

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Γενικά η δημιουργία υγρών λυμάτων ή αποβλήτων που έχουν ως βάση το νερό είναι αποτέλεσμα κατανάλωσης του νερού στις αστικές περιοχές, στις βιομηχανίες και τις γεωργικές αρδεύσεις.

Ανάλογα με την προέλευσή τους τα υγρά λύματα κατατάσσονται σε:

- **Οικιακά**
- **Βιομηχανικά**
- **Αστικά**

Αστικά λύματα: είναι αποτέλεσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας και αποτελούνται κυρίως από τα προϊόντα μεταβολισμού του ανθρώπου (περιττώματα) και από τα απορρίμματα τροφής και καθαριότητας. Υπολογίζεται ότι ανά άτομο κάθε ημέρα δημιουργούνται αστικά λύματα με B.O.D 250-350. Η σύσταση των αστικών λυμάτων χαρακτηρίζεται από μια μεγάλη ποικιλία υδατοδιαλυτών και μη συστατικών (λιπαρών ουσιών κτλ) που δημιουργούν συστήματα διασποράς ποικίλης σύστασης με αντίστοιχη ποικιλία στη βιοαποικοδομησιμότητά τους.

Βιομηχανικά λύματα: τα λύματα βιομηχανικής προέλευσης είναι αποτέλεσμα της ευρείας χρήσης του νερού στη βιομηχανία για επεξεργασία πρώτων υλών και στα συστήματα ψύξης-θέρμανσης.

Τα βιομηχανικά απόβλητα εμπεριέχουν υλικά της βιομηχανικής παραγωγής, τα οποία ποικίλουν ανάλογα με το είδος της βιομηχανίας και των παραγόμενων προϊόντων και τις διεργασίες παραγωγής. Λόγω της μεγάλης αυτής ποικιλίας των βιομηχανικών αποβλήτων σε σύσταση και θερμοκρασία (νερά ψύξης-ατμοί) για κάθε βιομηχανική μονάδα απαιτείται εξειδικευμένος σχεδιασμός των μεθόδων και εγκαταστάσεων κατεργασίας τους, λύσεις που πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τον όγκο και τον ρυθμό παραγωγής των λυμάτων, τις τιμές των B.O.D και C.O.D., το ποσό των στερεών υπολειμμάτων, την παρουσία ή μη τοξικών συστατικών κτλ.

Οι μέθοδοι καθαρισμού των λυμάτων σε γενικές γραμμές είναι φυσικές και χημικές διεργασίες, πολλές από τις οποίες λαμβάνουν χώρα και στη φύση και ανάλογα με το σκοπό και την πρακτική εφαρμογή τους χρησιμοποιούνται σε τρία διαδοχικά στάδια κατεργασίας των υγρών λυμάτων:

ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ

Ο πρωτοβάθμιος καθαρισμός αποτελεί το πρώτο στάδιο καθαρισμού των λυμάτων και περιλαμβάνει μηχανικές διεργασίες καθαρισμού που επιλέγονται με κριτήριο τις φυσικές ιδιότητες των περιεχομένων ρύπων στα απόνερα. Οι διεργασίες αυτές πραγματοποιούνται σε:

Εσχάρες Διήθησης. Πραγματοποιείται σε εσχάρες για την απομάκρυνση μεγάλου μεγέθους αιωρούμενων σωματιδίων από τα λύματα. Οι εσχάρες είναι διατάξεις παραλλήλων μεταλλικών ράβδων με διάκενα των οποίων η διάμετρος, ανάλογα με το μέγεθος των αιωρούμενων σωματιδίων ποικίλει από 5 έως 150 mm. Απαιτείται καθαρισμός τους σε τακτά χρονικά διαστήματα που γίνεται συνήθως μηχανικά. Εναλλακτικά είναι δυνατόν για την κατακράτηση ογκωδών σωματιδίων να χρησιμοποιούνται περιστρεφόμενα κόσκινα. Τα στερεά σωματίδια που κατακρατούνται στις εσχάρες και στα κόσκινα θάβονται ή αλέθονται και προστίθενται πάλι στα λύματα.

Αμμοσυλλέκτες. Είναι διατάξεις οι οποίες αποτελούνται από δεξαμενές καθίζησης συνεχούς ροής (κανάλια καθίζησης) και έχουν σκοπό την κατακράτηση υλικών με μεγάλο ειδικό βάρος π.χ. άμμου. Διακρίνονται σε δύο τύπους : οριζόντιους και αεριζόμενους. Το ίζημα το οποίο συγκεντρώνεται στον πυθμένα των αμμοσυλλεκτών συνήθως ξηραίνεται και προστίθεται στα στερεά απορρίμματα ή διατίθεται σε χώρους υγειονομικής ταφής Χ.Υ.Τ.Α.

Λιποσυλλέκτες. Είναι διατάξεις για την συγκράτηση των λιπών και των ελαίων που περιέχουν τα λύματα, τα οποία λόγω μικρού ειδικού βάρους επιπλέουν. Τα λίπη και τα έλαια που συγκεντρώνονται στους λιποσυλλέκτες καίγονται ή θάβονται υγειονομικά.

Δεξαμενές ομογενοποίησης. Χρησιμοποιούνται για την ομογενοποίηση των λυμάτων, διεργασία απαραίτητη για την προσθήκη τους στις δεξαμενές καθίζησης και στις βιολογικές μονάδες καθαρισμού.

Δεξαμενές καθίζησης. Στις δεξαμενές καθίζησης τα λύματα εισέρχονται μετά την ομογενοποίηση με σταθερή ταχύτητα, η οποία κατά τη διέλευση μέσα από αυτές ελαττώνεται σημαντικά. Η ελάττωση αυτή της ταχύτητας έχει σαν αποτέλεσμα να κατακάθονται στον πυθμένα τα πιο βαριά αιωρούμενα σωματίδια. Οι δεξαμενές καθίζησης που αποτελούν και τις βασικές μονάδες στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας

και καθαρισμού λυμάτων διακρίνονται σε τρεις τύπους ανάλογα με το σχήμα τους και τον τύπο ροής των υγρών αποβλήτων:

- Ορθογώνια δεξαμενή καθίζησης με οριζόντια ροή.
- Κυκλική δεξαμενή με ακτινωτή ροή
- Κωνική δεξαμενή με πλάγιας κατεύθυνσης ροή.

Το ίζημα των δεξαμενών καθίζησης είναι πλούσιο σε οργανικά συστατικά και συνήθως απομακρύνεται με μηχανικά μέσα, όπως σάρωση σε τακτά χρονικά διαστήματα. Οι μέθοδοι περαιτέρω κατεργασίας της λάσπης ποικίλουν ανάλογα με την σύστασή της.



Βιολογικός Καθαρισμός Ηρακλείου

Το πρόβλημα της απομάκρυνσης σωματιδίων κολλοειδών διαστάσεων από τα λύματα δεν αντιμετωπίζεται με διεργασίες καθίζησης. Από τις δεξαμενές καθίζησης εξέρχονται υγρά με φυσικοχημικά χαρακτηριστικά γαλακτωμάτων, δηλαδή αιωρήματα με σωματίδια κολλοειδών διαστάσεων. Τα γαλακτώματα αυτά χαρακτηρίζονται στις περισσότερες περιπτώσεις από μεγάλη σταθερότητα οι δε πολύ μικρές διαστάσεις των κολλοειδών σωματιδίων έχουν σαν αποτέλεσμα μικρές ταχύτητες καθίζησης, γεγονός που δεν ευνοεί την κατακάθισή τους.

Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η συμπύκνωση των κολλοειδών σωματιδίων προς μεγαλύτερων διαστάσεων συσσωμάτωματα που είναι πιο εύκολο να αποχωρισθούν από το υγρό με καθίζηση.

Η αποσταθεροποίηση μιας κολλοειδούς διασποράς γίνεται:

Με κροκίδωση. Διεργασία που προετοιμάζει τη συσσωμάτωση, δηλαδή τη συνένωση των σωματιδίων και το σχηματισμό μεγαλύτερων που είναι πιο εύκολο να

αποχωρισθούν από το μέσο διασποράς. Η κροκιδώση επιτυγχάνεται με την προσθήκη κροκιδωτικών όπως είναι μεταλλικά άλατα, του αργιλίου και του σιδήρου, $Al_2(SO_4)_3$, $Fe_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$, $FeSO_4$, $Ca(OH)_2$; ή άσβεστος CaO και Na_2CO_3 . Επίσης σαν κροκιδωτικά χρησιμοποιούνται συνθετικά οργανικά πολυμερή με φυσικοχημικές ιδιότητες πολυ-ηλεκτρολυτών. Η επιλογή κατάλληλου κροκιδωτικού εξαρτάται από τη φύση των σωματιδίων της κολλοειδούς διασποράς και ορισμένα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του μέσου διασποράς όπως το pH.

Με την προσθήκη **υδροξειδίων μετάλλων** που είναι αδιάλυτα στο νερό τα οποία σχηματίζουν ογκώδη ιζήματα τα οποία καθιζάνουν συμπαρασύροντας τα κολλοειδή σωματίδια.

Με μηχανισμούς **προσρόφησης**. Η αποσταθεροποίηση της διασποράς στην περίπτωση αυτή γίνεται με προσθήκη προσροφητικού υλικού, στην επιφάνεια του οποίου προσροφώνται τα κολλοειδή σωματίδια καθιζάνουν και απομακρύνονται από το μέσο διασποράς. Στις διεργασίες προσρόφησης τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι συνήθως πολυμερή. Η συσσωμάτωση πραγματοποιείται σε ειδικές μονάδες συσσωμάτωσης που είναι μηχανικές διατάξεις διαφόρων τύπων που καλούνται επίσης και διαυγαστές.

Οι πιο συχνά απαντώμενοι τύποι διαυγαστών στις μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων είναι:

- διαυγαστής ενός περάσματος (διάταξη με μικρή απόδοση)
- διαυγαστής ανοδικής ροής
- διαυγαστής εξωτερικής επανακυκλοφορίας

Η διάθεση των προϊόντων της συσσωμάτωσης στον τελικό αποδέκτη συνήθως εξαρτάται από την σύσταση τους.

Δεξαμενές Επίπλευσης. Η επίπλευση είναι διεργασία που γίνεται για την απομάκρυνση από τα υγρά λύματα αιωρούμενων σωματιδίων με ειδικό βάρος μικρότερο του νερού, γεγονός το οποίο τους δίνει τη δυνατότητα να επιπλέουν. Η διεργασία υποβοηθείται με εισαγωγή φυσαλίδων αέρα οι οποίες προσκολλώνται στην επιφάνεια των κολλοειδών σωματιδίων και τα μεταφέρουν στην επιφάνεια του υγρού λόγω ανώσεως. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατόν να ανέλθουν στην επιφάνεια και σωματίδια με μεγαλύτερο ειδικό βάρος από το νερό ενώ η εισαγωγή φυσαλίδων

επιταχύνει την διαδικασία επίπλευσης για σωματίδια μικρού ειδικού βάρους (π.χ. λίπη και έλαια). Τεχνικές επίπλευσης χρησιμοποιούνται κυρίως για την κατεργασία βιομηχανικών αποβλήτων.

Στις εγκαταστάσεις επίπλευσης χρησιμοποιούνται δύο τεχνικές η επίπλευση αέρα και η επίπλευση διαλυμένου αέρα.

Η επίπλευση αέρα γίνεται με διοχέτευση μικρών φυσαλίδων αέρα στα απόβλητα ενώ η επίπλευση διαλυμένου αέρα γίνεται με διαβίβαση αέρα σε συνθήκες συμπίεσης. Σε αρκετές περιπτώσεις μικρών μονάδων επεξεργασίας αποβλήτων χρησιμοποιούνται εγκαταστάσεις σηπτικών δεξαμενών πριν την τελική διάθεση των λυμάτων στον τελικό αποδέκτη (π.χ. υπέδαφος). Στις σηπτικές δεξαμενές λαμβάνει χώρα καθίζηση με ταυτόχρονη αναερόβια χώνευση της λάσπης που κατακάθεται στον πυθμένα της δεξαμενής. Ο σχεδιασμός των σηπτικών δεξαμενών πρέπει να γίνεται πολύ προσεκτικά όσον αφορά τις διαστάσεις και τον τόπο εγκατάστασης. Η τελευταία παράμετρος είναι πολύ σημαντική γιατί υπάρχει άμεσος κίνδυνος μόλυνσης των υπογείων νερών. Η σωστή σχεδίαση μιας σηπτικής δεξαμενής προϋποθέτει την επιλογή καταλλήλων διαστάσεων, σωστή διάταξη, κατάλληλα υλικά κατασκευής. Η σωστή λειτουργία τους εξασφαλίζει την απουσία δυσοσμίας καθώς και περιορισμό στο ελάχιστο του κινδύνου ρύπανσης των υπογείων νερών λόγω διήθησης μέσω του εδάφους.

Εξέλιξη των απλών ορθογωνίων θαλάμων που συνήθως αποτελούν τις δεξαμενές καθίζησης αποτελούν οι δεξαμενές IMHOFF, που αποτελούνται από δύο διαδοχικούς θαλάμους: ένα θάλαμο καθίζησης και ένα θάλαμο χώνευσης που επικοινωνούν στο κάτω μέρος τους. Τα λύματα μιας δεξαμενής καθίζησης IMHOFF είναι συνήθως άοσμα και άσηπτα έτσι η περαιτέρω διάθεσή τους στο υπέδαφος είναι δυνατή χωρίς κίνδυνο μόλυνσης των υπόγειων νερών της περιοχής.

Φίλτρα Διήθησης

Η διήθηση είναι μία διεργασία καθαρισμού λυμάτων η οποία θεωρείται συμπληρωματική της κροκίδωσης και έχει σκοπό την απομάκρυνση και των τελευταίων μικρών σωματιδίων που παραμένουν στα λύματα. Ο εξευγενισμός αυτός κρίνεται απαραίτητος γιατί βελτιώνει την ποιότητα των λυμάτων και το διήθημα μπορεί να υποστεί βιολογικό καθαρισμό με μικρότερα τεχνικά και λειτουργικά προβλήματα.

Η αρχή της διεργασίας είναι η διέλευση του υλικού μέσα από ένα πορώδες διηθητικό υλικό (φίλτρο) υπό πίεση. Η συγκράτηση των σωματιδίων γίνεται μηχανικά είτε στην επιφάνεια του φίλτρου είτε ανάμεσα στους πόρους του.

Οι συνηθέστεροι τύποι φίλτρων που χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις καθαρισμού λυμάτων είναι:

- διήθηση βαθέως στρώματος. Πραγματοποιούνται σε δεξαμενές στον πυθμένα των οποίων τοποθετείται ένα στρώμα διηθητικού συνήθως άμμου, ενώ το δάπεδο είναι πορώδες και επιτρέπει τη διέλευση των λυμάτων.
- διήθηση εν κενώ. Χρησιμοποιούνται φίλτρα κενού τα οποία είναι είτε περιστρεφόμενα τυμπανοειδή, είτε φίλτρα οριζόντιας ταινίας είτε φίλτρα περιστρεφόμενων δίσκων.
- διήθηση με φίλτρα με πλάκες και πλαίσια. Η διεργασία γίνεται σε κλίνες διήθησης. Τα υλικά με τα οποία γεμίζονται οι κλίνες αυτές είναι συνδυασμός δύο ή περισσότερων υλικών όπως ανθρακίτη, άμμου, ενεργού άνθρακα κόκκων γρανίτη κτλ. Για μεγαλύτερη απόδοση χρησιμοποιούνται σύστημα 3-4 κλινών εν σειρά.

Σημαντικός παράγοντας για την καλή λειτουργία των φίλτρων είναι η καλή έκπλυνσή τους. Τα τελευταία χρόνια έχουν ευρεία εφαρμογή τεχνικές πλήρωσης των κλινών με συνδυασμό δύο ή περισσότερων πληρωτικών υλικών όπως άμμος και ενεργός άνθρακας, ιοντοανταλλάκτες κτλ.

ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ

Ο δευτεροβάθμιος καθαρισμός αποτελεί το βιολογικό στάδιο καθαρισμού των λυμάτων και έχει σκοπό την απομάκρυνση οργανικών ουσιών που βρίσκονται σε κολλοειδή ή μη μορφή μετά τον πρωτοβάθμιο καθαρισμό, μέτρο προσδιορισμού των οποίων αποτελεί το B.O.D.

Στο στάδιο του βιολογικού καθαρισμού των λυμάτων οι οργανικές ουσίες βιοαποικοδομούνται με την βοήθεια σαπροφυτικών οργανισμών, διαδικασία που επιτυγχάνεται με την ταυτόχρονη δράση ενζύμων που παράγονται από τους μικροοργανισμούς. Η βιοαποικοδόμηση μπορεί να γίνει σε αερόβιες ή αναερόβιες συνθήκες. Συνήθως εφαρμόζονται τεχνικές αερόβιας αποικοδόμησης. Η αναερόβια

αποικοδόμηση καθώς και τεχνικές που συνδυάζουν αερόβια και αναερόβια αποικοδόμηση εφαρμόζονται σε ειδικές συνθήκες.

Η αερόβια επεξεργασία γίνεται παρουσία O_2 είναι ταχεία και έχει ως τελικά προϊόντα διοξείδιο του άνθρακα, νερό, νιτρικά και φωσφορικά ιόντα και οργανικά μόρια που δεν επιδέχονται οξείδωση ή περαιτέρω βιο-διάσπαση. Εφαρμόζεται σε δεξαμενές ενεργού ιλύος και σε αεριζόμενες δεξαμενές σταθεροποίησης.

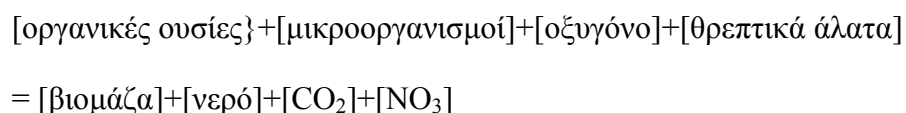
Κατά την αναερόβια επεξεργασία οι διεργασίες βιο-αποικοδόμησης πραγματοποιούνται από μικροοργανισμούς που δρουν σε συνθήκες απουσίας O_2 προς τελικά προϊόντα μεθάνιο CH_4 , αιθάνιο C_2H_6 και άλλες αναγωγικές ενώσεις όπως αμμωνία. Η διαδικασία είναι βραδεία και βρίσκει εφαρμογή στη χώνευση της λάσπης σε συστήματα καθίζησης και σε αναερόβιες δεξαμενές χώνευσης λυμάτων.

Ο συνδυασμός των δύο παραπάνω τεχνικών γίνεται σε δεξαμενές μεγάλου βάθους στο πάνω μέρος των οποίων επικρατούν αερόβιες ενώ στον πυθμένα αναερόβιες συνθήκες.

Αερόβια βιολογική επεξεργασία λυμάτων-Μέθοδος ενεργού ιλύος:

Η αερόβια επεξεργασία των λυμάτων με την μέθοδο ενεργούς ιλύος συνίσταται σε ένα σύστημα ανάμειξης των λυμάτων με καλλιέργεια μικροοργανισμών παρουσία οξυγόνου σε ελεγχόμενες συνθήκες. Συνήθως κρίνεται απαραίτητη και η προσθήκη θρεπτικών υλικών, που είναι ανόργανα άλατα. Με την ανάμειξη αυτή επιτυγχάνεται η δημιουργία μιας βιομάζας μικροβιακού πληθυσμού που αναπτύσσεται χρησιμοποιώντας ως πηγή άνθρακα και βιολογικής ενέργειας τα οργανικά συστατικά των λυμάτων. Τα λύματα με τον τρόπο αυτό καθαρίζονται από τα οργανικά συστατικά. Κατόπιν η βιομάζα αυτή διαχωρίζεται υπό μορφή βιολογικής ιλύος που στη συνέχεια αναλόγως των συνθηκών, υφίσταται περαιτέρω επεξεργασία ή απορρίπτεται. Κατά την διαδικασία της βιολογικής οξείδωσης παράγονται αέρια διοξειδίου του άνθρακα CO_2 και τριοξειδίου του αζώτου NO_3 καθώς και μεγάλα ποσά ενέργειας.

Σχηματικά, η αερόβια διεργασία μπορεί να παρασταθεί ως εξής:



Αν και οι αρχικές μονάδες βιολογικού καθαρισμού σχεδιάστηκαν εμπειρικά, σήμερα οι απαιτήσεις για όσο το δυνατό πιο καθαρά λύματα και λειτουργία συστημάτων αρτίων τεχνικά, χαμηλού κόστους και μικρής κατανάλωσης ενέργειας, επιβάλλουν τον επιστημονικό σχεδιασμό τους και τη συνεχή βελτίωση των λειτουργικών χαρακτηριστικών τους.

Σήμερα η μεγάλη ανάπτυξη των βιο-επιστημών επιτρέπει το σχεδιασμό των μονάδων βιολογικού καθαρισμού στη βάση βιολογικών νόμων ενεργοποίησης και προσαρμογής, που αποτελούν εφαρμογή των «in vitro» βιολογικών διεργασιών. Ο σύγχρονος σχεδιασμός «μεταφέρει» τα αποτελέσματα πειραμάτων βιο-αποικοδόμησης συνθετικών αποβλήτων που πραγματοποιούνται στο εργαστήριο στις πιλοτικές μονάδες βελτιώνοντας τις συνθήκες και την ταχύτητα των διεργασιών της βιολογικής οξειδωσης. Έτσι ρυθμίζεται συνήθως ο παράγοντας θερμοκρασία, καθώς αύξησή της επιφέρει επιτάχυνση των βιο-αντιδράσεων αλλά και θάνατο των μικροοργανισμών, σε μη ελεγχόμενες συνθήκες. Επίσης δίνεται η δυνατότητα να επιλέγονται κατάλληλοι μικροοργανισμοί η εισαγωγή των οποίων στο σύστημα, μετά από καλλιέργεια, βελτιώνει την απόδοσή του.

Στο λειτουργικό σχεδιασμό πρέπει επίσης να λαμβάνεται υπόψη η «προϊστορία» του λύματος μιας και οι αντιδράσεις βιο-οξειδωσης είναι πολύπλοκες και πραγματοποιούνται σε συνθήκες μακράν της ισορροπίας. Με τον όρο «προϊστορία» ενός συστήματος εννοούμε το σύνολο των χημικών, φυσικών και βιολογικών παραγόντων που έχουν επιδράσει σε αυτό από την αρχή της δημιουργίας του. Η καλή γνώση της προϊστορίας του συστήματος επιτρέπει την δημιουργία βέλτιστων συνθηκών για τον εγκλιματισμό και την ανάπτυξη των μικροοργανισμών.

Διαδικασίες καθαρισμού με την μέθοδο της ενεργού ιλύος

Οι διαδικασίες καθαρισμού που εφαρμόζονται στις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων ενεργού ιλύος είναι:

διαδικασίες υψηλής ταχύτητας.

Είναι διαδικασίες στις οποίες οι μικροοργανισμοί παραμένουν πολύ μικρούς χρόνους στο σύστημα καθαρισμού. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη βακτηριδίων ενώ η απόδοση του ως προς τα ποσοστά μείωσης του B.O.D. είναι μικρή. Παρουσιάζει όμως πλεονεκτήματα όπως: μεγάλη ταχύτητα μείωσης του B.O.D., μεγάλη αντοχή σε διακυμάνσεις του pH και αυξημένες συγκεντρώσεις

τοξικών, αύξηση της απόδοσης με την άνοδο της θερμοκρασίας, μικρές ενεργειακές απαιτήσεις, μικρές ενεργειακές απαιτήσεις στις εγκαταστάσεις αερισμού και τέλος χαρακτηρίζονται από υψηλές ταχύτητες καθίζησης της ιλύος.

διαδικασία χαμηλής ταχύτητας.

Κατά την εφαρμογή της διαδικασίας αυτής απαιτούνται μεγάλοι χρόνοι παραμονής στις δεξαμενές γεγονός που επιτρέπει την ανάπτυξη μικροοργανισμών με μεγάλο κύκλο ζωής, όπως μύκητες. Οι εγκαταστάσεις αυτές έχουν μεγάλο κόστος λειτουργίας και συντήρησης, χαμηλούς ρυθμούς μείωσης του B.O.D.. Οι διεργασίες βιολογικής αποικοδόμησης σε τέτοια συστήματα είναι ευαίσθητες σε διακυμάνσεις του pH και την παρουσία τοξικών, απαιτούν μεγάλα ποσά ενέργειας και χαρακτηρίζονται από χαμηλές ταχύτητες καθίζησης της λάσπης.

Συνήθως τα συστήματα βιολογικού καθαρισμού με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος συνδυάζονται με συστήματα αερισμού, η προσθήκη των οποίων επιτρέπει τη μέγιστη αξιοποίηση των δυνατοτήτων των βιολογικών αντιδραστήρων. Η προσθήκη αερισμού συμβάλλει στην αύξηση της ταχύτητας και της απόδοσης των αντιδράσεων βιο-οξειδωσης, καθώς και στην μείωση της κατανάλωσης ενέργειας των εγκαταστάσεων.

Ο αερισμός γίνεται με:

- Επιφανειακό (επιφανειακό αερισμό) με τουρμπίνες που προκαλούν επιφανειακή ανατάραξη στις δεξαμενές βιολογικού καθαρισμού. Είναι συνήθως κατασκευασμένες από πλαστικό για αποφυγή διάβρωσης και χρησιμοποιούνται σε μικρές βιολογικές μονάδες λόγω περιορισμένης δυναμικότητας.
- Εσωτερικά, με παροχή αέρα στη μάζα των λυμάτων (εσωτερικός αερισμός). Ο αέρας (ή το οξυγόνο σε μερικές περιπτώσεις) εισάγονται στις βιολογικές δεξαμενές με ένα σύστημα οπών μικρής διατομής. Η μέθοδος αυτή επιτρέπει την καλή διασπορά του αέρα σε όλη τη μάζα του λύματος. Χρησιμοποιείται σε μεγάλες μονάδες βιολογικού καθαρισμού.

Διάφοροι τύποι συστημάτων αερισμού είναι διαθέσιμοι εμπορικά. Η επιλογή τους γίνεται ανάλογα με τις ανάγκες του συστήματος που διαθέτουμε. Χονδρικά μπορούμε να τους κατατάξουμε σε έξι κατηγορίες.

- συστήματα επιφανειακού αερισμού με μεγάλη ταχύτητα περιστροφής
- συστήματα επιφανειακού αερισμού με μικρή ταχύτητα περιστροφής
- συστήματα εσωτερικού αερισμού με διάχυση αέρα με μορφή μεγάλων φυσαλίδων
- συστήματα εσωτερικού αερισμού με διάχυση αέρα με μορφή μικρών φυσαλίδων
- συστήματα εσωτερικού αερισμού με τουρμπίνες και
- συστήματα επιφανειακού αερισμού με οριζόντια αξονική περιστροφή



Αεριστήρες τύπου «βούρτσας»



Επιφανειακοί αεριστήρες κατακόρυφου άξονα

Εγκαταστάσεις αερόβιου βιολογικού καθαρισμού

Οι βασικοί τύποι μονάδων αερόβιου βιολογικού καθαρισμού είναι :

Χαλικοδυλιστήρια ή βιολογικά φίλτρα. Είναι δεξαμενές που γεμίζονται με αδρανές πληρωτικό υλικό άμορφου και ακανόνιστου σχήματος. Ο αέρας εισέρχεται με σύστημα αερισμού σε ομορροή ή αντιρροή. Με την είσοδο των λυμάτων έτσι εξασφαλίζεται πλήρως βιολογική δράση στο σύστημα. Ως πληρωτικά υλικά χρησιμοποιούνται γρανιτικά, ανθρακίτης, κεραμικά και άλλα σκληρά, αδρανή και γωνιώδους μορφής.

Βιολογικοί πύργοι. Αποτελούν ειδική μορφή χαλικοδυλιστηρίων με μεγάλη βιολογική απόδοση. Είναι κυκλικοί ή ορθογώνιοι πύργοι μεγάλου βάθους και λειτουργούν σε συνθήκες ανακυκλοφορίας του αέρα. Το πληρωτικό υλικό είναι σωματίδια μεγάλης ειδικής επιφάνειας γεγονός που δημιουργεί άριστες συνθήκες βιολογικής επεξεργασίας.

Βιολογικοί δίσκοι. Είναι συστήματα στα οποία η επιφάνεια του πληρωτικού υλικού των δεξαμενών είναι κινητή και καλυμμένη με στρώμα βιολογικής λάσπης που έρχεται περιοδικά σε επαφή με τα λύματα. Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από κατακόρυφους δίσκους που περιστρέφονται μέσα σε ημικυκλικές δεξαμενές. Έχουν μικρή ενεργειακή απαίτηση, σταθερότητα και υψηλή απόδοση μείωσης του B.O.D (περίπου 85%).

Δεξαμενές ενεργού ιλύος. Είναι συστήματα που αποτελούνται από ορθογώνιους θαλάμους που γεμίζονται με κροκίδες σε συνδυασμό αερισμού. Οι κροκίδες έχουν βιολογικά υλικά που αιωρούνται με τη βοήθεια των φυσαλίδων του αέρα. Τα λύματα συνήθως μετά την παραμονή τους στις δεξαμενές προωθούνται σε δεξαμενές καθίζησης πριν την διάθεσή τους στον τελικό αποδέκτη. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία στους τύπους των εγκαταστάσεων ενεργού ιλύος με ιδιαίτερα κάθε φορά χαρακτηριστικά λειτουργίας.

Δεξαμενές καθίζησης. Είναι συστήματα που χρησιμοποιούνται μετά τη βιολογική επεξεργασία των λυμάτων για την απομάκρυνση των στερεών σωματιδίων που προκύπτουν από αυτή. Είναι ορθογώνιες ή κυκλικές δεξαμενές με κεντρική ή πλευρική τροφοδοσία και σύστημα άντλησης της λάσπης από τον πυθμένα. Ο σωστός σχεδιασμός τους πρέπει να λαμβάνει υπόψη το είδος, το χρόνο παραμονής και τους ρυθμούς παροχής των λυμάτων.

Δεξαμενές σταθεροποίησης. Είναι αβαθείς λεκάνες με επίπεδο πυθμένα με επιφανειακά συστήματα αερισμού. Είναι δυνατόν να επικρατούν αερόβιες ή αναερόβιες συνθήκες ή συνδιασμός αυτών. Το κυριότερο χαρακτηριστικό τους είναι η μεγάλη απόδοση στη μείωση του B.O.D.(περίπου 95%), παρά το γεγονός ότι παρουσιάζουν λειτουργικά προβλήματα από την ανάπτυξη ? και δυσοσμίες.

Εγκαταστάσεις αναερόβιου βιολογικού καθαρισμού

Αναερόβια δεξαμενή.

Η αναερόβια επεξεργασία των λυμάτων αποτελεί συνήθως, εφόσον κρίνεται απαραίτητο, προκαταρκτικό στάδιο της αερόβιας επεξεργασίας.

Οι αναερόβιες δεξαμενές είναι κλειστοί θάλαμοι με σύστημα εισροής και εκροής των λυμάτων (αναερόβιος χωνευτήρας) ή πύργοι πλήρεις κροκκώδους υλικού, μέσα στους οποίους διαβιβάζονται τα λύματα με μεγάλη ταχύτητα παροχής (ρευστοποιημένη βιολογική κλίνη). Συνήθως η απόδοση των συστημάτων αυτών

εκπεφρασμένη σε ποσοστά μείωσης του B.O.D. είναι μεγάλη ενώ παράλληλα παράγεται βιοαέριο το οποίο αξιοποιείται ενεργειακά.

ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Οι διεργασίες του τριτοβάθμιου καθαρισμού λυμάτων έχουν χημικό χαρακτήρα ή φυσικοχημικό χαρακτήρα και εφαρμόζονται μεμονωμένα ή σε συνδιασμό με μεθόδους πρωτοβάθμιου και δευτεροβάθμιου καθαρισμού.

Οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες διεργασίες είναι:

Χημική κατακρήμνιση. Εφαρμόζεται σε βιομηχανικά απόβλητα που περιέχουν βαρέα μέταλλα και εξασθενές χρώμιο Cr^{6+} καθώς και παράγοντες ευτροφισμού, δηλαδή άζωτο και φώσφορο. Πραγματοποιείται με την προσθήκη κατάλληλων αντιδραστηρίων σε αντιδραστήρες συνεχούς λειτουργίας αποτελούμενο από μία ή δύο δεξαμενές με συστήματα ανάδευσης: μια δεξαμενή αντίδρασης και μία δεξαμενή αναγωγής που συνδέονται συνήθως με δεξαμενή καθίζησης. Η απομάκρυνση των εξαχρωμικών ιόντων Cr^{6+} γίνεται σε ειδικές εγκαταστάσεις (συστήματα Lancy) με ρύθμιση του pH (8-9,5), με προσθήκη υδροξειδίου του ασβεστίου $Ca(OH)_2$ για την απομάκρυνση των ιόντων των βαρέων μετάλλων και αλάτων θειικού σιδήρου $FeSO_4$.

Η προσθήκη υδροξειδίου του ασβεστίου που εξασφαλίζει την απομάκρυνση των ιόντων των βαρέων μετάλλων καθώς και του διαλύματος του $FeSO_4$ γίνονται στις σύγχρονες εγκαταστάσεις με αυτόματους δοσομετρητές. Τα συστήματα διαθέτουν pH-μετρα και ποτενσιόμετρα συνδεδεμένα με υπολογιστικά συστήματα που επεξεργάζονται τις μετρήσεις αυτόματα και τροφοδοτούν με δεδομένα τον αυτόματο δοσομετρητή, ο οποίος με τον τρόπο αυτό ρυθμίζει τον ρυθμό προσθήκης των αντιδραστηρίων στις δεξαμενές.

Για την απομάκρυνση των παραγόντων ευτροφισμού (αζώτου και φωσφόρου) από τα λύματα γίνεται χημική κατακρήμνιση με προσθήκη αλάτων πολυσθενών μετάλλων, όπως ασβεστίου και αργιλίου.

Διαδικασίες κατακρήμνισης χρησιμοποιούνται και για την αποσκλήρυνση του νερού.

Κατά τη διαδικασία της κατακρήμνισης παράγεται μεγάλος όγκος ιζήματος στις δεξαμενές. Η επεξεργασία της παραγόμενης λάσπης περιλαμβάνει αρχικά

φιλτράρισμα και ξήρανση ενώ ακολουθούν και άλλες διαδικασίες επεξεργασίας, εφόσον κρίνεται απαραίτητο, πριν από τη διάθεσή της στον τελικό αποδέκτη.

Ιοντοανταλλαγή. Είναι μέθοδος επεξεργασίας των λυμάτων που πραγματοποιείται με τη βοήθεια ιοντοανταλλακτικών ρητίνων σε ειδικές συσκευές, που λέγονται ιοντοανταλλάκτες. Εναλλακτικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν φυσικού ή τεχνικοί ζεόλιθοι. Η αρχή λειτουργίας της μεθόδου είναι η αντικατάσταση των ιόντων ρυπογόνων ουσιών με ιόντα των ρητινών ή των ζεόλιθων που χρησιμοποιούνται σαν υλικό ανταλλαγής. Συνήθως γίνεται ανταλλαγή των ανεπιθύμητων ιόντων με ιόντα H^+ , Na^+ (κατιονικά) ή ιόντα υδροξυλίου OH^- και χλωρίου Cl^- (ανιονικά). Με τη μέθοδο αυτή, σε μεμονωμένη εφαρμογή, απομακρύνονται από τα λύματα ιόντα μετάλλων (σκληρότητα νερού), βαρέα μέταλλα ενώ σε συνδιασμό με χημική κατακρήμνιση απομακρύνονται θρεπτικά υλικά.

Προσρόφηση. Αρχή της μεθόδου είναι η προσρόφηση οργανικών και ανόργανων συστατικών των λυμάτων σε προσροφητικά υλικά. Τα προσροφητικά υλικά είναι στερεά (διαδικασία προσρόφησης υγρού-στερεού) με μεγάλη ειδική επιφάνεια, όπως άργιλος, πυριτικά, ενεργός αλουμίνα και κυρίως ενεργός άνθρακας, που είναι και το πιο αποτελεσματικό μέσο προσρόφησης.

Ο ενεργός άνθρακας τοποθετείται σε κάθετες στήλες με σταθερή ή κινητή κλίση με τροφοδοσία στο πάνω μέρος και σύστημα εκροής στον πυθμένα (σταθερή κλίση), ή με τροφοδοσία στον πυθμένα και εκροή στο πάνω μέρος της στήλης. Ο ενεργός άνθρακας παράγεται από θέρμανση οργανικών υλικών σε συνθήκες που δημιουργούν κόκκους ή σκόνη πορώδους δομής. Ακολουθεί ενεργοποίηση που επιτυγχάνει με κατεργασία με ατμό.

Η πιο ενδεδειγμένη λύση για τις εγκαταστάσεις προσρόφησης είναι οι κινητές στήλες ενεργού άνθρακα μιας και η λειτουργία τους δεν παρουσιάζει προβλήματα έμφραξης και συνδέονται συνήθως με κατάλληλες διατάξεις αναγέννησης του άνθρακα. Η αναγέννηση μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορες χημικές θερμικές ή βιολογικές μεθόδους.

Διεργασίες μεμβρανών. Εφαρμόζονται για την κατακράτηση διαλυμένων στερεών από τα λύματα με μηχανισμούς αντίστροφης ώσμωσης και υπερδιήθησης. Υπάρχουν αρκετοί τύποι μεμβράνων κατάλληλοι για κάθε εφαρμογή. Κυρίως με τη

χρήση τους αντιμετωπίζεται το πρόβλημα της απομάκρυνσης των πρωτεϊνών καθώς και άλλων μεγάλων μορίων και κολλοειδών από τα λύματα.

Απολύμανση. Η απολύμανση είναι διεργασία που στοχεύει στην εκλεκτική μείωση των πληθυσμών των παθογόνων μικροοργανισμών των λυμάτων και πραγματοποιείται με μηχανικά, φυσικά, χημικά και ραδιολογικά μέσα.

Με μηχανικά μέσα είναι δυνατόν να συμπαρασύρονται μαζί με τα αιωρούμενα υλικά και να απομακρύνονται από τα λύματα μικροοργανισμοί, όπως κολλοβακτήρια.

Η **φυσική** απολύμανση των λυμάτων επιτυγχάνεται με:

- θέρμανση που εφαρμόζεται κυρίως στις βιομηχανίες τροφίμων.
- την εφαρμογή ηλιακής ακτινοβολίας ή ακτινοβολίας από τεχνητές πηγές. Εφαρμόζεται σε μονάδες μικρής δυναμικότητας.

Η **χημική** απολύμανση των λυμάτων επιτυγχάνεται με την προσθήκη χημικών αντιδραστηρίων στα λύματα. Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιούνται είναι αλκοόλη, βρώμιο, υπεροξείδιο του υδρογόνου, φαινόλες, απορρυπαντικά, οξέα κτλ.

Ευρεία χρήση σαν απολυμαντικό έχει το χλώριο. Έχει ευρεία χρήση σε αντλιοστάσια, αποχετεύσεις, εγκαταστάσεις επεξεργασίας της λάσπης κτλ. Η χλωρίωση γίνεται σε ειδικές εγκαταστάσεις, οι οποίες διακρίνονται σε **χλωριωτές** που λειτουργούν με παροχή αερίου χλωρίου και **υποχλωριωτές** που λειτουργούν με παροχή ενώσεων του χλωρίου.

Και οι χλωριωτές και οι υποχλωριωτές διαθέτουν δοσομετρικά συστήματα και συστήματα ελέγχου υπολειμματικού χλωρίου.

Σαν **ραδιολογικά** μέσα απολύμανσης χρησιμοποιούνται ακτινοβολίες υπό μορφή σωματιδίων, όπως και ακτίνες α και β που έχουν μικροβιοκτόνο δράση.



Συσκευή UV