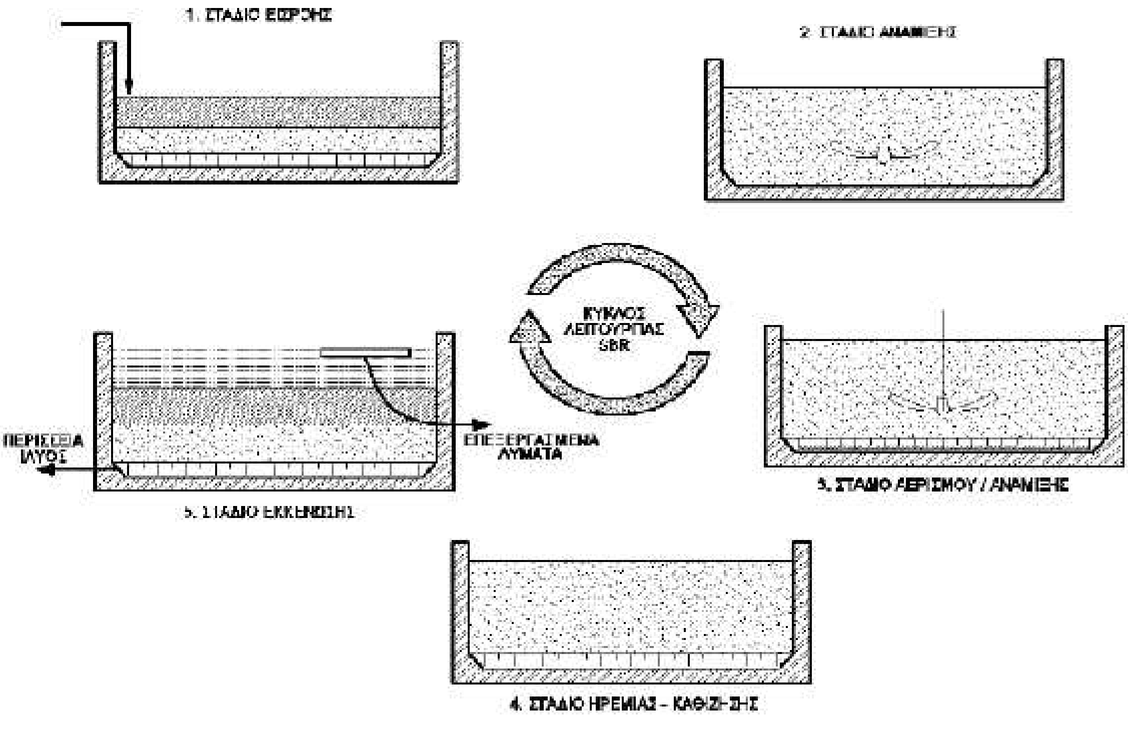
Στα αρνητικά του συγκεκριμένου συστήματος συγκαταλέγονται τα εξής:

- Το σύστημα για μεγάλο οργανικό φορτίο σε συνδυασμό με μεγάλη απαίτηση απόδοσης χάνει τα οικονομικά του πλεονεκτήματα.
- Ανάγκη ύπαρξης δεξαμενής εξισορρόπησης, λόγω μικρών χρόνων παραμονής, ήτοι έλλειψη ευελιξίας σε μεγάλες υδραυλικές διακυμάνσεις.
- Σε μεγάλους χρόνους παραμονής το σύστημα λειτουργεί μάλλον ως συμβατικό αφού η δεξαμενή αερισμού τείνει να λάβει τα χαρακτηριστικά της αντίστοιχης της ενεργού ιλύος, με διάσπαση τροφής και σύνθεση βιομάζας, ενώ και ο χώρος της ρευστοποιημένης κλίνης μετατρέπεται σε δεξαμενή αναερόβιας χώνευσης της ιλύος η οποία χάνει έτσι τις προσρροφητικές ιδιότητές της.
- Περιορισμένη σχετικά εφαρμογή.

4.2.1.4. Αντιδραστήρας εναλλασσόμενων λειτουργιών (SBR)

Το σύστημα με αντιδραστήρα εναλλασσόμενων λειτουργιών έχει την δυνατότητα να εφαρμοστεί σε μεγάλους οικισμούς. Ωστόσο, θεωρείται πολύ ελκυστική μέθοδος και για μικρότερους οικισμούς αφού το σύστημα χαρακτηρίζεται για την απλότητα του και την ικανότητά του να ανταποκρίνεται πολύ καλά στις μεγάλες διακυμάνσεις παροχών και ρυπαντικών φορτίων που χαρακτηρίζουν ιδιαίτερα τους μικρούς οικισμούς. Επίσης, ένα βασικό χαρακτηριστικό του συστήματος είναι ο συνδυασμός σε κοινή δεξαμενή των λειτουργιών του βιολογικού αντιδραστήρα ενεργού ιλύος και της δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης.

Η βασική διαφοροποίηση του αντιδραστήρα SBR από ένα συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος έγκειται στο γεγονός ότι στον αντιδραστήρα SBR η διακριτοποίηση των βιοχημικών αντιδράσεων και της φυσικής διεργασίας της καθίζησης δεν είναι χωρική όπως στο σύστημα ενεργού ιλύος αλλά χρονική.



Σχήμα 4.3: Κύκλος λειτουργίας συστήματος SBR.
(Ανδρεαδάκης Α., 2012)

Ένας πλήρης κύκλος λειτουργίας ενός συστήματος SBR αποτελείται από τέσσερις διαδοχικές Φάσεις.

- ***Φάση Ι → Φάση εισροής***

Στην φάση εισροής εισέρχονται τα προς επεξεργασία λύματα στη δεξαμενή. Επίσης, σε αυτή την φάση υπάρχει η δυνατότητα να συνδυαστεί και η πραγματοποίηση βιοχημικών διεργασιών. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί στην περίπτωση κατά την οποία τεθεί σε λειτουργία είτε το σύστημα ανάμιξης με σκοπό την αποκατάσταση ανοξικών συνθηκών, είτε το σύστημα αερισμού με σκοπό την αποκατάσταση αερόβιων συνθηκών της δεξαμενής.

- ***Φάση I I→ Φάση αντιδράσεων***

Κατά την διάρκεια της φάσης αντιδράσεων πραγματοποιούνται εναλλακτικά, ανάλογα φυσικά με τις απαιτήσεις επεξεργασίας, αναερόβιες, ανοξικές και αερόβιες διεργασίες με ενεργοποίηση και απενεργοποίηση των διατάξεων ανάμιξης και αερισμού.

- ***Φάση III→ Καθίζηση***

Μετά το πέρας της φάσης των αντιδράσεων, απενεργοποιείται είτε το σύστημα ανάμιξης είτε το σύστημα αερισμού για την επίτευξη συνθηκών ηρεμίας και καθίζηση των καθιζήσιμων στερεών στον πυθμένα της δεξαμενής.

- ***Φάση IV→ Φάση εκκένωσης***

Η φάση εκκένωσης αποτελεί και την τελευταία φάση κατά την οποία 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. 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.

Πειραματικές μελέτες έχουν αποδείξει ότι για την καθίζηση της ιλύος τα συστήματα SBR είναι κατά κανόνα τα πιο ικανοποιητικά συστήματα. Τα συστήματα αυτά παρουσιάζουν συγκεντρώσεις στερεών της τάξεως των 10.000 mg/l. Για την αποφυγή προβλημάτων νηματοειδούς διόγκωσης, συνίσταται η φάση εισροής των λυμάτων να είναι περιορισμένης διάρκειας.

Σε περιπτώσεις μικρών οικισμών θα πρέπει να επιδιώκεται να είναι η ιλύς αερόβια σταθεροποιημένη. Το σύστημα χαρακτηρίζεται από υψηλό βαθμό απομάκρυνσης του οργανικού φορτίου, ο οποίος μπορεί να ξεπεράσει και το 95%. Ο βαθμός απομάκρυνσης αζώτου και φωσφόρου εξαρτάται από τις εναλλαγές των επιμέρους φάσεων αντιδράσεων, εισροής και λοιπών λειτουργιών. Η σχετική εμπειρία είναι περιορισμένη αλλά φαίνεται ότι δεν είναι δύσκολο να επιτυγχάνονται μέσες απομειώσεις της τάξης του 70-80%.

Για τον αερισμό χρησιμοποιούνται είτε διαχυτές αέρα, είτε επιπλέοντες μηχανικοί αεριστήρες. Για την παρεμπόδιση εισόδου αφρών στο σύστημα εκκένωσης, το στόμιο ή ο υπερχειλιστής εκροής περιβάλλονται από κατάλληλο διάφραγμα. Κατά τη διάρκεια της απομάκρυνσης των επεξεργασμένων λυμάτων μπορεί να συντελείται και η απομάκρυνση της περίσσειας ιλύος, σε ποσότητες που εξασφαλίζουν την επιθυμητή τιμή ηλικίας λάσπης και την σταθεροποίησή της ώστε να είναι δυνατή η απλή διαχείρισή της.

Τα κύρια πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι:

- Υψηλός βαθμός απόδοσης ως προς την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου εκφρασμένου σε BOD_5.
- Ικανοποιητική απομάκρυνση αζώτου και δυνατότητα απομάκρυνσης φωσφόρου.
- Μικρή απαιτούμενη έκταση εγκατάστασης.
- Σχετική απλότητα του συστήματος. Απουσιάζουν δεξαμενές καθίζησης, αγωγοί διακίνησης λυμάτων και ανακυκλοφορίας και το αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας.

- Απαίτηση για ελάχιστη απασχόληση προσωπικού, διότι η κατά φάσεις λειτουργία εύκολα αυτοματοποιείται.
- Το σύστημα ελάχιστα επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της εισρέουσας παροχής και ρυπαντικών φορτίων.
- Λειτουργική ευελιξία του συστήματος.
- Τα προβλήματα διόγκωσης της ιλύος που συχνά ταλαιπωρούν τα τυπικά συστήματα ενεργού ιλύος είναι εδώ σχεδόν ανύπαρκτα και σε κάθε περίπτωση ευκόλως ελεγχόμενα.

Τα κύρια μειονεκτήματα της μεθόδου του αντιδραστήρα εναλλασσόμενων λειτουργιών είναι:

- Υψηλό κατασκευαστικό και λειτουργικό κόστος, αλλά εν γένει χαμηλότερο από τα συμβατικά συστήματα ενεργού ιλύος και παρατεταμένου αερισμού.
- Υψηλή ενεργειακή κατανάλωση.
- Απαίτηση εξιδεικευμένου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και συστημάτων αυτοματισμού.
- Αναγκαιότητα κατασκευής δεξαμενής εξισορρόπησης. (Ανδρεαδάκης Α., 2012)

4.2.1.5. Αντιδραστήρας αιωρούμενου βιοφίλμ (Moving Bed Bio-Reactor, MBBR)

Η μέθοδος επεξεργασίας MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor) αποτελεί μια δοκιμασμένη και αποτελεσματική τεχνολογία για τη βιολογική επεξεργασία των λυμάτων. Στα τέλη της δεκαετίας του 1980 εμφανίζεται αυτή η νέα τεχνολογία και σε σύντομο χρονικό διάστημα πραγματοποιούνται εφαρμογές σε πολλές χώρες του κόσμου. Η μέθοδος Moving Bed Biofilm Reactor θεωρείται από τα πιο σύγχρονα σύστηματα επεξεργασίας λυμάτων με συνεχώς αυξανόμενες εφαρμογές και βελτιώσεις συστήματος.

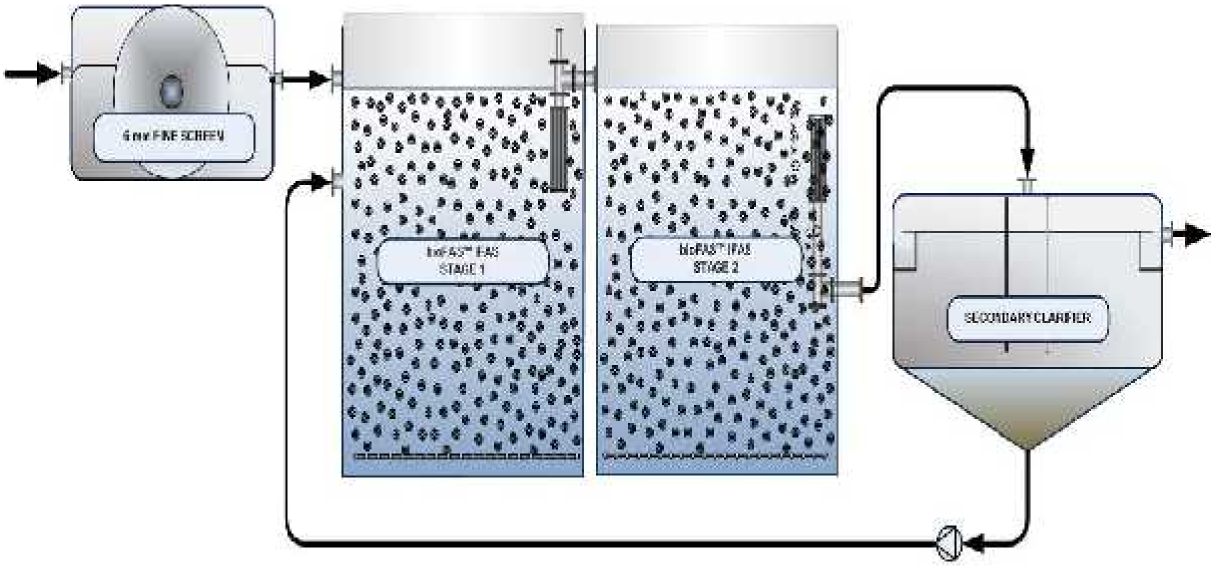
Η βιολογική επεξεργασία πραγματοποιείται στο υπό αιώρηση ανάμικτο υγρό, αλλά κυρίως στο βιοφίλμ που αναπτύσσεται στο ειδικό υλικό (βιοφορείς) με το οποίο πληρώνεται ο βιολογικός αντιδραστήρας. Το σύστημα MBBR συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των συστημάτων προσκολλημένης βιομάζας με αυτά των συστημάτων αιωρούμενης βιομάζας. Συγκεκριμένα, δεν απαιτεί ανακυκλοφορία της ιλύος, ενώ χρησιμοποιεί το σύνολο του όγκου του βιολογικού αντιδραστήρα.

Εικόνα 4.1:Τυπική διάταξη συστήματος αερισμού μεγάλων αντιδραστηρίων τύπου MBBR. (Ανδρεαδάκης Α., 2012)

Το σύστημα MBBR εμφανίζει χαμηλή παραγωγή ιλύος, καθώς το μεγαλύτερο μέρος του μικροβιακού πληθυσμού αναπτύσσεται στο πληρωτικό υλικό και όχι στο ανάμικτο υγρό. Η κατανάλωση ενέργειας είναι μειωμένη σε σύγκριση με τα συμβατικά συστήματα ενεργού ιλύος λόγω των υψηλών ρυθμών αντίδρασης και της απουσίας ανακυκλοφορίας της ιλύος. Ακόμα, ο απαιτούμενος όγκος των βιολογικών αντιδραστήρων είναι πολύ περιορισμένος σε σύγκριση με τα συστήματα ενεργού ιλύος, λόγω της μεγάλης ειδικής επιφάνειας που εξασφαλίζεται από το προστιθέμενο πληρωτικό υλικό.

Τέλος, το σύστημα MBBR μπορεί να ανταπεξέλθει σε απότομες αυξομειώσεις του υδραυλικού φορτίου με την κατάλληλη προσθήκη πληρωτικού υλικού και παρουσιάζει μεγάλη ευελιξία σε τυχόν αυξανόμενες απαιτήσεις δυναμικότητας με την αύξηση του ποσοστού πλήρωσης της δεξαμενής.

Η μέθοδος βιολογικής επεξεργασίας MBBR είναι ευέλικτη και μπορεί να συνδυαστεί πολύ καλά με την δόκιμη μέθοδο της ανακυκλοφορίας ενεργού ιλύος και να δημιουργηθεί μια σταθερή και αποδοτική διεργασία που είναι γνωστή ως MBBR-IFAS (Moving Bed Biofilm Reactor) - (Integrated Fixed-Film Activated Sludge), η οποία έχει ακόμη υψηλότερο βαθμό απόδοσης και σημαντικά καλύτερη ποιότητα εκροής καθώς βελτιώνεται σημαντικά η καθιζησιμότητα της περίσσειας ιλύος.



Σχήμα 4.4: Διεργασία Moving Bed Biofilm Reactor - Integrated Fixed-Film Activated Sludge. [8]

Στην τεχνολογία αυτή οι δεξαμενές βιολογικών διεργασιών γεμίζονται με ειδικό πληρωτικό υλικό που παίζει τον ρόλο του φορέα ανάπτυξης της βιομάζας (βιοφορείς). Το πληρωτικό υλικό κινείται μαζί με τα λύματα μέσα στον αντιδραστήρα. Η κίνηση προκαλείται από το σύστημα αερισμού στους αερόβιους αντιδραστήρες και από κατάλληλη ανάδευση στους ανοξικούς αντιδραστήρες.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το πληρωτικό υλικό είναι είτε πολυαιθυλένιο, είτε πολυπροπυλένιο με πυκνότητα ελαφρά μικρότερη αυτής του νερού και σε σχήμα μικρών κυλίνδρων ή δίσκων που έχουν διάμετρο μεταξύ των 9 - 64 mm. Ανάλογα με την εφαρμογή η ενεργή επιφάνεια επαφής μπορεί να φτάσει και τα 500 m^2/m^3.

Ο ρυθμός πλήρωσης των βιοφορέων στον αντιδραστήρα έχει την δυνατότητα να κυμαίνεται από 10% έως 65%, ανάλογα την εφαρμογή. Οι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται στους βιοφορείς σε βιοφίλμ. Στο βιοφίλμ, οι μικροοργανισμοί είναι καλά προστατευμένοι, πράγμα που καθιστά τη διεργασία ανεκτική στις μεταβολές και διαταράξεις ακόμη και σε ακραία φορτία. Με τους αιωρούμενους βιοφορείς, το σύστημα γίνεται πολύ συμπαγές, καθώς οι μικροοργανισμοί στο βιοφίλμ είναι πολύ αποδοτικοί. Η ενεργή βιομάζα που αναπτύσσεται είναι αυτορυθμιζόμενη και εξαρτάται από το εισερχόμενο φορτίο και τον υδραυλικό χρόνο παραμονής. Καθώς οι βιοφορείς βρίσκονται σε συνεχή κίνηση, η διεργασία δεν επηρεάζεται από τα εισερχόμενα αιωρούμενα σωματίδια.

Για την επιβίωση των μικροοργανισμών και τις βιολογικές διεργασίες που θα πρέπει να πραγματοποιηθούν θα πρέπει να υπάρχει και η κατάλληλη ποσότητα οξυγόνου. Έτσι παρέχεται στο σύστημα το απαιτούμενο οξυγόνο με την βοήθεια κατάλληλου συστήματος αερισμού που είναι τοποθετημένο στον πυθμένα του αερόβιου αντιδραστήρα. Και σε αυτή την περίπτωση πρωτεύοντα ρόλο έχει η διάχυση των συστατικών του οργανικού υποστρώματος προς το βιολογικό στρώμα ή διαφορετικά το βιολογικό «φιλμ». Το βιολογικό «φιλμ» θα πρέπει να είναι λεπτό και κατά το δυνατόν ομοιόμορφα κατανεμημένο στην επιφάνεια του φορέα.

Εικόνα 4.2:Τυπική διάταξη κοσκίνισης – καθίζησης – αερισμού μονάδων με μέθοδο MBBR-IFAS. (Ανδρεαδάκης Α., 2012)

Για την επίτευξη των προαναφερόμενων προδιαγραφών, απαιτείται η διατήρηση έντονων συνθηκών τυρβώδους ροής εντός της δεξαμενής ώστε αφενός να ενισχύεται η μεταφορά των συστατικών στο βιολογικό «φιλμ», αφετέρου να διατηρείται ένα λεπτό στρώμα βιολογικού στρώματος στον φορέα, οι οποίες επιτυγχάνονται ως επί τω πλείστον με την εφαρμογή συστημάτων διάχυσης μεσαίας ή χονδρής φυσαλίδας.

Το πληρωτικό υλικό θα πρέπει να βρίσκεται μέσα στον αντιδραστήρα. Για την επίτευξη αυτού χρησιμοποιείται μια κατάλληλη διάταξη κοσκίνισης που τοποθετείται στην έξοδο κάθε αντιδραστήρα. Η ανάδευση ρυθμίζεται ώστε οι βιοφορείς να κινούνται συνεχώς προς τα πάνω, προς την επιφάνεια της διάταξης κοσκίνισης. Αυτό εμποδίζει την έμφραξη της συσκευής κοσκίνισης. Τόσο το σύστημα αερισμού όσο και οι διατάξεις κοσκίνισης είναι ειδικά σχεδιασμένα ώστε να ταιριάζουν με το επιλεγμένο πληρωτικό υλικό.

Η περίσσεια ιλύς, η οποία συνίσταται στην αποκολλημένη από τους βιοφορείς βιομάζα, παρακάμπτει τις διατάξεις κοσκίνισης της εκροής και εισέρχεται στη μονάδα καθίζησης. Λόγω της μικρής απαίτησης ωφέλιμου όγκου από τα συστήματα αυτά, ο χρόνος παραμονής ενδεικτικά κυμαίνεται σε συγκριτικά χαμηλά επίπεδα της τάξης των 15-90 min, εξαρτώμενος πάντα από το οργανικό και λοιπό ρυπαντικό φορτίο των εισερχομένων υγρών αποβλήτων.

Τέλος, οι τιμές της οργανικής φόρτισης για το σχεδιασμό του συστήματος ενδεικτικά κυμαίνονται μεταξύ 7 – 10 $gBOD_5/m^2d$ για θερμοκρασία 10^oC.

Εικόνα 4.3: Διάφορα είδη πληρωτικών υλικών.
(Παρασκάκη Α.,2013)

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την εφαρμογή ενός συστήματος MBBR είναι τα κάτωθι:

- Συμπαγής διάταξη: Μικρή απαιτούμενη έκταση εγκατάστασης, χαμηλή σχετικά δαπάνη επένδυσης.
- 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.
- Άλλα πλεονεκτήματα του συστήματος: 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 του αντιδραστήρα MBBR είναι:

- Η καθίζηση απαιτεί χρήση κροκκιδωτικού για καλύτερα αποτελέσματα εκροής αναφορικά με την απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών. Στις περιπτώσεις όπου η χρήση χημικών δεν είναι θεμιτή χρησιμοποιείται η παραλλαγή του MBBR-IFAS με πολύ καλά αποτελέσματα.
- Υψηλό σχετικά κόστος κατασκευής

- Αναγκαιότητα κατασκευής δεξαμενής εξισορρόπησης.
- Περιορισμένη εφαρμογή δεδομένου ότι αποτελεί σχετικά σύγχρονη τεχνολογία. (Ανδρεαδάκης Α., 2012)

4.2.2. Συστήματα προχωρημένης επεξεργασίας

Τα συστήματα προχωρημένης επεξεργασίας διαχωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες συστημάτων:

- *Σύστημα Βιοαντιδραστήρων με Μεμβράνες*
- *Σύστημα συνδυασμού αιωρούμενου βιοφίλμ και βυθισμένων μεμβρανών υπερδιήθησης*
- *Συνδυασμός συστημάτων βιολογικής και τριτοβάθμιας επεξεργασίας*

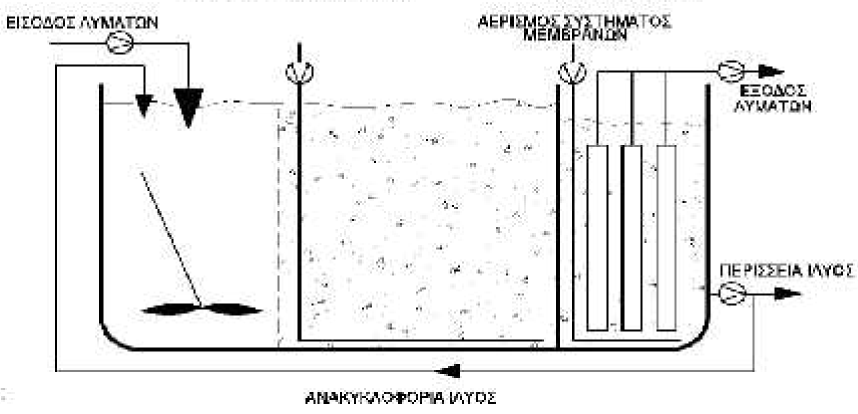
4.2.2.1. Σύστημα Βιοαντιδραστήρων με Μεμβράνες (Membrane Bioreactor MBR)

Το Σύστημα Βιοαντιδραστήρων με Μεμβράνες (MBR) είναι ουσιαστικά από τα πιο πρόσφατα συστήματα στον τομέα της Επεξεργασίας Λυμάτων. Η μέθοδος MBR συνδυάζει την μέθοδο της ενεργού ιλύος με την διήθηση και κατά επέκταση καταργεί την χρήση δεξαμενών τελικής καθίζησης.

Τα βασικά χαρακτηριστικά της μεθόδου MBR είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Συγκεντρώσεις ανάμικτου υγρού 10-20 kg/m^3.
- ✓ Διαμόρφωση ηλικίας λάσπης 30-60 ημέρες.
- ✓ Χρήση μεμβρανών με πόρους 0.01-1 μm.
- ✓ Ανακυκλοφορία ενεργού ιλύος με ρυθμό 5Q (όπου Q η παροχή σχεδιασμού).

Η χρήση της μεθόδου MBR οδηγεί σε πλήρη διάσπαση της οργανικής ύλης και της νιτροποίησης στο διάστημα των τριών ημερών, λόγω της υψηλής συγκέντρωσης της βιομάζας στον βιολογικό αντιδραστήρα. Το σύστημα λειτουργεί είτε με εμβαπτιζόμενες μεμβράνες στον βιοαντιδραστήρα (sMBR) είτε με εξωτερικές μεμβράνες (side-stream MBR).



Σχήμα 4.5: Σχηματική απεικόνιση διάταξης MBR. (Ανδρεαδάκης Α., 2012)

Οι μεμβράνες ωστόσο αντιμετωπίζουν προβλήματα έμφραξης τα οποία είναι αναγκαίο να αντιμετωπίζονται καθώς μπορεί να οδηγήσουν την εγκατάσταση σε αστοχία. Ο αερισμός και η μικροεσχάρωση είναι δύο παράγοντες που μπορούν να βελτιώσουν την ποιότητα των μεμβρανών έτσι ώστε να αποφευχθεί η έμφραξή τους. Απαραίτητος είναι και ο καθαρισμός τους ο οποίος επιτυγχάνεται συνήθως μέσω του αερισμού ή με αντίστροφη έκπλυση και κατά τακτά χρονικά διαστήματα με χρήση χημικών διαλυμάτων.

Ο μέσος χρόνος ζωής των μεμβρανών εξαρτάται από την ποιότητα των λυμάτων που εισέρχονται στο σύστημα, την ποιότητα της μεμβράνης και την μέθοδο που θα χρησιμοποιηθεί για την προεπεξεργασία τους. Ο αναμενόμενος μέσος όρος ζωής των μεμβρανών κυμαίνεται από 3-10 χρόνια.

Παρόλο που το κόστος λειτουργίας ενός συστήματος MBR είναι 5-10% υψηλότερο συγκριτικά με μίας μονάδας ενεργού ιλύος, το κόστος κατασκευής τους είναι σχεδόν ισότιμο.

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου MBR είναι τα εξής:

- Εκροή υψηλής ποιότητας (απόδοση ως προς την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου εκφρασμένου σε BOD_5>95%).
- Μηδενικά προβλήματα καθίζησης της ιλύος.
- Μειωμένες απαιτήσεις του συστήματος σε όγκο.
- Λειτουργεί άριστα και ως αποκεντρωμένο σύστημα επεξεργασίας λυμάτων με μεγάλη ευεξία 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 MBR είναι τα ακόλουθα:

- Υψηλό πάγιο κόστος των μεμβρανών.
- Αυξημένο λειτουργικό κόστος (λόγω της απαίτησης αντικατάστασης των μεμβρανών μετά από κάποιο χρόνο λειτουργίας).
- Περιορισμένη εφαρμογή (σχετικά σύγχρονη τεχνολογία).
- Απαίτηση λεπτοεσχάρωσης ανάντη των μεμβρανών για την αποφυγή προβλημάτων έμφραξης.
- Ανάγκη ύπαρξης δεξαμενής εξισορρόπησης.

4.2.2.2. Σύστημα συνδυασμού αιωρούμενου βιοφίλμ και βυθισμένων μεμβρανών υπερδιήθησης (Moving Bed Membrane Reactor, MBMR)

Το σύστημα συνδυασμού αιωρούμενου βιοφίλμ και βυθισμένων μεμβρανών υπερδιήθησης βασίζεται στην εφαρμογή της μεθόδου MBR που ήδη περιγράφηκε. Η βασική διαφορά των μεθόδων είναι η μέθοδος διαχωρισμού των στερεών η οποία πραγματοποιείται με την εφαρμογή βυθισμένων μεμβρανών υπερδιήθησης.

Το κυριότερο πλεονέκτημα του συστήματος MBMR, εκτός των τυπικών συστημάτων των βιοαντιδραστήρων αιωρούμενων βιοφορέων, είναι η παραγωγή κατάλληλης εκροής, αφού υποστεί απολύμανση, για εφαρμογές άρδευσης χωρίς περιορισμούς ή εμπλουτισμού υπογείων υδροφορέων.

4.2.2.3.Συνδυασμός συστημάτων βιολογικής και τριτοβάθμιας επεξεργασίας

Η βελτίωση της επεξεργασίας λυμάτων μπορεί να επιτευχθεί εάν συνδυαστεί η λειτουργία ενός συμβατικού συστήματος επεξεργασίας και μία τριτοβάθμια επεξεργασία για περαιτέρω απομάκρυνση του φορτίου. Η τριτοβάθμια επεξεργασία μπορεί να πραγματοποιηθεί με:

- ✓ Συμβατικά συστήματα διήθησης
- ✓ Σύστημα υπερδιήθησης

❖ *Συμβατικά συστήματα διήθησης*

Η διήθηση αποτελεί ένα από τα στάδια επεξεργασίας λυμάτων το οποίο έχει ως στόχο την απομάκρυνση των κολλοειδών αιωρούμενων στερεών. Εάν τα λύματα έχουν υποστεί προεπεξεργασία, τότε το ποσοστό απομάκρυνσης του οργανικού φορτίου ανέρχεται στο 50-70% ενώ το ποσοστό απομάκρυνσης των αιωρούμενων στερεών ανέρχεται στο 80-90%.

Για την αποτελεσματική διεξαγωγή της διαδικασίας της διήθησης, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η προεπεξεργασία των λυμάτων μέσω της διαδικασίας της κροκκίδωσης. Είναι αναγκαία αυτή η προεπεξεργασία διότι το μέγεθος των πόρων ενός τυπικού φίλτρου είναι 0.1-0.6 mm ενώ τα τυπικά μεγέθη για τα αιωρούμενα στερεά είναι τα 50 μm, τα βακτήρια 5 μm, τους ιούς 0.05 μm και για τα κολλοειδή από 0.001-1 μm. Όπως συμπεραίνουμε από αυτά τα μεγέθη το ποσοστό συγκράτησης θα είναι μηδαμινό.

Για την παραγωγή υψηλής ποιότητας λυμάτων εναλλακτικά μπορούν να πραγματοποιηθούν οι ακόλουθες διεργασίες:

- Πλήρες σύστημα τριτοβάθμιας επεξεργασίας (full-treatment process): το σύστημα περιλαμβάνει προσθήκη χημικών, κροκκίδωση, καθίζηση και διήθηση. Αυτό το σύστημα αντικαταστάθηκε από τα δύο ακόλουθα σχήματα επεξεργασίας λόγω του υψηλού κόστους του.
- Απευθείας διήθηση (direct filtration): το σχήμα αυτό περιλαμβάνει την προσθήκη χημικών, την κροκκίδωση και την διήθηση.
- Διήθηση επαφής: είναι παρόμοια με την απευθείας διήθηση, ενώ η διαφορά μεταξύ τους είναι ότι δεν απαιτεί δεξαμενή κροκκίδωσης.

Τα συστήματα διήθησης ανάλογα με το μέσο διήθησης που εφαρμόζουν διακρίνονται είτε σε φίλτρα άμμου, είτε περιστρεφόμενα μηχανικά φίλτρα. Αναλυτικότερα ισχύουν τα εξής:

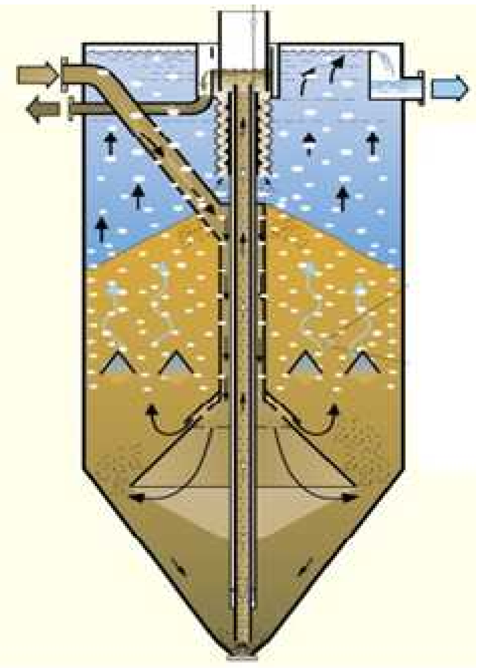
- *Φίλτρα άμμου*

Στην περίπτωση των φίλτρων άμμου, διηθητικό μέσο είναι η χαλαζιακή άμμος. Η διαδικασία βασίζεται στην διέλευση των υγρών μέσα από την χαλαζιακή άμμο κατά την οποία τα αιωρούμενα στερεά συγκρατούνται στην επιφάνεια. Με αυτόν τον τρόπο το νερό εξάγεται φιλτραρισμένο.

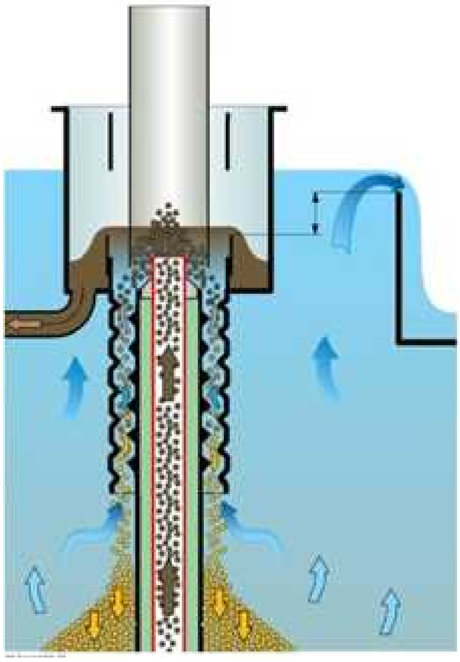
Τα φίλτρα άμμου διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- ▪ Συστήματα ρηχής κλίνης-καθοδικής ροής
- ▪ Συστήματα βαθιάς κλίνης-ανοδικής ροής

Τα συστήματα ρηχής κλίνης έχουν ύψος κλίνης άμμου κυμαινόμενο ανάμεσα σε 0.30-0.50 m. Κατά την διεργασία της πλύσης η οποία είναι αναγκαία για να αποφευχθεί η έμφραξη των φίλτρων, η λειτουργία των συστημάτων ρηχής κλίνης διακόπτεται. Για αυτό τον λόγο σε αυτά τα συστήματα προτείνεται κατασκευή ικανού αριθμού παράλληλων μονάδων οι οποίες θα συνεχίζουν να επεξεργάζονται τα εισερχόμενα υγρά. Γενικά η απόδοση τους είναι χαμηλότερη συγκριτικά με τα συστήματα βαθιάς κλίνης-ανοδικής ροής.



Σχήμα 4.6.a: Συστήματα βαθιάς κλίνης-ανοδικής ροής. [9]



Σχήμα 4.6.b: Συστήματα ρηχής κλίνης-καθοδικής ροής. [9]

Τα συστήματα βαθιάς κλίνης-ανοδικής ροής έχουν ύψος κλίνης που κυμαίνεται από 1.40-2.0 m. Η μέθοδος αυτή είναι ευρέως διαδεδομένη λόγω της ικανότητας της να παραμένει σε λειτουργία κατά την διάρκεια της έκπλυσης.

Η τεχνολογία των συστημάτων βαθιάς κλίνης-ανοδικής ροής παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Η πλύση των φίλτρων πραγματοποιείται συνεχώς και δεν απαιτεί την ενεργοποίηση συστήματος αυτοματισμού.
- Δεν υπάρχουν κινούμενα μέρη.
- Είναι κατάλληλο όταν έχουμε τροφοδότηση υγρού με μεγάλη περιεκτικότητα σε αιωρούμενα στερεά, όπως στην προκειμένη περίπτωση όπου έχουμε μεγάλη ποσότητα στερεών και χημικής λάσπης.
- Δεν υπάρχουν ακροφύσια ψεκασμού του νερού τα οποία συχνά φράσσονται από τις ακαθαρσίες ή και φθείρονται από μηχανικές καταπονήσεις.
- Απαιτούν ελάχιστη επίβλεψη λειτουργίας και συντήρηση.
- Έχουν πολύ μικρή κατανάλωση ενέργειας.
- Παρουσιάζουν το μεγάλο πλεονέκτημα της κροκκίδωσης εντός του όγκου της κλίνης της άμμου και συνεπώς δεν απαιτείται μονάδα κροκκίδωσης ανάντη της μονάδας φίλτρανσης.

Οι δεξαμενές στις οποίες συστοιχίζονται τα φίλτρα είναι κατασκευασμένες από οπλισμένο σκυρόδεμα. Για την ομοιόμορφη κατανομή των υγρών στο εσωτερικό της κλίνης χρησιμοποιείται ένας διανομέας. Η ροή πραγματοποιείται από κάτω προς τα πάνω.

Τα υγρά ανέρχονται διαμέσου της κλίνης άμμου, η οποία κινείται καθοδικά και το επεξεργασμένο νερό απομακρύνεται από το φίλτρο μέσω συστήματος συλλογής στην κορυφή του. Η ακάθαρτη άμμος ανέρχεται με την βοήθεια αεραντλίας από τον πυθμένα στο ανώτερο σημείο του φίλτρου, μέσα στο χώρο πλύσης της άμμου όπου κατόπιν πέφτει και ξεπλένεται από το διηθημένο νερό, το οποίο κινείται κατά την αντίθετη φορά από την επίδραση της διαφοράς της στάθμης μεταξύ του υπερχειλίζοντος διηθημένου νερού στο σύστημα συλλογής και του νερού πλύσεως εντός της κεφαλής πλύσεως. Η καθαρισμένη άμμος πέφτει πάνω στην επιφάνεια της κλίνης, όπου επαναδιατάσσεται και παίρνει μέρος εκ νέου στην διεργασία διήθησης.

Το νερό έκπλυσης μαζί με τα αιωρούμενα στερεά συλλέγεται από δίκτυο αγωγών, μέσω του οποίου οδηγείται με βαρύτητα στο δίκτυο στραγγιδίων. Στο κάτω μέρος του φίλτρου υπάρχει ένας κωνικός διανομέας για να εξασφαλίζει την ομαλή καθοδική κίνηση της άμμου.

Το πλεονέκτημα του συστήματος συγκριτικά με τα συστήματα διήθησης τύπου τυμπάνου είναι τα εξής:

- Εξασφάλιση υψηλότερων αποδόσεων στην ποιότητα εκροής (αιωρούμενα στερεά – θολότητα). Στην περίπτωση απαίτησης χημικής απομάκρυνσης φωσφόρου, τα συστήματα με κλίνη άμμου εξασφαλίζουν επίσης υψηλότερες αποδόσεις.

Τα μειονεκτήματα είναι τα ακόλουθα:

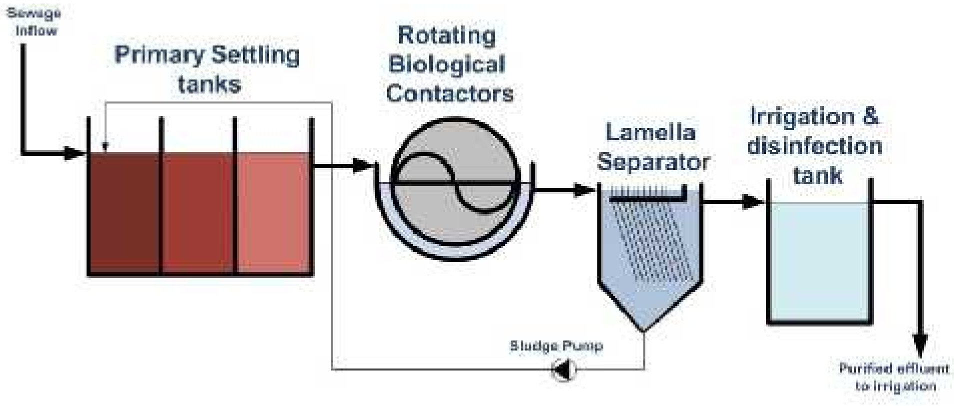
- Υψηλότερο κόστος κατασκευής.
- Ευπάθεια μέσου διήθησης σε αστοχίες της ποιότητας εισροής στη μονάδα.
- Δυσκολία και υψηλό σχετικά κόστος αντικατάστασης της άμμου (η οποία σε κάθε περίπτωση δεν κρίνεται συνήθης διαδικασία και θα απαιτηθεί σε έκτακτη μόνο περίπτωση).

Περιστρεφόμενα μηχανικά φίλτρα

Τα περιστρεφόμενα μηχανικά φίλτρα διήθησης αποτελούνται από ένα τύμπανο οριζόντιου άξονα ο οποίος περιστρέφεται εντός μίας δεξαμενής η οποία είναι κατασκευασμένη από σκυρόδεμα. Το σύστημα αποτελείται από έναν μεταλλικό σκελετό, τα εσωτερικά τμήματά του, την κινητήρια μονάδα, την χοάνη συλλογής των στραγγιδίων έκπλυσης, το σύστημα έκπλυσης και το ύφασμα διήθησης.

Τα λύματα εισάγονται στο εσωτερικό του τυμπάνου από όπου διαπερνούν το διηθητικό μέσο και συλλέγονται στη δεξαμενή του φίλτρου. Κατά την διέλευση των λυμάτων από το διηθητικό μέσο γίνεται συγκράτηση των αιωρούμενων στερεών. Έτσι αυξάνεται η υδραυλική αντίσταση του φίλτρου με αποτέλεσμα να ανυψώνονται τα λύματα στο εσωτερικό του τυμπάνου. Όταν το ύψος των λυμάτων φτάσει σε ένα οριακό σημείο, το οποίο ελέγχεται από ένα ηλεκτρόδιο στάθμης, ενεργοποιείται αυτόματα ο κύκλος έκπλυσης.

Το σύστημα έκπλυσης αποτελείται συνήθως από ακροφύσια τα οποία είναι τοποθετημένα στο άνω τμήμα του τυμπάνου, πάνω από την στάθμη του νερού. Η έκπλυση γίνεται σε σημείο όπου το ύφασμα βρίσκεται εκτός νερού, καθώς το τύμπανο περιστρέφεται και τα στραγγίδια συλλέγονται από χοάνη η οποία βρίσκεται εντός του τυμπάνου. Τα στραγγίδια οδηγούνται από την χοάνη συλλογής σε φρεάτιο στραγγιδίων από όπου απομακρύνονται με άντληση.



Σχήμα 4.7: Διάταξη Περιστρεφόμενων μηχανικών φίλτρων. [10]

Τα πλεονεκτήματα των περιστρεφόμενων μηχανικών φίλτρων είναι τα παρακάτω:

- Απλότητα στη λειτουργία.
- Μικρός βαθμός ευπάθειας του μέσου διήθησης.
- Ευκολία στον έκτακτο καθαρισμό ή την αντικατάσταση του μέσου διήθησης.
- Χαμηλότερο κόστος κατασκευής και συντήρησης.

Τα μειονέκτημα των περιστρεφόμενων μηχανικών φίλτρων είναι το εξής:

- Εξασφάλιση εν γένει χαμηλότερων αποδόσεων στην ποιότητα εκροής, λόγω του μέσου διήθησης.

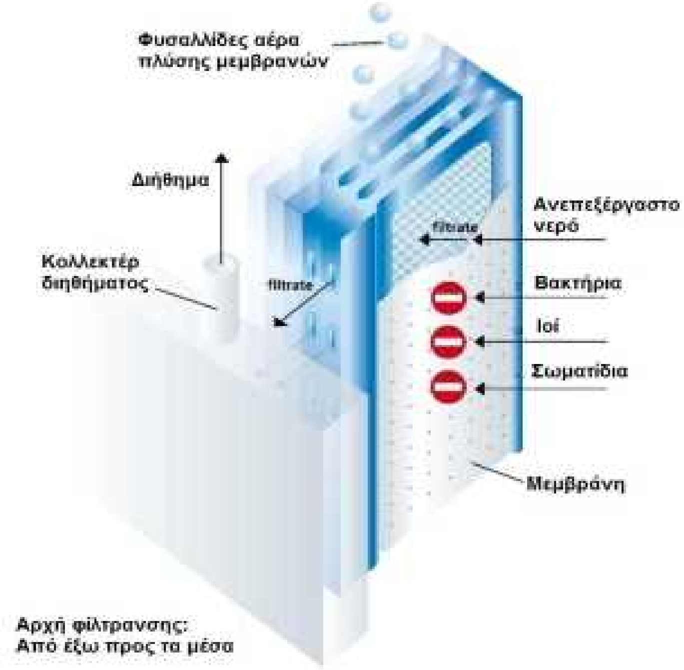
❖ ***Σύστημα υπερδιήθησης***

Στα συστήματα υπερδιήθησης, τα φίλτρα αποτελούνται από έναν αριθμό στοιβαρών πλακών, που καλύπτονται από τις δύο πλευρές με μεμβράνη υπερδιήθησης. Τα λύματα ρέουν από το εξωτερικό περιβάλλον διαμέσου της μεμβράνης μέσα στην πλάκα. Τα σωματίδια, τα βακτήρια, ακόμη και οι ιοί μπλοκάρονται με ασφάλεια.

Κατά την διεργασία της διήθησης εκτελείται διέλευση των λυμάτων από τους πόρους των μεμβρανών και εισαγωγή στο εσωτερικό των κοίλων ινών. Το διήθημα που εξέρχεται από τις μεμβράνες χαρακτηρίζεται από συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών μικρότερη από 2 mg/l και θολότητα μικρότερη από 1 NTU, λόγω του μικρού μεγέθους των πόρων.

Τα αιωρούμενα σωματίδια τα οποία συγκρατούνται στην επιφάνεια των μεμβρανών κατά την διέλευση των λυμάτων έχουν σαν συνέπεια την έμφραξη των μεμβρανών. Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα τις έμφραξης πραγματοποιείται αντίστροφη πλύση. Η πλύση πραγματοποιείται με νερό το οποίο έχει υποστεί επεξεργασία και χωρίς να έχει αναμειχθεί με χημικά. Ένας ακόμα τρόπος αντιμετώπισης της έμφραξης είναι η σύντομη αντίστροφη πλύση των μεμβρανών με το διήθημα. Επιπλέον ο εισαγόμενος αέρας στον πυθμένα των μονάδων των μεμβρανών και οι παραγόμενες από αυτόν φυσαλίδες βοηθούν στο εξωτερικό των ινών των μεμβρανών. Οι πλύσεις πραγματοποιούνται καθημερινά.

Επιπλέον για να διατηρηθεί η διαπερατότητα των μεμβρανών εκτελείται περιοδικά χημικός καθαρισμός. Ο χημικός καθαρισμός αποτελείται ουσιαστικά από δύο μέρη, τους κύκλους συντήρησης και τον χημικό καθαρισμό. Τόσο οι κύκλοι συντήρησης όσο και ο χημικός καθαρισμός πραγματοποιούνται με υποχλωριώδες νάτριο ή οξύ σε χρονικά προγραμματισμένη βάση.



Σχήμα 4.8: Διάταξη συστήματος υπερδιήθησης. [9]

Τέλος εάν εφαρμοστεί πρόσθετος εσχαρισμός ή προχλωρίωση πριν την είσοδο των λυμάτων στις μονάδες υπερδιήθησης, εξασφαλίζεται η απαιτούμενη ποιότητα των επεξεργασμένων λυμάτων.

4.2.3. Βιολογικά φίλτρα

Ένα επιπλέον σύστημα επεξεργασίας λυμάτων αποτελούν τα βιολογικά φίλτρα. Τα βιολογικά φίλτρα είναι συστήματα δευτεροβάθμιας επεξεργασίας λυμάτων και βασικός τους στόχος είναι η απομάκρυνση των οργανικών ουσιών από τα λύματα μέσω των διαδικασιών της σύνθεσης και της οξείδωσης. Βασικό χαρακτηριστικό των βιολογικών φίλτρων είναι ότι οι μικροοργανισμοί είναι προσκολλημένοι σε ένα σταθερό υπόστρωμα.

Αναλυτικότερα τα βιολογικά φίλτρα έχουν την μορφή είτε ορθογωνικής είτε συνηθέστερα κυκλικής κλίνης, στην οποία εμπεριέχεται πορώδες υλικό. Στις μικρές εγκαταστάσεις τα βιολογικά φίλτρα γεμίζονται με πλαστικό υλικό διότι παρά την ακρίβεια του είναι πιο ανθεκτικό και επιτρέπει μεγαλύτερες φορτίσεις. Τα βιολογικά φίλτρα στο σύνολό τους αποτελούνται από πορώδες υλικό στο οποίο προσκολλούνται οι μικροοργανισμοί και διασπούν το οργανικό φορτίο των λυμάτων, από ένα περίβλημα το οποίο συγκρατεί το πορώδες αυτό υλικό, από ένα σύστημα το οποίο έχει ως στόχο να διανέμει τα λύματα στην επιφάνεια του φίλτρου και τέλος από ένα σύστημα που βασικός ρόλος του είναι η συλλογή των επεξεργασμένων λυμάτων, τα οποία βρίσκονται συνήθως στον πυθμένα του φίλτρου, και η απομάκρυνσή τους από αυτό.

Στα μικρής κλίμακας συστήματα επεξεργασίας με βιολογικά φίλτρα, συνήθως προηγείται μία δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης. Το εκρρεόμενο από αυτήν υγρό διοχετεύεται στο φίλτρο όπου ακολουθεί η περαιτέρω επεξεργασία του. Ο αερισμός των βιολογικών φίλτρων γίνεται με φυσικό τρόπο, δηλαδή με απλή κυκλοφορία του ατμοσφαιρικού αέρα στο φίλτρο.

Ενώ το κόστος κατασκευής των βιολογικών φίλτρων είναι σχετικά υψηλό, η λειτουργία τους είναι σχετικά απλή και απαιτούν λιγότερη συντήρηση σχετικά με τα άλλα συστήματα παρατεταμένου αερισμού. Ωστόσο επηρεάζονται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τους κλιματολογικούς παράγοντες και για αυτόν τον λόγο πρέπει να σκεπάζονται. Επίσης βασικό τους μειονέκτημα είναι η απαίτηση πρωτοβάθμιας επεξεργασίας και κατά συνέπεια παραγωγή μη σταθεροποιημένης ιλύος η οποία είναι αναγκαίο να αποθηκεύεται με κατάλληλο τρόπο για να αποφεύγονται οχλήσεις από παρουσία εντόμων.

Τα βιολογικά φίλτρα ταξινομούνται σε δύο βασικές κατηγορίες οι οποίες έχουν ως κριτήριο κατηγοριοποίησης το υλικό από το οποίο γεμίζονται. Οι δύο κατηγορίες είναι οι εξής:

- Τα τυπικά βιολογικά φίλτρα τα οποία έχουν σαν υλικό πλήρωσης την άμμο ή τα χαλίκια.
- Τα φίλτρα με σύνθετα μέσα τα οποία έχουν σαν υλικό πλήρωσης αδρανή υλικά (πλαστικά φίλτρα, φίλτρα υφάσματος, τύρφης, κεραμικά υλικά κ.λπ.). (Ανδρεαδάκης Α., 2012)

4.2.3.1. Τυπικά βιολογικά φίλτρα

Τα τυπικά βιολογικά φίλτρα διακρίνονται σε δύο κυρίως τύπους:

- Τα βραδύφιλτρα
- Τα ταχύφιλτρα

Και οι δύο αυτοί τύποι βιολογικών φίλτρων είναι εύχρηστοι, ωστόσο διαφοροποιούνται λόγω της ανακυκλοφορίας της εκροής δια μέσου του φίλτρου στα ταχύφιλτρα. Είναι και οι δύο τύποι ικανοί να αποτελέσουν τμήμα ενός συστήματος βιολογικής επεξεργασίας πολλών βαθμίδων. Η χρήση των ταχύφιλτρων προτείνεται στο πρώτο στάδιο επεξεργασίας των λυμάτων με στόχο τον μερικό καθαρισμό, ενώ η χρήση των βραδύφιλτρων προτείνεται στις τελευταίες βαθμίδες καθαρισμού που έχει ως στόχο τον περαιτέρω καθαρισμό του ήδη επεξεργασμένου λύματος.

Ανάλογα με το ρυπαντικό φορτίο του λύματος που υφίσταται επεξεργασία χρησιμοποιείται ο κατάλληλος τύπος βιολογικού φίλτρου. Λεπτομερέστερα, για σχετικά αδύναμα λύματα χρησιμοποιούνται τα βραδύφιλτρα καθώς είναι ικανά να επιτύχουν πολύ καλή ποιότητα εκροής καθώς και νιτροποίηση. Στα λύματα με σχετικά μικρό ρυπαντικό φορτίο χρησιμοποιούνται τα ταχύφιλτρα σαν εναλλακτική λύση όταν υπάρχει περιορισμός έκτασης. Όταν τα λύματα είναι ισχυρά, η χρήση ταχύφιλτρων είναι πιο αποτελεσματική διότι λόγω της ανακυκλοφορίας αραιώνεται η ισχύς των αρχικών λυμάτων. Ωστόσο προτείνεται και η χρήση ενός βραδύφιλτρου σε σειρά για να βελτιωθεί σημαντικά η εκροή.

Όσον αφορά τα τυπικά λύματα, η επιλογή του τύπου βιολογικού φίλτρου που θα χρησιμοποιήσουμε έπεται μιας πλήρους οικονομοτεχνικής σύγκρισης για τις δεδομένες υπάρχουσες συνθήκες.

Τα βραδύφιλτρα διακρίνονται σε:

1. Χαλικόφιλτρα
2. Φίλτρα άμμου διακεκομμένης λειτουργίας (ISF)

Τα ταχύφιλτρα διακρίνονται σε:

1. Χαλικόφιλτρα με ανακυκλοφορία
2. Φίλτρα άμμου με ανακυκλοφορία (RSF)

❖ Βραδύφιλτρα

1. Χαλικόφιλτρα

Τα χαλικόφιλτρα αποτελούνται από θραυστό υλικό του οποίου το σύνηθες μέγεθος είναι τα 5 cm ως προς τη διάμετρο. Η ειδική επιφάνεια του υλικού πλήρωσης είναι περίπου 100 m^2/m^3. Το 50% της ειδικής επιφάνειας οφείλεται στα κενά. Το μέγεθος των χαλικιών είναι πολύ βασικός παράγοντας καθώς επηρεάζει την ειδική επιφάνεια και το ποσοστό των κενών. Πιο συγκεκριμένα όσο μικρότερο είναι το μέγεθος των χαλικιών τόσο αυξάνει η ειδική επιφάνεια ενώ ταυτόχρονα μικραίνει το ποσοστό των κενών.

Το βάθος του φίλτρου κυμαίνεται από 1,0-2,5 m. Το περίβλημα είναι συνήθως από οπλισμένο σκυρόδεμα ή άλλο ανθεκτικό υλικό το οποίο να μπορεί να συγκρατεί τα χαλίκια στη θέση τους και να μπορεί να δεχτεί την υδροστατική πίεση σε περίπτωση πλήρωσης των φίλτρων με υγρό.

Τα βραδύφιλτρα προτείνονται για την επεξεργασία λυμάτων με μικρό οργανικό φορτίο. Τόσο το οργανικό φορτίο (εκφρασμένο σε kg BOD/m^3 φίλτρου και ανά ημέρα), όσο και το υδραυλικό φορτίο (εκφρασμένο σε m^3 λυμάτων /m^2 επιφάνειας και ανά ημέρα), είναι οι δύο βασικοί παράγοντες επιρροής του βαθμού απόδοσης του φίλτρου. Ακόμη ένας παράγοντας που επηρεάζει τον βαθμό απόδοσης είναι η επιφάνεια του φίλτρου.

Βασικό πλεονέκτημα των βραδύφιλτρων είναι η ικανοποιητική απομάκρυνση του οργανικού φορτίου και η ταυτόχρονη νιτροποίηση χωρίς την χρήση εξωτερικών μονάδων. Επιπλέον βασικό πλεονέκτημα που απασχολεί την δική μου μελέτη για επεξεργασία λυμάτων μικρών οικισμών, είναι η απλότητα, η ευκολία και η χαμηλή δαπάνη λειτουργίας του.

Ωστόσο, μειονεκτούν ως προς το υψηλό κόστος κατασκευής, στην απαίτηση μεγάλης επιφάνειας και στις οχλήσεις από οσμές και έντομα. Επιπλέον δεν μπορούν να επεξεργαστούν λύματα με μεγάλο οργανικό φορτίο και προϋποθέτουν την ύπαρξη πρωτοβάθμιας επεξεργασίας η οποία ενώ συμβάλει στην αποτελεσματική επεξεργασία των λυμάτων, αυξάνει το λειτουργικό κόστος αλλά και την έκταση της μονάδας.

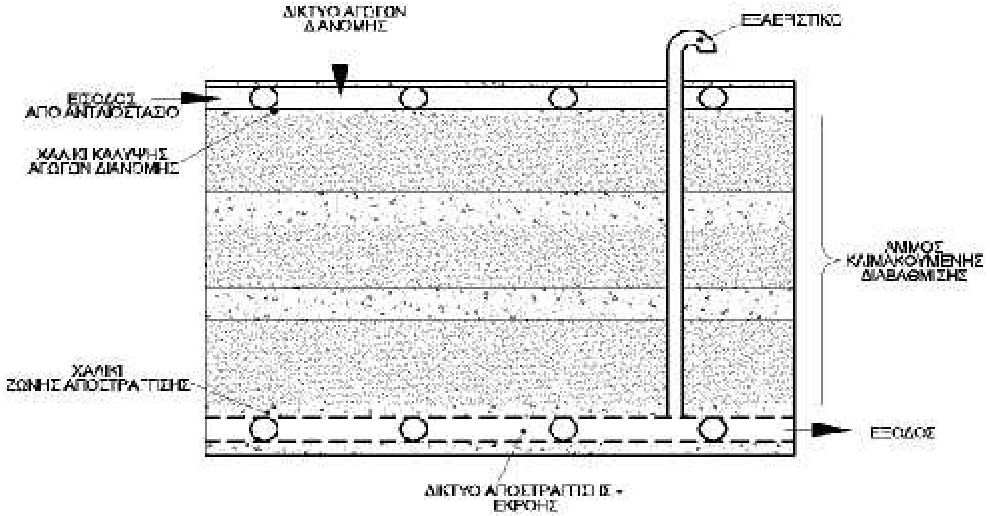
2. Φίλτρα άμμου διακεκομένης λειτουργίας (ISF)

Τα φίλτρα άμμου διακεκομένης λειτουργίας (ISF Intermitted Sand Filters) είναι ουσιαστικά μία εναλλακτική μέθοδος επεξεργασίας λυμάτων. Τα ISF περιλαμβάνουν μια κλίνη φίλτρανσης βάθους 0.6 m. Το υλικό φίλτρανσης έχει συγκεκριμένη κοκκομετρία και τις περισσότερες φορές είναι η άμμος ή ο ανθρακίτης.

Η επεξεργασία λυμάτων με την χρήση φίλτρων άμμου ξεκινά με την προεπεξεργασία των λυμάτων σε μία σηπτική δεξαμενή. Έπειτα ψεκάζονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα τα υγρά απόβλητα στην επιφάνεια της κλίνης την οποία διαπερνούν φτάνοντας έτσι στον πυθμένα του φίλτρου.

Το φίλτρο είναι συνήθως τοποθετημένο υπόγεια ενώ στον πυθμένα του τοποθετείται μια μεμβράνη στεγανοποίησης. Επιπλέον στον πυθμένα είναι τοποθετημένοι διάτρητοι σωλήνες οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την συλλογή της επεξεργασμένης εκροής. Οι σωλήνες συλλογής είναι τοποθετημένοι σε στρώμα χαλικιού και το ένα τους άκρο καταλήγει στην επιφάνεια του φίλτρου.

Τα ISF είναι κατάλληλα για μικρούς οικισμούς και γενικά για περιπτώσεις όπου έχουμε μικρή παραγωγή αποβλήτων. Ιδιαίτερα σε τέτοιες περιπτώσεις μικρών οικισμών δεν απαιτείται συντήρηση και το σύστημα έχει την δυνατότητα να λειτουργεί αδιάκοπα για μεγάλο χρονικό διάστημα



Σχήμα 4.9: Τυπική διατομή φίλτρου άμμου.
(Ανδρεαδάκης Α., 2012)

Η απόδοση του συστήματος εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

- Από την βιοαποικοδομησιμότητα των αποβλήτων
- Τους περιβαλλοντικούς παράγοντες της κλίνης
- Τα κριτήρια σχεδιασμού

Το εκρρεόμενο από τα φίλτρα άμμου υγρό είναι υψηλής ποιότητας με τυπικές συγκεντρώσεις BOD_5 και SS έως και 5mg/L, ενώ νιτροποιούν το 80% της εισερχόμενης αμμωνίας. Επιπλέον μέσω αυτής της μεθόδου επεξεργασίας λυμάτων παρατηρείται μείωση στα κολοβακτήρια.

Ωστόσο, περιορισμένη είναι η απομάκρυνση του αζώτου και του φωσφόρου. Επίσης ένα από τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι η υψηλές απαιτήσεις έκτασης για την εγκατάσταση του συστήματος και η εξάρτησή της από τους κλιματολογικούς παράγοντες και πιο συγκεκριμένα από την θερμοκρασία.

❖ Ταχύφιλτρα

1. Χαλικόφιλτρα με ανακυκλοφορία

Παρά την χρησιμότητα των βραδύφιλτρων σύντομα διαπιστώθηκε πως η χρήση τους δεν εξυπηρετούσε περιπτώσεις λυμάτων με μεγάλο ρυπαντικό φορτίο. Έτσι καθιερώθηκε ένας νέος τύπος βιολογικών φίλτρων τα επονομαζόμενα ταχύφιλτρα. Βασική διαφορά ανάμεσα στους δύο τύπους είναι η εφαρμογή της επανακυκλοφορίας της εκροής στα ταχύφιλτρα.

Τα ταχύφιλτρα λοιπόν έχουν βελτιώσει σε μεγάλο βαθμό την επεξεργασία ισχυρών λυμάτων λόγω της επανακυκλοφορίας της εκροής τους. Η λειτουργία τους τελείται υπό αυξημένες υδραυλικές φορτίσεις αλλά και πολύ μεγάλα υδραυλικά φορτία. Το βάθος τους κυμαίνεται από 1-2,5 m. Η απαιτούμενη επιφάνεια μειώνεται στο 1/3 συγκριτικά με τα βραδύφιλτρα λόγω της αυξημένης φόρτισης των φίλτρων, ενώ επηρεάζει άμεσα τον βαθμό απόδοσης του φίλτρου.

Μπορεί το λειτουργικό τους κόστος να είναι σχετικά μικρό, ωστόσο είναι μεγαλύτερο από το λειτουργικό κόστος των βραδύφιλτρων. Επιπλέον έχουν δυνατότητα επεξεργασίας λυμάτων με ισχυρό οργανικό φορτίο, χρησιμοποιώντας μικρότερη επιφάνεια από εκείνη των βραδύφιλτρων. Επίσης γίνεται εύκολος διαχωρισμός βιομάζας και επεξεργασμένων λυμάτων και έχουν μεγάλη ανθεκτικότητα στην επίδραση τοξικών εισροών.

Από την άλλη πλευρά παρουσιάζουν μεγαλύτερο κόστος κατασκευής σε σχέση με τα βραδύφιλτρα χωρίς να πραγματοποιείται ικανοποιητική νιτροποίηση. Επίσης έχουν χαμηλότερο βαθμό απόδοσης από τα βραδύφιλτρα και αδυνατούν να ελέγξουν την βιομάζα του φίλτρου καθώς και την ποσότητα του παρεχόμενου οξυγόνου. Τέλος σημαντικό μειονέκτημά τους είναι οι οχλήσεις από οσμές και έντομα.

2. Φίλτρα άμμου με ανακυκλοφορία

Εξέλιξη των ISF αποτελούν τα RSF (Recirculating Sand Filters) τα λεγόμενα φίλτρα άμμου με ανακυκλοφορία. Στόχος της νέας αυτής μεθόδου είναι η μείωση των δυσοσμιών που προκαλούσαν τα ανοιχτά φίλτρα.

Εικόνα 4.4: Επιφάνεια φίλτρου άμμου σε σύστημα RSF
(διακρίνονται οι αγωγοί τροφοδοσίας των λυμάτων καθώς και οι αεραγωγοί).
(Ανδρεαδάκης Α., 2012)

Κάθε σύστημα RSF αποτελείται από τρία βασικά μέρη. Αρχικά τα λύματα μεταφέρονται σε μία σηπτική δεξαμενή η οποία είναι κατασκευασμένη από σκυρόδεμα της οποίας το μέγεθος ποικίλει ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε οικισμού. Η σηπτική δεξαμενή αποτελεί το πρώτο από τα τρία βασικά μέρη του συστήματος και είναι ουσιαστικά η μονάδα προεπεξεργασίας.

Το δεύτερο μέρος του συστήματος είναι η δεξαμενή ανακυκλοφορίας. Εκεί οδηγείται η εκροή και εκεί καταλήγει και η έξοδος από το φίλτρο άμμου το οποίο είναι το τρίτο και τελευταίο τμήμα του συστήματος. Ο όγκος της δεξαμενής είναι ισοδύναμος με τον όγκο των λυμάτων που επεξεργάζεται η μονάδα ημερησίως. Οι δύο εκροές καταλήγουν στην επιφάνεια του φίλτρου όπου επεξεργάζονται περαιτέρω.

Η τεχνολογία αυτή επιτυγχάνει υψηλό βαθμό νιτροποίησης και απομάκρυνσης αζώτου τουλάχιστον κατά 50%. Επίσης η εκροή τους είναι υψηλής ποιότητας με απομάκρυνση BOD_5 και SS σε ποσοστό 85-95% λόγω της ανακυκλοφορίας της εκροής. Ωστόσο, η λειτουργία των RSF επηρεάζεται από τους ίδιους παράγοντες που επηρεάζεται η λειτουργία των ISF. (Ανδρεαδάκης Α., 2012)

4.2.3.2. Φίλτρα σύνθετων μέσων

Τα φίλτρα σύνθετων μέσων αποτελούνται από δύο κατηγορίες φίλτρων:

- Τα πλαστικά φίλτρα
- Τα φίλτρα συνθετικού υφάσματος

Στην συνέχεια θα αναλυθούν οι προαναφερόμενες κατηγορίες των σύνθετων φίλτρων.

❖ ***Πλαστικά φίλτρα***

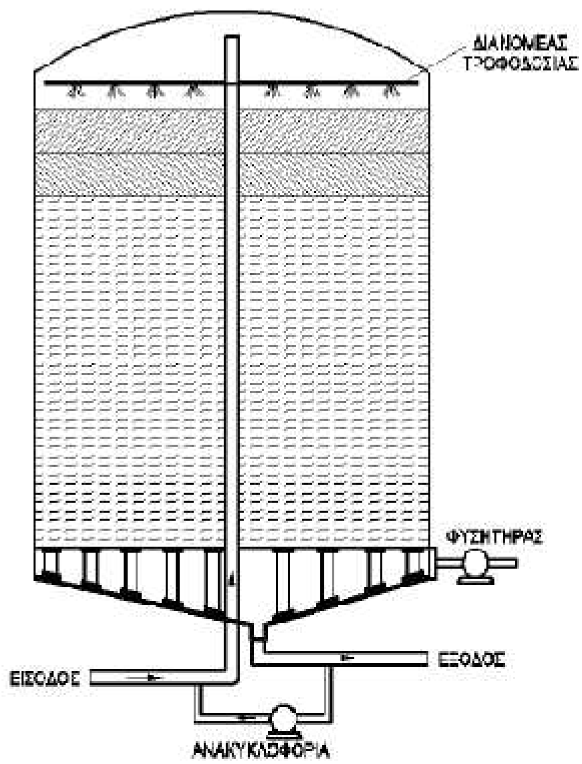
Η απαίτηση μεγάλων εκτάσεων γης καθώς και το υψηλό κόστος για την απόκτησή της που χρειάζεται μία εγκατάσταση τυπικών βιολογικών φίλτρων οδήγησε στην εμφάνιση των πλαστικών φίλτρων.

Στα πλαστικά φίλτρα τα μέσα πλήρωσης των φίλτρων είναι πλαστικά. Οι ειδικές τους επιφάνειες κυμαίνονται από 100 έως 350 m^2/m^3. Το ποσοστό των κενών αποτελεί το 93%-95% της ειδικής επιφάνειας ενώ το βάρος των πλαστικών μέσων πλήρωσης είναι πολύ μικρότερο συγκριτικά με το βάρος των χαλικιών. Το βάθος των φίλτρων δεν ξεπερνά τα 12 m για λόγους κατασκευής και οικονομίας.

Το βασικότερο χαρακτηριστικό των πλαστικών φίλτρων το οποίο οδηγεί στην εξοικονόμηση έκτασης της γης είναι το υψηλό ποσοστό των κενών στην ειδική επιφάνεια του φίλτρου. Εξαιτίας λοιπόν των κενών επιτρέπεται η επεξεργασία λυμάτων με υψηλό ρυπαντικό φορτίο χωρίς να υπάρχει κίνδυνος έμφραξης. Κατά συνέπεια έχουμε καλύτερη κυκλοφορία του οξυγόνου στο φίλτρο οπότε δεν θα αντιμετωπίσει πρόβλημα λειτουργίας το σύστημα εάν μειώσουμε την επιφάνεια και αυξήσουμε το βάθος.

Ωστόσο, για την επιλογή χρήσης των πλαστικών φίλτρων δεν λαμβάνουμε υπόψη μας μόνο την μικρότερη έκταση γης που χρειάζεται μία εγκατάσταση συγκριτικά με τα ταχύφιλτρα, διότι τα πλαστικά φίλτρα έχουν ακριβότερο υλικό πλήρωσης και λόγω του μεγάλου βάθους τους έχουν αυξημένες δαπάνες επανακυκλοφορίας. Έτσι για να γίνει επιλογή του πλαστικού μέσου πρέπει να ληφθούν υπόψη όλοι οι παραπάνω παράγοντες.

Τα πλαστικά φίλτρα μπορούν να επεξεργαστούν λύματα με υψηλό οργανικό φορτίο ενώ ταυτόχρονα έχουν μειωμένη απαίτηση σε επιφάνεια εγκατάστασης. Το βάρος της μονάδας δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλο. Στα πλαστικά φίλτρα ο διαχωρισμός της βιομάζας και των επεξεργασμένων λυμάτων γίνεται με απλό τρόπο και επιπλέον παρουσιάζουν μεγάλη ανθεκτικότητα στην επίδραση τοξικών εισροών.



Σχήμα 4.10: Τυπική διάταξη πλαστικού φίλτρου.
(Ανδρεαδάκης Α., 2012)

Ωστόσο, δεν έχει πολύ μεγάλη απόδοση όσον αφορά το οργανικό φορτίο εκφρασμένο σε BOD_5 και η διεργασία της νιτροποίησης είναι περιορισμένη. Το υλικό πλήρωσής τους είναι πολύ ακριβότερο από αυτό των ταχύφιλτρων. Τέλος δεν μπορούν να ελέγξουν την βιομάζα του φίλτρου και την ποσότητα του παρεχόμενου οξυγόνου.

❖ Φίλτρα συνθετικού υφάσματος (textile filters)

Τα φίλτρα συνθετικού υφάσματος αποτελούν ίσως την πιο πρόσφατη τεχνολογία όσον αφορά την επεξεργασία λυμάτων. Το υλικό πλήρωσής τους είναι ένα πολύ ανθεκτικό ινώδες ύφασμα το οποίο τοποθετείται σε προκατασκευασμένη δεξαμενή από κατάλληλο ανθεκτικό στην διάβρωση υλικό. (π.χ. fiberglass).

Με την χρήση των φίλτρων συνθετικού υφάσματος επιτυγχάνουμε απομάκρυνση οργανικού φορτίου εκφρασμένο σε BOD_5 σε ποσοστό μεγαλύτερο από 90%. Είναι ανθεκτικά σε μεγάλες διακυμάνσεις παροχών και ρυπαντικών φορτίων και μπορούν να επεξεργαστούν λύματα πολύ υψηλού οργανικού φορτίου. Δεν απαιτούν μεγάλες επιφάνειες ενώ καταναλώνουν ελάχιστη ενέργεια. Οι οχλήσεις από οσμές και έντομα είναι μηδαμινές και παρουσιάζουν μεγάλη ανθεκτικότητα στην επίδραση τοξικών εισροών

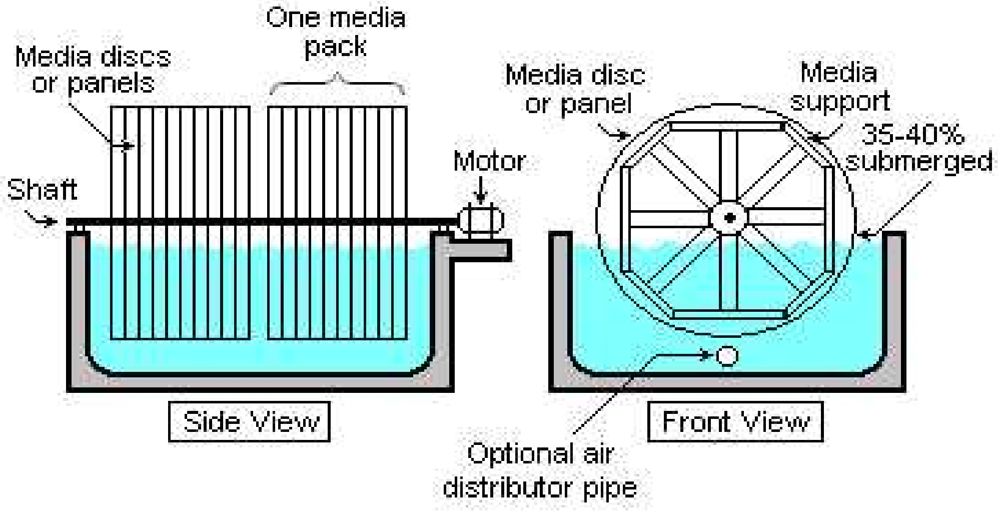
Ωστόσο το κόστος του υλικού πλήρωσής τους είναι πολύ υψηλότερο σχετικά με τα τυπικά φίλτρα. Η διεργασία της απονιτροποίησης γίνεται πολύ περιορισμένα και το ίδιο ισχύει για την απομάκρυνση του φωσφόρου. Τέλος δεν είναι δυνατός ο έλεγχος της βιομάζας του φίλτρου.

4.2.4. Περιστρεφόμενοι βιολογικοί δίσκοι (Rotating Biological Contactors)

Το σύστημα των περιστρεφόμενων βιολογικών αντιδραστήρων, που είναι ευρύτερα γνωστό ως RBC, αποτελεί ένα συμβατικό σύστημα επεξεργασίας λυμάτων που υπερτερεί συγκριτικά με άλλα συμβατικά συστήματα όπως αυτά της ενεργού ιλύος και των βιολογικών φίλτρων.

Το σύστημα των RBC αποτελείται από μια ημικυλινδρική δεξαμενή η οποία συνήθως είναι κατασκευασμένη από σκυρόδεμα και το σύνηθες βάθος της είναι 1.4-1.8 m. Στην δεξαμενή είναι τοποθετημένος ένας οριζόντιος άξονας. Ο άξονας αυτός στηρίζει περιστρεφόμενους κυκλικούς βιολογικούς δίσκους με μέγιστη διάμετρο έως 4 m, κατασκευασμένους από ελαφρύ πλαστικό υλικό οι οποίοι είναι βυθισμένοι στην σκάφη κατά 35-40%. Η μικρή ταχύτητα περιστροφής του άξονα δίνει την δυνατότητα βύθισης όλης της επιφάνειας των δίσκων.

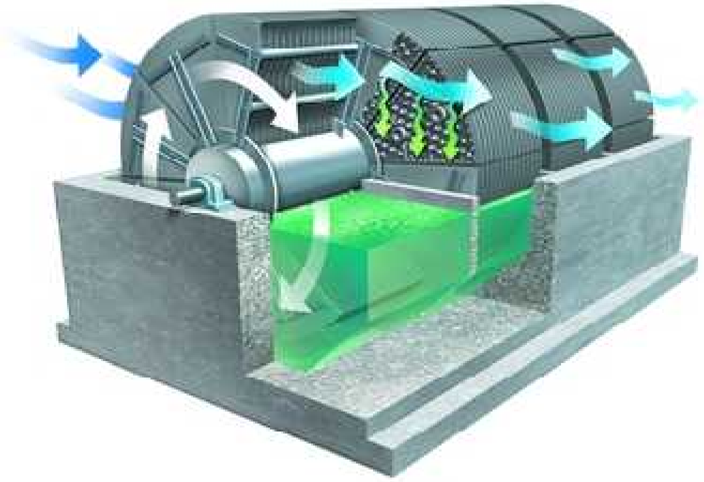
Μία συνήθης εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων περιστρεφόμενων δίσκων αποτελείται από πολλές μονάδες περιστρεφόμενων δίσκων οι οποίες είναι τοποθετημένες σε σειρά και κάθε μία ξεχωριστά αποτελεί ένα διακριτό στάδιο επεξεργασίας



Σχήμα 4.11: Πλάγια όψη και πρόσοψη συστήματος RBC.
(Βαρνάβα Ρ., 2014)

Στην δεξαμενή της εγκατάστασης περιέχονται λύματα τα οποία εξαιτίας της περιστροφικής κίνησης των βιολογικών δίσκων παρασύρεται ένα λεπτό στρώμα λυμάτων στην επιφάνεια όπου το ατμοσφαιρικό οξυγόνο διαλύεται σε αυτό το λεπτό στρώμα. Έπειτα οι μικροοργανισμοί της επιφάνειας προσλαμβάνουν το διαλυμένο οξυγόνο καθώς και τις οργανικές ουσίες του στρώματος των λυμάτων και έτσι επιτελούν αερόβια την διαδικασία σύνθεσης του νέου πρωτοπλάσματος και την βιοαποικοδόμηση του οργανικού φορτίου. Έτσι επιτυγχάνεται υψηλού επιπέδου απομάκρυνση οργανικής τροφής σε ποσοστό που κυμαίνεται από 90 έως 95% ως προς το BOD_5.

Η νέα μικροβιακή μάζα που προκύπτει κατά την σύνθεση συσσωρεύεται στην επιφάνεια αυξάνοντας με αυτόν τον τρόπο το πάχος του στρώματος των μικροοργανισμών. Λόγω του μεγάλου πάχους του στρώματος, οι διατμητικές δυνάμεις που το συγκρατούν εξασθενούν με αποτέλεσμα την αποκόλληση μικρών τμημάτων μικροοργανισμών. Η βιομάζα που αποκολλάται εισέρχεται στην δεξαμενή και αιωρείται. Έτσι οι μικροοργανισμοί έρχονται σε επαφή με τις οργανικές ουσίες των λυμάτων και κάτω από αερόβιες συνθήκες οι βιολογικές διεργασίες συνεχίζουν να πραγματοποιούνται. Έτσι εξακολουθεί να απομακρύνεται ποσοστό οργανικών ουσιών.



Σχήμα 4.12: Τρισδιάστατη αναπαράσταση λειτουργίας συστήματος RBC.
(Βαρνάβα Ρ., 2014)

Όπως προανέφερα το σύστημα των RBC υπερτερεί συγκριτικά με τα άλλα συμβατικά συστήματα. Κύριο πλεονέκτημά τους είναι η απαίτηση μικρού χώρου εγκατάστασης. Επιπλέον η μικρή κατανάλωση ρεύματος και κατ’ επέκταση το μικρό κόστος λειτουργίας και εγκατάστασης είναι από τα μεγαλύτερα προτερήματα της μεθόδου. Επιπλέον γίνεται με μεγάλη ευκολία η αύξηση της δυναμικότητας της εγκατάστασης εάν τοποθετήσουμε παράλληλα RBC, ενώ έχουν πολύ μεγάλο βαθμό απόδοσης χωρίς πρόβλημα θορύβου και οσμών, διότι τα συστήματα RBC είναι τοποθετημένα σε κλειστά κουτιά. Η ανάγκες των συστημάτων RBC όσον αφορά την συντήρηση είναι μηδαμινές, όπως μηδαμινή είναι και η παραγωγή λάσπης. Τέλος λόγω της εναλλασσόμενης βύθισης των βιολογικών δίσκων στο υγρό, εμποδίζεται η ανάπτυξη εντόμων.

Ωστόσο το σύστημα των RBC δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλα τα είδη των αποβλήτων, ενώ παράλληλα υπάρχουν πολλοί περιορισμοί στο μέγεθός τους. Τα συστήματα RBC έχουν σαν κύριο πεδίο εφαρμογής τα αστικά απόβλητα και κυρίως εκείνα των μικρών οικισμών που αντιμετωπίζουν προβλήματα χώρου και προσβασιμότητας. (Ανδρεαδάκης Α., 2012, Βαρνάβα Ρ., 2014)

4.3. ΦΥΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Με την αναφορά στα φυσικά συστήματα επεξεργασίας λυμάτων ουσιαστικά εννοούμε την διάθεση των υγρών αποβλήτων στο έδαφος ή το υπέδαφος τα οποία υπόκεινται σε επεξεργασία κατά την οποία αντιμετωπίζονται αποτελεσματικά όλοι οι παθογόνοι μικροοργανισμοί χωρίς προσθήκη χημικών. Με αυτόν τον τρόπο τα λύματα μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν για άρδευση, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση νερού.

Η λειτουργία των φυσικών συστημάτων επεξεργασίας βασίζεται στην απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από το φυτοπλαγκτόν που σε συνδυασμό με το οξυγόνο που παράγεται κατά την διαδικασία της φωτοσύνθεσης, διευκολύνει τους αερόβιους μικροοργανισμούς στην αποσύνθεση του ρυπαντικού φορτίου των λυμάτων και παράλληλα η υπεριώδης ηλιακή ακτινοβολία καταστρέφει τους παθογόνους μικροοργανισμούς.

Τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας λυμάτων κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- ***Συστήματα διήθησης***
- ***Συστήματα τεχνητών υγροβιότοπων***
- ***Συστήματα επιπλεόντων υδρόχαρων φυτών***
- ***Τεχνητές λίμνες***

4.3.1. Συστήματα διήθησης

Τα συστήματα διήθησης βασίζουν την αποτελεσματικότητα τους στο έδαφος και πιο συγκεκριμένα στις διεργασίες που πραγματοποιούνται στο έδαφος ή στο υπέδαφος. Οι διεργασίες είναι φυσικές, χημικές και βιολογικές, και οι ταχύτητες που διενεργούνται είναι πολύ χαμηλές λόγω του φυσικού τρόπου εκτέλεσης της επεξεργασίας των λυμάτων χωρίς εξωτερικούς παράγοντες.

Ανάλογα με τον τρόπο και την ταχύτητα διάθεσης των αποβλήτων στο έδαφος τα συστήματα διήθησης αποτελούνται από τα εξής υποσυστήματα:

- ✓ Συστήματα βραδείας εφαρμογής
- ✓ Συστήματα ταχείας διήθησης
- ✓ Συστήματα επιφανειακής ροής

Στην συνέχεια του εδαφίου θα πραγματοποιηθεί αναλυτική περιγραφή των προαναφερόμενων συστημάτων.

4.3.1.1. Συστήματα βραδείας εφαρμογής **(Slow rate systems – SRS)**

Η βραδεία εφαρμογή είναι μία διαδικασία κατά την οποία διοχετεύουμε προεπεξεργασμένα λύματα σε έδαφος με φυτική βλάστηση με στόχο την περαιτέρω επεξεργασία τους και την ταυτόχρονη ικανοποίηση των εξατμισοδιαπνευστικών αναγκών της φυτικής βλάστησης. Τα λύματα με αυτήν την μέθοδο διηθούνται και κατεισδύουν στο έδαφος και πολλές φορές βαθύτερα. Σύνηθες πρόβλημα είναι η απορροή των λυμάτων η οποία αντιμετωπίζεται αποτελεσματικά συλλέγοντας και διηθώντας ξανά τα απορρεούμενα λύματα.

Βασική προυπόθεση της ορθής λειτουργίας του συστήματος είναι η ορθή εφαρμογή των λυμάτων στο έδαφος. Έχουν οριστεί τρία φυτικά συστήματα τα οποία χρησιμοποιούνται για την διήθηση των λυμάτων ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες:

- ➢ ***Γεωργικά συστήματα:***

Η χρήση των γεωργικών συστημάτων είναι αποτελεσματικότερη σε ξηρές περιοχές καθώς και σε περιοχές με πρόβλημα λειψυδρίας. Ωστόσο εάν στόχος του συστήματος είναι η χρήση των θρεπτικών συστατικών των λυμάτων, προτείνεται η εφαρμογή του σε περιοχές με αυξημένη υγρασία.

- ***Χλοοτάπητες:***

Η εφαρμογή σε τέτοια συστήματα απαιτεί ιδιαίτερα αυξημένα ποιοτικά κριτήρια, με συνέπεια την χρήση εξελιγμένης προεπεξεργασίας και την λήψη ειδικών μέτρων στο χώρο εφαρμογής.

- ***Δασικά συστήματα:***

Η εφαρμογή των λυμάτων σε δασικά συστήματα έχει το πλεονέκτημα της μειωμένης απορροής λυμάτων, ενώ πρόβλημα αποτελεί η περιορισμένη απομάκρυνση του αζώτου.

Τα συστήματα βραδείας εφαρμογής ταξινομούνται στους παρακάτω βασικούς τύπους:

- ***Άρδευσης***: εφαρμόζονται κυρίως σε ξηρές περιοχές.
- ***Διήθησης***: εφαρμόζονται κυρίως σε υγρές περιοχές και είναι άμεσα εξαρτημένες από τα χαρκτηριστικά του εδάφους.
- ***Εξειδικευμένα συστήματα***: εφαρμόζονται όταν παρουσιαστεί κάποιος επικίνδυνος τοξικός ρύπος.

Σημειώνεται ότι για την βέλτιστη και αποδοτικότερη λειτουργία των συστημάτων βραδείας εφαρμογής πρέπει να βρεθεί το κατάλληλο περιβάλλον και να επιλεχθεί η κατάλληλη φυτική βλάστηση. Παράλληλα η διήθηση θα πρέπει να γίνεται ελεγχόμενα για να μην προκληθεί κορεσμός στο έδαφος. Εκτενέστερα για να λειτουργήσει αποτελεσματικά ένα σύστημα βραδείας εφαρμογής πρέπει να πληρεί τις παρακάτω προυποθέσεις:

- ✓ Μέση υδραυλική αγωγιμότητα 5-50 mm/h
- ✓ Βάθος εδάφους 0.9-1.2 m
- ✓ pH εδάφους 5.5 - 8.4

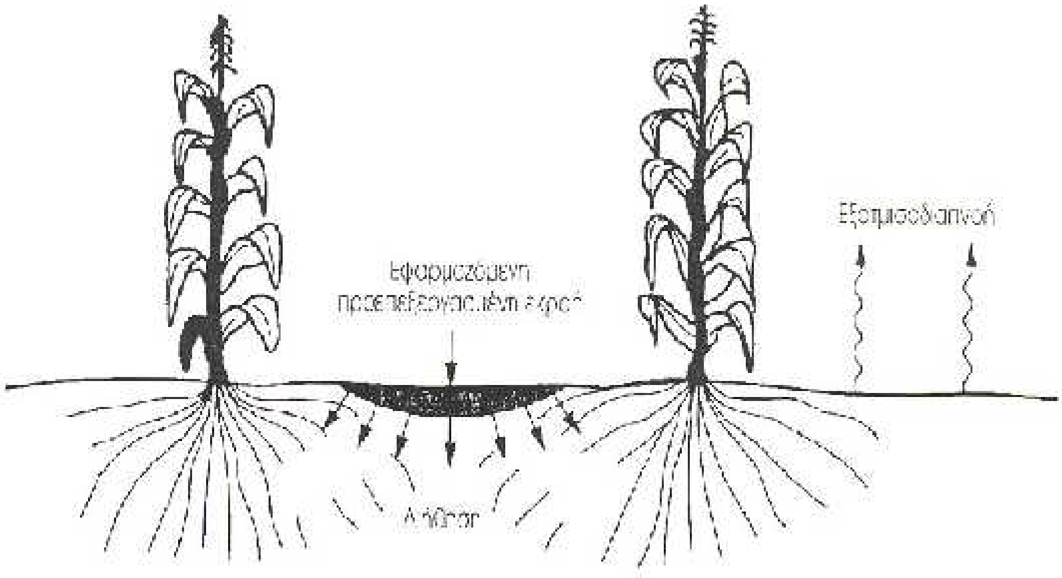
Τα κύρια πλεονεκτήματα των συστημάτων βραδείας εφαρμογής είναι:

- Η υψηλή απόδοση στην απομάκρυνση οργανικού φορτίου.
- Η μεγάλη απόδοση στην απομάκρυνση αζώτου, υπό την προϋπόθεση της προσεκτικής επιλογής της φυτικής καλλιέργειας.
- Ταυτόχρονη επεξεργασία λυμάτων και διάθεση αυτών.
- Απλό σύστημα κατασκευαστικά και λειτουργικά με χαμηλό κατασκευαστικό και λειτουργικό κόστος.
- Μηδαμινές απαιτήσεις συντήρησης.
- Δεν οδηγεί στην παραγωγή ιλύος.
- Γονιμοποίηση εδάφους.
- Άρδευση καλλιεργούμενων εκτάσεων.

Τα κύρια μειονεκτήματα αφορούν τα εξής χαρακτηριστηκά:

- Χαμηλή εφαρμοζόμενη υδραυλική φόρτιση, με συνέπεια την ανάγκη ανεύρεσης εκτεταμένων εκτάσεων για εφαρμογή της μεθόδου .
- Αναγκαία ύπαρξη φυτικής βλάστησης.
- Εξάρτηση από κλιματολογικούς παράγοντες και ποιότητα εδάφους.
- Πιθανότητα εμφάνισης προβλημάτων οσμών, εντόμων.

- Κίνδυνος για την δημόσια υγεία από την εφαρμογή του σε καλλιέργειες χωρίς (έστω περιορισμένη) εποπτεία και έλεγχο.
- Μείωση εφαρμογής ή και διακοπή σε περιόδους βροχοπτώσεων.
- Αναγκαιότητα κατασκευής δεξαμενής εξισορρόπησης.



Σχήμα 4.13: Σχηματική παράσταση επεξεργασίας λυμάτων με τη μέθοδο βραδείας εφαρμογής.(Ανδρεαδάκης Α., 2012)

4.3.1.2. Συστήματα ταχείας διήθησης **(Rapid Infiltration Systems – RIS)**

Τα συστήματα ταχείας διήθησης ή αλλιώς RIS (Rapid Infiltration Systems) αποτελούν ακόμα ένα φυσικό σύστημα επεξεργασίας λυμάτων. Με τον όρο ταχεία διήθηση περιγράφουμε την ελεγχόμενη εφαρμογή προεπεξεργασμένων αποβλήτων σε αβαθείς επιφανειακές λεκάνες διήθησης και σε επαναλαμβανόμενους κύκλους.

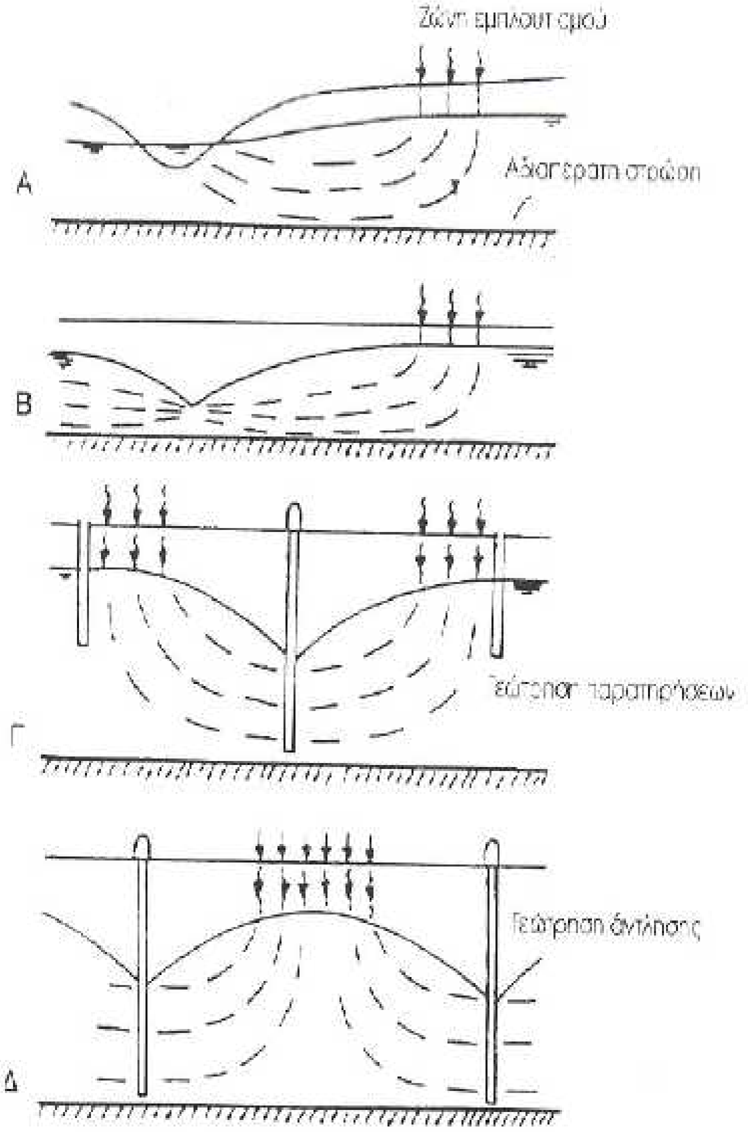
Η επεξεργασία των αποβλήτων με την μέθοδο των συστημάτων ταχείας διήθησης πραγματοποιείται με εκτοξευτές υψηλής ταχύτητας με απαραίτητη προϋπόθεση την ύπαρξη φυτικής βλάστησης. Εάν γίνει χρήση άλλου μέσου εφαρμογής η φυτική βλάστηση δεν είναι απαραίτητη. Η αποδόμηση των αποβλήτων γίνεται με την βοήθεια των βακτηρίων που υπάρχουν στο έδαφος.

Εξαιτίας των υψηλών φορτίων και λόγω των υψηλών ταχυτήτων εφαρμογής σε αυτά τα συστήματα δεν έχουμε μεγάλες απώλειες εξάτμισης. Απαραίτητη είναι η λεπτομερής γνώση των υδρογεωλογικών συνθηκών της περιοχής ώστε να αποφευχθούν τυχόν μολύνσεις των υπόγειων νερών.

Για την αποτελεσματική λειτουργία των συστημάτων ταχείας διήθησης πρέπει να πληρούνται οι εξής προϋποθέσεις:

- ✓ Απαιτούμενος βαθμός επεξεργασίας των λυμάτων είναι τουλάχιστον πρωτοβάθμια καθίζηση.
- ✓ Διαπερατότητα εδάφους 0.05 – 0.2 m/h.

- ✓ Δόσεις εφαρμογής λυμάτων 0.03 – 0.4 m/ημέρα.
- ✓ Συντελεστής ασφαλείας 4 – 10 %.
- ✓ Υγρό βάθος 0.5 – 0.9 m.



Σχήμα 4.14: Σχηματική απεικόνιση της μεθόδου ταχεία διήθησης για εμπλουτισμό υπόγειου υδροφορέα. (Ανδρεαδάκης Α., 2012)
(Α): ανάκτηση νερού με παρακείμενη λίμνη ή ρέμα
(Β): συλλογή νερού με υπόγεια στράγγιση
(Γ):άντληση ύδατος μέσω κεντρικής γεώτρησης
(Δ): άντληση ύδατος μέσω περιφερειακών γεωτρήσεων.

Συνοψίζοντας τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του συστήματος είναι τα παρακάτω. Τα κύρια πλεονεκτήματα του συστήματος είναι γενικά παρόμοια με αυτά της βραδείας εφαρμογής (εκτός από την χαμηλότερη απομάκρυνση παθογόνων), επιπλέον δεν ισχύουν:

- Οι σχετικά περιορισμένες αναγκαίες εκτάσεις (4-60 στρ./$10^3 m^3 d$), σε σύγκριση με τα συστήματα βραδείας εφαρμογής.
- Η δυνατότητα εφαρμογής της μεθόδου και σε εκτάσεις χωρίς φυτική κάλυψη.
- Η σχετικά υψηλή απόδοση στην απομάκρυνση του οργανικού φορτίου.
- Δυνατότητα εφαρμογής και σε εκτάσεις με μεγάλες κλίσεις.
- Εφαρμογή καθ’ όλη την περίοδο του έτους.

Τα κύρια μειονεκτήματα της μεθόδου είναι γενικά παρόμοια με αυτά της βραδείας εφαρμογής (εκτός από τις μικρότερες απαιτούμενες εκτάσεις) και αφορούν:

- Την ανάγκη διαμόρφωσης των εκτάσεων που θα γίνει η εφαρμογή της μεθόδου (λεκάνες διήθησης, αύλακες).
- Την μέτρια απομάκρυνση των παθογόνων.
- Την εξάρτηση από κλιματολογικούς παράγοντες.
- Την πιθανότητα ρύπανσης των υπόγειων υδροφορέων με νιτρικά.
- Την αναγκαιότητα κατασκευής δεξαμενής εξισορρόπησης. (Γκορίτσας Β., 2010 ; Ανδρεαδάκης Α., 2012)

4.3.1.3. Συστήματα επιφανειακής ροής **(Overland Flow Systems – OFS)**

Μία ακόμα κατηγορία φυσικών συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων είναι τα συστήματα επιφανειακής ροής ή OFS (Overland Flow Systems). Απαραίτητη προϋπόθεση για τα συστήματα επιφανειακής ροής είναι η ύπαρξη κλίσης στο έδαφος ή η διευθέτηση του σε τμήματα με ομαλές κλίσεις και παράλληλα η ανάπτυξη φυτικής βλάστησης σε αυτά.

Η λειτουργία των επιφανειακών συστημάτων οφείλεται στην εναπόθεση του προεπεξεργασμένου αποβλήτου κατά μήκος της υψηλότερης πλευράς μιας κεκλιμένης επιφάνειας με φυτική βλάστηση. Με αυτόν τον τρόπο το απόβλητο ρέει κατά μήκος όλης της έκτασης, ενώ στο τέλος της έκτασης συλλέγεται επεξεργασμένο απόβλητο.

Τα συστήματα επιφανειακής ροής χρησιμοποιούνται κυρίως σε εδάφη με μικρή έως μέτρια υδραυλική αγωγιμότητα και σχετικά αδιαπέρατες δομές σε κάποιο βάθος τους, δηλαδή υπό συνθήκες περιορισμένης διήθησης του εδάφους, και έχουν μεγάλες απαιτήσεις σε έκταση ενώ έχουμε ταυτόχρονα έκλυση οσμών.

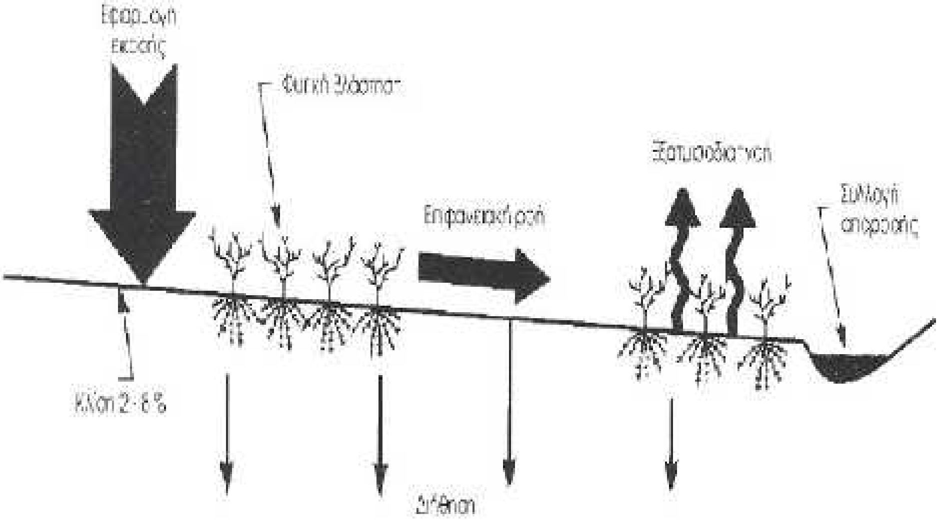
Η χρήση των συστημάτων επιφανειακής ροής είναι δεν είναι άμεσα εξαρτημένη από τα χαρακτηριστικά του εδάφους και απομακρύνει σημαντικές ποσότητες BOD_5 (80-95%), αιωρούμενων στερεών (80-95%), και αζώτου (75-90%) σε αντίθεση με τον φώσφορο και τους παθογόνους οργανισμούς που η απομάκρυνσή τους είναι περιορισμένη. Ωστόσο εξαρτάται άμεσα από τους κλιματολογικούς παράγοντες, την έκταση και τα χαρακτηριστικά της. Επιπλέον, η εφαρμογή της μεθόδου συνήθως ευθύνεται για την εμφάνιση έντονων οσμών.

Τα πλεονεκτήματα του συστήματος της επιφανειακής ροής είναι γενικά παρόμοια με αυτά της ταχείας διήθησης (με την διαφορά της παραγωγής εκροής που πρέπει να διατεθεί σε αποδέκτη) και επιπλέον έχει:

- Χαμηλότερη εξάρτηση από τα χαρακτηριστικά του εδάφους
- Ικανοποιητική απόδοση της απομάκρυνσης του οργανικού φορτίου καθώς και των αιωρούμενων στερεών, αλλά και του αζώτου.

Τα μειονεκτήματα του συστήματος είναι παρόμοια με της ταχεία διήθησης και είναι τα κάτωθι:

- Περιορισμένη απομάκρυνση φωσφόρου και παθογόνων
- Απαίτηση μεγάλων εκτάσεων με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά (κλίσεις) και διαμόρφωσή τους.
- Η συχνή εμφάνιση έντονων οσμών.
- Εξάρτηση από κλιματολογικούς παράγοντες.
- Παραγωγή εκροής που χρειάζεται διάθεση. (Γκορίτσας Β., 2010)



Σχήμα 4.15: Συστήματα επιφανειακής ροής. (Ανδρεαδάκης Α., 2012)

4.3.2. Συστήματα Τεχνητών Υγροβιότοπων

Ένα επιπλέον σύστημα επεξεργασίας λυμάτων είναι οι τεχνητοί υγροβιότοποι. Ουσιαστικά οι τεχνητοί υγροβιότοποι είναι τμήματα εδάφους τα οποία περιέχουν νερό και το σύνηθες βάθος τους είναι μικρότερο από 0,6 m. Στους υγροβιότοπους αναπτύσσονται διάφορα φυτά όπως: καλάμια, είδη βούρλων και διάφορα είδη ψαθιού και αφράτου.

Η φυτική βλάστηση προφέρει το βασικό υπόστρωμα ανάπτυξης των βακτηρίων και βοηθά στο φιλτράρισμα και την απορρόφηση όλων των συστατικών του επεξεργαζόμενου αποβλήτου. Η σημασία της φυτικής βλάστησης είναι πολύ μεγάλη καθώς είναι υπεύθυνη για την μεταφορά του οξυγόνου στην μάζα του νερού και για τον έλεγχο της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

Η χρήση του συστήματος των τεχνητών υγροβιότοπων αυξάνεται με την πάροδο των χρόνων διότι αποτελούν μία απλή και αποτελεσματική λύση για την δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια επεξεργασία για πολύ μικρούς οικισμούς έως 2.000 κατοίκους.

Επιπλέον μπορούν να χρησιμοποιηθούν για επιπλέον επεξεργασία των ήδη επεξεργασμένων λυμάτων και να απομακρύνουν τον οργανικό άνθρακα και τα αιωρούμενα στερεά καθώς και το άζωτο και τον φώσφορο υπό ορισμένες συνθήκες.

Τα συστήματα τεχνητών υγροβιότοπων διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- *Τεχνητοί υγροβιότοποι επιφανειακής ροής* (Free Water Surface Treatment Wetlands-FWS)
- *Τεχνητοί υγροβιότοποι υποεπιφανειακής ροής* (SubsurfaceFlow Systems-SFS)

4.3.2.1. Τεχνητοί υγροβιότοποι επιφανειακής ροής (FWS)

Η λειτουργία των FWS είναι πανομοιότυπη με αυτή των φυσικών υγροβιότοπων. Στους FWS το νερό που εφαρμόζεται ρέει επιφανειακά πάνω στο εδαφικό στρώμα και τα στερεά που έχουν ήδη καθιζάνει στο έδαφος. Το ριζικό σύστημά τους βρίσκεται στο εδαφικό υπόστρωμα, γεγονός που δημιουργεί πρόβλημα, καθώς η μεταφορά οξυγόνου διαμέσου της επιφάνειας είναι περιορισμένη λόγω της πυκνής βλάστησης. Το επιφανειακό στρώμα των FWS χαρακτηρίζεται από αερόβιες συνθήκες ενώ το πυθμενικό από αναερόβιες συνθήκες. Τυπικά τα βάθη της υγρής στήλης κυμαίνονται από λίγα μόλις cm έως και 1 m.

Οι διεργασίες που πραγματοποιούνται κατά την επεξεργασία λυμάτων στους τεχνητούς υγροβιότοπους είναι όμοιες με αυτές των φυσικών οικοσυστημάτων. Η αποδόμηση της οργανικής ύλης προκύπτει είτε μέσω αερόβιων είτε μέσω αναερόβιων διεργασιών. Η ισορροπία μεταξύ των διεργασιών αυτών εξαρτάται από το οργανικό φορτίο καθώς και από την παροχή του οξυγόνου.Για την επάρκεια του οξυγόνου για τις βιοχημικές διεργασίες απαραίτητος είναι ο επαναερισμός της υγρής στήλης. Η διοχέτευση του οξυγόνου στη στήλη νερού πραγματοποιείται με διάχυση από τον ατμοσφαιρικό αέρα μέσω της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτών στη στήλη νερού.

Τα FWS έχουν μεγάλη αντοχή σε διακυμάνσεις του υδραυλικού και του ρυπαντικού φορτίου και ταυτόχρονα έχουν πολύ χαμηλό κόστος λειτουργίας και κατασκευής. Ωστόσο δημιουργούνται σημαντικά προβλήματα οσμών και κουνουπιών τα οποία μπορούν να γίνουν φορείς μεταδόσεως νόσων σε γειτονικές περιοχές.

4.3.2.2. Τεχνητοί υγροβιότοποι υποεπιφανειακής ροής (SWS)

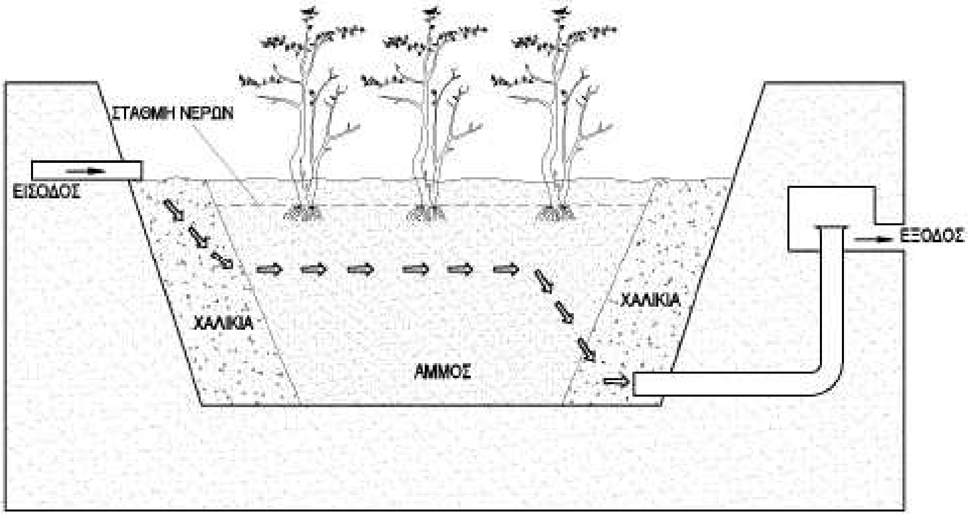
Οι τεχνητοί υγροβιότοποι υποεπιφανειακής ροής με την πορεία που ακολουθούν τα απόβλητα διερχόμενα από τον υγροβιότοπο χωρίζονται σε δύο υποκατηγορίες:

- Τεχνητοί υγροβιότοποι οριζόντιας ροής (HF)
- Τεχνητοί υγροβιότοποι κατακόρυφης ροής (VF)

Στην συνέχεια γίνεται ανάλυση των προαναφερόμενων τεχνητών υποεπιφανειακής ροής.

❖ Τεχνητοί υγροβιότοποι οριζόντιας ροής (HF)

Στην περίπτωση των τεχνητών υγροβιότοπων οριζόντιας ροής, τα απόβλητα διοχετεύονται από την μία άκρη του υγροβιότοπου και καταλήγουν στην έξοδο ακολουθώντας μια οριζόντια πορεία. Στους HF το Phragmites australis, το κοινώς λεγόμενο καλάμι, είναι το καταλληλότερο για χρήση λόγω της ικανότητας του να μεταφέρει οξυγόνο από τα φύλλα και μέσω των ριζωμάτων στις ρίζες.



Σχήμα 4.16: Τεχνητός υγροβιότοπος υποεπιφανειακής ροής.
(Ανδρεαδάκης Α., 2012)

Τα αιωρούμενα στερεά στους HF απομακρύνονται με την μέθοδο της καθίζησης που ευνοείται λόγω των μικρών ταχυτήτων ροής που επικρατούν και του μικρού βάθους του νερού, ή με την μέθοδο της διήθησης διαμέσου του εδαφικού βιολογικού φίλτρου και της φυτικής βλάστησης.

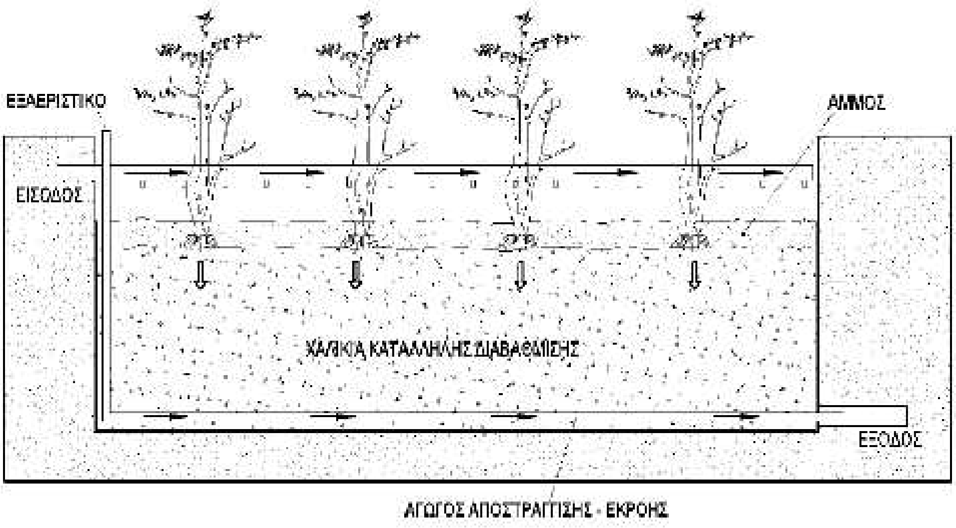
Οι HF αποτελούν σχετικά αξιόπιστα συστήματα, χαμηλού κόστους κατασκευής και λειτουργίας, με ικανοποιητική απόδοση στην απομάκρυνση του οργανικού φορτίου και των διαλυμένων στερεών. Ωστόσο αδυνατούν να επεξεργαστούν λύματα με μεγάλο οργανικό φορτίο και οι δυνατότητες του όσον αφορά την απομάκρυνση του φωσφόρου είναι περιορισμένες. Επιπλέον, απαιτούν εκτάσεις με ήπιες κλίσεις και είναι άμεσα εξαρτημένοι από τους κλιματολογικούς παράγοντες. Τέλος ανά τακτά χρονικά διαστήματα επιβάλλεται η καταστροφή της ξηρής βλάστησης έτσι ώστε να διατηρηθούν οι συνθήκες ελεύθερης ροής.

❖ Τεχνητοί υγροβιότοποι κατακόρυφης ροής (VF)

Στους τεχνητούς υγροβιότοπους κατακόρυφης ροής τα υγρά απόβλητα διέρχονται κατακόρυφα του υγροβιότοπου και συγκεντρώνονται σε ένα δίκτυο αποστράγγισης το οποίο είναι τοποθετημένο στην βάση του. Οι VF αποτελούνται από στρώσεις διαβαθμισμένων υλικών (έδαφος, άμμος, αδρανή, πλαστικά, κ.λπ.) ενώ τα καλάμια φυτεύονται στην άνω στρώση η οποία συνήθως αποτελείται από άμμο. Οι στρώσεις αυτές αποστραγγίζουν πλήρως και επιτρέπουν την είσοδο του αέρα ανάμεσα στους πόρους των υλικών.

Η επόμενη δόση υγρών αποβλήτων που θα διέλθει στον υγροβιότοπο παγιδεύει τον αέρα στους πόρους, που σε συνδυασμό με τον αερισμό που δημιουργείται από την απότομη εφαρμογή της δόσης δημιουργεί άριστες συνθήκες οξυγόνωσης, διάσπασης του οργανικού φορτίου και νιτροποίησης.

Οι VF αποδίδουν ικανοποιητικά όσον αφορά την απομάκρυνση των διαλυμένων στερεών και του οργανικού φορτίου, ενώ ταυτόχρονα είναι αξιόπιστοι και έχουν χαμηλό κόστος κατασκευής και λειτουργίας. Ωστόσο υστερεί στην επεξεργασία λυμάτων με μεγάλο οργανικό φορτίο και η απομάκρυνση του φωσφόρου είναι περιορισμένη. Επιπλέον απαιτεί εκτάσεις με ήπιες κλίσεις και είναι απαραίτητη η καταστροφή της ξηρής βλάστησης ανά τακτά χρονικά διαστήματα έτσι ώστε να διατηρηθούν οι συνθήκες ελεύθερης ροής. Τέλος η εξάρτηση από τους κλιματολογικούς παράγοντες είναι ισχυρή. (Γκορίτσας Β., 2010)



Σχήμα 4.17: Τεχνητός υγροβιότοπος κατακόρυφης υποεπιφανειακής ροής. (Ανδρεαδάκης Α., 2012)

4.3.3. Μέθοδος ριζικού συστήματος (ROOT ZONE METHOD)

Η μέθοδος ριζικού συστήματος αποτελεί τον συνδυασμό των δύο προαναφερόμενων μεθόδων, δηλαδή των τεχνητών υγροβιοτόπων και των φυσικών εδαφικών συστημάτων επεξεργασίας.Η λειτουργία τους βασίζεται στη συνέργια τριών παραμέτρων: του μόνιμα υδατοκορεσμένου χώματος, της φυτείας των ελοφύτων (Phragmites australis) και των μικροοργανισμών μέσα στο χώμα.

Οι εγκαταστάσεις θα πρέπει να έχουν κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστηκά. Αρχικά κατασκευάζονται σε βάθος 0.6-0.8 m και μονώνονται με ειδική μεμβράνη για προστασία του υδροφόρου ορίζοντα. Επιπλέον, σύμφωνα με τις ανάγκες καθαρισμού χρησιμοποιούνται κατάλληλα υβρίδια του είδους Phragmites australis. Μέσω των φυτών, αφενός δραστηριοποιείται η βιοκοινωνία των μικροοργανισμών, αφετέρου μεταφέρεται το απαιτούμενο οξυγόνο στο χώμα για τις βιοχημικές διεργασίες που συντελούνται στον αντιδραστήρα της εδαφικής κλίνης καθαρισμού.

Με την Μέθοδο του Ριζικού Συστήματος συντελούνται εκτός του δευτεροβάθμιου καθαρισμού, φυσικές και χημικές διεργασίες που εγγυώνται και το προχωρημένο στάδιο επεξεργασίας, όπως νιτροποίηση και απονιτροποίηση, συγκράτηση στο χώμα φωσφόρου, θείου και βαρέων μετάλλων. Επίσης καταστρέφονται παθογόνοι μικροοργανισμοί και ιοί.

Η Μέθοδος εφαρμόζεται για καθαρισμό αστικών λυμάτων και βιομηχανικών υγρών αποβλήτων παγκοσμίως. Οι απαιτήσεις ανά Ισοδύναμο Κατοίκου κυμαίνονται ανάλογα με τις ανάγκες καθαρισμού σε 2-5 m^2 ανά Ι.Κ.

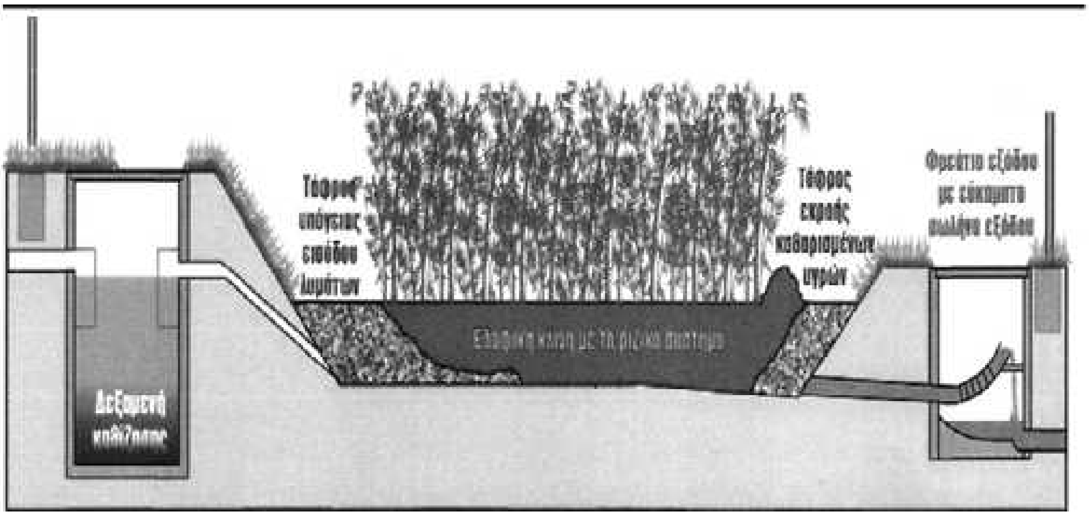
Τα πλεονεκτήματα της Μεθόδου του Ριζικού Συστήματος είναι:

- Υψηλή απόδοση καθαρισμού
- Αυτορυθμιζόμενη λειτουργία μετά την ρύθμισης της εγκατάστασης (1-3 έτη)
- Απουσία δευτερογενούς ιλύος

- Απουσία οσμών λόγω της υπεδάφιας διέλευσης λυμάτων
- Πολύ χαμηλή απαίτηση ενέργειας και πολύ μικρό κόστος λειτουργίας και συντήρησης
- Μεγάλη διάρκεια ζωής των εγκαταστάσεων
- Αρμονική προσαρμογή των εγκαταστάσεων στο φυσικό τοπίο

Τα μειονεκτήματα της Μεθόδου του Ριζικού Συστήματος είναι:

- Υψηλές απαιτήσεις σε έκταση της τάξεως των 2-5 m^2 ανά Ι. Κ.
- Η μελέτη και κατασκευή των εγκαταστάσεων απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις
- Η παρακολούθηση της λειτουργίας απαιτεί άτομο ικανό να αντιληφθεί μεταβολές που απαιτούν άμεση παρέμβαση για λήψη μέτρων.



Σχήμα 4.18: Τεχνική διάταξη της Μεθόδου του Ριζικού Συστήματος. (Ανδρεαδάκης Α., 2012)

4.3.4. Συστήματα επιπλεόντων υδρόχαρων φυτών

Τα συστήματα επιπλεόντων υδρόχαρων φυτών είναι στην ουσία ένας τεχνητός υγροβιότοπος. Ωστόσο έχουν μία βασική διαφορά όσον αφορά την φυτική βλάστηση. Στην περίπτωση των υδρόχαρων φυτών τα φυτά είναι επιπλέοντα είδη όπως ο υάκινθος του νερού (Eichhornia crassipes) αλλά και διάφορα είδη της οικογένειας Lemnaceae.

Τα συστήματα των υδρόχαρων φυτών έχουν την ιδιότητα να μετατρέπουν τις υπάρχοντες διαλυμένες ανόργανες ουσίες σε φυτική μάζα, ενώ παράλληλα βοηθούν στην συσσωμάτωση και την συγκράτηση των αιωρούμενων στερεών. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση του BOD, του αζώτου και διάφορων μετάλλων.

Ανάλογα με το επίπεδο του διαλυμένου οξυγόνου και την μέθοδο αερισμού της δεξαμενής τα συστήματα χωρίζονται σε:

- ✓ Αερόβια (μη αεριζόμενα)
- ✓ Αερόβια (αεριζόμενα)
- ✓ Επαμφοτερίζοντα αναερόβια

Πλεονεκτήματα συστημάτων υδρόχαρων φυτών:

- Χαμηλό κόστος κατασκευής
- Χαμηλό λειτουργικό κόστος
- Αποτελεσματική απομάκρυνση του οργανικού φορτίου

Μειονεκτήματα συστήματος υδρόχαρων φυτών:

- Μεγάλες απαιτήσεις σε έκταση
- Μεγάλη εξάρτηση από τους κλιματολογικούς παράγοντες
- Πιθανό πρόβλημα οσμών και εντόμων
- Δυσκολία στην διάθεση των υδρόχαρων φυτών για χρήση σαν λίπασμα-ζωοτροφή

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε πως είναι αναγκαία η περιοδική συγκομιδή μέρους των υδρόχαρων φυτών. Ωστόσο η συχνότητα των συγκομιδών είναι άμεσα εξαρτημένη με την ταχύτητα ανάπτυξης των φυτών αλλά και της επίδρασης των αρπακτικών εντόμων. Επιπλέον η συγκομιδή τους μπορεί να αξιοποιηθεί καθώς τα υδρόχαρα φυτά χρησιμοποιούνται σαν λίπασμα ή ζωοτροφές εφόσον το επιτρέπει η τοξικότητα τους. (Γκορίτσας Β., 2010 ; Ανδρεαδάκης Α., 2012)

4.3.5. Τεχνητές λίμνες

Οι τεχνητές λίμνες είναι ίσως το πιο διαδεδομένο από τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας αποβλήτων. Συνήθως έχουν την μορφή χωμάτινης λεκάνης στην οποία εναποτίθενται τα λύματα, τα αστικά τις περισσότερες φορές και σπάνια τα βιομηχανικά, έτσι ώστε να υποστούν επεξεργασία.

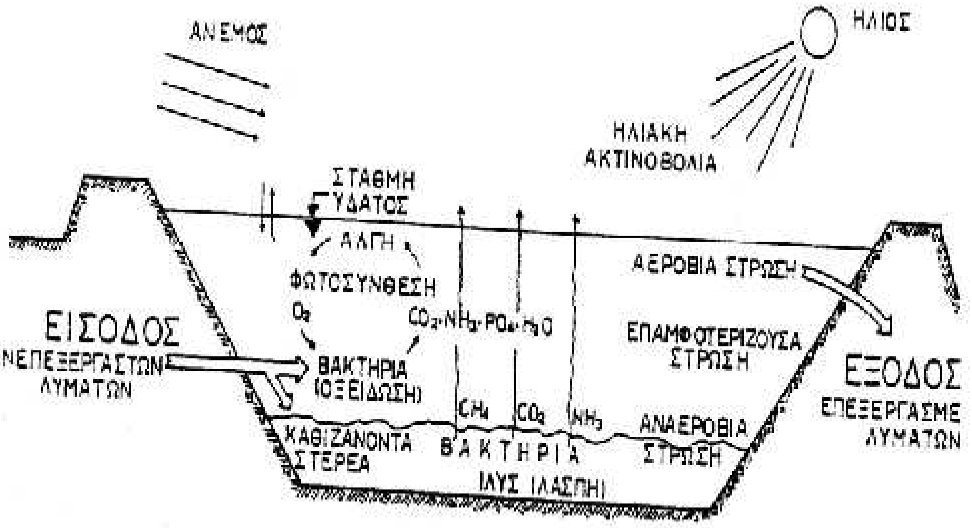
Ανάλογα με το πόσο συχνά εκκενώνεται μια τεχνητή λίμνη κατηγοριοποιείται ως εξής:

- *Λίμνες ολικού περιεχομένου*: η εφαρμογή τους είναι κατάλληλη μόνο σε κλίματα στα οποία η συνολική εξάτμιση σε ετήσια βάση ξεπερνά τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα.
- *Λίμνες ελεγχόμενης εκκένωσης*: είναι παρόμοιες με τις λίμνες ολικού περιεχομένου και εκκενώνονται υπό κατάλληλες συνθήκες μια ή δύο φορές τον χρόνο.
- *Υδρογραφικά ελεγχόμενης εκροής λίμνες*: αποτελούν παραλλαγή των λιμνών ελεγχόμενης εκκένωσης και η ταχύτητα εκκένωσής τους είναι συμπληρωματική της ταχύτητας ροής δεδομένων υδατορευμάτων.
- *Λίμνες συνεχούς εκκένωσης*: η εκροή τους είναι ίση με την εισροή του αποβλήτου, υπολογίζοντας ταυτόχρονα την εξάτμιση και την διήθηση στην περιοχή τις λίμνης.

Βασικό πλεονέκτημα των τεχνητών λιμνών είναι το χαμηλό λειτουργικό και κατασκευαστικό τους κόστος ενώ παράλληλα μπορεί να ρυθμιστεί η εκροή και να σταθεροποιηθούν οι μεταβολές του οργανικού φορτίου. Ωστόσο, η μεγάλη έκταση που απαιτεί, οι πιθανές οχλήσεις και οσμές, και η ισχυρή εξάρτηση από τις κλιματολογικές συνθήκες είναι τα μεγαλύτερα μειονεκτήματα συμπεριλαμβάνοντας και την υψηλή συγκέντρωση των αιωρούμενων στερεών της εξόδου.

Οι τεχνητές λίμνες εκτός από την συχνότητα εκκένωσης ταξινομούνται και ανάλογα με το βάθος τους και τις βιολογικές διεργασίες που διενεργούνται σε αυτές. Έτσι κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- ✓ *Επαμφοτερίζουσες τεχνητές λίμνες*
- ✓ *Αερόβιες τεχνητές λίμνες*
- ✓ *Αναερόβιες τεχνητές λίμνες*
- ✓ *Αεριζόμενες τεχνητές λίμνες*



Σχήμα 4.19: Διάταξη αρχή λειτουργίας τεχνητής λίμνης. [11]

4.3.5.1. Επαμφοτερίζουσες τεχνητές λίμνες

Οι επαμφοτερίζουσες τεχνητές λίμνες αποτελούν τον επικρατέστερο τύπο τεχνητών λιμνών. Απαραίτητη προϋπόθεση για να εισέλθουν τα λύματα στις επαμφοτερίζουσες τεχνητές λίμνες είναι να έχουν υποστεί προεπεξεργασία (εσχάρωση ή καθίζηση).

Ένα σύστημα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων με επαμφοτερίζουσες λίμνες αποτελείται από τρεις ή περισσότερες λίμνες οι οποίες είναι τοποθετημένες σε σειρά ή παράλληλα. Η σε σειρά τοποθέτησή τους επιτυγχάνει την υψηλή απομάκρυνση BOD και παθογόνων μικροοργανισμών και ταυτόχρονα χαμηλότερη θολότητα από εκείνη του παράλληλου συστήματος λόγω της μικρότερης συγκέντρωσης αλγών. Το παράλληλο σύστημα χρησιμοποιείται για την ομοιόμορφη διανομή της παροχής και απομάκρυνσης στερεών.

Οι λίμνες αποτελούνται από τρεις βασικές ζώνες:

1. Την επιφανειακή ζώνη στην οποία συμβιώνουν αερόβια οι μικροοργανισμοί και τα μικροφύκια.
2. Την ενδιάμεση ζώνη η οποία είναι επαμφοτερίζουσα και η αποδόμηση της ύλης γίνεται από επαμφοτερίζοντες μικροοργανισμούς.
3. Την αναερόβια ζώνη του πυθμένα στην οποία τα στερεά που έχουν συγκεντρωθεί αποσυντίθενται κάτω από αναερόβιες συνθήκες.

Εικόνα 4.5:Επαμφοτερίζουσα λίμνη. [11]

Η χρήση των επαμφοτεριζουσών λιμνών απομακρύνει ικανοποιητικά το οργανικό φορτίο και τους παθογόνους μικροοργανισμούς. Αποτελούνται από απλό κατασκευαστικό και λειτουργικό σύστημα με μικρές απαιτήσεις συντήρησης και χαμηλό λειτουργικό και κατασκευαστικό κόστος. Δεν απαιτεί μηχανολογικό εξοπλισμό και η ενεργειακή του κατανάλωση είναι αμελητέα.

Ωστόσο, ένα τέτοιο σύστημα απαιτεί μεγάλες εκτάσεις. Επίσης υπάρχουν μεγάλες πιθανότητες ανάπτυξης εντόμων και η απόδοσή του εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις κλιματολογικές συνθήκες.

4.3.5.2. Αερόβιες τεχνητές λίμνες

Το βάθος των αερόβιων λιμνών κυμαίνεται από 0.3 έως 0.6 m. Ο αερισμός διενεργείται με φωτοσυνθετικά άλγη και με επιφανειακό επαναερισμό με την βοήθεια του ανέμου. Στις λίμνες επιτυγχάνεται συνήθως μίξη με επανακυκλοφορία, ώστε να διατηρείται η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου σε όλο το βάθος της λίμνης. Ο συγκεκριμένος τύπος λιμνών χρησιμοποιείται κυρίως για την τριτοβάθμια επεξεργασία των λυμάτων και προϋποθέτει την προηγούμενη δευτεροβάθμια επεξεργασία τους.

4.3.5.3. Αναερόβιες τεχνητές λίμνες

Οι αναερόβιες τεχνητές λίμνες έχουν βάθος από 2.5 έως 5.0 m, ενώ ταυτόχρονα έχουν πολύ μικρή επιφάνεια συγκριτικά με τον συνολικό τους όγκο. Τα υγρά απόβλητα εισρέουν στον πυθμένα της λίμνης όπου και παραμένουν για 20-50 ημέρες. Η χρήση τους συνίσταται κυρίως σε περιπτώσεις βαριάς βιομηχανίας καθώς και αποβλήτων με υψηλό οργανικό φορτίο. Η βιολογική τους δραστηριότητα είναι στενά συνδεδεμένη με την θερμοκρασία. Σε ιδιαίτερα ψυχρές περιοχές η επιφάνεια των λιμνών καλύπτεται είτα με φυσικά υλικά όπως λίπη και έλαια από τα απόβλητα, είτε με τεχνητό τρόπο δηλαδή πλαστικά ή άλλα υλικά που θα εξασφαλίσουν την διατήρηση της θερμοκρασίας στην λίμνη.

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης των αναερόβιων λιμνών είναι παρόμοια με εκείνα των επαμφοτεριζουσών λιμνών αν εξαιρέσουμε τις απαιτήσεις σε εκτάσεις. Ωστόσο λόγω της έκλυσης δυσάρεστων οσμών είναι αναγκαίο η οριοθέτηση τους να είναι σε αρκετά μεγάλη απόσταση από τις κατοικίες. Επιπλέον για την μείωση των οσμών ίσως υπάρξει ανάγκη ανακυκλοφορίας της εκροής.

4.3.5.4. Αεριζόμενες τεχνητές λίμνες

Οι αεριζόμενες τεχνητές λίμνες έχουν βάθος από 2 έως 5 m. Η οξυγόνωση πραγματοποιείται είτε με μηχανικούς επιφανειακούς αεριστήρες, είτε με διαχυτήρες, ενώ με τον ανάλογο προσφερόμενο αέρα μπορεί να έχουν και αναερόβιο τμήμα. Τα υγρά απόβλητα παραμένουν από 3 έως 6 ημέρες. Μία λίμνη καθίζησης με 0,5 έως 1,0 ημέρα χρόνο παραμονής, συνήθως αποτελεί την τελευταία σε μια σειρά τέτοιων λιμνών. Ο αριθμός των λιμνών σε σειρά κυμαίνεται από τρεις έως πέντε ή και περισσότερες. Γενικά η επεξεργασία θεωρείται ικανοποιητική όταν οι εκλαμβανόμενες εκροές έχουν BOD_5 το οποίο κυμαίνεται από 20 έως 40 mg/l και αιωρούμενα στερεά 20-60mg/l.

Στις λίμνες αερισμού δεν απαιτούνται μεγάλες εκτάσεις και το φαινόμενο των οσμών δεν είναι τόσο έντονο. Ωστόσο, λόγω της αυξημένης παραγωγής ιλύος έχουμε ταχεία πλήρωση του πυθμένα τους από ιλύ με αποτέλεσμα να υπάρχει αναγκαιότητα απομάκρυνσης της ιλύος κάθε 2-5 χρόνια, ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ

5.1.ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΜΟΝΑΔΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΟΙΚΙΣΜΟΥ 12.000 ΚΑΤΟΙΚΩΝ

Η παρούσα μελέτη αφορά το σχεδιασμό συστήματος βιολογικού καθαρισμού για οικισμό 12.000 κατοίκων. Επιλέχθηκε ως καταλληλότερο σύστημα, για την κάλυψη των αναγκών των κατοίκων καθώς και τις αυξομοιώσεις του πληθυσμού ανά εποχή, το σύστημα παρατεταμένου αερισμού. Τα δεδομένα σχεδιασμού λήφθηκαν από την ήδη υπάρχουσα νομοθεσία, η οποία παρατίθεται στο Παράρτημα της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Επιπλέον θα πρέπει να σημειωθεί ότι η μελέτη πραγματοποιήθηκε βάσει των ήδη εκπονημένων μελετών από τους Μαρκαντωνάτος Μ. (1990), Τσεκούρα Β. & Φλίατουρα Α. (2002), Γρηγοροπούλου Ε. (2002) και Βλυσίδη Α. (2004).

ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

- *Έκταση της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων:* η Ε.Ε.Λ. θα πρέπει να κατασκευαστεί σε έκταση της ιδιοκτησίας του δήμου. Τα όρια της έκτασης καθορίζονται από το Δημοτικό Συμβούλιο σύμφωνα με την μελέτη, το οποίο παραχωρεί και την έκτασή της.

- *Διαμόρφωση εγκατάστασης:* πρέπει να πραγματοποιηθούν εκσκαφές και επιχωματώσεις της έκτασης. Τα ακριβή μεγέθη των εργασιών που πρέπει να πραγματοποιηθούν οριστικοποιούνται έπειτα από σχετικές μελέτες.

- *Προσαγωγή και Διάθεση των Λυμάτων:* η προσαγωγή πραγματοποιείται μέσω αγωγού μεταφοράς, από το δίκτυο της πόλης.

- *Αντικείμενο Επεξεργασίας:* η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων προβλέπεται να επεξεργάζεται αποκλειστικά τα λύματα του οικισμού και τα βοθρολύματα. Όσον αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των λυμάτων ακολουθεί ο πίνακας 5.1 στον οποίο δίδονται στοιχεία προερχόμενα από στατιστικά βιβλιογραφικά δεδομένα.

- *Διάθεση παραπροιόντων:* η αφυδατωμένη ιλύς, τα εσχαρίσματα του έργου εσχάρωσης καθώς και η άμμος του έργου εξάμμωσης θα μεταφέρονται με ευθύνη του Δήμου σε χώρο υγειονομικής διάθεσης.

- *Μέθοδος Επεξεργασίας – Παραδοχές σχεδιασμού:* η μέθοδος επεξεργασίας που επιλέξαμε θα βασίζεται υποχρεωτικά σε σύστημα παρατεταμένου αερισμού με πλήρη αποσταθεροποίηση της ιλύος, με βιολογική απονιτροποίηση και βιολογική αποφωσφόρωση. Επίσης, θα γίνεται επιπρόσθετη αφαίρεση του φωσφόρου με χημική κατακρήμνιση και μονάδα διήθησης.

- *Απαιτούμενα Χαρακτηριστικά Εκροής:* τα χαρακτηριστικά εκροής των λυμάτων πρέπει να ικανοποιούν τα standards της πρότασης οδηγίας της ΕΟΚ 91/271. Στην παρούσα μελέτη ελήφθησαν ως υποχρεωτικά τα όρια εκροής των επεξεργασμένων λυμάτων που παρατίθενται στον Πίνακα 5.2.

Παράμετρος	Μονάδα	Έτος
Ισοδύναμος πληθυσμός:	Άτομα	≥ 12.000
Παροχές ακαθάρτων (και παρασιτικών εισροών)		
Μέγιστη ημερήσια παροχή	m^3/d	1600-4000
Παροχή ακαθάρτων αιχμής	Lit/sec	60-100
Θερμοκρασία	20^o C	
Ρυπαντικό φορτίο		
Οργανικό φορτίο BOD_5	kg/d	480-1200
Αιωρούμενα Στερεά SS	kg/d	560-1400
Ολικό Άζωτο TKN	kg/d	120-300
Φωσφόρος	kg/d	24-60
Ποσοστό Εξαερώσιμων στερεών (VSS)		65% του συνόλου των SS
Ποσοστό μη Εξαερώσιμων στερεών (FSS)		35% του συνόλου των SS
Συγκέντρωση κολοβακτηριδίων στην είσοδο των ΕΕΛ:		$30*10^6$ FC/100ml

Πίνακας 5.1: Δεδομένα Σχεδιασμού.

Χαρακτηριστικά	Τιμές
BOD_5	< 20 mg/lit
COD	< 80 mg/lit
SS	< 25 mg/lit
Ολικό Άζωτο	< 10 mg/lit
Αμμωνιακό Άζωτο	< 2 mg/lit
Φώσφορο	< 5 mg/lit
Λίπη και έλαια	= 0
Επιπλέοντα στερεά	= 0
Καθιζάνοντα στερέα	< 0.3 mg/lit

Πίνακας 5.2: Χαρακτηριστικά και τιμές σχεδιασμού.

Η ιλύς θα πρέπει να υφίσταται πλήρη σταθεροποίηση και θα πρέπει να έχει μέση ημερήσια συγκέντρωση στερεών μεγαλύτερη από 20% σε βάρος ξηρών στερεών. Επιπλέον, θα πρέπει να εξασφαλίζεται απολύμανση ώστε το 80% των δειγμάτων στην έξοδο να εμφανίζουν συγκέντρωση ως προς τα κολοβακτήρια περιττωμάτων μικρότερη των 100 (FC)/100ml.

5.2.ΓΕΝΙΚΗ ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟ ΤΙΣ ΟΠΟΙΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ

Η προβλεπόμενη μέθοδος επεξεργασίας είναι αυτή της Ενεργού Ιλύος με Παρατεταμένο Αερισμό (Extended Aeration Activated Sludge) με ταυτόχρονη πλήρη αποσταθεροποίηση της ιλύος και με βιολογική απονιτροποίηση και βιολογική αποφωσφόρωση. Οι επιμέρους μονάδες επεξεργασίας που περιλαμβάνονται είναι οι εξής:

- **Μονάδα Υποδοχής και Επεξεργασίας Βοθρολυμάτων** η οποία αποτελείται από:

    - Το έργο υποδοχής βοθρολυμάτων
    - Το έργο εσχάρωσης
    - Την δεξαμενή αερισμού
    - Το έργο άντλησης
    - Το σύστημα απόσμησης

- **Μονάδα Προεπεξεργασίας Λυμάτων** η οποία αποτελείται από:

    - Το φρεάτιο υποδοχής
    - Το έργο εσχάρωσης
    - Το έργο εξάμμωσης

- **Μονάδα Βιολογικής Επεξεργασίας** η οποία αποτελείται από:

    - Το φρεάτιο διανομής προς τις μονάδες βιολογικής επεξεργασίας
    - Τις δεξαμενές αποφωσφόρωσης
    - Τις δεξαμενές απονιτροποίησης δεξαμενές αερισμού
    - Τις δεξαμενές καθίζησης
    - Τα αντλιοστάσια ανακυκλοφορίας των νιτρικών
    - Το αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας και περίσσειας ιλύος

- **Μονάδα επεξεργασίας ιλύος** η οποία αποτελείται από:

    - Το κτίριο επεξεργασίας και αποθήκευσης ιλύος
    - Τον εξοπλισμό πάχυνσης και αφυδάτωσης της ιλύος
    - Το συγκρότημα προετοιμασίας και δοσομέτρησης του ηλεκτρολύτη
    - Τον εξοπλισμό μεταφοράς και φόρτωσης της ιλύος

- **Μονάδα Διήθησης και Απολύμανσης** η οποία αποτελείται από:

    - Τον μετρητή παροχής
    - Τη μονάδα κροκκίδωσης
    - Τη μονάδα διήθησης
    - Τη μονάδα απολύμανσης

Τα λύματα της εξυπηρετούμενης περιοχής οδηγούνται σε πιεζοθραυστικό φρεάτιο στην αρχή της μονάδας εσχάρωσης η οποία αποτελείται από μία αυτόματη και μία χειροκαθαριζόμενη εσχάρα. Τα εσχαρίσματα που συλλέγονται μεταφέρονται με ένα μεταφορικό κοχλία και αποθηκεύονται σε κάδους. Από την εσχάρωση τα λύματα οδηγούνται στην μονάδα εξάμμωσης – απολίπανσης.

Η εν λόγω μονάδα είναι εξοπλισμένη από μία παλινδρομική γέφυρα, η οποία ανάλογα με την φορά κίνησής της απομακρύνει τα λίπη και την καθιζάνουσα άμμο. Τα λίπη αποθηκεύονται σε δεξαμενή αποθήκευσης, ενώ η άμμος αφού αφυδατωθεί αποθηκεύεται σε κάδους. Έπειτα, περιοδικά απομακρύνονται με βυτιοφόρο προς τον σκουπιδότοπο. Τα υγρά στραγγίδια που προκύπτουν από την αφυδάτωση της άμμου οδηγούνται μέσω του δικτύου στραγγιδίων στη δεξαμενή βοθρολυμάτων. Στην συνέχεια τα λύματα εισέρχονται στον βιολογικό αντιδραστήρα. Η βιολογική βαθμίδα περιλαμβάνει έναν δίδυμο βιολογικό αντιδραστήρα. Κάθε αντιδραστήρας περιλαμβάνει μία δεξαμενή αποφωσφόρωσης, μία δεξαμενή απονιτροποίησης και μία δεξαμενή αερισμού. Η έξοδος του ανάμεικτου υγρού από κάθε δεξαμενή αερισμού γίνεται μέσω διάταξης κατάλληλων φρεατίων στον μεριστή παροχής των δεξαμενών καθίζησης.

Στις κυκλικού τύπου δεξαμενές καθίζησης, καθιζάνει η βιολογική ιλύς, ενώ το υπερκείμενο διαυγές νερό υπερχειλίζει σε κανάλι και ακολούθως με κοινό αγωγό οδηγείται στην μονάδα Διήθησης. Η όδευση του επεξεργασμένου πλέον νερού προς την μονάδα διήθησης γίνεται δια βαρύτητας. Η μονάδα διήθησης αποτελείται από μία μονάδα κροκκίδωσης εντός της οποίας γίνεται προσθήκη χημικών ουσιών, για να επιτευχθεί η κροκκίδωση των κολοειδών και αιωρούμενων στερεών και δύο φίλτρα με αυτοκαθαριζόμενα πλέγματα ώστε να συγκρατούνται τα αιωρούμενα στερεά. Το διυλιμένο νερό αποχετεύεται στην μονάδα απολύμανσης. Η μονάδα απολύμανσης αποτελείται από μία ορθογωνική δεξαμενή με ενδιάμεσα τοιχεία ώστε να δημιουργούνται μαίανδροι. Στην μονάδα γίνεται πρόσθεση υποχλωριώδες νατρίου και τα λύματα διοχετεύονται στον αποδέκτη.

Η περίσσεια ιλύος αντλείται με το αντλιοστάσιο περίσσειας ιλύος προς την μονάδα αφυδάτωσης. Η ιλύς εισέρχεται σε στατικό αναμίκτη όπου προστίθεται πολυηλεκτρολύτης για την κροκκίδωσή της και ακολούθως διοχετεύεται για αφυδάτωση σε φυγοκεντρικό διαχωριστήρα. Τέλος, η αφυδατωμένη πια ιλύς, μέσω μεταφορικού κοχλία απομακρύνεται και φορτώνεται σε φορτηγό για την μεταφορά της στο χώρο διάθεσης.

5.3.ΜΟΝΑΔΑ ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΒΟΘΡΟΛΥΜΑΤΩΝ

Το έργο υποδοχής των βοθρολυμάτων περιλαμβάνει τα εξής βασικά στάδια:

- **Δεξαμενή Υποδοχής των Βοθρολυμάτων**

Για την παραλαβή του μέσου ημερήσιου όγκου των βοθρολυμάτων και την ομαλή τροφοδοσία των στην κύρια γραμμή επεξεργασίας θα κατασκευαστεί δεξαμενή ελάχιστου ωφέλιμου όγκου 120 m^3. Εντός αυτής της δεξαμενής θα καταλήγει και ο αγωγός στραγγιδίων. Επιπλέον, για την μέτρηση της στάθμης της δεξαμενής θα τοποθετηθεί μετρητής υπερήχων ο οποίος θα διαθέτει ένδειξεις και δύο τουλάχιστον στάθμες συναγερμού.

- **Εσχαρισμός**

Τα βοθρολύματα πριν εισέλθουν στη δεξαμενή θα διέρχονται από αυτοκαθαριζόμενη ανοξείδωτη εσχάρα πλάτους 0,6 m με διάκενα 15 mm προκειμένου να προστατευθούν οι αντλίες. Τόσο η εσχάρα όσο και οι σχετικοί κάδοι συλλογής των στερεών θα εγκατασταθούν μέσα στο κτίριο.

- **Σύστημα Ανάμιξης και Αερισμού**

Το σύστημα ανάμιξης και προαερισμού θα γίνεται με συγκρότημα φυσητήρων-διαχυτήρων και ενός υποβρύχιου αναδευτήρα. Θα εγκατασταθούν συνολικά δύο φυσητήρες παροχής 150 m^3/h για να ρυθμίζεται ανάλογα με την στάθμη των υγρών η προσδιδόμενη παροχή αέρα. Επιπλέον, θα τοποθετηθεί ένα υποβρύχιο mixer το οποίο θα ενεργοποιείται όταν η στάθμη των υγρών είναι χαμηλή.

- **Αντλιοστάσιο Βοθρολυμάτων**

Με στόχο την ομαλή παροχέτευση των βοθρολυμάτων θα τοποθετηθούν δύο αντλίες παροχής 30 m^3/H σε μανομετρικό λειτουργίας 9 m. Οι αντλίες θα είναι ρυθμιζόμενης παροχής μέσω inverters και με την απαραίτητη αντιδιαβρωτική προστασία.

- **Απόσμηση**

Απαραίτητη είναι η εγκατάσταση συγκροτήματος ανοξείδωτων αεραγωγών που θα οδηγεί τον αέρα σε μονάδα απόσμησης που θα είναι τύπου ενεργού άνθρακα. Η μονάδα θα είναι δυναμικότητας 2100 m^3/h.

5.4. ΜΟΝΑΔΑ ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ

Το έργο προεπεξεργασίας λυμάτων περιλαμβάνει τα εξής βασικά στάδια:

- **Έργο Άφιξης**

Τα ανεπεξέργαστα λύματα της εξυπηρετούμενης από το αποχετευτικό δίκτυο περιοχής θα οδηγούνται στο φρεάτιο εισόδου. Το φρεάτιο είναι σχεδιασμένο για να λειτουργήσει σαν θάλαμος φόρτισης των καναλιών εσχάρωσης. Το συγκρότημα των έργων εισόδου θα τοποθετηθεί εντός κατάλληλου κτιρίου επαρκών διαστάσεων για να αντιμετωπιστεί οποιοδήποτε πρόβλημα που θα προέλθει από την έκλυση δυσοσμίας. Παράλληλα, η εξουδετέρωση των οσμών θα πραγματοποιείται με την εξαναγκασμένη ανανέωση του αέρα του κτιρίου και την διοχέτευσή του σε φίλτρο ενεργού άνθρακα.

- **Μονάδα Εσχάρωσης**

Τα λύματα από το φρεάτιο πιεζόθραυσης θα οδηγούνται στην μονάδα Εσχάρωσης. Η εγκατάσταση της εσχάρωσης αποτελείται από μία αυτοκαθαριζόμενη εσχάρα πλάτους 0.6 m με διάκενα ράβδων 20 mm παράλληλη προς την αυτόματη και χρησιμοποιείται σε περίπτωση απενεργοποίησης της αυτόματης εσχάρας. Το πλάτος των καναλιών των εσχαρών είναι υπολογισμένο ώστε η ταχύτητα των λυμάτων για όλο το φάσμα να είναι κατώτερη των 0.5 m/sec, ενώ η ταχύτητα μέσω των ραβδών δεν θα υπερβαίνει το 1.20 m/sec με την εσχάρα φραγμένη κατά 15%.

Ανάντη και κατάντη της αυτόματης εσχάρας θα εγκατασταθούν ανοξείδωτα θυροφράγματα ορθογωνικής διατομής, με σκοπό την απομόνωση της όταν είναι απαραίτητο.

Πίσω από την αυτόματη εσχάρα θα λειτουργεί διάταξη μεταφορικού κοχλία που θα δέχεται τα εσχαρίσματα, θα τα μεταφέρει και θα τα αποθέτει σε κατάλληλα δοχεία συλλογής των εσχαρισμάτων.

Για την πλήρη εξάλειψη των εκλυόμενων οσμών η μονάδα εσχάρωσης και εξάμμωσης εγκαθίστανται εντός του κτιρίου το οποίο διαθέτει μονοράγα με βαρούλκο δυναμικότητας 2 tn για την διακίνηση του εξοπλισμού σε περίπτωση συντήρησης ή βλάβης. Η εξουδετέρωση των οσμών θα πραγματοποιείται με την ανανέωση του αέρα του κτιρίου με την αναρρόφηση μέσω ενός φυγοκεντρικού αεριστήρα και την διοχέτευση του φίλτρου σε ενεργό άνθρακα.

Συνοψίζοντας, για να ολοκληρωθεί επιτυχώς η διεργασία της εσχάρωσης απαραίτητα είναι τα εξής:

- ✓ *Αυτόματη εσχάρα* (1 τεμάχιο)
- ✓ *Μεταφορικός κοχλίας εσχαρισμάτων* (1 τεμάχιο)

❖ Εξάμμωση – Απολίπανση

Μετά την εσχάρωση κατασκευάζεται ένας επιμήκης αεριζόμενος αμμοσυλλέκτης-λιποσυλλέκτης ωφέλιμου μήκους 11,6 m στον οποίο διαχωρίζονται οι κόκκοι της άμμου από τα λύματα, ενώ συλλέγονται σε πλευρικό χώρο τα επιπλέοντα και τα λίπη. Η γεωμετρία του εξαμμωτή είναι τέτοια ώστε να επιτυγχάνεται πλήρως η σπειροειδής κίνηση του αέρα (SPIRAL ROLL) με σταθερή επιμήκη ταχύτητα 0,3 m/sec σε κάθε συνθήκη ροής και σε όλη την διατομή της δεξαμενής.

Η έξοδος των λυμάτων από τον εξαμμωτή θα γίνεται με έναν ανοξείδωτο υπερχειλιστή λεπτής στέψης μήκους 1,5 m ώστε η διακύμανση της ελεύθερης στάθμης του υγρού στη δεξαμενή να μην δημιουργεί προβλήματα στην σάρωση των λιπών και να μην δημιουργείται μεγάλη διακύμανση στην επιμήκη ταχύτητα των 0,3 m/sec. Η δεξαμενή θα απομονώνεται ανάντη με ανοξείδωτο χειροκίνητο θυρόφραγμα ώστε να είναι δυνατή η συντήρηση και ο καθαρισμός της.

Οι βασικές διεργασίες που αποτελούν την διαδικασία της εξάμμωσης είναι οι εξής:

- Αερισμός
- Απομάκρυνση άμμου-λιπών
- Απομάκρυνση και διαχωρισμός άμμου
- Απομάκρυνση λιπών – επιπλεόντων

Για να ολοκληρωθεί επιτυχώς η διεργασία της εξάμμωσης είναι απαραίτητα τα εξής:

- ✓ *Παλινδρομική Γέφυρα* (1 τεμάχιο)
- ✓ *Αντλία άμμου* (1 τεμάχιο)
- ✓ *Διαχωριστής άμμου* (1 τεμάχιο)
- ✓ *Φυσητήρες διαχυτήρων εξάμμωσης* (2 τεμάχια εκ των οποίων το 1 εφεδρικό)

❖ Μεριστής Παροχής προς τις Δεξαμενές Βιολογικής Επεξεργασίας και By – Pass

Στον μεριστή παροχής οδηγούνται τα λύματα από την προεπεξεργασία. Εκεί πραγματοποιείται η ισοκατανομή της παροχής στις δύο γραμμές βιολογικής επεξεργασίας. Το φρεάτιο μερισμού περιλαμβάνει δύο θαλάμους:

- ✓ *Τον θάλαμο εισόδου των λυμάτων.*
- ✓ *Τον θάλαμο με τα φρεάτια φόρτισης που αντιστοιχούν σε κάθε γραμμή καθώς και στην γραμμή by-pass.*

5.5. ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ

❖ Δεξαμενές Βιολογικής Αποφωσφόρωσης

Στην δεξαμενή βιολογικής αποφωσφόρωσης εισέρχονται τα λύματα από τον μεριστή καθώς και η επανακυκλοφορία της ιλύος από τις δεξαμενές καθίζησης. Η διεργασία της αποφωσφόρωσης πραγματοποιείται σε ξεχωριστές ορθογωνικές δεξαμενές. Κάθε δεξαμενή θα έχει πλάτος 4 m, μήκος 10 m και ωφέλιμο βάθος υγρών 6 m. Ο ωφέλιμος όγκος έκαστης είναι 280 m^3, ενώ η ένωση των περιμετρικών τοιχείων με τον πυθμένα γίνεται με γωνία 45^o.

Για την αιώρηση του υγρού εντός της δεξαμενής και την αποφυγή συνθηκών καθίζησης θα εγκατασταθούν δύο αργόστροφοι υποβρύχιοι αναδευτήρες (mixers) με απορροφούμενη ισχύ 1.2 KW ώστε τελικά να αποδίδεται ισχύς 10 W/m^3 υγρού δεξαμενής. Η έξοδος των υγρών προς την δεξαμενή απονιτροποίησης θα γίνεται μέσω υποβρύχιας θυρίδας.

Για την ορθή λειτουργία των δεξαμενών βιολογικής αποφωσφόρωσης χρειάζονται:

- ✓ *Υποβρύχιοι αναδευτήρες* (4 τεμάχια)

❖ Δεξαμενές Απονιτροποίησης

Στην δεξαμενή απονιτροποίησης εισρέει το ανάμικτο υγρό που εξέρχεται από την δεξαμενή αποφωσφόρωσης καθώς και η επανακυκλοφορία του ανάμικτου υγρού από την δεξαμενή αερισμού. Η διεργασία εκτελείται σε δύο ξεχωριστές ορθογωνικές δεξαμενές διαστάσεων 10 m x 10 m με ωφέλιμο βάθος υγρών 6 m και ωφέλιμου όγκου 600 m^3 περίπου.

Η δεξαμενή θα είναι εξοπλισμένη με δύο υποβρύχιους αργόστροφους αναδευτήρες με απορροφούμενη ισχύ 5 KW. Έτσι προσδίδεται ισχύς ανάδευσης 10 W/m^3. Τα τοιχία θα έχουν ολικό ύψος 6.80 m, ενώ τα σημεία ένωσης των πυθμένων θα γίνονται με γωνία 45^o. Για την επικοινωνία των δεξαμενών αποφωσφόρωσης και απονιτροποίησης θα κατασκευαστούν διάδρομοι επίσκεψης με κιγκλιδώματα προστασίας.

Για την ορθή λειτουργία των δεξαμενών απονιτροποίησης χρειάζονται:

- ✓ *Υποβρύχιοι αναδευτήρες* (4 τεμάχια)

❖ Δεξαμενές Αερισμού

Η διεργασία του αερισμού πραγματοποιείται σε δύο ξεχωριστές ορθογωνικές δεξαμενές διαστάσεων 30 m x 10 m με ωφέλιμο βάθος υγρών 6 m και συνολικό ύψος τοιχίων 6.80 m, ώστε η στέψη να είναι 0,80 m ψηλότερα από το υγρό. Ο ωφέλιμος όγκος κάθε δεξαμενής είναι περίπου 1800 m^3. Κατά συνέπεια ο συνολικός όγκος αερισμού είναι 3600 m^3. Το ανάμικτο υγρό από την δεξαμενή απονιτροποίησης θα οδηγείται μέσω υπερχειλιστή μήκους 3 m προς την δεξαμενή αερισμού. Η έξοδος της δεξαμενής αερισμού προς το φρεάτιο φόρτισης των δεξαμενών καθίζησης γίνεται μέσω υπερχειλιστή μήκους 3 m.

Σε κάθε δεξαμενή αερισμού τοποθετούνται υποβρύχιοι αναδευτήρες για να εξασφαλιστεί η ανάδευση του ανάμικτου υγρού σε κάθε συνθήκη λειτουργίας του έργου. Στο σύστημα αερισμού θα τοποθετηθούν τρεις λοβοειδούς τύπου φυσητήρες, παροχής 1500 m^3/h σε 700 mbar έκαστος. Ο αέρας δίδεται σε 600 διαχυτές λεπτής φυσαλίδος ελαστικής μεμβράνης. Όλοι οι αεραγωγοί μέσα στο νερό είναι από PVC 10 ατμοσφαίρων με ονομαστική διάμετρο Φ110.

Η ρύθμιση του συστήματος αερισμού θα πραγματοποιείται μέσω του PLC συναρτήσει της ένδειξης της τιμής του διαλυμένου οξυγόνου στην δεξαμενή αερισμού. Για την μέτρηση του DO θα εγκατασταθεί ένα όργανο μέτρησης DO. Βάσει της μέτρησης της τιμής DO και μέσω του PLC θα υπάρχουν διάφορα επίπεδα ρύθμισης της λειτουργίας των φυσητήρων που αφορούν την ρύθμιση των στροφών των φυσητήρων και την λειτουργία των αναδευτήρων.

Επιπλέον, θα εγκατασταθεί ένα όργανο μέτρησης MLSS για την ρύθμιση της λειτουργίας του αντλιοστασίου επανακυκλοφορίας ιλύος. Ωστόσο, σε περίπτωση βλάβης οποιουδήποτε μηχανήματος θα ενεργοποιείται οπτικοακουστικό σήμα στο κέντρο ελέγχου. Για την λειτουργία των δεξαμενών αερισμού απαιτούνται:

- ✓ *Αντλίες ανακυκλοφορίας ανάμικτου υγρού* (4 τεμάχια εκ των οποίων τα 2 εφεδρικά)
- ✓ *Μετρητής οξυγόνου* (2 τεμάχια)
- ✓ *Φυσητήρες* (3 τεμάχια εκ των οποίων το 1 εφεδρικό)
- ✓ *Μετρητές αιωρούμενων στερεών (*2 τεμάχια)
- ✓ *Υποβρύχιοι αναδευτήρες* (2 τεμάχια)
- ✓ *Μετρητές παροχής ανακυκλοφορίας ανάμικτου υγρού* (2 τεμάχια)

❖ Αντλιοστάσια Ανακυκλοφορίας Ανάμεικτου Υγρού

Για την επανακυκλοφορία του ανάμεικτου υγρού εξωτερικά της κάθε δεξαμενής αερισμού σε φρεάτιο, θα τοποθετηθεί αντλιοστάσιο δύο αντλιών σε κάθε δεξαμενή παροχής 560 m^3/h σε 2.5 m αργοστροφές (<1000 rpm) ρυθμιζόμενων στροφών μέσω inverter.

Σε κάθε δεξαμενή αερισμού θα εγκατασταθεί όργανο μέτρησης MLSS για την ρύθμιση της λειτουργίας του αντλιοστασίου επανακυκλοφορίας ιλύος. Η λειτουργία των αναδευτήρων καθώς και η λειτουργία των αντλιών ανακυκλοφορίας ρυθμίζονται με πρόγραμμα που υλοποιείται από το PLC. Σε κάθε περίπτωση βλάβης οποιουδήποτε μηχανήματος θα ενεργοποιείται οπτικοακουστικό σήμα κέντρου.

❖ Δεξαμενές Καθίζησης

Από τον μεριστή παροχής το ανάμεικτο υγρό οδηγείται στις δύο δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης, οι οποίες χρησιμεύουν για την διαύγαση του ανάμικτου υγρού μετά το στάδιο του αερισμού.

Θα κατασκευαστούν δύο κυκλικές δεξαμενές με διάμετρο 18 m, ωφέλιμο πλευρικό βάθος 3 m και πυθμένα κλίσης 10%. Το περιμετρικό κανάλι, στο οποίο μεταφέρεται η καθιζάνουσα στον πυθμένα της δεξαμενής ιλύς, έχει πλάτος 0,5 m, βάθος 0,6 m και κλίση 0,05%.

Ο βασικός εξοπλισμός της δεξαμενής είναι η περιστρεφόμενη γέφυρα η οποία στηρίζεται στην κεντρική κολώνα και περιλαμβάνει τα ακόλουθα μέρη:

- ✓ *Ξέστρο ιλύος* (2 τεμάχια): απομακρύνει συνεχώς την καθιζάνουσα επιπλέουσα ιλύ.
- ✓ *Κίνηση:* το σύστημα κίνησης αποτελείται από έναν ηλεκτρομειωτήρα και μία εγκατάσταση ελέγχου του τροχού κίνησης.

- ✓ *Κεντρικό έδρανο:* αποτελείται από ένα ρουλεμάν και έναν δακτυλιοφόρο για την ρευματοδότηση.
- ✓ *Ξέστρο πυθμένα:* αποτελείται από μία ή περισσότερες ενιαίες διακοπτόμενες λεπίδες απόξεσης, ενώ το κάτω άκρο κάθε ξέστρου περιλαμβάνει λαστιχένια ταινία απόξεσης.
- ✓ *Μηχανισμός απομάκρυνσης επιπλεόντων-αφρών* (2 τεμάχια): αποτελείται από λεπίδα σάρωσης των αφρών ρυθμιζόμενου ύψους και σύστημα ψεκασμού.
- ✓ *Μετρητές θολότητας* (2 τεμάχια): το αισθητήριο αυτό δίνει μετρήσεις για την καλή λειτουργία της καθίζησης.

5.6.ΜΟΝΑΔΑ ΚΡΟΚΚΙΔΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΗΘΗΣΗΣ

5.6.1. Μονάδα κροκκίδωσης

Τα λύματα καταλήγουν δια βαρύτητας από τις δεξαμενές καθίζησης σε δύο αναδευόμενες ορθογωνικές δεξαμενές όπου διενεργείται η διεργασία της κροκκίδωσης. Η πρώτη δεξαμενή είναι εξοπλισμένη με ταχύστροφο ανοξείδωτο αναδευτήρα και έχει 7 m^3 ωφέλιμο όγκο. Η δεύτερη δεξαμενή, ωφέλιμου όγκου 30 m^3, είναι εξοπλισμένη με αργόστροφο ανοξείδωτο αναδευτήρα.

- ❖ *Παρασκευή και δοσομέτρηση διαλυμάτων*

Ως κροκκιδωτικές ουσίες προτείνονται το θειικό αργίλιο $Al_2(SO_4)_3$ και ένας ανιονικός πολυηλεκτρολύτης. Οι μηχανισμοί παρασκευής και δοσομέτρησης θα στεγαστούν εντός του δωματίου του κτιρίου χλωρίωσης. Για την προετοιμασία του διαλύματος του αργιλίου θα χρησιμοποιηθεί μία αναδευόμενη δεξαμενή ωφέλιμου όγκου 5 m^3, εξοπλισμένη από ανοξείδωτο αναδευτήρα. Για την προετοιμασία του διαλύματος του πολυηλεκτρολύτη θα χρησιμοποιηθεί αυτόματο συγκρότημα παραγωγής του, δυναμικότητας 200l/h. Η δοσομέτρηση του έτοιμου διαλύματος θα γίνεται με δύο αντλίες ρυθμιζόμενης παροχής μέσω αναλογικού σήματος 0-140 l/h.

- ❖ *Παράκαμψη της μονάδος διήθησης*

Για την παράκαμψη όλης της μονάδας κροκκίδωσης – διήθησης, στην είσοδο της μονάδας κροκκίδωσης τοποθετείται θυρόφραγμα το κλείσιμο του οποίου εκτρέπει μέσω καναλιού τα λύματα προς το φρεάτιο εξόδου όλης της μονάδας και ακολούθως προς τη μονάδα χλωρίωσης.

- ❖ *Έλεγχος λειτουργίας*

Η λειτουργία των αναδευτήρων των δεξαμενών ανάμιξης και κροκκίδωσης καθώς και η λειτουργία των δοσομετρικών αντλιών κροκκίδωσης, ρυθμίζονται μέσω του υπολογιστή. Οι δεξαμενές αποθήκευσης των κροκκιδωτικών θα φέρουν δύο διακόπτες στάθμης εκ των οποίων ο πρώτος θα δίνει σήμα στο κέντρο ελέγχου για την επαναπλήρωση του δοχείου και ο δεύτερος θα διακόπτει τη λειτουργία των δοσομετρικών αντλιών.

Η μονάδα κροκκίδωσης αποτελείται από:

- ✓ *Αναδευτήρες* (2 τεμάχια, ένας βραδύστροφος και ένας αργόστροφος)
- ✓ *Δοσομετρικές αντλίες κροκκιδωτικών* (4 τεμάχια, 2 για το αργίλιο και 2 για τον πολυηλεκτρολύτη)
- ✓ *Δοχεία προετοιμασίας κροκκιδωτικών* (2 τεμάχια, 1 για το διάλυμα του αργιλίου και 1 για το διάλυμα του πολυηλεκτρολύτη).

5.6.2. Μονάδα διήθησης

Η προτεινόμενη μονάδα διήθησης αποτελείται από δύο μηχανικά φίλτρα περιστρεφόμενου τυμπάνου τα οποία έχουν διάμετρο τυμπάνου 2 m, μήκος 2,5 m και ωφέλιμη διαβρεχόμενη επιφάνεια διήθησης 11 m^2.

- ❖ *Τεχνική Περιγραφή*

Τα φίλτρα θα είναι τύπου περιστρεφόμενου τυμπάνου όπου το προς φίλτρανση υγρό διέρχεται από το εσωτερικό προς το εξωτερικό του τυμπάνου μέσω περιφερειακών πλαισίων πορώδους διηθητικού μέσου με πορώδες διάστασης οπών 40 μm. Τα πλαίσια καθώς και όλα τα μεταλλικά μέρη της κατασκευής θα είναι ειδικά κατασκευασμένα από ανοξείδωτο χάλυβα 316. Η είσοδος κάθε φίλτρου θα μπορεί να απομονώνεται μέσω θυροφράγματος απομόνωσης και το φίλτρο έτσι παρακάμπτεται. Το υγρό διερχόμενο μέσω του διηθητικού μέσου θα υπερχειλίζει σε κανάλι απορροής προς την απολύμανση.

Η μέγιστη επιφανειακή φόρτιση του φίλτρου στην παροχή αιχμής είναι 25 m^3/h ανά τετραγωνικό μέτρο βρεχόμενης επιφάνειας φίλτρου. Οι υδραυλικές απώλειες του φίλτρου δεν θα ξεπερνούν τα 200 mmΣΥ. Οι μονάδες φίλτρανσης θα έχουν τον δικό τους τοπικό ηλεκτρικό πίνακα αυτοματισμών, ενώ κάθε σύστημα θα διαθέτει σύστημα αντίστροφης πλύσης το οποίο ενεργοποιείται αυτόματα όταν οι υδραυλικές απώλειες μέσω του φίλτρου ξεπερνούν μία προκαθορισμένη τιμή της τάξης των 100 mm. Τα απόνερα της αντίστροφης πλύσης του φίλτρου συλλέγονται σε χοάνη και απορρέουν μέσω φρεατίου στο δίκτυο στραγγισμάτων της εγκατάστασης. Η διαδικασία της φίλτρανσης δεν διακόπτεται κατά την διάρκεια της αντίστροφης πλύσης.

- ❖ *Σύστημα Ελέγχου Λειτουργίας*

Το κάθε σύστημα ελέγχου λειτουργίας περιλαμβάνει τον ακόλουθο εξολπισμό:

- Ένα φίλτρο
- Ένα σύστημα πλύσης
- Ένα όργανο μέτρησης στάθμης τύπου υπερήχων

Ο πίνακας ελέγχου θα είναι τυποποιημένος για εσωτερική ή εξωτερική τοποθέτηση. Ο πίνακας θα φέρει τον ακόλουθο εξοπλισμό:

- Ένα κεντρικό διακόπτη
- Κύκλωμα κινητήρα
- Ένα μετασχηματιστή
- Κύκλωμα συστήματος αντίστροφης πλύσης

- Κύκλωμα συστήματος απομάκρυνσης στραγγισμάτων
- Θερμαντήρα

Το φίλτρο αρχίζει να περιστρέφεται όταν δημιουργηθεί μεγάλη διαφορά στάθμης ανάντη και κατάντη του φίλτρου, ενώ το σύστημα αντίστροφης πλύσης λειτουργεί όταν και για όσο χρόνο το φίλτρο περιστρέφεται. Σε περιπτώσεις κατά τις οποίες δεν αναπτύσσεται γρήγορα διαφορά στάθμης, υπάρχει χρονοδιακόπτης που ξεκινά το φίλτρο κάθε 6 ώρες και το λειτουργεί για 10 λεπτά της ώρας. Το φίλτρο διαθέτει σύστημα επείγουσας διακοπής λειτουργίας, δίνοντας επίσης τα κάτωθι οπτικά σήματα διαγνωστικών πληροφοριών:

- Θερμική υπερφόρτιση
- Ηλεκτρική υπερφόρτιση
- Υψηλή στάθμη υγρού ανάντη
- Ξηρά λειτουργία
- Αστοχία όλου του συστήματος

5.7. ΜΟΝΑΔΑ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ

Η μονάδα της απολύμανσης αποτελείται από τα εξής:

- ✓ *Δοσομετρικές αντλίες χλωρίου* (2 τεμάχια εκ των οποίων το 1 εφεδρικό)
- ✓ *Δοχείο αποθήκευσης του χλωρίου*
- ✓ *Αντλίες βιομηχανικού νερού πλύσεως* (2 τεμάχια εκ των οποίων το 1 εφεδρικό)

5.7.1. Μετρητής Παροχής

Τα επεξεργασμένα λύματα από την μονάδα διήθησης οδηγούνται δια βαρύτητας με κανάλι και μέσω θυρίδας σε φρεάτιο εισόδου του μετρητή παροχής. Στο εν λόγω φρεάτιο καταλήγει και ο αγωγός by-pass από το φρεάτιο της βιολογικής βαθμίδας.

Ακολούθως τα λύματα εισέρχονται στο κανάλι μέτρησης της παροχής. Η μέτρηση της παροχής γίνεται σε ανοικτή διώρυγα πλάτους 0.5 m με την τοποθέτηση μετρητή Venturi στένωσης 200 cm και με δυνατότητα μέτρησης έως 650 m^3/h. Η κλίση του πυθμένα ανάντη του μετρητή είναι 1% ενώ κατάντη είναι 0.5%. Η μέτρηση των παροχών θα γίνεται ανάντη της στένωσης με όργανο τύπου υπερήχων.

5.7.2. Χλωρίωση

- ❖ *Δεξαμενή επαφής*

Η δεξαμενή σχεδιάζεται με σκοπό να καλύψει τις απαιτήσεις της μέγιστης παροχής που είναι 166.7 m^3/h όπως προκύπτει από υπολογισμούς (Κεφάλαιο 6). Για την απολύμανση των επεξεργασμένων λυμάτων κατασκευάζεται μαιανδρική δεξαμενή επαφής ωφέλιμου όγκου περίπου 84 m^3. Η δεξαμενή θα αποτελείται από τέσσερα κανάλια πλάτους 1 m έκαστο και συνολικής ροής 42 m, ενώ το ωφέλιμο βάθος από τη στέψη του υπερχειλιστή εξόδου θα είναι ίσο με 2 m. Ο χρόνος παραμονής των επεξεργασμένων λυμάτων με το χλώριο στις συνθήκες παροχής σχεδιασμού είναι 30 min. Η δεξαμενή κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η έξοδος των λυμάτων προς το φρεάτιο φόρτισης του αγωγού διάθεσης γίνεται μέσω υπερχειλιστή.

- *Εγκατάσταση Χλωρίωσης*

Για την δοσομέτρηση της απαραίτητης ποσότητας υποχλωριώδους διαλύματος στα λύματα θα εγκατασταθούν δύο δοσομετρικές αντλίες δυναμικότητας 12 l/h ρυθμιζόμενης παροχής. Η έγχυση του υποχλωριώδους διαλύματος θα γίνεται στο φρεάτιο εισόδου του μετρητή παροχής με κατάλληλο ακροφύσιο ώστε στην συνέχεια να επιτυγχάνεται πλήρης ανάμιξη και επαφή στη μαιανδρική δεξαμενή χλωρίωσης. Η αποθήκευση του διαλύματος θα γίνεται σε μία κλειστή δεξαμενή με πολυαιθαλένιο συνολικής χωρητικότητας 7 m^3. Η δεξαμενή θα τοποθετηθεί εντός δεξαμενής από σκυρόδεμα, ενώ όλος ο εξοπλισμός αποθήκευσης και δοσομέτρησης του χλωρίου θα εγκατασταθεί εντός κτιρίου.

- *Οικίσκος Χλωρίωσης*

Ο οικίσκος θα είναι κατάλληλων διαστάσεων για την εγκατάσταση των δοσομετρικών αντλιών. Επιπλέον, στον οικίσκο χλωρίωσης προβλέπεται η εγκατάσταση των δοχείων αποθήκευσης του NaOCl καθώς και ο μηχανισμός παραγωγής και δοσομέτρησης των χημικών κροκκίδωσης.

- *Δοχείο αποθήκευσης χλωρίου*

Είναι μία κυλινδρική δεξαμενή όγκου αποθήκευσης 7 m^3 κατασκευασμένη από πολυαιθυλένιο για την αποθήκευση του NaOCl. Η δεξαμενή αποθήκευσης διαθέτει στεγανή θυρίδα επίσκεψης, αναμονές τροφοδοσίας, υπερχείλισης και αποστράγγισης. Φέρει δίκτυο πλήρωσης με κατάλληλη εξωτερική αναμονή για την σύνδεση βυτιοφόρου οχήματος, ώστε η διαδικασία να είναι απόλυτα ασφαλής χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση. Επιπλέον, θα φέρει δύο διακόπτες, έναν «χαμηλής στάθμης» που θα παράγει σήμα προειδοποίησης για επαναπλήρωση της δεξαμενής λειτουργίας και έναν διακόπτη “πολύ χαμηλής στάθμης” για διακοπή λειτουργίας και προστασίας των αντλιών.

- *Λεκάνη έδρασης δεξαμενών αποθήκευσης χλωρίου*

Η δεξαμενή αποθήκευσης είναι κατασκευασμένη από οπλισμένο σκυρόδεμα και έχει κατάλληλο ύψος τοιχίων. Σε περίπτωση διαρροής υποχλωριώδους νατρίου λόγω βλάβης σε κάποιον αποθηκευτή, το διαβρωτικό υγρό θα συλλέγεται εντός της λεκάνης αυτής και θα προστατεύεται ο πλησίον εξοπλισμός και το προσωπικό. Επιπλέον, θα υπάρχει ειδικό φρεάτιο για την αποστράγγιση της ορθογωνικής λεκάνης και την επαναφορά του απολυμαντικού μέσου στον εν λειτουργία αποθηκευτή. Τέλος, παραπλεύρως θα υπάρχει παροχή πόσιμου νερού για άμεση πλύση σε περίπτωση ατυχήματος ή διαρροής.

- *Βιομηχανικό νερό*

Εντός του κτιρίου εγκαθίστανται το πιεστικό συγκρότημα χρήσης επεξεργασμένων λυμάτων για τις ανάγκες του δικτύου βιομηχανικού νερού και του δικτύου άρδευσης της εγκατάστασης. Το πιεστικό συγκρότημα περιλαμβάνει δύο αντλίες και πιεστικό δοχείο πλήρες μετά του συναφούς εξοπλισμού. Οι αντλίες θα είναι ανοξείδωτες, φυγοκεντρικές και πολυβάθμιες. Το πιεστικό δοχείο εξασφαλίζει την άμεση παροχή νερού σε οποιοδήποτε σημείο της εγκατάστασης στην απαιτούμενη πίεση.

- *Παράκαμψη μονάδος χλωρίωσης*

Καθώς προβλέπεται παράκαμψη της μονάδος χλωρίωσης θα τοποθετηθούν στο τέλος του διαύλου δύο θυροφράγματα, ο χειρισμός των οποίων δίδει την εναλλακτική δυνατότητα διοχέτευσης της ροής στην δεξαμενή χλωρίωσης ή σε κανάλι μέσω του οποίου οδηγούνται στο φρεάτιο εξόδου.

5.8. ΑΝΛΙΟΣΤΑΣΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΙΛΥΟΣ

Σκοπός του αντλιοστασίου είναι αφ' ενός η αναρρόφηση της καθιζάνουσας ιλύος από το φρεάτιο συλλογής της κάθε δεξαμενής καθίζησης και η επιστροφή της στο σύστημα βιολογικής επεξεργασίας ώστε η ενεργός ιλύς να διατηρείται στα σωστά επίπεδα για την ομαλή λειτουργία της βιολογικής διεργασίας και αφ' ετέρου η περίσσεια της ιλύος να προωθείται στο φρεάτιο συλλογής της που βρίσκεται πλησίον της μονάδας αφυδάτωσης. Το αντλιοστάσιο αποτελείται από μία δεξαμενή ελάχιστου ωφέλιμου όγκου 60 m^3. Στο αντλιοστάσιο καταλήγουν οι αγωγοί μεταφοράς της καθιζάνουσας ιλύος από τους κώνους των δεξαμενών. Συνοπτικά, το αντλιοστάσιο αποτελείται από:

- ✓ *Αντλίες ανακυκλοφορίας ιλύος* (4 τεμάχια εκ των οποίων τα 2 εφεδρικά)
- ✓ *Αντλίες περίσσειας ιλύος* (2 τεμάχια εκ των οποίων το 1 εφεδρικό)

5.8.1. Χαρακτηριστικά Αντλιοστασίων Ανακυκλοφορίας Ιλύος

Το αντλιοστάσιο εξοπλίζεται με δύο αντλίες ανακυκλοφορίας με δυναμικότητα 100 m^3/h σε μανομετρικό 4 m, με χαμηλή ταχύτητα περιστροφής (<1000 rpm) ώστε να διασφαλίζεται η συνοχή των συσσωματώσεων της ενεργού ιλύος. η λειτουργία των αντλιών εναλλάσσεται για την ομοιόμορφη φθορά τους, ενώ σε περίπτωση βλάβης μίας αντλίας θα τίθεται σε λειτουργία η εφεδρική. [12]

Οι αντλίες είναι εξοπλισμένες με μετατροπέα συχνότητας, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα ρύθμισης της παροχής. Η λειτουργία των αντλιών ανακυκλοφορίας ιλύος σε κάθε αντλιοστάσιο ρυθμίζεται βάσει της μέτρησης της θολότητας στην έξοδο των δεξαμενών αερισμού και της μέτρησης MLSS σε κάθε αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας λάσπης.

5.8.2. Χαρακτηριστικά Αντλιοστασίου Περίσσειας Ιλύος

Η απομάκρυνση της περίσσειας ιλύος προς την μονάδα αφυδάτωσης, θα γίνεται με το αντλιοστάσιο περίσσειας ιλύος. Το αντλιοστάσιο περίσσειας ιλύος θα πρέπει να εξοπλιστεί με δύο αντλίες ελικοειδούς ρότορα αυτόματης αναρρόφησης οι οποίες δεν θα φράσσουν. Οι αντλίες πρέπει να είναι ρυθμιζόμενης παροχής 2-20 m^3/h και μέγιστες στροφές λειτουργίας 350 rpm. Η λειτουργία των αντλιών περίσσειας ιλύος ελέγχεται αυτόματα μέσω υπολογιστή.[13]

5.9. ΜΟΝΑΔΑ ΑΦΥΔΑΤΩΣΗΣ ΤΗΣ ΙΛΥΟΣ

Η πάχυνση και αφυδάτωση της περίσσειας βιολογικής ιλύος θα γίνονται ταυτόχρονα σε ένα φυγοκεντρικό αντιδραστήρα δυναμικότητας μεγαλύτερης από 18 m^3/h ιλύος με συγκέντρωση περίπου 0.8-1.2% σε στερεά και θα επιτυγχάνει αφυδάτωση τουλάχιστον 20% σε στερεά.

Ο φυγοκεντρικός αντιδραστήρας που πρέπει να εγκατασταθεί θα αποτελείται από:

- Το σύστημα τυμπάνου-κοχλία, όπου επιτελείται ο φυγοκεντρικός διαχωρισμός στερεών και υγρού λάσπης καθώς και η μεταφορά των στερεών στην έξοδο και η απόρριψη των υγρών.
- Το σύστημα κίνησης τυμπάνου-κοχλία και ελέγχου λειτουργίας και απόδοσης του συστήματος.
- Την βάση στήριξης όλου του συστήματος.

Το συγκρότημα αφυδάτωσης περιλαμβάνει τους παρακάτω βοηθητικούς μηχανισμούς:

- Ένα αυτόματο συγκρότημα προετοιμασίας διαλύματος πολυηλεκτρολύτη. Το συγκρότημα είναι δυναμικότητας 500 lit/h, έτοιμου διαλύματος. Η διαστασιολόγηση της μονάδας πολυηλεκτρολύτη έγινε για ελάχιστη δόση χημικών 5 g/kg στερεών με μέγιστη αραίωση 0.2%

- Δύο κοχλιωτές δοσομετρικές αντλίες πολυηλεκτρολύτη δυναμικότητας 500 l/h εκάστη. Οι αντλίες αναρροφούν το διάλυμα του πολυηλεκτρολύτη από το συγκρότημα προετοιμασίας και τροφοδοτούν την μηχανή αφυδάτωσης. Οι αντλίες είναι μεταβλητής παροχής που επιτυγχάνεται με ρύθμιση των στροφών του ηλεκτρομειωτήρα ή μέσω inverter.

- Ένα σύστημα μεταφοράς της αφυδατωμένης ιλύος. Η αφυδατωμένη ιλύς απορρίπτεται σε επικλινή ανοξείδωτο μεταφορικό κοχλία ο οποίος την μεταφέρει εκτός του κτιρίου σε ύψος 3.50 m, ώστε να είναι δυνατή η απευθείας φόρτωσή της σε φορτηγό αυτοκίνητο ή ρυμουλκούμενη καρότσα.

Δίπλα από το κτίριο αφυδάτωσης θα κατασκευασθεί στεγασμένος χώρος για την φόρτωση της αφυδατωμένης ιλύος. Για την πραγματοποίηση της διεργασίας της αφυδάτωσης απαραίτητα είναι τα εξής:

- ✓ *Κοχλιωτές αντλίες τροφοδοσίας φυγοκεντρικού διαχωριστήρα* (2 τεμάχια εκ των οποίων το 1 εφεδρικό)
- ✓ *Φυγοκεντρικός διαχωριστήρας* (1 τεμάχιο)
- ✓ *Μεταφορικός κοχλίας* (1 τεμάχιο)
- ✓ *Συγκρότημα παρασκευής πολυηλεκτρολύτη* (1 τεμάχιο)
- ✓ *Δοσομετρικές αντλίες πολυηλεκτρολύτη* (2 τεμάχια εκ των οποίων το 1 εφεδρικό)

5.10. ΠΑΡΑΚΑΜΠΤΗΡΙΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ

Για την ασφαλή λειτουργία της μονάδος προβλέπονται οι παρακάτω παρακαμπτήριες διατάξεις:

1. Παράκαμψη της αυτοκαθαριζόμενης εσχάρας με αυτόματη υπερχείλιση προς το κανάλι της χειροκίνητης εσχάρας. Αυτό επιτυγχάνεται με την ανύψωση του δαπέδου του καναλιού της χειροκίνητης εσχάρας.
2. Εκτροπή μέρους ή του συνόλου της παροχής από την είσοδο της δεξαμενής εξάμμωσης σε κανάλι πλευρικά της δεξαμενής, παρακάμπτοντας έτσι το στάδιο της εξάμμωσης. Αυτό επιτυγχάνεται με κατάλληλο χειρισμό θυροφραγμάτων.
3. Παράκαμψη ολόκληρης της βιολογικής επεξεργασίας από το φρεάτιο μερισμού της βιολογικής επεξεργασίας έως το φρεάτιο εισόδου της δεξαμενή απολύμανσης με αγωγό.
4. Παράκαμψη των μονάδων διήθησης-κροκκίδωσης με τον χειρισμό θυροφραγμάτων. Η ροή θα διοχετεύεται στην μονάδα χλωρίωσης.
5. Εκτροπή των επεξεργασμένων λυμάτων από το φρεάτιο εισόδου της δεξαμενής απολύμανσης προς το φρεάτιο εξόδου. Η παράκαμψη της μονάδας γίνεται με θυροφράγματα.

5.11. ΚΤΙΡΙΑΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΩΝ

Προς εξυπηρέτηση των λειτουργικών και διοικητικών αναγκών του σταθμού και των εργαζομένων στο χώρο επεξεργασίας λυμάτων προβλέπεται η κατασκευή κτιριακών εγκαταστάσεων.

Στα κτίρια εγκαθίστανται ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός προς εξυπηρέτηση ορισμένων μονάδων, οι διοικητικές λειτουργίες του σταθμού και οι βοηθητικές εγκαταστάσεις των εργαζομένων στην εγκατάσταση που είναι οι ακόλουθες:

- Το κτίριο Διοίκησης προς εξυπηρέτηση του διοικητικού και επιστημονικού προσωπικού, το οποίο περιλαμβάνει μόνιμο και κινητό εξοπλισμό.

- Το κτίριο Ενέργειας, το οποίο περιλαμβάνει ότι αφορά τον ηλεκτρικό εξοπλισμό της Εγκατάστασης.

- Το κτίριο Προεπεξεργασίας, το οποίο θα στεγάσει την μονάδα της εσχάρωσης και την μονάδα της εξάμμωσης. Ο σχεδιασμός για τα έργα προεπεξεργασίας προβλέπει την κατασκευή ενός διωρόφου κτιρίου, εντός του οποίου θα τοποθετηθούν:

    - Τα κανάλια των εσχαρών με τις εσχάρες
    - Ο μεταφορικός κοχλίας των εσχαρισμάτων
    - Οι κάδοι αποκομιδής των εσχαρισμάτων
    - Οι ανυψωτικοί μηχανισμοί
    - Η μονάδα εξάμμωσης με τον εξοπλισμό της

- Το κτίριο των Βοθρολυμάτων, το οποίο περιλαμβάνει δύο χώρους:

    - Το δωμάτιο επιφάνειας, το οποίο στεγάζει τον εξοπλισμό προεπεξεργασίας βοθρολυμάτων
    - Το δωμάτιο επιφάνειας, το οποίο στεγάζει τους φυσητήρες αερισμού της δεξαμενής βοθρολυμάτων και της δεξαμενής εξάμμωσης

- Το κτίριο Χλωρίωσης, το οποίο έχει σχεδιαστεί για την εγκατάσταση του εξοπλισμού χλωρίωσης και κροκκίδωσης. Το κτίριο περιλαμβάνει τους δύο ακόλουθους χώρους:

    - Το δωμάτιο για την τοποθέτηση της δεξαμενής αποθήκευσης του χλωρίου
    - Το δωμάτιο για την εγκατάσταση του μηχανισμού προετοιμασίας και δοσομέτρησης των χημικών κροκκίδωσης

- Το κτίριο Αφυδάτωσης, το οποίο θα περιλαμβάνει:

    - Τον χώρο που θα τοποθετηθεί όλος ο εξοπλισμός της μηχανικής πάχυνσης-αφυδάτωσης της ιλύος
    - Τον χώρο που θα σταθμεύει ο κάδος ή το φορτηγό φόρτωσης της αφυδατωμένης ιλύος

5.12. ΕΡΓΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Για να λάβει την τελική μορφή ο χώρος της Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων θα πρέπει να εκτελεσθούν τα παρακάτω έργα:

- Χωματουργικά έργα
- Έργα οδοποιίας
- Δενδροφύτευση του περιβάλλοντος χώρου
- Έργα περίφραξης
- Λοιπά δίκτυα (δίκτυο ύδρευσης, δίκτυο βιομηχανικού νερού, δίκτυο αποχέτευσης ακαθάρτων, τηλεφωνικό δίκτυο κ.λπ.)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

6.1. ΕΙΣΑΓΩΓΉ

Στο Κεφάλαιο αυτό θα πραγματοποιηθεί ένας προσεγγιστικός υπολογισμός των μονάδων που προαναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Οι υπολογισμοί θα πραγματοποιηθούν με την ακόλουθη σειρά:

1. Μονάδα εσχάρωσης
2. Μονάδα εξάμμωσης – απολίπανσης
3. Μονάδα βιολογικής αποφωσφόρωσης
4. Μονάδα βιολογικής επεξεργασίας
5. Μονάδα τελικής καθίζησης
6. Μονάδα κροκκίδωσης
7. Μονάδα διήθησης
8. Μονάδα απολύμανσης
9. Μονάδα πάχυνσης- αφυδάτωσης ιλύος
10. Αντλιοστάσιο βιομηχανικού νερού.

6.2 . ΜΟΝΑΔΑ ΕΣΧΑΡΩΣΗΣ

Η προτεινόμενη μονάδα εσχάρωσης θα αποτελείται από μία μηχανικά καθοριζόμενη εσχάρα με πάχος λάμας που θα κυμαίνεται από 2.5mm έως 3.5mm και πλάτος διάκενου από 5mm έως 6mm. Η διαστασιολόγηση της μονάδας περιγράφεται στον Πίνακα 6.1.

Κριτήρια Σχεδιασμού	Τιμές
Συνολική παροχή αιχμής	$300m^3/h=0.10m^3/s$
Αριθμός εσχαρών	1
Πλάτος καναλιού	0.6m
Στένωση ανάντη και κατάντη καναλιού	0.32m
Ταχύτητα των λυμάτων δια μέσου των ράβδων	<1.2 m/s
Ταχύτητα λυμάτων στο κανάλι	>0.5 m/s
Μέγιστη απώλεια στην εσχάρωση	10cm

Πίνακας 6.1: Κριτήρια σχεδιασμού μονάδας εσχάρωσης.

6.2.1. Διαστασιολόγηση μονάδας εσχάρωσης

Αρχικά θα υπολογιστεί η παροχή αιχμής χωρίς εμφράξεις. Όπως αναφέρεται στον Πίνακα 6.1, η μονάδα περιλαμβάνει ένα κανάλι πλάτους 0.6 m. (Φλιάτουρα Α. & Τσεκούρα Β., 2002)

- ***Ταχύτητα στο κανάλι προσαγωγής***

Το βάθος ροής ενός καναλιού καθορίζεται από μετρητική στένωση που βρίσκεται μετά την μονάδα εσχάρωσης και υπολογίζεται από την σχέση:

$$Q = 0.01744 * W * H^{1.5} * 0.00091 * H^{2.5} \qquad (6.1)$$

Όπου:

Q = παροχή σε (lit/s)
W= στένωση σε (m)
H = βάθος ροής στο κανάλι σε (m)

Άρα για την παροχή αιχμής των 100 m^3/h, το βάθος υγρών κατάντη της εσχάρας προκύπτει βάσει υδραυλικών υπολογισμών στην μετρητική στένωση και ισούται με 0.31m.

Η ταχύτητα στο κανάλι (V_k) ανάντη της εσχάρας υπολογίζεται από την σχέση:

$$V_k = \frac{Q}{W_k * H} \qquad (6.2)$$

Όπου:

V_k = ταχύτητα στο κανάλι (m/sec)
Q = παροχή που διέρχεται από το κανάλι ($Q=0.10m^3/s$)
W_k = πλάτος του καναλιού (W_k =0.6m)
H = βάθος ροής στο κανάλι ανάντη σε (H=0.322 m) (από υδραυλικούς υπολογισμούς)

Κάνοντας αντικατάσταση στη σχέση (6.2) προκύπτει $V_k = 0.517\ m/s$

- ***Ταχύτητα στην εσχάρα***

Η ταχύτητα ($V_{ΕΙΣ}$) με την οποία τα λύματα διέρχονται από την εσχάρα δίνεται από την σχέση:

$$V_E \quad = \frac{B+S}{B} * V_k \qquad (6.3)$$

Όπου:

$V_{ΕΙΣ}$= ταχύτητα λυμάτων κατά την είσοδο (m/sec)
B = το πλάτος ανοίγματος (B=6mm)
S = το πάχος ράβδου εσχάρας (S=3m)
V_k = η ταχύτητα ροής των λυμάτων στο κανάλι ανάντη της εσχάρας ($V_k = 0.517\frac{m}{s}$)

Κάνοντας τις απαραίτητες αντικαταστάσεις προκύπτει ότι $V_E \quad = 0.776\frac{m}{s} < 1.2\frac{m}{s}$

- ***Απώλειες στην εσχάρα***

Η απώλειες στην κάθε μηχανική εσχάρα δίνεται από την σχέση του Kirschmer και είναι η κάτωθι:

$$\Delta \quad = \beta * \left(\frac{\alpha}{b}\right)^{4/3} * \left(\frac{V_k^2}{2g}\right) * s \quad \theta \qquad (6.4)$$

Όπου:

ΔΗ= οι απώλειες της εσχάρας σε m
β = ο συντελεστής σχήματος ράβδου που για ορθογωνική διατομή είναι 2.42
α= το συνολικό πλάτο της ράβδου (α=0.20m)
b= το συνολικό πλάτος ανοίγματος (b=0.4m)
θ= η κλίση της εσχάρας σύμφωνα με την οριζόντια διεύθυνση της ροής (θ=85^o)
V_k = η ταχύτητα ροής των λυμάτων στο κανάλι ανάντη της εσχάρας ($V_k = 0.517\frac{m}{s}$)

Σύμφωνα με τα αναγραφόμενα οι απώλειες στην εσχάρα υπολογίζονται ΔΗ=1.2cm. Άρα προκύπτει ότι το βάθος υγρών στο κανάλι της εσχάρας είναι Η=0.31m - 0.012 m=0.322m. Τονίζεται ότι η πειραματική τιμή του Η είναι ίδια με την τιμή από τους υδραυλικούς υπολογισμούς.

6.2.2. Υπολογισμοί για την παροχή αιχμής με εμφράξεις

Το βάθος υγρών στο κανάλι κατάντη της εσχάρας έχει προκύψει ότι είναι 0.31m. Έτσι από τα δεδομένα που έχουν προκύψει υπολογίζονται τα εξής:

- ***Ταχύτητα στο κανάλι προσαγωγής***

Η ταχύτητα στο κανάλι (V_k) ανάντη της εσχάρας υπολογίζεται από την σχέση:

$$V_k = \frac{Q}{W_k * H * (1-u)} \tag{6.5}$$

Όπου:
Q = η παροχή που διέρχεται από το κανάλι ($Q=0.10m^3/s$)
W_k = το πλάτος του καναλιού (W_k =0.6m)
Η = το βάθος ροής στο κανάλι ανάντη σε (Η=0.32 m)
u = το ποσοστό των εμφράξεων (15%)

Άρα κάνοντας αντικατάσταση στην εξίσωση 6.5 προκύπτει: $V_k = 0.60\ m/se$. Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία με την προηγούμενη παράγραφο και αντικαθιστώντας τα δεδομένα υπολογίζουμε:

- ***Ταχύτητα στην εσχάρα***

Κάνοντας αντικατάσταση στην Σχέση 6.3 προκύπτει ότι $V_E \quad = 0.776\frac{m}{s} < 1.2\frac{m}{s}$

- ***Απώλειες στην εσχάρα***

Αντικαθιστώντας στην Σχέση 6.4 προκύπτει ΔΗ=0.17cm και υπολογίζεται το Η=0.32 m.

6.2.3. Εσχαρίσματα

Σύμφωνα με πειραματικές μελέτες η αναμενόμενη ποσότητα ασυμπίεστων εσχαρισμάτων κυμαίνεται μεταξύ 30-70 lit ανά 1000 m^3/d. Θεωρώντας λοιπόν την μέγιστη παραγωγή 70lit/1000 m^3/d η μέση ημερήσια παραγωγή ασυμπίεστων εσχαρισμάτων εκτιμάται: 70*4000/1000=0.28 m^3/d και εβδομαδιαίως 1.96 m^3/w.

6.3. ΜΟΝΑΔΑ ΕΞΑΜΜΩΣΗΣ – ΑΠΟΛΙΠΑΝΣΗΣ

Μετά τη μονάδα εσχάρωσης θα κατασκευαστεί επιμήκης αεριζόμενος αμμοσυλλέκτης – λιποσυλλέκτης μήκους 11.6 m, στον οποίο διαχωρίζονται οι κόκκοι της άμμου από τα λύματα και παράλληλα συλλέγονται σε πλευρικό χώρο τα επιπλέοντα και τα λίπη. Η γεωμετρία του εξαμμωτή θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να επιτυγχάνεται πλήρως η σπειροειδής κίνηση του αέρα με σταθερή ταχύτητα 0.3 m/s σε κάθε συνθήκη ροής σε όλη την διατομή της δεξαμενής.

Η έξοδος των λυμάτων από τον εξαμμωτή θα γίνεται με υπερχειλιστή λεπτής στέψης, με σκοπό η διακύμανση της ελεύθερης στάθμης του υγρού στη δεξαμενή να μην δημιουργεί προβλήματα στην σάρωση των λυμάτων και να μην δημιουργείται μεγάλη διακύμανση στην επιμήκη ταχύτητα των 0.3 m/s. Η δεξαμενή θα απομονώνεται ανάντη με ανοξείδωτα χειροκίνητα θυροφράγματα, ώστε να είναι δυνατή η συντήρηση και ο καθαρισμός. (Μαρκαντωνάτος Μ., 1990)

Στον Πίνακα 6.2 δίνονται τα δεδομένα για την διαστασιολόγηση της μονάδας.

Κριτήρια Σχεδιασμού	Τιμές
Μέγιστη ημερήσια παροχή	4000 m^3/d
Πάχος αιχμής	360 m^3/h
Αριθμός μονάδων	1
Χρόνος παραμονής στη μέση ημερήσια παροχή	>15min
Χρόνος παραμονής στην παροχή αιχμής	>5min
Επιφανειακή φόρτιση στη μέση ημερήσια παροχή	$<18m^3/\ m^2/h$
Βάθος νερού εντός της δεξαμενής, άνω των κόνων	>2.80m
Παροχή αέρα / μέτρο μήκος εξαμμωτή	$>12Nm^3/h$
Αριθμός φυσητήρων	2
Τύπος διαχυτών	Χονδρής φυσσαλίδας
Αποθηκευτική ικανότητα δοχείων άμμου	7 d
Αποθηκευτική ικανότητα δεξαμενής συλλογής λιπών	30 d

Πίνακας 6.2: Κριτήρια σχεδιασμού μονάδας εξάμμωσης – απολίπανσης.

6.3.1. Διαστασιολόγηση μονάδας εξάμμωσης – απολίπανσης

- ***Υπολογισμός όγκου και επιφανειακής φόρτισης***

$$Q_{\text{ΜΕΓΙΣΤΗ}}: \quad V_1=15/60h*166.7m^3/h=41.7\ m^3 \tag{6.6}$$

$$Q_{\text{ΑΙΧΜΗΣ}}: \quad V_1 = 5/60h*360m^3/h=30\ m^3 \tag{6.7}$$

$$E = \frac{Q_M}{E} = 9.26m^2 \tag{6.8}$$

Όπου:

$Q_{ΜΕΡΓΙΣΤΗ}$=μέγιστη ημερήσια παροχή
$Q_{ΑΙΧΜΗΣ}$=ημερήσια παροχή αιχμής
$Q_{ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ}$= παροχή σχεδιασμού
ΕΦ=Επιφανειακή φόρτιση στη μέση ημερήσια παροχή
S_a= Πάχος αιχμής
t_m= Χρόνος παραμονής στη μέση ημερήσια παροχή
t_a= Χρόνος παραμονής στην παροχή αιχμής
Ε= Επιφάνεια φόρτισης

❖ *Διαστάσεις δεξαμενής*

Σύμφωνα με το σύστημα που πρέπει να κατασκευαστεί επιλέγεται δεξαμενή με τα παρακάτω γεωμετρικά στοιχεία (Πίνακας 6.3).

Γεωμετρικά στοιχεία	Τιμές
Μήκος	11.6m
Πλάτος αμμοσυλλέκτη	1.60m
Πλάτος λιποσυλλέκτη	0.80m
Βάθος υγρών	2.80m
Εγκάρσια διατομή δεξαμενής	5.6m^2
Επιφάνεια ζώνης αμμοσυλλέκτη	19.6m^2
Όγκος	65m^3

Πίνακας 6.3: Γεωμετρικά χαρακτηριστικά δεξαμενής μονάδας εξάμμωσης – απολίπανσης.

❖ *Παροχή αέρα – Φυσητήρες –Διαχυτές*

Για την διατήρηση της ταχύτητας των λυμάτων σταθερής εντός του εξαμμωτή και για να αποφευχθεί η εναπόθεση των οργανικών μαζί με την καθιζάνουσα άμμο, διοχετεύεται αέρας στην δεξαμενή του εξαμμωτή. Η προσδιοριζόμενη παροχή του αέρα ανά μέτρο μήκους του εξαμμωτή, πρέπει να είναι η μεγαλύτερη από >12Nm^3/h. Συνέπεια αυτού προκύπτει η προσδιοριζόμενη ποσότητα αέρα ανά μέτρο μήκους δεξαμενής: 12 m^3/h/11.6m=139.2 m^3/h.

Θα εγκατασταθούν δύο φυσητήρες εκ των οποίων ο ένας θα είναι εφεδρικός, τα τεχνικά χαρακτηριστηκά τους αναγράφονται στον Πίνακα 6.4.

Τεχνικά χαρακτηριστηκά	Τιμές
Τύπος	Λοβοειδής
Παροχή	140 m^3/h
Μανομετρικό	400mbar

Πίνακας 6.4: Τεχνικά χαρακτηριστικά φυσητήρων μονάδας εξάμμωσης – απολίπανσης.

Ο αέρας θα προσδίδεται με τοποθέτηση εντός της δεξαμενής, διαχυτήρων χονδρής φυσαλίδας. Επιπλέον, συμφώνα με τα προαναφερόμενα επιλέγονται να εγκατασταθούν 16 διαχύτες κατά μήκος της δεξαμενής. [14]

❖ *Συστήματα συλλογής και αποκομιδής άμμου*

Σύμφωνα με πειραματικές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί η ημερήσια παραγωγή άμμου ανέρχεται σε 50lit/1000m^3. Έτσι για την μέγιστη ημερήσια παροχή (4000 m^3/d) η παραγόμενη άμμος θα είναι: 50lit/1000m^3 *4000 m^3/d=0.2 m^3/d παραγόμενης άμμους.

Η αποκομιδή της άμμου από τον αμμοσυλέκτη θα γίνεται μέσω κατάλληλης αντλίας προς την πλυντηρίδα άμμου. Επιλέγεται να χρησιμοποιηθεί αντλία με τα παρακάτω χαρακτηριστικά (Πίνακας 6.5). [15]

Τεχνικά χαρακτηριστηκά	Τιμές
Τύπος	Υποβρύχια
Παροχή	20 m^3/h
Μανομετρικό ύψος	2.5 m

Πίνακας 6.5: Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας μονάδας εξάμμωσης – απολίπανσης.

❖ *Πλυντηρίδα άμμου*

Η πλυντηριδα άμμου έχει σκοπό να διαχωρίσει την άμμο από τα λύματα. Έτσι για να καλυφτούν οι ανάγκες της εγκατάστασης επιλέγεται μια πλυντηρίδα τύπου κεκλιμένου κοχλία δυναμικότητας από 20-30 m^3/h. [16]

❖ *Φρεάτιο συλλογής λιπών*

Τα επιπλέοντα λίπη συλλέγονται σε πλευρικό κανάλι της δεξαμενής εξάμμωσης και εν συνεχεία οδηγούνται σε φρεάτιο συλλογής. Με βάση της μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί η συγκέντρωση των λιπών στα ανεπεξέργαστα λύματα παίρνει τιμές από 50 έως 150 mg/lit. Στα εν λόγω λύματα λαμβάνουμε την μικρότερή τιμή 50mg/lit.

Συνεπώς κατά την μέγιστη ημερήσια παροχή παράγονται 200Kg/d λίπη. Ωστόσο, αν ληφθεί υπόψη η πυκνότητα των λιπών ίση με 0.8 kg/lit ο όγκος των παραμέτρων θα είναι 0.25 m^3/d. Τα παραγόμενα λίπη πρέπει να αποθηκεύονται σε πλευρικό φρεάτιο συλλογή αποθηκευτικής ικανότητας 30d. Έτσι σύμφωνα με τα προαναφερόμενα ο όγκος αποθήκευσης δεξαμενής είναι: 0.25m^3/d*30d=7.5m^3.

6.4. ΜΟΝΑΔΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΠΟΦΩΣΦΟΡΩΣΗΣ

Η μονάδα σχεδιάστηκε με σκοπό να λειτουργούν δύο δεξαμενές. Οι δεξαμενές θα κατασκευαστούν κατάλληλα στο επόμενο εδάφιο, μαζί με τις δεξαμενές βιολογικής επεξεργασίας.

Κριτήρια Σχεδιασμού	Τιμές
Παροχή σχεδιασμού	166.7 m^3/h
Παροχή ανακυκλοφορίας	158 m^3/h
Χρόνος παραμονής στη μέση ημερήσια παροχή και παροχή ανακυκλοφορίας	>1.5 h
Απορροφούμενη ισχύς ανάδευσης	>10W/m^3

Πίνακας 6.6: Κριτήρια σχεδιασμού μονάδας βιολογικής αποφωσφόρωσης.

6.4.1. Διαστασιολόγηση μονάδας βιολογικής αποφωσφόρωσης

Όπως προαναφέρθηκε θα κατασκευαστούν δύο δεξαμενές μαιανδρικού τύπου. Τα τεχνικά χαρακτηριστηκά τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.7.

Γεωμετρικά στοιχεία	Τιμές
Τύπος	Μαιανδρικός
Μήκος ροής	10 m
Πλάτος καναλιού	2 m
Βάθος υγρού	6 m
Ωφέλιμος όγκος	120 m^3

Πίνακας 6.7: Γεωμετρικά στοιχεία δεξαμενών βιολογικής αποφωσφόρωσης.

- ***Υπολογισμός λειτουργικών παραμέτρων***

Η ημερήσια παροχή είναι 166.7 m^3/h ενώ η παροχή ανακυκλοφορίας ισούται βάσει της διαστασιολόγησης 185 m^3/h. Επομένως το σύνολο της παροχής είναι 324.7 m^3/h και ο χρόνος παραμονής είναι 1.5 h. Άρα σύμφωνα με τα προαναφερόμενα ο απαιτούμενος όγκος είναι:

$$V = t * Q \tag{6.9}$$

Όπου:

V= απαιτούμενος όγκος (m^3)
t= χρόνος παραμονής (h)
Q=συνολική παροχή (m^3/h)

Κάνοντας αντικατάσταση προκύπτει ότι V= 487,05 m^3. Σύμφωνα με τον Πίνακα 6.7 κάθε δεξαμενή θα έχει ωφέλιμο όγκο 240 m^3 αν το κανάλι κατασκευαστεί με πλάτος 4m.

- ***Ανάδευση ανάμεικτου υλικού***

Αφού κάθε δεξαμενή θα έχει ωφέλιμο όγκο 240 m^3 η απαιτούμενη ισχύς ανάδευσης θα είναι: 10W/m^3*240 m^3=2400W έκαστος.

6.5. Μονάδα βιολογικής επεξεργασίας

- **Απομάκρυνση BOD_5**

Για την συσχέτιση του βαθμού απόδοσης ως προς την μείωση του BOD_5 του συστήματος ενεργού ιλύος, Ε, και του μέσου χρόνου παραμονής των μικροοργανισμών (ηλικία ιλύος) $Θ_c$, εφαρμόζεται κατάλληλη λειτουργική συνάρτηση, η οποία προκύπτει από την εφαρμογή των εξισώσεων ισορροπίας μάζας τροφής και στερεών στο σύστημα και υιοθέτηση της κινητικής Grau για την περιγραφή της ταχύτητας διάσπασης του BOD_5.

Η κινητική Grau δίνεται από την σχέση:

$$\frac{d}{d} = -K\frac{B}{B_{in}} \qquad (6.10)$$

Όπου:

B= συγκέντρωση BOD_5 εξόδου (mg/lit)
B_{in}= συγκέντρωση BOD_5 εισόδου (mg/lit)
K= σταθεράς κινητικής (d^{-1})
Η λειτουργική συνάρτηση δίνεται από την σχέση

$$\frac{1}{\Theta_c} = K * Y * (1 - E) - d \qquad (6.11)$$

Όπου:

E= βαθμός απόδοσης ως προς το BOD_5
Θ_c=ηλικία ιλύος(d)
K= σταθερά κινητικής (d^{-1})
Y= συντελεστής απόδοσης βιομάζας
d=σταθερά φθοράς μικροοργανισμών (d^{-1})

Η λειτουργική συνάρτηση εφαρμόστηκε για τις τιμές των παραμέτρων: KY=1.82b=0.04 d^{-1}. Οι τιμές αυτές έχουν υπολογισθεί από στατιστικές αναλύσεις λειτουργικών δεδομένων καθώς επίσης και από πειραματικές μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε παρόμοια συστήματα. Τονίζεται ότι οι τιμές αυτές δίνουν πολύ καλά αποτελέσματα στην περίπτωση των λυμάτων του Ελληνικού χώρου. (Φλιάτουρα Α., & Τσεκούρα Β., 2002)

Από τα προαναφερόμενα προκύπτει η ηλικία του ιλύος. Στην συνέχεια θα προσδιοριστεί ο απαιτούμενος όγκος της δεξαμενής αερισμού. Προκύπτει από την εξίσωση ισορροπίας της μάζας των στέρεων στην δεξαμενή αερισμού:

$$S = \frac{1}{\lambda} * \left[\frac{1 + Jl}{1 + b}\right] * Y * E * L_1 + (1 - E) * S_{1v} + S_{1F} \qquad (6.12)$$

Επίσης, δίνονται οι σχέσεις:

$$\lambda = \frac{t}{\Theta_c} \qquad (6.13)$$

$$t = \frac{V_A}{Q} \qquad (6.14)$$

Όπου:

E= βαθμός απόδοσης ως προς το BOD_5
Θ_c=ηλικία ιλύος (d)
K= σταθερά κινητικής (d^{-1})
Y= συντελεστής απόδοσης βιομάζας (Y=0.70)
b=σταθερά φθοράς μικροοργανισμών (b=0.06d^{-1})
J=συντελεστής δημιουργίας ενεργούς ύλης κατά τη φθορά της βιομάζας (J=0.15)
S_{1v}=συγκέντρωση οργανικών στερεών λυμάτων (S_{1v}=0.70* S_1 (mg/lit))
S_{1F}= συγκέντρωση ανοργανών στερεών λυμάτων (S_{1F}=0.30* S_1 (mg/lit))
S=συγκέντρωση στερεών στην δεξαμενή αερισμού
S_1= συγκέντρωση στερεών λυμάτων

Για τον υπολογισμό του απαιτούμενου μέσου συντελεστή επανακυκλοφορίας R, καταστρώνεται η εξίσωση ισορροπίας στερεών στην δεξαμενή τελικής καθίζησης, οπότε προκύπτει η σχέση:

$$R = \frac{1-\lambda}{m-1} \tag{6.15}$$

Δίνεται ότι:

$$m = \frac{S_u}{S} \tag{6.16}$$

$$S_u = \left(\frac{100}{S}\right) * 12000 \tag{6.17}$$

Όπου:

m= βαθμός συμπύκνωσης της ιλύος στον πυθμένα της δεξαμενής καθίζησης
S_u=συγκέντρωση στερεών επανακυκλοφορούμενης ιλύος
SVI=δείκτης καθίζησης (100 έως 120 mg/lit)

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι για SVI=120 mg/lit η τιμή του S_u=10000 mg/lit.

❖ Νιτροποίηση

Σύμφωνα με πειραματικές μελέτες η κινητική που περιγράφει ικανοποιητικά την ταχύτητα ανάπτυξης των νιτροποιητικών βακτηρίων, είναι η κινητική Monod και δίνεται από την σχέση:

$$\mu_N = \frac{(\mu_{Nm}\ ) * H}{K_N * H} \tag{6.18}$$

Όπου:

μ_N= ρυθμός ανάπτυξης των νιτροποιητών (d^{-1})
μ_{Nmax}= μέγιστος ρυθμός ανάπτυξης των νιτροποιητών (d^{-1})
H= συγκέντρωση αμμωνιακού αζώτου εξόδου (mg/lit)
K_N= σταθερά κορεσμού (mg/lit)

Ο ρυθμός ανάπτυξης των νιτροποιητών εξαρτάται από περιβαλλοντικούς παράγοντες και κυρίως από την θερμοκρασία, το pH, το διαλυμένο οξυγόνο και την παρουσία των τοξικών ουσιών. (Φλίατουρα Α., & Τσεκούρα Β., 2002)

- *Θερμοκρασία*

$$\mu_N \quad = 0.18 * \exp\,[0.116(T-15)] \tag{6.19}$$

$$K_N = 0.405 * \exp\,[0.118(T-15)] \tag{6.20}$$

- *pH*

$$\mu_{Np} \quad = \mu_{N7.2} * [1 - 0.833^{(7.2-p\ )}] \tag{6.21}$$

Η επίδραση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου γίνεται σημαντική για τιμές χαμηλότερες από 0.5-1 mg/lit. (Μαρκαντονάτος Μ., 1990)

- *Χρόνος παραμονής και ρυθμός ανάπτυξης μικροοργανισμών*

$$\Theta_C = \frac{1}{\mu_N} \qquad (6.22)$$

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι τιμές του Θ_C είναι θεωρητικές και δεν μπορεί να εξασφαλιστεί ότι οι τιμές της νιτροποίησης είναι πραγματικές, αφού υπάρχουν συνεχείς μεταβολές στην θερμοκρασία και τα φορτία. Κρίνεται επίσης σκόπιμο για μεγαλύτερη ακρίβεια οι χρόνοι που υπολογίζονται να πολλαπλασιάζονται με έναν συντελεστή μεταξύ του 1.2 - 2.5 η επιλογή γίνεται βάση της κρισιμότητας της κατάστασης και της σωστής εξασφάλισης της πλήρους νιτροποίησης.

❖ Απονιτροποίηση

Σε μία ελεγχόμενη απονιτροποίηση στόχος είναι η απομάκρυνση αζώτου:

Προϋπόθεση για την επίτευξη προχωρημένης απονιτροποίησης είναι η επάρκεια οργανικού άνθρακα. Στην περίπτωση χρησιμοποίησης του άνθρακα των λυμάτων, ο λόγος άνθρακα προς το άζωτο συνιστάται να είναι μεγαλύτερος του 3.5, σε αντίθεση με την νιτροποίηση, που μπορεί να πραγματοποιηθεί από μόνο μια κατηγορία μικροοργανισμών του λεγόμενους νιτροποιητές. Επιπλέον, μεγάλος αριθμός βακτηρίων είναι σε θέση να χρησιμοποιήσει το οξυγόνο που περιέχει στα νιτρικά αντί του διαλυμένου οξυγόνου. Επειδή η αντίδραση απονιτροποίησης μπορεί να θεωρηθεί μηδενικής τάξεως για συγκεντρώσεις NO_3-N μεγαλύτερες από 1 mg/lit τότε ο σχεδιασμός με βάση την ταχύτητα απονιτροποίησης είναι μια αξιόπιστη εναλλακτική προσέγγιση, σε σχέση με αυτή της ηλικίας της ιλύος. (Γρηγοροπούλου Ε., 2002)

Οι ταχύτητες απονιτροποίησης που έχουν παρατηρηθεί για αστικά λύματα, παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση γεγονός που οφείλεται σε παράγοντες όπως είναι:

- ✓ Επάρκεια του οργανικού άνθρακα
- ✓ Θερμοκρασία
- ✓ Ηλικία ιλύος κ.ά.

Για την εκτίμηση της ταχύτητας απονιτροποίησης προτείνεται η χρησιμοποίηση της Σχέσης 6.23, που δίνει τιμές που βρίσκονται μέσα στα όρια που έχουν προταθεί και διαπιστωθεί πειραματικά. Η ταχύτητα δίνεται από την σχέση:

$$V_D = V_{DZ} * \Theta^{(T-Z)} \qquad (6.23)$$

Όπου:

V_D = ταχύτητα απονιτροποίησης στους T^{o}C
V_{DZ} = ταχύτητα απονιτροποίησης στους 20^{o}C (V_{DZ} = 0.072 d^{-1})
Θ= συντελεστής διόρθωσης θερμοκρασίας (Θ=1.12)
Τ= θερμοκρασία σε ^{o}C

Ο απαιτούμενος ανοξικός όγκος για την απονιτροποίηση, προκύπτει από την σχέση:

$$V_D = \frac{\Delta}{V_D * S} \tag{6.24}$$

Όπου:

ΔΑ= η προς απομάκρυνση ποσότητα νιτρικού αζώτου
S=ποσότητα πτητικών στερεών στον ανοξικό αντιδραστήρα.

❖ *Ζήτηση οξυγόνου*

Σε συστήματα ενεργού ιλύος η ολική ζήτηση οξυγόνου υπολογίζεται βάση το εισερχόμενο φορτίο, το αμμωνιακό άζωτο, τον βαθμό απονιτροποίησης και τη ζήτηση για ενδογενή αναπνοή, όλα αυτά συνδέονται με στην σχέση:

$$P_u = 0.59 * \Delta + 4.34 * \Delta - 2.80 * \Delta + 0,024 * (V * X * R) \tag{6.25}$$

Όπου:

P_u =θεωρητική ζήτηση οξυγόνου (kg/d)
B= οργανικό φορτίο σε όρους BOD_5 (kg/d)
ΔΗ= φορτίο αμμωνιακού αζώτου που οξειδώνεται (kg/d)
ΔΒ= ποσότητα απονιτροποιημένου νιτρικού αζώτου (kg/d)
X= συγκέντρωση ανάμικτου υγρού (kg/m^3)
V= όγκος δεξαμενής αερισμού (m^3)
Re= ειδική ταχύτητα ζήτησης οξυγόνου λόγω ενδογενούς αναπνοής (grO_2/kg ανάμικτου υγρού)

Η ειδική ταχύτητα οξυγόνου R έχει βρεθεί ότι κυμαίνεται απ 2-4 gr O_2/kg MLSS. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι προτείνεται Re= 3.9 gr O_2/kg MLSS για T=20°C. Για μικρότερες θερμοκρασίες του Re υπολογίζεται από την σχέση:

$$R_T = R_2 * 1.07^{(T-2)} \tag{6.26}$$

Ο υπολογισμός της ανοιγμένης ποσότητας οξυγόνου σε πραγματικές συνθήκες γίνεται με την εφαρμογή του ακόλουθου τύπου, όπως δίνεται από τις προδιαγραφές:

$$P = \frac{P_u}{A} \tag{6.27}$$

Όπου:

P_u = απαιτούμενο οξυγόνο υπό θεωρητικές συνθήκες (kg/d)
P = απαιτούμενο οξυγόνο υπό πραγματικές συνθήκες (kg/d)

Το Α είναι ο συντελεστής διόρθωσης και έχει προκύψει από επίλυση της παρακάτω σχέσης:

$$\frac{P_o}{P} = \alpha * \frac{B * E * C_w - C_L}{C_s} * 1.024^{(T-Z)} \tag{6.28}$$

Όπου:

α= διορθωτικός συντελεστής για το ανάμικτο υγρό (α=0.85)
B= λόγος συγκέντρωσης κορεσμού DO στο ανάμικτο υγρό προς την συγκέντρωση του κορεσμού στο καθαρό νερό για συνθήκες ίδιας θερμοκρασίας. (B=0.95)
E= συντελεστής υψομέτρου (E=1)

C_W = συγκέντρωση κορεσμού του οξυγόνου στο καθαρό νερό στην θερμοκρασία σχεδιασμού και για δεδομένο υψόμετρο
C_L=επιθυμητή συγκέντρωση στο DO ανάμικτο υγρό(DO=2mg/lit)
C_S =συγκέντρωση κορεσμού του οξυγόνου στο καθαρό νερό σε τυπικές συνθήκες
T= θερμοκρασία λυμάτων ^oC

Άρα σύμφωνα με τα προαναφερόμενα καταλήγουμε στα κριτήρια σχεδιασμού που αναγράφονται στο Πίνακα 6.8

Κριτήρια Σχεδιασμού	Τιμές
Θερμοκρασία	20^o C
Μέγιστη ημερήσια παροχή	14000 m^3/d
BOD_5 εισόδου	2940kg/d
SS εισόδου	2240 kg/d
TKN εισόδου	450 kg/d
Συγκέντρωση MLSS	4000-4500 mg/lit
Ηλικία ιλύος	≥20 d
Χρόνος παραμονής	>18 h
Προσφερόμενο O_2	≥3.97kg O_2/kg απομ. BOD_5
Ογκομετρική φόρτιση ιλύος	≤0.28 kg BOD_5/ m^3/d
Φόρτιση στερεών	≤0.06 kg BOD_5/ kg MLSS/d
BOD_5 εξόδου	≤15 mg/lit
SS εξόδου	≤20 mg/lit
$N\text{-}NH_4$	<2 mg/lit
TKN εξόδου	≤10 mg/lit
Απορροφημένη ισχύς ανάδευσης δεξαμενής απονιτροποίησης	≥10 W/m^3 δεξαμενής

Πίνακας 6.8: Κριτήρια σχεδιασμού μονάδας βιολογικής επεξεργασίας.

6.5.1. Διαστασιολόγηση μονάδας βιολογικής επεξεργασίας

Τα δεδομένα εισόδου στην βιολογική βαθμίδα αναγράφονται στον Πίνακα 6.9

Δεδομένα	Τιμές	
Παροχή σχεδιασμού	4000 m^3/d	167 m^3/h
BOD_5	1200 kg/d	300 mg/lit
SS	1400 kg/d	350 mg/lit
TKN	300 kg/d	75 mg/lit

Πίνακας 6.9: Δεδομένα εισόδου βιολογικής βαθμίδας.

- ***Νιτροποίηση***

Για την επίτευξη της απαιτούμενης νιτροποίησης ο απαιτούμενος χρόνος παραμονής ιλύος προκύπτει, ακολούθως:

Θερμοκρασία 20^{o} C
μ_{Nm} = 0.321 d^{-1}
K_{NT}=0.731 mg/lit
μ_{NT} = 0.235 d^{-1}

Πίνακας 6.10: Όπου: μ_N= ρυθμός ανάπτυξης των νιτροποιητών (d^{-1}) μ_{Nmax}= μέγιστος ρυθμός ανάπτυξης των νιτροποιητών (d^{-1}) και K_N= σταθερά κορεσμού (mg/lit) για θερμοκρασία 20^{o} C.

Επιλέγεται αμμωνιακό άζωτο εξόδου να είναι 2 mg/lit, οπότε ο απαιτούμενος χρόνος Θ_{CN} για να πραγματοποιηθεί η νιτροποίηση προκύπτει από την σχέση 6.22 ως εξής:

✓ Θ_{CN} = 4.25 d

<u>Υπολογισμός Θ_{CB} για αφαίρεση BOD_5</u>

Κατά την διαστασιολόγηση λαμβάνεται BOD εξόδου=13.7 mg/lit Έτσι σύμφωνα με τα προαναφερόμενα και με τον βαθμό απόδοσης που δίνεται από την σχέση:

$$E = \frac{B_E - B}{B_E} \qquad (6.29)$$

Άρα κάνοντας αντικατάσταση στην σχέση 6.28 προκύπτει:

✓ E= 0.9543 → E=95.43%

Αντικαθιστώντας την τιμή Ε στην λειτουργική συνάρτηση (Σχέση 6.11) προκύπτει απαιτούμενη ηλικία ιλύος Θ_{CB} για να πραγματοποιηθεί αποδόμηση του BOD_5 στην δεξαμενή αερισμού ίση με τα κάτωθι:

✓ Θ_{CB} = 17.30 d

Συνεπώς ο συντελεστής ασφαλείας για την εξασφάλιση της νιτροποίησης είναι ίσος με:

✓ C= 17.30 d /4.25 = 4.1

Το αμμωνιακό άζωτο εξόδου δίνεται από την σχέση:

$$H = \frac{K_N}{(\Theta_C * \mu_N - 1)} \qquad (6.30)$$

Κάνοντας τις απαραίτητες αντικαταστάσεις προκύπτει:

✓ H=2.0 mg/lit

Επιλέγοντας συγκέντρωση στερεών του ανάμικτου υγρού στην δεξαμενή αερισμού MLSS=5000 mg/lit από την Σχέση 6.13 καταλήγουμε στα εξής:

✓ λ=0.0510

Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής από την Σχέση 6.13 είναι:

- ✓ t_{AER}=21.1 h

Άρα από την Σχέση 6.14 ο απαιτούμενος όγκος αεριζόμενης δεξαμενής προκύπτει:

- ✓ V_{AER}=0.88(d) *4000(m^3/d)=3520m^3

Προκειμένου να ικανοποιηθούν τα κριτήρια σχεδιασμού, προτείνεται να κατασκευαστούν οι δεξαμενές αερισμού συνολικού όγκου 3520m^3.

❖ ***Απονιτροποίηση***

Αρχικά διαστασιολογείται η μονάδα ώστε το νιτρικό άζωτο στην έξοδο να είναι 7.0 mg/lit. Επιπλέον, το αμμωνιακό άζωτο στην έξοδο έχει υπολογιστεί 2.0 mg/lit. Ακόμα, κατά την σύνθεση της βιομάζας προσλαμβάνεται το 15% του απομακρυσμένου διαλυτού BOD.

Στην συνέχεια ακολουθεί ο Πίνακας 6.11. με το ισοζύγιο αζώτου.

Στοιχεία	**Τιμές**
Παροχή σχεδιασμού	4000 m^3/d
Εισερχόμενο άζωτο	300 kg/d
Αμμωνιακό άζωτο στη έξοδο	2.0 (mg/lit)* 4000 m^3/d=8 kg/d
Νιτρικό άζωτο στην έξοδο	7.0 (mg/lit)* 4000 m^3/d=28 kg/d
Οργανικό άζωτο στην έξοδο	1.0 (mg/lit)* 4000 m^3/d=4 kg/d
Άζωτο για σύνθεση βιομάζας	0.15*300 kg/d=45 kg/d

Πίνακας 6.11: Ισοζύγιο αζώτου.

- ✓ Άζωτο προς νιτροποίηση =243 kg/d
- ✓ Άζωτο προς απονιτροποίηση = 215 kg/d

Η απαιτούμενη βιομάζα στον ανοξικό αντιδραστήρα υπολογίζεται από την σχέση:

$$M_\alpha = \frac{86}{V_D} \qquad (6.31)$$

Όπου:

$M_{ανοξ}$= απαιτούμενη βιομάζα στον ανοξικό αντιδραστήρα
V_D = ειδική ταχύτητα απονιτροποίησης για T=20° C

Το V_D είναι η ειδική ταχύτητα απονιτροποίησης για T=20°C.Από τη Σχέση 6.24 προκύπτει ότι V_D =0.057d^{-1}. Ακολουθεί η αντικατάσταση της Σχέσης 6.31 με αποτέλεσμα $M_{ανοξ}$=2356kg/h. Επιπλέον, ο μέγιστος απαιτούμενος όγκος του ανοξικού αντιδραστήρα ισούται με:

$$V_D = \frac{M_\alpha}{M} \qquad (6.32)$$

Σύμφωνα με μελέτες MLVSS=2600 mg/lit (Συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών) άρα κάνοντας αντικατάσταση της Σχέση 6.32 προκύπτει: V_D = 906 m^3.

Προκειμένου λοιπόν, να ικανοποιηθούν τα κριτήρια σχεδιασμού προτείνεται να κατασκευαστούν δυο δεξαμενές απονιτροποίησης, όπου ελάχιστο όγκο θα έχουν 600 m^3, δηλαδή συνολικό 1200 m^3.

Ανάδευση ανάμεικτου υγρού

Βάσει αποδεκτών κριτηρίων σχεδιασμού χρησιμοποιώντας αναδευτήρες αξονικής ροής, η απαιτούμενη ισχύς ανάδευσης πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 10W/m^3 από τον όγκο της δεξαμενής. Συνεπώς θα εγκατασταθούν σε κάθε δεξαμενή 2 αργόστροφοι αναδευτήρες ελάχιστης απορροφούμένης ισχύος: (600 m^3*10W/m^3) /2=3KW έκαστος.

- **Προσδιορισμός λειτουργικών παραμέτρων**

Συνολικός όγκος της βιολογικής επεξεργασίας υπολογίζεται από το άθροισμα των όγκων της απονιτροποίησης και του αερισμού:

$$V_T = V_A \quad + V_A \tag{6.33}$$

Κάνοντας αντικατάσταση καταλήγουμε στα κάτωθι:

- ✓ V_T=3520+1200=4720m^3

Η ογκομετρική φόρτιση υπολογίζεται από το πηλίκο των BOD$_5$ και του συνολικού όγκου της βιολογικής επεξεργασίας:

$$\frac{B_u}{V_T} \tag{6.34}$$

- ✓ 1200 kg/d/4720m^3=0.254 kg BOD$_5$/m^3 δεξαμενής

Η φόρτιση στερεών ισούται:

$$\frac{B_u}{(V_T * ML \quad)} \tag{6.35}$$

- ✓ 1200 kg/d/(4720m^3*5kg/m^3)=0.051 kg BOD$_5$/ kg MLSS/d δεξαμενής

Η συνολική ηλικία ιλύος όπως προκύπτει από την διαστασιολόγηση υπολογίζεται από την σχέση:

$$\Theta_C = \frac{\Theta_C \quad * V_T}{V_A} \tag{6.36}$$

Κάνοντας αντικατάσταση από τα δεδομένα βρίσκουμε ότι:

- ✓ Θ_C = 23.2 d

Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής στην βιολογική βαθμίδα προκύπτει από την σχέση:

$$t = \frac{V_T}{Q} \tag{6.37}$$

Κάνοντας αντικατάσταση από τα δεδομένα βρίσκουμε ότι:

- ✓ $t = 1.13d = 28.32$ h

❖ *Ποσοστό απομάκρυνσης BOD$_5$*

Για τον προσδιορισμό του ποσοστού απομάκρυνσης BOD$_5$ χρησιμοποιείται η Σχέση 6.11. Με προσδιορισμένο το βαθμό απόδοσης Ε του βιολογικού συστήματος, υπολογίζεται οργανικό φορτίο (BOD$_5$ εξόδου) και τα αιωρούμενα στερεά (SS εξόδου) στην έξοδο. Η τελική συγκέντρωση οργανικού φορτίου στην έξοδο του αντιδραστήρα (BOD$_5$ εξόδου (tot)) θα είναι προσαυξημένη με το 30%της συγκέντρωσης των SS εξόδου. Βάσει λοιπόν των προαναφερόμενων, ο βαθμός απομάκρυνσης του οργανικού φορτίου παρουσιάζεται κατωτέρω:

Στοιχεία	**Τιμές**
Θ_C	23.2d
E	95.43 %
BOD$_5$ εξόδου	13.7 mg/lit
SS εξόδου	15.98 mg/lit
BOD$_5$ εξόδου (tot)	18.49 mg/lit

Πίνακας 6.12: Υπολογισμός BOD$_{5\ tot}$.

❖ *Ανακυκλοφορία Ιλύος*

Επιλέγεται εγκατάσταση με 4 αντλίες εκ των οποίων η μία θα είναι εφεδρική. Κάθε αντλία θα είναι αργόστροφη και παροχής 100 m^3/h στα 4m (Μαρκαντωνάτος Μ., 1990). Οι αντλίες αυτές είναι ρυθμιζόμενων στροφών μέσω inverter, ώστε ανάλογα με τις απαιτήσεις κάθε χρονικής περιόδου να καθορίζεται αυτόματα η χειροκίνητα η παροχή της. [12]

❖ *Ανακυκλοφορία ανάμικτου υγρού*

Σε κάθε γραμμή θα εγκατασταθούν 2 αντλίες εκ των οποίων η μία θα είναι εφεδρική. Κάθε αντλία θα είναι αργόστροφη με παροχή 560 m^3/h στα 2.5m. Οι αντλίες αυτές θα είναι ρυθμιζόμενων στροφών μέσω inverter, ώστε ανάλογα με τις απαιτήσεις κάθε εποχής να καθορίζεται η παροχή. (Φλίατουρα Α., & Τσεκούρα Β., 2002)

❖ *Παραγωγή περίσσειας ιλύος*

Η περίσσεια ιλύς θα απομακρύνεται προς την μονάδα συγκέντρωσης της ιλύος μέσα σε τέσσερις περίπου ώρες. Οι αντλίες θα είναι ελικοειδούς ρότορα αυτόματης αναρρόφησης και δεν θα φράσσουν. Θα είναι οριζόντιες, τοποθετημένες σε βάση και θα κινούνται από ένα ηλεκτρικό κινητήρα, μέσω ενός συνδέσμου τύπου εύκαμπτου πείρου. Θα είναι ρυθμιζόμενη παροχή από 2-20 m^3/h και μέγιστες στροφές λειτουργίας της αντλίας 350 rpm. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι αντλίες θα καταλήγουν στην μονάδα αφυδάτωσης της ιλύος.

- ***Ζήτηση οξυγόνου***

Σε συστήματα ενεργού ιλύος η ολική ζήτηση οξυγόνου υπολογίζεται με βάση το εισερχόμενο φορτίο, το οξειδούμενο αμμωνιακό άζωτο, τον βαθμό απονιτροποίησης και τέλος τη ζήτηση για την ενδογενή αναπνοή. Η ολική ζήτηση δίνεται από την σχέση 6.25. Επιπλέον, η ειδική ταχύτητα ζήτησης οξυγόνου λόγω ενδογενούς αναπνοής (Re) (grO_2/kg MLSS) δίνεται 3.00 για 20^o C αντίστοιχα.

Στοιχεία	Τιμές
Απαιτούμενο O_2 για αφαίρεση BOD_5	676 kg/d
Απαιτούμενο O_2 για νιτροποίηση	1055 kg/d
Απαιτούμενο O_2 για βιομάζα	1267 kg/d
Παραγωγή O_2 κατά τη απονιτροποίηση	602 kg/d

Πίνακας 6.13: Τιμές απαιτούμενο και παραγόμενου O_2.

Άρα σύμφωνα με όσα προαναφέρθηκαν προκύπτει ότι η ζήτηση οξυγόνου σε θεωρητικές συνθήκες είναι O_R= 2395 O_2/d. Επιπλέον, ο υπολογισμός της απαιτούμενης ποσότητας σε πραγματικές συνθήκες γίνεται με την εφαρμογή της σχέσης 6.27 και κάνοντας αντικατάσταση των δεδομένων καταλήγουμε σε P= 4739 kgO_2/d. Ωστόσο, για λόγους ασφαλείας μπορούμε να προσαυξήσουμε τις παραπάνω τιμές κατά 20% με αποτέλεσμα να δίνεται P= 5687 kgO_2/d=273kg/h.

- ***Προσδιορισμός συστήματος αερισμού***

Σύμφωνα με τις Φλίατουρα Α. & Τσεκούρα Β. (2002) το απαιτούμενο οξυγόνο είναι 273kg/h. Επιπλέον, επιλέγεται φόρτιση κάθε διαχύτη ισή με 5 m^3/h. Λαμβάνοντας υπόψη το ύψος τοποθέτησης κάθε διαχύτη εντός της δεξαμενής υπολογίζεται η απόδοση η οποία εξαρτάται από τα στοιχεία και τα διαγράμματα που δίνει κάθε κατασκευαστής.

Η απόδοση συνήθως κυμαίνεται γύρω στο 30%. Οπότε ο αριθμός των διαχυτών εξαρτάται από το βάθος των δεξαμενών, από την απόδοση τους και από την φόρτιση που μπορούν να δεχτούν. Σε ένα σύστημα όπως αυτό που μελετάται χρειάζεται περίπου 300 διαχύτες για την δεξαμενή των 600 m^3.

6.6. ΜΟΝΑΔΕΣ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΊΑΣ

Στα συστήματα ενεργού ιλύος, η καλή λειτουργία των δεξαμενών τελικής καθίζησης είναι πολύ σημαντική και από αυτή εξαρτάται η τελική ποιότητα των εκροών. Θα κατασκευαστούν και θα λειτουργήσουν δυο δεξαμενές καθίζησης κυκλικού τύπου και η διαστασιολόγηση γίνεται σύμφωνα με τα στοιχεία του Πίνακα 6.14.

Κριτήρια Σχεδιασμού	**Τιμές**
Αριθμός δεξαμενών	2
Επιφανειακή φόρτιση Q_{max}	≤12 m^3/ m^2/d
Επιφανειακή φόρτιση $Q_{αιχ}$	≤26 m^3/ m^2/d
Φόρτιση στερεών Q_{max} + ανακυκλοφορίας	≤120 kg/ m^2/d
Χρόνος παραμονής Q_{max}	≥3h
Ταχύτητα υπερχείλισης Q_{max} + ανακυκλοφορίας	≤120 m^3/ m/d
Πλευρικό βάθος υγρών	≥3m

Πίνακας 6.14: Κριτήρια σχεδιασμού μονάδας δευτεροβάθμια καθίζησης.

6.6.1. Διαστασιολόγηση της μονάδας δευτεροβάθμια καθίζησης

Επιφανειακή φόρτιση στη μέγιστη παροχή και η επιφανειακή φόρτιση στην παροχή αιχμής δίνονται από την παρακάτω σχέση:

$$A = \frac{Q}{F} \tag{6.38}$$

Όπου:

Q= μέγιστη παροχή ημερίσια
F= επιφανειακή φόρτιση στην μέγιστη παροχή
A= επιφάνεια φόρτισης

Κάνοντας αντικατάσταση τα αντίστοιχα για κάθε περίπτωσης έχουμε:

- Επιφανειακή φόρτιση στη μέγιστη παροχή:Q= 4000 m^3/d και F=12 m^3/ m^2/d δίνεται A=334 m^2.
- Επιφανειακή φόρτιση στην παροχή αιχμής:Q= 8640 m^3/d και F=26 m^3/ m^2/d δίνεται A=332.3 m^2.

Η φόρτισή στερεών σε παροχή ισούται με την μέγιστη ημερήσια και την ανακυκλοφορία ιλύος και δίνεται από την σχέση:

$$A = \frac{(Q_m + Q_a) * M}{F} \tag{6.39}$$

Αφού όπου Q_m = 4000 m^3/d , Q_a =8640 m^3/d, M =5kg/m^3 και F=26 kg/ m^2/d δίνεται ότι το A=324m^2.

- ***Διαστάσεις δεξαμενής***

Οι δεξαμενές καθίζησης θα έχουν τα γεωμετρικά χαρακτηριστηκά που αναγράφονται στον Πίνακα 6.15.

Γεωμετρικά χαρακτηριστικά	Τιμές
Διάμετρος	18m
Πλευρικό πάθος υγρών	3m
Επιφάνεια έκαστης	254 m^2
Ωφέλιμο όγκος έκαστης	814 m^3

Πίνακας 6.15: Γεωμετρικά χαρακτηριστηκά δεξαμενών μονάδας δευτεροβάθμια καθίζησης.

❖ ***Έλεγχος υπολοίπων κριτηρίων***

Ο χρόνος παραμονής στη μέγιστη ημερήσια παροχή από την σχέση 6.37 και κάνοντας αντικατάσταση Q_{max}=166.7 m^2/h και το V_{total}=814 m^3*2 (δύο δεξαμενές) είναι t=9.7h.

❖ ***Ταχύτητα υπερχείλισης σε παροχή***

Η ταχύτητα υπερχείλισης σε παροχή είναι ίση με την μέγιστη και την ανακυκλοφορία ιλύος και δίνεται από την σχέση:

$$T.Y = \frac{(Q_m + Q_a)}{L_v} \qquad (6.47)$$

Κάνοντας αντικατάσταση δίνεται η ταχύτητα υπερχείλισης σε παροχή ιση με 74.3m^3/m/d.

6.7. ΜΟΝΑΔΑ ΚΡΟΚΚΙΔΩΣΗΣ

Η μονάδα κροκκίδωσης αποτελείται από 2 δεξαμενές οι οποίες είναι:

- ✓ Δεξαμενή ταχείας ανάδευσης
- ✓ Δεξαμενή βραδείας ανάδευσης

❖ ***Δεξαμενή ταχείας ανάδευσης***

Στην δεξαμενή ταχείας ανάδευσης υπάρχει ωφέλιμος όγκος 7.5m^3 προστίθεται διάλυμα $Al_2(SO4)_3 \cdot 18H_2O$. Το διάλυμα παρασκευάζεται με νερό και εμπορική χημική συσκευασία. Για την ασφάλεια του σχεδιασμού λαμβάνεται υπόψην ότι η βιολογική βαθμίδα απομακρύνεται μόνο το 55% των φωσφορικών οπότε το φορτίο που προκύπτει για την χημική αποφωσφόρωση παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.16.

Φορτίο για χημική αποφωσφόρωση	Τιμές
Ποσότητα εισερχόμενου φωσφόρου (P)	60kg/d
Ποσότητα απομακρυνόμενη με την βιομάζα	12kg/d
Ποσότητα απομακρυνόμενη στον αποδέχτη	20kg/d
Ποσότητα απομακρυνόμενη με χημική κατακρήμνιση	28kg/d

Πίνακα 6.18: Φορτίο που προκύπτει για την χημική αποφωσφόρωση.

Για τον υπολογισμό της απαραίτητης προσθήκης αργιλίου για την κατακρήμνιση του (P) λαμβάνεται η συντήρηση παραδοχή ότι απαιτείται 15kg Al για κάθε 1kg P που απομακρύνεται άρα: 28*1.5=42kg/d→ 518.5kg/d$Al_2(SO4)_3 \cdot 18H_2O$. Κάνοντας χρήση υγρού διαλύματος περιεκτικότητας 20% σε Al απαιτούνται 2590lit/h διαλύματος αρά επιλέγονται τα εξής:

- Ένα σύστημα προετοιμασίας του διαλύματος, αποτελούμενο από μία κυλινδρική δεξαμενή 5m^3, η οποία θα εξοπλιστεί με έναν ανοξείδωτο αναδευτήρα.
- Δύο δοσομετρικές αντλίες δυναμικότητας 110 lit/h (μια εφεδρική)

Η ανάδευση της δεξαμενής όπου γίνεται η επαφή του διαλύματος με τα επεξεργασμένα απόβλητα θα γίνεται με κατακόρυφο αναδευτήρα ώστε να διασφαλιστεί η βαθμίδα ανάδευσης. (Μαρκαντωνάτος Μ., 1990)

- ***Δεξαμενή βραδείας ανάδευσης***

Τα κριτήρια σχεδιασμού της δεξαμενής βραδείας ανάδευσης παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.17.

Κριτήρια Σχεδιασμού	Τιμές
Τύπος δεξαμενής	Τετράγωνη
Χρόνος παραμονής για παροχή 166.7m^3/h	>10 min
Ταχύτητα περιστροφής αναδευτήρα	50rpm
Βαθμίδα ανάδευσης	>100sec^{-1}

Πίνακας 6.17: Κριτήρια σχεδιασμού δεξαμενής βραδείας ανάδευσης.

- *Προσδιορισμός απαιτούμενου όγκου:* Η διεργασία της κροκκίδωσης απαιτεί ελάχιστο χρόνο παραμονής 10 min στην μέση ημερήσια παροχή των 166.7m^3/h ήτοι ελάχιστη απαίτηση: 166.7m^3/h*(10/60) =28 m^3.

- *Εξοπλισμός προετοιμασίας και δοσομετρητή πολυηλεκτρολύτη:* Σε αυτή την δεξαμενή θα προστίθεται διάλυμα ανιονικού πολυηλεκτρολύτη. Το διάλυμα παρασκευάζεται με νερό και στερεή εμπορική συσκευασία του πολυηλεκτρολύτη. Η συνήθης απαίτηση είναι 4gr/m^3 λυμάτων άρα: 166.7m^3/h*4gr/m^3=667 gr/h. Το διάλυμα είναι 0.5%. Συνεπώς απαιτείται δοσομέτρηση: 667 gr/h *(100/0.5)=133.4 lit/h. Επιπλέον, επιλέγεται ένα σύστημα προετοιμασίας του διαλύματος δυναμικότητας 200 lit/h και δύο δοσομετρικές αντλίες δυναμικότητας 140 lit/h (1 εφεδρική).

6.8 ΜΟΝΑΔΑ ΔΙΗΘΗΣΗΣ

Η μέθοδος που προτείνεται είναι διήθηση των επεξεργασμένων λυμάτων σε περιστρεφόμενο φίλτρο υφάσματος. Τα κριτήρια σχεδιασμού παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.18.

Κριτήρια Σχεδιασμού	Τιμές
Παροχή σχεδιασμού	$166.7m^3/h$
Αριθμός φίλτρων	2
Παροχή τροφοδοσίας έκαστου φίλτρου	$83\ m^3/h$
Επιφανειακή φόρτιση ωφέλιμης επιφάνειας φίλτρανσης	$<83\ m^3/m^2/h$

Πίνακας 6.18: Κριτήρια σχεδιασμού μονάδα διήθησης.

6.8.1. Διαστασιολόγηση μονάδας διήθησης

Η μονάδα αποτελείται από δύο φίλτρα τύπου περιστρεφόμενου τυμπάνου όπου το προς επεξεργασία υγρό δέχεται από εσωτερικό προς το εξωτερικό τύμπανο μέσω πορώδους διηθητικού μέσου με διάμετρο πόρων 40μm. Η διάμετρος του φίλτρου είναι 2m και το μήκος του τυμπάνου είναι 2.5m. Το ποσοστό βυθισμένης εντός του υγρού επιφάνειας είναι 70%.

Οπότε προκύπτει ότι η διαβρεχόμενη επιφάνεια για κάθε φίλτρο είναι: $0.70*(2*3.14*2.5)m=11m^2$. Η επιλογή των δύο φίλτρων δίνει συνολική επιφάνεια $22m^2$ συνεπώς η φόρτιση θα είναι: $(166.7m^3/h)/\ 22m^2=7.5\ m^3/m^2/h$.

6.9 ΜΟΝΑΔΑ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ

Η μέθοδος που προτείνεται είναι η προσθήκη υποχρωριώδους νατρίου (NaOCl) σε δεξαμενή επαφής μαιανδρικής μορφής.

Κριτήρια Σχεδιασμού	Τιμές
Παροχή σχεδιασμού	$166.7m^3/h$
Σχήμα δεξαμενής	Ορθογωνική
Βάθος από τον υπερχειλιστή	$\leq 2m$
Χρόνος παραμονής μεγιστή ημερήσια παροχή	$\geq 30min$
Απολυμαντικό μέσο	Διάλυμα NaOCl 13%
Αποθηκευτική ικανότητα δεξαμενής χλωρίου	>20d

Πίνακας 6.19: Κριτήρια σχεδιασμού μονάδας απολύμανσης.

6.9.1. Διαστασιολόγηση μονάδας απολύμανσης

- ***Υπολογισμός λειτουργικών παραμέτρων***

Για την μέγιστη ημερήσια παροχή των $166.7m^3/h$ ο απαιτούμενος όγκος είναι $84m^3$.

- ***Απολύμανση***

Η απολύμανση γίνεται με διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου NaOCL περιεκτικότητας έως 13% σε ενεργό χλώριο. Η ποσότητα του δοσομετρούμενου χλωρίου πρέπει να είναι επαρκής, ώστε με την χλωρίωση να επιτυχαίνεται η μείωση κολοβακτηριδίων σε 100MPN/100ml. Η απαιτούμενη δόση ενεργού χλωρίου για την θανάτωση των παθογόνων μικροοργανισμών επεξεργασμένων βιολογικά λύματα, προκύπτει από την σχέση Collins:

$$\frac{E}{E_0} = (1 + 0.23 * C * T)^{-3} \tag{6.48}$$

Όπου:

T= χρόνος επαφής (min)
E= συγκέντρωση στην έξοδο (100/100ml)
E_0= συγκέντρωση στην έξοδο (30 * 10^6/100ml)

Η τελική απαιτούμενη δόση χλωρίου συνήθως είναι διπλάσια από την προσδιορισθείσα. Έτσι για την μέγιστη ημερήσια παροχή (166.7m^3/h) λαμβάνεται περίπου 10mg/lit. Για χρήση διαλύματος υποχλωριώδους νατρίου συγκέντρωσης 13% σε ενεργό χλώριο και ειδικό βάρος 1.2kg/lit, απαιτείται παροχή υποχλωριώδους νατρίου σε συνθήκες μέγιστης παροχής 10.7lit/h. Το υποχλωριώδες νάτριο θα τροφοδοτείται με δύο δοσομετρητικές αντλίες με δυνατότητα ρύθμισης της παροχής από 0.12 lit/h εκάστη. Η μεταβολή της απαιτούμενης δόσης θα καθορίζεται αυτόματα ανάλογα με την μετρούμενη παροχή στον μετρητή.

- ***Δεξαμενή***

Οι διαστάσεις της δεξαμενής δίνονται από στον Πίνακα 6.20.

Γεωμετρικά χαρακτηριστικά	Τιμές
Τύπος	Μαιανδρικός
Αριθμός μαιάνδρων	4
Μήκος ροής εκάστης	42m
Πλάτος καναλιού	1m
Βάθος	2m
Ωφέλιμος όγκος	83m^3

Πίνακας 6.20: Γεωμετρικά χαρακτηριστικά δεξαμενής μονάδας απολύμανσης.

- ***Δεξαμενή χλωρίου***

Η απαιτούμενη ποσότητα του χλωρίου για την μέση ημερήσια παροχή (4000 m^3/d) είναι 222 lit/d. Για την κάλυψη της αποθηκευτικής ικανότητας των 30 d η ελάχιστη απαιτούμενη αποθηκευτική δυναμικότητα είναι 7 m^3. (Φλιάτουρα Α. & Τσεκούρα Β., 2002)

6.10. ΜΟΝΑΔΑ ΠΑΧΥΝΣΗΣ - ΑΦΥΔΑΤΩΣΗΣ ΤΗΣ ΙΛΥΟΣ

Η περίσσεια ιλύος με το αντλιοστάσιο περίσσειας οδηγείται στην μονάδα πάχυνσης – αφυδάτωσης. Όπως προέκυψε από την διαστασιολόγηση του βιολογικού αντιδραστήρα η ποσότητα που απαιτείται να αφυδατωθεί είναι 10kg/m^3. Σύμφωνα με τις απαιτήσεις της διαστασιολόγησης ο φυγοκεντρικός διαχωριστήρας θα πρέπει να εκπληρεί τις κάτωθι προδιαγραφές.

Χαρακτηριστικά φυγοκεντρικού διαχωριστήρα	**Τιμές**
Δυναμικότητα	>18m^3/h
Συγκέντρωση τροφοδοτούμενης ιλύος	0.8-1.2% σε στερεά
Συγκέντρωση στερεών στο αφυδατωμένο προϊόν	>20%

Πίνακας 6.21: Φυγοκεντρικός διαχωριστήρας μονάδας πάχυνσης.

6.10.1. Αντλιοστάσιο τροφοδοσίας μονάδας αφυδάτωσης

Όπως έχει προκύψει από τα προαναφερόμενα η απαίτηση για μεταφορά της ιλύος προς τη μονάδα αφυδάτωσης είναι περίπου 18m^3/h. Επιλέγεται να κατασκευαστεί αντλιοστάσιο δύο κοχλιωτών αντλιών (η μία εφεδρική), θετικής εκτοπίσεως ρυθμιζόμενης παροχής με δυναμικότητα έκτασης έως 20m^3/h.

6.10.2. Μονάδας παρασκευής και δοσομέτρησης πολυηλεκτρολύτη

Η απαιτούμενη τελική ποσότητα του πολυηλεκτρολύτη για την αφυδάτωση λάσπης σε συστήματα βιολογικού καθαρισμού τύπου παρατεταμένου αερισμού είναι 3-5kg στερεού ανά kg ξηρού βάρους ιλύος. Η διαστασιολόγηση έγινε για 5g//kg στερεών συγκέντρωσης 0.2%.

Η απαιτούμενη ποσότητα στερεού πολυηλεκτρολύτη είναι 0.9kg/h. Επιπλέον, η ποσότητα αυτή τροφοδοτείται υπό μορφή διαλύματος 0.2%, συνεπώς η παροχή του διαλύματος θα είναι 450 lit/h.ακόμα επιλέγεται μονάδα προετοιμασίας διαλύματος δυναμικού 500lit/hκαι δύο δοσομετριτικές αντλίες τροφοδοσίας διαλύματος δυναμικού 0.500 lit/h.

6.11. Αντλιοστάσιο βιομηχανικού νερού

Οι βασικές και μόνιμες ανάγκες σε βιομηχανικό νερό παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.22.

Ανάγκες βιομηχανικού νερου	**Τιμές**
Άρδευση	4 m^3/h
Πλύση πληντηρίδας άμμου	1 m^3/h
Πλύση δαπέδων	3 m^3/h
Πλύση φυγόκεντρου	10 m^3/h
ΣΥΝΟΛΟ	18 m^3/h

Πίνακας 6.22: Ανάγκες βιομηχανικού νερού.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Στόχος της παρούσας πτυχιακής εργασίας ήταν η μελέτη εγκατάστασης βιολογικού καθαρισμού για οικισμό 12.000 κατοίκων. Για την εκπόνησή της πραγματοποιήθηκε λεπτομερής ανάλυση των συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων μικρής κλίμακας με σκοπό την επιλογή του καταλληλότερου συστήματος για τον επιλεγμένο πληθυσμό. Επιπλεόν, αναλύθηκαν οι μέθοδοι επεξεργασία υγρών λυμάτων καθώς και τα χαρακτηριστηκά των ανεπεξέργαστων αποβλήτων.

Κατά την διάρκεια της μελέτης παρατηρήθηκε η σπουδαιότητα του Νομοθετικού Πλαισίου. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο βιολογικός καθαρισμός επηρεάζει την ποιότητα ζωής των ανθρώπων με αποτέλεσμα τα Κέντρα Επεξεργασία Λυμάτων να εγκαθίστανται στις κατάλληλες περιοχές που ορίζει ο νόμος. Τις περισσότερες φορές οι εγκαταστάσεις βρίσκονται σε περιοχές σχετικά απομακρυσμένες από τον οικισμό τον οποίο εξυπηρετούν. Επιπλέον, ο εξοπλισμός που απαρτίζει ένα τέτοιο κέντρο θα πρέπει να είναι σύμφωνα με τις προδιαγραφές τις νομοθεσίας για να διαφυλάσσεται πλήρως το περιβάλλον.

Ακόμα διαπιστώθηκε ότι για να μελετηθεί ένα σύστημα επεξεργασία λυμάτων λαμβάνεται υπόψην ο πληθυσμός του οικισμού. Ωστόσο, σε κάμια περιοχή δεν είναι σταθερός ο πληθυσμός με αποτέλεσμα να υπάρχουν αυξομοιώσεις, ανάλογα με την εποχή και τις καιρικές συνθήκες. Το σύστημα βιολογικού καθαρισμού θα πρέπει να σχεδιαστεί σύμφωνα με την μέγιστη τιμή του πληθυσμού που μπορέι να φιλοξενήσει μία περιοχή.

Τέλος θα πρέπει να σημειωθεί ότι με την παρούσα πτυχιακή εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας δίνεται βήμα στους συναδέλφους μου να συνεχίσουν την παρούσα μελέτη ολοκληρώντάς την με τον σχεδιασμό των τμημάτων της μονάδας του βιολογικού καθαρισμού καθώς και την αποτύπωση ολόκληρης της μονάδας.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

❖ Νομοθετικό πλαίσιο

Η διαχείριση των υγρών αποβλήτων προϋποθέτει την κατανόηση των διατάξεων της οδηγίας 91/271/ΕΟΚ που αφορά στην επεξεργασία αστικών λυμάτων, όπως αυτή εντάχθηκε στην Ελληνική Νομοθεσία μέσω της Κ.Υ.Α. 5673/400/1997, κυρίως λόγω της κατηγοριοποίησης-ιεράρχησης που γίνεται και η οποία πρακτικώς υποδεικνύει τον επιτακτικό ή μη χαρακτήρα των έργων αποχέτευσης και επεξεργασίας λυμάτων. Οι βασικές αρχές της Οδηγίας που επηρεάζουν και τον τρόπο σχεδιασμού ενός στρατηγικού πλάνου διαχείρισης αστικών αποβλήτων σχετίζονται με τις προδιαγεγραμμένες από την Οδηγία προθεσμίες, οι οποίες έχουν επιτακτικό χαρακτήρα και οι οποίες έμμεσα καθορίζουν την προτεραιότητα έργων.

Σύμφωνα με την ως άνω Κ.Υ.Α. 5673/400/1997 –ως προς την κατασκευή των δικτύων αποχέτευσης και έργων επεξεργασίας λυμάτων- μέχρι το 2005 όλοι οι οικισμοί με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 2.000 θα έπρεπε να έχουν κατασκευάσει δίκτυο αποχέτευσης και εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων ή να συνδεθούν με υφιστάμενα έργα.

Όπως προκύπτει από τα χρονοδιαγράμματα που θέτει η Οδηγία, η ορθολογική κατανομή σε «οικισμούς» αποτελεί ιδιαίτερα κρίσιμη παράμετρο, δεδομένου ότι καθορίζει τις προθεσμίες που τίθενται και τον απαιτούμενο βαθμό επεξεργασίας των αστικών λυμάτων, σε συνδυασμό και με τα χαρακτηριστικά του αποδέκτη. Οι οικιστικές αυτές ενότητες που ορίζονται ως οικισμοί στην Οδηγία προσδιορίζονται σύμφωνα με την Οδηγία ως περιοχές στις οποίες ο πληθυσμός ή/και οι οικονομικές δραστηριότητες είναι επαρκώς συγκεντρωμένα ώστε τα αστικά λύματα να μπορούν να συλλέγονται και να διοχετεύονται σε σταθμό επεξεργασίας αστικών λυμάτων ή σε τελικό σημείο απόρριψης.

Στο πλαίσιο των προαναφερόμενων επισημαίνεται ότι οι οικισμοί με πληθυσμό μικρότερο από 2.000 δεν υποχρεούνται κατά κανόνα στην κατασκευή δικτύου αποχέτευσης. Ωστόσο, η κατάλληλη επεξεργασία των λυμάτων είναι απαραίτητη για λόγους προστασίας των αποδεκτών και του υπόγειου υδροφορέα.

ΟΔΗΓΙΑ 91/271/ΕΟΚ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ ΤΗΣ 21ης ΜΑΙΟΥ 1991 ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ

Το συμβούλιο των Ευρωπαϊκών κοινοτήτων, την συνθήκη για την ίδρυση της Ευρωπαϊκής Οικονομικής Κοινότητας, και ιδίως το άρθρο 130Ρ, την πρόταση της Επιτροπής, τη γνώμη του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, την γνώμη της Οικονομικής και Κοινωνικής Επιτροπής, εκτιμώντας:

- Ότι με το ψήφισμα του Συμβουλίου της 28ης Ιουνίου 1988 για την προστασία της Βόρειας Θάλασσας και άλλων υδάτων στην Κοινότητα, η Επιτροπή καλείται να υποβάλει προτάσεις για τα μέτρα που απαιτούνται σε κοινοτικό επίπεδο όσον αφορά την επεξεργασία των αστικών λυμάτων.
- Ότι η ρύπανση που οφείλεται σε ανεπαρκή επεξεργασία των λυμάτων σε ένα κράτος μέλος συχνά επηρεάζει τα ύδατα των άλλων μελών κρατών.

- Ότι για να αποφεύγονται οι αρνητικές επιδράσεις στο περιβάλλον από την διάθεση ανεπαρκώς επεξεργασμένων αστικών λυμάτων, απαιτείται γενικώς η δευτεροβάθμια επεξεργασία τους.
- Ότι στις ευαίσθητες ζώνες είναι ανάγκη να επιβάλλεται αυστηρότερη επεξεργασία. Ότι σε ορισμένες λιγότερο ευαίσθητες ζώνες ενδέχεται να επαρκεί η πρωτοβάθμια επεξεργασία.
- Ότι η διοχέτευση βιομηχανικών αποβλήτων στα δίκτυα αποχέτευσης, καθώς και για την απόρριψη λυμάτων και λυματολάσπης από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων, πρέπει να ρυθμίζεται από γενικές διατάξεις, κανόνες ή/και να απαιτείται ειδική έγκριση.
- Ότι για την απόρριψη, από ορισμένους βιομηχανικούς κλάδους, βιοαποικοδομήσιμων βιομηχανικών λυμάτων που δεν διοχετεύονται σε σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων πριν από την απόρριψη στα ύδατα πρέπει να ισχύουν κατάλληλες απαιτήσεις.
- Ότι πρέπει να ενθαρρύνεται η ανακύκλωση της λυματολάσπης που προκύπτει από την επεξεργασία των λυμάτων. Ότι πρέπει να σταματήσει σταδιακώς η απόρριψη λυματολάσπης στα επιφανειακά ύδατα.
- Ότι οι σταθμοί επεξεργασίας λυμάτων, τα ύδατα και η διάθεση της λυματολάσπης πρέπει να παρακολουθούνται ώστε να διασφαλίζεται η προστασία του περιβάλλοντος από τις αρνητικές επιδράσεις της απόρριψης λυμάτων.
- Ότι πρέπει να εξασφαλισθεί η ενημέρωση του κοινού για την διάθεση των λυμάτων και της λυματολάσπης, με την μορφή περιοδικών εκθέσεων.
- Ότι τα κράτη μέλη πρέπει να εκπονούν και να υποβάλλουν στην Επιτροπή εθνικά προγράμματα για την εφαρμογή της παρούσας οδηγίας.
- Ότι πρέπει να συσταθεί επιτροπή, η οποία θα επικουρεί την Επιτροπή σε θέματα εφαρμογής της παρούσας οδηγίας και προσαρμογής της στην τεχνική πρόοδο.

Εξέδωσε την παρούσα οδηγία:

Άρθρο 1

Η παρούσα οδηγία αφορά τη συλλογή, την επεξεργασία και την απόρριψη αστικών λυμάτων και την επεξεργασία και την απόρριψη λυμάτων από ορισμένους βιομηχανικούς τομείς.

Σκοπός της παρούσας οδηγίας είναι η προστασία του περιβάλλοντος από τις αρνητικές επιπτώσεις της απόρριψης αυτών των λυμάτων.

Άρθρο 2

Για τους σκοπούς της παρούσας οδηγίας, νοούνται ως:

1. Αστικά λύματα: τα οικιακά λύματα ή το μείγμα οικιακών με βιομηχανικά λύματα ή/και όμβρια ύδατα.
2. Οικιακά λύματα: τα λύματα από περιοχές κατοικίας και υπηρεσιών που προέρχονται κυρίως από τον ανθρώπινο μεταβολισμό και τις εμπορικές δραστηριότητες.
3. Βιομηχανικά λύματα: οποιαδήποτε λύματα που απορρίπτονται από κτίρια και χώρους που χρησιμοποιούνται για οποιαδήποτε εμπορική ή βιομηχανική δραστηριότητα και τα οποία δεν είναι οικιακά λύματα ή όμβρια ύδατα.
4. Οικισμοί: οι περιοχές στις οποίες ο πληθυσμός ή/και οι οικονομικές δραστηριότητες είναι επαρκώς συγκεντρωμένα ώστε τα αστικά λύματα να μπορούν να συλλέγονται

και να διοχετεύονται σε σταθμό επεξεργασίας αστικών λυμάτων ή σε τελικό σημείο απόρριψης.

5. Δίκτυο αποχέτευσης: το σύστημα αγωγών που συλλέγει και διοχετεύει τα αστικά λύματα.
6. Μονάδα ισοδύναμου πληθυσμού: το αποικοδομήσιμο οργανικό φορτίο που παρουσιάζει βιομηχανικές ανάγκες σε οξυγόνο πέντε ημερών (BOD 5) ίσες προς 60g/ημέρα.
7. Πρωτοβάθμια επεξεργασία: η επεξεργασία των αστικών λυμάτων με φυσική ή/και χημική μέθοδο που περιλαμβάνει την καθίζηση των αιωρούμενων στερεών, ή με άλλες μεθόδους με τις οποίες το BOD 5 των εισερχόμενων λυμάτων μειώνεται τουλάχιστον κατά 20% πριν από την απόρριψη και το συνολικό φορτίο των αιωρούμενων στερεών στα εισερχόμενα λύματα μειώνεται κατά 50% τουλάχιστον.
8. Δευτεροβάθμια επεξεργασία: η επεξεργασία των αστικών λυμάτων με μέθοδο, που, κατά κανόνα, περιλαμβάνει βιολογική επεξεργασία με δευτεροβάθμια καθίζηση, ή με άλλες μεθόδους διά των οποίων τηρούνται οι απαιτήσεις.
9. Κατάλληλη επεξεργασία: η επεξεργασία των αστικών λυμάτων με μέθοδο ή/και σύστημα διάθεσης που επιτρέπει στα ύδατα υποδοχής να ανταποκρίνονται στους σχετικούς ποιοτικούς στόχους και στις συναφείς διατάξεις της παρούσας οδηγίας και άλλων κοινοτικών οδηγιών.
10. Ιλύς: το κατάλοιπο ιλύος επεξεργασμένο ή όχι, που προέρχεται από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων.
11. Ευτροφισμός: ο εμπλουτισμός των υδάτων με θρεπτικές ουσίες, ιδίως ενώσεις αζώτου ή/και φωσφόρου, που προκαλεί την ταχύτερη ανάπτυξη φυκών και ανωτέρων μορφών φυτικής ζωής, με συνακόλουθη ανεπιθύμητη διαταραχή της ισορροπίας των οργανισμών που ζουν στα ύδατα και υποβάθμιση της ποιότητας των εν λόγω υδάτων.
12. Εκβολές ποταμών: η μεταβατική ζώνη στο στόμιο ενός ποταμού, μεταξύ γλυκών και παράκτιων υδάτων. Τα κράτη μέλη ορίζουν τα εξωτερικά (προς την θάλασσα) όρια των εκβολών για τους σκοπούς της παρούσας οδηγίας, στα πλαίσια του εκτελεστέου προγράμματος.
13. Παράκτια ύδατα: τα ύδατα πέραν της γραμμής της αμπώτιδας ή του εξωτερικού ορίου των εκβολών ενός ποταμού.

Άρθρο 3

Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε όλοι οι οικισμοί να διαθέτουν δίκτυα αποχέτευσης αστικών λυμάτων:

- ✓ έως τις 31 Δεκεμβρίου 2000 το αργότερο, για τους οικισμούς με ισοδύναμο πληθυσμό άνω των 1.500
- ✓ έως τις 31 Δεκεμβρίου 2005 το αργότερο, για τους οικισμούς με ισοδύναμο πληθυσμό μεταξύ 2.000 και 15.000.

Για τα αστικά λύματα των οποίων η απόρριψη πραγματοποιείται σε ύδατα υποδοχής που θεωρούνται ευαίσθητες ζώνες, σύμφωνα με το άρθρο 5, τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε να υπάρχουν δίκτυα αποχέτευσης το αργότερο έως τις 31 Δεκεμβρίου 1998 για τους οικισμούς με ισοδύναμο πληθυσμό άνω των 10.000.

Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες η εγκατάσταση αυτών των δικτύων δεν δικαιολογείται, είτε λόγω του ότι δεν ωφελεί το περιβάλλον, είτε λόγω υπερβολικού κόστους, χρησιμοποιούνται κατάλληλα μεμονωμένα συστήματα ή άλλα κατάλληλα συστήματα που επιτυγχάνουν το ίδιο επίπεδο προστασίας του περιβάλλοντος.

Άρθρο 4

1. Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε τα αστικά λύματα που διοχετεύονται σε αποχετευτικά δίκτυα να υποβάλλονται, πριν από την απόρριψης τους, σε δευτεροβάθμια ή σε ισοδύναμη επεξεργασία ως εξής:

    - ✓ το αργότερο έως τις 31 Δεκεμβρίου 2000, για όλες τις απορρίψεις λυμάτων από οικισμούς με ισοδύναμο πληθυσμό άνω των 15.000,
    - ✓ το αργότερο έως τις 31 Δεκεμβρίου 2005, για όλες τις απορρίψεις λυμάτων από οικισμούς με ισοδύναμο πληθυσμό μεταξύ 10.000 και 15.000,
    - ✓ το αργότερο έως τις 31 Δεκεμβρίου 2005, για τα λύματα που αποβάλλονται σε γλυκά ύδατα και σε εκβολές ποταμών, από οικισμούς με ισοδύναμο πληθυσμό μεταξύ 2.000 και 10.000.

2. Τα αστικά λύματα που απορρίπτονται σε ύδατα ορεινών περιοχών (υψομέτρου άνω των 1.500 μέτρων), όπου, λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών, η βιολογική επεξεργασία είναι δυσεφάρμοστη, μπορούν να υποβάλλονται σε λιγότερη αυστηρή επεξεργασία, εφόσον λεπτομερείς μελέτες αποδεικνύουν ότι οι εν λόγω απορρίψεις δεν επηρεάζουν δυσμενώς το περιβάλλον.
3. Το φορτίο που εκφράζεται με ισοδύναμο πληθυσμό υπολογίζεται με βάση το μέγιστο μέσο εβδομαδιαίο φόρο που εισέρχεται στο σταθμό επεξεργασίας στη διάρκεια του έτους, εξαιρουμένων των ασυνήθιστων καταστάσεων, όπως οι περιπτώσεις καταρρακτώδους βροχής.

Άρθρο 5

1. Τα κράτη μέλη προσδιορίζουν μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 1993 τις ευαίσθητες περιοχές σύμφωνα με κάποια κριτήρια.
2. Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε, πριν από την απόρριψη τους σε ευαίσθητες περιοχές, τα αστικά λύματα που διοχετεύονται σε αποχετευτικά δίκτυα να υποβάλλονται, το αργότερο μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 1998, σε επεξεργασία αυστηρότερη από εκείνη που περιγράφεται στο άρθρο 4, για όλες τις απορρίψεις από οικισμούς με ισοδύναμο πληθυσμό άνω των 10.000.
3. Οι απορρίψεις από τους σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων πρέπει να πληρούν σχετικές απαιτήσεις, οι οποίες είναι δυνατό να τροποποιηθούν με την διαδικασία του άρθρου 18.
4. Εναλλακτικά, οι απαιτήσεις για μεμονωμένες εγκαταστάσεις δεν χρειάζεται να εφαρμόζονται σε ευαίσθητες περιοχές, όταν μπορεί να αποδειχθεί ότι το ελάχιστο ποσοστό μείωσης του συνολικού φορτίου από όλους τους σταθμούς επεξεργασίας λυμάτων στην περιοχή αυτή είναι τουλάχιστον 75% για τον ολικό φώσφορο και τουλάχιστον 75% για το ολικό άζωτο.
5. Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε ο κατάλογος των ευαίσθητων περιοχών να επανεξετάζεται ανά τετραετία τουλάχιστον.
6. Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε οι περιοχές που προσδιορίζονται ως ευαίσθητες να ικανοποιούν τις απαιτήσεις εντός επτά ετών.
7. Εάν ένα κράτος μέλος δεν εφαρμόζει σε ολόκληρο το έδαφός του την προβλεπόμενη επεξεργασία, τότε δεν είναι υποχρεωμένο να προσδιορίζει ευαίσθητες περιοχές για τους σκοπούς της παρούσας οδηγίας.

Άρθρο 6

1. Τα κράτη μέλη μπορούν μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 1993 το αργότερο να προσδιορίζουν τις λιγότερο ευαίσθητες περιοχές.
2. Τα αστικά λύματα που απορρίπτονται σε παράκτια ύδατα από οικισμούς με 10.000 έως 15.000 ισοδύναμο πληθυσμό ή σε ύδατα ποταμών από οικισμούς με 2.000 έως 10.000 ισοδύναμο πληθυσμό, μπορούν να υποβάλλονται σε επεξεργασία λιγότερο αυστηρή από την επεξεργασία που περιγράφεται στο άρθρο 4, υπό την προϋπόθεση ότι:

    - ✓ οι απορρίψεις αυτές υποβάλλονται τουλάχιστον σε πρωτοβάθμια επεξεργασία
    - ✓ ολοκληρωμένες μελέτες δείχνουν ότι οι απορρίψεις αυτές δεν επηρεάζουν αρνητικά το περιβάλλον

3. Τα κράτη μέλη παρέχουν στην Επιτροπή όλες τις κατάλληλες πληροφορίες σχετικά με τις προαναφερόμενες μελέτες.
4. Εάν η Επιτροπή κρίνει ότι δεν πληρούνται οι κατάλληλες προϋποθέσεις, υποβάλλει σχετική πρόταση στο Συμβούλιο.
5. Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε ο κατάλογος των λιγότερο ευαίσθητων περιοχών να επανεξετάζεται ανά τετραετία τουλάχιστον.
6. Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε οι περιοχές που παύουν να χαρακτηρίζονται ως λιγότερο ευαίσθητες, να πληρούν εντός επτά ετών τις συναφείς απαιτήσεις των άρθρων 4 και 5.

Άρθρο 7

Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε, μέχρι 31 Δεκεμβρίου 2005 το αργότερο, τα διοχετευόμενα στα αποχετευτικά δίκτυα αστικά λύματα, προτού απορριφθούν , να υφίστανται κατάλληλη επεξεργασία, όπως ορίζεται στο άρθρο 2 στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- ✓ όταν απορρίπτονται σε γλυκά ύδατα και σε εκβολές ποταμών από οικισμούς με ισοδύναμο πληθυσμό λιγότερο από 2.000,
- ✓ όταν απορρίπτονται σε παράκτια ύδατα από οικισμούς με λιγότερο από 10.000 ισοδύναμο πληθυσμό.

Άρθρο 8

1. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις που οφείλονται συχνά σε τεχνικά προβλήματα και για γεωγραφικά καθορισμένες ομάδες πληθυσμού, τα κράτη μέλη μπορούν να υποβάλλουν ειδική αίτηση στην Επιτροπή για να τους παραχωρηθεί μεγαλύτερη προθεσμία για να συμμορφωθούν με το άρθρο 4.
2. Στη δεόντως αιτιολογούμενη αυτή αίτηση, εκτίθενται οι τεχνικές δυσκολίες που συναντά το κράτος μέλος και προτείνεται πρόγραμμα δράσης, με το σχετικό χρονοδιάγραμμα εφαρμογής, με σκοπό την επίτευξη του στόχου της παρούσας οδηγίας. Το χρονοδιάγραμμα αυτό περιλαμβάνει στο πρόγραμμα για την εφαρμογή της οδηγίας που αναφέρεται στο άρθρο 17.
3. Μόνο τεχνικοί λόγοι μπορούν να γίνουν δεκτοί.

4. Η Επιτροπή εξετάζει την εν λόγω αίτηση και λαμβάνει τα κατάλληλα μέτρα με διαδικασία του άρθρου 18.
5. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις, και όταν μπορεί να αποδειχθεί ότι η επεξεργασία των αποβλήτων με περισσότερο προηγμένες τεχνολογίες μεθόδους δεν αποφέρει κανένα όφελος για το περιβάλλον, τα αστικά λύματα που απορρίπτονται σε λιγότερο ευαίσθητες περιοχές από οικισμούς με άνω των 15.000 ισοδύναμο πληθυσμό, μπορούν να υποβάλλονται στην επεξεργασία που προβλέπει το άρθρο 6 για τα λύματα που προέρχονται από οικισμούς με ισοδύναμο πληθυσμό μεταξύ 10.000 και 15.000. Στις περιπτώσεις αυτές, τα κράτη μέλη υποβάλλουν εκ των προτέρων στην Επιτροπή τη σχετική έγγραφη τεκμηρίωση. Η Επιτροπή εξετάζει την περίπτωση και λαμβάνει κατάλληλα μέτρα, με την διαδικασία του άρθρου 18.

Άρθρο 9

Στις περιπτώσεις που τα ύδατα στην περιοχή δικαιοδοσίας ενός κράτους μέλους επηρεάζεται αρνητικά από απορρίψεις αστικών λυμάτων τα οποία προέρχονται από άλλο κράτος μέλος, το κράτος μέλος του οποίου θίγονται τα ύδατα μπορεί να ικανοποιεί τα σχετικά στοιχεία στο άλλο κράτος μέλος και στην Επιτροπή.

Τα ενδιαφερόμενα κράτη μέλη οργανώνουν, ενδεχομένως με τη συμμετοχή της Επιτροπής, τις αναγκαίες διαβουλεύσεις για τον προσδιορισμό του είδους των εν λόγω απορρίψεων και για τον καθορισμό των μέτρων που πρέπει να ληφθούν επιτόπου για την προστασία των θιγόμενων υδάτων ώστε να επιτευχθεί η συμμόρφωση προς τις διατάξεις της παρούσας οδηγίας.

Άρθρο 10

Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε οι σταθμοί επεξεργασίας αστικών λυμάτων, που κατασκευάζονται ώστε να συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις των άρθρων 4,5,6 και 7, να σχεδιάζονται, να κατασκευάζονται, να λειτουργούν και να συντηρούνται με τρόπο που να εξασφαλίζει επαρκείς αποδόσεις υπό όλες τις συνήθεις τοπικές κλιματικές συνθήκες. Κατά τον σχεδιασμό των σταθμών λαμβάνονται υπόψη οι εποχιακές διακυμάνσεις του φορτίου.

Άρθρο 11

1. Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε, μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 1993 το αργότερο, τα βιομηχανικά λύματα που διοχετεύονται στα αποχετευτικά δίκτυα και στους σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων να υπόκεινται σε εκ των κανόνες ή/και στην παροχή ειδικών αδειών από τις αρμόδιες αρχές ή τα κατάλληλα όργανα.
2. Οι κανόνες και οι ειδικές άδειες επανεξετάζονται και, ενδεχομένως, αναπροσαρμόζονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

Άρθρο 12

1. Τα επεξεργασμένα λύματα πρέπει να επαναχρησιμοποιούνται, όποτε είναι σκόπιμο. Ο τρόπος διάθεσης των λυμάτων πρέπει να μειώνει στο ελάχιστο τις αρνητικές επιδράσεις στο περιβάλλον.
2. Οι αρμόδιες αρχές ή τα κατάλληλα όργανα μεριμνούν ώστε η διάθεση λυμάτων από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων να υπόκεινται σε προηγούμενους κανόνες ή/και ειδικές άδειες.

3. Οι κανόνες ή/και οι άδειες επανεξετάζονται και ενδεχομένως αναπροσαρμόζονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

Άρθρο 13

1. Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε, στις 31 Δεκεμβρίου 2000 το αργότερο, τα βιοαποικοδομήσιμα λύματα που δεν διοχετεύονται στους σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων, πριν απορριφθούν στα ύδατα υποδοχής να πληρούν πριν την απόρριψή τους, τους όρους που θεσπίζονται στα πλαίσια των προηγούμενων κανόνων ή/και ειδικών αδειών, από τις αρμόδιες αρχές ή τα κατάλληλα όργανα, για όλες τις απορρίψεις από εγκαταστάσεις με 4.000 ισοδύναμο πληθυσμό ή περισσότερο.
2. Μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 1993 το αργότερο, οι αρμόδιες αρχές ή τα κατάλληλα όργανα των κρατών μελών καθορίζουν τις απαιτήσεις που προσιδιάζουν στην εκάστοτε βιομηχανία για τις απορρίψεις των εν λόγω λυμάτων.
3. Μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 1994 το αργότερο, η Επιτροπή συγκρίνει τις ανάγκες των κρατών μελών, δημοσιεύει τα σχετικά αποτελέσματα υπό τύπον εκθέσεως και, ενδεχομένως, υποβάλλει κατάλληλη πρόταση.

Άρθρο 14

1. Η λυματολάσπη που παράγεται κατά την επεξεργασία των λυμάτων πρέπει να επαναχρησιμοποιείται, όποτε είναι σκόπιμο. Ο τρόπος διάθεσης πρέπει να μειώνει στο ελάχιστο τις αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.
2. Οι αρμόδιες αρχές ή τα κατάλληλα όργανα μεριμνούν ώστε, μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 1998 το αργότερο, η διάθεση της λυματολάσπης από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων να υπόκεινται σε γενικούς κανόνες, σε καταχώρηση ή σε χορήγηση άδειας.
3. Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε να παύσει, μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 1998 το αργότερο, η διάθεση της λυματολάσπης σε επιφανειακά ύδατα με απόρριψή της από πλοία, απόρριψη από αγωγούς μεταφοράς ή άλλα μέσα.
4. Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε η συνολική ποσότητα τοξικών, μη αποικοδομήσιμων ή βιοσωρεύσιμων υλικών, που περιέχεται στη λυματολάσπη, της οποίας η διάθεση γίνεται στα επιφανειακά ύδατα, να υπόκεινται σε άδεια και να μειώνεται προοδευτικά.

Άρθρο 15

1. Οι αρμόδιες αρχές ή τα κατάλληλα όργανα παρακολουθούν την ποσότητα και την σύνθεση της λυματολάσπης που διατίθεται σε επιφανειακά ύδατα.
2. Οι αρμόδιες αρχές ή τα κατάλληλα όργανα παρακολουθούν τα ύδατα που δέχονται απορρίψεις από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων και απ’ ευθείας απορρίψεις, σύμφωνα με το άρθρο 13, στις περιπτώσεις κατά τις οποίες μπορεί να αναμένεται ότι θα θιγεί σημαντικά το περιβάλλον από τις απορρίψεις αυτές.
3. Στην περίπτωση απόρριψης που υπόκεινται στις διατάξεις του άρθρου 6 και στην περίπτωση διάθεσης της λυματολάσπης σε επιφανειακά ύδατα, τα κράτη μέλη παρακολουθούν και διεξάγουν κάθε άλλη ενδεχομένως απαιτούμενη

μελέτη για να επαληθεύσουν ότι η απόρριψη ή η διάθεση δεν επηρεάζουν αρνητικά το περιβάλλον.

4. Οι πληροφορίες που συγκεντρώνονται από τις αρμόδιες αρχές ή τα κατάλληλα όργανα, φυλάσσονται από τα κράτη μέλη και τίθενται στην διάθεση της Επιτροπής εντός έξι μηνών από την παραλαβή σχετικής αίτησης.
5. Οι κατευθυντήριες γραμμές μπορούν να καταρτίζονται με την διαδικασία του άρθρου 18.

Άρθρο 16

Με την επιφύλαξη του Συμβουλίου της 7ης Ιουνίου 1990 σχετικά με την ελεύθερη πληροφόρηση για θέματα του περιβάλλοντος, τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε οι αρμόδιες αρχές ή τα αρμόδια όργανα να δημοσιεύουν ανά διετία έκθεση για την κατάσταση της διάθεσης των αστικών λυμάτων και της λυματολάσπης στην περιοχή τους. Οι εκθέσεις αυτές διαβιβάζονται από τα κράτη μέλη στην Επιτροπή μόλις δημοσιευθούν.

Άρθρο 17

1. Μέχρι την 31 Δεκεμβρίου του 1993 το αργότερο, τα κράτη μέλη καταρτίζουν πρόγραμμα για την εφαρμογή της παρούσας οδηγίας.
2. Τα κράτη μέλη ενημερώνουν την Επιτροπή σχετικά με το πρόγραμμα αυτό, μέχρι τις 30 Ιουνίου 1994, το αργότερο.
3. Ανά διετία και μέχρι τις 30 Ιουνίου το αργότερο, τα κράτη μέλη παρέχουν, εάν απαιτείται, στην Επιτροπή, ενημερωμένα στοιχεία για τις πληροφορίες.
4. Οι μέθοδοι και τα σχήματα που χρησιμοποιούνται για τη έκθες των εθνικών προγραμμάτων καταστίζονται με την διαδικασία του άρθρου 18. Κάθε τροποποίηση των εν λόγω σχημάτων εγκρίνεται με την ίδια διαδικασία.
5. Ανά διετία, η Επιτροπή επανεξετάζει και αξιολογεί τα στοιχεία που λαμβάνει και δημοσιεύει σχετική έκθεση.

Άρθρο 18

1. Η Επιτροπή επικουρείται από μια μεγάλη επιτροπή την οποία αποτελούν αντιπρόσωποι των κρατών μελών και της οποίας προεδρεύει ο αντιπρόσωπος της Επιτροπής.
2. Ο αντιπρόσωπος της Επιτροπής υποβάλλει στην επιτροπή σχέδιο των μέτρων που πρόκειται να ληφθούν. Η επιτροπή διατυπώνει τη γνώμη της για το σχέδιο αυτό μέσα σε προθεσμία που μπορεί να ορίσει ο πρόεδρος ανάλογα με τον επείγοντα χαρακτήρα του θέματος. Η γνώμη διατυπώνεται με την πλειοψηφία. Ο πρόεδρος δεν λαμβάνει μέρος στην ψηφοφορία.
3. Η Επιτροπή θεσπίζει τα σχεδιαζόμενα μέτρα όταν είναι σύμφωνα με την γνώμη της επιτροπής. Όταν τα σχεδιαζόμενα μέτρα δεν είναι σύμφωνα με τη γνώμη της επιτροπής, ή ελλείψει γνώμης, η Επιτροπή υποβάλλει, χωρίς καθυστέρηση, στο Συμβούλιο πρόταση σχετικά με τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν. Το Συμβούλιο αποφασίζει με ειδική πλειοψηφία

Εάν το Συμβούλιο δεν αποφασίσει εντός τριών μηνών από την υποβολή της πρότασης, τα προτεινόμενα μέτρα θεσπίζονται από την Επιτροπή, εκτός εάν το Συμβούλιο έχει αποφασίσει με απλή πλειοψηφία ότι αντιτίθεται προς τα εν λόγω μέτρα.

- ***Άρθρο 19***

1. Τα κράτη μέλη θέτουν σε ισχύ τις νομοθετικές, κανονιστικές και διοικητικές διατάξεις που είναι αναγκαίες για να συμμορφωθούν με την παρούσα οδηγία το αργότερο στις 30 Ιουνίου 1993. Ενημερώνουν αμέσως την Επιτροπή σχετικά.
2. Τα κράτη μέλη κοινοποιούν στην Επιτροπή το κείμενο των ουσιωδών διατάξεων εσωτερικού δικαίου τις οποίες θεσπίζουν στον τομέα που διέπεται από την παρούσα οδηγία

- ***Άρθρο 20***

Η παρούσα οδηγία απευθύνεται στα κράτη μέλη. Βρυξέλλες, 21 Μαΐου 1991.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική βιβλιογραφία:

1. Βαλλιανάτου Σ., 2011, *Εφαρμογή του CLEAN αλγορίθμου σε συνδυασμό με την παραγοντική ανάλυση για την μελέτη χρονοσειρών παραμέτρων βιολογικού καθαρισμού βιομηχανίας*, Εκδόσεις Πανεπιστήμιο Πατρών.
2. Στάμου Α., 1996, *Διαχείριση υγρών αποβλήτων*, Εκδόσεις Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο.
3. Φράγκος Ν., 2005, *Σύγκριση παραμετρικών συνθηκών λειτουργίας και σχεδιασμού εγκαταστάσεων επεξεργασίας αστικών λυμάτων*, Εκδόσεις Πολυτεχνείο Κρήτης.
4. Μάλλιου Μ., 2006, *Ποιοτικά χαρακτηριστικά ιλύος από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων του ελλαδικού χώρου*, Εκδόσεις Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.
5. Κανάκας Σ., 2014, *Αυτόματος έλεγχος (Control) σε Μονάδα Βιολογικού Καθαρισμού*, Εκδόσεις Α.Τ.Ε.Ι Θεσσαλίας.
6. Σκανδάμη Α., 2005, *Βιολογικός καθαρισμός*, Εκδόσεις Πειραματικό Λύκειο Αναβρύτων, Αθήνα.
7. Τζιάνα Α., 2008, *Προσομοίωση λειτουργίας δεξαμενής αερισμού ετεροτροφής βιομάζας με ανακυκλοφορία ενεργού ιλύος σε εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων*, Εκδόσεις Τ.Ε.Ι. Κρήτης.
8. Κουσέρη Ε., 2008, *Συνεισφορά εντός κοίτης αποθεμάτων κατσίγαρου στην ποιότητα του ποταμού Ευρώτα*, Εκδόσεις Πολυτεχνείο Κρήτης.
9. Λέκκα Α., 2013, *Επεξεργασία υγρών αποβλήτων-Περιγραφή και λειτουργία μονάδας επεξεργασίας λυμάτων Ιωαννίνων*, Εκδόσεις Τ.Ε.Ι Κρήτης.
10. Καδδά Ι., Ταρταράς Μ., 2010, *Έλεγχος της αφυδατωσιμότητας της ενεργού ιλύος με χρήση υπερήχων*, Εκδόσεις Αλεξάνδρειο Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης.
11. Πολίτη Τ., 2010, *Συμβολή στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων που περιέχουν υδρογονάνθρακες με τη χρήση τροποποιημένων γεωργικών καταλοίπων*, Εκδόσεις Πανεπιστήμιο Πειραιώς.
12. Νταράκας Ε., 2014, *Διεργασίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων*, Εκδόσεις Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
13. Τέγου Ι., 2004, *Επιλογή βέλτιστου συστήματος διαχείρισης των υγρών αποβλήτων του Δήμου Λουτροπόλεως Θέρμης*, Εκδόσεις Πανεπιστήμιο Αιγίου.
14. Ζουρνάς Α., *Νιτροποίηση υγρών αστικών αποβλήτων με χρήση εγκλωβισμένων νιτροποιητών*, Εκδόσεις Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος.
15. Βαρνάβα Ρ., 2014, *Αποκεντρωμένη μονάδα επεξεργασίας αστικών λυμάτων-επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων εκροών*, Εκδόσεις Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου.
16. Αλμπανέλης Φ., 2007, *Αξιολόγηση συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων μικρής δυναμικότητας*, Εκδόσεις Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
17. Σαββάκης Κ., 2002, *Εισαγωγή στην περιβαλλοντική τεχνολογία*, Εκδόσεις ΖΗΤΗ.

18. Βασιλάκος Ι., 2008, *Διερεύνηση αποτελεσματικότητας απολύμανσης δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια επεξεργασία λυμάτων με όζον,* Εκδόσεις Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο.
19. Ανδρεαδάκης Α., 2012, *Κείμενο κατευθυντήριων γραμμών για τη διαχείριση λυμάτων μικρών οικισμών,* Εκδόσεις Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και κλιματικής αλλαγής.
20. Γκορίτσας Β., 2010, *Συμβολή στη βελτιστοποίηση συνδυασμού διεργασιών τριτοβάθμιας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων βαφείου κλωστουφαντουργίας,* Εκδόσεις Πανεπιστήμιο Πειραιώς.
21. Τσιχριτζής Β., 2003, *Τεχνητοί υγροβιότοποι για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων,* Εκδόσεις Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης.
22. Βαρνάβα Ρ., 2014, *Αποκεντρωμένη μονάδα επεξεργασίας αστικών λυμάτων-Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων εκροών,* Εκδόσεις Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου.
23. Μπουλμπούλη Μ., 2007, *Μονάδες επεξεργασίας λυμάτων,* Εκδόσεις Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
24. Τσεκούρα Β. & Φλιάτουρα Α., 2002, *Δίκτυα Αποχέτευσης και Μονάδα Επεξεργασίας Λυμάτων,* Αρκαδία
25. Κούβαλης Π., 2002, *Βιολογικός Καθαρισμός Δήμου Κυνουρίας,* Εκδόσεις Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας.
26. Βλυσίδης Α., 2004, *Σχεδιασμός Εγκαταστάσεων Αντιρρύπανσης Υγρών Βιομηχανικών Αποβλήτων*, Εκδόσεις Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο,Αθήνα
27. Γρηγοροπούλου Ε., 2002, *Σχεδιασμός Εγκαταστάσεων Αντιρρύπανσης-Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων,* Εκδόσεις Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Αθήνα.
28. Μαρκαντωνάτος Μ., 1990, *Επεξεργασία και Διάθεση Υγρών αποβλήτων,* Αθήνα

Ξένη βιβλιογραφία:

1. Metcalf and Eddy Inc., 1995, *Water Pollution Abatement Technology: Capabilities and Costs,* Public Owner Treatment Works, Springfield, VA.
2. Gleick, 1993, *Water in Crisis, A Guide to the World's Fresh Water Resources,* Oxford University Press, New York.
3. Crites R. and T. Tchobanoglous, 1998, *Small and Decentralized Wastewater Management Systems,* WCB and Graw-Hill, New York.
4. Schroeder E.D., 1985, *Basic Equations and Design of Activated Sludge Processes,* Ed. Moo-Young.
5. Wilson F., 1981, *Design Calculations in Wastewater Treatment,* Spon Publishers, London U.K..
6. Jorgensen, 1989, *Industrial Waste Water Management,* Elsevier.
7. Lester J (2006) Preliminary Wastewater Treatment – Wastewater Treatment Processes. Imperial College. London

Διαδίκτυο:

1. http://www.deyaxiou.gr
2. http://opag1gydr.blogspot.gr
3. http://www.aktor.gr
4. http://www.wikipedia.gr
5. http://www.antemisaris.gr
6. http://www.enya.gr
7. http://users.auth.gr
8. http://www.bioprocessh2o.com
9. http://www.michos.gr
10. http://www.epc-tec.com
11. http://www.egaio.gr
12. http://www.parnonas.gr
13. http://www.eydap.gr
14. http://www.envima.gr
15. http://www.sistema.gr
16. http://www.spider-services.com

Βιβλιογραφία Παραρτήματος

1. Διαχείριση Λυμάτων - Υπεκα
2. Διαχείριση Λυμάτων Μικρών Οικισμών - Υπεκα
3. Βάση Δεδομένων Παρακολούθησης Λειτουργίας Ε.Ε.Λ. - Υπεκα