

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΥΓΡΩΝ  
ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ**



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΚΟΜΝΗΝΟΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Δρ. ΠΑΝΑΓΙΩΤΑΡΑΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ**

**ΠΑΤΡΑ 2010**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Αποφοιτώντας από το τμήμα Μηχανολογίας της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών του Τ.Ε.Ι. Πατρών νιώθω την ανάγκη να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους όσους μου συμπαραστάθηκαν και με βοήθησαν κατά την διάρκεια των σπουδών μου. Όλους τους καθηγητές για την πολύτιμη βοήθεια και τις γνώσεις που μου προσέφεραν. Τα χρόνια αυτά που διήρκησαν οι σπουδές μου υπήρξαν εύκολες και δύσκολες στιγμές, οι οποίες θα μείνουν αξέχαστες και χαραγμένες σαν ευχάριστες αναμνήσεις για πάντα.

Όσον αφορά την πραγματοποίηση της πτυχιακής εργασίας μου θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου Δρ. Παναγιωτάρα Διονύσιο για την προθυμία του, την απέραντη καλοσύνη του, την χωρίς κόπο και αμέριστη βοήθειά του όχι μόνο για την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας, αλλά και επειδή συνέβαλε με τις γνώσεις και την εμπειρία του να βρω λύσεις σε προβλήματα που αφορούσαν τον επαγγελματικό μου τομέα. Η βοήθειά του υπήρξε καθοριστική σε όλα τα στάδια συνεργασίας μας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Είναι αντιληπτό ότι οι φυσικοί πόροι δεν είναι ανεξάντλητοι. Οι ρυθμοί εκμετάλλευσής τους έχουν ξεπεράσει εκείνους της ανανέωσης, γεγονός που παραπέμπει και στο συχνά ιδιότυπο ιδιοκτησιακό τους καθεστώς. Οι βλάβες είναι ενίοτε μη αναστρέψιμες. Άλλωστε, εδώ και καιρό καταγράφονται συστηματικά και οι εντυπωσιακοί ρυθμοί κατασπατάλησης των «αποθεμάτων», π.χ. των υδρογονανθράκων, ή η οριστική έκλειψη ειδών πανίδας και χλωρίδας. Το αρνητικά μεταλλαγμένο «φαινόμενο του θερμοκηπίου», η επιταχυνόμενη ερημοποίηση, η «τρύπα του όζοντος» αποτελούν πρόσθετες παραλλαγές μιας πολλαπλά διαπιστούμενης οικοπεριβαλλοντικής κρίσης. Μιας, προφανώς, ανθρωπογενούς κρίσης μεταξύ περιβάλλοντος και αναπτυξιακών πρωτοβουλιών.

Μέθοδοι απομάκρυνσης των λυμάτων υπήρχαν από τα αρχαία χρόνια κυρίως στους ανεπτυγμένους πολιτισμούς. Υπόνομοι βρέθηκαν σε ερείπια προϊστορικών πόλεων όπως η Κρήτη, και η Συρία. Υπόνομοι οι οποίοι εξυπηρετούσαν την απομάκρυνση της βροχής στην Αρχαία Ρώμη λειτουργούν ακόμα και σήμερα. Κατά τον Μεσαίωνα άρχιζαν να χτίζονται και βόθροι.

Όταν γέμιζαν οι εργάτες έπρεπε να τους αδειάζουν με χρέωση του ιδιοκτήτη. Ύστερα απομακρύνονταν σε θαλάσσιες περιοχές και σε λίμνες ή ποτάμια. Κατά το 19ο αιώνα άρχιζαν να χτίζονται καλύτερα αποχετευτικά συστήματα τα οποία βελτίωσαν την ποιότητα της ζωής. Το 20ο αιώνα πολλές πόλεις και βιομηχανίες κατάλαβαν ότι η απομάκρυνση των λυμάτων απευθείας σε ποταμιά και λίμνες προκαλούσε πολλά προβλήματα υγείας, όπως χολέρα. Αυτό οδήγησε στην κατασκευή εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων. Κατά το 1950 και το 1960 άρχιζαν να χτίζονται οι πρώτες εγκαταστάσεις

Στη νεότερη χρονική περίοδο, διεθνώς, επικρατεί πάντως σταδιακά η αρχή της Αειφορίας, ως κεντρικός στόχος μιας γενικότερα ορθολογικότερης διαχείρισης. Μέτρο επιτυχούς προσαρμογής αποτελεί όμως αναμφίβολα και ο βαθμός διατήρησης μιας ανεκτού επιπέδου *ποιότητας* ζωής στα μεγάλα αστικά κέντρα αλλά και την περιφέρεια. Σταθερά, τουλάχιστον στα «πρωτοπόρα» κράτη του ώριμου καπιταλισμού, η παραδοσιακή προτίμηση σε πρωτογενώς φθηνές αλλά ρυπογόνες παραγωγικές διαδικασίες εγκαταλείπεται υπέρ περισσότερο εκλεπτυσμένων και προηγμένων τεχνολογιών.

Στην εποχή μας, εποχή έντονης αστικοποίησης και βιομηχανικής ανάπτυξης έχουν δημιουργηθεί μια σειρά σοβαρών περιβαλλοντικών προβλημάτων με τους μεγάλους όγκους αστικών λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων. Ο άνθρωπος χρειάζεται περίπου 2-4 lt νερού την ημέρα για πόση, αλλά οι ανάγκες για την ατομική και οικιακή καθαριότητα υπολογίζονται σε 100-400 lt νερού την ημέρα ανά άτομο.

Το σύνολο σχεδόν των παραπάνω υγρών καταλήγει στην αποχέτευση με τη μορφή υγρών αποβλήτων (αστικά λύματα) και παύουν να μας απασχολούν. Ελάχιστοι από μας, έχουν συνειδητοποιήσει, ότι αν δεν ενδιαφερθούμε για το πώς διατίθενται και που καταλήγουν τα αστικά λύματα και όχι μόνο, αυτά θα καταλήξουν έμμεσα, με τις επιπτώσεις τους βέβαια, πάλι σε μας, όπως γίνεται κατά κόρον στον Ελλαδικό χώρο.

Η λανθασμένη εκτίμηση της ικανότητας αυτοκαθαρισμού των αποδεκτών καθώς και η έλλειψη θεσμικού πλαισίου γύρω από την προστασία του περιβάλλοντος, προκάλεσαν τρομακτικές αλλαγές στο οικοσύστημα λιμνών και θαλασσών. Παράλληλα η ευαισθητοποίηση του ανθρώπου για ζητήματα οικολογίας και προστασίας του περιβάλλοντος έχουν οδηγήσει στην ανάγκη για μελέτη και επίλυση αυτών των προβλημάτων. Σε αυτό το πλαίσιο οι βιολογικοί καθαρισμοί προέκυψαν με στόχο την επεξεργασία και διάθεση των αστικών και βιομηχανικών λυμάτων, προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι επιπτώσεις τους στο οικοσύστημα. Με την εξάπλωση των βιολογικών καθαρισμών προκύπτουν και μια σειρά από τεχνικά ζητήματα γύρω από την λειτουργία τους και τις μεθόδους που χρησιμοποιούν.

Με την πτυχιακή αυτή εργασία γίνεται προσπάθεια να περιγραφούν οι αρχές λειτουργίας ενός βιολογικού καθαρισμού, να περιγραφούν τα στάδια της επεξεργασίας των αστικών λυμάτων και να αναλυθούν οι μηχανολογικές εγκαταστάσεις που περιλαμβάνουν. Επίσης επιχειρείται μια περιεκτική προσέγγιση του προβλήματος επεξεργασίας και διαχείρισης των αποβλήτων.

Η εξάντληση των υδατικών πόρων, έχει αυξήσει τη ζήτηση για εναλλακτικά σενάρια αξιοποίησης – εκμετάλλευσης εναλλακτικών υδατικών πηγών, όπως αυτών των υπόγειων υδάτων, του θαλασσινού νερού, του νερού της βροχής και ακόμα των αστικών αποβλήτων. Πρόσφατα, το ενδιαφέρον για την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων, έχει προωθήσει την ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών επεξεργασίας τους καθώς και άλλων ρυπασμένων υδάτων. Από τα συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, οι βιοαντιδραστήρες μεμβράνης, θεωρούνται ένα από τα πολλά υποσχόμενα συστήματα επαναχρησιμοποίησης υδάτων, λόγω των πλεονεκτημάτων που παρουσιάζουν.

Ο όρος λύματα αναφέρεται στα υγρά απόβλητα από τις κατοικίες (οικιακά λύματα) και τα υγρά απόβλητα από τις συνήθεις δραστηριότητες μιας πόλης (αστικά λύματα). Όταν τα υγρά απόβλητα μιας πόλης περιέχουν και σημαντικές ποσότητες υγρών βιομηχανικών αποβλήτων τότε ονομάζονται υγρά αστικά απόβλητα. Τα οικιακά λύματα παράγονται από τις ανάγκες των ανθρώπων όπως η αφόδευση, η χρήση του μπάνιου, η προετοιμασία του φαγητού κ.α. Κατά μέσο όρο παράγονται 180-300 λίτρα κατά άτομο κάθε μέρα. Τα αστικά λύματα παράγονται από τα δημόσια κτήρια, τα νοσοκομεία κ.λ.π.

Η ποιότητα και η ποσότητα των βιομηχανικών αποβλήτων μεταβάλλεται συνεχώς και δεν είναι εύκολο να προσδιοριστεί, αφού πολλές βιομηχανίες ρίχνουν -παρανόμως- ανεπεξέργαστα τα απόβλητά τους στο αποχετευτικό δίκτυο της πόλης. Για παράδειγμα ένα εργοστάσιο επεξεργασίας σιδήρου παράγει από 5700-151.000 λίτρα λυμάτων για την παραγωγή ενός τόνου σιδήρου.

Σε τέτοιες περιπτώσεις (βαρέων βιομηχανιών, ελαιοτριβείων, τυροκομείων κ.α.) ο νόμος επιβάλλει συγκεκριμένη επεξεργασία πριν την απόρριψη των αποβλήτων τους στο αποχετευτικό δίκτυο. Έπειτα ακολουθεί η επεξεργασία από την Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ). Η επεξεργασία των λυμάτων αποτελεί ένα σημαντικό -και στις μέρες μας με την γνωστή ρύπανση του Περιβάλλοντος ένα πλέον αναγκαίο- μέτρο, για τον περιορισμό των επιπτώσεων από τη διάθεση τους σε διάφορους αποδέκτες.

Η σύνθεση των λυμάτων μπορεί να προσδιορισθεί χρησιμοποιώντας φυσικές, χημικές και βιολογικές διαδικασίες. Οι αναλύσεις συνήθως περιλαμβάνουν το προσδιορισμό της περιεκτικότητας σε στερεές ουσίες, το pH, το BOD (Biochemical Oxygen Demand) δηλαδή την ποσότητα του οξυγόνου που χρησιμοποιείται σε μια περίοδο πέντε ημερών από τους μικροοργανισμούς για να αποσυνθέσουν το οργανικό υλικό στα λύματα σε θερμοκρασία 20 °C.

Τέλος προσδιορίζεται η ποσότητα του COD (Chemical Oxygen Demand) δηλαδή η ποσότητα του οξυγόνου που χρειάζεται για να οξειδωθεί η οργανική ύλη των λυμάτων με την χρησιμοποίηση διχρωματικού οξέος σε διάλυμα οξέος και την μετατροπή του σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Το COD πάντα βρίσκεται σε μεγαλύτερη ποσότητα από το BOD, γιατί πολλές οργανικές ουσίες μπορούν να οξειδωθούν με χημικό τρόπο αλλά όχι με βιολογικό. Τα στερεά λύματα περιλαμβάνουν διαλυμένες και αιωρούμενες αδιάλυτες ουσίες. Οι διαλυμένες θα περάσουν από φίλτρο και οι αιωρούμενες όχι.

Το μη επεξεργασμένο νερό περιέχει ρύπους οι οποίοι δίνουν στο νερό χρώμα γεύση και οσμή. Αυτοί οι ρύποι περιλαμβάνουν ιούς, βακτήρια, οργανικά υλικά και διαλυμένες ανόργανες ενώσεις. Μπορούν να προκαλέσουν ασθένειες όπως γαστρεντερίτιδα, ηπατίτιδα, τυφοειδή πυρετό και δηλητηρίαση. Οι ιοί είναι υπερμικροσκοπικοί οργανισμοί. Είναι παράσιτα-πρέπει να μολύνουν ένα ξενιστή για να διπλασιάσουν το εαυτό τους. Σε ένα γραμμάρια ανθρώπινου περιττώματος υπάρχουν 1 εκατομμύριο ιοί. Η συγκέντρωση στα λύματα διαφέρει, 463.500 παθογόνα σωματίδια ανιχνεύθηκαν σε ένα λίτρο λυμάτων.

Υπάρχουν τρία είδη ιών στο νερό:

Ανθρώπινης Προέλευσης, από αγροτικές φάρμες και από τα φυτά τα δάση και γενικότερα την φύση. Τα βακτήρια είναι μικροσκοπικοί οργανισμοί που μπορούν να αναπτυχθούν χωρίς ξενιστή σε φυσιολογικές συνθήκες. Γενικά, η ζημιά που προκαλείται στον ανθρώπινο οργανισμό είναι αποτέλεσμα των τοξινών που παράγουν.

Συγκεκριμένα η δομή της εργασίας είναι η εξής :

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται συνοπτικά σε ότι αφορά την προστασία των νερών και των λυμάτων καθώς επίσης και κάποιες γενικές πληροφορίες για την αρχή λειτουργίας του βιολογικού καθαρισμού. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται η επεξεργασία και σύσταση των αστικών λυμάτων. Το τρίτο κεφάλαιο εξηγεί λεπτομερειακά την λειτουργία και τα στάδια της βιολογικής επεξεργασίας. Το τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζει τα στάδια επεξεργασίας ιλύος. Το πέμπτο κεφάλαιο αναφέρεται στην τεχνική περιγραφή της τριτοβάθμιας επεξεργασίας, τις μονάδες φίλτρανσης και απολύμανσης καθώς και το σύστημα ελέγχου και λειτουργίας των εγκαταστάσεων. Το έκτο κεφάλαιο επεξηγεί τον μηχανολογικό εξοπλισμό. Το έβδομο κεφάλαιο αναφέρεται στα είδη των αντλιών. Το όγδοο κεφάλαιο αναλύει τους αναδευτήρες και τα χαρακτηριστικά τους. Το ένατο κεφάλαιο παρουσιάζει την μεθοδολογία σύνταξης μιας μελέτης. Το ένατο κεφάλαιο μιλάει συνοπτικά για την μεθοδολογία σύνταξης μιας μελέτης. Στο δέκατο κεφάλαιο αναφέρονται τα συμπεράσματα.

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

|  |          |
|--|----------|
| <b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>  | <b>1</b> |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b>  | <b>2</b> |
| 1.1. Θεσμικό πλαίσιο για την προστασία των νερών και των λυμάτων | 2        |
| 1.2. Βιολογικός Καθαρισμός–Γενικά                                | 3        |
| 1.3. Πηγές Ρύπανσης  | 4        |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b>  | <b>7</b> |
| Επεξεργασία και σύσταση αστικών λυμάτων                          | 7        |
| 2.1. Σύσταση λυμάτων   | 7        |
| 2.2. Επεξεργασία αστικών λυμάτων                                 | 7        |
| 2.3. Κατηγορίες αποβλήτων  | 8        |
| 2.3.1. Ανόργανα συστατικά  | 9        |
| 2.3.2. Αέρια   | 10       |
| 2.3.3. Μικρόβια  | 10       |
| 2.3.4. Σαπροφυτικοί Οργανισμοί                                   | 10       |
| 2.4. Απαιτούμενο Οξυγόνο   | 10       |
| 2.5. Βιολογικά χαρακτηριστικά λυμάτων                            | 11       |

|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b>                   | <b>14</b> |
| Λειτουργία Βιολογικού Καθαρισμού    | 14        |
| 3.1. Εισαγωγή βιολογικών διεργασιών | 14        |
| 3.2. Φυσικοχημικός καθαρισμός       | 14        |
| 3.3. Βιολογικός καθαρισμός          | 15        |
| 3.4. Προεπεξεργασία                 | 17        |
| 3.4.1. Εσχάρες                      | 17        |
| 3.4.2. Εξαμμωτές                    | 24        |
| 3.4.3. Μέτρηση παροχής              | 27        |
| 3.5. Πρωτοβάθμια καθίζηση           | 28        |
| 3.6. Στάδιο βιολογικής επεξεργασίας | 29        |
| 3.7. Δεξαμενές                      | 30        |
| 3.8. Στάδιο επανακυκλοφορίας        | 31        |
| 3.9. Απολύμανση                     | 33        |
| <br>                                |           |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b>                   | <b>37</b> |
| Επεξεργασία Ιλύος                   | 38        |
| 4.1. Συμπύκνωση                     | 38        |
| 4.2. Χώνευση Ιλύος                  | 39        |
| 4.3. Αρχή χώνευσης                  | 39        |
| 4.4. Μορφή και ανάπτυξη χωνευτών    | 41        |
| 4.5. Θέρμανση                       | 42        |
| 4.6. Χαρακτηριστικά χωνεμένης ιλύος | 43        |
| 4.7. Συμπύκνωση χωνεμένης ιλύος     | 43        |



|  |           |
|--|-----------|
| 4.8. Παραγωγή και αποθήκευση αερίου.....                                       | 43        |
| 4.9. Διαστασιολόγηση και γεωμετρικά χαρακτηριστικά συστήματος<br>χώνευσης..... | 43        |
| 4.10. Μηχανική αφυδάτωση ιλύος.....  | 45        |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</b> .....  | <b>46</b> |
| <b>Τεχνική περιγραφή τριτοβάθμιας επεξεργασίας</b> .....                       | <b>46</b> |
| 5.1. Διασύνδεση με την υπόλοιπη εγκατάσταση.....                               | 46        |
| 5.2. Μέτρηση παροχής.....  | 46        |
| 5.3. Αντλιοστάσιο τροφοδοσίας συγκροτήματος διύλισης.....                      | 47        |
| 5.4. Κροκίδωση.....  | 47        |
| 5.5. Φίλτρα διύλισης.....  | 48        |
| 5.6. Εκτιμώμενη απόδοση.....   | 50        |
| • Απόδοση ως προς BOD <sub>5</sub>   |           |
| • Απόδοση ως προς SS και θολότητα  |           |
| 5.7. Έκπλυση φίλτρου.....  | 51        |
| • Υποβιβασμός στάθμης  |           |
| • Έκπλυση με αέρα  |           |
| • Έκπλυση με αέρα και νερό   |           |
| • Έκπλυση με νερό  |           |
| • Αποχέτευση πρώτου διηθήματος   |           |
| 5.8. Αντλιοστάσιο στραγγιδίων.....   | 53        |
| 5.9. Μονάδα απολύμανσης UV.....  | 53        |
| 5.9.1. Απολύμανση.....   | 57        |
| 5.9.2. Χλωρίωση.....   | 58        |
| 5.9.3. Δεξαμενή Καθαρών-αντλιοστάσιο.....                                      | 60        |
| 5.9.4. Κτίριο λειτουργίας.....   | 60        |

|   |           |
|---|-----------|
| 5.9.5. Σύστημα ελέγχου και λειτουργίας εγκαταστάσεων.....               | 60        |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6</b> .....   | <b>61</b> |
| Μηχανολογικός εξοπλισμός.....   | 61        |
| 6.1. Εγκατάσταση αντλίας και σωληνώσεων.....                            | 62        |
| 6.2. Γενικοί συντελεστές του σχεδιασμού του φρεατίου αποστράγγισης..... | 63        |
| 6.3. Ονομαστική παροχή.....   | 64        |
| 6.4. Τυπικό αντλιοστάσιο.....   | 65        |
| 6.5. Απαιτούμενος όγκος του αντλιοστασίου.....                          | 69        |
| 6.6. Εγκατάσταση υποβρυχίων αντλιών.....                                | 70        |
| 6.7. Εγκατάσταση εν ξηρώ υποβρύχιας αντλίας.....                        | 71        |
| 6.7.1. Σχεδιασμός αγωγού αναρρόφησης.....                               | 71        |
| 6.7.2. Θέση της βάνας στον αγωγό αναρρόφησης.....                       | 71        |
| 6.7.3. Χοανοειδές στόμιο εισόδου.....                                   | 71        |
| 6.8. Αποφυγή κραδασμών και θορύβων.....                                 | 72        |
| 6.9. Αγκύρωση της αντλίας και στήριξη της σωλήνωσης.....                | 73        |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7</b> .....   | <b>74</b> |
| Αντλίες.....  | 74        |
| 7.1. Πλεονεκτήματα υποβρυχίων αντλιών.....                              | 74        |
| 7.2. Τρόποι εγκατάστασης.....   | 75        |
| 7.3. Τύποι υποβρυχίων αντλιών.....                                      | 76        |
| 7.4. Αντλίες τύπου ‘N’.....   | 80        |
| 7.5. Τεχνικές προδιαγραφές.....   | 81        |

|  |    |
|--|----|
| 7.5.1. Απαιτήσεις.....                                 | 79 |
| 7.5.2. Σχεδιασμός της αντλίας.....                     | 79 |
| 7.5.3. Κατασκευή της αντλίας και υλικά κατασκευής..... | 79 |
| 7.5.4. Σύστημα ψύξεως.....                             | 80 |
| 7.5.5. Συμπιεθλίπτης εισόδου καλωδίου.....             | 80 |
| 7.5.6. Κινητήρας.....                                  | 80 |
| 7.5.7. Έδρανα.....                                     | 81 |
| 7.5.8. Μηχανική στεγανοποίηση.....                     | 81 |
| 7.5.9. Άξονας αντλίας.....                             | 82 |
| 7.5.10. Πτερωτή.....                                   | 82 |
| 7.5.11. Σαλίνκαρος αντλίας (ατέρμων κοχλίας).....      | 82 |
| 7.5.12. Προστασία.....                                 | 82 |

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8**..... 83

### **Αναδευτήρες**..... 83

|  |    |
|--|----|
| 8.1. Αναδευτήρας τύπου Banana.....                     | 83 |
| 8.2. Αναδευτήρας τύπου Compact.....                    | 84 |
| 8.3. ΡΡ-Αντλίες.....                                   | 86 |
| 8.4. Σκοπός της ανάδευσης.....                         | 86 |
| 8.5. Παραδοσιακοί μηχανικοί αναδευτήρες.....           | 87 |
| 8.6. Τεχνικές προδιαγραφές για υποβρύχιους αναδευτήρες |    |
| ισχύος 1.5Kw - 25.0Kw.....                             | 88 |
| 8.6.1. Απαιτήσεις.....                                 | 88 |
| 8.6.2 Σχεδιασμός του αναδευτήρα.....                   | 88 |
| 8.6.3. Κατασκευή του αναδευτήρα.....                   | 88 |

|  |           |
|--|-----------|
| 8.6.4. Σύστημα ψύξεως.....                                     | 89        |
| 8.6.5. Στυπιοθλίπτης εισόδου καλωδίου.....                     | 89        |
| 8.6.6. Κινητήρας.....  | 90        |
| 8.6.7. Έδρανα.....   | 91        |
| 8.6.8. Μηχανική στεγανοποίηση.....                             | 91        |
| 8.6.9. Λάδι.....   | 92        |
| 8.6.10. Άξονας αναδευτήρα.....                                 | 92        |
| 8.6.11. Περωτή.....  | 92        |
| 8.6.12. Προστασία.....   | 92        |
| 8.6.13. Δακτύλιος δέσμη υγρού ( jet ring ).....                | 92        |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9</b> .....  | <b>94</b> |
| 9.1. Μεθοδολογία σύνταξης μελέτης.....                         | 94        |
| 9.2. Συνήθεις φάσεις ενός αυτόνομου βιολογικού συστήματος..... | 95        |
| 9.2.1. Έργα εισόδου.....                                       | 95        |
| 9.2.2. Προεπεξεργασία.....                                     | 95        |
| 9.2.3. Βιολογικός αντιδραστήρας.....                           | 96        |
| 9.2.4. Διαγαστήρας.....  | 96        |
| 9.2.5. Απολύμανση.....   | 96        |
| 9.2.6. Τελική διάθεση καθαρών.....                             | 96        |
| 9.2.7. Επεξεργασία υποπροϊόντων.....                           | 96        |
| 9.2.8. Τελική διάθεση παραπροϊόντων.....                       | 97        |

|  |     |
|--|-----|
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10</b> .....                       | 101 |
| ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....                              | 101 |
| <b>ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ - ΕΠΕΞΗΓΗΣΕΙΣ ΟΡΩΝ</b> ..... | 105 |
| <b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....                      | 107 |

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Βιολογικός καθαρισμός είναι το στάδιο της διαδικασίας καθαρισμού λυμάτων (αστικών και βιομηχανικών) κατά το οποίο οι εύκολα αποικοδομήσιμες οργανικές ενώσεις που περιέχονται στα λύματα διασπώνται και αδρανοποιούνται μέσω μικροοργανισμών που τρέφονται από αυτές. Αποτελεί τη δευτεροβάθμια επεξεργασία λυμάτων, καθώς έπεται συνήθως της πρωτοβάθμιας μηχανικής επεξεργασίας και ακολουθείται, όταν αυτό είναι απαραίτητο, από τριτοβάθμια φυσικοχημική επεξεργασία. Η βιολογική διεργασία πραγματοποιείται μέσα σε μία δεξαμενή, το βιοαντιδραστήρα, όπου διοχετεύονται τα απόβλητα, αφού σε προηγούμενη βαθμίδα έχει γίνει κατακράτηση των στερεών υλών που περιέχονται σε αυτά. Μέσα στο βιοαντιδραστήρα υπάρχει μεγάλος αριθμός ετεροτροφικών μικροοργανισμών, που αποτελούν τη βιολογική ιλύ (λάσπη), ενώ παράλληλα, μέσω ενός συστήματος αερισμού, διοχετεύεται στη μάζα των αποβλήτων αέρας, που είναι απαραίτητος για τη διεργασία, και γίνεται συνεχής ανάδευση του νερού και της βιολογικής μάζας. Συχνά, αντί για αέρας διοχετεύεται στα απόβλητα καθαρό οξυγόνο, που αυξάνει την απόδοση του βιοαντιδραστήρα, δηλαδή την ικανότητα επεξεργασίας αποβλήτων ανά μονάδα όγκου του.

Οι μικροοργανισμοί διασπούν τους οργανικούς ρύπους και τρέφονται από αυτούς, ενώ ταυτόχρονα πολλαπλασιάζονται. Όταν πλέον οι μικροοργανισμοί καταναλώσουν όλη την ποσότητα των οργανικών ουσιών που έχουν την ικανότητα να διασπάσουν και ολοκληρωθεί η βιολογική διεργασία, αρχίζουν να καταναλώνουν το δικό τους οργανικό υλικό, οπότε μειώνεται η συνολική τους μάζα. Τότε τα απόβλητα διοχετεύονται σε μία δεξαμενή καθίζησης, όπου οι εναπομείναντες ζώντες μικροοργανισμοί διαχωρίζονται και επαναδιοχετεύονται στο βιοαντιδραστήρα, ενώ το καθαρισμένο νερό μπορεί να μεταβιβαστεί σε υδάτινους αποδέκτες στο περιβάλλον ή να περάσει από τρίτη βαθμίδα επεξεργασίας.

Μετά το διαχωρισμό των μικροοργανισμών, στη δεξαμενή καθίζησης παραμένει ένα υπόλειμμα (ιλύς) από στερεά υλικά, οργανικές ουσίες που δεν αποικοδομήθηκαν, νεκρούς μικροοργανισμούς κ.λπ. Η ιλύς αυτή πρέπει να αδρανοποιηθεί πριν απορριφθεί στο περιβάλλον, πρέπει επομένως να υποστεί επεξεργασία-συμπύκνωση (πάχυνση), αερόβια ή αναερόβια ζύμωση για τη διάσπαση των μακρομοριακών οργανικών ενώσεων, αφυδάτωση και τελικά απόθεση στο περιβάλλον ή καύση. Πρόσφατα, άρχισαν να εφαρμόζονται δύο μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας της ιλύος, η θέρμανση υπό πίεση και η υγρή οξειδωση. Η ανάγκη επεξεργασίας της ιλύος εισάγει γενικά ένα επιπλέον κόστος στη διαδικασία του βιολογικού καθαρισμού. Σύμφωνα με τους κανονισμούς που έχουν θεσπιστεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση, όλες οι πόλεις με πληθυσμό πάνω από 15.000 κατοίκους θα έπρεπε μέχρι το 2000 να έχουν εγκαταστήσει μονάδες βιολογικού καθαρισμού για την επεξεργασία των λυμάτων τους, ενώ μέχρι το 2005 την ίδια υποχρέωση είχαν οι δήμοι και κοινότητες με πληθυσμό από 2.000 έως 15.000 κατοίκους.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### 1.1. Θεσμικό πλαίσιο για την προστασία των νερών και των λυμάτων.

#### Νόμος 1650/86: Για την προστασία του περιβάλλοντος.

##### Άρθρο 9

- **Ποιότητα νερών και δίκτυο παρακολούθησης.**

Αναφέρεται στους τρόπους καθαρισμού των κατευθυντήριων ή και οριακών τιμών των οργανοληπτικών φυσικών, χημικών, μικροβιολογικών, ραδιολογικών ή άλλων χαρακτηριστικών παραμέτρων ποιότητας των νερών ή και στοιχείων του υδατικού οικοσυστήματος, τις μεθόδους δειγματοληψίας και ανάλυσης των παραμέτρων, καθώς και για οποιαδήποτε άλλη λεπτομέρεια σχετικά με τον καθορισμό της ποιότητας των νερών με κριτήριο και την ευαισθησία των οικοσυστημάτων της περιοχής.

##### Άρθρο 10

- **Μέτρα για την προστασία των νερών**

Αναφέρεται στους τρόπους επιβολής σε υφιστάμενα ή νέα έργα και δραστηριότητες, καθώς και σε κάθε άλλη δραστηριότητα, που είναι δυνατό να υποβαθμίσει τα νερά, κατά κατηγορία και περιοχή, σε περιορισμούς και μέτρα για την προστασία τους.

Οι περιορισμοί και τα μέτρα μπορούν να περιλαμβάνουν ιδίως: αποστάσεις ασφαλείας, εφαρμογή τεχνολογίας αντιρρύπανσης, χρήσης συγκεκριμένων πρώτων και βοηθητικών υλών και καυσίμων, οριακές τιμές υγρών αποβλήτων, χρησιμοποιούμενων νερών, ωράρια λειτουργίας, εγκατάσταση οργάνων ελέγχου της ποιότητας των υγρών αποβλήτων, καυσίμων, νερών, πρώτων και βοηθητικών υλών, καθορισμό μεθόδων, συνθηκών και συχνοτήτων δειγματοληψιών και αναλύσεων παραμέτρων, όρους και προϋποθέσεις συλλογής, μεταφοράς και διάθεσης ιλύων κλπ.

##### Άρθρο 11

- **Νόμος 1739-87: Διαχείριση υδατικών πόρων και άλλες διατάξεις. Κεφάλαιο Ζ.**

Στο άρθρο αυτό ορίζεται ότι η δέσμευση ορισμένης ποσότητας νερού με σκοπό την προστασία και τη διατήρηση του υδατικού οικοσυστήματος καθώς και την επίτευξη των ποιοτικών στόχων που έχουν τεθεί με βάση τις ισχύουσες διατάξεις, λογίζεται ως χρήση και υπάγεται στις διατάξεις του νόμου αυτού. Επίσης αναφέρεται ότι όσοι χρησιμοποιούν υδατικούς πόρους έχουν υποχρέωση να εφαρμόζουν μέσα και μεθόδους που εξασφαλίζουν την ποσοτική και ποιοτική κατάσταση των υδατικών πόρων μέσα στα όρια που καθορίζονται αρμοδίως.

## **Οδηγία 91/271/Ε.Ο.Κ.**

Η οδηγία αποσκοπεί στο να καθορίσει τις απαιτήσεις διάθεσης και επεξεργασίας των αστικών λυμάτων για τα κράτη-μέλη, ορίζοντας την αναγκαία ελάχιστη τεχνική υποδομή (δίκτυα αποχέτευσης και επεξεργασίας λυμάτων) που πρέπει να κατασκευαστεί στις πόλεις και τους οικισμούς της Ε.Ε ανάλογα με τον πληθυσμό και την κατάσταση από πλευράς ανάπτυξης του ευτροφισμού των υδάτινων αποδεκτών στους οποίους καταλήγουν τα αστικά λύματα. Επιπλέον, η οδηγία ορίζει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που πρέπει να επιτυγχάνονται στα επεξεργασμένα λύματα ανάλογα με τον βαθμό καθορισμού καθώς επίσης και τα χρονικά όρια μέσα στα οποία πρέπει να έχουν υλοποιηθεί οι προδιαγραφόμενες απαιτήσεις κατασκευής της αναγκαίας υποδομής.

Για την ποιότητα των νερών, την προστασία του περιβάλλοντος και τη δημόσια υγεία υπάρχουν και άλλες θεσμικές ρυθμίσεις, όπως:

- ΚΥΑ 46399/4352/86: ορίζονται η απαιτούμενη ποιότητα των επιφανειακών νερών που προορίζονται για «πόσιμα», «κολύμβηση», «διαβίωση ψαριών σε γλυκά νερά», «καλλιέργεια και αλιεία οστρακοειδών», μέθοδοι μέτρησης, συχνότητα δειγματοληψίας και ανάλυση των επιφανειακών νερών που προορίζονται για πόσιμα.
- Οδηγία 86/278/ΕΕ σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος και κυρίως του εδάφους κατά τη χρησιμοποίηση ιλύος καθαρισμού λυμάτων στην γεωργία.
- Οδηγία 98/83/ΕΕ για το πόσιμο νερό

## **1.2. ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ – ΓΕΝΙΚΑ**

Ρύπανση και μόλυνση είναι οι όροι που έχουν γίνει γνωστοί ως οι οικολογικοί παράγοντες υποβάθμισης του περιβάλλοντος.

Ρύπανση είναι η ενεργειακή και σωματιακή επιβάρυνση του περιβάλλοντος, που εκφράζεται ή γίνεται αντιληπτή σαν υποβάθμιση της βιόσφαιρας και υπολογίζεται ποιοτικά και ποσοτικά με τις επιπτώσεις και τα συμπτώματα που παρατηρούνται στην χλωρίδα, την πανίδα, τον αέρα, το έδαφος, τα νερά, τον άνθρωπο.

Η σωματιακή ρύπανση αφορά την επιβάρυνση του περιβάλλοντος με ουσίες, ενώ η ενεργειακή σχετίζεται με εκπομπές θορύβου, ακτινοβολιών, θερμότητας κ.λπ. Αν και η κάθε ανθρώπινη ή φυσική δραστηριότητα προκαλεί εκπομπές ύλης ή ενέργειας, ως ρύπανση χαρακτηρίζεται η συγκεκριμένη ποσότητα και ποιοτική σύσταση εκπομπών που τα επίπεδά τους δεν μπορούν να γίνουν αποδεκτά από το περιβάλλον, χωρίς ζημιογόνες επιπτώσεις.

Η μόλυνση του περιβάλλοντος χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη παθογόνων οργανισμών ή δεικτών που υποδηλώνουν έμμεσα τη δυνατότητα παρουσίας τέτοιων μικροοργανισμών ή χημικών ουσιών σε στοιχεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον άνθρωπο, προξενώντας του νοσογόνες καταστάσεις.



Ρυπαντές είναι οι μορφές και συγκεντρώσεις της ύλης ή ενέργειας που υποβαθμίζουν το περιβάλλον. Για λίγους ρυπαντές, είναι σήμερα ακριβώς προσδιορισμένα τα όρια πέρα από τα οποία επηρεάζονται, η αποδεκτική ικανότητα του περιβάλλοντος και η ικανότητα επανένταξης ύλης και ενέργειας στους φυσικούς κύκλους.

Ο κύκλος ενός ρυπαντή καθορίζεται από την ένταση των τρόπων παραγωγής του και από την ένταση των τρόπων με τους οποίους απομακρύνεται από την πηγή. Τα τοπικά επίπεδα συγκέντρωσης ενός ρυπαντή είναι σε εξάρτηση από τον τύπο, ένταση και χωροθέτηση των πηγών που τον προκαλούν και του συστήματος μετακίνησής του στη βιόσφαιρα. Τα νερά επηρεάζονται από ρυπαντές που καταλήγουν σε αυτά, σε μορφή απορριμμάτων, λυμάτων, αποβλήτων καθώς και από τους ατμοσφαιρικούς ρυπαντές που φτάνουν σ' αυτά από το έδαφος ή κατευθείαν με πτώση ή χημική απορρόφηση.

### 1.3. ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

Οι ρυπαντικές πηγές διακρίνονται σε σημειακές, γραμμικές και διάχυτες. Ο εντοπισμός των πηγών ρύπανσης, η χαρτογράφησή τους και ο καθορισμός των ειδικών χαρακτηριστικών κάθε πηγής είναι σημαντικές παράμετροι για την εκπόνηση πολιτικής ελέγχου κι εξυγίανσης του περιβάλλοντος.

Η μεθοδολογία εντοπισμού των πηγών ρύπανσης στηρίζεται:

Στην έρευνα των παραγωγικών διαδικασιών και στις αστικές δραστηριότητες μιας περιοχής και τον έμμεσο υπολογισμό των φορτίων, στον προσδιορισμό βιολογικών δεικτών ρύπανσης, στη γενική θεώρηση του περιβάλλοντος, στον δειγματοληπτικό προσδιορισμό κ.λπ.

Η συλλογή των απαραίτητων στοιχείων επιτρέπει με μαθηματική προσομοίωση προβλέψεις για την κατάσταση του περιβάλλοντος και για την αποδεκτική του ικανότητα.

Παράλληλα μπορεί να προσδιορίσει τον απαιτούμενο βαθμό απορρύπανσης και το είδος των αναγκαίων επεμβάσεων. Ο έλεγχος και η απεικόνιση της ρύπανσης είναι αντικείμενο του κρατικού φορέα ελέγχου με μακροχρόνια και σύνθετα προγράμματα και απαιτούν σημαντικά μέσα και πολυάνθρωπες ερευνητικές ομάδες, με επιστήμονες διαφόρων ειδικοτήτων.

Παράλληλα προγράμματα και βασική έρευνα γίνεται και από τα Ανώτατα Εκπαιδευτικά Ιδρύματα και τα ερευνητικά κέντρα. Στη συνέχεια θα περιοριστούμε στην εξέταση χαρακτηριστικών και σημειακών πηγών ρύπανσης που προκύπτουν με υπολογισμό από το είδος της παραγωγικής δραστηριότητας, ή από υπάρχουσες μετρήσεις κι εργαστηριακές αναλύσεις λυμάτων και αποβλήτων.

Για λόγους καθαρά μεθοδολογικούς γίνεται διαχωρισμός των πηγών ρύπανσης σε λύματα και απόβλητα.

Λύματα θεωρούνται τα απόνερα αστικής προέλευσης ενώ απόβλητα οι βιομηχανικές απορροές. Ο διαχωρισμός αυτός επιτρέπει την προσέγγιση στο θέμα της επεξεργασίας λυμάτων και αποβλήτων στην πηγή τους, δηλαδή βιομηχανιών, βιοτεχνιών, σχολείων, ξενοδοχείων, κ.α.

Στα μεγάλα αστικά κέντρα της χώρας μας όπου υπάρχουν δίκτυα ακαθάρτων και όμβριων, καθώς και στις μεγάλες βιομηχανίες που απασχολούν σημαντικό αριθμό εργαζομένων, η διάκριση αυτή δεν είναι ευχερής γιατί οι εκροές είναι μεικτές, δηλαδή λύματα και απόβλητα.

Το νερό είναι απαραίτητο για τη δημιουργία και ανάπτυξη ζωής ενώ παρεμβαίνει με πολλούς τρόπους στη ζωή των ανθρώπων και την επηρεάζει. Η παρουσία του επηρεάζει σημαντικά τις κλιματολογικές συνθήκες ενός τόπου ενώ καθορίζει την ύπαρξη και την δυνατότητα επιβίωσης των διάφορων φυσικών ειδών. Η παρουσία νερού και ειδικά της θάλασσας επηρέαζε πάντα τον τρόπο ζωής των ανθρώπων. Το νερό έφερε σε επικοινωνία διαφορετικούς πολιτισμούς, συνέβαλλε στη πολιτισμική ανάπτυξη και πολλές φορές καθόρισε την εξέλιξη του ανθρώπινου γένους.

Παράλληλα, το νερό είναι το κυριότερο συστατικό της μάζας των ζώντων οργανισμών. Ο οργανισμός χρειάζεται καθημερινά περίπου δύο λίτρα νερό. Η ζωή στον πλανήτη ξεκίνησε από το νερό. Αποτελεί τον σημαντικότερο διαλύτη τόσο για την βιομηχανία όσο και για την οικιακή χρήση. Υπάρχει άφθονο στη φύση, είναι φθινό και ακίνδυνο.

Σήμερα, το 82% περίπου της συνολικής κατανάλωσης νερού καταναλώνεται στην άρδευση καλλιεργειών π.χ. για την παραγωγή ενός κιλού βαμβακιού χρειάζονται περίπου 10 τόνοι νερού. Η χρήση του στις μέρες μας κατανέμεται ως εξής: οικιακή χρήση 7%, άρδευση καλλιεργειών 81%, βιομηχανική χρήση 8%, λοιπές χρήσεις 4%. Οι ποσότητες του νερού στην υδρόσφαιρα κατατάσσονται σε τρεις χώρους ανάλογα με το μέγεθός τους: στις θάλασσες, στο νερό των ηπείρων και στο νερό της ατμόσφαιρας.

Ένα μέρος από τα επιφανειακά νερά με την επίδραση της θερμότητας των ηλιακών ακτινών εξατμίζεται και σχηματίζει τα σύννεφα. Τα σύννεφα παρασύρονται από τους ανέμους και όταν συναντήσουν ψυχρά ρεύματα αέρα συμπυκνώνονται και μετατρέπονται σε βροχή, χιόνι, χαλάζι κλπ.

Έτσι το νερό επιστρέφει στην επιφάνεια της γης από όπου καταλήγει απ' ευθείας στα επιφανειακά νερά ή απορροφάται από το έδαφος και σχηματίζει αποθέματα υπόγειων νερών. Τα υπόγεια νερά όταν βρουν διέξοδο αναβλύζουν, σχηματίζουν πηγές, επανέρχονται στην επιφάνεια και τελικά καταλήγουν στα επιφανειακά νερά κλείνοντας έτσι τον κύκλο του νερού. Βασικές αιτίες ρύπανσης του νερού αποτελούν τα αστικά απόβλητα, τα βιομηχανικά απόβλητα, η χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων αλλά και η ρύπανση της θάλασσας από το πετρέλαιο.

Οι ρυπαντές αντίστοιχα μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες:

- Αστικής και οικιακής προέλευσης που περιλαμβάνουν λύματα, βοθρολύματα, απορρίμματα, απόβλητα νοσοκομείων, εργαστηρίων κλπ.
- Βιομηχανικής προέλευσης από την επεξεργασία πρώτων υλών, πετρελαιοειδή, ραδιενεργά απόβλητα κλπ.
- Αγροτικής προέλευσης λόγω χρήσης λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων, εντομοκτόνων κλπ.

Τα αστικά λύματα περιέχουν συνήθως υψηλό οργανικό φορτίο που όταν αποσυντίθεται καταναλώνει οξυγόνο το οποίο είναι απαραίτητο για τη ζωή των υδρόβιων οργανισμών. Επίσης, περιέχουν νιτρικά και φωσφορικά άλατα που δημιουργούν το φαινόμενο του ευτροφισμού, δηλαδή του φαινομένου εκείνου που αφορά στην αύξηση της θολερότητας των νερών, την μείωση του οξυγόνου, την έκλυση υδρόθειου και αμμωνίας, την συσσώρευση οργανικών ουσιών στο βυθό και τελικά την μείωση της ποικιλίας των ειδών με την εξαφάνιση των λιγότερο ανθεκτικών, την αύξηση ορισμένων μόνο ειδών (πχ φύκια), αλλά και την γενικότερη αποσταθεροποίηση του οικοσυστήματος.

Τα αστικά λύματα περιέχουν ακόμη διάφορες χημικές ενώσεις, τοξικά και βαρέα μέταλλα και διάφορους παθογόνους μικροοργανισμούς.

Η υψηλή θερμοκρασία που συνήθως αναπτύσσεται στα αστικά λύματα (συνήθως από την ανάμειξη των λυμάτων με βιομηχανικά ή βιοτεχνικά απόβλητα) ευνοεί την ανάπτυξη σαλμονέλων και άλλων βακτηριδίων, μειώνει την ικανότητα του νερού να περιέχει οξυγόνο και δημιουργεί προβλήματα στους υδρόβιους οργανισμούς.

Τα συστήματα αποχέτευσης περιλαμβάνουν:

Το σύνολο των έργων και εγκαταστάσεων για τη συλλογή, τη μεταφορά, επεξεργασία και διάθεση των υγρών αποβλήτων από το σημείο που βρίσκονται μέχρι τον τελικό αποδέκτη. Σκοπός της αποχέτευσης είναι η υγιεινή συλλογή και απομάκρυνση των υγρών αποβλήτων από το περιβάλλον που ζει και εργάζεται ο άνθρωπος και η τελική τους διάθεση κατά τρόπο υγιεινό και αποδεκτό για τα φυσικά οικοσυστήματα, τους γήινους πόρους και την αισθητική του περιβάλλοντος.

Το ολοκληρωμένο σύστημα αποχέτευσης μιας περιοχής μπορεί να χωριστεί σε τρία τμήματα:

- Δίκτυο υπονόμων για τη συλλογή των υγρών αποβλήτων.
- Εγκατάσταση Επεξεργασίας Αποβλήτων (Ε.Ε.Α.) για τον επιθυμητό καθαρισμό των αποβλήτων.
- Σύστημα διάθεσης για την κατάλληλη διασπορά της απορροής στον τελικό αποδέκτη.

Τα δίκτυα συλλογής διακρίνονται σε δύο τύπους:

- Στο μικτό όπου διατίθενται μαζί τα βρόχινα νερά και τα λύματα.
- Και στο χωριστικό, στο οποίο υπάρχουν δύο άλλα ανεξάρτητα δίκτυα, ένα για τα βρόχινα κι ένα για τα ακάθαρτα νερά.

Σήμερα το χωριστικό σύστημα έχει γενικευθεί λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων που αυτό παρουσιάζει. Στο χωριστικό δίκτυο συλλογής, οι αγωγοί για τα ακάθαρτα είναι σχετικά μικρών διαστάσεων, μπορούν να τοποθετηθούν εύκολα σε μεγάλο βάθος και να επιμηκυνθούν αρκετά αν χρειάζεται ώστε σε συνδυασμό με άντληση να μεταφερθούν σε κατάλληλο σημείο για την κατασκευή Εγκατάστασης Επεξεργασίας Αποβλήτων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΣΥΣΤΑΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ

#### 2.1. ΣΥΣΤΑΣΗ ΛΥΜΑΤΩΝ

Τα λύματα παρουσιάζονται σαν πολυφασικό μείγμα στο οποίο συνυπάρχουν στερεά, τέλεια διαλύματα και κολλοειδείς διασπορές.

Η κύρια μάζα των λυμάτων είναι H<sub>2</sub>O.

Η οργανική σύσταση των λυμάτων (σε φρέσκο δείγμα):

- Πρωτεΐνες 40-60%
- Υδατάνθρακες 25-50%
- Λιπαρές ενώσεις 10%

Οι οργανικές αυτές ενώσεις συνυπάρχουν με τα προϊόντα της αποικοδόμησής τους, δηλαδή Αμινοξέα, Αμμωνία, Υδροθείο, Αλκοόλες, Λιπαρά οξέα, Φαινόλες, Ινδόλη, Διοξειδίο του άνθρακα, Μεθάνιο, Υδρογόνο, Νιτρικά και Νιτρώδη άλατα, Θείο και Θειικά άλατα καθώς και με διάφορες άλλες οργανικές ενώσεις, όπως απορρυπαντικά και άλατα (ορθοφωσφορικά, πολυφωσφορικά κ.α.). Το περιεχόμενο σε στερεά των αστικών λυμάτων είναι τάξης μεγέθους των 700mg/lit αν και υπάρχουν σημαντικές αποκλίσεις προς τα πάνω που καθορίζονται από τη σκληρότητα του πόσιμου νερού.

#### 2.2. Επεξεργασία αστικών λυμάτων.

Ο καθαρισμός των λυμάτων μπορεί να πραγματοποιηθεί σε τρεις βαθμίδες:

- Στην μηχανική βαθμίδα.

Αυτή περιλαμβάνει εγκαταστάσεις χοντρικού καθαρισμού και κατακράτησης ουσιών που μπορούν να καθιζάνουν. Ο χοντρικός καθαρισμός κατακρατά τις χοντρές ουσίες των λυμάτων ενώ οι κοκκώδεις ύλες κατακρατούνται στον αμμοσυλλέκτη. Στην δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης καθιζάνουν αιωρούμενες στερεές ύλες και σχηματίζουν μια λάσπη. Με την μηχανική βαθμίδα περιορίζουμε το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand) (BOD) κατά 30-35%.

- Στη βιολογική βαθμίδα.

Περιλαμβάνει δεξαμενές στις οποίες δημιουργούνται κατάλληλες συνθήκες (κυρίως θρεπτικές ουσίες και οξυγόνο) για ανάπτυξη μικροοργανισμών που θα πετύχουν την αποσύνθεση των οργανικών συστατικών των λυμάτων. Οι αποσυντιθέμενες οργανικές ουσίες συλλέγονται σε δεξαμενή καθίζησης που ακολουθεί τη βιολογική βαθμίδα. Με την μηχανικο-βιολογική βαθμίδα περιορίζουμε το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD) κατά 80-95%.

- **Στη χημική βαθμίδα.**

Η τελευταία απαλλάσσει τα καθαρισμένα λύματα από τα βακτηρίδια (με την χλωρίωση) και από τις τυχόν ανεπιθύμητες ουσίες (νιτρικά, φωσφορικά, βαρέα μέταλλα). Η επεξεργασία αυτή γίνεται με την προσθήκη κατάλληλων χημικών ουσιών, ωστόσο μπορεί η απομάκρυνση του αζώτου και του φωσφόρου να επιτευχθεί και στη βιολογική βαθμίδα.

Οι βαθμίδες καθαρισμού συνήθως διατάσσονται η μία πίσω από την άλλη με την παραπάνω σειρά, μπορούν όμως να λειτουργήσουν και χωριστά ή σε συνδυασμό.

### 2.3. Κατηγορίες αποβλήτων.

Τα απόβλητα ταξινομούνται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Αστικά απόβλητα. Προέρχονται από οικιακά συγκροτήματα, γραφεία, ξενοδοχεία, καταστήματα, σχολεία κλπ.
- Απόβλητα βιομηχανιών και βιοτεχνιών.
- Επιφανειακά νερά απορροής.
- Νερά διήθησης – απορροής. Τα οποία δέχεται το αποχετευτικό σύστημα λόγω της μη απόλυτης στεγανότητάς του και που προέρχονται από τον υδροφόρο ορίζοντα και τα νερά επιφανειακής απορροής.

Για τον υπολογισμό της παροχής υγρών αποβλήτων που δέχονται οι Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Αποβλήτων (ΕΕΑ) λαμβάνονται υπόψη όλες οι κατηγορίες αυτών. Ο υπολογισμός της παροχής είτε γίνεται αναλυτικά, είτε κάνοντας ορισμένες παραδοχές και απλοποιήσεις. Στις ΕΕΑ ενός παντορροϊκού συστήματος αποχετευτικού συστήματος ένα ποσοστό της παροχής μιας βροχερής περιόδου αποθηκεύεται σε δεξαμενές ανάσχεσης για να επεξεργαστεί πλήρως σε περιόδους χαμηλών παροχών.

Τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- Στα φυσικά,
- Τα χημικά,
- Τα βιολογικά.

Τα σπουδαιότερα φυσικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων αφορούν τα στερεά που περιέχουν τη θερμοκρασία, το χρώμα και την οσμή τους. Τα στερεά βρίσκονται αιωρούμενα ή διαλυμένα στη μάζα των αποβλήτων και αποτελούνται από οργανικά και ανόργανα συστατικά. Τα ολικά στερεά (TS) διακρίνονται σε Διαλυμένα Στερεά (DS) και Αιωρούμενα Στερεά (SS).

TS: Total Solids

DS: Dissolved Solids

SS: Suspended solids

Η θερμοκρασία των αποβλήτων είναι γενικά μεγαλύτερη από την θερμοκρασία του πόσιμου νερού και έχει αρνητική επίδραση στο περιβάλλον (θάνατος των ωφέλιμων οργανισμών και ανάπτυξη ανεπιθύμητων οργανισμών), ενώ το χρώμα είναι ενδεικτικό της ηλικίας και της προέλευσης των αποβλήτων καθώς και της παρουσίας διαφόρων χρωστικών ουσιών.

Τέλος, απόβλητα που έχουν υποστεί σήψη έχουν πολύ ενοχλητική οσμή, η δημιουργία της οποίας μπορεί να οφείλεται και στην ύπαρξη ουσιών από βιομηχανικά απόβλητα.

Τα χημικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων κατατάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Οργανικά συστατικά
- Ανόργανα συστατικά
- Αέρια

Τα κυριότερα οργανικά συστατικά είναι οι πρωτεΐνες, οι υδρογονάνθρακες, τα λιπίδια, οι επιφανειακές ενεργές ουσίες, οι φαινόλες, τα φυτοφάρμακα. Για την αφομοίωση των οργανικών ουσιών μπαίνει σε λειτουργία ένας πολυσύνθετος βιοχημικός μηχανισμός, που τελικά καταλήγει στην αποδόμηση αυτών και στην μετατροπή τους σταδιακά στην πιο σταθερή μορφή των ανόργανων αλάτων και αερίων. Η αποδόμηση διακρίνεται σε αερόβια, αν γίνεται από αερόβιους οργανισμούς ή σε αναερόβια, όταν δεν υπάρχει διαλυμένο ελεύθερο οξυγόνο. Τα τελικά προϊόντα της αερόβιας βιοχημικής αποδομήσεως ( $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $NO_3$  κλπ.) δεν είναι γενικά ανθυγιεινά ή ενοχλητικά, σε αντίθεση με της αναερόβιας ( $H_2S$ ,  $CH_4$ ,  $NH_3$  κλπ.), που είναι δύσσομα, τοξικά, ερεθιστικά ή εκρηκτικά. Για το λόγο αυτό επιδιώκεται γενικά η εξασφάλιση αερόβιων συνθηκών αποδόμησης στο περιβάλλον.

### 2.3.1. Ανόργανα συστατικά.

- Άζωτο (N): περιέχεται στα αστικά απόβλητα ως οργανικό (πρωτεΐνες, ουρία και αμινοξέα) ή ανόργανο ( $NH_4^+$ ,  $NH_3$ ).
- Φώσφορος (P): περιέχεται στα αστικά απόβλητα ως οργανικός ή ανόργανος.
- PH: επηρεάζει σχεδόν όλες τις διαδικασίες επεξεργασίας και μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα φθοράς σε αγωγούς και μηχανολογικό εξοπλισμό.
- Αλκαλικότητα: οφείλεται στην παρουσία ιόντων  $HCO_3$ .
- Χλωριούχα: γενικά δεν δημιουργούν προβλήματα ρύπανσης αλλά μειώνει την διαλυτότητα του  $O_2$  στις διαδικασίες επεξεργασίας των αποβλήτων.
- Ενώσεις Θείου: η παρουσία του  $H_2S$  έχει ως αποτέλεσμα την έκλυση δυσάρεστων οσμών. Επίσης η παρουσία του  $H_2SO_4$  προκαλεί διάβρωση στους αγωγούς.
- Τοξικά συστατικά: προέρχονται κυρίως από τις διάφορες βιομηχανίες και επηρεάζουν δυσμενώς τη ζωή στους αποδέκτες (επιφανειακά νερά, έδαφος) και με την τροφική αλυσίδα μπορεί να φτάσουν μέχρι τα ανώτερα ζώα και τον άνθρωπο με συνέπειες επιβλαβείς για τη δημόσια υγεία.

### 2.3.2. Αέρια.

Τα βασικότερα αέρια που περιέχονται στα απόβλητα είναι το άζωτο, το οξυγόνο, το διοξείδιο του άνθρακα, η αμμωνία, το μεθάνιο και το διαλυμένο οξυγόνο.

- Διαλυμένο Οξυγόνο: η παρουσία του σε έναν υδάτινο φορέα εξασφαλίζει την ύπαρξη ζωής σε αυτόν γι' αυτό αποτελεί βασική παράμετρο ελέγχου ρύπανσης των υδάτινων φορέων. Παράλληλα, είναι απαραίτητο στις αερόβιες βιολογικές διαδικασίες για την οξείδωση των οργανικών ενώσεων των αποβλήτων από τους μικροοργανισμούς.
- Μεθάνιο CH<sub>4</sub>: σχηματίζεται κατά την αναερόβια αποσύνθεση οργανικών ενώσεων των αποβλήτων. Κατά την επεξεργασία των αποβλήτων παράγεται από την αναερόβια χώνευση της λάσπης και γίνεται εκμετάλλευσή του για την παραγωγή ενέργειας. Είναι εύφλεκτο αέριο και μπορεί να προκαλέσει έκρηξη στους αγωγούς αποχέτευσης και στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας.

### 2.3.3. Μικρόβια.

Προέρχονται από τις κοπρανώδεις ουσίες και περιλαμβάνουν τα κολοβακτηρίδια, τον εντερόκοκκο, το διαθλαστικό κλωστήριο και παθογόνα εντεροβακτηρίδια όπως η σαλμονέλα, οι συκέλλες ή ιοί όπως της ηπατίτιδας, της πολυομελίτιδας κλπ.

### 2.3.4. Σαπροφυτικοί Οργανισμοί.

Είναι οργανισμοί που ζουν και αναπτύσσονται στα λύματα και στα επιφανειακά νερά και αποτελούν στην ουσία τους βιολογικούς εργάτες καθαρισμού των αποβλήτων. Οι οργανισμοί αυτοί διακρίνονται σε αερόβιους, αναερόβιους και επαμφοτερίζοντες όταν μπορούν να ζήσουν και στις δύο καταστάσεις.

### 2.4. Απαιτούμενο οξυγόνο.

- **Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD).**

Το στοιχειακό οξυγόνο, που χρειάζεται για τη βιοχημική αποδόμηση των οργανικών ουσιών των λυμάτων από αερόβιους μικροοργανισμούς, ονομάζεται βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand) (BOD) και αποτελεί μέτρο για την εκτίμηση της πυκνότητας των λυμάτων από την πλευρά των ενοχλήσεων που μπορεί να προκαλέσει το οργανικό φορτίο τους στο περιβάλλον και εκφράζεται είτε ως συγκέντρωση (πχ σε gr/ltr) είτε ως φορτίο (πχ σε gr/ημ.)

- **Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD).**

Στις ουσίες που αποδομούνται δύσκολα βιολογικά (πχ κυτταρίνη) ή είναι απαγορευτικές για την ανάπτυξη των σαπροφυτικών οργανισμών ή ακόμη τοξικές, το BOD5 παρουσιάζεται μειωμένο, παρότι υπάρχουν οργανικές ουσίες, όπως μπορεί να συμβεί με τα βιομηχανικά απόβλητα. Για την εκτίμηση του απαιτούμενου οξυγόνου, ανεξάρτητα από τη βιοαποδομησιμότητα των αποβλήτων, γίνεται χημική οξείδωση των οργανικών ουσιών.

Η ποσότητα του οξειδωτικού παράγοντα που χρειάζεται για την οξείδωση των οργανικών ουσιών των αποβλήτων με εργαστηριακά μέσα, ονομάζεται χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand)(BOD).

## 2.5. Βιολογικά χαρακτηριστικά λυμάτων

Η βιολογική προέλευση των λυμάτων και η επαφή τους με το περιβάλλον των αγωγών προσαγωγής κ.λπ., η ύπαρξη οργανικού υποστρώματος σ' αυτά, που επιτρέπει την ανάπτυξη μικροοργανισμών, καθώς και σωρεία άλλων παραγόντων, συντελούν ώστε τα λύματα να βρjθούν από μικροβιακούς πληθυσμούς.

Στα λύματα, εκτός από τη συνηθισμένη χλωρίδα και πανίδα των νερών και του εδάφους, μπορούν να βρεθούν όλοι σχεδόν οι οργανισμοί που συμβιών ή παρασιτούν στους οργανισμούς. Το οργανικό υπόστρωμα επιτρέπει τη γρήγορη ανάπτυξη μικροβιακών πληθυσμών και την παράλληλη διατήρηση αρκετών μορφών που κατορθώνουν να επιζούν σε σχετικά αντίξοο περιβάλλον, όπως για παράδειγμα παθογόνων οργανισμών για τον άνθρωπο σε μορφή σπορίων.

Η οικολογία των υπονόμων είναι πολυσύνθετη (βρέθηκαν μέχρι και κροκόδειλοι στους υπονόμους της Νέας Υόρκης) και περιλαμβάνει ιούς, βακτήρια, φύκη, μούχλες, πρωτόζωα, μέχρι και δικοτυλήδονα και θηλαστικά. Πολύ εύκολα βρίσκονται σε λύματα οι παρακάτω οργανισμοί:

ASPERGILLUS, PENICILLIUM, MUCOR, BACILLUS LATICUS,  
NITROSOMONAS, NITROSOCOCCUS, NITROBACTER, BEGGIATOΑ, B.COLI,  
B.PYOCYANIQUE, LEPTOTHRIX, CRENOTHRIX, GALIONELLA,  
DESULFONIBRIO, DESULFLURICANS, AMEBAE, ZOOGLEA, THIOBACILLUS,  
COMONONUS, FLAVOBACTERIUM, ACHROMOBACTER, ALCALIGENS,  
PSEUDOMONAS, PARAMECIE, HONOTUS, COLEPS, STENTOR, ARCELLA,  
PLOIMIDES, ROTIFERI και SUCTORIE.

Η ταξινόμηση των μικροοργανισμών γίνεται σύμφωνα με τα κριτήρια της συστηματικής ενώ συναντώνται συχνά και ειδικές ταξινομήσεις, με διάφορα χαρακτηριστικά, όπως:

### ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ – ΤΥΠΟΣ – ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΟ ΠΕΔΙΟ

Ψυχρόφιλοι 2-20°C 12-18°C  
Μεσόφιλοι 20-45°C 25-40°C  
Θερμόφιλοι 45-75°C 55-65°C



## ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΥΣ ΤΡΟΦΙΚΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

### Αυτότροφοι φωτοσυνθετικοί

Πηγή ενέργειας: ηλιακό φως

Πηγή άνθρακα: CO<sub>2</sub>

Συνθήκες ανάπτυξης

(Σχήμα αντιδράσεως):  $CO_2 + 7H_2O \rightarrow (CH_2O)_6 + O_2 + H_2O$

### Λιθότροφοι

Πηγή ενέργειας: οξειδοαναγωγή ανόργανων ουσιών

Πηγή άνθρακα: CO<sub>2</sub>

Συνθήκες ανάπτυξης:

- αερόβιοι:  $2NH_4 + 3O_2 \rightarrow 2NO_2 + 2H_2O + 4H$
- αναερόβιοι:  $5S + 2H_2O + 6NO_3 \rightarrow 5SO_4 + 3N_2 + 4H$

Χημικοτροφικοί - Οργανικότροφοι

Πηγή ενέργειας: οξειδοαναγωγή οργανικών ουσιών

Πηγή άνθρακα: οργανική ύλη

Συνθήκες ανάπτυξης:

- αερόβιοι:  $(CH_2O)_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$
- αναερόβιοι:  $(CH_2O)_6 \rightarrow 3CH_4 + 3CO_2$

Προκειμένου να προσδιοριστεί ένα μικροβιακό σύστημα στα λύματα απαιτείται προσδιορισμός των παρακάτω παραγόντων:

- Κύριες φυσικοχημικές μεταβλητές του λύματος.
- Ταξινόμηση και ποσοτικός προσδιορισμός των μικροοργανισμών που εμπεριέχονται.
- Κύριες χημικές αντιδράσεις που εξαρτώνται από τον μεταβολισμό των οργανισμών που εμπεριέχονται.
- Κινητική και στοιχειομετρία των κύριων μεταβολικών αντιδράσεων.
- Δυναμική των πληθυσμών και βιοχημικές αλληλεπιδράσεις.
- Περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε όλες τις μεταβολές του συστήματος.
- Τα φαινόμενα αλληλεπίδρασης ανάμεσα στους μικροοργανισμούς είναι:
- Ανταγωνισμός: όταν όμοιοι οργανισμοί ανταγωνίζονται για το χώρο και την τροφή.
- Θήρευση: όταν ένα είδος τρέφεται με ένα άλλο.
- Παρασιτισμός: όταν οργανισμοί ζουν σε βάρος κάποιου άλλου.
- Ομοιοτροφισμός: όταν οργανισμοί ζουν μαζί παρόλο που διατηρούν την αυτονομία τους.
- Αμοιβαϊότητα: οργανισμοί που έχουν τους μεταβολισμούς τους σε συνεργασία.
- Συμβίωση: όταν η ύπαρξη ενός οργανισμού οφείλεται στην ανάπτυξη ενός άλλου.
- Αντιβίωση: όταν ένας οργανισμός παράγει εκκρίσεις βλαβερές για έναν άλλο.

Το πολυσύνθετο των σχέσεων ανάμεσα στους μικροοργανισμούς στα λύματα και η μεγάλη ποικιλία των ειδών που υπάρχουν σ' αυτά, είναι παράγοντες που δυσκολεύουν τρομακτικά και κάνουν πρακτικά αδύνατο τον προσδιορισμό των μικροοργανισμών στα λύματα. Χρησιμοποιούνται όμως προσδιορισμοί ορισμένων οργανισμών που είναι δείκτες. Έτσι, ο ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός δείκτη επιτρέπει εκτιμήσεις της μικροβιακής κατάστασης του λύματος.

Οι συνηθισμένοι δείκτες που ανιχνεύονται στα λύματα, ή σε αποδέκτες όπου εικάζεται η ύπαρξη λυμάτων, είναι: κολοβακτηριοειδή και κολοβακτηρίδια, εντερόκοκκοι και σαλμονέλες. Σπάνια ανιχνεύονται ειδικοί νοσογόνοι παράγοντες όπως συγκεκριμένοι αιτιολογικοί παράγοντες νόσων κ.λπ.

Συχνά χρησιμοποιείται έμμεσος προσδιορισμός του μικροβιακού φορτίου ως η ταχύτητα αποχρωματισμού του κυανού του μεθυλενίου.

Ο πιο συνηθισμένος δείκτης στα λύματα, με υγειονομική σημασία, είναι τα COLI. Ανάλογα με τη διάλυση βρίσκονται σε συγκέντρωση ως 10<sup>9</sup> ολικά COLI/100ml λύματος, απ'όπου 10<sup>7</sup>-10<sup>8</sup> κοπρικά COLI/100ml, 10<sup>7</sup>-10<sup>8</sup> κοπρικοί στρεπτόκοκκοι ανά 100ml, 1000 εντεροϊοί DCT50/100ml.

Η σχέση των κοπρικών COLI-SALMONELLA είναι γύρω στις 24.500- 100.000/lit. Η σχέση κοπρικών COLI/εντεροϊούς 1000 ΠΑΚ/PFU. Συγκριτικά, το μικροβιακό φορτίο (σε κύτταρα) στα νερά είναι:

Πόσιμο νερό που έχει υποστεί επεξεργασία 1/1000ml.

Νερό ρέματος 10<sup>4</sup>/100ml

Νερό καθαρού ποταμού 10<sup>5</sup>/100ml

Νερό μολυσμένου ποταμού 10<sup>6</sup>/100ml

Λύματα (σε υπόνομο) 10<sup>9</sup>/100ml

Ο απαιτούμενος χρόνος σε ημέρες για την εξάλειψη κατά 99,9% μερικών εντερικής προέλευσης μικροοργανισμών στα λύματα θερμοκρασίας 4οC είναι:

ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ

ΗΜΕΡΕΣ

|                        |     |
|------------------------|-----|
| Salmonella T           | -   |
| Entameba histolytica   | -   |
| Aerobacter aerogenes   | 56  |
| Streptococcus Fecailis | 48  |
| E. Coli 48             | -   |
| Echo 7 virus           | 150 |
| Echo 12 virus          | 60  |
| Coxsackie A9 virus     | 12  |
| Poliomyelitis I virus  | 110 |

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

### **ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ**

#### **3.1.Εισαγωγή βιολογικών διεργασιών**

Η αφαίρεση του ρυπαντικού φορτίου από λύματα και απόβλητα γίνεται με συνδυασμό χημικών, φυσικοχημικών και βιολογικών διεργασιών. Οι διεργασίες αυτές στοχεύουν στην αφαίρεση των ρυπαντικών από τη μάζα του νερού. Το σύνολο των διεργασιών αυτών είναι η διαδικασία επεξεργασίας.

Κύρια πλευρά της επεξεργασίας είναι η απαλλαγή της μάζας του νερού από τους ρυπαντές και δευτερεύουσα η εξουδετέρωση των ρυπαντών. Υπάρχει φυσικά και η μερική περίπτωση αποβλήτων που δεν αποτελούνται από νερό, οπότε η επεξεργασία τους συνίσταται στην εξουδετέρωση του ρυπαντικού φορτίου του διαλύματος. Ο συνδυασμός των διεργασιών επεξεργασίας καθορίζει και το σύστημα ως φυσικοχημικό καθαρισμό ή ως βιολογικό καθαρισμό. Η λειτουργία ενός βιολογικού καθαρισμού αποτελείται γενικά από τα παρακάτω στάδια:

#### **3.2.Φυσικοχημικό καθαρισμό**

Φυσικοχημικός καθαρισμός είναι το σύνολο των διαδικασιών που με φυσικές, χημικές και φυσικοχημικές διεργασίες επιτυγχάνουν το διαχωρισμό των ρυπαντών από το νερό και την εξουδετέρωσή τους.

Πρόκειται δηλαδή για ένα παραγωγικό σύστημα και ως πρώτη ύλη έχει λύματα ή απόβλητα, τελικό προϊόν καθαρισμένο νερό και απόβλητα, το σύνολο των ρυπαντών που απομακρύνθηκαν σε ακίνδυνη όμως μορφή για το περιβάλλον. Το σύστημα λειτουργεί καταναλώνοντας ενέργεια για την εξασφάλιση της παραγωγικής διαδικασίας.

Σχηματικά η διαδικασία Φ.Χ.Κ. είναι:

- Απόβλητα →  $N_2O$  + Υποπροϊόντα
- Υποπροϊόντα → Αδρανείς Ύλες

Οι πιο συνηθισμένες διαδικασίες φ.χ.κ. είναι:

- Διαχωρισμός στερεών από υγρά με εσχάρωση
- Στατικός διαχωρισμός υγρών διαφορετικού ειδικού βάρους
- Κροκίδωση
- Συσσωμάτωση
- Οξειδαναγωγή
- Επίπλευση
- Καθίζηση
- Προσρόφηση
- Εκτρόφηση
- Διήθηση
- Αντίστροφη όσμωση κ.α.

Τα συστήματα φ.χ.κ. μπορούν να είναι συνεχούς ροής, οπότε το απόνερο διέρχεται διαδοχικά από διάφορα στάδια επεξεργασίας και καταλήγει καθαρισμένο νερό προς τελική διάθεση, ή ασυνεχούς λειτουργίας (διαλείποντος έργου). Στην περίπτωση αυτή, στο σύστημα εισέρχεται μια ποσότητα απόνερου.

Το απόνερο γίνεται αντικείμενο επεξεργασίας. Με το τέλος της επεξεργασίας αποβάλλεται το καθαρισμένο νερό προς διάθεση και τα υποπροϊόντα. Το σύστημα έτσι είναι έτοιμο να ξαναρχίσει τον παραγωγικό του κύκλο. Οι δυνατότητες και οι παραλλαγές των συστημάτων φ.χ.κ. είναι πάρα πολύ μεγάλες, γεγονός που αποκλείει πρακτικά τόσο την προδιαγραφή τους ως το προς επεξεργασία απόνερο, όσο και την περιγραφή τους.

Οι χημικοτεχνικές διαδικασίες που συνθέτουν τα συστήματα φυσικοχημικού καθαρισμού θα εξετασθούν στη συνέχεια, στο βαθμό που αποτελούν φάση βιολογικού καθαρισμού.

### 3.3. Βιολογικός καθαρισμός

Έχει επικρατήσει να ονομάζεται βιολογικός καθαρισμός το σύστημα επεξεργασίας λυμάτων και αποβλήτων που συνδυάζει χημικοτεχνικές και βιοτεχνολογικές διαδικασίες.

Στα συστήματα αυτά η απομάκρυνση του ρυπαντικού φορτίου και στη συνέχεια η εξουδετέρωσή του γίνεται με βιοτεχνολογικούς μηχανισμούς. Η τυπική παραγωγική διαδικασία βιολογικού καθαρισμού είναι: εσχάρωση των απόνερων, επενέργεια μικροοργανισμών στο απόνερο που δεσμεύουν με αναβολικές διαδικασίες τους ρυπαντές, διαχωρισμός του νερού από τους μικροοργανισμούς με καταβολικές διαδικασίες, απολύμανση των καθαρών νερών προς τελική διάθεση.

Τα βιοτεχνολογικά συστήματα επαναλαμβάνουν σε ελεγχόμενες συνθήκες τις διεργασίες που γίνονται στη φύση για την αποικοδόμηση και ανακύκλωση των ρυπαντών. Μπορούν να είναι εκτατικά ή εντατικά. Τα εκτατικά συστήματα δημιουργούν τεχνητά το φυσικό περιβάλλον υδρότοπων, ενώ τα εντατικά, εκτός από τη δημιουργία του υδρότοπου, επιταχύνουν και τους βιολογικούς μηχανισμούς απορρύπανσης.

Οι δυνατότητες της σύγχρονης τεχνολογίας επιτρέπουν το συνδυασμό μηχανημάτων κι εγκαταστάσεων που εκμεταλλεύονται φυσικοχημικούς ή βιολογικούς μηχανισμούς σε συνδυασμό, για την αύξηση της απόδοσης και τη μείωση του κόστους παραγωγής.

Ο συνδυασμός εγκαταστάσεων, μηχανημάτων και μηχανισμών είναι η εκπόνηση του συστήματος του βιολογικού καθαρισμού. Γίνεται από την εμπειρία του μελετητή και εξαρτάται από τη σύσταση και την ποιότητα των προς επεξεργασία απόνερων και τις απαιτήσεις απορρύπανσης. Η απαίτηση απορρύπανσης καθορίζει το βαθμό απόδοσης του συστήματος. Ο βαθμός απόδοσης ( $n$ ) είναι η ποσοστιαία μείωση του ρυπαντικού φορτίου για έναν ή περισσότερους ρυπαντές. Έτσι η απόδοση ( $n$ ) καθορίζεται:  $n\%$

Το προεδρικό διάταγμα 1180/81 καθορίζει ελάχιστη απόδοση των συστημάτων επεξεργασίας αποβλήτων το 85% ενώ οι αρχές απαιτούν συνήθως απορρύπανση τάξης 90% ως προς όλες τις ρυπαντικές παραμέτρους.

Η βιολογική απορρύπανση είναι μικροβιακές ζυμώσεις ανομοιογενούς υποστρώματος από ετερογενείς μικροοργανισμούς, κυρίως σαπρόφυτα, βακτήρια, που αποσυνθέτουν νεκρή οργανική ύλη (που στο μεγαλύτερο μέρος της είναι κοπρικής προέλευσης).

Οι βιοχημικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται είναι αερόβια ή αναερόβια από σύνθεση μέρους του υποστρώματος. Το μέρος αυτό του υποστρώματος γίνεται αντικείμενο περισσότερο ή λιγότερο προωθημένης ανοργανοποίησης με καταβολικές διαδικασίες που παράγουν αέριους καταβολητές CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> και νερό. Το υπόλοιπο υπόστρωμα εξαντλείται με διάφορους φυσικο-βιολογικούς μηχανισμούς μεταφοράς μάζας που ξεκινούν από τη σύνθεση πρωτοπλάσματος νέων κυττάρων μέχρι τη βιοσυσσωμάτωση και τη βιοαπορρόφηση.

Με αυτό τον τρόπο, ένα μέρος του υποστρώματος "εξαερώνεται" και διαφεύγει στην ατμόσφαιρα ενώ ένα άλλο μέρος σχηματίζει ένα υπόλοιπο στερεών και υγρών ουσιών (λάσπη), σε σηπτική κατάσταση, που απαιτεί παραπέρα επεξεργασία για να διατεθεί στο περιβάλλον χωρίς να προκαλέσει υγειονομικά ή περιβαλλοντολογικά προβλήματα.

Η αποδοτικότητα και οι διαστάσεις ενός βιολογικού συστήματος απορρύπανσης είναι συνάρτηση τριών παραγόντων: της ταχύτητας **V** της βιολογικής αντίδρασης, της βακτηριακής βιομάζας **M** που επενεργεί, και του χρόνου επαφής **t** του διαλυμένου υποστρώματος με τη βακτηριακή βιομάζα. Η ταχύτητα των βιολογικών αντιδράσεων απαιτεί τη μελέτη της κινητικής των αντιδράσεων αυτών, σε συνάρτηση κυρίως της θερμοκρασίας, της συγκέντρωσης του υποστρώματος και άλλων φυσικοχημικών παραμέτρων του περιβάλλοντος απορρύπανσης.

Η βακτηριακή βιομάζα εξετάζεται κυρίως για τη συγκέντρωσή της και τη μεταβολική της εξειδίκευση. Εξαρτάται τόσο από φυσικοχημικούς παράγοντες του περιβάλλοντος απορρύπανσης, όσο και από τα υδραυλικά και κατασκευαστικά χαρακτηριστικά και τον τύπο του βιολογικού αντιδραστήρα που αποτελούν την εγκατάσταση απορρύπανσης. Ο προσδιορισμός, τέλος, του πραγματικού χρόνου επαφής υποστρώματος - βακτηριακής βιομάζας εξαρτάται από υδραυλικά δεδομένα και την κινητική στον αντιδραστήρα.

Η λειτουργία ενός βιολογικού καθαρισμού αποτελείται από τρία στάδια:

- Προκαταρκτική επεξεργασία
- Γραμμή Ιλύος
- Γραμμή αφρολασπών

Η προκαταρκτική επεξεργασία αποτελείται από την απομάκρυνση των ογκωδών αντικειμένων (εσχάρωση), της άμμου (εξάμμωση), και των λιπών (λιποσυλλογή) από την υγρή μάζα των αποβλήτων, η μέτρηση της παροχής και η υποδοχή των βοθρολυμάτων.

### 3.4. Στάδιο προεπεξεργασίας.

Η προεπεξεργασία των λυμάτων αποσκοπεί στην αφαίρεση των σκουπιδιών κλπ., της άμμου καθώς και των επιπλεόντων υλικών (λίπη, έλαια κλπ.) ώστε να προστατευθούν οι μονάδες επεξεργασίας (καθίζηση, αερισμός, χώνευση) και να διαχωριστούν τα αδρανή συστατικά των λυμάτων από τα οργανικά. Σε αυτό το στάδιο χρησιμοποιούνται:

- Εσχάρες
- Εξαμμωτές.
- Αερισμός-Φυσητήρες.

#### 3.4.1. Εσχάρες

Σκοπός των εσχάρων είναι η συγκράτηση σε αυτές και στη συνέχεια η απομάκρυνση των ογκωδών αντικειμένων (κομμάτια ξύλων, πλαστικά, κλαδιά, κουρέλια κ.λπ.). (Εικόνες: 3.1 - 3.6)

Τα βασικά είδη των εσχάρων είναι δυο:



**Εικόνα 3.1.**

Μηχανικές – αυτοκαθαριούμενες καθαρίζονται με τα χέρια

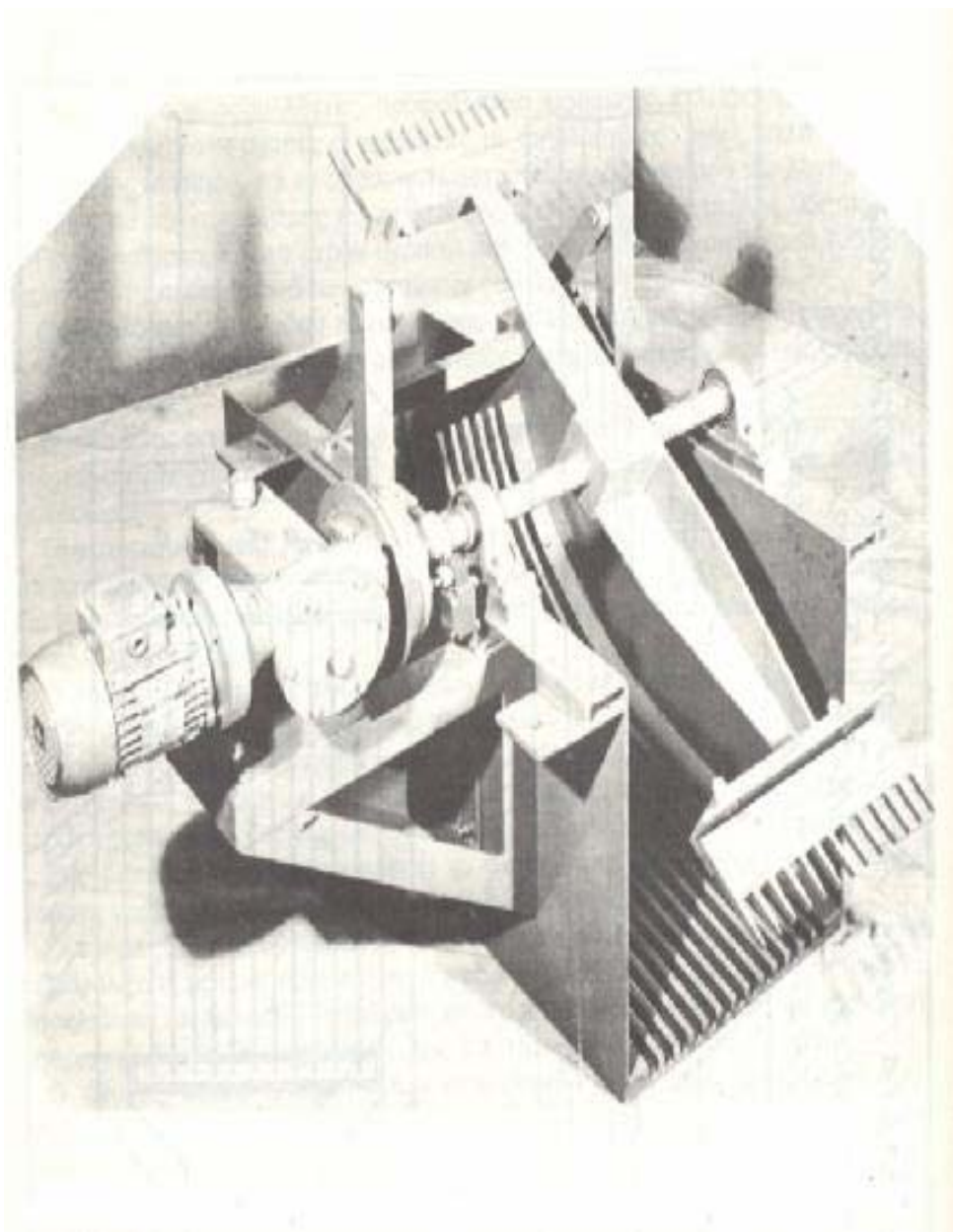
([www.google.images.gr](http://www.google.images.gr))



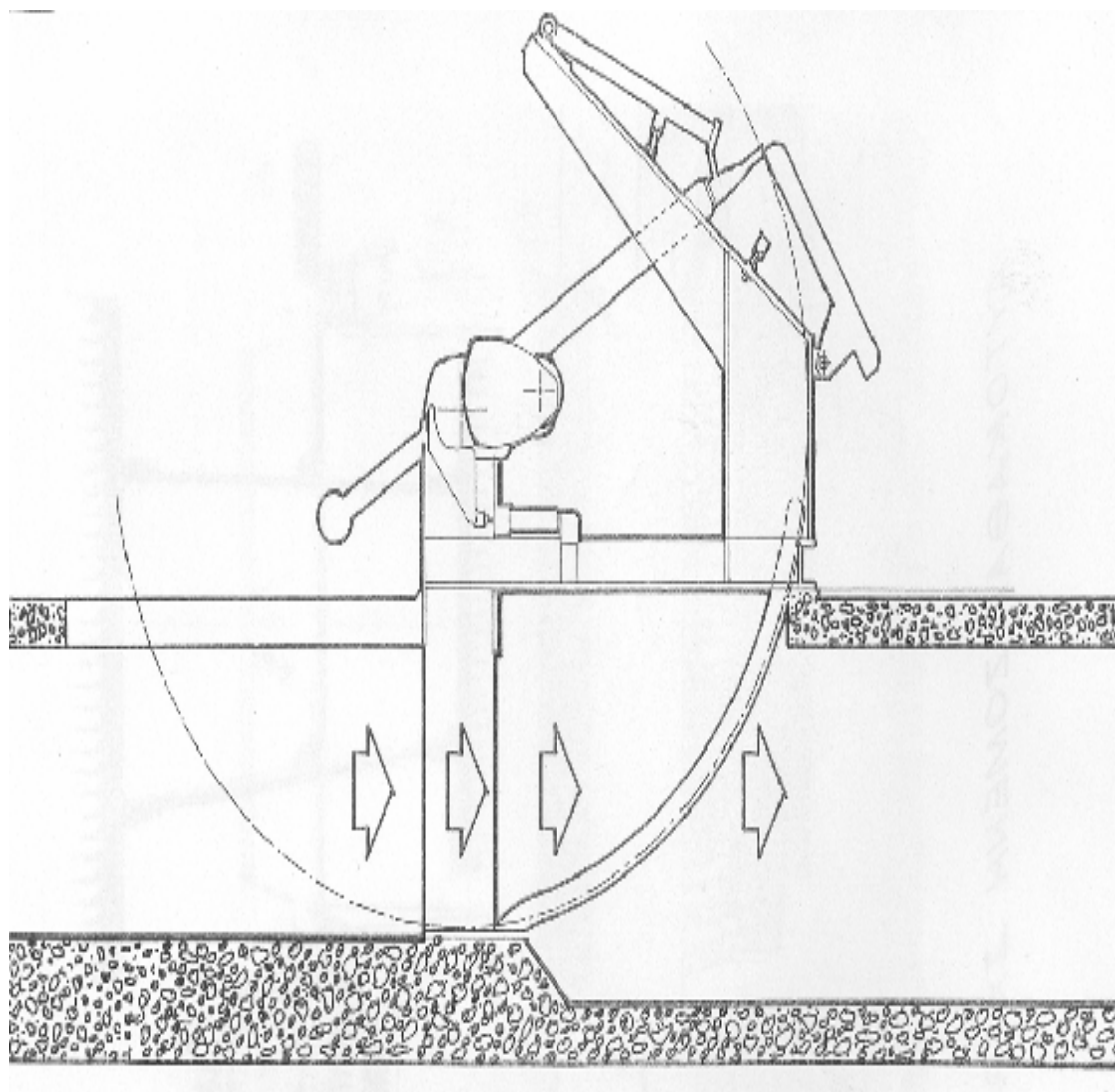
**Εικόνα 3.2.**

Απλές χειροκίνητες που καθαρίζονται με τα χέρια

([www.google.images.gr](http://www.google.images.gr))



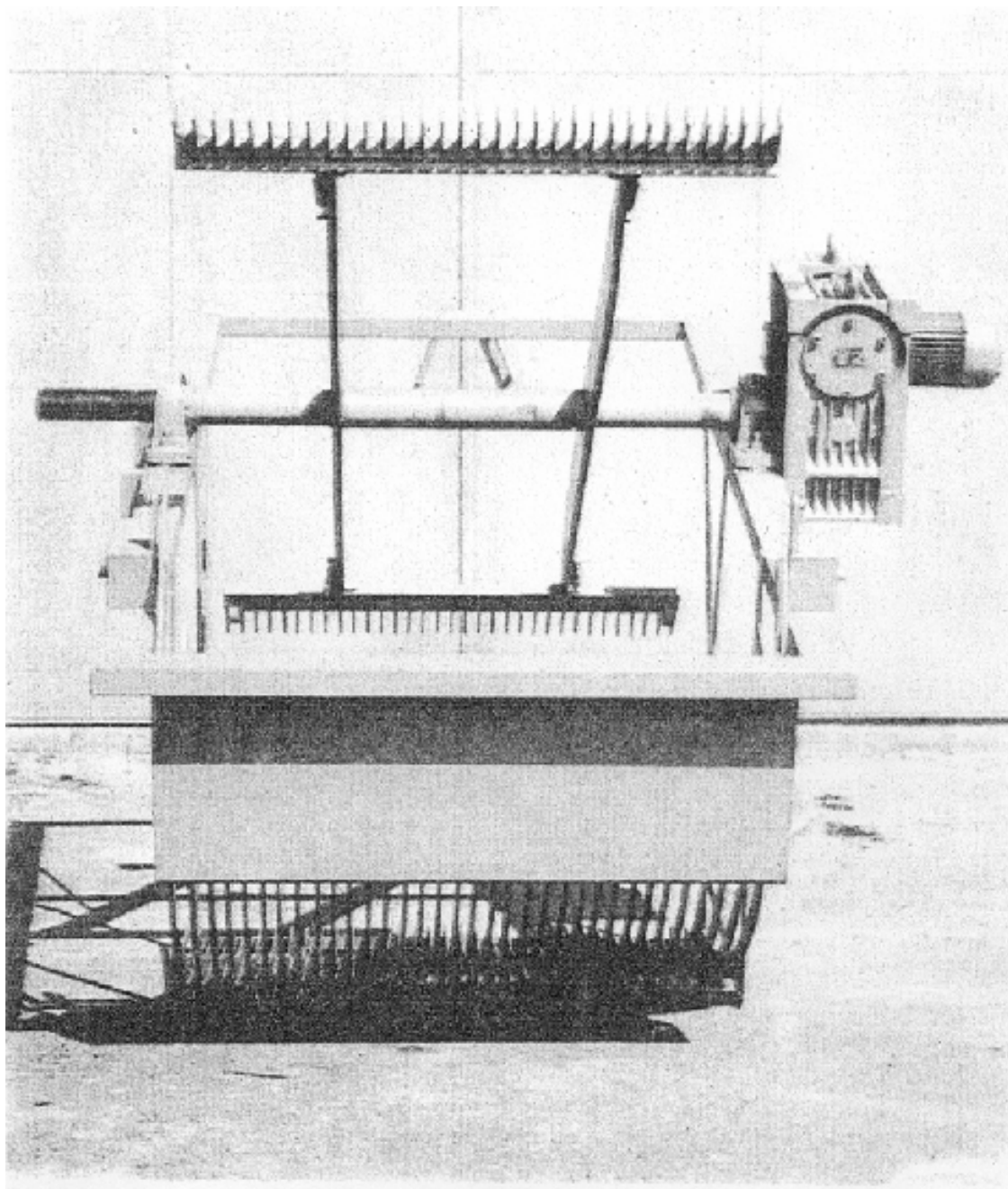
**Εικόνα 3.3.** Διάταξη καθαρισμού με αυτοκαθαριζόμενη εσχάρα  
( Metcalf and Eddy, 1991 )



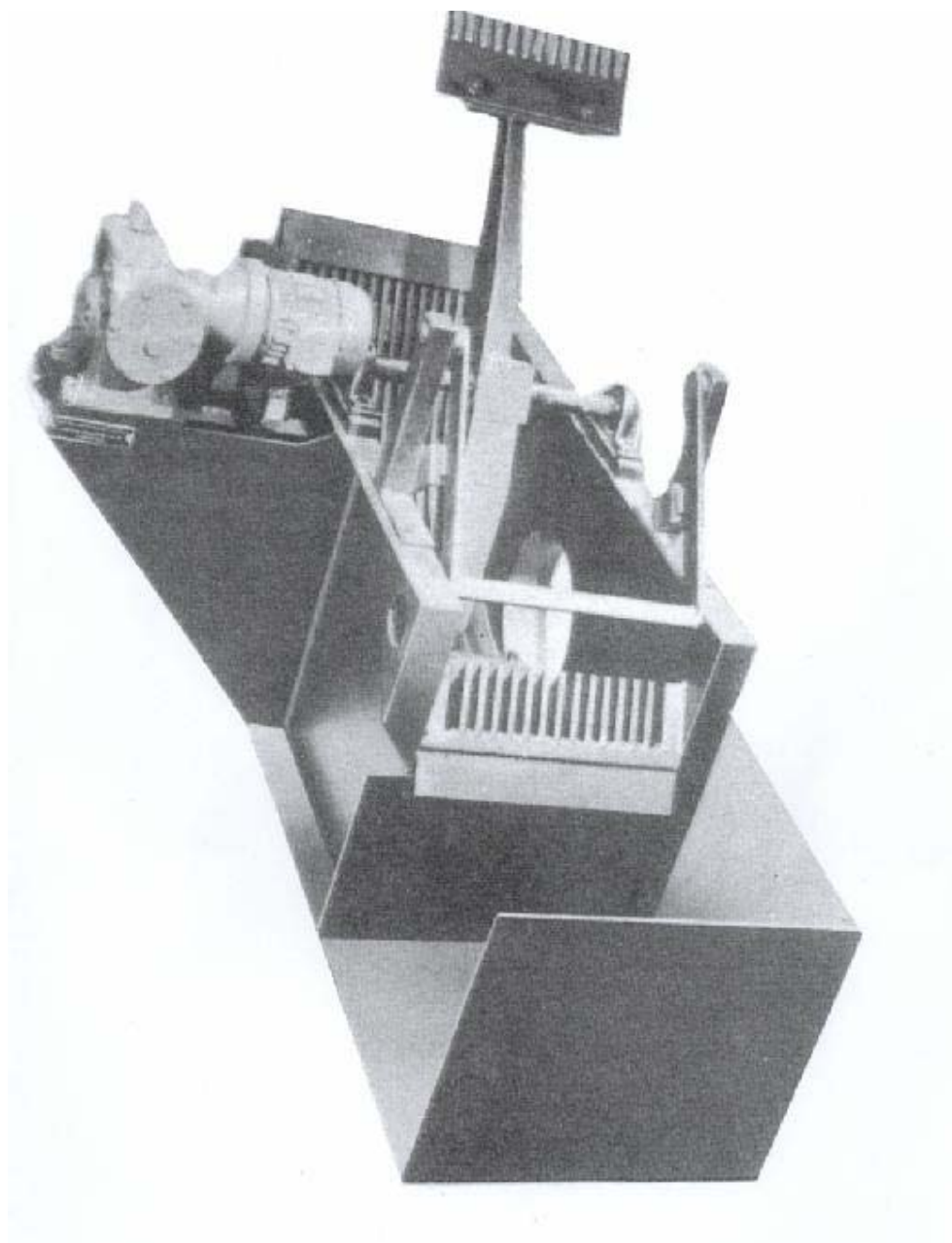
**Εικόνα 3.4.** Τομή αυτοκαθαριζόμενης εσχάρας

( Metcalf and Eddy, 1991 )





**Εικόνα 3.5.** Αυτοκαθαριζόμενη εσχάρα  
( Metcalf and Eddy, 1991 )



**Εικόνα 3.6.** Διάταξη εσχάρισμού με αυτοκαθαριζόμενη εσχάρα  
( Metcalf and Eddy, 1991 )

### **Μηχανικές Εσχάρες**

Οι μηχανικές εσχάρες μπορεί να είναι τοξωτές ή επίπεδες. Οι τοξωτές χρησιμοποιούνται σε ρηγά κανάλια και οι επίπεδες σε βαθιά. Τα διάκενα των μηχανικών εσχάρων είναι συνήθως 19-20mm και το πάχος των ράβδων τους 5-15 mm. Τα βάθη ροής στις εσχάρες στις διάφορες παροχές καθορίζονται από το σημείο ελέγχου της ροής. Συνήθως, ακολουθεί των εσχάρων ο αεριζόμενος εξαμμωτής, οπότε το αμέσως επόμενο σημείο ελέγχου της ροής είναι ο υπερχειλιστής εκροής του εξαμμωτή. Από τα βάθη ροής καθορίζονται και οι ταχύτητες ροής στα διάκενα των εσχάρων και στους αγωγούς των εσχάρων.

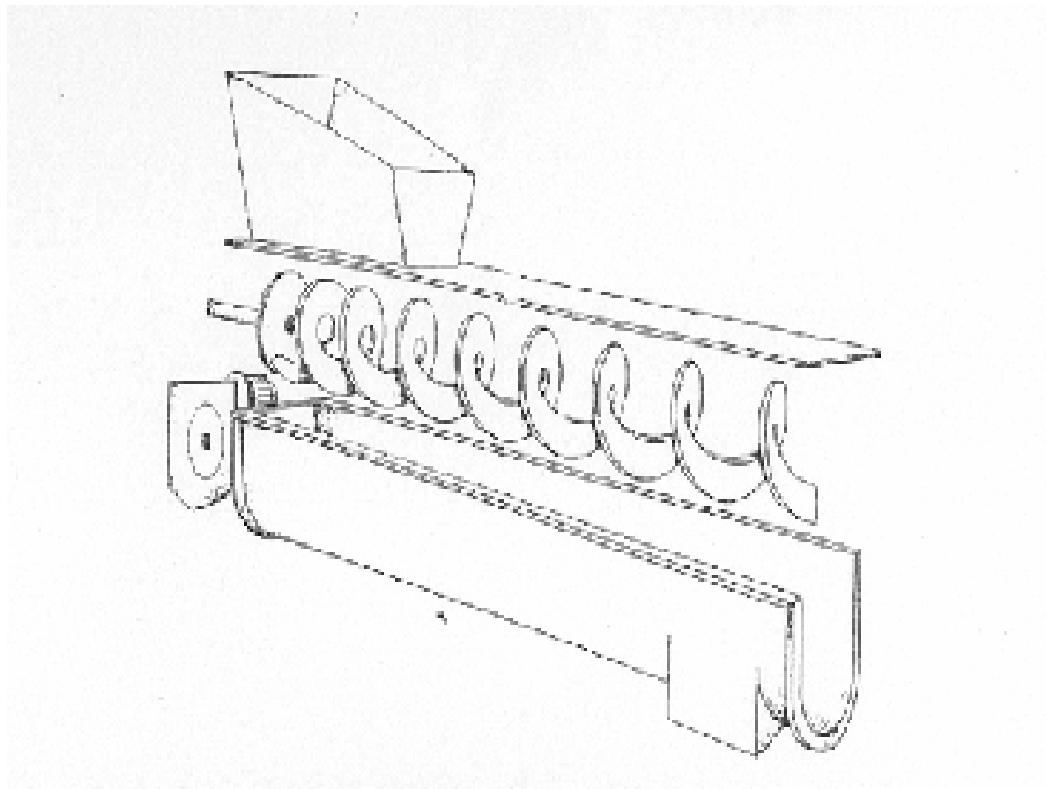
Ο μηχανισμός απομάκρυνσης των εσχαρισμάτων στις τοξωτές εσχάρες είναι ένας βραχιονας – κτένι (ξέστρο) που τα δόντια του μπαίνουν στα διάκενα της εσχάρας και κάνοντας παλινδρομικές διαδρομές ή πλήρεις περιστροφές γύρω από ένα σταθερό σημείο, παρασύρουν τα συγκρατούμενα στερεά προς το πάνω μέρος της εσχάρας. Στις επίπεδες εσχάρες ο καθαρισμός γίνεται από μια σειρά δόντια (ή βούρτσες) που είναι τοποθετημένα σε ατέρμονες αλυσίδες και με την κίνησή τους παρασύρουν τα στερεά προς το πάνω μέρος της εσχάρας στο χώρο προσωρινής αποθήκευσης των εσχαρισμάτων. Ο μηχανισμός απομάκρυνσης τίθεται σε κίνηση αυτόματα, όταν η διαφορά στάθμης των λυμάτων ανάντη – κατόντη της εσχάρας (τοπικές απώλειες λόγω μείωσης της διατομής του καναλιού από τα στερεά) φθάσει στα 10-15 cm. Η λειτουργία του μηχανισμού «επικαλύπτεται» συνήθως και από χρονοδιακόπτες που εξασφαλίζουν την εκκίνηση του μηχανισμού τουλάχιστον 2 φορές/h και για χρονικό διάστημα μέχρι 3 min.

### **Χειροκίνητες Εσχάρες**

Οι χειροκίνητες εσχάρες έχουν διάκενα 20-30mm και χρησιμοποιούνται μόνες τους σε πολύ μικρές Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Αστικών Αποβλήτων (Ε.Ε.Α.Α.). Συνήθως όμως χρησιμοποιούνται ως «εσχάρες ανάγκης» - παρακαμπτήριες και τοποθετούνται παράλληλα με τις μηχανικές. Είναι επίπεδες και εγκαθίστανται σχηματίζοντας γωνία από 30° έως 80° ,(συνήθως 60°), με τη διεύθυνση της ροής, ώστε να διευκολύνεται η χειροκίνητη απομάκρυνση των εσχαρισμάτων με δίκρανο. Συνήθως τοποθετούνται μια ή δυο μηχανικές εσχάρες και μια παρακαμπτήρια χειροκίνητη. Σε κανονική λειτουργία λειτουργούν μόνο οι μηχανικές εσχάρες, ενώ σε περίπτωση έμφραξης ή διακοπής της λειτουργίας τους, τα λύματα υπερχειλίζουν αυτόματα προς την παρακαμπτήρια εσχάρα. Σε περίπτωση σκόπιμης παράκαμψης των μηχανικών εσχάρων, υπάρχουν τα κατάλληλα θυροφράγματα απομόνωσης, χειροκίνητα ή μηχανικά.

Τα εσχαρίσματα έχουν πυκνότητα 600-1000 kg/m<sup>3</sup>, υγρασία 75-90%,περιεκτικότητα σε VSS 80-90% και αποδίδουν κατά την καύση τους 13.000-18.000kj/kg. Οι ποσότητες των εσχαρισμάτων ποικίλλουν ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της εσχάρας, το είδος του αποχετευτικού συστήματος (σεπαντοροϊκά συστήματα μπορεί να είναι και 10 φορές μεγαλύτερες απ' ότι σε χωριστικά) και την παρουσία βιομηχανικών αποβλήτων. Μια αντιπροσωπευτική τιμή ποσότητας εσχαρισμάτων είναι 30 l/m<sup>3</sup> λυμάτων.

Η απομάκρυνση των εσχαρισμάτων από τον προσωρινό χώρο αποθήκευσής τους προς τα δοχεία αποθήκευσης γίνεται με μεταφορική ταινία ή με κλειστό μεταφορικό κοχλία. (εικόνα 3.7)



**Εικόνα 3.7.** Κλειστός μεταφορικός κοχλίας εσχαρισμάτων

( Παπακωνσταντίνου – Φώτου 2004 )

Στο μεταφορικό κοχλία μπορεί να γίνεται παράλληλα μερική ή ακόμα και πλήρης αφυδάτωση - στράγγιση των εσχαρισμάτων τα στραγγίδια επιστρέφουν στην κύρια ροή των υγρών αποβλήτων απευθείας με βαρύτητα ή με την παρεμβολή του αντλιοστασίου στραγγιδίων.

Η εκκίνηση - λειτουργία του συστήματος μεταφοράς των εσχαρισμάτων συνδυάζεται με την κίνηση του μηχανισμού απομάκρυνσής τους. Η αποθήκευση των εσχαρισμάτων γίνεται συνήθως σε κλειστούς κάδους απορριμμάτων, συμβατών με αυτούς της αποκομιδής των στερεών απορριμμάτων του Δήμου. Η τελική διάθεσή τους γίνεται συνήθως σε χωματερές.

### 3.4.2. Εξαμμωτές

Σκοπός της εξάμμωσης είναι η απομάκρυνση των κόκκων άμμου των σωματιδίων αργίλου ή των άλλων σωματιδίων γεωλογικής ή όχι υφής, με διάμετρο μεγαλύτερη από 200 μm που δεν είναι οργανικά κι έχουν ταχύτητες καθίζησης σημαντικά μεγαλύτερες από εκείνες των οργανικών στερεών. (Εικόνα 3.8)

Τα είδη εξαμμωτών είναι:

- εξαμμωτές με σταθερή ταχύτητα ροής
- αεριζόμενοι εξαμμωτές



**Εικόνα 3.8.** Εξαμμωτής με σταθερή ταχύτητα ροής ([www.google.gr/images](http://www.google.gr/images))

### **Εξαμμωτές με σταθερή ταχύτητα ροής**

Είναι επιμήκη και ρηχά κανάλια στα οποία η ταχύτητα ροής παραμένει σταθερή (περίπου 0,3m/sec ) και ανεξάρτητη από την παροχή λυμάτων. Η εξασφάλιση της σταθερής ταχύτητας ροής επιτυγχάνεται με έναν από τους παρακάτω τρόπους:

- με ανοικτό αγωγό παραβολικής διατομής και διάυλο Parshall στο κατάντη άκρο του, ή
- με ανοικτό αγωγό ορθογωνικής διατομής και αναλογικό υπερχειλιστή στο κατάντη άκρο του.

Ο όγκος του εξαμμωτή υπολογίζεται με τον υδραυλικό χρόνο παραμονής που είναι συνήθως  $\Theta_{\text{ΕΞ}} = 0,75 - 1,5 \text{ min}$  (με τυπική τιμή ίση με 1 min) και την

παροχή αιχμής ( $Q_h$ ) από την εξίσωση:

$$VE = \Theta_{\text{ΕΞ}} \cdot Q_h$$

Οι αεριζόμενοι εξαμμωτές έχουν βάθος  $H_{\text{ΕΞ}} = 0,6 - 1,5 \text{ m}$  και πλάτος  $b_{\text{ΕΞ}} = 0,4 - 1,5 \text{ m}$ . Η μέση ταχύτητα οριζόντιας ροής πρέπει για όλες τις παροχές να είναι σταθερή και περίπου ίση  $u_{\text{ΕΞ}} = 0,30 \text{ m/sec}$ . Το μήκος του εξαμμωτή υπολογίζεται από την εξίσωση:  $L_{\text{ΕΞ}} = \sigma \cdot (u_{\text{ΕΞ}}/u_S) \max H_{\text{ΕΞ}}$

όπου  $\sigma =$  συντελεστής ασφαλείας για να ληφθούν υπ' όψιν οι συνθήκες ροής (π.χ. τύρβη) στην είσοδο και έξοδο του εξαμμωτή,  $\sigma = 1,25 - 1,50$ ,  $\max H_{\text{ΕΞ}} =$  μέγιστο βάθος ροής στον εξαμμωτή, και  $u_S =$  ταχύτητα καθίζησης των σωματιδίων άμμου που επιθυμείται να απομακρυνθούν.

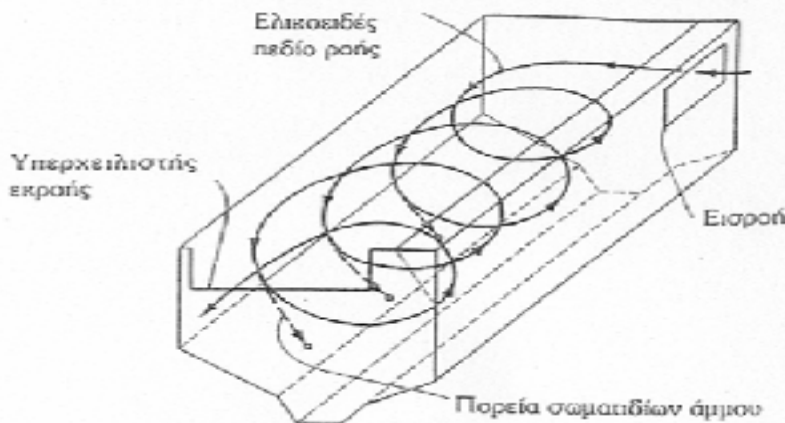
Εφαρμόζοντας την εξίσωση για π.χ. σωματίδια άμμου μεγέθους 0,20 mm (για την οποία η ταχύτητα καθίζησης είναι ίση με 0,0222 m/s) και  $\sigma = 1,45$  υπολογίζεται το μήκος του εξαμμωτή περίπου ίσο με 2 φορές το μέγιστο βάθος. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται ώστε το βάθος ροής στην ελάχιστη παροχή να μην είναι μικρότερο από  $a = 5 \text{ mm}$ .

Συνήθως χρησιμοποιείται ένας δίδυμος εξαμμωτής. Σε κανονική λειτουργία λειτουργεί μόνο ο ένας εξαμμωτής και στον άλλο γίνεται η απομάκρυνση της άμμου, συνήθως με φτυάρια. Η απομόνωση των εξαμμωτών γίνεται με κατάλληλα θυροφράγματα που τοποθετούνται μόνο στο ανάντη άκρο των εξαμμωτών, ενώ στο κατάντη άκρο τους πρέπει πάντα να υπάρχει ελεύθερη ροή. Στον αναλογικό υπερχειλιστή υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησης διάταξης υπερήχων για τη μέτρηση της παροχής.

### **Αεριζόμενοι εξαμμωτές**

Οι αεριζόμενοι εξαμμωτές είναι ορθογώνιες αεριζόμενες δεξαμενές στις οποίες ο αέρας εισάγεται με διαχυτήρες κατά μήκος της μιας πλευράς με αποτέλεσμα τη δημιουργία ελικοειδούς ροής. Η κατάλληλη ταχύτητα περιστροφής που επιτρέπει την απομάκρυνση της άμμου επιτυγχάνεται με ρύθμιση της παροχής του αέρα. Η άμμος καθιζάνει στον πυθμένα και συσσωρεύεται σε χοάνη (ή χοάνες από όπου απομακρύνεται). Η ταχύτητα περιστροφής ρυθμίζει το μέγεθος των σωματιδίων (συνήθως 0,2 mm) που θα απομακρυνθούν.

Η επιθυμητή ταχύτητα περιστροφής, συνήθως 0,3m/s, επιτυγχάνεται με κατάλληλη ρύθμιση της παροχής του αέρα και με σωστό σχεδιασμό της γεωμετρίας της δεξαμενής, ώστε να αποφεύγονται οι βραχυκυκλώσεις και οι αδρανείς περιοχές. (Εικόνα 3.9)



**Εικόνα 3.9.** Ελικοειδής ροή σε αεριζόμενο εξαμμωτή

( Παπακωνσταντίνου – Φώτου 2004 )

Το βασικότερο πλεονέκτημα των αεριζόμενων εξαμμωτών είναι ότι συνδυάζονται με λιποσυλλέκτες. Κατά μήκος των εξαμμωτών και παράλληλα σε αυτούς μπορεί να δημιουργηθούν περιοχές ηρεμίας - λιποσυλλογής (πλάτους 0,8- 1,2 m), όπου θα συγκεντρώνονται στην επιφάνεια τα λίπη, οι αφροί και οι άλλες επιπλέουσες ουσίες.

Άλλα πλεονεκτήματα των αεριζόμενων εξαμμωτών είναι:

- έχουν σταθερή απόδοση (ρυθμίζοντας κατάλληλα την παροχή του αέρα),
- έχουν μικρούς όγκους, εξαιτίας των μικρών χρόνων παραμονής,
- τα απόβλητα αερίζονται σε αυτούς,
- μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως σημεία προσθήκης χημικών (π.χ. για την απομάκρυνση φωσφόρου και οσμών, προχλωρίωση κ.λπ.),
- έχουν μικρές υδραυλικές απώλειες (15-20 cm)
- η άμμος έχει καλή ποιότητα.

Ο όγκος του εξαμμωτή υπολογίζεται με τον υδραυλικό χρόνο παραμονής, που είναι συνήθως  $\Theta_{\text{ΕΞ}} = 2-5 \text{ min}$ , με τυπική τιμή ίση με 3 min. Ένας τεκμηριωμένος υπολογισμός του  $\Theta_{\text{ΕΞ}}$  μπορεί να γίνει με το διάγραμμα του Kalbskopf με στοιχεία εισόδου τον επιθυμητό βαθμό απομάκρυνσης ( $r$ ) και το τυπικό μέγεθος των κόκκων της άμμου ( $\delta$ ).

Οι αεριζόμενοι εξαμμωτές έχουν βάθος ( $H_{\text{ΕΞ}}$ ) 2-5 m, μήκος ( $L_{\text{ΕΞ}}$ ) 7,5-20 m και πλάτος ( $b_{\text{ΕΞ}}$ ) 2,5-4 m. Για να επιτυγχάνονται οι επιθυμητές συνθήκες ροής συνιστάται να ισχύουν οι σχέσεις  $b_{\text{ΕΞ}}/ H_{\text{ΕΞ}} = 1\chi 5$  και  $L_{\text{ΕΞ}}/ b_{\text{ΕΞ}} = 0,4\chi 5$ .

Συνιστάται επίσης η μέση ταχύτητα οριζόντιας ροής να είναι μικρότερη από 0,1 m/s και η μέγιστη υδραυλική επιφανειακή φόρτιση να βρίσκεται στο διάστημα 50-60 m/h. Συνήθως χρησιμοποιείται ένας δίδυμος εξαμμωτής - λιπосуλλέκτης. Σε κανονικές συνθήκες λειτουργεί μόνο ο ένας εξαμμωτής. Η απομόνωση των εξαμμωτών γίνεται με θυροφράγματα.

### **Αερισμός-Φυσητήρες**

Ο αερισμός παρέχεται συνήθως από λοβοειδείς φυσητήρες (από χυτοσίδηρο) θετικής εκτόπισης τύπου Rootes . Η παροχή του αέρα είναι συνήθως 9-18 m<sup>3</sup>/h (τυπική τιμή ίση με 10 m<sup>3</sup>/h) ανά m μήκους εξαμμωτή. Οι φυσητήρες τροφοδοτούν με σωληνώσεις (συνήθως από γαλβανισμένο χάλυβα) τους διαχυτήρες χοντρός ή μεσαίας φυσαλίδας (από ανοξείδωτο χάλυβα ή πλαστικό) που είναι τοποθετημένοι σε απόσταση 0,45 0,90 m από τον πυθμένα κατά μήκος της εσωτερικής πλευράς του εξαμμωτή.

Οι διαχυτήρες πρέπει συνήθως να παρέχουν ποσότητες αέρα μικρότερες από 15m<sup>3</sup>/h ανά μέτρο μήκους διαχυτήρα.

### **3.4.3. Μέτρηση παροχής**

Σκοπός της μέτρησης παροχής είναι ο υπολογισμός της παροχής που διέρχεται από την Εγκατάσταση Επεξεργασίας Αστικών Αποβλήτων (Ε.Ε.Α.Α.), 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 επανακυκλοφορίας και των μονάδων που χρησιμοποιούν χημικά (π.χ. συνδυασμένη βιολογική - χημική απομάκρυνση φωσφόρου, απολύμανση κ.α.).

Η μέτρηση παροχής γίνεται σε ανοικτούς ή κλειστούς αγωγούς. Ο πιο συνηθισμένος τύπος διάταξης μέτρησης της παροχής σε ανοικτούς αγωγούς είναι ο διάυλος με στένωση Parshall, ενώ σπανιότερα χρησιμοποιούνται ορθογωνικοί, τριγωνικοί ή πριονωτοί υπερχειλιστές. Στους κλειστούς αγωγούς η παροχή μετρείται με την εισαγωγή στη ροή διάταξης που δημιουργεί πτώση πίεσης (π.χ. σωλήνας Pitot, σωλήνας Venturi), από την οποία υπολογίζεται η παροχή με μαγνητικές, ηχητικές ή και άλλες μεθόδους.



### 3.5. Πρωτοβάθμια καθίζηση

Η μονάδα πρωτοβάθμιας καθίζησης επιτυγχάνει την απομάκρυνση μέρους των σωματιδίων από τα λύματα μειώνοντας έτσι το συνολικό οργανικό φορτίο των λυμάτων (BOD5) κατά 25-30% και των αιωρούμενων στερεών κατά 60%.

Η μονάδα αποτελείται από κυκλικές δεξαμενές εξοπλισμένες με περιστρεφόμενη γέφυρα. Από τη γέφυρα αναρτάται το ξέστρο σάρωσης της ιλύος προς τον κεντρικό κώνο συλλογής του πυθμένα. Η πρωτοβάθμια ιλύς απομακρύνεται περιοδικά με κοχλιωτές αντλίες και οδηγείται σε σύστημα μηχανικής πάχυνσης όπου υφίσταται μια περαιτέρω συμπύκνωση και από εκεί οδηγείται στους αναερόβιους χωνευτές. (Εικόνες 3.11 , 3.12)



Εικόνα 3.11. Μονάδα πρωτοβάθμιας καθίζησης ([www.google.gr/images](http://www.google.gr/images))



Εικόνα 3.12. Μονάδα πρωτοβάθμιας καθίζησης ([www.google.gr/images](http://www.google.gr/images))

### Διαχείριση των λιπών

Σκοπός της λιποσυλλογής είναι η απομάκρυνση των ελαίων και των λιπών για την αποφυγή προβλημάτων στο στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας.

Τα λίπη που επιπλέουν στις επιφάνειες λιποσυλλογής οδηγούνται σε παρακείμενο φρεάτιο λιπών με κατάλληλη διάταξη. Η διάταξη αυτή μπορεί να είναι ένα επιφανειακό ξέστρο προσαρμοσμένο σε μεταλλική κινούμενη γέφυρα ή συνδυασμός επιφανειακού διαχυτήρα - κινητού υπερχειλιστή εκροής που οδηγεί τα επιφανειακά λίπη στο φρεάτιο συλλογής των λιπών. Στο φρεάτιο συλλογής των λιπών γίνεται με κατάλληλη διάταξη σωλήνων "T" η απομάκρυνση των νερών, ενώ τα λίπη παραμένουν στην επιφάνεια και απομακρύνονται με απορρόφηση.

### 3.6. Στάδιο βιολογικής επεξεργασίας

#### Μονάδα βιολογικής επεξεργασίας

Η μονάδα βιολογικής επεξεργασίας περιλαμβάνει παράλληλες γραμμές επεξεργασίας με αναερόβιες δεξαμενές βιολογικής αποφωσφόρωσης και δεξαμενές αερισμού-νιτροποίησης και απονιτροποίησης. (Εικόνα 3.13)



Εικόνα 3.13. Αερισμός μείγματος στη δεξαμενή παρατεταμένου αερισμού  
([www.google.gr/images](http://www.google.gr/images))

Στη βιολογική μονάδα επιτυγχάνεται η βιοαποδόμηση του οργανικού άνθρακα, η οξείδωση του οργανικού και αμμωνιακού αζώτου σε νιτρικά (νιτροποίηση), η απελευθέρωση του αζώτου των νιτρικών στην ατμόσφαιρα με τη μορφή του στοιχειακού αζώτου (απονιτροποίηση) και η δέσμευση φωσφόρου στη βιομάζα. Μια από τις περισσότερο βασικές παραμέτρους περιγραφής του συστήματος Ενεργού Ιλύος, είναι ο μέσος χρόνος παραμονής των μικροοργανισμών στο βιολογικό αντιδραστήρα, που καλείται ηλικία λάσπης (Θc).

### 3.7. Δεξαμενές τελικής καθίζησης

Η ιλύς που καθιζάνει στον πυθμένα συλλέγεται με κατάλληλα σάρωθρα αναρτημένα από περιστρεφόμενη γέφυρα στον κεντρικό κώνο και απάγεται από τη δεξαμενή συνεχώς. Η ίδια γέφυρα φέρει επιφανειακό σάρωθρον που παρασύρει συνεχώς τα επιπλέοντα και τα ωθεί μέσα σε χοάνη απ' όπου οδηγούνται σε παράπλευρο φρεάτιο προσωρινής αποθήκευσης και απομακρύνονται περιοδικά με βυτιοφόρο.

Η ιλύς που απάγεται από τις δεξαμενές τελικής καθίζησης συγκεντρώνεται στον υγρό θάλαμο του αντλιοστασίου επανακυκλοφορίας από όπου μέρος αυτής επαναφέρεται στην μονάδα βιολογικής επεξεργασίας ενώ η περίσσεια οδηγείται μέσω χωριστού αντλιοστασίου στο μηχανικό σύστημα πάχυνσης. (Εικόνα 3.14)



Εικόνα 3.14. Δεξαμενή καθίζησης ([www.google.gr/images](http://www.google.gr/images))

Στις δεξαμενές τελικής καθίζησης γίνεται ο διαχωρισμός της ενεργού ιλύος από τα επεξεργασμένα λύματα. Τα επεξεργασμένα λύματα υπερχειλίζουν από περιφερειακούς οδοντωτούς υπερχειλιστές σε κανάλι συλλογής και από εκεί οδεύουν προς τη δεξαμενή χλωρίωσης (ΔΧΛ).

### **3.8. Στάδιο επανακυκλοφορίας**

#### **Αντλιοστάσιο επανακυκλοφορίας**

Το αντλιοστάσιο αυτό αποτελείται από αντλίες για την επανακυκλοφορία ιλύος προς την βιολογική επεξεργασία. Η περίσσεια ενεργός ιλύς, το μεγαλύτερο μέρος του έτους είναι σταθεροποιημένη και μπορεί να πηγαίνει απ' ευθείας προς πάχυνση και αφυδάτωση, εναλλακτικά μπορεί να οδηγείται στους αναερόβιους χωνευτές μαζί με την πρωτοβάθμια ιλύ.

#### **Μονάδα μηχανικής πάχυνσης της πρωτοβάθμιας ιλύος**

Σκοπός της μονάδας πάχυνσης είναι η συμπύκνωση της ιλύος, πριν τροφοδοτηθεί στους χωνευτές για την βελτιστοποίηση της λειτουργίας τους. Η πάχυνση γίνεται σε μηχανές φυγοκέντρισης που είναι απολύτως κλειστές έτσι ώστε η ιλύς να μην έρχεται καθόλου σε επαφή με το περιβάλλον. Στις μονάδες αυτές η ιλύς συμπυκνώνεται σε 4-6% σε στερεά με ταυτόχρονη αφαίρεση μέρους του υγρού που μέσω του δικτύου στραγγιδίων επιστρέφει στην είσοδο της εγκατάστασης. Η απαγωγή της παχυμένης ιλύος γίνεται μέσω αντλιών (προβλέπεται μια εφεδρική) ξηρού τύπου θετικού εκτοπίσματος και μεταβλητής παροχής προς τους χωνευτές.

Το σύστημα αυτό θεωρείται περιβαλλοντικά βέλτιστο διότι η διακίνηση της λάσπης γίνεται συνεχώς μέσα σε κλειστό σύστημα και ελαχιστοποιούνται οι οσμές.

#### **Αναερόβιοι χωνευτές**

Σκοπός της μονάδας χώνευσης είναι η αναερόβια σταθεροποίηση των οργανικών συστατικών της ιλύος (μόνο πρωτοβάθμιας ή μίγμα πρωτοβάθμιας και περίσσειας βιολογικής ιλύος) ώστε να είναι ακίνδυνη και χωρίς περιβαλλοντικές οχλήσεις.

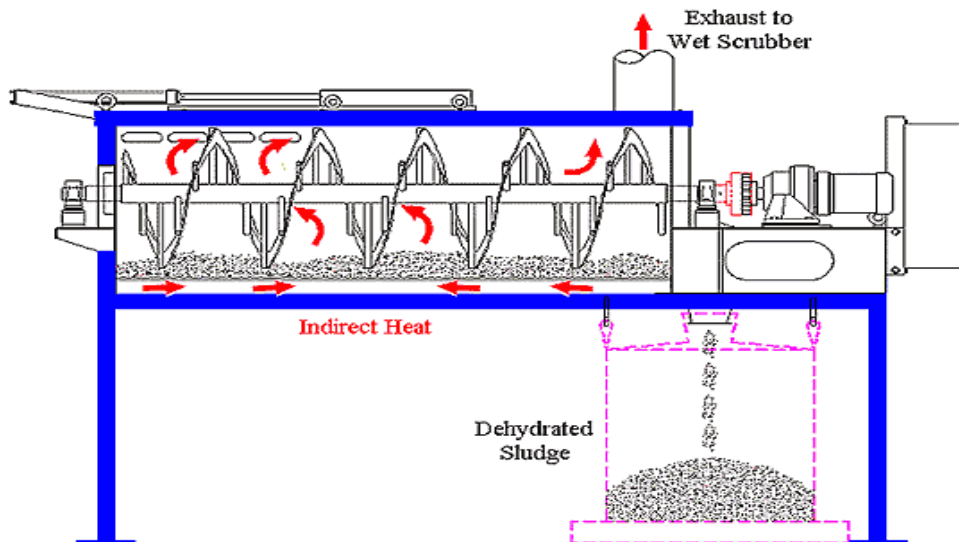
## Αφυδάτωση λάσπης

Η αφυδάτωση της λάσπης γίνεται συνήθως με έναν από τους ακόλουθους τρόπους:  
(Εικόνες 3.15, 3.16) , (Σχήμα 3.1)

- με μηχανικά μέσα
- με κλίνες ξήρανσης



Εικόνα 3.15. Ιλύς σε μηχανή ξήρανσης ([www.google.gr/images](http://www.google.gr/images))



Σχήμα 3.1. Σκαρίφημα μηχανής ξήρανσης σε τομή

( Hoffland Environmental Inc. 2009 )



Εικόνα 3.16. Ιλύς σε κλίνες ξήρανσης. (www.google.gr/images)

### 3.9. Απολύμανση

Η μονάδα απολύμανσης αποσκοπεί στη μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών που περιέχονται στα λύματα σε λιγότερο από 500cfu/100 ml που είναι το όριο που καθορίζουν οι εγκεκριμένοι περιβαλλοντικοί όροι.

Είναι το μοναδικό στάδιο στη επεξεργασία των αποβλήτων με αποκλειστικό σκοπό την καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών (μ/ο), αν και μερική απομάκρυνση ή καταστροφή τους γίνεται και στα άλλα στάδια επεξεργασίας.

Η περισσότερο διαδεδομένη και δοκιμασμένη μέθοδος απολύμανσης σε μια Εγκατάσταση Επεξεργασίας Αποβλήτων (Ε.Ε.Α.) με Παρατεταμένο Αερισμό (Π.Α.) είναι η χλωρίωση με υποχλωριώδες νάτριο. Παρά τα πολλά πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η χλωρίωση, έχει το βασικό μειονέκτημα της δυσμενούς επίδρασης του χλωρίου στο υδάτινο περιβάλλον που διοχετεύονται τα χλωριωμένα απόβλητα.

#### Δεξαμενή χλωρίωσης

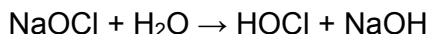
Η επαφή του NaOCl με τα λύματα γίνεται στη δεξαμενή χλωρίωσης ΔΧΛ που καλείται και δεξαμενή επαφής με τα απόβλητα, για να επιτυγχάνεται ο επιθυμητός βαθμός απομάκρυνσης των παθογόνων μικροοργανισμών (μ/ο). Το πιο συνηθισμένο απολυμαντικό μέσο είναι το υποχλωριώδες νάτριο (NaOCl).

Διατίθεται στο εμπόριο σε υγρή μορφή με περιεκτικότητα χλωρίου κατά βάρος μικρότερη από 15%. Ο τρόπος με τον οποίο το χλώριο που περιέχεται στο NaOCl καταστρέφει τους μ/ο δεν είναι απόλυτα εξακριβωμένος.

Για τα βακτηρίδια η πιο πιθανή εξήγηση είναι ότι το χλώριο διαπερνά την κυτταρική μεμβράνη τους και αδρανοποιεί ορισμένα ένζυμα που είναι απαραίτητα για τη ζωή τους.

Επειδή η αντίδραση χλωρίου – ενζύμων είναι αντιστρέψιμη σε χαμηλές συγκεντρώσεις χλωρίου, είναι δυνατόν τα ένζυμα να επανασχηματισθούν και να συνεχίσουν τη λειτουργία τους. Για τους ιούς και ορισμένους άλλους μ/ο η πιο πιθανή εξήγηση είναι ότι το χλώριο επιδρά κατευθείαν στα DNA και RNA του πυρήνα τους.

Η βασική, θεωρητική αντίδραση κατά τη διοχέτευση υποχλωριώδους νατρίου στο νερό είναι η ακόλουθη:



Το υποχλωριώδες νάτριο με το νερό σχηματίζει HOCl το οποίο είναι η βασικότερη μορφή του χλωρίου που δρα ως απολυμαντικό μέσο στη διαδικασία και το οποίο μπορεί να χαρακτηριστεί ως «ελεύθερο χλώριο».

Η επαφή του NaOCl με τα λύματα γίνεται στη δεξαμενή χλωρίωσης ΔΧΛ, που καλείται και δεξαμενή επαφής με τα απόβλητα, για να επιτυγχάνεται ο επιθυμητός βαθμός απομάκρυνσης των παθογόνων μ/ο. (Σχήμα 3.2)

Συνήθως για αστικά απόβλητα ο χρόνος παραμονής είναι ΘΔΧΛ = 20-30mins στην παροχή αιχμής. Η μέση συγκέντρωση του χλωρίου στη ΔΧΛ είναι ίση με 5-8mg/l. Η διοχέτευση του NaOCl γίνεται συνήθως στο φρεάτιο – είσοδο της ΔΧΛ όπου επιχειρείται η δημιουργία έντονης τύρβης για την επίτευξη θεωρητικά ακαριαίας ανάμειξης του NaOCl με τα απόβλητα. Οι ΔΧΛ έχουν συνήθως κάτοψη με μεγάλους λόγους μήκος : πλάτος, ώστε να επιτυγχάνεται σε αυτές ομοιόμορφη, παράλληλη ροή, που έχει διαπιστωθεί ότι επιδρά ευεργετικά στην απόδοση της χλωρίωσης.

Όταν μετά τη ΔΧΛ γίνεται η διάθεση των αποβλήτων σε υδάτινο αποδέκτη (π.χ. στη θάλασσα) με αγωγό μεγάλου μήκους, ο αγωγός αυτός προσφέρεται ιδιαίτερα για τη χλωρίωση (λόγω του είδους της ροής) με την προϋπόθεση ότι ο χρόνος διαδρομής των αποβλήτων στον αγωγό είναι μεγαλύτερος από τον χρόνο επαφής που απαιτείται. Στην αντίθετη περίπτωση κατασκευάζεται ΔΧΛ διαστασιολογημένη με τη διαφορά των δυο χρόνων.

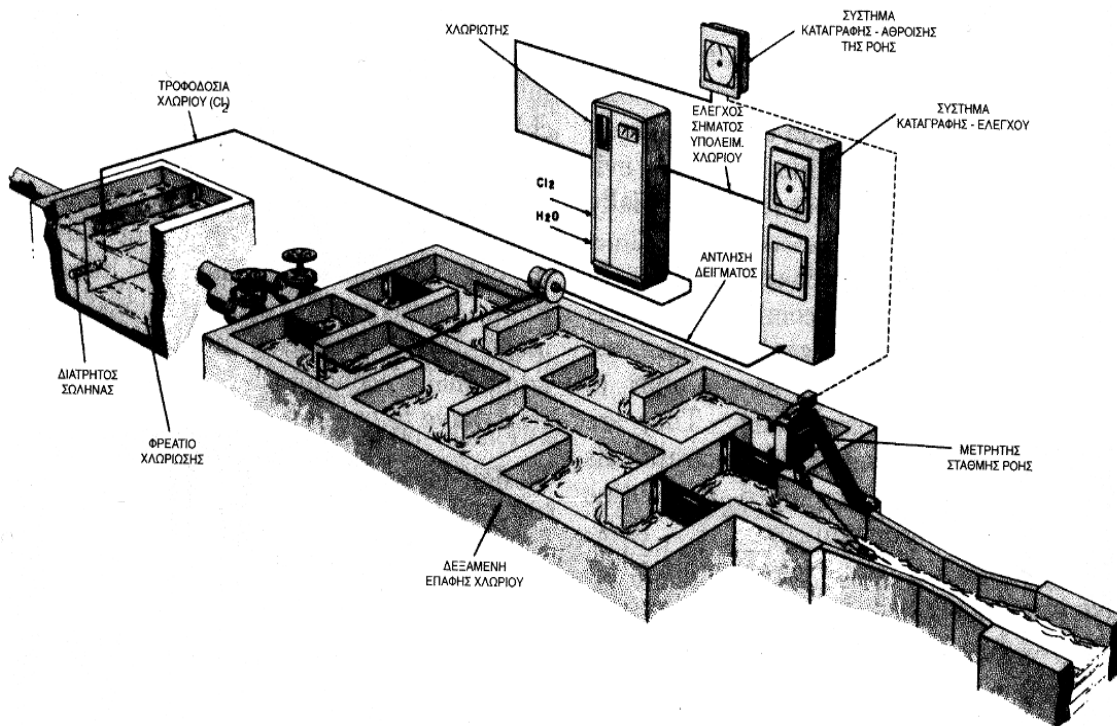
Η ταχύτητα ροής στη ΔΧΛ πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 2-4m/min για να μη γίνεται καθίζηση των αιωρούμενων στερεών. Παράλληλα, μπορεί να υπάρχει παρακαμπτήριο αγωγός ο οποίος επιτρέπει την εκκένωση της ΔΧΛ για τον καθαρισμό της από τα στερεά που καθίζησαν.

Οι αντιδράσεις της αποχλωρίωσης γίνονται σχεδόν ακαριαία κι έτσι δεν απαιτείται ιδιαίτερη δεξαμενή αποχλωρίωσης. Η αποχλωρίωση γίνεται με την τοπική διοχέτευση του διοξειδίου του θείου σε περιοχές (π.χ. φρεάτιο εκροής της ΔΧΛ) με ισχυρή ανάμειξη και χρόνο παραμονής στην παροχή αιχμής ίσο με 30-60secs.

Οι συνιστώμενες συγκεντρώσεις είναι συνήθως 1,0-1,6mg/l στη μέση παροχή και 2,0-5,0mg/l στην παροχή αιχμής.

Η διοχέτευση ποσοτήτων διοξειδίου του θείου, μεγαλύτερων από αυτές που απαιτούνται, οδηγούν σε κατανάλωση DO και κατά συνέπεια σε μείωση της συγκέντρωσής του, αύξηση του BOD και πτώση του PH των νερών του αποδέκτη.

Οι επιδράσεις αυτές είναι ανεπιθύμητες και μπορεί να αποφευχθούν με τον κατάλληλο έλεγχο του συστήματος αποχλωρίωσης.



**Σχήμα 3.2.** Σκαρίφημα διεργασιών χλωρίωσης υγρών αποβλήτων, *Στάμου, Α.Ι. (1990)*

Η αποτελεσματικότητα της απολύμανσης εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, κυριότερες από τις οποίες είναι: το είδος, η δόση και ο χρόνος επαφής του απολυμαντικού, ο τύπος και η φυσιολογική κατάσταση του μικροοργανισμού (πρωτόζωα, βακτήρια, ιοί), το pH, η θερμοκρασία, η θολότητα και η διαλυμένη οργανική ύλη. Η πιο συνηθισμένη μέθοδος απολύμανσης των υγρών αποβλήτων στη χώρα μας είναι η χλωρίωση και η πιο σημαντική παράμετρος κατά τη χλωρίωση είναι ο χρόνος επαφής των αποβλήτων με το χλώριο. Το σύστημα της χλωρίωσης σχεδιάζεται ώστε να εξασφαλίζεται ότι το 90 – 95 % περίπου της μάζας των υγρών αποβλήτων παραμένει στη δεξαμενή η οποία είναι μαιανδρικού τύπου για τουλάχιστον 30 – 40 λεπτά.

Η δόση του χλωρίου που απαιτείται για επιτυχή απολύμανση είναι συνάρτηση της αρχικής απαίτησης χλωρίου, της εξασθένησής του κατά τον χρόνο επαφής και της απαιτούμενης συγκέντρωσης του υπολειπόμενου χλωρίου το οποίο θα επιτελέσει το έργο της απολύμανσης. Οι τυπικές τιμές της αρχικής απαίτησης χλωρίου για διάφορους τύπους αστικών υγρών αποβλήτων οι οποίοι βασίζονται σε χρόνο επαφής 15 – 30 λεπτά είναι οι εξής: μετά από πρωτοβάθμια επεξεργασία 10 – 25 mg/l μετά από βιολογική επεξεργασία (μέθοδος ενεργού ιλύος) 5 – 10 mg/l μετά από διήθηση της εκροής (μέθοδος ενεργού ιλύος) 5 – 8 mg/l μετά από απονιτροποίηση (μέθοδος ενεργού ιλύος) 5 – 8 mg/l μετά από βιολογική επεξεργασία (χαλικοδιυλιστήρια) 5 – 15 mg/l. Οι τυπικές τιμές για την εξασθένηση του χλωρίου και χρόνο επαφής περίπου 60 λεπτά είναι 2 – 5 mg/l. (Εικόνες 3.19, 3.20)





Εικόνα 3.19. Δεξαμενή χλωρίωσης. ([www.google.gr/images](http://www.google.gr/images))



Εικόνα 3.20. Δεξαμενή χλωρίωσης. ([www.google.gr/images](http://www.google.gr/images))

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΙΛΥΟΣ**

#### **4.1. Συμπύκνωση**

Ανεξάρτητα από τον τελικό προορισμό της ιλύος υπάρχει πάντοτε ενδιαφέρον να εργαζόμαστε σε σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις της τάξης του 5-6%. Στην περίπτωση μιας αναερόβιας χώνευσης η ελάχιστη συγκέντρωση κατά την τροφοδότηση δεν θα πρέπει να είναι κατώτερη από 4-5%, εξάλλου δεν ενδείκνυται η υπέρβαση κατά μέγιστο του ορίου του 10% ώστε να αποφύγουμε τις δυσκολίες στην ανάδευση, τη θέρμανση και τη μεταφορά της ιλύος. Η απευθείας απαγωγή από την πρωτοβάθμια καθίζηση ανάμικτης ιλύος (πρωτοβάθμια και ενεργό) σε σταθερή αναλογία δεν επιτρέπει την επίτευξη συγκεντρώσεων μεγαλύτερων από 5% υπό συνεχές καθεστώς. Αυτό είναι και το σχήμα επεξεργασίας που υιοθετείται στην Ε.Ε.Λ. που παρουσιάζουμε.

Η συμπύκνωση της νωπής ιλύος αν δεν οδηγεί σε συνθήκες σήψης και σε μια σημαντική πτώση του pH λόγω επικράτησης αναερόβιων συνθηκών συνεισφέρει στην καλή λειτουργία της χώνευσης. Με τον τρόπο αυτό αυξάνει ο χρόνος παραμονής της ιλύος σε ένα χωνευτή καθορισμένου όγκου ή στη φάση του σχεδιασμού επιτρέπει την επιλογή μικρότερου όγκου για τον χωνευτή προκειμένου να επιτευχθεί συγκεκριμένος χρόνος παραμονής της ιλύος.

Η απαγωγή εξάλλου μόνο πρωτοβάθμιας ιλύος οδηγεί στην επίτευξη υψηλότερων συγκεντρώσεων οι οποίες όμως δημιουργούν προβλήματα στην απαγωγή και την άντλησή της καθώς ο τύπος αυτός της ιλύος είναι λιγότερο υδαρής από την ανάμικτη ιλύ. Η παραγωγή πρωτοβάθμιων στερεών υπολογίζεται για βαθμό απομάκρυνσης στερεών S.S. ίσο με 60% για τα αστικά λύματα και 80% για τα βοθρολύματα. Η παραγωγή των στερεών από την βιολογική επεξεργασία προκύπτει από την ισορροπία στερεών στο σύστημα της βιολογικής επεξεργασίας θεωρώντας ότι το σύνολο των πτητικών στερεών είναι βιοδιασπώμενο.

Η παροχή ιλύος από την δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης προς τον παχυντή με ποσοστό στερεών 1% είναι ίση με  $275\text{m}^3/\text{hr}$  και διοχετεύεται με δύο καταθλιπτικούς αγωγούς Φ100.

Πλεονεκτήματα συμπύκνωσης.

- Η λειτουργία της πρωτοβάθμιας καθίζησης είναι αρκετά απλή αφού η ιλύς απάγεται με χαμηλή συγκέντρωση, στο μέτρο που αποτίθεται.
- Δυνατότητα αποθήκευσης στους στατικούς συμπυκνωτές
- Υψηλές συγκεντρώσεις ιλύος.
- Δυνατότητα διαχωρισμού της πρωτοβάθμιας ιλύος από την ενεργό για την συμπύκνωσή τους με περισσότερο ενδεδειγμένα συστήματα

Η ξεχωριστή συμπίκνωση επιτρέπει την επίτευξη μεγαλύτερων συγκεντρώσεων κατά τρόπο περισσότερο σταθερό από ότι σε ένα συνδυασμένο σύστημα, για παράδειγμα, με ιλύ κατά 55 - 60% πρωτοβάθμια, μια συμπίκνωση επιτρέπει να επιτύχουμε ποσοστά 5 - 5,5% κατά μέγιστο. Παρόλα τα προβλήματα ζύμωσης, η στατική συμπίκνωση είναι το μόνο σύστημα που ταιριάζει σε αυτό τον τύπο ιλύος. Ο σχεδιασμός έχει γίνει με βάση τα 40Kg/m<sup>2</sup>\*day.

Το σύστημα ενεργού ιλύος αποτελεί το πιο διαδεδομένο και αποτελεσματικό σύστημα βιολογικής επεξεργασίας αστικών λυμάτων. Η εκτεταμένη ανάπτυξη κι εφαρμογή του συστήματος οφείλεται στην οικονομία του και στην εξασφάλιση εκροής υψηλής ποιότητας. Σημαντικό κεφάλαιο στην ιστορική εξέλιξη του σχεδιασμού συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων, αποτέλεσε η χρήση ανοξικών και αναερόβιων αντιδραστήρων για τη βιολογική απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου, χωρίς τη χρήση χημικών.

Η απόδοση μίας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ) με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος εξαρτάται άμεσα από την ικανότητα της δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης να επιτρέπει την ταχεία καθίζηση της εισερχόμενης σε αυτή βιομάζας και τον διαχωρισμό της από τα επεξεργασμένα λύματα (διαύγαση). Καθοριστικό ρόλο παίζει επίσης και η επαρκής συμπίκνωση της βιομάζας, έτσι ώστε να είναι αποτελεσματική και οικονομική η επανακυκλοφορία της. Τόσο η ταχύτητα καθίζησης της βιομάζας όσο και ο βαθμός συμπίκνωσής της, εξαρτώνται από τη φύση των βιοκροκίδων.

Τα προβλήματα διαχωρισμού των στερεών από τα υπερκείμενα επεξεργασμένα λύματα στη δεξαμενή τελικής καθίζησης μπορούν να χωρισθούν, ανάλογα με το αίτιο που τα προκαλεί, σε αυτά που οφείλονται σε ανεπάρκεια ή υπερανάπτυξη εξωκυτταρικών πολυμερών και σε εκείνα που οφείλονται σε υπερβολική ανάπτυξη νηματοειδών μικροοργανισμών. Η υπερβολική ανάπτυξη μίας ομάδας βακτηριδίων που ονομάζονται νηματοειδή, είναι πιθανό να δημιουργήσει σημαντικά λειτουργικά προβλήματα σε συστήματα ενεργού ιλύος.

Το σημαντικότερο από αυτά τα προβλήματα είναι η διόγκωση της ιλύος, η παραγωγή δηλαδή ιλύος που καθιζάνει με αργούς ρυθμούς και παρουσιάζει μικρή συμπίκνωση. Συχνά όμως παρουσιάζεται και το εξίσου σοβαρό πρόβλημα της δημιουργίας ενός μεγάλου στρώματος βιολογικού αφρού στην επιφάνεια των δεξαμενών αερισμού. Η δημιουργία αφρού, η οποία οφείλεται στα υδροφοβικά χαρακτηριστικά της κυτταρικής μεμβράνης, μπορεί να οδηγήσει σε σωρεία λειτουργικών προβλημάτων, όπως δυσκολία ελέγχου του χρόνου παραμονής λόγω παγίδευσης των στερεών στο στρώμα του αφρού, προβλήματα αισθητικής και οσμών λόγω πιθανής διαφυγής του αφρού εκτός των μονάδων και φυσικά ακόμα και αστοχία της εγκατάστασης λόγω διαφυγής των στερεών από τη δεξαμενή τελικής καθίζησης στην τελική εκροή. Τα δύο αυτά φαινόμενα αποτελούν και το σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει μεγάλο ποσοστό των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων παγκοσμίως (40-50%).

## 4.2. Χώνευση ιλύος

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου της αναερόβιας χώνευσης για την επεξεργασία των στερεών που παράγονται κατά την επεξεργασία των λυμάτων είναι τα ακόλουθα:

- Παραγωγή ιλύος που δεν αποδίδει δυσοσμία και είναι υποθηκεύσιμη ακόμη και σε υγρή μορφή.
- Σημαντική μείωση του περιεχομένου σε οργανικά υλικά (από 45-55%) χωρίς σημαντική κατανάλωση ενέργειας.
- Μείωση της τάξης του 1/3 της συνολικής μάζας της ιλύος με αντίστοιχη οικονομία στην κατανάλωση αντιδραστηρίων που ρυθμίζουν την τελική επεξεργασία και στα έξοδα απομάκρυνσης ή αποτέφρωσης.
- Παραγωγή υποθηκεύσιμης ενέργειας (βιοαέριο).
- Σημαντικός όγκος έργων που εξισορροπούν την παραγωγή ιλύος από τις δεξαμενές καθίζησης και την παραγωγή αφυδατωμένης ιλύος.

## 4.3. Αρχή χώνευσης

Η αναερόβια χώνευση της ιλύος είναι βιολογική διαδικασία που επιτρέπει σημαντική μείωση του οργανικού φορτίου μέσω βακτηριακής ζύμωσης που παράγει μεθάνιο. Η μεθανική ζύμωση είναι διαδικασία αργή αλλά δυναμική που απαιτεί την τήρηση ορισμένων συνθηκών θερμοκρασίας, συγκέντρωσης ουσιών και φυσικοχημικών ισορροπιών.

Κατά την αναερόβια χώνευση αναπτύσσονται δύο στάδια μετατροπών που ισορροπούν:

- Στάδιο ρευστοποίησης : Κατά την φάση αυτή λαμβάνει χώρα η υδρόλυση του οργανικού υλικού χάρις στα εξωκυτταρικά ένζυμα που παράγονται από τα βακτηρίδια που φυσιολογικά υπάρχουν στην νωπή ιλύ. Η υδρόλυση των λιπών οδηγεί στην παραγωγή λιπαρών οξέων (οξικό, προπιονικό, βουτυρικό), η υδρόλυση των πρωτεϊνών στην παραγωγή αμινοξέων και τελικά λιπαρών και αμμωνιακών οξέων και τελικά η υδρόλυση των λιπιδίων στην παραγωγή αλκοολών.
- Στάδιο αεριοποίησης (μεθανική ζύμωση) : Στο στάδιο αυτό μετά την μετατροπή των πτητικών οξέων και των αλκοολών σε οξικό οξύ παράγεται μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα.

Το στάδιο της ρευστοποίησης χαρακτηρίζεται για την μείωση του pH λόγω της παραγωγής οξέων ενώ κατά το επόμενο στάδιο τείνουν να επικρατήσουν αλκαλικές συνθήκες λόγω σχηματισμού δισσάνθρακικών ιόντων και παραγωγής αμμωνίας από την αποσύνθεση των πρωτεϊνικών συστατικών. Τα μεθανικά βακτήρια είναι ευαίσθητα στις μεταβολές του pH, γι' αυτό πρέπει κατά την αναερόβια χώνευση να διατηρούμε την τιμή του pH στην περιοχή του 7 ελέγχοντας την περιεκτικότητα του αντιδραστήρα σε πτητικά οξέα, για το λόγο αυτό διατηρείται πάντοτε στον χωνευτή μια σημαντική ποσότητα χωνευμένης ιλύος ώστε η ύπαρξη των μεθανικών μικροοργανισμών να εξουδετερώνουν τα πτητικά οξέα που παράγονται από τη φυσική οξική ζύμωση της ιλύος.

Κατά τη διάρκεια της χώνευσης εφόσον αποκατασταθούν μόνιμες συνθήκες, τα περισσότερα τυπικά στοιχεία εν διαλύσει είναι το οξικό οξύ, η αμμωνία και το οξικό αμμώνιο.

Υπάρχουν δύο μεγάλες τάξεις μεθανικών βακτηριδίων με τα διαστήματα θερμοκρασίας όπου εμφανίζουν την βέλτιστη ανάπτυξη να είναι αισθητά διαφορετικά: 33 - 35 °C τα μεσόφιλα βακτηρίδια και 50 - 60 °C τα θερμοφιλα βακτηρίδια.

Η θερμοφιλή χώνευση επιτρέπει μια μείωση των χρόνων παραμονής αλλά το κύριο πλεονέκτημά της εντοπίζεται στην καλύτερη δομή της χωνευμένης ιλύος που μπορεί να αφυδατωθεί πιο εύκολα καθώς αποτελείται από μόρια μεγαλύτερων διαστάσεων. Ωστόσο το κύριο μειονέκτημα εντοπίζεται στα μεγαλύτερα έξοδα θέρμανσης και στην μεγάλη ευαισθησία στις αλλαγές θερμοκρασίας για αυτό τον λόγο η μεσόφιλη χώνευση είναι η ευρύτερα χρησιμοποιούμενη μέθοδος.

Κατά καιρούς έχουν εφαρμοσθεί διάφορες τεχνικές αναερόβιας χώνευσης που διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Την μη θερμαινόμενη χώνευση
- Την θερμαινόμενη χώνευση υψηλής φόρτισης ή μέσης φόρτισης

Στην πρώτη κατηγορία πραγματοποιείται ταυτόχρονα καθίζηση της ιλύος και χώνευση των ζυμώσιμων συστατικών αυτής. Οι απαραίτητοι χρόνοι παραμονής σε συστήματα αυτού του είδους είναι της τάξης των 100 ημερών και η ευαισθησία στις θερμοκρασιακές μεταβολές εξηγεί και την αποτυχία τους. Η δραστηριότητα των μεθανικών βακτηριδίων είναι αρκετά μικρή και εξαρτάται άμεσα από την θερμοκρασία της ιλύος.

Στη χώνευση με μέση φόρτιση πραγματοποιείται ταυτόχρονα χώνευση της ιλύος και μερική συμπύκνωση αυτής. Για το λόγο αυτό το αντιδρών μίγμα δεν ανακατεύεται στο σύνολό του ενώ θερμαίνεται κάτω από την μεσόφιλη περιοχή ώστε να μην προκαλείται σημαντική απελευθέρωση αερίου που θα επιβραδύνει την καθίζηση της σταθεροποιημένης ιλύος. Η μέση φόρτιση επιτυγχάνεται με ανάμιξη της νωπής ιλύος και μέρους της χωνευμένης ιλύος που λαμβάνεται από την υπερχείλιση του χωνευτή. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι η φόρτιση στερεών του συστήματος είναι της τάξης των 0,8-1Kg VS/m<sup>3</sup>day και οι χρόνοι παραμονής 30-40 ημέρες.

Η θερμαινόμενη χώνευση με υψηλή φόρτιση επιτυγχάνει την μέγιστη ταχύτητα του φαινομένου. Οι συνθήκες της χώνευσης εν προκειμένω εξασφαλίζουν μέγιστη ταχύτητα μείωσης του οργανικού φορτίου και εντατική αεριοποίηση. Η θερμοκρασία λειτουργίας είναι η μέγιστη δυνατή (35°C), δεν πραγματοποιείται καμία συμπύκνωση της ιλύος παράλληλα με τη χώνευση αυτής και οι φορτίσεις που επιτυγχάνονται 2-2,5 KgVS/m<sup>3</sup>day. Ο χρόνος χώνευσης μειώνεται στο διάστημα 15-20 ημερών. Κατά το σχήμα αυτό χρησιμοποιούνται δύο χωνευτές πρωτοβάθμιος και δευτεροβάθμιος.

Ο πρώτος αναδεύεται ισχυρά και θερμαίνεται τακτικά εξασφαλίζοντας την επιθυμητή απόδοση του συστήματος ενώ ο δεύτερος:

- Επιτρέπει μια ενδιάμεση αποθήκευση.
- Τερματίζει την διαδικασία της χώνευσης.
- Εξασφαλίζει μια ορισμένη συμπίκνωση ιλύος όταν αυτό είναι εφικτό.

Η απόδοση της χώνευσης, εκτιμάται από δύο κύριες παραμέτρους:

- Μείωση περιεκτικότητας σε πτητικά υλικά.
- Παραγωγή αερίου.

Όσον αφορά στη μείωση της περιεκτικότητας της νωπής ιλύος σε πτητικά αυτή αναμένεται να είναι τόσο σημαντικότερη όσο υψηλότερη είναι η αρχική περιεκτικότητα σε οργανικά υλικά της νωπής ιλύος. Ποσοστά μείωσης από 45-55% συναντώνται αρκετά συχνά, και η απάλειψη των ουσιών αυτών είναι 2-3 φορές μεγαλύτερη από εκείνη που επιτυγχάνεται με αερόβια σταθεροποίηση.

Εξάλλου η παραγωγή αερίου είναι το πιο βέβαιο κριτήριο καλής λειτουργίας της χώνευσης. Μια σταθεροποιημένη χώνευση οδηγεί στην παραγωγή ενός αερίου που περιέχει κατά κύριο λόγο μεθάνιο (περίπου 65%) και διοξείδιο του άνθρακα (περίπου 35%) και μικρές ποσότητες αζώτου, αιθυλενίου και άλλων υδρογονανθράκων καθώς και υδρόθειου το οποίο είναι ο κύριος υπεύθυνος για ενδεχόμενες διαβρώσεις.

Για τον λόγο αυτό περιορίζεται στο ελάχιστο η χρήση μεταλλικών κατασκευών στην ατμόσφαιρα υγροποιημένου βιοαερίου κοντά στην επιφάνεια της ιλύος. Στο ξεκίνημα της χώνευσης η περιεκτικότητα του αερίου σε διοξείδιο του άνθρακα είναι σημαντικά μεγαλύτερη από την κανονική, φαινόμενο που παρατηρείται και κατά την επάνοδο του χωνευτή σε οξικές συνθήκες. Η θερμαντική ικανότητα εξάλλου του παραγόμενου βιοαερίου της χώνευσης κυμαίνεται μεταξύ 5.000-6.000 Kcal/m<sup>3</sup>.

#### 4.4. Μορφή και ανάδευση χωνευτών

Ο τύπος του χωνευτή που χρησιμοποιείται στην Ε.Ε.Λ. είναι ο πεπλατυσμένος με ανάδευση από αέριο που εγχέεται υπό πίεση στο εσωτερικό του αντιδραστήρα. Στους αντιδραστήρες αυτού του τύπου η κεντρική έγχυση αερίου στο επίπεδο του δαπέδου εξασφαλίζει την καλή κυκλοφορία της ιλύος. Για τον λόγο αυτό η επιθυμητή σχέση μεταξύ διαμέτρων και ύψους είναι περίπου:

$$\text{Διάμετρος} = 2 * \text{Ύψος}$$

Εν τούτοις χωρίς να διαταραχθεί η ανακύκλωση μια μορφή περισσότερο πεπλατυσμένη μπορεί να χρησιμοποιηθεί και περιοριζόμαστε στη σχέση:

$$\text{Διάμετρος} = \text{Ύψος}$$

Η εκλογή της ακριβούς σχέσης μεταξύ ύψους – διαμέτρου καθορίζεται κυρίως από την ανάγκη για την βελτιστοποίηση των έργων πολιτικού μηχανικού παρά από προβλήματα υδραυλικής της ανάδευσης. Στην περίπτωση της ΕΕΛ που εξετάζουμε ο επιλεγείς λόγος είναι ίσος με 2:1.

Ειδικότερα όσον αφορά στον τρόπο λειτουργίας της ανάδευσης, το αέριο που αναρροφάται από τον χωνευτή συμπιέζεται και στη συνέχεια εγχέεται στο κέντρο της δεξαμενής. Η παροχή είναι της τάξης των  $0,8-1 \text{ m}^3 / \text{m}^2_{\text{ελ.επ.}} \cdot \text{hr}$ .

Μια κεντρική στεφάνη στη σκεπή του χωνευτή τροφοδοτεί ένα ορισμένο αριθμό σωλήνων έγχυσης που βυθίζονται στο βάθος της κατασκευής και διατάσσονται κυκλικά έτσι ώστε να έχουμε μια ζώνη ανάμιξης ικανοποιητικών διαστάσεων. Κάθε σωλήνας είναι εξοπλισμένος με ένα μετρητή παροχής και με μια συσκευή έγχυσης νερού υπό πίεση. Μετρήσεις με ιχνηθέτες που πραγματοποιήθηκαν σε χωνευτές  $11.800\text{m}^3$  απέδειξαν ότι ένα τέτοιο σύστημα ανάδευσης επιτρέπει πλήρη αναμόχλευση της ιλύος σε 17 λεπτά περίπου.

#### 4.5. Θέρμανση

Η πιο σίγουρη τεχνική που ακολουθείται και στην περίπτωση που εξετάζουμε, είναι αυτή της χρήσης των εξωτερικών εναλλακτών θερμότητας. Αυτή αποτελεί την ενδεδειγμένη λύση διότι η χρήση εσωτερικών εναλλακτών συνεπάγεται την δυσκολία συντήρησης του δικτύου τους και τη μείωση της ικανότητας ανάδευσης στο εσωτερικό του αντιδραστήρα. Επίσης η χρήση άμεσης θέρμανσης με ατμό δεν είναι επιθυμητή καθώς δεν επιτυγχάνεται ομοιόμορφη θέρμανση με δημιουργία πολύ θερμών ζωνών και εξαιτίας της ρύπανσης των σωλήνων έγχυσης του ατμού. Το κύκλωμα των εναλλακτών αποτελείται από:

- Ένα λέβητα ζεστού νερού
- Ένα κύκλωμα θέρμανσης με κινητήρες που τροφοδοτούνται με το αέριο της χώνευσης.

Η τροφοδοσία του νερού θέρμανσης της διάταξης χαρακτηρίζεται από θερμοκρασίες της τάξης των  $65-80^\circ\text{C}$  ενώ οι συντελεστές μεταφοράς θερμότητας είναι της τάξης των  $1000 \text{ Kcal/m}^2 \text{ hr} \cdot ^\circ\text{C}$ . Η εγκατάσταση της θέρμανσης είναι υπολογισμένη ώστε να καλύπτει τις εξωτερικές θερμικές απώλειες των χωνευτών και να παρέχει τις απαραίτητες θερμίδες για την προθέρμανση της νωπής ιλύος. Οι εξωτερικοί εναλλάκτες είναι απόλυτα επισκέψιμοι και αποσυναρμολογίσιμοι ενώ το κύκλωμα ζεστού νερού είναι κλειστό και δεν έχει ανάγκη από συντήρηση.

#### 4.6. Χαρακτηριστικά χωνευμένης ιλύος

Η νωπή ιλύς των αστικών λυμάτων έχει φαιό χρώμα που οφείλεται σε κοπρώδη υλικά, λίπη, ζυμώσιμα υλικά σε σήψη και είναι δύσοσμη. Η ιλύς όμως που έχει υποστεί επαρκή χώνευση έχει μαύρο χρώμα εξαιτίας του θειούχου σιδήρου που προέρχεται από τη μείωση του οργανικού θείου και των θειούχων. Πρακτικά δεν μπορούμε να ξεχωρίσουμε τα αρχικά στοιχεία εκτός από τρίχες και ορισμένους κόκκους ενώ το μεγαλύτερο μέρος των παθογόνων μικροβίων έχει εξαλειφθεί. Το ιξώδες της ιλύος αυτής είναι μειωμένο και η φυσική της αποστράγγιση αισθητά βελτιωμένη σε σχέση με αυτή της νωπής ιλύος

#### 4.7. Συμπύκνωση χωνευμένης ιλύος.

Η συμπύκνωση της χωνευμένης ιλύος στα πλαίσια της διαδικασίας χώνευσης αν δεν πραγματοποιείται με βάση σημαντικούς χρόνους παραμονής είναι συχνά αρκετά προβληματική για την απόδοση της εγκατάστασης. Η επιστροφή των υπερχειλίσεων από μια τέτοια εγκατάσταση συμπύκνωσης της χωνευμένης ιλύος μπορεί να δημιουργήσει μεγαλύτερο πρόβλημα από την υπερχειλίση μιας δεξαμενής διαχωρισμού δευτεροβάθμιας-πρωτοβάθμιας ιλύος που μπορεί να έχει προβλεφθεί και λειτουργεί σωστά. Αντίθετα ένας συμπυκνωτής χωνευμένης ιλύος πρακτικά δεν απελευθερώνει καμία δυσάρεστη οσμή φαινόμενο που παρατηρείται στις διατάξεις συμπύκνωσης της νωπής ιλύος.

Μετά την κατανάλωση του 50% σχεδόν των οργανικών υλικών που περιέχονται στη χωνευόμενη ιλύ, η χωνευμένη ιλύς παρουσιάζει συγκεντρώσεις της τάξης των 2/3 αυτών της νωπής ιλύος. Η συμπύκνωση που μπορεί να επιτευχθεί στο προϊόν της χώνευσης εξαρτάται εκτός από τον χρόνο παραμονής και από την αναλογία της ενεργού ιλύος στην νωπή ιλύ. Αντίθετα προκρίνεται η λύση της αποθήκευσης της χωνευμένης ιλύος στην μονάδα της δευτεροβάθμιας χώνευσης ακολουθούμενη από μηχανική αφυδάτωση αυτής.

#### 4.8. Παραγωγή & αποθήκευση αερίου

Η παραγωγή αερίου μπορεί να εκτιμηθεί σε 980-1.000 lt/kg χωνευμένων αιωρούμενων ουσιών και η αποθήκευσή του κρίνεται απαραίτητη καθώς απαιτείται αντιστάθμιση των διακυμάνσεων παραγωγής του κατά την διάρκεια μιας ημέρας, καθώς η τροφοδοσία της νωπής ιλύος είναι μεταβλητή. Η αποθήκευση πραγματοποιείται σε αεριομετρικό κώδωνα που επικοινωνεί με τους χωνευτές υπό πίεση 20 εκατοστών στήλης ύδατος.

#### 4.9. Ενδεικτική διαστασιολόγηση & γεωμετρικά χαρακτηριστικά συστήματος χώνευσης ( ΕΕΔΣΑ – Ελληνική Εταιρία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων )

Ας θεωρήσουμε δύο πρωτοβάθμιους χωνευτές διαμέτρου 12,9m ο κάθε ένας και ωφέλιμου όγκου 900m<sup>3</sup>. Ο χρόνος χώνευσης είναι ίσος με 900/48=18,75 ημέρες και το φορτίο των πτητικών αιωρούμενων στερεών ίσο με: 2.062/900=2,29 Kg/m<sup>3</sup>. Εκτός από τους πρωτοβάθμιους χωνευτές βρίσκεται εγκατεστημένος και δευτεροβάθμιος χωνευτής στον οποίο οδηγείται η χωνευμένη ιλύς διαμέτρου 10,2m και όγκου 500m<sup>3</sup>.



Για την θέρμανση των χωνευτών χρησιμοποιούνται δύο λέβητες θερμικής ισχύος 110.000 Kcal/h ο κάθε ένας και σωληνωτοί εναλλάκτες θερμότητας (ένας ανά δεξαμενή πρωτοβάθμιας χώνευσης). Η επιλογή της ισχύος των λεβήτων γίνεται κατόπιν υπολογισμού της απαιτούμενης παροχής θερμότητας για την θέρμανση της ιλύος και την αναπλήρωση των σχετικών απωλειών με την εφαρμογή της βασικής σχέσης της θερμοδομετρίας:

$$Q=U \cdot A \cdot (T_i - T_{\pi})$$

Όπου:  $T_i$  η θερμοκρασία της ιλύος ίση με 33 °C (μεσόφιλη περιοχή)  $T_{\pi}$  η θερμοκρασία περιβάλλοντος, ελάχιστη δεκαπενθήμερη η οποία για τον αέρα είναι ίση με 5,1 °C, για το έδαφος 3 °C και για την θερμασμένη ιλύ 12 °C.

Ο σταθμισμένος συντελεστής μεταφοράς θερμότητας  $U$  συνυπολογίζει μια σειρά από αντιστάσεις προς το περιβάλλον του χωνευτή με:

$$U=1/(R_i + R_e + (X_{\sigma}/K_{\sigma}) + (X_{\mu}/K_{\mu}))$$

$R_i, R_e$  θερμικές αντιστάσεις εισόδου και εξόδου αντίστοιχα

$R_i=0$  για εσωτερική βρεχόμενη επιφάνεια και  $R_i=0,15 \text{ m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C/Watt}$  για μη βρεχόμενη επιφάνεια.

$R_e=0,03 \text{ m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C/Watt}$  προς την ατμόσφαιρα και 2,5 προς σχετικά ξηρό έδαφος.

$K$  : θερμική αγωγιμότητα σκυροδέματος ίση με 1,7 Watt/ m °C

$K_{\mu}$  : θερμική αγωγιμότητα μονωτικού στρώματος ίση με 0,04 Watt/m °C για υαλοβάμβακα και 0,02 Watt/m °C για πολυουρεθάνη

$X_{\sigma}$  : πάχος σκυροδέματος 0,2m,  $X_{\mu}$  πάχος μονωτικού υλικού ίσο με 0,05m για τον υαλοβάμβακα και 0,02m για την πολυουρεθάνη

Με βάση τα παραπάνω προκύπτει για τους δύο χωνευτές σύνολο απωλειών: 420.500 Kcal/day ενώ για την θέρμανση της ιλύος  $96 \text{ m}^3/\text{day} = (2 \cdot 48 \text{ m}^3/\text{day} \cdot \text{line})$  απαιτείται ποσό θερμότητας: 2.016.000 Kcal/day. Τέλος υπολογίζονται απώλειες κατά την μεταφορά ύψους 60.100 Kcal/day. Αθροίζοντας τις επιμέρους απώλειες προκύπτει τιμή ίση με 2.496.600 Kcal/day ή 104.025 Kcal/day.

Ο κάθε λέβητας θερμικής ισχύος 110.000 Kcal/day επαρκεί για να καλύψει τις ανάγκες της χώνευσης. Η μέση ημερήσια παραγωγή αερίου για τους δύο χωνευτές είναι:  $2.062 \text{ KgVSS}/\text{day} \cdot 1 \text{ m}^3/\text{KgVSS} = 2.062 \text{ m}^3/\text{day} = (86 \text{ m}^3/\text{hr})$  και η θερμική του ικανότητα ανέρχεται σε:  $2.062 \cdot 5.500 = 11.341.000 \text{ Kcal}/\text{day}$  δηλαδή πολλαπλάσια της απαιτούμενης για θέρμανση των χωνευτών. Χρησιμοποιείται συνεπώς δαυλός που μπορεί να καίει τουλάχιστον 86  $\text{m}^3/\text{hr}$  άρα δαυλός των 100  $\text{m}^3/\text{hr}$ . Στο υπάρχον σύστημα εναλλακτών η ιλύς κάθε πρωτοβάθμιας δεξαμενής χώνευσης επανακυκλοφορεί και αναθερμαίνεται σε διάταξη αποτελούμενη από ομοαξονικούς σωλήνες. Στον κεντρικό σωλήνα κυκλοφορεί η ιλύς ενώ στον εξωτερικό (δακτυλιωτό μέρος εναλλάκτη) κυκλοφορεί το νερό θέρμανσης κατά αντιρροή.

Τέλος η αποθήκευση του βιοαερίου πραγματοποιείται σε αεροφυλάκιο ωφέλιμου όγκου  $200\text{m}^3$  και η καύση της περίσσειας αυτού γίνεται σε δαυλό δυναμικότητας  $100\text{m}^3/\text{hr}$ .

#### 4.10. Μηχανική αφυδάτωση ιλύος

Η εγκατάσταση της μηχανικής αφυδάτωσης ιλύος τοποθετείται σε ένα κλειστό κτίριο που περιλαμβάνει τον αφυδατωτή (PressDeg), τον χώρο φύλαξης των κροκιδωτικών αντιδραστηρίων, την αντλία τροφοδοσίας αυτών και τον ηλεκτρικό πίνακα ελέγχου. Επίσης στον ίδιο χώρο περιλαμβάνονται μια τροφοδοσία με νερό υπό πίεση 4 έως 6 bar για το πλύσιμο των φίλτρων και την προετοιμασία του διαλύματος του πολυηλεκτρολύτη,

( $5\text{m}^3/\text{ώρα}/\text{μέτρο}$  πλάτους φίλτρου), μια τροφοδοσία πεπιεσμένου αέρα για τους ρυθμιστές υπό πίεση 7 bars, με μέγιστη παροχή  $8\text{m}^3/\text{hr}$  και ένα σύστημα απομάκρυνσης του αποξηραμένου πολτού με μεταφορικό ιμάντα σε παρακείμενο χώρο αποθήκευσης. Η λειτουργία του μηχανικού αφυδατωτή περιγράφεται σε γενικές γραμμές ως εξής:

Η ιλύς εισάγεται με το κροκιδωτικό σε αναμίκτη που είναι εξοπλισμένος με αναδευτήρα και στη συνέχεια διοχετεύεται σε ένα πρώτο φίλτρο στη ζώνη απόσταξης. Κατά την πορεία της ιλύος στη ζώνη αυτή η ιλύς σαρώνεται από χτένια και διαμοιράζεται σε στρώμα ομοιόμορφου πάχους με ένα κύλινδρο πάνω στο φίλτρο ενώ συγχρόνως λαμβάνει χώρα η πρώτη συμπύκνωση.

Ακολούθως η ιλύς εισέρχεται ανάμεσα στο πρώτο φίλτρο (χαμηλό) και σε ένα δεύτερο (υψηλό) υπό γωνία εξασφαλίζοντας προοδευτική συμπίεση μέχρι την πλήρη σύσφιξη που οφείλεται στο τέντωμα των φίλτρων πάνω στο τύμπανο. Από την ποιότητα αυτής της απόσταξης που αντιστοιχεί στην απομάκρυνση του νερού των πόρων εξαρτάται η απόδοση της επόμενης συμπίεσης.

Η πίεση που εξασκείται στον πολτό συμπληρώνεται από τη δράση 2 κυλίνδρων που πιέζουν το τύμπανο κατευθυνόμενοι από πνευματικούς μοχλούς. Στη συνέχεια τα δύο φίλτρα περνούν ανάμεσα από μια σειρά κυλίνδρων επανεπιστροφής η μικρή διάμετρος των οποίων επιτρέπει την αύξηση της πίεσης για το στέγνωμα ενώ συγχρόνως εξασφαλίζεται διατμητική τάση κατάλληλη για το στέγνωμα του πολτού και τη διάσπαση της δομής της ιλύος. Στην έξοδο τα δύο φίλτρα χωρίζονται και ο αποξηραμένος πολτός απελευθερώνεται με τη βοήθεια δύο αποξεστήρων και μεταφέρεται με ιμάντα στο τελικό χώρο απόθεσης.

Σημειώνεται τέλος ότι η προετοιμασία του κροκιδωτικού σε διάλυμα πραγματοποιείται με συσκευή διάχυσης μέσα σε κάδο που είναι εξοπλισμένος με ένα αναδευτήρα. Το διάλυμα στη συνέχεια αποθηκεύεται σε κάδο για να εγχυθεί μέσω μιας ρυθμιζόμενης δοσομετρικής αντλίας στον κροκιδωτή του PressDeg. Μια συμπληρωματική ποσότητα νερού διάλυσης που διευκολύνει την καλή διάχυση του κροκιδωτικού εξασφαλίζεται μέσω ενός μετρητή παροχής. Για κροκίδωση ιλύος του είδους που προκύπτει από την χώνευση, τα κατιονικού τύπου πολυμερή είναι αυτά που χρησιμοποιούνται ευρύτερα αλλά και στην περίπτωση που εξετάζουμε με δόσεις που κυμαίνονται από 0,5 – 4 Kg άνυδρου προϊόντος ανά τόνο ξηρού προϊόντος ιλύος.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

### **ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Η εγκατάσταση τριτοβάθμιας επεξεργασίας περιλαμβάνει τα έργα που περιγράφονται παρακάτω:

#### **5.1. Διασύνδεση με την υπόλοιπη εγκατάσταση – Φρεάτιο συλλογής εκρών δεξαμενών δευτεροβάθμιας καθίζησης.**

Οι εκροές των δύο δεξαμενών καθίζησης οδηγούνται με ανεξάρτητους αγωγούς στα αντίστοιχα υφιστάμενα κανάλια μέτρησης παροχής. Από εκεί δια βαρύτητας και μέσω αγωγών Φ315 συλλέγονται σε φρεάτιο συλλογής από όπου οδηγούνται προς τα έργα τριτοβάθμιας επεξεργασίας.

Το φρεάτιο συλλογής χωροθετείται πλησίον της υπάρχουσας δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης σε στάθμη πυθμένα +1,90 έτσι ώστε να είναι δυνατή η ροή προς τα έργα τριτοβάθμιας επεξεργασίας. Η παροχή προς τα έργα της τριτοβάθμιας επεξεργασίας υπό κανονική λειτουργία των δεξαμενών καθίζησης είναι της τάξης των 200m<sup>3</sup>/hr.

Οι ανεξάρτητοι αγωγοί μεταφοράς των εκρών από τις δύο γραμμές, μπορούν να απομονώνονται μέσω χειροκίνητων δικλείδων, έτσι ώστε να είναι δυνατή η διοχέτευση των επεξεργασμένων λυμάτων από οποιαδήποτε γραμμή βιολογικής επεξεργασίας.

#### **5.2. Μέτρηση παροχής**

Τα υγρά από το φρεάτιο συλλογής μέσω αγωγού Φ 315 οδηγούνται σε φρεάτιο μέτρησης παροχής.

Η μέτρηση της παροχής γίνεται σε κλειστό αγωγό μέσω ηλεκτρομαγνητικού παροχόμετρου.

Η αρχή λειτουργίας του μετρητή βασίζεται στο νόμο του Faraday για την ηλεκτρομαγνητική επαγωγή και περιλαμβάνει αισθητήριο και ηλεκτρονικό μικροεπεξεργαστή-μετατροπέα.

Η ονομαστική διάμετρος του οργάνου είναι DN 200 μέγιστης παροχής 300 m<sup>3</sup>/hr και η τοποθέτηση του γίνεται έτσι ώστε να εξασφαλίζεται το απαιτούμενο ολικό μήκος ροής ανάντη (1000 mm) και κατάντη (600 mm). Το εύρος μέτρησης του οργάνου αντιστοιχεί σε τιμές ταχύτητας ροής από 0,25-10 m/sec.

Το φρεάτιο τοποθέτησης του οργάνου μέτρησης παροχής είναι επισκέψιμο, φέρει μεταλλικό κάλυμμα, ενώ υπάρχει δυνατότητα παράκαμψης της διάταξης μέτρησης παροχής μέσω παρακαμπτηρίου αγωγού και δικλείδων.

### 5.3. Αντλιοστάσιο τροφοδοσίας συγκροτήματος διύλισης

Τα υγρά από το φρεάτιο μέτρησης της παροχής καταλήγουν μέσω αγωγού Φ315 σε δεξαμενή-αντλιοστάσιο τροφοδοσίας της μονάδας διύλισης που ακολουθεί.

Σημειώνεται ότι μεταξύ του φρεατίου συλλογής και του αντλιοστασίου υπάρχει η κατάλληλη υψομετρική διαφορά ώστε να είναι δυνατή η κατασκευή και παρεμβολή ανάμεσά τους, δεξαμενής ταχείας ανάμιξης και δεξαμενής κροκίδωσης, αν αυτό απαιτηθεί στο μέλλον. Η σύνδεση της ροής με τις μελλοντικές εγκαταστάσεις θα μπορεί να γίνει εύκολα μέσω των αναμονών συνδέσεων που υπάρχουν στο φρεάτιο μέτρησης παροχής.

Ο υγρός θάλαμος του αντλιοστασίου είναι διαστάσεων περίπου 1,5x3x3,6m και όγκου 11,5m<sup>3</sup> περίπου. Η άντληση προς τη μονάδα διύλισης θα γίνεται μέσω τριών οριζόντιων φυγοκεντρικών αντλιών (μια εφεδρική) παροχής 100m<sup>3</sup>/hr, σε μανομετρικό 20m, οι οποίες είναι εγκατεστημένες στο ξηρό θάλαμο του αντλιοστασίου – βανοστασίου και εξοπλισμένες με τις αναγκαίες δικλείδες απομόνωσης και αντεπιστροφής.

Η στάθμη του πυθμένα του αντλιοστασίου είναι σε υψόμετρο + 0,7m ενώ η στάθμη οροφής στα + 4,5m, ώστε να υπάρχει ο απαραίτητος όγκος αποθήκευσης ακόμα και σε περίπτωση διακοπής λειτουργίας της μιας ή και των δύο αντλιών.

### 5.4. Κροκίδωση

Τα υγρά πριν την είσοδό τους στα φίλτρα υφίστανται κροκίδωση με διάλυμα θειικού αργιλίου. Η έγχυση του κροκιδωτικού γίνεται μέσω δύο δοσομετρικών αντλιών (μια εφεδρική), μέγιστης παροχής 530 lt/hr, σε στατικό αναμίκτη τοποθετημένο στο κοινό καταθλιπτικό αγωγό των αντλιών τροφοδοσίας. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται η πλήρης ανάμιξη των υγρών με το κροκιδωτικό.

Το συγκρότημα παρασκευής και δοσομέτρησης του θειικού αργιλίου είναι εγκατεστημένο εντός κτιρίου (κτίριο λειτουργίας) και περιλαμβάνει:

- Διάταξη προσωρινής αποθήκευσης με χοάνη χωρητικότητας 500 lt
- Μεταφορικό δοσομετρικό κοχλία παροχής 100 Kg/hr για την μεταφορά της σκόνης του θειικού αργιλίου στο δοχείο διάλυσης.
- Δοχείο διάλυσης χωρητικότητας 1.000 lt εξοπλισμένο με αναδευτήρα ισχύος 1,1 KW για την υποβοήθηση της διάλυσης.

Το συγκρότημα αποθήκευσης-παρασκευής και δοσομέτρησης κροκιδωτικού διαστασιοποιείται για προσθήκη κροκιδωτικού σε αναλογία 70 mg/lt. Για ημερήσια παροχή νερού 4000 m<sup>3</sup>/day η απαιτούμενη ποσότητα θειικού αργιλίου είναι 280 Kg ενώ σε ωριαία βάση η απαιτούμενη ποσότητα είναι 14 Kg/hr.

## 5.5. Φίλτρα διύλισης

Στο υπάρχον σύστημα ο καθαρισμός του νερού πραγματοποιείται μέσω δύο ταυτόχρονων διεργασιών που συμβαίνουν εντός του ίδιου χώρου: της θρόμβωσης των κολλοειδών συστημάτων που εμπεριέχονται στο λύμα και της διήθησης, της συγκράτησης δηλαδή των στερεών από στρώματα πορώδους υλικού κατά την διέλευση του νερού μέσα από αυτά.

Η ανωτέρω διεργασία καλείται θρομβοδιήθηση και αποτελεί τη βέλτιστη διεργασία για την περίπτωση απομάκρυνσης αραιών και λεπτών διασπορών οι οποίες σε περίπτωση χωριστής θρόμβωσης απαιτούν μεγάλους χρόνους παραμονής.

Η διεργασία της θρομβοδιήθησης πλεονεκτεί καθώς η θρόμβωση πραγματοποιείται ταυτόχρονα με τη διήθηση και ταχύτερα από ότι αν συνέβαινε μόνη της. Επιπλέον κατά την θρομβοδιήθηση δεν απαιτείται το στάδιο της καθίζησης και εξασφαλίζεται καλύτερη ποιότητα στη τελική εκροή.

Τα χρησιμοποιούμενα φίλτρα είναι διστρωματικά καθοδικής ροής. Σημειώνεται ότι στα φίλτρα ανοδικής ροής ως κλίση διήθησης χρησιμοποιείται το ίδιο υλικό διατασσόμενο σε δύο στρώματα διαφορετικής κοκκομετρίας. Η ροή του νερού είναι από κάτω προς τα πάνω και συναντά καταρχήν το χονδρότερο υλικό. Η επιλογή των συγκεκριμένων φίλτρων στηρίζεται στην καλύτερη απόδοση που παρουσιάζουν αυτά σε σχέση με τα αντίστοιχα ανοδικής ροής όσον αφορά την απόδοση και την αναπτυσσόμενη πτώση πίεσης.

Στα διστρωματικά φίλτρα η κλίση διήθησης αποτελείται από δύο στρώματα υλικού διαφορετικού ειδικού βάρους και κοκκομετρίας. Η κατακράτηση των στερεών γίνεται σε μεγαλύτερο βάθος της πορώδους κλίνης σε σχέση με τα μονοστρωματικά που συνεπάγεται μικρότερη πτώση πίεσης και μεγαλύτερο κύκλο λειτουργίας του φίλτρου.

Η απόδοση της φίλτρανης εξαρτάται από δύο παράγοντες:

- Το είδος του πορώδους υλικού που χρησιμοποιείται και από τη φόρτιση της κλίνης ή αλλιώς τη ταχύτητα διέλευσης του υγρού μέσα από αυτή.
- Το είδος του πορώδους υλικού και κυρίως η κοκκομετρία του επιδρά στην ικανότητα αφαίρεσης των σωματιδίων που αιωρούνται.

Το είδος της κλίνης που εφαρμόζεται σήμερα είναι η διστρωματική αποτελούμενη από ένα χονδρόκοκκο στρώμα ανθρακίτη και ένα στρώμα άμμου λεπτής κοκκομετρίας. Σε τέτοιου είδους κλίση συντελείται εκλεκτική διήθηση με αποτέλεσμα οι αποθέσεις τεμαχιδίων κατά μήκος των στρωμάτων να είναι ομοιόμορφα κατανομημένες και να γίνεται η καλύτερη εκμετάλλευση του χώρου του φίλτρου. Η τοποθέτηση των κλινών γίνεται με πρώτο στρώμα κατά τη ροή το χονδρόκοκκο αλλά ελαφρύτερο υλικό (ανθρακίτη) όπου συγκρατούνται τα ευκολοδιήθητα υλικά μέσω μηχανισμών καθίζησης και δεύτερο στρώμα το λεπτόκοκκο αλλά βαρύτερο στρώμα άμμου όπου η συγκράτηση των στερεών γίνεται μέσω μηχανισμών σύλληψης και διάχυσης.

Η φόρτιση της κλίνης επηρεάζει σημαντικά την απόδοση του φίλτρου και το χρόνο λειτουργίας. Στη βιβλιογραφία αναφέρονται τιμές φόρτισης της τάξης των 25m/hr, εντούτοις επειδή χαμηλότερη φόρτιση έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της απόδοσης επιλέγεται τιμή 20m/hr.

Οι ανωτέρω παράμετροι επηρεάζουν την απόδοση ενός φίλτρου σε αντίθεση με το πάχος της κλίνης. Αύξηση του βάρους της κλίνης πέρα από μια μέση συνιστώμενη τιμή δεν έχει καμία επίδραση στο βαθμό απομάκρυνσης των στερεών. Προτεινόμενα πάχη διήθησης για διστρωματικά φίλτρα είναι της τάξης των 600mm για το στρώμα ανθρακίτη και 300mm για το στρώμα της άμμου.

Η διύλιση των υγρών πραγματοποιείται σε δύο φίλτρα δυναμικότητας καθαρισμού 100m<sup>3</sup>/hr, ενώ υπάρχει πρόβλεψη χώρου για την εγκατάσταση μελλοντικά τρίτου φίλτρου. Η εγκατάσταση των φίλτρων έχει λάβει χώρα επί σκυροδετημένης βάσεως επιφανείας 60m<sup>2</sup>.

Τα προσφερόμενα φίλτρα είναι τύπου καθοδικής ροής, διαμέτρου 2,54m και συνολικού ύψους 5,65m.

Η διήθηση των υγρών πραγματοποιείται κατά την διέλευσή τους από δύο στρώσεις διηθητικού υλικού:

- Ανθρακίτη, κοκκομετρίας 1,4-2,5mm, πάχους 1.000mm
- Άμμο, κοκκομετρίας 0,7-1,25mm, πάχους 800mm

Ως υπόστρωμα των παραπάνω, τα φίλτρα φέρουν στρώση από χαλίκι πάχους 200mm. Επιπλέον στα φίλτρα παρέχεται ελεύθερο ύψος 30% της κλίνης για την διαστολή των κλινών διήθησης.

Η λειτουργία των φίλτρων είναι αυτόματη μέσω υδροπνευματικών βαλβίδων οι οποίες τροφοδοτούνται από ανεξάρτητο ζεύγος αεροσυμπιεστών.

Η πλύση των φίλτρων, ο χρόνος έναρξης της οποίας καθορίζεται από την διαφορική πίεση στην κλίνη αλλά και από χρονοδιακόπτη, περιλαμβάνει υποβιβασμό στάθμης, έκπλυση με αέρα, έκπλυση με αέρα και νερό ταυτόχρονα και τέλος έκπλυση με νερό.

Ο αέρας παρέχεται από δύο λοβοειδείς φυσητήρες (ένας εφεδρικός) παροχής 350m<sup>3</sup>/hr στα 500mm. Η τροφοδοσία του αέρα στην κλίνη γίνεται μέσω ειδικής διάταξης των αγωγών ώστε να εξασφαλίζεται η εξυδάτωση του προσαγόμενου αέρα.

Το νερό πλύσης παρέχεται από δύο υποβρύχιες αντλίες μέγιστης παροχής 150m<sup>3</sup>/hr στα 20m, εγκατεστημένες στη δεξαμενή καθαρών. Οι αντλίες έκπλυσης είναι εφοδιασμένες με ρυθμιστή στροφών (inverter), ώστε να είναι δυνατή η αυξομείωση της παροχής στην επιθυμητή τιμή.

Η διανομή του αέρα, του νερού πλύσης ή του μίγματος αέρα-νερού γίνεται μέσω ειδικών ακροφύσιων τοποθετημένων στη βάση της κλίνης ώστε να εξασφαλίζεται η ομοιόμορφη κατανομή του μέσου έκπλυσης σε όλη τη μάζα του διηθητικού υλικού.

Σημειώνεται ότι υπάρχει η δυνατότητα παράκαμψης του ενός φίλτρου, μέσω δικλείδων, καθώς και η εύκολη σύνδεση τρίτου φίλτρου αν απαιτηθεί στο μέλλον. Τα φίλτρα είναι κατασκευασμένα από χάλυβα υψηλής ποιότητας, με εσωτερική αντιδιαβρωτική προστασία και εξωτερική προστασία για εγκατάσταση στην ύπαιθρο. Η όλη μονάδα διήθησης επίσης μπορεί να παρακάμπτεται διοχετεύοντας τα υγρά από την έξοδο της διάταξης μέτρησης παροχής απευθείας στη δεξαμενή καθαρών.

### **5.6. Εκτιμώμενη απόδοση**

Η απόδοση μιας μονάδας διήθησης μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια από μετρήσεις σε πιλοτικές μονάδες εφαρμογής, ωστόσο η αναμενόμενη απόδοση μπορεί να προσεγγιστεί μέσω διαγραμμάτων της βιβλιογραφίας και της εμπειρίας από παρόμοιες μονάδες. Μπορούν να εξαχθούν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

#### **Απόδοση ως προς BOD<sub>5</sub>**

Η απόδοση της κλίνης ανθρακίτη πάχους 1,2m κοκκομετρίας 1,6-2,5mm σε καθοδική διήθηση και για ταχύτητα έως 20m/hr είναι 32% περίπου. Ίδιου πάχους κλίνη άμμου λεπτής κοκκομετρίας (0,71-1,21mm) παρέχει απομάκρυνση του BOD της τάξης του 39%. Ο συνδυασμός των παραπάνω οδηγεί σε συνολικό βαθμό απόδοσης της τάξης του 58%. Σε περίπτωση χρήσης κροκιδωτικού οι ανωτέρω αποδόσεις αυξάνονται και αναμένεται η επίτευξη απόδοσης περίπου 60%.

#### **Απόδοση ως προς SS και θολότητα**

Η θολότητα που εμφανίζεται στο νερό θεωρείται ότι συνδέεται με τη συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών μέσω της σχέσης  $SS=2,3-2,4*NTU$ . Από βιβλιογραφικά δεδομένα τα οποία αφορούν στη θολότητα εκροής μετά από τη φίλτρανση νερού σε εγκατάσταση βιολογικού καθαρισμού προκύπτει ότι για αρχική θολότητα 5-10 NTU η θολότητα εκροής είναι περίπου 1,5 NTU η οποία αντιστοιχεί σε συγκέντρωση στερεών 4mg/lit.

Από άλλες βιβλιογραφικές αναφορές προκύπτει ότι για φόρτιση περίπου 20m/hr η αναμενόμενη απομάκρυνση των SS είναι περίπου 30%. Η χρήση θρομβωτικών αυξάνει σημαντικά την απόδοση της φίλτρανσης γενικά μπορεί να θεωρηθεί ότι η προσθήκη θρομβωτικού μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την απομάκρυνση 80-90% των στερεών. Έτσι ο συνολικός βαθμός απόδοσης κατά την διαδικασία της θρομβοδιήθησης της τάξης του 75% είναι δυνατόν να επιτευχθεί.

## 5.7. Έκπλυση φίλτρου

Η πλύση του φίλτρου σκοπεύει στο καθαρισμό της κλίνης από τα σωματίδια που έχουν προσκολληθεί σε αυτή και συντελείται καθώς το μέσο έκπλυσης (αέρας, νερό ή και τα δύο ταυτόχρονα) προωθούνται στη κλίνη από τον πυθμένα προς τα άνω. Η εντολή της έκπλυσης δίνεται από διαφορικό πιεζοστάτη ο οποίος μετρά τη πτώση πίεσης εντός της κλίνης. Για πτώση πίεσης μεγαλύτερη από μια προκαθορισμένη τιμή αρχίζει ο κύκλος πλύσης. Επίσης θα υπάρχει δυνατότητα έναρξης του κύκλου πλύσης με χρονοδιακόπτη. Ειδικότερα τα φίλτρα πλένονται οπωσδήποτε σε τακτά χρονικά διαστήματα ανεξάρτητα από τη πτώση πίεσης ώστε να μην αυξάνει υπέρμετρα η συγκέντρωση στερεών στην κλίνη.

Ο κύκλος πλύσης του φίλτρου περιλαμβάνει:

- υποβιβασμός της στάθμης στο φίλτρο.
- πλύση με αέρα.
- πλύση με αέρα και νερό.
- πλύση με νερό.
- αποχέτευση πρώτου διηθήματος.
- κανονική λειτουργία.

### Υποβιβασμός στάθμης

Η ταπείνωση της στάθμης του νερού εντός του φίλτρου έως το άνω επίπεδο του πληρωτικού υλικού είναι απαραίτητη για την εκτόνωση της κλίνης. Η ταπείνωση της στάθμης γίνεται με άνοιγμα της αντίστοιχης πνευματικής βαλβίδας και διαρκεί περίπου 5min.

### Έκπλυση με αέρα.

Η έκπλυση της κλίνης γίνεται αρχικά με αέρα και σκοπεύει στην ανάδευση της κλίνης και τη διευκόλυνση της ροής του νερού έκπλυσης κατά την επόμενη φάση. Η έκπλυση με αέρα ρευστοποιεί την κλίνη χωρίς όμως να τη διαστέλλει. Στο προσφερόμενο σύστημα η παροχή αέρα πλύσης λαμβάνεται ίση με  $70\text{m}^3/\text{m}^2\text{hr}$ . Η διάρκεια της πλύσης με αέρα είναι περίπου 5min.

### Έκπλυση με αέρα και νερό ταυτόχρονα

Η επόμενη φάση έκπλυσης περιλαμβάνει έκπλυση της κλίνης με αέρα και νερό ταυτόχρονα. Η φάση αυτή διαρκεί περίπου 3min και προλαμβάνει επιστροφή σωματιδίων από το άνω μέρος προς τον πυθμένα του φίλτρου, κάτι που μπορεί να συμβεί λόγω ανοδικής κίνησης του αέρα κατά την προηγούμενη φάση έκπλυσης. Επιπλέον η ταυτόχρονη έκπλυση με αέρα και νερό έχει ως αποτέλεσμα τη μειωμένη απαίτηση νερού πλύσης κατά την επόμενη φάση έκπλυσης. Η παροχή νερού έκπλυσης λαμβάνεται ίση με  $15\text{m}^3/\text{m}^2\text{hr}$ .



## Έκπλυση με νερό

Τα στρώματα του πορώδους υλικού που έχουν ήδη υποστεί ρευστοποίηση κατά τις προηγούμενες φάσεις, κινούνται μεταξύ τους με αποτέλεσμα οι αποθέσεις που έχουν πάνω τους να αποκολλώνται και να μεταφέρονται στο νερό έκπλυσης.

Σημειώνεται ότι η χαλάρωση της κλίνης έχει ως συνέπεια την αύξηση της ταχύτητας ροής του νερού και επομένως του πορώδους της κλίνης κάτι που περιγράφεται ως διαστολή της κλίνης.

Στη βιβλιογραφία υπάρχουν αναφορές κυρίως για σύστημα έκπλυσης μόνο με νερό όπου η ταχύτητα του νερού έκπλυσης πρέπει να είναι αρκετή ώστε να επιφέρει ρευστοποίηση και έκπλυση της κλίνης αλλά όχι και παράσυρση των κόκκων του διηθητικού υλικού. Ειδικά για την έκπλυση μόνο με νερό η ταχύτητα του νερού έκπλυσης  $V_b$  για την παράσυρση των σωματιδίων από την ρευστοποιημένη κλίνη προκύπτει ως ποσοστό της μέγιστης ταχύτητας που μπορεί να προκαλέσει παράσυρση των κόκκων του διηθητικού μέσου  $V_t$  σύμφωνα με τη σχέση  $V_b=0,1*V_t$

Η ταχύτητα παράσυρσης του διηθητικού μέσου προσεγγιστικά υπολογίζεται από τη σχέση  $V_t=10*D_{60}$  (m/min) για την άμμο και  $V_t=4,7*D_{60}$  (m/min) για τον ανθρακίτη όπου  $D_{60}$  χαρακτηριστικό του μέσου (λαμβάνεται  $D_{60}=0,75$  για την άμμο και 2 για τον ανθρακίτη). Από τις ανωτέρω σχέσεις προκύπτει η απαιτούμενη ταχύτητα του νερού έκπλυσης της τάξης των 45-55m/hr.

Η ανωτέρω ταχύτητα μπορεί να μειωθεί στην περίπτωση που έχει προηγηθεί έκπλυση με αέρα. Έτσι η ταχύτητα του νερού κατά τη τελευταία φάση έκπλυσης επιλέγεται  $30\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ hr}$  και θεωρείται ικανή να επιφέρει διαστολή της κλίνης 20-30%.

Η απαιτούμενη δυναμικότητα των αντλιών έκπλυσης είναι  $150\text{m}^3/\text{hr}$  έκαστη. Το νερό παρέχεται από δύο αντλίες της δυναμικότητας αυτής (η μια εφεδρική) εφοδιασμένες με inverter ώστε να μπορούν να παρέχουν την κατάλληλη ποσότητα νερού:

$75\text{m}^3/\text{hr}$  κατά τη φάση της έκπλυσης με αέρα και νερό ταυτόχρονα και  $150\text{m}^3/\text{hr}$  κατά τη φάση έκπλυσης με νερό. Η διάρκεια της φάσης είναι περίπου 3min.

## Αποχέτευση πρώτου διηθήματος

Κατά την κανονική λειτουργία του φίλτρου στην αρχή και για χρόνο 1min το νερό οδηγείται στην αποχέτευση διότι περιέχει αιωρούμενα.

Το φίλτρο πρέπει να περιέχει το απαιτούμενο ελεύθερο ύψος ώστε να είναι δυνατή η διαστολή της κλίνης κατά τη φάση της έκπλυσης. Το ποσοστό διαστολής εξαρτάται από την ταχύτητα του νερού έκπλυσης, τη κοκκομετρία της κλίνης και τη θερμοκρασία.

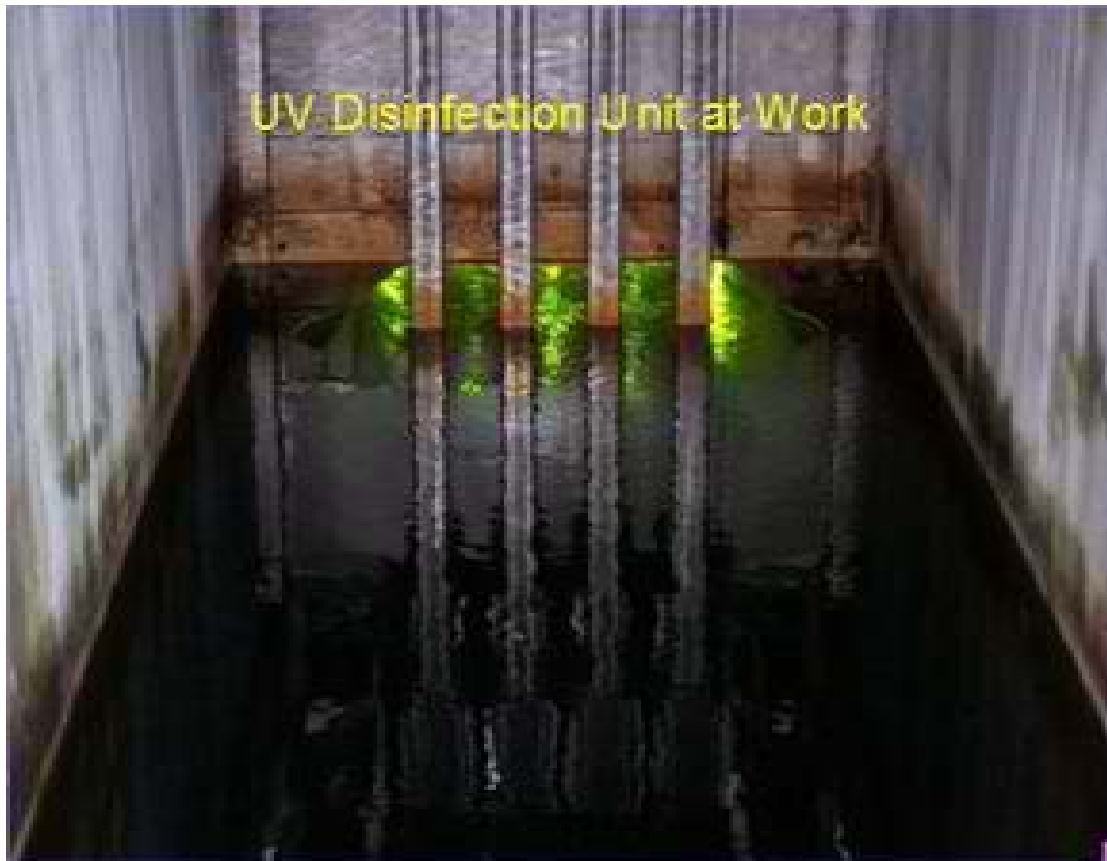
Για διαστολή των κλινών της τάξης του 25% και συνολικό πάχος των κλινών φίλτρανης 1,8m απαιτείται ελεύθερο ύψος  $1,8*0,25=0,45\text{m}$ . επιπλέον ελεύθερο ύψος τουλάχιστον 300mm πρέπει να παρέχεται ως ασφάλεια. Άρα απαιτούμενο ελεύθερο ύψος  $h_f=750\text{mm}$ . Στα προσφερόμενα φίλτρα το διαθέσιμο ελεύθερο ύψος είναι 1000mm.

### 5.8. Αντλιοστάσιο στραγγιδίων

Το αντλιοστάσιο στραγγιδίων πρέπει να έχει ικανό ωφέλιμο όγκο ώστε να αποχετεύεται το νερό έκπλυσης των φίλτρων αλλά και η χημική ιλύς από τη μελλοντική καθίζηση. Τα υγρά πλύσης συλλέγονται σε αντλιοστάσιο στραγγιδίων ωφέλιμου όγκου περίπου 30m<sup>3</sup>. Στο αντλιοστάσιο εγκαθίστανται δύο υποβρύχιες αντλίες (μια εφεδρική), παροχής 30m<sup>3</sup>/hr στα 10m, οι οποίες καταθλίβουν τα υγρά έκπλυσης στην υπάρχουσα μονάδα προεπεξεργασίας των λυμάτων του βιολογικού καθαρισμού.

### 5.9. Μονάδα απολύμανσης UV.

Τα υγρά μετά την φίλτρασή τους υφίστανται απολύμανση σε μονάδα UV. Εγκαθίστανται σε σειρά δύο μονάδες επεξεργασίας των αποβλήτων: Η πρώτη είναι κλειστού τύπου δόση ακτινοβολίας 55mWs/cm<sup>2</sup> και η δεύτερη τύπου διώρυγας που παρέχει δόση ακτινοβολίας 85mWs/cm<sup>2</sup>. (Εικόνα 5.1)



Εικόνα 5.1. Μονάδα απολύμανσης με UV, ([www.goggle.images/gr](http://www.goggle.images/gr))

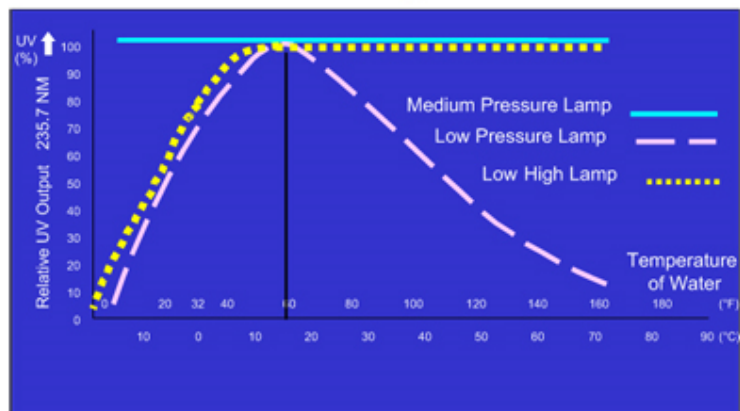
**Πίνακας 5.1:** Τεχνικά χαρακτηριστικά μονάδας κλειστού UV (Wedeco catalog 2010)

|  |  |
|--|--|
| Εταιρεία κατασκευής                                | WEDECO Int.  |
| Τύπος  | 7- KM 40   |
| Ροή νερού  | Normal 200 m <sup>3</sup> /hr max 290 m <sup>3</sup> /hr |
| UV transmission                                    | 70 % (1 cm από την κυψελίδα)                             |
| Αριθμός λαμπτήρων                                  | 7  |
| Τύπος λαμπτήρων                                    | Μέσης πίεσης, MLR 2.240, 4.000 W                         |
| Μήκος κύματος                                      | Ευρέως πεδίου 220-280 nm                                 |
| Ωφέλιμος χρόνος λειτουργίας λαμπτήρα               | Min. 4.000 ώρες  |
| Μέση δόση στο τέλος της ωφέλιμης ζωής του λαμπτήρα | > 55 Ws/cm <sup>2</sup> στο τέλος της ζωής του λαμπτήρα  |
| Υλικό κατασκευής μεταλλικού περιβλήματος           | Ανοξειδωτος χάλυβας 316 TI                               |
| Μέγιστη πίεση λειτουργίας                          | 10 bar   |
| Σύστημα καθαρισμού                                 | Αυτόματο   |

**Πίνακας 5.2:** Τεχνικά χαρακτηριστικά μονάδας ανοικτού UV (Wedeco catalog 2010)

|  |   |
|--|---|
| Εταιρία κατασκευής                                 | WEDECO Int.   |
| Τύπος  | 7- KM 40  |
| Πλήθος διωρύγων                                    | 1   |
| Πλήθος συστοιχιών λαμπτήρων 1                      | 2   |
| Πλήθος συστοιχιών λαμπτήρων 2                      | 4   |
| Συνολικός αριθμός λαμπτήρων                        | 24  |
| Υλικό κατασκευής μεταλλικού περιβλήματος           | Ανοξειδωτος χάλυβας 316 TI                              |
| Μήκος διώρυγας (mm)                                | 6.500   |
| Πλάτος διώρυγας (mm)                               | 472   |
| Ύψος διώρυγας (mm)                                 | 627   |
| Σύστημα καθαρισμού                                 | Αυτόματο  |
| Ωφέλιμος χρόνος λειτουργίας λαμπτήρα               | Min. 4.000 ώρες   |
| Μέση δόση στο τέλος της ωφέλιμης ζωής του λαμπτήρα | > 55 Ws/cm <sup>2</sup> στο τέλος της ζωής του λαμπτήρα |

## Fluid Temperature and UV Lamps

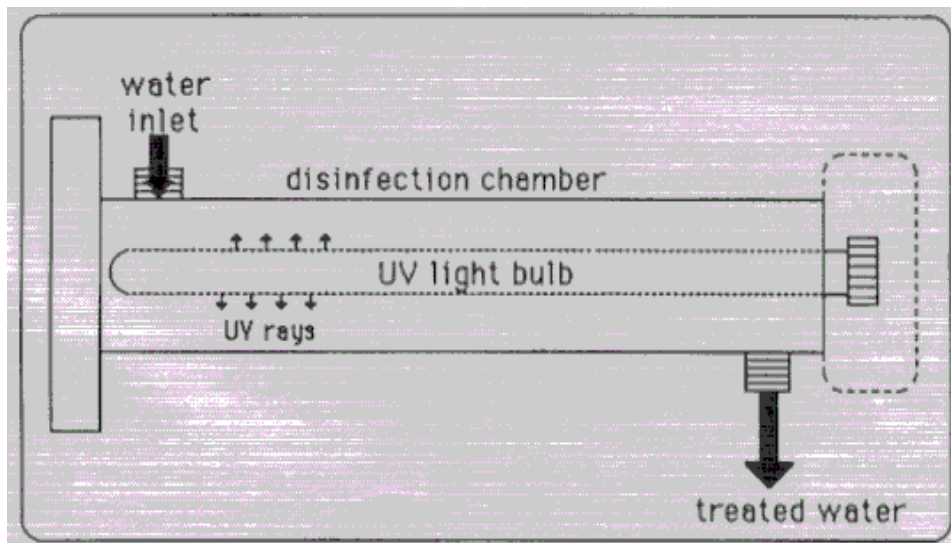


**Σχήμα 5.1:** Σχηματική απεικόνιση θερμοκρασίας ρευστού και λαμπτήρων υπεριώδους ακτινοβολίας (Aquionics 2010)

Η υπεριώδης ακτινοβολία προσβάλλει την εξωτερική μεμβράνη των βακτηριδίων, καταστρέφει το γενετικό υλικό των διαφόρων μικροοργανισμών καθιστώντας τα ανενεργά.

Η υπεριώδης ακτινοβολία σε μήκος κύματος περίπου 254nm προσβάλλει το DNA των βακτηριδίων και άλλων μικροοργανισμών με αποτέλεσμα αυτά να μη μπορούν να αναπαραχθούν. Ειδικά αναφέρεται ότι το εύρος κύματος της μικροβιοκτόνου ακτινοβολίας είναι 260-265nm για την καταστροφή του DNA/RNA, 280nm για την καταστροφή των ενζύμων και λιπιδίων και 220nm για την καταστροφή των πρωτεϊνών και της κυτταρικής μεμβράνης. (Σχήματα 5.1, 5.2)

Η δόση ακτινοβολίας που απαιτείται για την επίτευξη κάποιου βαθμού απολύμανσης εξαρτάται από το είδος του μικροοργανισμού. Στα λύματα ως ενδεικτικοί παθογόνοι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούνται τα κολοβακτηρίδια, βασικότερο είδος των οποίων είναι τα *E. Coli* και τα *Enterobacter Aerogenes*. Από σχετικούς πίνακες (Πίνακες 5.1, 5.2) για αυτό το είδος των μικροοργανισμών η τιμή D10 είναι 5-6mJ/cm<sup>2</sup>. Το προσφερόμενο σύστημα σχεδιάζεται για τιμή D10=8mJ/cm<sup>2</sup> ώστε να επιτυγχάνεται καταστροφή και άλλων ειδών μικροοργανισμών.



Σχήμα 5.2. Μονάδα απολύμανσης UV σε τομή, ([www.google.gr/images](http://www.google.gr/images))

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία η δόση ακτινοβολίας που παρέχεται και ο βαθμός απολύμανσης που επιτυγχάνεται συνδέονται μέσω εκθετικής συνάρτησης. Βαθμός απολύμανσης ίσος με  $\log 1$  αντιστοιχεί σε 90% μείωση και απαιτεί δόση ακτινοβολίας ίση με  $D_{10}$ , βαθμός απολύμανσης ίσος με  $\log 2$  αντιστοιχεί σε 99% μείωση και απαιτεί δόση ακτινοβολίας ίση με  $2 \cdot D_{10}$  και γενικά βαθμός απολύμανσης  $\log n$  απαιτεί δόση ακτινοβολίας  $n \cdot D_{10}$ .

Σύμφωνα με τα στοιχεία που δίνονται ο μέγιστος αρχικός αριθμός κολοβακτηριδίων είναι της τάξης των 300000/100ml. Ο αριθμός κολοβακτηριδίων που πρέπει να επιτυγχάνεται στην έξοδο είναι μικρότερος από 2,2 / 100ml, δηλαδή η απαιτούμενη μείωση είναι της τάξης του 99,999%. Αυτή η μείωση αντιστοιχεί σε βαθμό απολύμανσης  $\log 5$  και απαιτεί δόση ακτινοβολίας  $D = 5 \cdot D_{10} = 40 \text{ mJ/cm}^2$ . Η ακριβής δόση ακτινοβολίας που τελικά προσβάλλει τους μικροοργανισμούς εξαρτάται από πολλούς παράγοντες ανάμεσα στους οποίους είναι ο βαθμός διαπερατότητας σε ακτινοβολία των υγρών, το είδος, η διάταξη και ο αριθμός των λαμπτήρων και οι συνθήκες ροής των υγρών στο θάλαμο ακτινοβολίας. Το προσφερόμενο σύστημα σχεδιάστηκε έτσι ώστε η δόση ακτινοβολίας να είναι μεγαλύτερη από  $50 \text{ mJ/cm}^2$  στο τέλος της ζωής των λαμπτήρων.

Η δόση ακτινοβολίας  $D$  συνδέεται με την ένταση των λαμπτήρων  $I$  και το χρόνο παραμονής των υγρών στο θάλαμο ακτινοβολίας  $t$  μέσω της σχέσης  $D = I \cdot t$ .

Για την ένταση του συστήματος των λαμπτήρων στο προσφερόμενο σύστημα απολύμανσης προκύπτει ότι η μέση τιμή έντασης είναι  $101 \text{ mW/cm}^2$  για βαθμό διαπερατότητας 70 %. Ο απαιτούμενος χρόνος για την επιθυμητή δόση ακτινοβολίας είναι:  $t = 0,49 \text{ s}$ . Για παροχή υγρών λυμάτων  $200 \text{ m}^3/\text{hr}$  απαιτείται θάλαμος ακτινοβολίας ωφέλιμου όγκου  $0,027 \text{ m}^3$ .

Το υπάρχον σύστημα είναι κλειστού τύπου, υπερκαλύπτει το χρόνο ακτινοβολίας για παροχή 200m<sup>3</sup>/hr και δόση ακτινοβολίας μεγαλύτερη από 50 mW/cm<sup>2</sup> για διαπερατότητα 70% στο τέλος του χρόνου ζωής των λαμπτήρων. Η ακτινοβολία παρέχεται από τέσσερις λαμπτήρες ατμών υδραργύρου μέσης πίεσης, ισχύος 4,8KW έκαστος που παρουσιάζουν υψηλή πυκνότητα ενέργειας και μικρή ευαισθησία στη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Το σύστημα είναι εφοδιασμένο με αυτόματο σύστημα καθαρισμού και αυτόματο σύστημα ρύθμισης της έντασης της ακτινοβολίας σε συνάρτηση με τη ροή.

### 5.9.1. Απολύμανση

Σκοπός της απολύμανσης είναι η καταστροφή των παθογόνων μ/ο, ώστε να αποφεύγεται η μετάδοση ασθενειών με τα νερά του αποδέκτη, στα οποία διοχετεύονται τα απόβλητα. Είναι το μοναδικό στάδιο στη επεξεργασία των αποβλήτων με αποκλειστικό σκοπό την καταστροφή των παθογόνων μ/ο, αν και μερική απομάκρυνση ή καταστροφή τους γίνεται και στα άλλα στάδια επεξεργασίας. Η περισσότερο διαδεδομένη και δοκιμασμένη μέθοδος απολύμανσης είναι η χλωρίωση με υποχλωριώδες νάτριο.

Παρά τα πολλά πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η χλωρίωση, έχει το βασικό μειονέκτημα της δυσμενούς επίδρασης του χλωρίου στο υδάτινο περιβάλλον που διοχετεύονται τα χλωριωμένα απόβλητα. Η επίδραση αυτή εκδηλώνεται άμεσα στις διάφορες μορφές ζωής (π.χ. ψάρια) λόγω της τοξικότητας του χλωρίου ή έμμεσα με το σχηματισμό οργανοχλωριούχων ενώσεων, από την αντίδραση του χλωρίου με τις οργανικές ενώσεις των αποβλήτων, που πιθανολογείται ότι είναι καρκινογόνες. Είναι λοιπόν προφανές ότι στο υδάτινο περιβάλλον δεν πρέπει να διοχετεύονται μεγάλες ποσότητες χλωρίου, που προκύπτουν από αλόγιστη χρήση του στη διαδικασία της χλωρίωσης. (Εικόνες 5.3, 5.4)

Σήμερα γίνονται διάφορες προσπάθειες για τη βελτίωση της απόδοσης της χλωρίωσης, ώστε να αποφεύγεται η ανεξέλεγκτη χρήση και σπατάλη του χλωρίου. Στις προσπάθειες αυτές ανήκουν ορισμένες τεχνικές, όπως π.χ. η χρησιμοποίηση μετρητή υπολειμματικού χλωρίου, αλλά και περισσότερο δραστικά μέτρα, όπως π.χ. η αποχλωρίωση (συνήθως με διοξείδιο του θείου και σπανιότερα με ενεργό άνθρακα) και η μη λειτουργία ή ακόμα και η παράλειψη εγκατάστασης χλωρίωσης, όταν η δυνατότητα φυσικής μείωσης των παθογόνων μ/ο στο υδάτινο περιβάλλον, οι τοπικές συνθήκες και η χρήση του αποδέκτη το επιτρέπουν.

Το παραπάνω βασικό μειονέκτημα της χλωρίωσης έχει οδηγήσει σε προσπάθειες αντικατάστασής της από άλλες μεθόδους απολύμανσης, που είναι δραστικές χωρίς όμως να έχουν περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Στις μεθόδους αυτές ανήκει η οζόνωση και η απολύμανση με υπεριώδη (UV) ακτινοβολία. Οι παραπάνω δυο μέθοδοι βρίσκονται στα αρχικά βήματα και είναι νωρίς για να διατυπωθούν σαφή πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

### 5.9.2. Χλωρίωση



*Εικόνα 5.3. Δεξαμενή χλωρίωσης, (www.google.gr/images)*



*Εικόνα 5.4. Δεξαμενή χλωρίωσης, (www.google.gr/images)*

Τα υγρά μετά την έξοδό τους από την μονάδα απολύμανσης οδηγούνται δια βαρύτητας στη δεξαμενή καθαρών όπου υπόκεινται στο τελικό στάδιο της απολύμανσης με διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου (NaClO) περιεκτικότητας 14% σε χλώριο.

Η δοσομέτρηση του διαλύματος γίνεται στη θέση εκροής των υγρών στη δεξαμενή καθαρών, όπου επικρατούν συνθήκες έντονης ανάμιξης και οι δοσομετρικές αντλίες δέχονται αναλογικό σήμα για την αυξομείωση της παροχής τους από το μετρητή παροχής.

Το συγκρότημα χλωρίωσης είναι εγκατεστημένο στο κτίριο λειτουργίας και περιλαμβάνει δύο δοσομετρικές εμβολοφόρες αντλίες (μια εφεδρική) μέγιστης παροχής 20 lt/hr και ένα δοχείο αποθήκευσης διαλύματος χλωρίου χωρητικότητας 500 lt.

Η διάταξη της χλωρίωσης δρα συμπληρωματικά με τη προηγούμενη μονάδα απολύμανσης UV ώστε να εξασφαλίζεται συγκέντρωση υπολειμματικού χλωρίου στα τριτοβάθμια επεξεργασμένα λύματα 0,5mg/lt. Η δράση του χλωρίου ως απολυμαντικού εξαρτάται από δύο βασικούς παράγοντες :

- το χρόνο επαφής του χλωρίου με τους μικροοργανισμούς
- τη συγκέντρωση του χρησιμοποιημένου χλωρίου.

Άλλοι παράγοντες που επιδρούν στη δραστηριότητα του χλωρίου όπως το pH των αποβλήτων, το είδος των μικροοργανισμών, η χημική σύσταση κλπ. είναι δύσκολο να μεταβληθούν.

Ο απαιτούμενος χρόνος επαφής των λυμάτων με το χλώριο υπολογίζεται από τη σχέση του Collins:

$$N = N_0(1 + 0,23 * C * t)^{-3}$$

Όπου **N**<sub>0</sub> η συγκέντρωση των κολοβακτηριδίων πριν τη χλωρίωση

**N**: η συγκέντρωση κολοβακτηριδίων μετά τη χλωρίωση

**C**: η συγκέντρωση υπολειμματικού χλωρίου

**t**: ο χρόνος επαφής

Για απόδοση της διάταξης χλωρίωσης 95% και συγκέντρωση υπολειμματικού χλωρίου 5mg/lt ο απαιτούμενος χρόνος επαφής είναι της τάξης των 2min. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία η συνιστώμενη δόση χλωρίου για επεξεργασία δευτεροβάθμια επεξεργασμένων λυμάτων που έχουν υποστεί φίλτραση είναι 1-5 mg/lt.

Για να είναι αποτελεσματική η χλωρίωση πρέπει να επικρατούν συνθήκες έντονης ανάμιξης στη θέση εφαρμογής του διαλύματος και έτσι η προσθήκη του διαλύματος στο νερό θα γίνεται στη θέση εκροής των υγρών στη δεξαμενή μετά την απολύμανση με UV.



### 5.9.3. Δεξαμενή καθαρών-αντλιοστάσιο.

Η δεξαμενή καθαρών είναι ωφέλιμου όγκου 200m<sup>3</sup>. Σε αυτή καταλήγουν τα υγρά μετά την τριτοβάθμια επεξεργασία που υφίστανται και από εκεί αντλούνται προς τις περιοχές τελικής διάθεσής τους. Για την άντληση των υγρών τοποθετούνται δώδεκα υποβρύχιες αντλίες, σε κατακόρυφη θέση εντός ειδικά διαμορφωμένου φρεατίου βάθους 1,20m, στο πυθμένα της δεξαμενής καθαρών. Κάθε αντλία περιβάλλεται από υδροχιτώνιο ώστε να εξασφαλίζεται η ροή του υγρού καθώς και η ψύξη του κινητήρα. Η τοποθέτηση των αντλιών εντός φρεατίου είναι απαραίτητη ώστε η αντλία να είναι πάντα βυθισμένη στο υγρό και να εξασφαλίζεται η απρόσκοπτη λειτουργία της.

Η οροφή της δεξαμενής στις θέσεις τοποθέτησης των αντλιών φέρει μεταλλικά καπάκια ώστε να είναι δυνατή η ανύψωση των αντλιών. Οι καταθλιπτικοί αγωγοί όλων των αντλιών (πλην αυτών του βιομηχανικού νερού), οδηγούνται σε απόσταση ενός μέτρου από το εξωτερικό περίγραμμα του αντλιοστασίου και παρέχονται οι κατάλληλες αναμονές για την σύνδεση των τελικών καταθλιπτικών αγωγών. Ειδικά οι αντλίες του βιομηχανικού νερού συνδέονται μέσω αγωγού Φ63, κατάλληλου μήκους με δικλείδες απομόνωσης και αντεπιστροφής με το υφιστάμενο δίκτυο βιομηχανικού νερού του βιολογικού καθαρισμού.

### 5.9.4. Κτίριο λειτουργίας.

Υπεράνω της δεξαμενής καθαρών υπάρχει κτίριο για την στέγαση του απαιτούμενου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού. Το κτίριο στεγάζει:

- Το συγκρότημα παρασκευής και δοσομέτρησης του θειικού αργιλίου.
- Τους φυσητήρες για την έκπλυση των φίλτρων με αέρα.
- Τις μονάδες του κλειστού-ανοικτού UV.
- Το συγκρότημα δοσομέτρησης του υποχλωριώδους νατρίου.
- Τον ηλεκτρικό πίνακα κίνησης και αυτοματισμού στον οποίο παρέχεται ηλεκτρική ενέργεια από τον υποσταθμό του βιολογικού καθαρισμού
- Το κτίριο φέρει επίσης γερανογέφυρα για την ανύψωση και συντήρηση των βαρέων μηχανημάτων. Επιπλέον διαθέτει τα κατάλληλα ανοίγματα για τον εξαερισμό του χώρου και τη δημιουργία άνετων συνθηκών εργασίας σε αυτό.

### 5.9.5. Σύστημα ελέγχου και λειτουργίας των εγκαταστάσεων

Όλη η λειτουργία και ο έλεγχος των εγκαταστάσεων πραγματοποιείται μέσω συστήματος τηλεελέγχου και τηλεχειρισμού που περιλαμβάνει:

Δύο PLC με τον απαραίτητο αριθμό εξόδων-εισόδων για τον έλεγχο και τη ρύθμιση της λειτουργίας του εξοπλισμού και τη συλλογή όλων των πληροφοριών που αφορούν στη κατάσταση λειτουργίας του. Ηλεκτρονικό υπολογιστή εφοδιασμένο με το λογισμικό πακέτο τηλεεποπτείας τηλεχειρισμών για την διαχείριση όλων των πληροφοριών που συλλέγονται από το PLC και τον τηλεχειρισμό τους και τέλος μιμικό διάγραμμα ψηφιδωτής μορφής για τον οπτικό έλεγχο της λειτουργίας της εγκατάστασης.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6**

### **ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ**

#### **Σχεδιασμός για αντλιοστάσια με μεγάλες φυγοκεντρικές αντλίες λυμάτων**

##### **6.1. Εγκατάσταση αντλίας και σωληνώσεων.**

Σε τέτοιες εγκαταστάσεις, ο σωστός σχεδιασμός του αντλιοστασίου (*Εικόνες 6.1, 6.2*) έχει ζωτική σημασία. Δύο σημαντικές απαιτήσεις για τον σχεδιασμό του είναι: η παρεμπόδιση μεγάλης ποσότητας αέρα από το να φθάνει στη πτερωτή και η απομάκρυνση των κατακαθισμένων και αιωρούμενων στερεών. Η αντλία και το αντλιοστάσιο είναι μέρη ενός γενικότερου συστήματος που περιλαμβάνει επίσης μια ποικιλία διαφορετικών κατασκευών και άλλων στοιχείων, όπως συστήματα αερισμού και εξοπλισμός χειρισμού των αντλιών. Ο προσδιορισμός των διαστάσεων αεροθαλάμων, επιλογή βανών κλπ., θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στον σχεδιασμό του αντλιοστασίου λυμάτων.



**Εικόνα 6.1.** Διάταξη αντλιοστασίου, ([www.google.gr/images](http://www.google.gr/images))



*Εικόνα 6.2. Εγκατάσταση αντλιών, (www.google.gr/images)*

## 6.2. Γενικοί συντελεστές του σχεδιασμού του φρεατίου αποστράγγισης

Ιδανικά, η ροή του νερού μέσα σε οποιαδήποτε αντλία θα πρέπει να είναι ομοιόμορφη, σταθερή, και απαλλαγμένη από στροβιλισμούς και παρασυρόμενο αέρα. Η έλλειψη ομοιόμορφης ροής μπορεί να κάνει μια αντλία να λειτουργεί με μικρότερο βαθμό απόδοσης. Η ασταθής ροή προκαλεί αυξομειώσεις φορτίου πάνω στην πτερωτή, πράγμα που μπορεί να οδηγήσει σε θόρυβο, κραδασμούς και προβλήματα στα ρουλεμάν.

Ο στροβιλισμός στο στόμιο εισόδου της αντλίας μπορεί να προκαλέσει σημαντικές αλλαγές στις συνθήκες λειτουργίας μιας αντλίας, και αλλαγές στην παροχή, τις απαιτήσεις ισχύος και τον βαθμό απόδοσης. Μπορεί επίσης να έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία δινών και την εισρόφηση αέρα από την αντλία. Αυτή, και οποιαδήποτε άλλη αναρρόφηση αέρα μπορεί να προκαλέσει μείωση της παροχής της αντλίας και αυξομειώσεις στο φορτίο της πτερωτής, που έχουν ως αποτέλεσμα θόρυβο και κραδασμούς και επακόλουθη υλική ζημιά. Επιπλέον, αυτές οι αυξομειώσεις μπορούν να έχουν επίπτωση στα λειτουργικά φορτία σε άλλα μέρη του συστήματος.

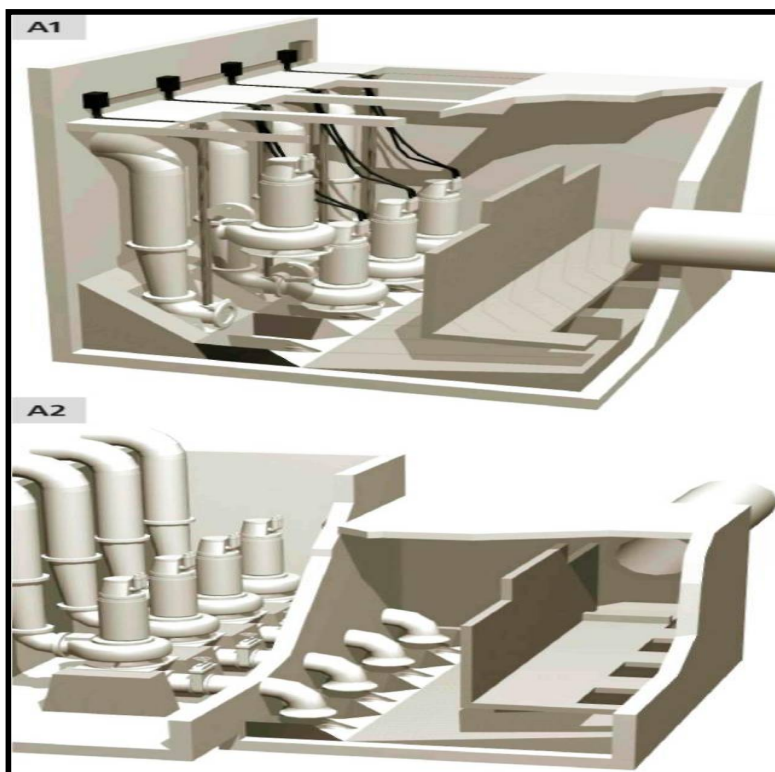
- Ο σχεδιασμός ενός αντλιοστασίου θα πρέπει όχι μόνο να παρέχει σωστή ροή προσέγγισης στις αντλίες αλλά και να εμποδίζει τη συσσώρευση των ιζημάτων και επιφανειακών ακαθαρσιών μέσα στο φρεάτιο. Πρέπει να ληφθούν υπόψη τα παρακάτω σημεία:
- Η ροή του νερού από την είσοδο του αντλιοστασίου θα πρέπει να κατευθύνεται προς την αναρρόφηση της αντλίας με τέτοιον τρόπο ώστε η ροή να φθάνει με τον ελάχιστο δυνατό στροβιλισμό και απώλεια ενέργειας.

- Για να εμποδιστεί ο σχηματισμός δινών μέσα στο αντλιοστάσιο, τα τοιχώματα πρέπει να είναι σχεδιασμένα και κατασκευασμένα έτσι ώστε να αποφεύγεται η δημιουργία στάσιμων περιοχών κατά τη ροή. Ένα σωστά τοποθετημένο τοίχωμα κοντά στο στόμιο εισόδου μπορεί να μειώσει την τάση για δημιουργία τοπικών δινών. Το βάθος του νερού πρέπει επίσης να είναι αρκετά μεγάλο ώστε να μην επιτρέπει τη δημιουργία δινών.
- Αν και η υπερβολική ανατάραξη ή οι μεγάλες δίνες θα πρέπει να αποφεύγονται, η ανατάραξη σε μικρό βαθμό βοηθά στο να εμποδιστεί ο σχηματισμός και η ανάπτυξη στροβίλων.
- Το ίζημα δεν πρέπει να συσσωρεύεται μέσα στο αντλιοστάσιο. Οι περιοχές λιμναζόντων υδάτων, ή οι περιοχές χαμηλής ταχύτητας όπου μπορεί να συμβεί καθίζηση, πρέπει να αποφεύγονται. Ο κεκλιμένος πυθμένας, καθώς και τα «φάλτσα» στους πλαϊνούς τοίχους συχνά βοηθούν στην αποφυγή της καθίζησης. Για μεγάλες διακυμάνσεις της ροής, ένα μέρος του φρεατίου μπορεί να προορίζεται αποκλειστικά για χαμηλές εισροές με χαμηλότερο επίπεδο πυθμένα και μια μικρή αντλία.
- Οι επιφανειακές ακαθαρσίες, οι επιπλέουσες λάσπες και τα διάφορα σκουπίδια μπορούν να συσσωρεύονται σε οποιαδήποτε σχετικά ήρεμη περιοχή στην επιφάνεια του νερού. Και αυτά τα υλικά πρέπει να απομακρύνονται. Η στάθμη του νερού θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν χαμηλότερη κατά διαστήματα ώστε να αυξάνεται τόσο η ταχύτητα κίνησης όσο και η ανατάραξη. Εντούτοις, δεν θα πρέπει να γίνεται εισρόφηση αέρα μέσα στην αντλία. Οι περιστασιακές αυξήσεις στην ταχύτητα της ροής επίσης βοηθούν στην αποφυγή συσσώρευσης ιζήματος στον πυθμένα.
- Ο αγωγός εισροής του αντλιοστασίου συχνά εισέρχεται στο αντλιοστάσιο σε ένα αρκετά μεγάλο ύψος. Σε τέτοιες περιπτώσεις, το υγρό μπορεί να πέσει από μεγάλο ύψος καθώς εισέρχεται στο αντλιοστάσιο. Τέτοια πτώση μπορεί επίσης να συμβεί όποτε οι αντλίες έχουν κατεβάσει τη στάθμη του υγρού μέσα στο φρεάτιο στο σημείο διακοπής της λειτουργίας τους (κάτω φλοτέρ). Επομένως, η διαδρομή ανάμεσα στην είσοδο του φρεατίου και την αναρρόφηση των αντλιών πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη ώστε ο αέρας να ανέβει στην επιφάνεια και να διαφύγει πριν φτάσει στις αντλίες. Η ενέργεια της πτώσης του νερού θα πρέπει να διαχυθεί επαρκώς έτσι ώστε να μη προκαλούνται υπερβολικά υψηλές και ακανόνιστες ταχύτητες μέσα στο φρεάτιο. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με σωστά σχεδιασμένα και τοποθετημένα τοιχία.
- Για σκοπούς μείωσης του κόστους κατασκευής, το αντλιοστάσιο θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο και απλούστερο στη δομή του. Εντούτοις, ίσως να απαιτείται ένας ελάχιστος όγκος του φρεατίου για άλλους λόγους, όπως το να επιτυγχάνεται ένας ελάχιστος χρόνος κατακράτησης ή να εξασφαλίζεται ότι μόνο ένας ορισμένος αριθμός εκκινήσεων της αντλίας θα γίνεται ανά ώρα.

### 6.3. Ονομαστική παροχή

Ένα αντλιοστάσιο που είναι σχεδιασμένο σύμφωνα με αυτό το φυλλάδιο είναι μικρότερο από ένα κοινό αντλιοστάσιο. Κατά συνέπεια, μπορεί να υπάρχει μικρότερος ρυθμιστικός όγκος για την κάλυψη μεταβατικών διακυμάνσεων της παροχής. Ούτε υπάρχει πρόσθετος όγκος για να αποθηκεύει την περίσσια εισροή της συνολικής παροχής των αντλιών (οι όγκοι των αγωγών είναι συνήθως πολύ μεγαλύτεροι από τον όγκο οποιουδήποτε αντλιοστασίου). Σε έναν σωστό σχεδιασμό ενός πλήρους αντλιοστασίου θα πρέπει επομένως να λαμβάνονται υπόψη όλες οι σημαντικές πλευρές της λειτουργίας. Φυσικά, η παροχή της αντλίας πρέπει να καλύπτει και τις ακραίες ποσότητες εισροής ώστε να ελαχιστοποιείται το ενδεχόμενο υπερχειλίσσης. Συχνά θα πρέπει επίσης να αναλύονται τα χαρακτηριστικά της ροής του τροφοδοτούντος συστήματος λυμάτων. Το σύστημα ελέγχου των αντλιών θα πρέπει επίσης να παρέχει προστασία σε περίπτωση γενικής διακοπής του ρεύματος. Οι αισθητήρες στάθμης ακριβείας είναι ζωτικής σημασίας αν ο όγκος του αντλιοστασίου είναι ελαχιστοποιημένος σύμφωνα με τις συστάσεις που αναφέρονται στην προηγούμενη ενότητα. Ο καταθλιπτικός αγωγός θα πρέπει να είναι σχεδιασμένος έτσι ώστε να εμποδίζει την υπερχειλίσση από επιστροφή της ροής όταν σταματούν οι αντλίες - καθώς και σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης. Τα αποτελέσματα πιθανών πληγμάτων θα πρέπει να ελαχιστοποιούνται με κατάλληλο σχεδιασμό των συσκευών ελέγχου.

### 6.4. Τυπικό αντλιοστάσιο



Εικόνα 6.3. Τυπικό αντλιοστάσιο, (Στάμου, Α.Ι. και Νουτσόπουλος, 1994)

Ένα ειδικά σχεδιασμένο τοίχιο ελαχιστοποιεί την παράσυρση του αέρα λόγω της πτώσης του νερού. Η ροή από τον αγωγό εισόδου χτυπάει στο τοίχιο και μετά κυλά προς τα κάτω μέσα στον θάλαμο εισόδου, διαμέσου των ανοιγμάτων στον πυθμένα του ρυθμιστικού τοιχώματος. (Σχήματα 6.3, 6.5)

Το άνοιγμα κατανέμει τη ροή ομοιόμορφα προς την αναρρόφηση όλων των αντλιών. Το διαχωριστικό τοίχωμα είναι αρκετά υψηλό για να εξασφαλίζει ότι η ροή δεν θα είναι ορμητική πάνω από αυτό.

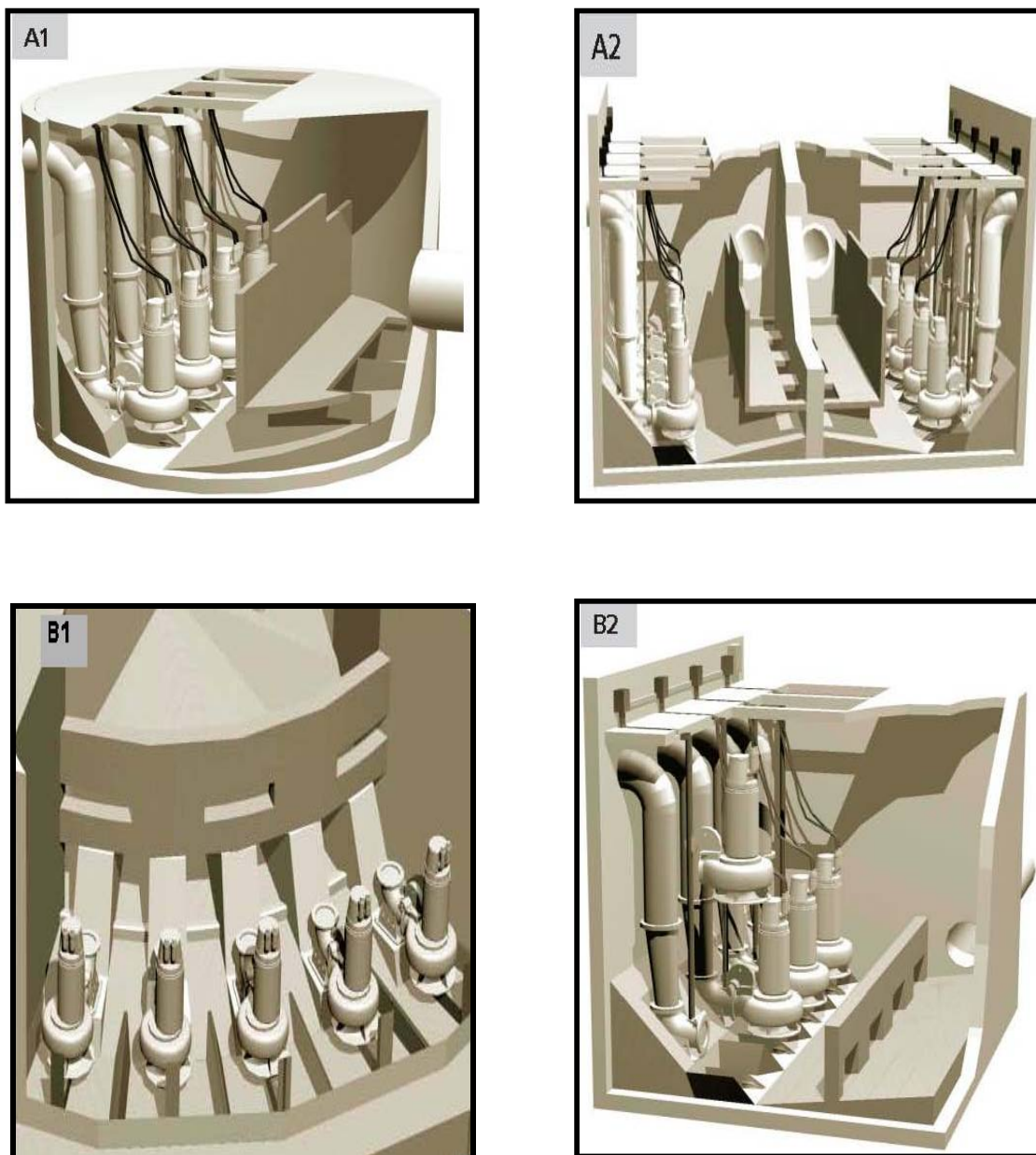
Αν και η ροή στον θάλαμο εισόδου είναι ιδιαίτερα στροβιλώδης, μπορούν να συγκεντρωθούν εκεί διάφορα υλικά. Σε τέτοιες περιπτώσεις, μπορούν να χρησιμοποιηθούν πλευρικοί υπερχειλιστές ή πλευρικά διάκενα για να μεταφέρουν και να απομακρύνουν τα διάφορα σκουπίδια και έτσι να εμποδίσουν τη συσσώρευσή τους.

Το πάνω μέρος του διαχωριστικού τοιχώματος, ή τμήματά του, θα πρέπει να είναι κάτω από την υψηλότερη στάθμη εκκίνησης οποιασδήποτε από τις αντλίες ώστε να επιτρέπει τη μεταφορά των επιπλεόντων μέσα στον θάλαμο των αντλιών.

Ο εξοπλισμός του αντλιοστασίου με «φάλτσα» και ρυθμιστικό τοίχιο, έχει συχνά ευεργετικά αποτελέσματα, ανάλογα με τον αριθμό των αντλιών και το μέγεθός τους. Για να αποφευχθεί ο προ-στροβιλισμός μέσα στον θάλαμο της αντλίας, ο αγωγός εισόδου πρέπει να είναι ευθύς σε μήκος πέντε διαμέτρων πριν από το αντλιοστάσιο. Το αντλιοστάσιο με κεντρική είσοδο από μπροστά και ψηλά αναφέρεται ως τύπος A1.

Σε αυτή τη διαμόρφωση, η ροή δεν χρειάζεται να κάνει οριζόντια στροφή, πράγμα που θα μπορούσε να προκαλέσει περιστροφή μαζών μέσα στο αντλιοστάσιο. Ο ακριβής σχεδιασμός του αντλιοστασίου ποικίλλει με τον αριθμό αντλιών και το μέγεθός τους.

Αν η θέση του αγωγού εισροής και του αντλιοστασίου δεν επιτρέπει την ύπαρξη ενός μπροστινού στομίου εισόδου - μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα πλευρικό στόμιο εισόδου με ένα ρυθμιστικό τοίχωμα τροποποιημένο με θύρες. Αυτή η διαμόρφωση αναφέρεται ως τύπος A2. Σε αυτόν τον σχεδιασμό, το ρυθμιστικό τοίχωμα ανακατευθύνει την εισερχόμενη ροή και την κατανέμει ομοιόμορφα προς τις αντλίες διαμέσου των θυρών.



**Σχήμα 6.5.** Τυπικό αντλιοστάσιο, (Στάμου, Α.Ι. και Νουτσόπουλος, 1994).

Η ομοιόμορφη κατανομή της ροής προς όλες τις αντλίες κατά πλάτος του αντλιοστασίου μπορεί να παρουσιάσει προβλήματα αν οι αντλίες είναι πάνω από τέσσερις. Σε τέτοιες περιπτώσεις, μπορεί να είναι καταλληλότερο ένα διπλό αντλιοστάσιο.

Στην περίπτωση των βαθιών αντλιοστασίων, το να γίνουν κυκλικά πλεονεκτεί από άποψη κατασκευής. Η διάταξη των αντλιών σε ένα τέτοιο αντλιοστάσιο μπορεί να γίνει παρόμοια με αυτήν του αντλιοστασίου τύπου B1.

Στη διάταξη τύπου B2 με ευθύ ρυθμιστικό τοίχωμα, ο αγωγός προσαγωγής βρίσκεται κάτω από την κανονική στάθμη του νερού μέσα στο αντλιοστάσιο ή ένα ανοικτό κανάλι τροφοδοτεί το αντλιοστάσιο. Αν δεν υπάρχει πτώση νερού στην είσοδο, δεν υπάρχει έντονη παράσυρση αέρα. Κατά συνέπεια, ο θάλαμος εισόδου μπορεί να απλοποιηθεί πολύ γιατί η μόνη δουλειά του θα είναι να κατανέμει τη ροή ομοιόμορφα στις αντλίες.

Μερικές φορές υπάρχει ανάγκη τοποθέτησης του κατακόρυφου αγωγού στο κέντρο των αντλιοστασίων ή τοποθέτησης του στομίου εξόδου προς άλλη κατεύθυνση, όπου η λύση μπορεί να είναι η ανεστραμμένη κατεύθυνση της αντλίας.

Η εικόνα δείχνει ένα τμήμα του σχεδιασμού ανεστραμμένης κατεύθυνσης αντλιοστασίου λυμάτων. Όταν λειτουργεί σε συνδυασμό με συνιστώμενες αρχές ελέγχου αντλιών, επιτυγχάνονται βέλτιστες συνθήκες άντλησης που παρέχουν καθαρισμό του πυθμένα του φρεατίου αποστράγγισης για τη μεταφορά των στερεών.

### 6.5. Απαιτούμενος όγκος του αντλιοστασίου

Ο απαιτούμενος πραγματικός όγκος του φρεατίου αποστράγγισης,  $V$  ( $m^3$ ), δηλ. ο όγκος ανάμεσα στη στάθμη εκκίνησης και σταματήματος της αντλίας, εξαρτάται από παράγοντες όπως ο χρόνος ενός κύκλου για την αντλία,  $T$  (seconds), η παροχή της αντλίας,  $Q$  ( $m^3/sec$ ), και την παροχή εισροής  $q$  ( $m^3/sec$ ). Για μία αντλία και για μεταβλητή παροχή εισροής, ο συντομότερος χρόνος ενός κύκλου συμβαίνει αν  $q=Q/2$ , που δίνει τον ελάχιστο απαιτούμενο όγκο του αντλιοστασίου:

$$V_{req} = (T_{minimum} Q) / 4$$

Ο ελάχιστος χρόνος ενός κύκλου, ( $T_{minimum}$ ) προσδιορίζεται από τον αριθμό εκκινήσεων της αντλίας σε σχέση με τη μηχανική καταπόνηση από την αύξηση της θερμοκρασίας στο μοτέρ. Για τις αντλίες, ο μέγιστος αριθμός εκκινήσεων ανά ώρα είναι:

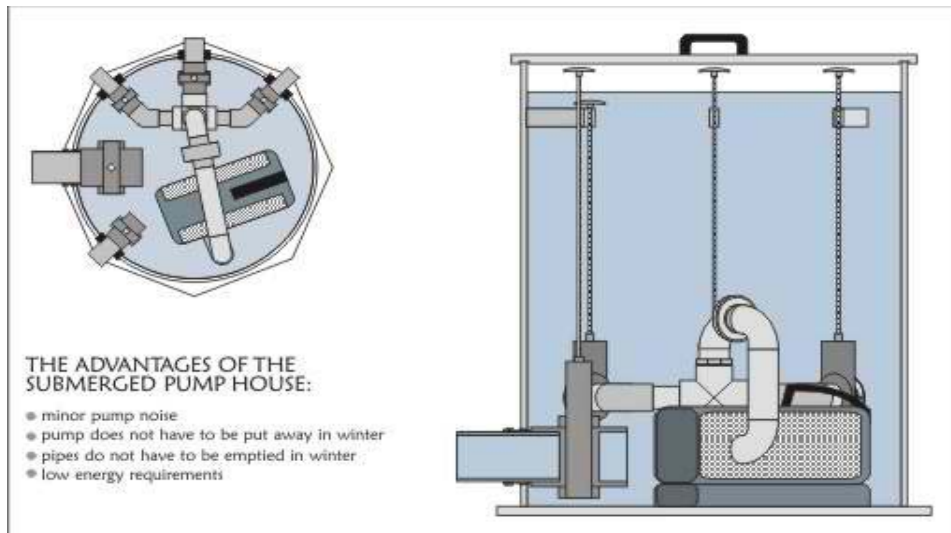
- Drive unit σειράς 605-805: 15 εκκινήσεις/ώρα, που αντιστοιχούν στον χρόνο ενός κύκλου 240 δευτερολέπτων.
- Drive unit σειράς 905: 8 εκκινήσεις/ώρα, που αντιστοιχούν στον χρόνο ενός κύκλου 450 δευτερολέπτων.

$$T = 3600 / \text{εκκινήσεις ανά ώρα}$$



Για ένα αντλιοστάσιο με πανομοιότυπες αντλίες, ο απαιτούμενος όγκος είναι μικρότερος αν οι αντλίες ξεκινούν διαδοχικά καθώς η στάθμη του νερού ανεβαίνει λόγω αυξανόμενης εισροής, και σταματούν διαδοχικά καθώς η στάθμη του νερού πέφτει λόγω ελλатуόμενης εισροής. Για να ελαχιστοποιηθεί ο απαιτούμενος όγκος του αντλιοστασίου, η τελευταία αντλία που ξεκινά θα πρέπει να είναι η τελευταία αντλία που θα σταματήσει, δηλ. εναλλαγή κυκλική.

## 6.6. Εγκατάσταση υποβρυχίων αντλιών



**Σχήμα 6.6:** Πλεονεκτήματα υποβρύχιας αντλίας, (LOWARA catalog 2010).

- Για να αποφευχθεί η σπηλαίωση της βαλβίδας αντεπιστροφής, αυτή δεν πρέπει να βρίσκεται σε ύψος μεγαλύτερο από 8 μέτρα (περίπου 27 πόδια), πάνω από την κατάθλιψη της αντλίας.
- Για τη διευκόλυνση της συντήρησης και την προστασία του καλωδίου, συνιστάται η δημιουργία κοιλώματος στο δάπεδο για τις διαδρομές του καλωδίου του αντλιοστασίου.
- Το μπράτσο στήριξης του καλωδίου θα πρέπει να είναι τοποθετημένο έτσι ώστε η πρόσβαση να είναι εύκολη, δηλ. σε μικρή απόσταση κάτω από το καπάκι.
- Όταν χρησιμοποιείται ένας αγωγός ή σωλήνας για την προστασία του καλωδίου, αυτός δεν θα πρέπει να καλύπτει το καλώδιο σε όλο το μήκος της διαδρομής του έως τον πίνακα ελέγχου, γιατί τα εκλυόμενα εκρηκτικά αέρια από τα λύματα που μπαίνουν στον ηλεκτρικό πίνακα μπορεί να είναι επιβλαβή
- Τα αέρια των λυμάτων μπορούν να προκαλέσουν οξειδωση στα ρελέ. Είναι επομένως καλύτερο να τοποθετείται ο πίνακας ελέγχου σε αεριζόμενο χώρο.
- Για να αποφευχθούν προβλήματα λειτουργίας των φλοτέρ από επιπλέοντα σκουπίδια μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα φρεάτιο ηρεμίας, με το άνοιγμά του κάτω από τη χαμηλότερη στάθμη του νερού.

Μπορεί να συγκεντρωθεί ίζημα στην περιοχή πίσω από τον σύνδεσμο εξαγωγής. Για να αποφευχθεί αυτό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια ασάλινη πλάκα ή να γεμίσει ο χώρος πίσω του από μπετόν. (Σχήμα 6.6)

## 6.7. Εγκατάσταση εν ξηρώ αντλιών

### 6.7.1. Σχεδιασμός αγωγού αναρρόφησης

Η θέση του αγωγού αναρρόφησης σε μια εγκατεστημένη εν ξηρώ αντλία ακολουθεί τις ίδιες κατευθυντήριες οδηγίες υδραυλικών θεμάτων όπως μια υποβρύχια αντλία. Πρέπει όμως να δοθεί μεγαλύτερη προσοχή στη βύθιση του στομίου εισόδου, επειδή ο αέρας μπορεί να παρασυρθεί μέσα στον αγωγό ευκολότερα απ' ό,τι σε μια υποβρύχια αντλία, της οποίας ο σαλίγκαρος ενεργεί ως καταστολέας των στροβίλων. Ο συσσωρευμένος αέρας στον αγωγό εισόδου μπορεί να μειώσει την απόδοση της αντλίας και τελικά να εμποδίσει τελείως τη λειτουργία της. Για ροές πάνω από 500 lit/sec, ο αγωγός εισόδου θα πρέπει να είναι εφοδιασμένος με χοανοειδές στόμιο εισόδου ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες και η παραγμένη ροή μέσα στην αντλία.

Για να επιτευχθεί ομοιόμορφη ροή στο στόμιο εισόδου της αντλίας, ο σχεδιασμός του αγωγού αναρρόφησης θα πρέπει να πληρεί τα εξής:

- Να παρέχει επαρκές θετικό ύψος αναρρόφησης NPSH
- Να ελαχιστοποιεί τις απώλειες τριβής
- Να έχει όσο το δυνατόν λιγότερες καμπύλες
- Να μην επιτρέπει το σχηματισμό φυσαλίδων στον αγωγό αναρρόφησης
- Να εξασφαλίζει σωστή ευθυγράμμιση του αγωγού
- Να παρέχει αυτόματο αερισμό μετά την αντλία και πριν από την αντεπίστροφη βαλβίδα

### 6.7.2. Θέση της βάνας στον αγωγό αναρρόφησης

Για να ελαχιστοποιηθεί το ενδεχόμενο σπηλαιώσης, θορύβου και κραδασμών, η βάνα και η έδρα της θα πρέπει να είναι ομαλά για να αποφευχθεί η ανατάραξη της ροής (προτιμώνται οι βάνες συρτού), και αν είναι δυνατόν, να βρίσκονται περισσότερο από πέντε διαμέτρους αγωγού μακριά από την αντλία.

### 6.7.3. Χοανοειδές στόμιο εισόδου

Για να επιταχυνθεί η ροή ομαλά μέσα στον αγωγό εισόδου και να μειωθούν οι απώλειες στο στόμιο εισόδου, θα πρέπει να είναι εφοδιασμένος με χοανοειδές στόμιο. Η βέλτιστη ταχύτητα στην είσοδο του χοανοειδούς στομίου είναι 1,7 m/sec (5,6 ft/sec), και θα πρέπει να βρίσκεται μέσα στα παρακάτω όρια:

#### Παροχή Ταχύτητα

< 1200 lit/s. 0,9 - 2,4 m/s. 3 - 8 ft/s.

>1200 lit/s. 1,2 - 2,1 m/s. 4 - 7 ft/s.

## 6.8. Αποφυγή κραδασμών και θορύβου

Η λειτουργία ενός περιστροφικού μηχανήματος προκαλεί πάντα θόρυβο και/ ή κραδασμούς κάποιας μορφής. Η αντλία και/ ή ο κινητήρας μπορούν να προκαλέσουν κραδασμούς και θόρυβο σε άλλα μέρη του συστήματος, στον αγωγό κλπ. Στις υποβρύχιες αντλίες, το υγρό του φρεατίου βοηθά στη μείωση του κραδασμού και του θορύβου. Ο σχεδιασμός για τις εγκατεστημένες εν ξηρώ αντλίες πρέπει να αναλύεται με μεγαλύτερη προσοχή για να μειωθούν αυτού του είδους τα προβλήματα.

Ο πρώτος κανόνας που πρέπει κανείς να γνωρίζει είναι ότι η αντλία λειτουργεί καλύτερα μέσα στο πεδίο λειτουργίας για το οποίο έχει σχεδιαστεί - κανονικά μεταξύ 50% και 125% του σημείου με το μέγιστο βαθμό απόδοσης (Best Efficiency Point, BEP). Σε αυτή την περιοχή, οι δυνάμεις στην πτερωτή και το σαλίγκαρο, η σπηλαιώση κλπ., κρατούνται στο ελάχιστο.

Τα τυπικά εξαρτήματα της αντλίας είναι σχεδιασμένα για χρήση σε μια σταθερή εγκατάσταση, όπου η συχνότητα της κύριας ανατάραξης θα είναι κάτω από τη χαμηλότερη συχνότητα, με αποτέλεσμα χαμηλότερα επίπεδα κραδασμών. Σε μερικές περιπτώσεις, ο σχεδιασμός μιας τελείως σταθερής εγκατάστασης δεν είναι αρκετός και το σύστημα ή τα μέρη του πρέπει να μονωθούν με ελαστικά παρεμβύσματα (σινεμπλόκ), ελαστικό τάπητα, αντικραδασμικά κλπ.

Όταν γίνεται αξιολόγηση του συστήματος, η ανάλυση της πηγής οποιασδήποτε ανατάραξης μπορεί να περιλαμβάνει:

- Αζυγοσταθμία στα περιστρεφόμενα μέρη. Αυτά έχουν κυρίαρχη επίδραση πάνω στη συχνότητα περιστροφής της αντλίας.
- Υδραυλικές δυνάμεις που προκαλούνται από διαφορές πίεσης μέσα στο σαλίγκαρο της αντλίας.
- Οι δυνάμεις πάνω στην πτερωτή και παλμοί πίεσης μέσα στο σύστημα σωλήνωσης δημιουργούνται καθώς τα πτερύγια της πτερωτής περνούν από τη στένωση του σαλίγκαρου, με συχνότητα που είναι το γινόμενο της ταχύτητας της πτερωτής και του αριθμού των πτερυγίων.

Με αυτές τις πληροφορίες, είναι δυνατόν να αναλυθεί το σύστημα με σκοπό την ελαχιστοποίηση ενδεχομένου κραδασμού, δηλ. το κρίσιμο μήκος του αγωγού και η ελάχιστη απόσταση για την στήριξη του αγωγού έτσι ώστε να εμποδιστούν οι αρμονικές.

Άλλοι παράγοντες που μπορούν να δημιουργήσουν θόρυβο είναι ο ηλεκτροκινητήρας, η ίδια η εσωτερική ροή (η ανατάραξη και ο στροβιλισμός μπορούν να κάνουν τους αγωγούς και τις βαλβίδες να παράγουν θόρυβο) και η σπηλαιώση μέσα στην αντλία ή μέσα στους αγωγούς/ βαλβίδες.

## 6.9. Αγκύρωση της αντλίας και στήριξη της σωλήνωσης.

Όλα τα μέρη του συστήματος θα πρέπει να είναι αγκυρωμένα έτσι ώστε οι συχνότητες των κύριων αναταράξεων να είναι κάτω από τη χαμηλότερη ιδιοσυχνότητα του συστήματος, που περιλαμβάνει αντλία, βάνες, στηρίγματα και αγωγούς.

Αν η αντλία και τα θεμέλια πρόκειται να απομονωθούν από το αντλιοστάσιο, συνιστάται η παρακάτω διαδικασία:

- Τα θεμέλια βάρους θα πρέπει να έχουν τουλάχιστον δύο φορές το βάρος των περιστρεφόμενων μερών.
- Χρησιμοποιούμε ελαστικά στηρίγματα, π.χ σινεμπλόκ ή ελαστικό τάπητα, ανάμεσα στη βάση και το δάπεδο ή το έδαφος.
- Χρησιμοποιούμε αντικραδασμικούς συνδέσμους στους αγωγούς.
- Αγκυρώνουμε τους αγωγούς στο δάπεδο ή σε κάποια άλλη στέρεα κατασκευή.
- Πρέπει να υπάρχουν οριζόντια και κάθετα στηρίγματα. Πρέπει να τοποθετούνται πρόσθετα στηρίγματα στα βαριά εξαρτήματα, όπως είναι οι βάνες.
- Για συστήματα σωλήνωσης με διάταξη μέτρησης της πίεσης για την ελαχιστοποίηση των κραδασμών, ο αγωγός θα πρέπει να στηρίζεται στη διάταξη αυτή ώστε να αποφεύγεται η μετάδοση των αυξομειώσεων της πίεσης.
- Οι ταχύτητες των κάθετων αγωγών πρέπει να διατηρούνται σε σταθερό επίπεδο, ώστε να αποφεύγεται η καθίζηση των στερεών. Η συνιστώμενη περιοχή είναι 1,5-2,5 m/s.

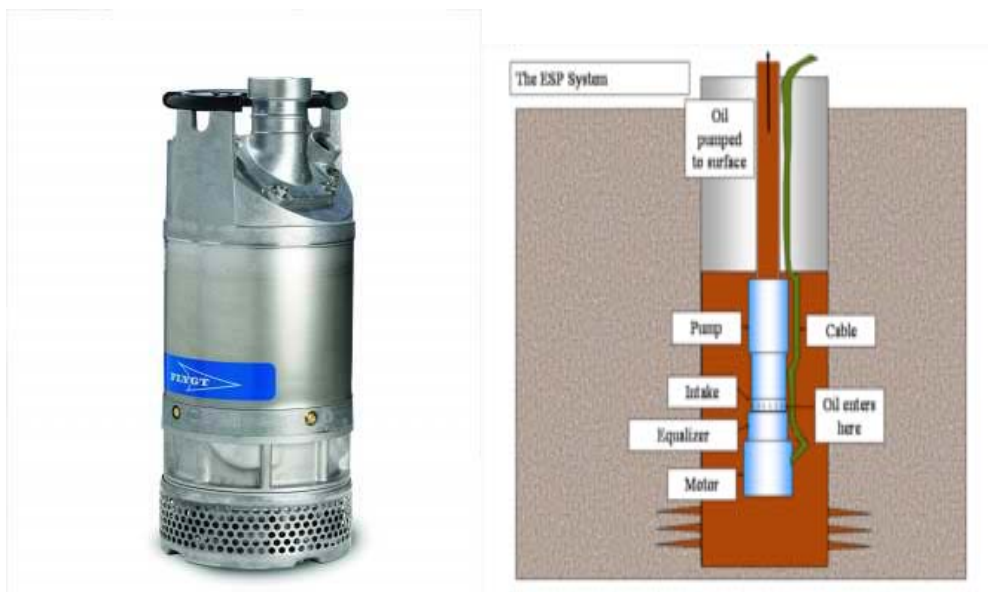
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### ΑΝΤΛΙΕΣ

#### 7.1. Πλεονεκτήματα υποβρυχίων αντλιών.

Οι υποβρύχιες αντλίες (Εικόνα 7.1) λειτουργούν προστατεύοντας τους κινητήρες από το υγρό που αντλείται. Συνήθως, οι κινητήρες τοποθετούνται σε στεγανό διαμέρισμα γεμάτο με λάδι. Οι περισσότεροι κινητήρες που χρησιμοποιούνται σε υποβρύχιες αντλίες είναι ηλεκτρικοί, είτε λειτουργούν με εναλλασσόμενο ρεύμα ή συνεχές ρεύμα. Τα πλεονεκτήματα των υποβρυχίων αντλιών:

- Αθόρυβη.
- Χωρίς κραδασμούς.
- Κοντός άξονας.
- Χωρίς διαρροές.
- Χωρίς πολλά υδραυλικά εξαρτήματα.
- Με μειωμένο κόστος κατασκευής αντλιοστασίου.
- Εύκολη στη συντήρηση.
- Χωρίς σωληνώσεις αναρρόφησης.

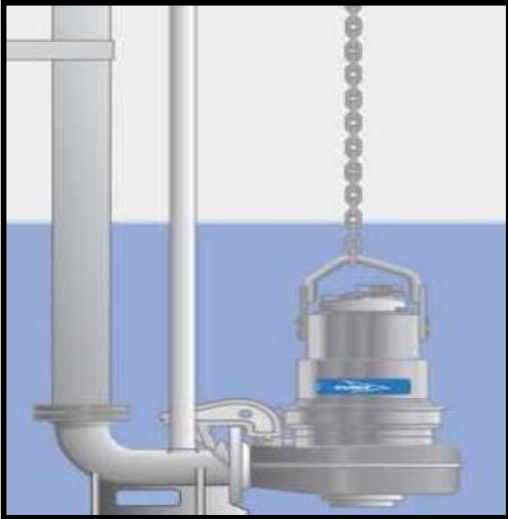


**Εικόνα 7.1.** Υποβρύχια αντλία συμβατικού τύπου, (LOWARA catalog 2010)

Επίσης οι υποβρύχιες αντλίες μπορεί στην πραγματικότητα να έχουν να κάνουν λιγότερη εργασία από ό, τι μια τυπική αντλία απλά επειδή είναι πιο κοντά στο υγρό που αντλούν. Υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα σε υποβρύχιες αντλίες, όπως η πιθανότητα οι υποβρύχιες αντλίες να υποστούν διάβρωση και να χάσουν την στεγανότητά τους, επιτρέποντας έτσι στο υγρό να διεισδύσει στο κάλυμμα του κινητήρα και να προκαλέσει σημαντικές ζημιές στη μονάδα. Επίσης, επειδή αυτές οι αντλίες είναι κάτω από το νερό ένα μεγάλο μέρος της ζωής τους, η πρόσβαση στην αντλία για τις επισκευές μπορεί να είναι δύσκολη.

## 7.2. Τρόποι εγκατάστασης αντλιών

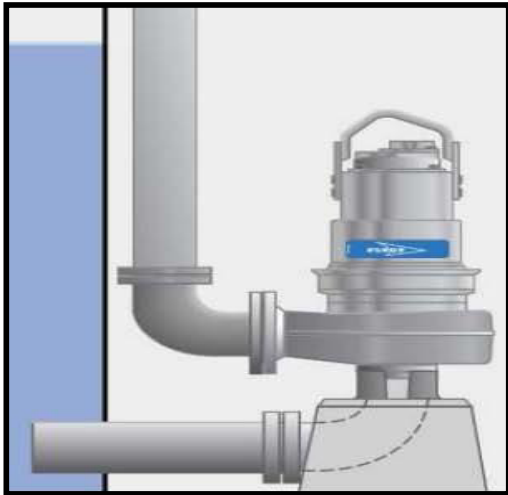
Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται ο τρόπος που εγκαθίστανται οι αντλίες.



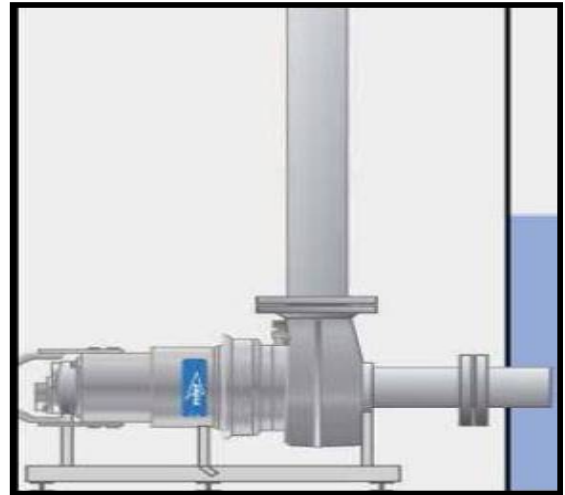
**Εικόνα 7.2.** Εγκατάσταση αντλίας με ανεξάρτητο πέλμα επικάθισης, (LOWARA catalog, 2010).



**Εικόνα 7.3.** Εγκατάσταση αντλίας με αυτόνομη έδραση, (LOWARA catalog, 2010).



**Εικόνα 7.4.** Εγκατάσταση αντλίας κάθετης τοποθέτησης σε ξηρό θάλαμο, (LOWARA catalog, 2010).



**Εικόνα 7.5.** Εγκατάσταση αντλίας οριζόντιας τοποθέτησης σε ξηρό θάλαμο, (LOWARA catalog, 2010).

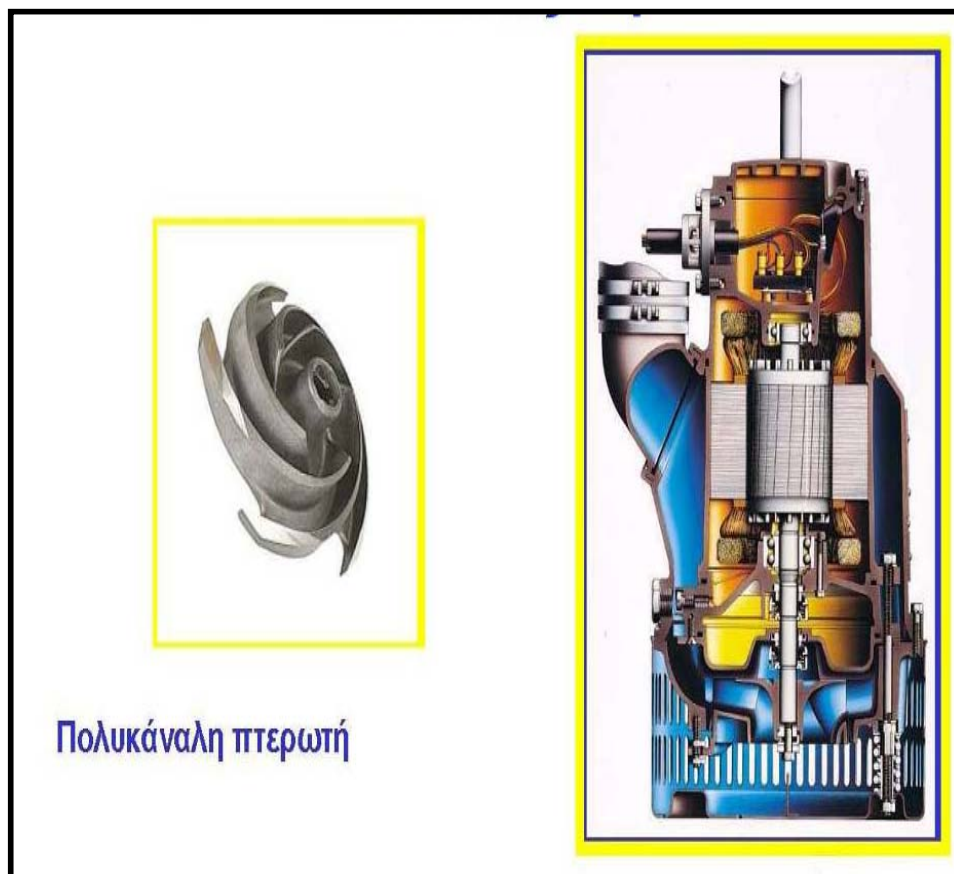
### 7.3. Τύποι υποβρυχίων αντλιών.

Τα κριτήρια επιλογής μιας αντλίας βασίζονται κυρίως στο είδος του προς άντληση υγρού.

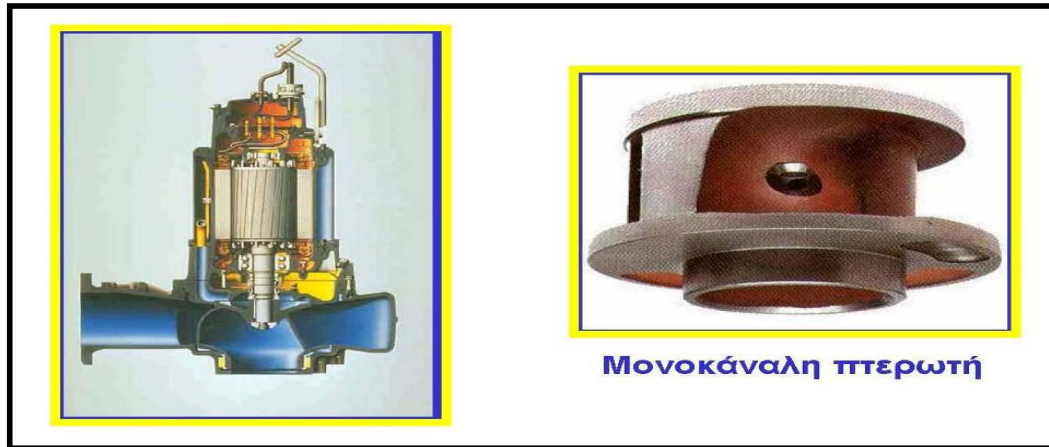
Μέχρι πρότεινος, η ειδοποιός διαφορά στην επιλογή αντλίας για λύματα από εκείνης για καθαρό νερό ήταν κοινά διεθνώς αποδεκτό το πέρασμα στερεών 70-100χλσ.

Όλες οι αντλίες που αντλούν λύματα είναι κατασκευασμένες με κύριο σκεπτικό την όσον δυνατόν καλύτερη άντλησή τους, λαμβάνοντας σοβαρά υπόψη τις ιδιαιτερότητες των διαφόρων αντλούμενων υγρών. Φυσικά κάθε τύπος υποβρυχίων αντλιών έχει τα όριά του, κυρίως λόγω του τρόπου κατασκευής τους.

Παρακάτω παρουσιάζονται αντλίες με πτερωτές διαφόρων τύπων.

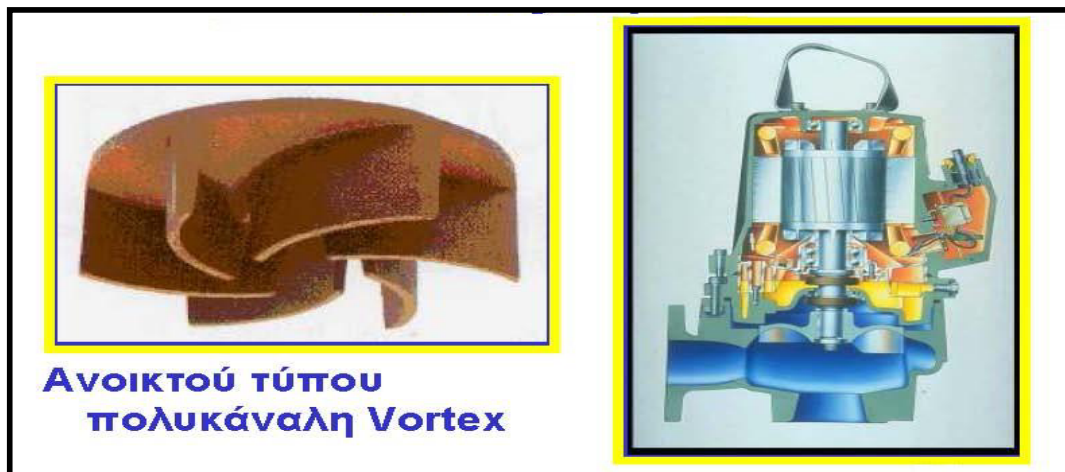


**Εικόνα 7.6.** Αντλία με πολυκάναλη πτερωτή αποστράγγισης, μικρού βάρους, εύκολη στη μεταφορά αλλά ακατάλληλη για άντληση λυμάτων διότι παρουσιάζει έντονα προβλήματα έμφραξης. ([www.ittlowara.com](http://www.ittlowara.com))



**Μονοκάναλη πτερωτή**

**Εικόνα 7.7.** Αντλία με μονοκάναλη πτερωτή όπου τα πλεονεκτήματα της είναι ο υψηλός βαθμός απόδοσης και τα λίγα προβλήματα έμφραξης. Τα μειονεκτήματα που παρουσιάζει είναι στη δυσκολία ζυγοστάθμισης, έχει μεγάλες γωνιακές δυνάμεις, και έχει κραδασμούς. ([www.ittlowara.com](http://www.ittlowara.com))



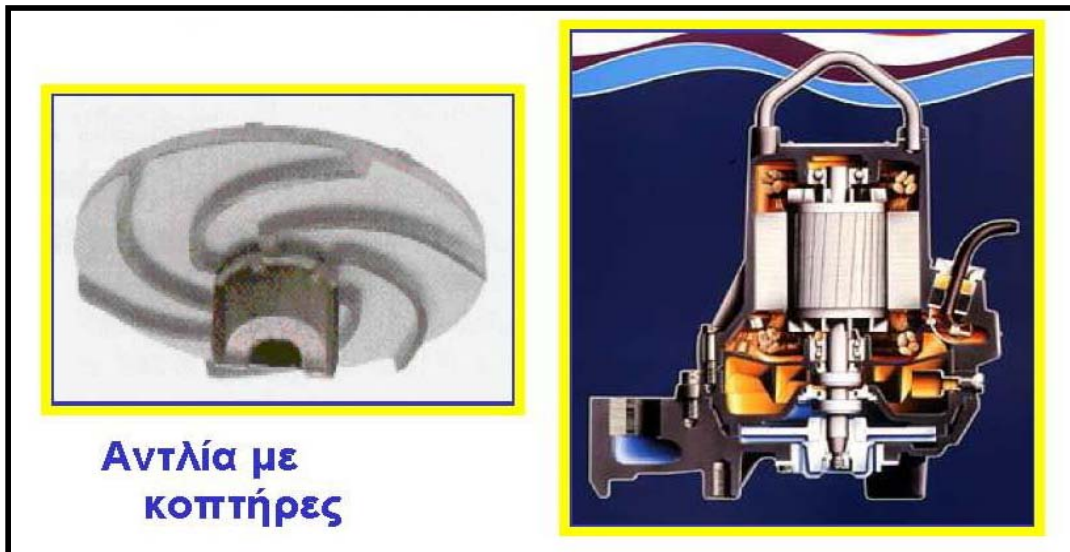
**Ανοικτού τύπου  
πολυκάναλη Vortex**

**Εικόνα 7.8.** Αντλία ανοικτού τύπου πολυκάναλης πτερωτής Vortex. Ως πλεονεκτήματα παρουσιάζει μεγάλο πέρασμα στερεών, μικρές ακτινικές δυνάμεις, και δεν απαιτείτε δακτύλιος φθοράς. Τα μειονεκτήματα της είναι ο χαμηλός βαθμός απόδοσης, το περιορισμένο εύρος καμπυλών λειτουργίας. ([www.ittlowara.com](http://www.ittlowara.com))

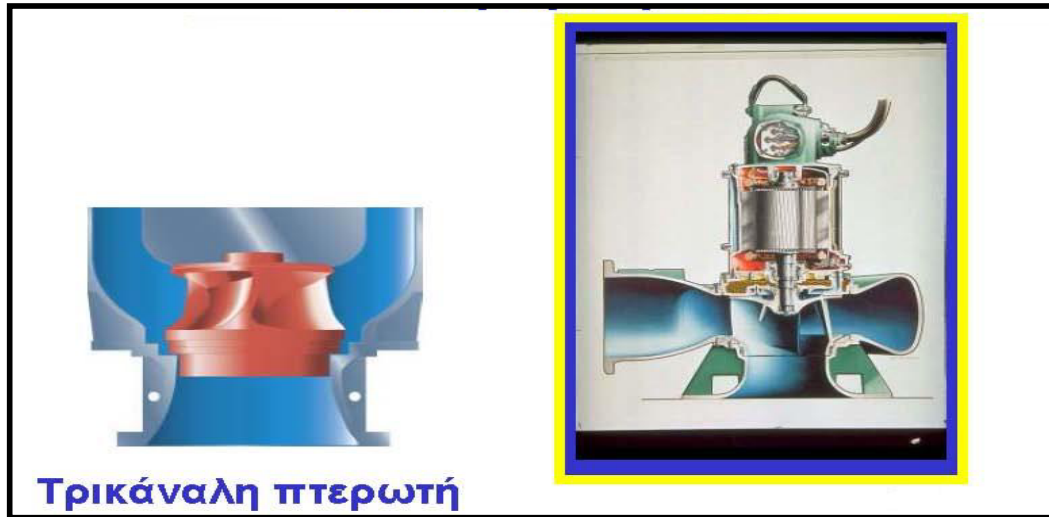




**Εικόνα 7.9.** Αντλία με πτερωτή δικάναλη ανοιχτού τύπου με τεμαχιστή με τεμαχιστή μακρόϊνων. Τα πλεονεκτήματά της είναι τα εξής: Μη εμφρασομένου τύπου, Κατάλληλες για άντληση λυμάτων με μακρόϊνα (υγρή κοπριά), και μηχανικά επεξεργάσιμη πτερωτή. Τα μειονεκτήματα είναι: Μικρό πέρασμα στερεών, έντονοι κραδασμοί σε μικρές παροχές. ([www.ittlowara.com](http://www.ittlowara.com))



**Εικόνα 7.10.** Αντλία με πτερωτή κοπτήρων, παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα: Λειτουργεί σαν τεμαχιστής, παρουσιάζει μεγάλα μονομετρικά, και χρειάζεται μικρής διατομής σωληνώσεις. Σαν μειονεκτήματα έχει, μικρό βαθμό απόδοσης, και μικρές παροχές. ([www.ittlowara.com](http://www.ittlowara.com))



**Εικόνα 7.11.** Αντλία με τρικόναλη πτερωτή. Τα πλεονεκτήματα της είναι τα εξής: Μεγάλες παροχές, και υψηλός βαθμός απόδοσης. Σαν μειονεκτήματα διακρίνουμε μια ογκώδη αντλία με προβλήματα έμφραξης. ([www.ittlowara.com](http://www.ittlowara.com))



**Εικόνα 7.12.** Η άντληση λυμάτων με αντλία τύπου προπέλας πτερωτής έχει σαν πλεονεκτήματα τις μεγάλες παροχές, τον υψηλό βαθμό απόδοσης μη εμφρασομένου τύπου. Το ότι απαιτεί πολύ καλό σχεδιασμό αντλιοστασίου και τα μικρά μανομετρικά της, είναι τα μειονεκτήματα αυτού του τύπου αντλίας. ([www.ittlowara.com](http://www.ittlowara.com))

Ένα από τα δύσκολα προβλήματα που συναντάμε στην άντληση λυμάτων είναι η έμφραξη.

Οι εμφράξεις θα μπορούσαν να ταξινομηθούν με πολλούς τρόπους.

Η πλέον συνηθισμένη περίπτωση είναι αυτή που δημιουργούν τα μακρόνια όπως κουρέλια, τρίχες, πλαστικά κλπ.

- Προσκολλούνται στη πτερωτή ή μπλοκάρουν τα κανάλια ροής των πτερυγίων της πτερωτής.
- Εγκαθίστανται στα διάκενα μεταξύ πτερωτής και στομίου αναρρόφησης, κυρίως εκεί που υπάρχει υπό πίεση όπως στο λαιμό των κλειστού τύπου μονοκάναλων πτερωτών.

#### 7.4. ΑΝΤΛΙΕΣ ΤΥΠΟΥ “N”

Τα χαρακτηριστικά των αντλιών τύπου “N” είναι:

- Ο άνω διαχύτης είναι με διαμόρφωση απομάκρυνσης μακρόνιων και στερεών.
- Ο κάτω διαχύτης είναι με ελικοειδή διαμόρφωση.
- Η αντλία είναι δικάναλη ανοικτού μη εμφρασόμενου τύπου πτερωτή.



Εικόνα 7.13. Αντλία τύπου “N” σε τομή. ([www.ittlowara.com](http://www.ittlowara.com))

Πλεονεκτήματα αντλιών τύπου “N”:

- Μεγάλη σταθερή απόδοση.
- Μη εφρασόμενη.
- Μηχανικά επεξεργάσιμη πτερωτή.
- Μικρές ακτινικές δυνάμεις και μικρού βάρους.

## 7.5. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΓΙΑ ΥΠΟΒΡΥΧΙΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΜΕ ΚΙΝΗΤΗΡΑ $\geq 7,5$ KW

### 7.5.1. Απαιτήσεις

Οι υποβρύχιες αντλίες θα πρέπει να έχουν συγκεκριμένη παροχή ( $m^3/h$ ), μανομετρικό ύψος (m), αριθμό στροφών (RPM) και συνολικό βαθμό απόδοσής στο σημείο λειτουργίας τους (%). Για λόγους ασφαλείας, η αντλία θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να μπορεί να εκκινεί μέχρι και τριάντα (30) φορές μέσα σε χρονικό διάστημα μίας ώρας. Η αντλία θα πρέπει να είναι ομοαξονικά συζευγμένη με κατακόρυφο ηλεκτρικό κινητήρα «υποβρυχίου τύπου», με ισχύ (kW), ικανή ώστε να λειτουργεί σε δίκτυο παροχής τάσης 400 Volt, 3 φάσεων και συχνότητας 50 Hz. Η αντλία θα πρέπει να είναι εξοπλισμένη με υποβρύχιο καλώδιο (SUBCAB). Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του υποβρυχίου καλωδίου ισχύος θα είναι σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς IEC. Η αντλία θα συνοδεύεται από πέλμα επικάθισης από χυτοσίδηρο, το οποίο θα πακτώνεται στον πυθμένα της δεξαμενής.

### 7.5.2. Σχεδιασμός της Αντλίας

Η αντλία θα συνδέεται σταθερά στο πέλμα επικάθισης και θα ολισθαίνει πάνω σε δύο τουλάχιστον οδηγούς ράβδους, εκτεινόμενες από την κορυφή του αντλιοστασίου μέχρι το πέλμα επικάθισης της αντλίας. Η διάταξη εγκατάστασης πρέπει να είναι τέτοια ώστε να μην χρειάζεται είσοδος του προσωπικού στο υγρό φρεάτιο. Η στεγανότητα της αντλίας στο σημείο επαφής με το πέλμα επικάθισης πρέπει να επιτυγχάνεται μέσω μηχανικά επεξεργασμένης μεταλλικής υδατοστεγούς επαφής. Στεγανότητα του πέλματος επικάθισης με στεγανοποιητικό δακτυλίδι, παρεμβύσματα ή διάφραγμα, το οποίο πρέπει να αντικαθίσταται, δεν θα γίνεται αποδεκτή. Κανένα τμήμα της αντλίας δεν χρειάζεται στήριξη κατευθείαν στον πυθμένα της δεξαμενής, παρά μόνο στο πέλμα επικάθισης.

### 7.5.3. Κατασκευή της Αντλίας - Υλικά κατασκευής

Τα κύρια εξαρτήματα της αντλίας θα είναι από γκρίζο χυτοσίδηρο (grey cast iron), προδιαγραφών ASTM A 48 CLASS 35B ή BS 1452 GRADE 260 ή DIN 1691 GG25, με λείες επιφάνειες, ελεύθερες από φυσαλίδες ή άλλες ανωμαλίες. Όλα τα εκτεθειμένα παξιμάδια, βίδες και ροδέλες θα είναι από ανοξείδωτο χάλυβα προδιαγραφών AISI 304 ή DIN 17440 x 5 CrNi 1810 ή καλύτερης ποιότητας. Όλες οι μεταλλικές επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με το αντλούμενο υγρό και δεν είναι από ανοξείδωτο χάλυβα ή ορείχαλκο, θα πρέπει να προστατεύονται με ειδική βαφή (Durasolid). Κρίσιμες μεταλλικές επιφάνειες, όπου απαιτείται υδατοστεγανότητα, θα είναι μηχανικά κατεργασμένες και συναρμολογημένες με στεγανοποιητικούς δακτυλίους από Nitrile rubber ή Viton. Η συναρμογή τους θα επιτυγχάνεται με ελεγχόμενη επαφή και συμπίεση των στεγανοποιητικών δακτυλίων, και στις τέσσερις πλευρές του αύλακα τους, χωρίς να απαιτείται ειδική ροπή στήριξης στους κοχλίες που ασφαλίζουν τη συναρμογή. Ορθογωνικής διατομής φλάντζες, που απαιτούν ειδική ροπή στρέψης, ή στεγανοποιητικές ουσίες δεν θα γίνονται αποδεκτές.

#### 7.5.4. Σύστημα Ψύξεως

Κάθε αντλία θα διαθέτει ένα κατάλληλα σχεδιασμένο σύστημα ψύξης. Το σύστημα ψύξεως θα πρέπει να παρέχει ικανοποιητική ψύξη για συνεχή λειτουργία άντλησης ρευστού με θερμοκρασία μέχρι 40°C. Τα αντλητικά συγκροτήματα πρέπει να διαθέτουν μανδύα ψύξεως (cooling jacket) με κλειστό σύστημα ψύξης. Μείγμα μονοπροπυλική - γλυκόλης κυκλοφορεί στο μανδύα ψύξεως της αντλίας, με εξαναγκασμένη ροή μέσω μικρής πτερωτής που είναι τοποθετημένη ανάμεσα στους 2 μηχανικούς στυπιοθλίπτες, ψύχοντας έτσι τον κινητήρα. Η χρήση του αντλούμενου υγρού σαν μέσο ψύξης δεν θα γίνεται αποδεκτή.

#### 7.5.5. Στυπιοθλίπτης εισόδου καλωδίου

Ο σχεδιασμός του στυπιοθλίπτη εισόδου καλωδίου θα πρέπει να εξασφαλίζει υδατοστεγανότητα χωρίς να χρειάζεται ειδική σύσφιξη με συγκεκριμένη ροπή στρέψεως. Η είσοδος του καλωδίου θα αποτελείται από ένα κυλινδρικό ελαστικό δακτύλιο, πλαισιωμένο από ροδέλες. Όλα μαζί θα είναι συναρμολογημένα με απόλυτη ακρίβεια ως προς την εξωτερική διάμετρο του καλωδίου και την εσωτερική διάμετρο της εισόδου. Η συμπίεση του ελαστικού παρεμβύσματος θα γίνεται με τρόπο που θα αυτασφαλίζεται σε τυχόν τράβηγμα του καλωδίου.

#### 7.5.6. Κινητήρας

Ο κινητήρας της αντλίας θα είναι επαγωγικός, τύπου βραχυκυκλωμένου δρομέα, τοποθετημένος μέσα σε κέλυφος (περίβλημα), ο θάλαμος του οποίου θα είναι υδατοστεγής. Τα τυλίγματα του στάτορα θα είναι μονωμένα (κλάσης H), ανθεκτικά στην υγρασία και σε θερμοκρασίες μέχρι 180°C. Ο στάτορας θα έχει «ψεκαστεί» με ρητίνη, προσδίδοντας υψηλότερη μόνωση, με πολύ μικρότερο κίνδυνο δημιουργίας φυσαλίδων αέρα. Ο στάτορας θα είναι τοποθετημένος στο θάλαμο του κελύφους, αφού, προηγουμένως, το περίβλημα έχει θερμοανθεί (συναρμογή σύσφιξης). Ο κινητήρας θα είναι σχεδιασμένος για συνεχή λειτουργία άντλησης ρευστών θερμοκρασίας μέχρι 40°C και για τριάντα (30) εκκινήσεις την ώρα. Θα διαθέτει θερμικούς διακόπτες ρυθμισμένους να ανοίγουν στους 140°C και να κλείνουν στους 70°C, θα είναι δε τοποθετημένοι μέσα στα τυλίγματα των αγωγών του στάτορα, ώστε να ελέγχουν τη θερμοκρασία κάθε φάσης του τυλίγματος. Ο θάλαμος σύνδεσης θα περιέχει τον τερματικό πίνακα και θα είναι ερμητικά απομονωμένος από τον κινητήρα με ένα ελαστομερές **O-ring**. Η σύνδεση των καλωδίων και των ακροδεκτών του στάτορα θα γίνεται με κοχλιωτή σύνδεση σύσφιξης μόνιμα στερεωμένης πάνω στον τερματικό πίνακα. Συνδέσεις με ακροδέκτες ή κοινός τρόπος σύνδεσης αγωγού με παξιμάδι και ροδέλα δεν γίνονται αποδεκτές.

Ο κινητήρας και η αντλία θα είναι σχεδιασμένοι και συναρμολογημένοι από τον ίδιο κατασκευαστή. Ο ενδιάμεσος συντελεστής εξυπηρέτησης (συνδυασμένο αποτέλεσμα τιμής τάσεως, συχνότητας και ειδικού βάρους) θα είναι τουλάχιστον 1.15. Ο κινητήρας θα μπορεί να λειτουργεί με διακύμανση τάσεως της τάξης του +/- 10%. Ο κινητήρας θα είναι σχεδιασμένος για λειτουργία σε θερμοκρασία περιβάλλοντος έως 40°C και σε πιθανή αύξηση θερμοκρασίας μέχρι 85°C. Ο πίνακας του κινητήρα που θα παραδοθεί θα πρέπει να περιλαμβάνει τις εξής καμπύλες λειτουργίας: Ροπής στρέψεως, ηλεκτρικής έντασης, συντελεστή ισχύος, βαθμού απόδοσης, απορροφούμενης ισχύος καθώς και ισχύος στον άξονα.

Ο κινητήρας και το καλώδιο θα αντέχουν σε συνεχή υποβρύχια παραμονή χωρίς να χάνουν την υδατοστεγανότητά τους, σύμφωνα με τον κανόνα προστασίας IP 68. Η ονομαστική ισχύς του κινητήρα θα είναι αρκετή ώστε η αντλία να μην υπερφορτίζεται σε όλη την περιοχή της καμπύλης λειτουργίας της αντλίας. Το καλώδιο τροφοδοσίας θα περιλαμβάνει δύο επαφές  $1.5\text{mm}^2$  για τον έλεγχο των θερμικών διακοπών και αισθητήρες προστασίας.

### 7.5.7. Έδρανα

Ο άξονας της αντλίας/κινητήρα θα εδράζεται βάσει του κανόνα σταθερής πλωτής έδρασης σε τριβείς κύλισης, οι οποίοι θα διαθέτουν λίπανση για όλη τη διάρκεια της ζωής τους. Το άνω έδρανο θα είναι ένας ένσφαιρος τριβέας απλής σειράς βαθιάς αυλάκωσης. Το κάτω έδρανο θα είναι ένας ένσφαιρος τριβέας διπλής σειράς γωνιακής επαφής για την αντιστάθμιση αξονικών και ακτινικών δυνάμεων.

### 7.5.8. Μηχανική στεγανοποίηση

Κάθε αντλία θα είναι εφοδιασμένη με ένα εν σειρά μηχανικό σύστημα στεγανότητας άξονα, αποτελούμενο από δύο ανεξάρτητα συγκροτήματα στυπιοθλιπτικών.

Ο κάτω πρωτεύων μηχανικός στυπιοθλίπτης, μεταξύ του σαλίγκαρου της αντλίας και του θαλάμου επιθεώρησης, θα περιέχει ένα στατικό και έναν περιστρεφόμενο δακτύλιο από αντιοξειδωτικό καρβίδιο του βολφραμίου (εύρος pH από 3 έως 14).

Ο άνω δευτερεύων μηχανικός στυπιοθλίπτης, τοποθετημένος μεταξύ του θαλάμου επιθεώρησης και του περιβλήματος του κινητήρα, θα περιέχει ένα στατικό και έναν περιστρεφόμενο δακτύλιο από αντιοξειδωτικό καρβίδιο του βολφραμίου (εύρος pH από 3 έως 14).

Η επαφή των λειασμένων επιφανειών σε κάθε σημείο στεγανότητας θα επιτυγχάνεται με δικό του σύστημα ελατηρίων. Οι στυπιοθλίπτες δεν θα απαιτούν συντήρηση και ρύθμιση, ούτε η ικανότητα στεγανοποίησης θα εξαρτάται από τη διεύθυνση περιστροφής του άξονα.

Άλλες μέθοδοι στεγανοποίησης (δηλαδή χωρίς 2 μηχανικούς στυπιοθλίπτες) δεν θα θεωρούνται ισοδύναμες και δεν θα γίνονται αποδεκτές.

Επίσης το κάτω μέρος του θαλάμου επιθεώρησης θα είναι εφοδιασμένο με ειδική ελικοειδή διαμόρφωση (spiral groove), με την οποία επιτυγχάνεται δραστική μείωση της φθοράς στο χώρο του εξωτερικού μηχανικού στυπιοθλίπτη, λόγω της δημιουργούμενης ελικοειδούς κίνησης των αιωρούμενων στερεών στοιχείων του ρευστού.

Τα στερεά σωματίδια (άμμος, κλπ.), καταυτόν τον τρόπο, απομακρύνονται και, έτσι, αυξάνεται η διάρκεια ζωής λειτουργίας της αντλίας, διότι, και αν ακόμη εισχωρήσει νερό στο θάλαμο επιθεώρησης, η αντλία λειτουργεί χωρίς πρόβλημα, αφού δεν καταστρέφεται ο εσωτερικός στυπιοθλίπτης ελλείψει άμμου.

### 7.5.9. Άξονας αντλίας

Ο άξονας της αντλίας και του κινητήρα θα είναι ενιαίος. Σύνδεσμοι δεν θα γίνονται αποδεκτοί. Το υλικό του άξονα θα είναι ανοξειδωτος χάλυβας αξόνων κατά AISI431 και δεν θα έρχεται σε επαφή με το αντλούμενο υγρό (πλήρως στεγανοποιημένος). Θα είναι δε ζυγοσταθμισμένος κατά ISO 1940 ή ανώτερο.

### 7.5.10. Πτερωτή

Η πτερωτή θα είναι από χυτοσίδηρο Cast iron ASTM A-48 CLASS 35B ή GG25 κατά DIN, υδροδυναμικά ζυγοσταθμισμένη, ολιγοκάναλη, ανεμπόδιστη ροής (χωρίς εμφράξεις) χωρίς οξείες στροφές. Η πτερωτή θα μπορεί να χρησιμοποιείται για την άντληση υγρών που περιέχουν στερεά απόβλητα, ινώδη υλικά, πυκνή λάσπη και άλλες ύλες που περιέχονται σε συνήθη ακάθαρτα νερά (λύματα). Η πτερωτή θα είναι ημι-ανοικτού τύπου, με πτερύγια κλίνοντα προς τα πίσω, ανεμπόδιστη ροής (χωρίς εμφράξεις). Η πτερωτή θα λειτουργεί σε συνδυασμό με σύστημα block, σταθερό, που τοποθετείται στην αναρρόφηση του σαλίγκαρου της αντλίας. Τα πτερύγια της πτερωτής θα είναι αυτο-καθαριζόμενα. Η διάταξη και η μορφολογία της πτερωτής επιτρέπουν την διέλευση μακροίνων, στερεών σωμάτων κλπ., επιτυγχάνεται, δε, μη επικάλυψη στερεών στοιχείων σε αυτήν, διατηρώντας, έτσι, μία αδιατάρακτη λειτουργία άντλησης (η διαδρομή ροής θα γίνεται μέσω ειδικής αύλακας ανακούφισης στο θάλαμο της αντλίας). Τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα υψηλό και σταθερό βαθμό απόδοσης σε όλη τη διάρκεια άντλησης (σε αντίθεση με μία συμβατική αντλία λυμάτων, της οποίας η απόδοση μειώνεται λόγω φαινομένων έμφραξης), καθώς και χαμηλή απορροφούμενη ισχύ, που σημαίνει χαμηλό κόστος λειτουργίας. Η πτερωτή θα είναι «κλειδωμένη» στον άξονα. Ο υδραυλικός βαθμός απόδοσης της αντλίας (%) θα πρέπει να είναι συγκεκριμένος στο ονομαστικό σημείο λειτουργίας.

### 7.5.11. Σαλίγκαρος αντλίας (Ατέρμων κοχλίας)

Το περίβλημα θα αποτελείται από ένα μόνο τεμάχιο από γκρίζο χυτοσίδηρο (ASTM A-48 CLASS 35B) μη ομοκεντρικού τύπου με διόδους (περάσματα) λεία και αρκετά μεγάλα ώστε να περνούν στερεά. Επίσης, ο σαλίγκαρος της αντλίας θα φέρει φλάντζα, κατάλληλα διαμορφωμένη και τοποθετημένη ώστε να μπορεί να δεχθεί βαλβίδα ανάδευσης.

### 7.5.12. Προστασία

Όλοι οι κινητήρες θα έχουν:

- Ενσωματωμένους θερμικούς διακόπτες στο τύλιγμα κάθε φάσης, συνδεδεμένους σε σειρά. Οι θερμικοί διακόπτες θα ανοίγουν στους 140°C.
- Αισθητήρα στάθμης για την ανίχνευση υγρασίας στο θάλαμο επιθεώρησης.

Για τη διακριτή λήψη των 2 παραπάνω πιθανών βλαβών, τα σήματα θα οδηγούνται με ένα ζεύγος καλωδίου 2 x 1,5 στον ηλεκτρικό πίνακα, όπου θα συνδέονται σε ηλεκτρονικό προστασίας κατασκευής του ίδιου οίκου των αντλιών το οποίο είναι εφοδιασμένο με λυχνίες τροφοδοσίας, alarm υπερθέρμανσης και alarm διαρροής στο θάλαμο επιθεώρησης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

### 8.1. ΑΝΑΔΕΥΤΗΡΕΣ

Οι αναδευτήρες χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες :

- Αναδευτήρας τύπου Contact
- Αναδευτήρας τύπου Banana



**Εικόνα 8.1.** Αναδευτήρας Τύπου Banana (4410 & 4430),

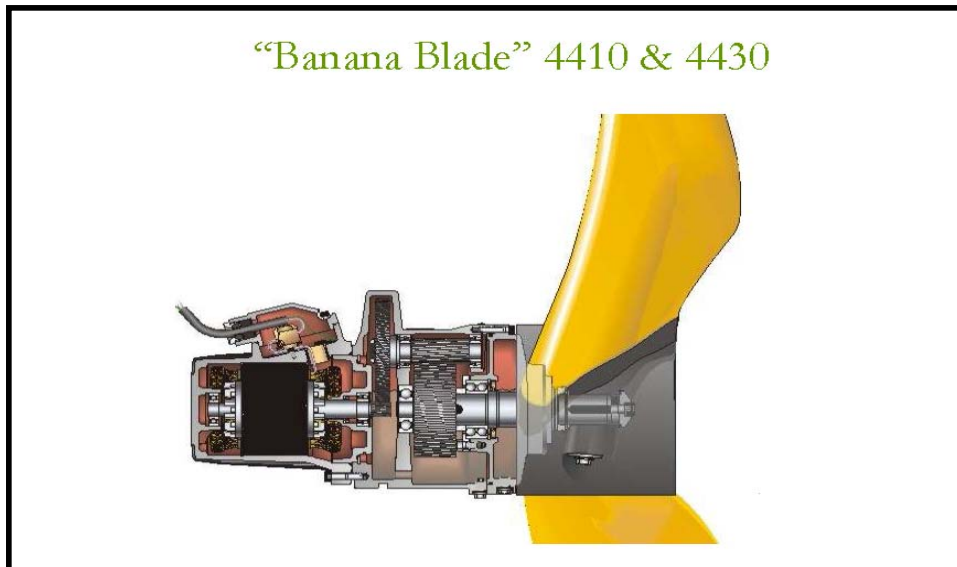
([www.ittlowara.com](http://www.ittlowara.com))



## 8.2. Αναδευτήρας τύπου Compact.



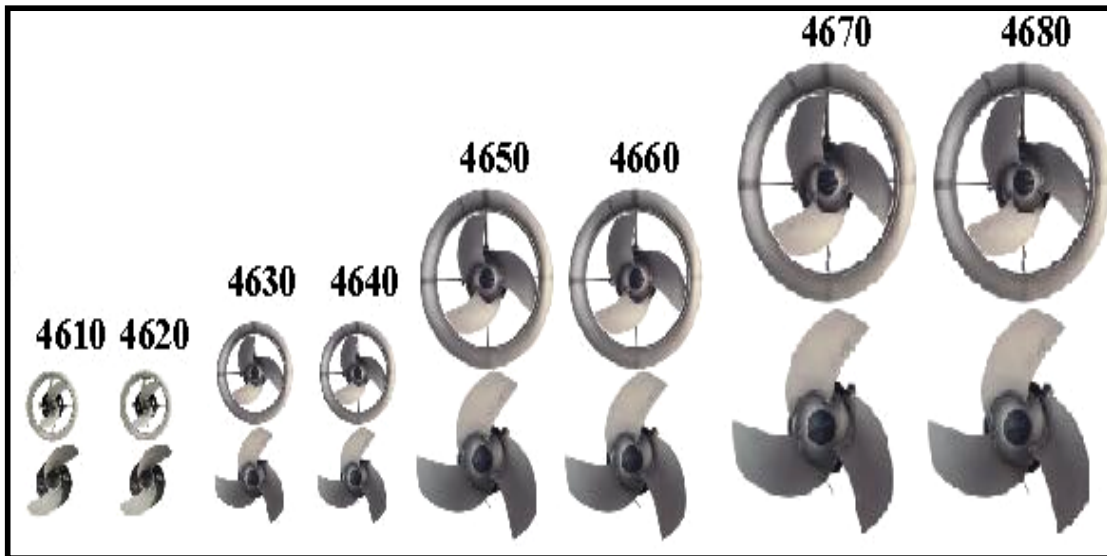
Εικόνα 8.2. Αναδευτήρας τύπου Compact 4600,  
(LOWARA catalog 2010)



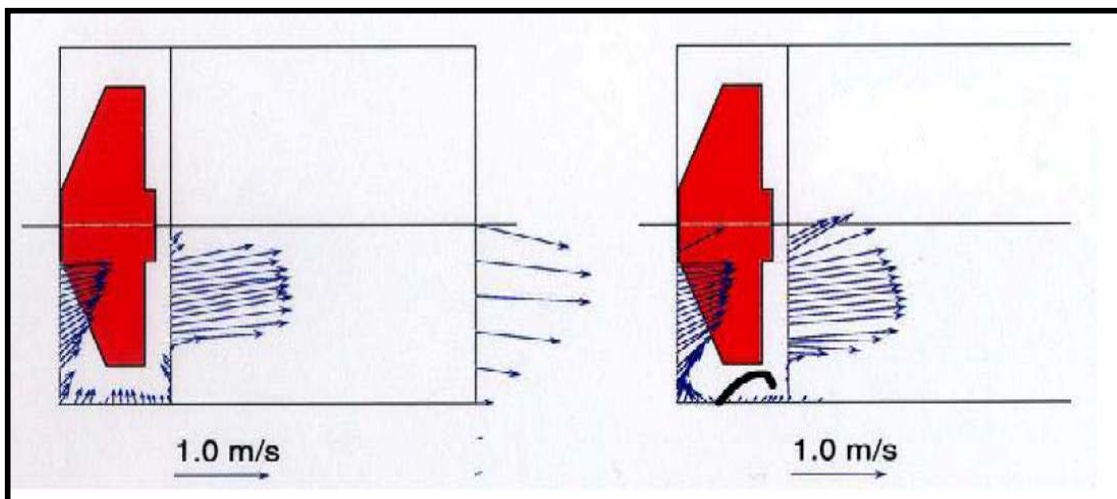
Εικόνα 8.3. Αναδευτήρα Banana σε τομή,  
([www.ittlowara.com](http://www.ittlowara.com))

Στους αναδευτήρες Compact διακρίνουμε τα εξής χαρακτηριστικά:

- 8 μεγέθη κινητήρων
- 4 μεγέθη προπελών
- Διαφορετικές γωνίες κλήσης προπελών
- Jetring
- SS 304 & SS 316
- Χρήση και ως αντλίες (όχι για τους 4610 & 4620)



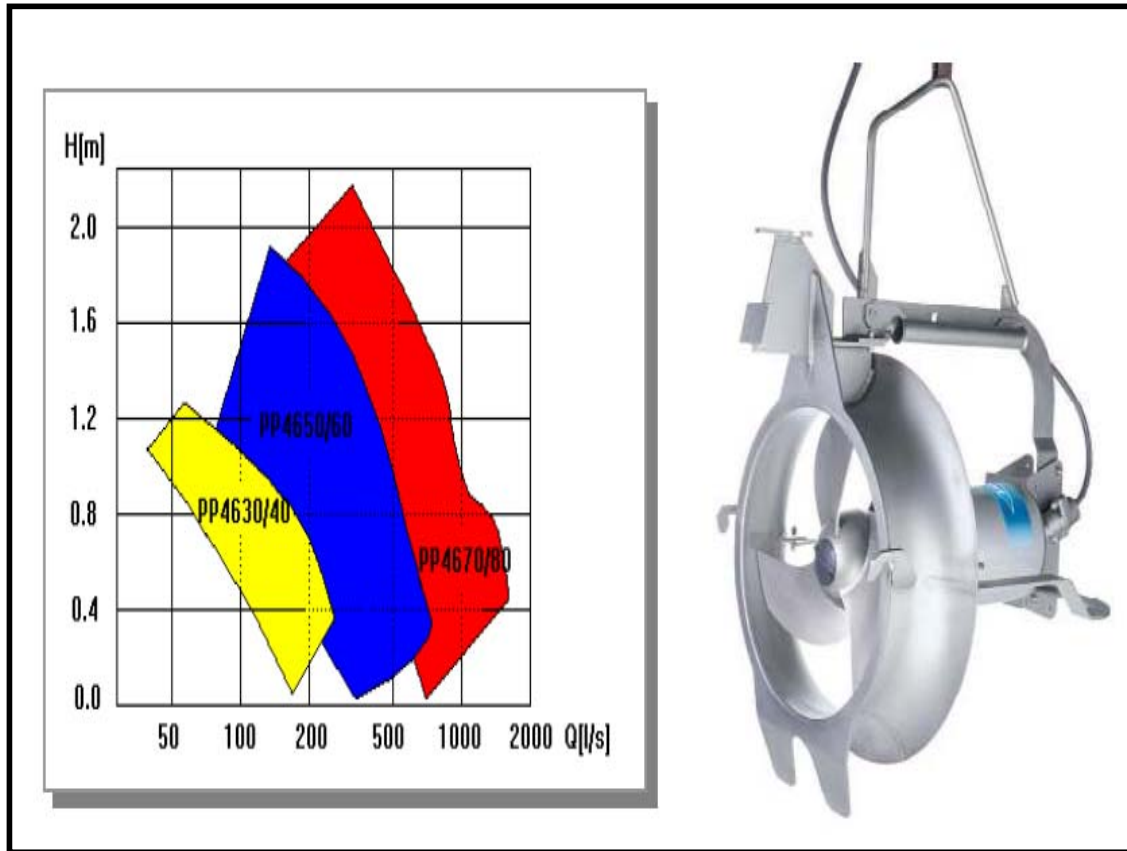
Σχήμα 8.4. Τύποι προπελών, (LOWARA catalog 2010).



Σχήμα 8.5. Χρήση του αναδευτήρα σαν αντλία, (LOWARA catalog 2010)

### 8.3. ΡΡ-Αντλίες

Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται αναδευτήρες σε εφαρμογές άντλησης.



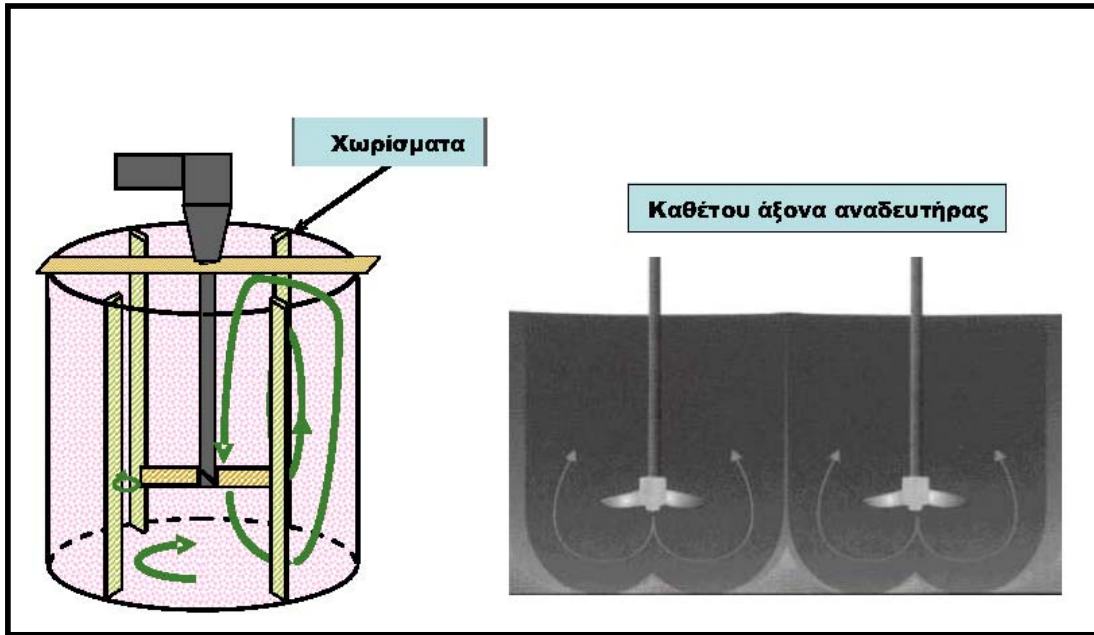
**Σχήμα 8.6.** Διάγραμμα απεικόνισης αναδευτήρων σε εφαρμογές άντλησης.  
(Flygt catalog 2010)

### 8.4. Σκοπός της ανάδευσης.

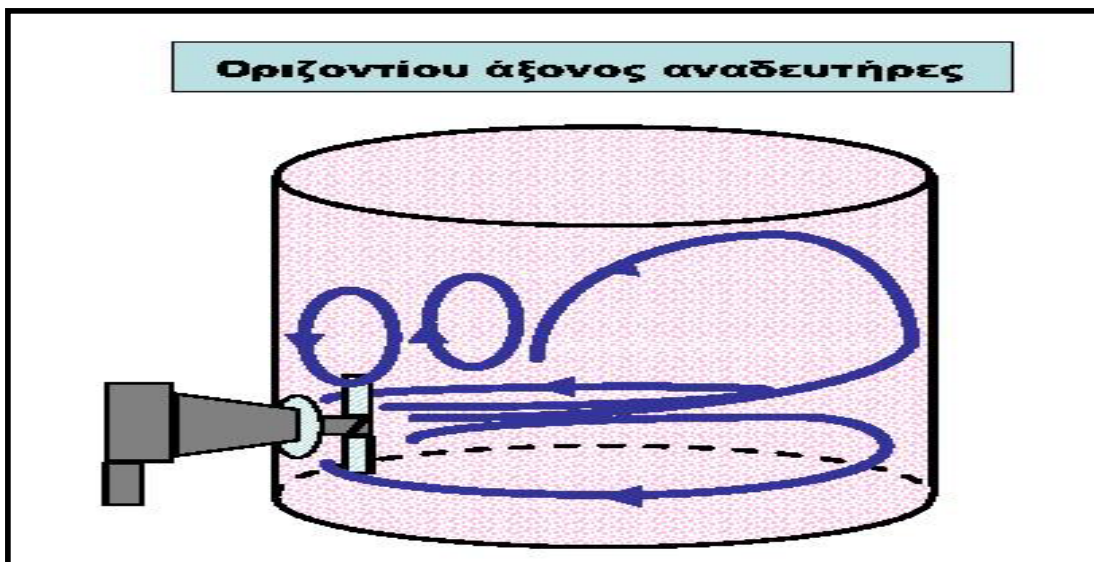
Η ανάδευση πραγματοποιείται με σκοπό τα παρακάτω :

- Αιώρηση των στερεών εντός υγρού. Η αιώρηση έχει σαν αποτέλεσμα τη διατήρηση καθαρού πυθμένα στη δεξαμενή και την ομογενοποίηση του υγρού.
- Ανάμειξη διαφορετικών υγρών, και ελαχιστοποίηση συμπυκνωμάτων.
- Αποφυγή διαστρωμάτωσης και πρόληψη διαχωρισμού υγρών διαφορετικής πυκνότητας.
- Κυκλοφορία υγρών άρα μεταφορά υλικών και θερμοκρασίας.

### 8.5. Παραδοσιακοί μηχανικοί αναδευτήρες.



Σχήμα 8.7. Αναδευτήρες κάθετου άξονα. ([www.itllowara.com](http://www.itllowara.com))



Σχήμα 8.8. Αναδευτήρες οριζόντιου άξονα. ([www.itllowara.com](http://www.itllowara.com))

Οι αναδευτήρες κάθετου άξονα είναι κατάλληλοι για μικρές δεξαμενές (100m<sup>3</sup>). Απαιτούνται χωρίσματα για καλή απόδοση και διαζώματα για την εγκατάσταση. Έχουν μεγάλες απώλειες ενέργειας και απαιτούν μεγάλο κόστος συντήρησης και λειτουργίας. (Σχήματα 8.7, 8.8)

Οι αναδευτήρες οριζόντιου άξονα έχουν μεγάλα προβλήματα διαρροών, απώλειες ενέργειας, μη ευελιξία τοποθέτησης και η συντήρησή τους γίνεται μόνο με άδεια δεξαμενή.

## **8.6. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΓΙΑ ΥΠΟΒΡΥΧΙΟΥΣ ΑΝΑΔΕΥΤΗΡΕΣ ΙΣΧΥΟΣ 1.5 kW-25.0 kW**

### **8.6.1. Απαιτήσεις**

Ο αναδευτήρας θα είναι ομοαξονικά συζευγμένος με ηλεκτρικό κινητήρα υποβρύχιου τύπου ισχύος, ικανό να λειτουργεί σε δίκτυο παροχής τάσης 400 V, 3 φάσεων, και συχνότητας 50 Hz.

Ο αναδευτήρας θα πρέπει να είναι εξοπλισμένος με υποβρύχιο καλώδιο με επένδυση από χλωροπρένιο (**SUBCAB**) μήκους τουλάχιστον 10 μέτρων. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του υποβρυχίου καλωδίου ισχύος θα είναι σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς **IEC**.

### **8.6.2. Σχεδιασμός του αναδευτήρα**

Ο αναδευτήρας πρέπει να έχει την ικανότητα διαχείρισης ακατέργαστων λυμάτων μετά από προηγούμενο εσχαρισμό.

Η διάταξη εγκατάστασης πρέπει να είναι τέτοια ώστε να μην χρειάζεται είσοδος του προσωπικού στο υγρό φρεάτιο ή την δεξαμενή και ώστε να διευκολύνεται η ανέλκυση και η καθέλκυσή του αναδευτήρα. Ο αναδευτήρας θα συνδέεται για την στήριξή του σε 50x50mm οδηγό ράβδο. Στον εξοπλισμό του αναδευτήρα θα περιλαμβάνεται γι' αυτό ένα κατάλληλο διευθυντήριο σύστημα για την ολίσθηση του πάνω στην 50x50mm οδηγό ράβδο το οποίο θα έχει την δυνατότητα οδήγησης-ολίσθησης του συνολικού βάρους του αναδευτήρα και θα είναι ικανό να παραλαμβάνει την ώθηση που δημιουργεί αυτός.

Ο κινητήρας και το καλώδιο θα αντέχουν σε συνεχή υποβρύχια παραμονή χωρίς να χάνουν την υδατοστεγανότητά τους, ακόμα και σε βύθιση βάθους μέχρι 40m.

### **8.6.3. Κατασκευή του αναδευτήρα**

Κάθε αναδευτήρας θα είναι υποβρύχιου τύπου και θα είναι σχεδιασμένος ώστε κινητήρας και υδραυλικό μέρος (πτερωτή) να είναι ομοαξονικά συζευγμένοι αποτελώντας μία μονάδα με δυνατότητα συνεχούς λειτουργίας μέσα στο ρευστό. Τα κύρια εξαρτήματα του αναδευτήρα που θα είναι εκτιθεμένα στο ρευστό θα είναι από ανοξείδωτο χάλυβα, προδιαγραφών AISI 304, ή καλύτερης ποιότητας.

Όλα τα εκτεθειμένα στο ρευστό παξιμάδια, βίδες και ροδέλες θα είναι από ανοξείδωτο χάλυβα προδιαγραφών **AISI 316 ή DIN 1740 x 5 CrNi 1810** ή καλύτερης ποιότητας.

Η αρχή στεγανοποίησης των κυρίων μερών του αναδευτήρα θα στηρίζεται στην απευθείας επαφή μηχανικά κατεργασμένων μεταλλικών επιφανειών. Κρίσιμες μεταλλικές επιφάνειες όπου απαιτείται υδατοστεγανότητα θα είναι μηχανικά κατεργασμένες και συναρμολογημένες με στεγανοποιητικούς δακτύλιους από **Nitrile rubber** ή **Viton** εξασφαλίζοντας επαρκή συμπίεσή τους σε δύο επίπεδα και επαφή σε τέσσερα σημεία χωρίς την απαίτηση εφαρμογής ενός συγκεκριμένου ορίου ροπής.

Ορθογωνικής διατομής φλάντζες, που απαιτούν ειδική ροπή στρέψης ή στεγανοποιητικές ουσίες δεν θα γίνονται αποδεκτές. Επίσης δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται άλλες δευτερεύουσες στεγανοποιητικές ουσίες, ελλειπτικά O-rings ή γράσο.

#### 8.6.4. Σύστημα Ψύξεως

Οι κινητήρες θα είναι κατάλληλα διαστασιολογημένοι ώστε η ψύξη να επιτυγχάνεται με την απαγωγή θερμότητας από το περιβάλλον ρευστό. Η ύπαρξη υδροχλωνίου ή εξωτερικού συστήματος ψύξης δεν απαιτείται.

#### 8.6.5. Στυπιοθλίπτης εισόδου καλωδίου

Η είσοδος του καλωδίου θα πρέπει να αποτελεί τμήμα του σώματος του καλύματος του στάτορα.

Ο σχεδιασμός του στυπιοθλίπτη εισόδου καλωδίου θα πρέπει να εξασφαλίζει υδατοστεγανότητα χωρίς να χρειάζεται ειδική σύσφιγξη με συγκεκριμένη ροπή στρέψεως. Η είσοδος του καλωδίου θα αποτελείται από ένα κυλινδρικό ελαστικό δακτύλιο πλαισιωμένο από δύο ροδέλες και όλα μαζί θα είναι συναρμολογημένα με ακρίβεια ως προς την εξωτερική διάμετρο του καλωδίου. Η συμπίεση του ελαστικού παρεμβύσματος θα γίνεται με τρόπο που θα αυτασφαλίζεται σε τυχόν τράβηγμα του καλωδίου.

Ο θάλαμος συνδέσεων των καλωδίων και ο θάλαμος του κινητήρα θα πρέπει να διαχωρίζονται από την σειρά ακροδεκτών ώστε να προστατεύεται ο κινητήρας από την είσοδο ξένων υλικών που τυχόν να εισέλθουν από την κορυφή του αναδευτήρα. Η σειρά των ακροδεκτών θα πρέπει να διαχωρίζεται στεγανά από τον θάλαμο του στάτορα με την χρήση δύο στεγανοποιητικών δακτυλίων O-ring.

Για τα καλώδια ισχύος πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο ειδικοί ακροδέκτες (κοινοί ακροδέκτες ή ταχυσύνδεσμοι δεν επιτρέπονται).

Εποξικές ουσίες και άλλα δευτερεύοντα συστήματα στεγανοποίησης δεν θα γίνονται αποδεκτά (βουλκανισμός, σιλικόνες κ.λ.π.).

### 8.6.6. Κινητήρας

Ο κινητήρας θα είναι απευθείας συνδεδεμένος με την προπέλα για την ανάπτυξη ταχύτητας της προπέλας 700rpm. Για εφαρμογές όπου το αναδεδυμένο υγρό έχει πολύ μικρή ή καθόλου περιεκτικότητα σε στερεά ή μακρόινα (π.χ. χλωρίωση) οι ταχύτητα της προπέλας μπορεί να είναι και 1450rpm. Κιβώτια ταχυτήτων δεν θα είναι αποδεκτά.

Ο κινητήρας του αναδευτήρα θα είναι επαγωγικός, τύπου βραχυκυκλωμένου δρομέα, τοποθετημένος μέσα σε κέλυφος (περίβλημα), ο θάλαμος του οποίου θα είναι υδατοστεγής. Τα τυλίγματα του στάτορα θα είναι μονωμένα με μόνωση (κλάσης τουλάχιστον F) ανθεκτική στην υγρασία και υπολογισμένη για 155°C.

Ο κινητήρας θα είναι σχεδιασμένος για συνεχή λειτουργία ανάδευσης ρευστών θερμοκρασίας μέχρι 40°C και για 10 εκκινήσεις την ώρα. Θα διαθέτει θερμικούς διακόπτες ρυθμισμένους να ανοίγουν στους 125°C και να κλείνουν στους 70°C, που θα είναι τοποθετημένοι μέσα στα τυλίγματα των αγωγών του στάτορα ώστε να ελέγχουν τη θερμοκρασία κάθε φάσης του τυλίγματος.

Αυτοί οι διακόπτες θα χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό ή συμπληρωματικά σε εξωτερική προστασία του κινητήρα από υπερφόρτιση και θα συνδέονται στον πίνακα ελέγχου.

Ο κινητήρας και ο αναδευτήρας θα είναι σχεδιασμένοι και συναρμολογημένοι από τον ίδιο κατασκευαστή.

Ο συντελεστής service (service factor - αποτελεί συνδυασμένο αποτέλεσμα της τάσης, της συχνότητας και της ειδικής βαρύτητας) θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 1,15. Ο κινητήρας θα μπορεί να λειτουργεί με διακύμανση τάσεως της τάξης του 10%, σε περιβάλλον θερμοκρασίας μέχρι 40°C και με αύξηση της θερμοκρασίας που δεν θα υπερβαίνει τους 85°C.

Ο πίνακας του κινητήρα που θα παραδοθεί θα πρέπει να περιλαμβάνει τις εξής καμπύλες λειτουργίας: ροπής στρέψεως, ηλεκτρικής έντασης, συντελεστή ισχύος, βαθμού απόδοσης αναδεδυμένης ισχύος καθώς και ισχύος εισόδου και στον άξονα.

Ο πίνακας αυτός θα πρέπει να περιέχει και δεδομένα για την συμπεριφορά του κινητήρα κάτω από συνθήκες εκκίνησης ή λειτουργίας χωρίς φορτίο.

Το καλώδιο ισχύος θα πρέπει να περιλαμβάνει δύο αγωγούς διατομής 1,5 mm<sup>2</sup> για τον έλεγχο των θερμικών διακοπών ή και προαιρετικών συσκευών προστασίας.

### 8.6.7. Έδρανα

Ο άξονας του αναδευτήρα /κινητήρα θα εδράζεται βάσει του κανόνα σταθερής πλωτής έδρασης σε τριβείς κύλισης, οι οποίοι θα διαθέτουν λίπανση για όλη τη διάρκεια της ζωής τους.

Το εσωτερικό έδρανο θα αποτελείται από έναν μονής σειράς κυλινδρικό τριβέα και έναν μονής σειράς γωνιακής επαφής ένσφαιρο τριβέα για την παραλαβή αξονικών και ακτινικών φορτίων.

Το κύριο έδρανο θα αποτελείται από έναν γωνιακής επαφής ένσφαιρο τριβέα που θα παραλαμβάνει αξονικά φορτία.

Όλοι οι τριβείς θα είναι υπολογισμένοι για τουλάχιστον 100.000 ώρες συνεχούς λειτουργίας.

Οι τριβείς θα πρέπει να είναι προεντεταμένοι με την βοήθεια κάποιου κοχλία προέντασης στο πάνω άκρο του άξονα, με σκοπό να μειωθεί το βέλος κάμψης του άξονα και να αυξάνεται έτσι ο χρόνος ζωής των τριβέων και των στυπιοθλιπτών.

### 8.6.8. Μηχανική στεγανοποίηση

Κάθε αναδευτήρας θα είναι εφοδιασμένος με θάλαμο ελαίου για το σύστημα στεγανοποίησης του άξονα. Οι τάπες επιθεώρησης του λαδιού θα είναι προσιτές από το εξωτερικό μέρος του αναδευτήρα.

Κάθε αναδευτήρας θα είναι εφοδιασμένος με ένα εν σειρά μηχανικό σύστημα στεγανότητας άξονα, αποτελούμενο από δύο ανεξάρτητα συγκροτήματα στυπιοθλιπτών. Οι στυπιοθλίπτες θα λειτουργούν μέσα σε δοχείο λαδιού το οποίο με υδροδυναμικό τρόπο θα λιπαίνει τις λείες επιφάνειες τους με σταθερό ρυθμό.

Ο κάτω πρωτεύων στυπιοθλίπτης, θα πρέπει να είναι τοποθετημένος ανάμεσα στο αναμιγνυόμενο ρευστό και στο ελαιοδοχείο και θα παρέχει ένα στατικό και ένα περιστρεφόμενο δακτύλιο στεγανότητας από καρβίδιο του βολφραμίου.

Ο άνω δευτερεύων στυπιοθλίπτης, τοποθετημένος μεταξύ του δοχείου λαδιού και του περιβλήματος του κινητήρα, θα περιέχει ένα στατικό δακτύλιο στεγανότητας από κεραμικό υλικό ή από καρβίδιο του βολφραμίου και ένα περιστρεφόμενο δακτύλιο από άνθρακα.

Η επαφή των λειασμένων επιφανειών σε κάθε σημείο στεγανότητας θα επιτυγχάνεται με δικό του σύστημα ελατηρίων. Οι στυπιοθλίπτες δεν θα απαιτούν συντήρηση και ρύθμιση και θα πρέπει να λειτουργούν χωρίς καταστροφή τους ή βλάβη τους κατά οποιαδήποτε φορά περιστροφής (κατά την φορά των δεικτών του ρολογιού ή κατά την αντίθετη). Για ειδικές εφαρμογές θα διατίθενται άλλα υλικά κατασκευής των στυπιοθλιπτών από τον κατασκευαστή. Άλλες μέθοδοι στεγανοποίησης δεν θα θεωρούνται ισοδύναμες και δεν θα γίνονται αποδεκτές.



### 8.6.9. Λάδι

Το ελαιοδοχείο θα πρέπει να είναι γεμάτο με άσπρο λάδι παραφινικού τύπου. Δεν θα περιέχει κυκλικούς υδρογονάνθρακες και θα είναι εγκεκριμένο από την FDA (FDA 172.878). Το λάδι θα μπορεί να λιπαίνει επίσης και τους στυπιοθλίπτες.

### 8.6.10. Άξονας αναδευτήρα

Ο άξονας της πτερωτής θα αποτελεί προέκταση του άξονα του κινητήρα ( ίδιος άξονας). Δύο διαφορετικοί άξονες συζευγμένοι με σύνδεσμο δεν θα γίνονται αποδεκτοί. Ο άξονας θα είναι από ανοξείδωτο χάλυβα κατά AISI 431. Η χρήση ανοξείδωτων χιτωνίων δεν θα θεωρείται ισοδύναμη με την χρήση άξονα από ανοξείδωτο χάλυβα.

### 8.6.11. Πτερωτή

Η πτερωτή θα πρέπει να είναι δυναμικά ζυγασταθμισμένη, με τέτοια διαμόρφωση στα πτερύγια ( back swert) που να αποφεύγεται η έμφραξη και το μπλοκάρισμά της. Θα πρέπει να είναι ικανή να χειρίζεται στερεά, ινώδη ή μακρόινα υλικά, παχιά λάσπη και άλλα υλικά τα οποία συναντώνται σε συνήθους εφαρμογές επεξεργασίας λυμάτων. Θα αποτελείται από τρία πτερύγια με διάμετρο > 350mm για ταχύτητα περιστροφής μέχρι 700rpm και > 200mm για ταχύτητα περιστροφής 1450rpm. Η προπέλα θα πρέπει να είναι από ανοξείδωτο χάλυβα.

### 8.6.12. Προστασία

Όλοι οι κινητήρες θα έχουν ενσωματωμένους τρεις θερμικούς διακόπτες, στο τύλιγμα κάθε φάσης, συνδεδεμένους σε σειρά. Οι θερμικοί διακόπτες θα ανοίγουν σε περίπτωση υψηλής θερμοκρασίας (125°C) και θα διακόπτουν τη λειτουργία του κινητήρα ενεργοποιώντας το συναγερμό (alarm). Προαιρετικά θα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησης ανιχνευτή υγρασίας στο θάλαμο του στάτορα ο οποίος θα σταματά τον κινητήρα και θα ενεργοποιεί κάποιο alarm. Σε περίπτωση χρήσης προαιρετικού εξοπλισμού ελέγχου ο προμηθευτής θα πρέπει να παρέχει κατάλληλο ρελαί ελέγχου και αναγνώρισης της κατάστασης το οποίο θα εγκαθίσταται στον πίνακα ελέγχου.

### 8.6.13 Δακτύλιος δέσμης υγρού ( jet ring)

Ο αναδευτήρας θα έχει την δυνατότητα να εφοδιάζεται με ειδικό δακτύλιο οδήγησης της ροής που περιβάλλει την πτερωτή με σκοπό την διατήρηση του βαθμού υδραυλικής απόδοσης και του επιπέδου κατανάλωσης ενέργειας από τον αναδευτήρα. Θα πρέπει γι' αυτό η απόσταση ανάμεσα στον δακτύλιο και την πτερωτή να είναι κατά μέγιστο 17mm.

#### **8.6.14. Δοχείο λαδιού**

Το δοχείο λαδιού θα αποτελείται από δύο μέρη, ένα εσωτερικό και ένα εξωτερικό με τέσσερις θυρίδες επικοινωνίας που θα εξασφαλίζουν την ροή του λαδιού. Στην περίπτωση που το αναδευόμενο ρευστό περάσει τον εξωτερικό στυπιοθλίπτη, ο σχεδιασμός αυτός επιτρέπει στο εξωτερικό μέρος να συγκρατήσει τα βαρύτερα και πυκνότερα ρευστά απλά και μόνο με την βοήθεια της βαρύτητας.

#### **8.6.15. Δοκιμές αναδευτήρα**

Ο κατασκευαστής του αναδευτήρα θα πρέπει να εκτελεί τις ακόλουθες δοκιμές σε κάθε αναδευτήρα πριν την αποστολή τους για τοποθέτηση :

- Έλεγχος προπέλας, κινητήρα και ηλεκτρικών συνδέσεων για συμμόρφωση με την παραγγελία του πελάτη.
- Έλεγχος της μόνωσης του καλωδίου για ύπαρξη υγρασίας ή ατέλειες μόνωσης.
- Έλεγχος στεγανότητας του αναδευτήρα με μία μέθοδο δημιουργίας κενού.
- Πριν την βύθιση του αναδευτήρα θα πρέπει αυτός να λειτουργήσει εν ξηρώ για έλεγχο σωστής περιστροφής και μηχανικής επάρκειας.

## Κεφάλαιο 9

### 9.1. Μεθοδολογία σύνταξης μελέτης

Η μεθοδολογία που πρέπει να ακολουθείται στην εκπόνηση μελετών συστημάτων βιολογικού καθαρισμού ξεκινάει από τη συγκέντρωση των απαιτούμενων στοιχείων και καταλήγει στα κατασκευαστικά σχέδια της εγκατάστασης και στις μεθοδολογίες ελέγχου. Η συλλογή των στοιχείων περιλαμβάνει τον προσδιορισμό της ποιοτικής και ποσοτικής σύστασης των απόνερων.

Η ποσοτική σύσταση των απόνερων είναι ο προσδιορισμός των υδραυλικών παροχών και των διακυμάνσεών τους στο χρόνο. Οι προσδιορισμοί αυτοί γίνονται με μετρήσεις παροχής ή υπολογιστικά από βιβλιογραφικά δεδομένα, όπως έχει αναφερθεί. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των απόνερων προσδιορίζονται με εργαστηριακές αναλύσεις ή και βιβλιογραφικά, εφόσον η εξυπηρετούμενη μονάδα δε λειτουργεί.

Άλλα απαραίτητα στοιχεία είναι :

- η κατάσταση του αποδέκτη των επεξεργασμένων υγρών
- το νομικό καθεστώς που διέπει τη διάθεση απόνερων στη συγκεκριμένη περιοχή
- το καθεστώς ιδιοκτησίας
- τα εδαφοτεχνικά και μετεωρολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής όπου
- πρόκειται να κατασκευαστεί η εγκατάσταση
- τοπογραφικά στοιχεία, προβλέψεις για τη μελλοντική χρήση της περιοχής ή της διαφοροποίησης της παραγωγικής μονάδας που θα εξυπηρετείται από το βιολογικό καθαρισμό
- εκτιμήσεις κόστους υλικών και εργατικού προσωπικού
- στοιχεία αναφορικά με την εγκατάσταση και λειτουργία του εργοταξίου στη φάση κατασκευής του έργου

Απαιτείται δηλαδή, εκτός από τη συλλογή των στοιχείων από το εργαστήριο ή τη βιβλιογραφία, και επίσκεψη στον τόπο του έργου και κάποια σημαντική δουλειά ερευνητική. Η αξιολόγηση των παραπάνω στοιχείων προσδιορίζει το μέγεθος, το είδος και το κόστος του έργου, που καθορίζεται από τον απαιτούμενο βαθμό απόδοσης του συστήματος σε συνδυασμό με τις επικρατούσες τοπικές συνθήκες.

Η επεξεργασία των στοιχείων που έχουν συλλεχθεί είναι η βάση της βιοτεχνολογικής μελέτης. Η βιοτεχνολογική μελέτη περιλαμβάνει τον καθορισμό του είδους των βιολογικών διεργασιών που απαιτούνται στον σχεδιασμό των διαφόρων φάσεων, της "καρδιάς" του συστήματος που είναι ο βιολογικός αντιδραστήρας και των διαδικασιών χειρισμού κι ελέγχου.

Ο μελετητής πρέπει να επιλέξει:

- όλες εκείνες τις διεργασίες, με χρήση διατάξεων, που επιτρέπουν την γρήγορη και φθηνή απομάκρυνση του ρυπαντικού φορτίου
- τον αντιδραστήρα που ενδείκνυται στα χαρακτηριστικά παροχών και ρυπαντικών φορτίων,
- τους αυτοματισμούς,
- διατάξεις ελέγχου

Οι επιλογές αυτές βασίζονται στη γνώση δυνατοτήτων κόστους φερεγγυότητας κάθε επιμέρους διάταξης ή μηχανήματος και στην επιτυγχανόμενη "συνεργασία" των διαφόρων διατάξεων και εγκαταστάσεων.

Οι επιλογές γίνονται με τη σύνταξη του λεγομένου διαγράμματος ροής του βιολογικού καθαρισμού. Δηλαδή με το σχεδιασμό των διαφόρων φάσεων επεξεργασίας σε συμβολικό μονογραμμικό σχέδιο.

Το διάγραμμα ροής ακολουθεί ο καθορισμός των λειτουργικών χαρακτηριστικών του αντιδραστήρα και των διαδικασιών ελέγχου όλων των παραγωγικών φάσεων.

Μετά τον καθορισμό του διαγράμματος ροής των λειτουργικών χαρακτηριστικών του αντιδραστήρα και των διαδικασιών ελέγχου, έπονται οι αναλυτικοί υπολογισμοί κάθε παραγωγικής φάσης. Με τους υπολογισμούς αυτούς προσδιορίζονται επακριβώς οι απαιτούμενες διαστάσεις και απαιτήσεις από κάθε διάταξη, δεξαμενή, έργο κ.λπ.

## **9.2. Συνήθεις φάσεις που συναντώνται σ' ένα σύστημα βιολογικού καθαρισμού**

### **9.2.1. Έργα εισόδου**

Περιλαμβάνουν τις διατάξεις από τις οποίες τα απόνερα διέρχονται για να καταλήξουν στην κυρίως επεξεργασία. Οι διατάξεις αυτές είναι αντλιοστάσια, δεξαμενές εξισορρόπησης ροής κ.λπ. καθώς και διατάξεις μέτρησης παροχής, παράκαμψης της εγκατάστασης σε περίπτωση βλάβης ή συντήρησης (by pass).

### **9.2.2. Προεπεξεργασία**

Η προεπεξεργασία σκοπεύει στην:

- απομάκρυνση ρυπαντικού φορτίου με απλές σχετικά διατάξεις όπως σχάρες, αμμοσυλλέκτες, λιπосуλλέκτες
- απομάκρυνση ρυπαντών που μπορεί να προκαλέσουν βλάβη στα μηχανήματα που βρίσκονται τοποθετημένα στις επόμενες φάσεις
- εξουδετέρωση ρυπαντών που μπορεί να επιδράσουν αρνητικά στις παραπέρα βιολογικές διεργασίες.

### 9.2.3. Βιολογικός αντιδραστήρας

Η εκπόνηση του βιολογικού αντιδραστήρα και ο υπολογισμός του είναι η κύρια φάση της απορρυπαντικής διαδικασίας. Στη φάση αυτή, το διαλυμένο ρυπαντικό φορτίο μετατρέπεται σε σωματιακό με μεταβολικές διαδικασίες. Η μεταβολή αυτή γίνεται από μικροοργανισμούς που στη συνέχεια συσσωματώνονται και αυτολύονται. Η μελέτη του βιολογικού αντιδραστήρα απαιτεί τον υπολογισμό της "οικολογικής ισορροπίας" στον αντιδραστήρα και του τρόπου διατήρησής της. Κάθε είδος αντιδραστήρα έχει διαφορετικά λειτουργικά χαρακτηριστικά κι έτσι ο υπολογισμός του είναι η πιο λεπτή φάση του συστήματος απορρύπανσης.

### 9.2.4. Διαυγαστήρας

Τα συσσωματώματα που βρίσκονται σε αιώρηση στα επεξεργασμένα βιολογικά απόνερα διαχωρίζονται σε διατάξεις διαύγασης. Οι διατάξεις αυτές είναι συνήθως καθίζησης ή επίπλευσης. Μπορούν φυσικά να είναι κάθε άλλη διάταξη που επιτρέπει το διαχωρισμό στερεών από υγρά.

### 9.2.5. Απολύμανση

Η απολύμανση των λυμάτων είναι μια διεργασία που έχει σημασία μόνο εάν τα καθαρισμένα απόνερα διαχωρίζονται και πρόκειται να έρθουν σε επαφή άμεσα ή έμμεσα με τον άνθρωπο. Η νομοθεσία μας όμως επιβάλλει τα καθαρισμένα νερά να υποβληθούν σε απολύμανση με χλώριο. Η χλωρίωση από διάφορους μελετητές είναι αμφιλεγόμενη, επειδή, σκοτώνει μεν τα μικρόβια (όχι όμως και τους ιούς) αλλά δημιουργεί και χλωροαμίνες που έχουν καρκινογόνο δράση και δρουν συσσωρευτικά στους υδρόβιους οργανισμούς.

### 9.2.6. Τελική διάθεση καθαρών

Τα απολυμασμένα νερά οδηγούνται στον τελικό αποδέκτη. Ο υπολογισμός των διατάξεων τελικής διάθεσης περιλαμβάνει τους αγωγούς, διατάξεις κ.λπ., διασπορές των καθαρών καθώς και μελέτη των επιπτώσεων που πιθανόν να προκληθούν από τη διάθεση αυτή στον τελικό αποδέκτη.

### 9.2.7. Επεξεργασία υποπροϊόντων

Τα νερά που έχουν διέλθει από το βιολογικό καθαρισμό έχουν απαλλαγεί, σε μεγάλο ποσοστό, από το ρυπαντικό τους φορτίο. Παραμένει όμως το πρόβλημα αποικοδόμησης του ρυπαντικού φορτίου που έχει απομακρυνθεί, ως παραπροϊόν. Η αποικοδόμηση του ρυπαντικού φορτίου μπορεί να γίνει σ' έναν άλλο βιολογικό αντιδραστήρα, ή με κάποια άλλη φυσικοχημική διεργασία.

Μέλημα του μελετητή είναι και η αντιμετώπιση του τρόπου αποικοδόμησης του ρυπαντικού φορτίου ή μείωσης κατ' όγκο των υποπροϊόντων, και τρόπου τελικής τους διάθεσης σε κάποιον ειδικό αποδέκτη (π.χ. χωματερή).

### 9.2.8. Τελική διάθεση παραπροϊόντων

Ο μελετητής πρέπει να αντιμετωπίσει τις συνθήκες ασφαλείας, μεταφοράς και τελικής διάθεσης των υποπροϊόντων με την εξεύρεση του κατάλληλου συστήματος μεταφοράς και διάθεσης.

Από τους υπολογισμούς που γίνονται για κάθε φάση επεξεργασίας προκύπτουν οι ακριβείς όγκοι και οι διαστάσεις του έργου, καθώς και το είδος των μηχανημάτων και διατάξεων που απαιτούνται. Από τα μεγέθη αυτά, στη συνέχεια, γίνεται από πολιτικό μηχανικό η προκαταρκτική μελέτη των οικοδομικών έργων (δεξαμενές, αγωγοί κ.λπ.) και από μηχανολόγο η ηλεκτρομηχανολογική προκαταρκτική μελέτη της εγκατάστασης του εξοπλισμού.

Οι δυο αυτές μελέτες αποτελούν την τεχνική έκθεση του έργου. Ακολουθεί η σύνταξη της προμελέτης, που περιλαμβάνει τους βασικούς υπολογισμούς, το διάγραμμα ροής, σύντομη περιγραφή της λειτουργίας της εγκατάστασης, περιγραφή των οικοδομικών και ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων, τα σχέδια του έργου και τον προϋπολογισμό κατασκευής.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η επιλογή της προτεινόμενης μεθόδου επεξεργασίας πρέπει να βασίζεται σε συγκριτικά στοιχεία κόστους κατασκευής και λειτουργίας από παρόμοιες εγκαταστάσεις. Για το σκοπό αυτό ο μελετητής σε επίπεδο προκαταρκτικής μελέτης πρέπει να μελετήσει και να κοστολογήσει την κατασκευή και λειτουργία όλων των δυνατών εναλλακτικών λύσεων. Η επιλογή της προτεινόμενης μεθόδου πρέπει να τεκμηριώνεται με τεχνικο-οικονομικά δεδομένα και σε καμιά περίπτωση δεν μπορεί να είναι αυθαίρετη.

Η εκλογή του συστήματος λειτουργίας ενός βιολογικού καθαρισμού παίζει μεγάλο ρόλο και πρέπει να είναι η βέλτιστη δυνατή. Σε ένα ποσοστό 80% των βιολογικών καθαρισμών χρησιμοποιείται το σύστημα παρατεταμένου αερισμού με αερόβια χώνευση λάσπης. Η εκλογή αυτή γίνεται για τον εξής λόγο:

Οι εγκαταστάσεις για την αερόβια χώνευση της λάσπης έχουν μικρό κόστος, σε αντίθεση με την αναερόβια, και λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι στη δεξαμενή αναερόβιας χώνευσης έχουμε εκπομπές επικίνδυνων αερίων όπως μεθάνια, αιθάνια, αιθυλένια, θεία, κορεσμένους και ακόρεστους υδρογονάνθρακες. Η εγκατάστασή μας είναι σαν μια ατομική βόμβα. Το αποτέλεσμα είναι να χρειάζονται πανάκριβες ασφαλιστικές δικλίδες οι οποίες ανεβάζουν σε τρομερά ποσά το κόστος του σταθμού και της συντήρησής του.

Επίσης, η καύση στην αναερόβια χώνευση της λάσπης χρειάζεται πανάκριβα μηχανήματα, και το αρνητικό είναι ότι η ποσότητα της λάσπης που επεξεργαζόμαστε είναι μικρή με αποτέλεσμα να κρίνεται ασύμφορη σε αντίθεση με την αερόβια χώνευση.

Επίσης, η μέθοδος αερισμού των απόνερων συνιστάται ως καλύτερη διαδικασία από τις βούρτσες, τα βιολογικά φίλτρα, τους βιοδίσκους, γιατί χρειάζονται πολλαπλές συντηρήσεις και απαιτούν μεγάλο αριθμό εργαζομένων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα προηγούμενα κεφάλαια παρουσιάστηκαν αναλυτικά όλες οι μέθοδοι και τεχνικές επεξεργασίας και ενεργειακής αξιοποίησης των απορριμμάτων. Η επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου εξαρτάται από τις συνθήκες της κάθε περιοχής και το ενεργειακό περιεχόμενο των απορριμμάτων που διαφέρει ανάλογα με τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά τους. Τα κυριότερα συμπεράσματα της παρούσας μελέτης συνοψίζονται παρακάτω:

Οι κυριότερες τεχνολογίες ενεργειακής αξιοποίησης των απορριμμάτων που παρουσιάστηκαν είναι η μηχανική – βιολογική επεξεργασία η οποία συνδυάζει μια ποικιλία μηχανικών και βιολογικών διεργασιών με διάφορους τρόπους, ανάλογα με τα επιθυμητά προϊόντα και τους στόχους της εκάστοτε επεξεργασίας.

Το πρωτεύον στάδιο επεξεργασίας λυμάτων που περιλαμβάνει κατακρήνηση και κατακράτηση αφαιρεί πολύ λίγους ιούς. Από τα αλογόνα η χλωρίνη σε υψηλές δόσεις (40 mg/l) για ένα λεπτό αφαιρεί το 99.9% των ιών. Ως αποτέλεσμα μελετών τα παρακάτω συμπεράσματα που αφορούν τους ιούς στα λύματα έχουν παρατηρηθεί 1.Το πρωτεύον μηχανικό στάδιο επεξεργασίας λυμάτων δεν έχει καμία επίδραση στους εντερικούς ιούς. 2.Το δευτερεύον βιολογικό στάδιο αφαιρεί το 40% αυτών των ιών, ενώ με την μέθοδο της ενεργού λάσπης αφαιρείται το 90-98%. 3.Το τριτεύον χημικό στάδιο με την χλωρίωση μπορεί να εξαφανίσει σχεδόν όλους τους ιούς.

Η Πρωτοβάθμια επεξεργασία: Στοχεύει κυρίως στην αφαίρεση του αιωρούμενου υλικού (οργανικού και ανόργανου).Αποτελείται συνήθως από την *προεπεξεργασία* και την πρωτοβάθμια καθίζηση. Η Προεπεξεργασία περιλαμβάνει την εσχάρωση, τους πολτοποιητές και τα τριβεία, την εξάμωση, καθώς και την μέτρηση ή και την εξισορρόπηση της παροχής. Στόχος της είναι η απομάκρυνση σωμάτων που επιπλέουν ή βρίσκονται σε αιώρηση στα λύματα και εγκυμονούν κινδύνους έμφραξης των αγωγών, καταστροφής του μηχανολογικού εξοπλισμού (π.χ αντλίες) και τελικώς δυσλειτουργίας των μονάδων επεξεργασίας που ακολουθούν.

Η πρωτοβάθμια καθίζηση περιλαμβάνει δεξαμενές καθίζησης (συνήθως κυκλικής διατομής) που συχνά αναφέρονται εν συντομία ΔΠΚ (Δεξαμενές Πρωτοβάθμιας Καθίζησης)και έχει ως σκοπό να απομακρύνει τα αιωρούμενα οργανικά και ανόργανα στερεά ( $10^{-1}$  έως  $10^{-2}$  mm), ώστε να μειωθεί το ρυπαντικό φορτίο που προορίζεται για τα επόμενα στάδια επεξεργασίας. Η πρωτοβάθμια καθίζηση αφαιρεί τα καθιζάνοντα στερεά υπό μορφή πρωτοβάθμιας Ιλύος(Λάσπης) και το υπερκείμενο υγρό αποτελεί την πρωτοβάθμια επεξεργασμένη εκροή, που είναι διαθέσιμη προς περαιτέρω επεξεργασία.

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία: Βιολογικός καθαρισμός στον οποίο αφαιρούνται οι οργανικές ουσίες με την βοήθεια αερισμού (οξυγόνωσης).

Η τριτοβάθμια επεξεργασία: Σκοπός είναι η αφαίρεση βαρέων μετάλλων και τοξικών ή άλλων συστατικών. Το στάδιο αυτό είναι επιθυμητό όταν η παρουσία βιομηχανικών αποβλήτων στα λύματα είναι σημαντική και ο στόχος είναι η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων (π.χ στην βιομηχανία, για άρδευση ή για χώρους αναψυχής). Στο στάδιο αυτό περιλαμβάνονται επεξεργασίες όπως η Κροκίδωση-Ιζηματοποίηση, η Διύλιση, η Προσρόφηση σε Ενεργό Άνθρακα και διεργασίες με Μεμβράνες.

Στο αρχικό στάδιο καθαρισμού απομακρύνονται υλικά όπως τα λίπη και τα έλαια, άμμος. Εδώ εφαρμόζεται ο μηχανικός τρόπος. Ύστερα αφαιρούνται τα μεγάλα αντικείμενα όπως τα ξύλα, τα σίδερα, κουτιά κ.α. Αυτό γίνεται γιατί υπάρχει περίπτωση να καταστραφούν οι εγκαταστάσεις του βιολογικού καθαρισμού αν αυτά τα υλικά περάσουν μέσα. Εδώ χρησιμοποιούνται σχάρες, για την κατακράτηση των στερεών υλικών. Ύστερα γίνεται η ιζηματογένεση. Σε όλες σχεδόν τις εγκαταστάσεις υπάρχει αυτό το στάδιο. Εκεί τα βαριά λύματα ανεβαίνουν στην επιφάνεια (κόπρανα, λάσπη), ώστε να αφαιρεθούν.

Στο δεύτερο στάδιο καθαρισμού αφαιρούνται βιολογικά απόβλητα όπως το ανθρώπινα απόβλητα και τα σαπούνια. Η πλειονότητα των βιολογικών εγκαταστάσεων χρησιμοποιεί αερόβια αποικοδόμηση. Για να είναι αποτελεσματικό ο οργανισμός απαιτεί οξυγόνο και ένα υπόστρωμα για να ζήσει. Υπάρχουν πολλοί τρόποι με τους οποίους μπορεί να γίνει αυτό. Σε όλες τις μεθόδους τα βακτήρια και τα πρωτόζωα (αποικοδομητές γενικότερα) καταναλώνουν υλικά όπως ζάχαρη.

Η τριτοβάθμια επεξεργασία λυμάτων αφαιρεί σχεδόν όλο το ποσοστό των παθογόνων ουσιών κυρίως με χημικές διαδικασίες. Δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα εργοστάσια επεξεργασίας λυμάτων εξαιτίας του υψηλού κόστους του εξοπλισμού. Κύριος σκοπός είναι η αφαίρεση του φωσφόρου και του αζώτου. Το άζωτο μπορεί να βρίσκεται στο νερό με την μορφή αμμωνίας η οποία είναι τοξική για τα ψάρια. Οι ενώσεις του φωσφόρου(άλας) μπορούν να προκαλέσουν ανάπτυξη αλόης η οποία μπορεί να προκαλέσει ευτροφισμό στις λίμνες.

Η αφαίρεση του αζώτου πραγματοποιείται με την βιολογική οξειδωση του αζώτου από αμμωνία σε νιτρικά άλατα. Τα νιτρικά άλατα μετατρέπονται σε άζωτο σε μορφή οξυγόνου.

Ο φώσφορος μπορεί να αφαιρεθεί βιολογικά σε μια διαδικασία η οποία ονομάζεται ενισχυμένη βιολογική αφαίρεση φωσφόρου. Σε αυτή τη διαδικασία συγκεκριμένα βακτήρια πολυφωσφορικά συσσωρευμένα σε μικροοργανισμούς εμπλουτίζονται και συσσωρεύουν μεγάλες ποσότητες φωσφόρου μέσα στα κύτταρα τους (μέχρι 20% του μεγέθους τους). Όταν η βιομάζα εμπλουτισμένη με αυτά τα βακτήρια διαχωριστεί από το καθαρό νερό, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα. Επίσης μπορεί να αφαιρεθεί με χημικές διαδικασίες οι οποίες δεν εφαρμόζονται συχνά λόγω του υψηλού κόστους των χημικών.



Ο σκοπός της απολύμανσης είναι η μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών στο νερό το οποίο επιστρέφει στο περιβάλλον. Η απολύμανση μπορεί να γίνει κυρίως με τρεις τρόπους:

- Με Χλωρίωση: Η χλωρίωση εφαρμόζεται συχνά εξαιτίας του χαμηλού κόστους. Το μειονέκτημα είναι ότι μπορεί να παραχθούν καρκινογόνες ενώσεις. Επίσης μπορεί να είναι τοξική προς τους υδρόβιους οργανισμούς (μόνο αν η ποσότητα που χρησιμοποιείται είναι σε λάθος αναλογία).
- Υπεριώδης Ακτινοβολία : Η υπεριώδης προκαλεί ζημιά στην γενετική δομή των παθογόνων μικροοργανισμών, των βακτηρίων και των ιών, εμποδίζοντας τους να αναπαραχθούν. Τα μειονεκτήματα είναι το υψηλό κόστος συντήρησης της λάμπας και ο σωστός καθαρισμός των λυμάτων καθώς τα στερεά απόβλητα μπορούν να λειτουργήσουν ως ασπίδα και να προστατέψουν τους μικροοργανισμούς από την υπεριώδη ακτινοβολία.

Γενικά έχει δειχθεί ότι η υπεριώδης ακτινοβολία στα 254nm κάνει τα βακτήρια ανίκανα να αναπαραχθούν μεταβάλλοντας την δομή του DNA τους φωτοχημικά.

Μικρή δόση υπεριώδους φωτός μπορεί να σκοτώσει το 99% των βακτηρίων που βρίσκονται στα κόπρανα και του στρεπτόκοκκου. Ο αριθμός των βακτηρίων που σκοτώνονται είναι ανεξάρτητος από την ένταση του φωτός αλλά εξαρτάται από την τελική δόση. Ο συνδυασμός του όζοντος και UV είναι πολύ αποτελεσματικός στην καταστροφή των βακτηρίων. Όταν υπερηχητικά κύματα χρησιμοποιούνται πριν από UV (υπεριώδης ακτινοβολία) τότε καταστρέφονται περισσότερα βακτήρια.

Καθαρισμός με Όζον: Το όζον παράγεται όταν το οξυγόνο περνάει μέσα από υψηλή τάση, έτσι εμφανίζεται ένα ακόμη άτομο. Το όζον είναι πολύ ασταθές και αντιδραστικό και οξειδώνει τα περισσότερα υλικά με τα οποία έρχεται σε επαφή. Το όζον είναι ασφαλέστερο γιατί δεν χρειάζεται να αποθηκεύεται στις εγκαταστάσεις αντίθετα με το Χλώριο. Τα βακτήρια καταστρέφονται 600-3000 φορές πιο γρήγορα με το όζον από ότι με τη χλωρίνη. Επίσης το η επίδραση του όζοντος δεν επηρεάζεται από τις αλλαγές του PH αντίθετα με την χλωρίνη.

Διαχείριση λάσπης: Η λάσπη που είναι χωριστεί από τα λύματα πρέπει να διαχειριστεί και να υποστεί επεξεργασία με αποτελεσματικό και ασφαλή τρόπο. Ο σκοπός της χώνεψης της λάσπης είναι η μείωση της οργανικής ύλης, των παθογόνων μικροοργανισμών. Οι πιο συνηθισμένοι μέθοδοι επεξεργασίας της λάσπης είναι:

Η αναερόβια χώνεψη, η αερόβια χώνεψη και η σύνθεση.

Η αναερόβια χώνεψη είναι μια διαδικασία η οποία πραγματοποιείται με την απουσία οξυγόνου, Η διαδικασία μπορεί να είναι είτε θερμόφιλη χώνεψη στην οποία η λάσπη βρίσκεται υπό ζύμωση μέσα σε δεξαμενές σε θερμοκρασία 55 βαθμών κελσίου. Ονομάζεται θερμόφιλη εξαιτίας των μικροοργανισμών που παίρνουν μέρος στην διαδικασία οι οποίοι περιέχουν ένζυμα τα οποία λειτουργούν σε υψηλές θερμοκρασίες. Αυτά τα ένζυμα έχουν μεγάλη σημασία σε πολλές εφαρμογές της βιοτεχνολογίας. Επίσης η διαδικασία μπορεί να είναι είτε μεσόφιλη δηλαδή σε θερμοκρασία 36 βαθμών κελσίου.

Κατά την αναερόβια χώνεψη παράγεται βιοαέριο με υψηλή περιεκτικότητα σε μεθάνιο το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την θέρμανση των δεξαμενών καθώς και για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των εγκαταστάσεων. Σε μεγάλες μονάδες επεξεργασίας λυμάτων μπορεί να παραχθεί περισσότερη ενέργεια από όση χρειάζεται για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της μονάδας. Τα πλεονεκτήματα της αεροβικής διαδικασίας είναι η παραγωγή του μεθανίου και τα μειονεκτήματα είναι η μεγάλη χρονική περίοδος που χρειάζεται η διαδικασία (ως 30 ημέρες) καθώς και το υψηλό κόστος.

Η αερόβια χώνεψη είναι μια βακτηριακή διαδικασία η οποία συμβαίνει παρουσία οξυγόνου. Κάτω από αεροβικές συνθήκες τα βακτήρια καταναλώνουν με γρήγορο ρυθμό την οργανική ύλη μετατρέποντας την σε διοξείδιο του άνθρακα. Αφού η οργανική ύλη καταναλωθεί τα βακτήρια πεθαίνουν και καταναλώνονται από άλλα βακτήρια. Τα πλεονεκτήματα της αεροβικής διαδικασίας είναι ότι πραγματοποιείται πολύ γρηγορότερα έχοντας έτσι μικρότερες κεφαλαιουχικές δαπάνες, δηλαδή αποδίδει περισσότερο. Τα λειτουργικά κόστη όμως είναι πολύ μεγαλύτερα εξαιτίας των ενεργειακών κοστών για τον αερισμό που χρειάζεται για την προσθήκη οξυγόνου στην διαδικασία.

## ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

E.E.A : Εγκατάσταση Επεξεργασίας Αποβλήτων

BOD<sub>5</sub> : Biochemical Oxygen Demand : Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο

COD : Chemical Oxygen Demand : Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο

TS : Total Solids : Ολικά Στερεά

DS : Dissolved Solids : Διαλυμένα Στερεά

SS: Suspended Solids : Αιωρούμενα Στερεά

E.E.A.A: Εγκατάσταση Επεξεργασίας Αστικών Αποβλήτων

Θ<sub>c</sub> : Ηλικία Λάσπης

BA: Βιολογικός Αντιδραστήρας

EI: Ενεργός Ιλύς

Δ.Χ.Λ: Δεξαμενές Χλωρίωσης Λυμάτων

Δ.Π.Κ: Δεξαμενές Πρωτοβάθμιας Καθίζησης

Δ.Τ.Κ: Δεξαμενές Τελικής Καθίζησης

μ/ο: Μικροοργανισμοί

E.E.Λ: Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων

VM: Volatile Matter = Οργανικά Συστατικά

MM: Mineral Matter = Μεταλλικά Συστατικά

M.L.S.S: Mixed Liquor Suspended Solid = Συγκέντρωση Ανάμικτου Υγρού

M.L.V.S.S: Mixed Liquor Volatile Suspended Solid = Συγκέντρωση Ανάμικτου Οργανικού Υγρού

WS<sub>U</sub>: Waste Sludge = Περίσσεια (Ενεργού) Ιλύος

Θ<sub>ΛΥΜΑΤΩΝ</sub>: Θερμοκρασία Λυμάτων

S.V.I: Sludge Volume Index = Δείκτης Ιλύος Καθίζησης

VS: Volatile Solid = Πτητικά Στερεά

VSS: Volatile Suspended Solid = Πτητικά Ανάμικτα Στερεά

DN: Ονομαστική Διάμετρος

PN: Ονομαστική Πίεση

NTU: Nephelometric Turbidity Unit = Νεφελομετρική Μονάδα Θολότητας

UV: Ultra Violent = Υπεριώδης Ακτινοβολία

D: Δόση UV Ακτινοβολίας

PLC: Programmable Logic Controller = Προγραμματιζόμενος Λογικός Εκλεκτής

NPSH: Net Positive Suction Head = Θετικό Ύψος Αναρρόφησης

BEF: Best Efficiency Point = Μέγιστο Σημείο Απόδοσης

ΑΣΑ: Αστικά Στερεά Απόβλητα

ΑΠΕ: Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

ΒΕ: Βελτιωτικό εδάφους

ΔΑ: Διαχείριση Αποβλήτων

ΔΣΠ: Διαλογή στην πηγή

Ε.Ε : Ευρωπαϊκή ένωση

ΕΕΑΑ: Εθνικό Συλλογικό Σύστημα Ανακύκλωσης

ΕΚ: Ευρωπαϊκό κοινοβούλιο

ΕΚΑ: Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων

ΕΣΔΑ: Ευρωπαϊκή σύμβαση για τα δικαιώματα του ανθρώπου

Θ.Ε: Θερμική Επεξεργασία

ΚΥΑ: Κοινή Υπουργική Απόφαση

ΚΔΑΥ: Κέντρο διαλογής Ανάκτησης Υλικών

ΜΒΕ: Μηχανική Βιολογική Επεξεργασία

ΣΑ: Στερεά Απόβλητα

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Α.Οικονόμου, «Αντλιοστάσια, υδραυλικές και ηλεκτρομηχανολογικές εφαρμογές», Ρέκος, (1997)

Ανδρεαδάκης Α., Εγκαταστάσεις επεξεργασίας και διάθεσης αστικών αποβλήτων, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα, (1989)

Ανδρεαδάκης Α., «Θερμική επεξεργασία Αστικών Στερεών Απορριμμάτων και Ιλύων», Σημειώσεις μαθήματος , «Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων και Υλίου», Κρήτη (2001)

Γιώργος Διαλυνάς «Λειτουργία και συντήρηση μικρών μονάδων επεξεργασίας λυμάτων», έκδοση στα πλαίσια του προγράμματος PETRA II, (1994)

( ΕΕΔΣΑ – Ελληνική Εταιρία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων )

Ιωάννου Μ. Μαυρούδη, «Αντλίες & Σωληνώσεις», Επτάλοφος ΑΒΕΕ, (1999)

Μιλτ.Μ.Κάπου, «Αντληση – Ύδρευση – Άδρευση», (1991)

Metcalf and Eddy, «Wastewater Engineering, (Treatment Disposal Reuse)», McGraw-Hill, International Editions, (1991)

Στάμου, Α. Ανδρεαδάκης, Ι Θανάπουλος, «Κόστος κατασκευής μονάδων επεξεργασίας λυμάτων». Πρακτικά 4ου Συνεδρίου Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, Μόλυβος, Λέσβος, Τόμος Α. (1995)

Στάμου, Α. «Βιολογικός Καθαρισμός Αστικών Αποβλήτων. Με παρατεταμένο αερισμό και βιολογική απομάκρυνση θρεπτικών». Παπασωτηρίου, Αθήνα. (1995)

Στάμου, Α.Ι «Βιολογικός Καθαρισμός Αστικών Αποβλήτων». Παπασωτηρίου, Αθήνα, (2004)

Στάμου, Α.Ι. και Βογιατζής, Ζ.Σ. «Βασικές αρχές και σχεδιασμός συστημάτων επεξεργασίας αποβλήτων», Β' Έκδοση ΤΕΕ, Αθήνα, (1994)

Στάμου, Α.Ι. «Σχεδιασμός μικρής εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων με παρατεταμένο αερισμό». Πρακτικά πανελληνίου συνεδρίου της Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης, Ηράκλειο Κρήτης, Απρίλιος (1990) Συνεδρίου Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας Πανεπιστημίου Αιγαίου, Μυτιλήνη, 1993

Χριστούλας, Δ. «Ρύπανση υδάτων και αντιρρυπαντική τεχνολογία», Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα, (1991)

Aquionics, «Μέθοδος που αναπαριστά την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης με χρήση UV» (2010)

Hoffland Environmental Inc. (2009)

ITT Water & Wastewater U.S.A, (2010)

Ecoprog & Fraunhofer UMISICHT, «The European Market for Waste Incineration Plants: Market Volume – Manufacturers – Strategies – Trends», (2006)

Freeman h. «Standard handbook of hazardous waste treatment and disposal», (1989)

Frank R. Spellman, «Technology & Engineering Spellman's Standard Handbook for Wastewater Operators: Volume III», (2010)

Wastewater Engineering, «Treatment and Reuse - Metcalf & Eddy, George Tchobanoglous, Franklin Burton, David Stensel», (2002)

Gary Benjamin, «Scale up and Design of Industrial Mixing Processes», (2009)

Ronald W. Crites, «Decentralized Wastewater Management», (2009)

Ralph L. Stephenson, «The Industrial Wastewater Systems Handbook», (1997)

Henze M. «Wastewater treatment - biological and chemical processes», (1996)

Ronald L. Droste, «Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment», (1997)

Rainer Schmidt von Springer, «Werkstoffverhalten in biologischen Systemen: Grundlagen, Anwendungen, Schädigungsmechanismen, Werkstoffprüfung», Berlin (1999)

Wilhelm Hosang, «Abwassertechnik – Abwasserreinigung – Abwassertechnik», (1998)

Sandrine Cabrit-Leclerc, Hervé Nallet, «Traiter écologiquement ses eaux usées», (2010)

**ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ:**

[www.lowara.com](http://www.lowara.com)

[www.feralco.com](http://www.feralco.com)

[www.wedeco.com](http://www.wedeco.com)

[www.bic-iwhr.com](http://www.bic-iwhr.com)

[wedeco.us@itt.com](http://wedeco.us@itt.com)

[www.aquionics.com](http://www.aquionics.com)

[www.cleantechnica.com](http://www.cleantechnica.com)

[www.bousteadsalcon.com](http://www.bousteadsalcon.com)

[www.coloriteaerationtubing.com](http://www.coloriteaerationtubing.com)

[www.users.auth.gr/darakas.htm](http://www.users.auth.gr/darakas.htm)

[www.humboldt.edu/chlorination.html](http://www.humboldt.edu/chlorination.html)

[www.pumpserv.com/submersibles.html](http://www.pumpserv.com/submersibles.html)

[www.piccers.com/activated-sludge.html](http://www.piccers.com/activated-sludge.html)

[www.newsbeast.gr](http://www.newsbeast.gr)

[www.collectif21.org](http://www.collectif21.org)

[www.pakwatercare.org](http://www.pakwatercare.org)

[www.microbiocosmos.org](http://www.microbiocosmos.org)

[www.watertreatmentequipment.org](http://www.watertreatmentequipment.org)

[www.umich.edu](http://www.umich.edu)

[www.huber.de](http://www.huber.de)

[www.lenntech.de](http://www.lenntech.de)

[www.prominent.de](http://www.prominent.de)

[www.hamburgwasser.de](http://www.hamburgwasser.de)

[www.umweltschutz-bw.de](http://www.umweltschutz-bw.de)

[www.spurghitorino.it](http://www.spurghitorino.it)

[www.distart.unibo.it](http://www.distart.unibo.it)

[www.medicina.uanl](http://www.medicina.uanl)

[www.eedsa.gr](http://www.eedsa.gr)