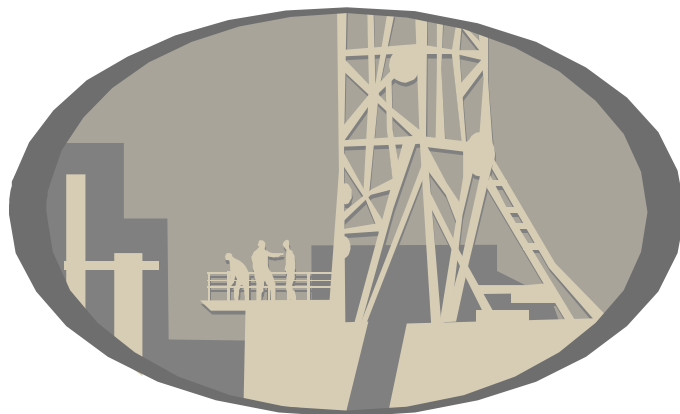


Πτυχιακή Εργασία

Θέμα Πτυχιακής
*Βιολογική Επεξεργασία Αποβλήτων
Διωλιστηρίου*

Υπεύθυνη Καθηγήτρια
Θεοδώρα Νταλκαράνη

Φοιτήτρια
Δήμητρα Τζεβελέκου (2829)



•ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ•

ΕΝΟΤΗΤΑ 1 ΑΠΟΒΑΝΤΑ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΟΥ

1.1.ΑΠΟΧΡΕΤΕΥΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ – ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	6
1.2.ΑΥΜΑΤΑ ΑΠΟΒΑΝΤΑ.....	6
1.3.ΑΠΟΒΑΝΤΑ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΟΥ	
1.3.1.ΓΕΝΙΚΑ.....	7
1.3.2.ΑΠΟΒΑΝΤΑ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΟΥ ΑΠΟ ΠΙΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ 1.3.2.α.ΡΥΠΑΝΤΕΣ.....	8
1.3.2.β.ΕΙΔΗ ΑΠΟΒΑΝΤΩΝ ΚΑΤΑ ΤΙΣ ΦΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ	9
1.4.ΓΕΝΙΚΑ ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟΒΑΝΤΩΝ	
1.4.1.ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	10
1.4.2.ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	11
1.5.ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΒΑΝΤΩΝ.....	12
1.6.ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΡΥΠΑΝΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ	
1.6.1.ΜΕΤΡΙΣΗ ΟΡΓΑΝΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΑΠΟΒΑΝΤΩΝ 1.6.1.α.ΒΟD.....	14
1.6.1.β.СОD	
1.6.1.γ.ΑΛΛΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ.....	15
1.6.2.ΛΥΩΤΟ.....	16
1.6.3.ΧΑΩΡΙΟΥΧΑ	
1.6.4.ΕΝΩΣΕΙΣ ΘΙΟΥ	
1.6.5.ΙΟΣΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ – ΒΑΡΙΑ ΜΕΤΑΛΛΑ.....	17
1.6.6.ΑΕΡΙΑ 1.6.6.α.ΟΞΥΓΟΝΟ 1.6.6.β.ΜΕΘΑΝΙΟ	
1.6.7.рН	
1.6.8.ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ.....	18
1.6.9.ΦΩΣΦΟΡΟΣ	
1.6.10.ΣΤΕΡΕΙΣ ΟΥΣΗΣ.....	18
1.6.11.ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	
1.6.12.ΧΡΩΜΑ	
1.6.13.ΟΣΜΗ.....	19

ΕΝΟΤΗΤΑ 2

ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

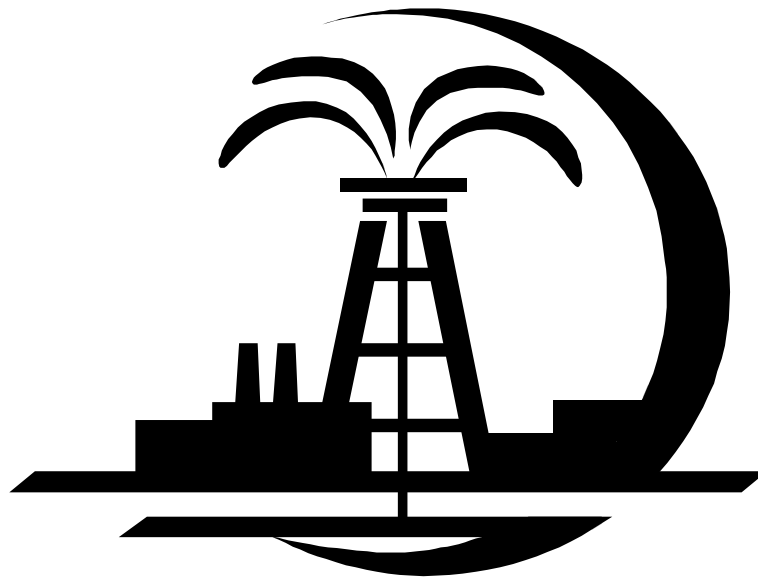
2.1.ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	21
2.2.ΚΥΡΙΑ ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ.....	22
2.3.ΓΡΑΜΜΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	24
2.4.ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΣΤΑΔΙΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ	
Α.ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.....	26
Α1.ΑΛΕΞΗ.....	
Α2.ΦΕΙΣΟΡΡΟΠΗΤΗ ΠΑΡΟΧΗ.....	26
Α3.ΕΥΧΑΡΙΣΜΟΣ.....	27
Α4.ΑΝΥΨΩΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	28
Α5.ΑΜΜΟΣΥΛΛΟΓΗ.....	29
Α.6.ΛΙΠΟΣΥΛΛΟΓΗ.....	30
Β.ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ – ΑΕΡΑΜΕΝΗΣ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ	
Β.1.ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΕΡΑΜΕΝΗΣ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ.....	31
Β.2.ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΚΑΘΙΖΗΣΗ – ΕΠΙΠΛΑΣΗ	
Β.3.ΧΗΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ – ΚΑΘΙΖΗΣΗ.....	32
Β.4.ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΕΡΑΜΕΝΩΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ	
Β.4.1.ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΕΡΑΜΕΝΩΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ.....	32
Β.4.2.ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ & ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΕΡΑΜΕΝΩΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ.....	33
Β.4.3.ΜΑΤΑΞΗ ΕΙΣΡΟΗΣ ΑΕΡΑΜΕΝΗΣ.....	33
Β.4.4.ΜΑΤΑΞΗ ΕΚΡΟΗΣ ΑΕΡΑΜΕΝΗΣ.....	34
Β.4.5.ΜΑΤΑΞΗ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΛΑΪΠΗΣ & ΕΠΙΠΛΑΦΟΝΤΩΝ.....	34
Γ.ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ – ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ	
Γ.1.ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	36
Γ.2.ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	36
Γ.3.ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	37
Γ.4.ΜΕΘΟΔΟΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ	
Γ.4.1.ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΔΥΟΣ.....	38
Γ.4.2.ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Γ.4.2.1.ΒΙΟΜΑΖΑ.....	39
Γ.4.2.2.ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ.....	45
Γ.4.2.3.ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΦΙΛΤΡΑ.....	49
Γ.4.2.4.ΛΙΜΝΕΣ	
Γ.4.2.5.ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΔΙΣΚΟΙ.....	50
Δ. ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ – ΔΙΑΥΓΑΣΗ.....	51
ΕΛΙΟΛΥΜΑΝΣΗ	
ΣΤ.ΔΙΑΘΕΣΗ.....	53

ΕΝΟΤΗΤΑ 3

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ & ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΟΥ ΤΗΣ PETROLA

3.1.ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΝΥΨΩΣΗΣ ΑΠΟΒΑΝΤΩΝ - ΔΕΞΑΜΕΝΙ ΑΠΟΒΑΝΤΩΝ.....	55
3.2.ΕΛΑΙΟΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΡΕΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ ΑΡΙ.....	55
3.3.ΔΙΑΦΡΑΓΜΑ ΥΠΕΡΧΕΙΑΣΗΣ - ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΝΕΡΟΥ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	
3.4.ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΙΩΝ ΑΝΤΑΙΩΝ.....	56
3.5. ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ ΠΟΛΥΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΗ.....	57
3.6.ΦΙΑΤΡΑ ΑΜΜΟΥ	
3.6.1.ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	57
3.6.2.ΔΙΚΤΥΟ ΠΑΥΣΗΣ ΑΜΜΟΦΙΑΤΡΩΝ.....	58
3.6.3.ΑΠΟΔΟΣΗ ΠΑΥΣΕΩΝ ΚΑΤ'ΑΝΤΙΠΡΟΗ	
3.6.4.ΣΥΝΘΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΜΜΟΦΙΑΤΡΩΝ.....	60
3.7.ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΠΥΡΓΟΙ	
3.7.1.ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΗΞΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	61
3.7.2.ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΦΙΑΤΡΑ.....	61
3.7.3.ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΥΛΩΝ.....	62
3.7.4.ΑΕΡΟΒΙΑ ΒΙΟΜΑΖΑ.....	63
3.7.5.ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΚΑΙ ΣΧΕΣΗ ΤΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΒΙΟΦΙΑΤΡΩΝ.....	63
3.7.6.ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΒΙΟΦΙΑΤΡΩΝ.....	64
3.7.7.ΕΞΟΔΟΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥΣ ΠΥΡΓΟΥΣ.....	64
3.8.ΛΙΜΝΗ ΑΠΟΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ	
3.9.ΦΡΑΓΜΑ ΥΠΕΡΧΕΙΑΣΗΣ	
ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΙΚΗ ΑΝΤΑΙΑ	
ΦΥΤΟΚΕΝΤΡΙΚΗ ΑΝΤΑΙΑ ΥΨΗΛΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	
3.10.ΤΡΑΙΚΙ ΕΞΟΔΟΣ.....	65

ΕΝΟΤΗΤΑ - 1 -



ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΟΥ

1.1.

ΑΠΟΧΕΤΕΥΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΤΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΗ

Ως *συστήματα αποχέτευσης* ορίζουμε το σύνολο των έργων και εγκαταστάσεων με σκοπό όχι μόνο την υγιεινή *σύλλογή* και *απομάκρυνση* των αποβλήτων από τον περιβάλλοντα χώρο του ανθρώπου, αλλά και την *επεξεργασία* τους ώστε αυτά να διατεθούν με ασφάλεια στα φυσικά οικοσυστήματα, τους γήινους πόρους κλπ.

Τα πρώτα αποχετευτικά συστήματα κατασκευάστηκαν από τους Σουμέριους της Μεσοποταμίας ήδη από το 3000 π.Χ. ενώ στο Λονδίνο και το Παρίσι κατά το τέλος του 19^{ου} αιώνα συναντώνται δίκτυα *σύλλογής* και *απομάκρυνσης* ακάθαρτων νερών προς τους κοντινότερους φυσικούς αποδέκτες, σε μια προσπάθεια περιορισμού των θανατηφόρων ασθενειών (π.χ. χολέρα).

Αντίθετα η *επεξεργασία* των αποβλήτων και των λιμμάτων πριν την τελική διάθεση έχει ζωή μόλις δύο αιώνες. Αρχικά τα απόβλητα χρησιμοποιήθηκαν στην άρδευση, γεγονός που αποτελούσε κίνδυνο για την δημόσια υγεία, μιας και δεν αποκαθαρίζονταν. Η πρώτη μέθοδος αποκαθαρισμού συναντάται στην Αγγλία το 1762 και αφορά την χημική καύση αποβλήτων και λιμμάτων.

Σήμερα, ένα *ολοκληρωμένο σύστημα αποχέτευσης* περιλαμβάνει τρία επιμέρους τμήματα:

- i) *Δίκτυο απορροών* για σύλλογή υγρών αποβλήτων
- ii) *Σύστημα επεξεργασίας* για την επίτευξη του επιθυμητού βαθμού αποκαθαρισμού των αποβλήτων
- iii) *Σύστημα διύλισης* για την διασπορά της απορροής στον τελικό πλησιέστερο φυσικό αποδέκτη (Θάλασσα, ποτάμι, λίμνη, έδαφος).

Τα *συστήματα βιολογικό καθαρισμό* υπάγονται στο δεύτερο τμήμα των συστημάτων αποχέτευσης ως η πιο εξελιγμένη και ασφαλέστερη μορφή επεξεργασίας αποβλήτων και λιμμάτων πριν την τελική διάθεση στο φυσικό περιβάλλον.

1.2.

ΛΥΜΑΤΑ

Ως *λύματα* ορίζουμε κυρίως τα *απόβλητα αστικής προέλευσης*. Αποτελούνται από νερό που έχει χρησιμοποιηθεί βιολογικά από τον ανθρώπινο οργανισμό και απορρίπτεται και από νερό που έχει χρησιμοποιηθεί στις συνηθισμένες οικιακές χρήσεις. Παρουσιάζονται δηλαδή σαν ένα *πολυπαραπικό μίγμα* όπου συνυπάρχουν στερεά, τέλεια διαλύματα και κολλοειδείς διασπορές με κύριο συντελεστή το νερό.

Η *οργανική σύσταση* των λιμμάτων (*πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, λιπαρές ενώσεις*) ανέρχεται στο ποσοστό του 55% της συνολικής τους ποσότητας ενώ τα οργανικά συστατικά συνυπάρχουν με

τα *προϊόντα* της *αποικοδόμησής* τους (*αμινοξέα, αμμωνία, υδρόθειο, αλκοόλες, λιπαρά οξέα, φαινόλες* κλπ.) και με *ανόργανες ενώσεις* (*απορρυπαντικές ουσίες*).

Λόγω της βιολογικής τους προέλευσης περιέχεται οργανικό υπόστρωμα που επιτρέπει την ανάπτυξη μικροοργανισμών με αποτέλεσμα τα λύματα να βρίθουν από *μικροβιακούς* και παθογόνους οργανισμούς (*ιώ, βακτήρια, φέκη, μύχλια, πρωτόζωα* κλπ).

ΑΠΟΒΛΗΤΑ

Οι *υγρές βιομηχανικές απορριψές* που αποτελούνται από *νερό επιβαρομένο με ενέργεια* (συνήθως θερμοκρασία) και από *υποπροϊόντα* της παραγωγικής διαδικασίας που βρίσκονται σε μη οικονομικά εκμεταλλεύσιμη κατάσταση ονομάζονται *απόβλητα*. Εκτός από υδατικά τα απόβλητα περιέχουν και άλλες υγρές ύλες προς απόρριψη ενώ πρέπει να διατεθούν με απομάκρυνση από το χώρο παραγωγής.

Το οργανικό και ανόργανο φορτίο των αποβλήτων ποικίλλει σε απόλυτες τιμές και συγκεντρώσεις από βιομηχανία σε βιομηχανία αλλά και στην ίδια βιομηχανία από ώρα σε ώρα.

1.3. ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΟΥ

1.3.1. ΓΕΝΙΚΑ

Γενικά τα *απόβλητα διυλιστηρίου* προέρχονται από την διαδικασία *εξάγωγής του αργού* πετρελαίου και από την *διαδικασία κατεργασίας* του στο διυλιστήριο. Το αργό μεταφέρεται με πλοία, πετρελαιοφόρα οχήματα ή με αγωγούς στο διυλιστήριο. Η γενική του σύσταση του αφορά 85% περιεκτικότητα σε άνθρακα, 12% σε υδρογόνο και 3% σε ενώσεις οξυγόνου, αζώτου και θείου.

Το αργό πετρέλαιο βγαίνει από τις γεωτρήσεις μαζί με νερό και φυσικό αέριο.

Τα απόβλητα από την *εξάγωγή* του αργού είναι λάδι, ανόργανα άλατα και κυρίως χλωριούχα, ελεύθερα και γαλακτοποιημένα λάδια. Το νερό περιέχει ανόργανα άλατα και είναι υφάλμυρο.

Τα απόβλητα από την *κατεργασία* του αργού περιέχουν κυρίως οργανικές ουσίες (*BOD, COD*), λάδια και λίπη (ελεύθερα ή γαλακτοποιημένα), φαινόλες, αμμωνία, μερκαπτάνες, θειούχα, κερι, αιωρούμενα στερεά και χλωριούχα.

Τα απόβλητα διαλυτηρίου επηρεάζουν δυσμενώς το περιβάλλον. Ποσότητα 0.5 mg/l πετρελαίου δίνει ανιχνεύσιμη οσμή στο νερό. Πολύ μικρές συγκεντρώσεις από *μερκαπτάνες* προκαλούν δυσάρεστη οσμή. Ιδιαίτερα οι μεθυλομερκαπτάνες γίνονται αντιληπτές σε συγκέντρωση 0.25 mg/l ενώ από την υδρόλυση των μερκαπτανών προκαλείται δυσοσμία σε μεγάλη έκταση γύρω από το χώρο διάθεσης των αποβλήτων. Τα *ναφθονικά οξέα* και τα *άλατα* τους είναι τοξικά για την υδρόβια ζωή και τα φυτά σε συγκέντρωση 5 mg/l . Τα ψάρια αποκτούν δυσάρεστη γεύση ενώ η παρουσία *υδροθείων* στα απόβλητα προκαλεί οξειδωτική δράση των θειοβακτηριδίων:



1.3.2. ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

1.3.2.α. ΡΥΠΑΝΤΕΣ

Από την νομοθεσία ως *ρυπαντές υγρών αποβλήτων* (δηλαδή ως στοιχεία που χητίζουν ιδιαίτερης επεξεργασίας πριν διατεθούν στο περιβάλλον) χαρακτηρίζονται οι παρακάτω παράγοντες:

Ø ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

Χρόμα (*Pt*)
Θολρότητα (*SiO₂*)
Θερμοκρασία

Ø ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

pH
Αλκαλικότητα (*CaCO₃*)
Αγωγιμότητα
Ολική σκληρότητα (*CaCO₃*)

Ασβέστιο (*Ca*)
Νάτριο (*Na*)
Κάλιο (*K*)
Μαγνήσιο (*Mg*)
Αργίλιο (*Al*)
Χρόμιο εξασθενές (*Cr⁶⁺*)
Ολικό χρόμιο
Σίδηρος (*Fe*)
Συνολικός φώσφορος (*P*)
Αμμωνιακό άζωτο (*NH₄ - N*)
Άζωτο κατά Kjeldahl (*N*)
Θειικά (*SO₄*)
Θειούχα
Χλωριούχα (*Cl*)
Φθοριούχα (*F*)
Κυανούχα (*CN*)

Ορθοφωσφορικά (PO_4)
Νιτρικά (NO_2)
Νιτρικά (NO_3)
Φαινόλες (C_6H_5OH)

Συνολικά διαλυμένα στερεά
Καθιζάνοντα στερεά
Αιωρούμενα στερεά (SS)
Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD_5)
Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)
Αίτη και έλαια

Ø ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Διαλυμένο οξυγόνο (O_2)
Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD_5)
Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)
Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)
Χλωροφύλλη

Ø ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Κολοβακτηριοειδή
Κολοβακτηρίδια
Εντερόκοκκοι
Σαλμονέλλες

1.3.2.β. ΕΙΔΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΤΑ ΤΙΣ ΦΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Ανάλογα τις φάσεις επεξεργασίας του πετρελαίου έχουμε διαφορετικά είδη και ποότητες αποβλήτων, γεγονός που καθορίζει και την επιλογή μεθόδων επεξεργασίας τους. Οι κυριότερες απ' αυτές τις φάσεις μαζί με τα παράγωγά τους είναι οι εξής:

Ø ΑΦΑΛΜΙΤΩΣΗ

Γίνεται με χρησιμοποίηση νερού για ξέπλυμα και χημικά σε συνδυασμό με θέρμανση και διαχωρισμό (διαχωρισμός με βαρύτητα ή ηλεκτροστατικές μεθόδους). Τα απόβλητα περιέχουν υψηλό BOD και COD για γαλακτοποιημένο ελεύθερο πετρέλαιο, αμμωνία, φαινόλες, αιωρούμενα στερεά και πολλά χλωριούχα.

Ø ΚΛΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ

Πραγματοποιείται με βάση το σημείο βρασμού για την παραγωγή ενδιάμεσων προϊόντων όπως βενζίνη, φωτιστικό πετρέλαιο, νάφθα, καύσιμα. Τα απόβλητα περιέχουν πολλά θειούχα, χλωριούχα, μερκαπτάνες, έλαια και φαινόλες.

Ø ΑΙΔΣΠΑΣΗ

Μπορεί να είναι καταλυτική (απλή ή με παρουσία υδρογόνου) ή θερμική (πυρόλυση) για την παραγωγή, από τα βαριά κλάσματα του πετρελαίου, προϊόντων με μικρότερο μοριακό βάρος, όπως υψηλής ποιότητας βενζίνη, καύσιμο για οικιακή θέρμανση ή άλλα ενδιάμεσα παράγωγα. Τα απόβλητα είναι αλκαλικά με BOD και COD και περιέχουν έλαια, θειούχα, φαινόλες και αμμωνία.

Ø ΑΝΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΥΑΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ

Χρησιμοποιεί στην μετατροπή του πετρελαίου σε βενζίνη με περισσότερα οκτάνια. Δεν παράγονται αξιόλογα απόβλητα (μερικά θειούχα).

Ø ΑΝΑΛΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΥΑΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ

Πραγματοποιείται με πολυμερισμό ή ολκινύδωση για την παραγωγή προϊόντων με περισσότερα οκτάνια. Τα απόβλητα είναι περιορισμένα αλλά περιέχουν θειούχα, μερκαπτάνες και αμμωνία.

Ø ΕΞΕΥΓΕΝΙΣΜΟΣ ΜΕ ΛΙΑΛΥΤΕΣ

Παράγονται υψηλής ποιότητας λιπαντέλαια με την αφαίρεση της ασφάλτου και του κεριού. Τα απόβλητα περιέχουν διαλύτες και έλαια.

Ø ΥΑΡΟΓΟΝΩΣΗ

Γίνεται για την απομάκρυνση των ενώσεων του θείου και του αζώτου, του χρώματος, της οσμής και των υλικών που σχηματίζουν ελαστικό, με καταλυτική δράση με υδρογόνο. Τα απόβλητα περιέχουν θειούχα και αμμωνία.

Ø ΤΕΛΕΙΩΜΑ ΤΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Περιλαμβάνει αφουδάτωση και απομάκρυνση των ενώσεων του θείου και άλλων ακαθαρσιών από τη βενζίνη, το φωτιστικό πετρέλαιο, το καύσιμο οικιακής θέρμανσης και από άλλα μεσσία παράγωγα της αποστάξεως. Επίσης περιλαμβάνει επεξεργασία με άργιλο ή οξύ των λιπαντελαίων για την απομάκρυνση του χρώματος και άλλων υλικών. Τέλος αφορά την ανάμιξη και συσκευασία των προϊόντων στην εμπορεύσιμη μορφή τους. Τα απόβλητα περιέχουν γαλακτοποιημένα έλαια και η λάσπη πολύ μόλυβδο.

1.4. ΓΕΝΙΚΑ ΠΟΣΟΤΙΚΑ & ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

1.4.1. ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Η ποσότητα αποβλήτων που προέρχονται από την κατεργασία αργού εξαρτάται από την τεχνολογία που εφαρμόζεται. Σε παλαιότερα διυλιστήρια κυμαίνεται από 10 - 20 m³/m³ αργού πετρελαίου, ενώ σε μεταγενέστερα περιορίζεται έως και 1 - 6 m³/m³ και σε σύγχρονα έως και 66 - 234 m³/10³ m³ τροφοδοσίας.

Τα ποσοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων ανεξάρτητα από το είδος του διυλιστηρίου και ανάλογα με την τεχνολογία συνοψίζονται στον ΠΙΝΑΚΑ Α1.

ΠΙΝΑΚΑΣ Α1

Πηλιά	6	4-9	1.15	0.9-1.3	85	80-95	28
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	ΠΟΣΟΤΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	ΒΟΔ	ΘΑΙΝ	ΘΑΙΝ	ΘΑΙΝ	ΘΑΙΝ	ΘΕΙΟΥΧΑ
Νέα	m ³ /m ³ ΑΡΓΟΥ ΠΕΤΡ.	kg/m ³	g/m ³	g/m ³	g/m ³	g/m ³	gr/m ³ ΑΡΓΟΥ ΠΕΤΡ.
	Μέση Τιμή	Ανακίνηση	Μ.Τ.	Ανακίν.	Μ.Τ.	Ανακίν.	ΠΕΤΡ.

1.4.2.

ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Τα *ποιοτικά χαρακτηριστικά* των αποβλήτων πετρελαίου είναι συνάρτηση της σύνθεσης του αργού πετρελαίου, του είδους της επεξεργασίας του και της τεχνολογίας που εφαρμόζεται για την επεξεργασία του. Μια τυπική ποιοτική ανάλυση των αποβλήτων διυλιστηρίου εικονίζεται στον ΠΙΝΑΚΑ Α2.

ΠΙΝΑΚΑΣ Α2

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΜΟΝΑΔΑ	ΤΙΜΗ
<i>BOD₅</i>	mg/l	100-1000
<i>Απαραώμιμα αιμερέα (SS)</i>	mg/l	150-4000
<i>Πτητικά στερεά</i>	mg/l	150-4000
<i>Αλαλώγκοτητα</i>	mg/l	120-3000
<i>Διμεθυλέ</i>	mg/l	5-80
<i>Θειούχες ενώσεις (S)</i>	mg/l	20-80
<i>pH</i>		6.5-8.4

Ενδεικτικά παρατίθεται και ο ΠΙΝΑΚΑΣ Α3 όπου μας δίνει μια εικόνα για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων ανάλογα με το είδος του διυλιστηρίου και με χρησιμοποίηση της σύγχρονης τεχνολογίας. Τα αναφερόμενα φορτία ρύπανσης ισχύουν για διυλιστήρια που χρησιμοποιούν διυλιστήριες πετρελαίου *API* (*American Petroleum Institute*)

ΠΙΝΑΚΑΣ Α3

ΠΑΡΑ-ΜΕΤΡΟΣ	ΜΟΝΑΔΕΣ	ΕΙΔΟΣ ΔΙΥΛΙΣΗΣ					
		ΤΥΠΙΚΟ	ΧΑΜΗΛΗΣ ΔΙΑΣΠΑΣΕΩΣ	ΥΨΗΛΗΣ ΔΙΑΣΠΑΣΕΩΣ	ΔΙΠΛΑΝΤΙΚΩΝ	ΠΕΤΡΟΧΗΜΙΚΩΝ	ΟΛΟΚΑΗΡΩΜΕΝΟ
<i>Όγκος</i>	$m^3/10^3 m^3$	66	79	93	117	108	234
<i>BOD₅</i>	$Kg/10^3 m^3$	3.4	71.5	72,9	217	171,6	197
<i>COD</i>	$Kg/10^3 m^3$	37	200	217	543	463	328

TOC	Kg/10 ³ m ³	8	45.7	41,5	108	148,7	139
SS	Kg/10 ³ m ³	11.7	27	18,2	715	48,6	50
Λάδι	Kg/10 ³ m ³	8.3	27	31,4	120	52,9	75
Φαινόλες	Kg/10 ³ m ³	0.034	2.86	4	8,3	7,7	3,8
Αμμωνία	Kg/10 ³ m ³	1.2	10	28,3	24,1	34,3	20,5
Θειώδη	Kg/10 ³ m ³	0	1	0,9	-	0,9	2,0

1.5. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Για την *επεξεργασία των αποβλήτων* των δυλιστηρίων εφαρμόζεται σαν προκαταρκτικό στάδιο καθαρισμού ο *μηχανικός διαχωρισμός* του πετρελαίου με ελαιοδιαχωριστήρες βαρύτητας (πχ *διαχωριστήρες API*).

Με *καθίζηση* επιτυγχάνεται αφαίρεση σημαντικού τμήματος ρυπαντικού φορτίου. Το επιφανειακό στρώμα με τα ελαιώδη συστατικά αφαιρείται με το *ξήρρισμα*. Η λάσπη που συγκεντρώνεται στον πυθμένα περιέχει άμμο και οργανικά υλικά επομένως μετά την καθίζηση μπορεί να γίνει πρόσθετο καθαρισμό με *αμμοδιαλυστήριο* (σύστημα αμμοφίλτρων).

Η αποδοτικότερη μέθοδος καθαρισμού είναι η *επίπλυση σε συνδυασμό με κροκιδώση* (ελάττωση *COD* κατά 60-85%) εκτός από τις περιπτώσεις που σχηματίζεται αφρός. Ο αφρός είναι ένδειξη διαλυμένων λαδιών, επομένως σαν εναλλακτική μέθοδος επεξεργασίας χρησιμοποιείται η *υπερδύθιση*. Μετά την πρωτοβάθμια καθίζηση το *COD* είναι ακόμα πολύ υψηλό και απαιτείται παραπέρα επεξεργασία. Συνήθως χρησιμοποιείται η *μέθοδος της δραστικής λάσπης* ύστερα από σχετική προσαρμογή της βιολογικής καλλιέργειας, καθώς επίσης και το *χολικοδιαλυστήριο*, η *ωριζόμενη*, η *οξειδωτική δεξομενή* κ.α.

Για τη προστασία του βιολογικού παράγοντα από τις διάφορες *τοξικές επιδράσεις* πρέπει να προηγηθεί της βιολογικής επεξεργασίας η αφαίρεση των λαδιών και να γίνει ελάττωση στα θειούχα, τις μερκαπτανές και τις φαινόλες. Από πειράματα έχει προκύψει ότι η βιολογική επεξεργασία σε *δύο στάδια* είναι καταλληλότερη γι'αυτά τα απόβλητα τόσο γιατί έχει μεγαλύτερη απόδοση όσο και γιατί αντιμετωπίζει καλύτερα τις διακυμάνσεις του φορτίου των αποβλήτων. Αν απαιτείται πιο προχωρημένη επεξεργασία των αποβλήτων μετά τον *βιολογικό καθαρισμό* μπορεί να εφαρμοστεί *προσρόφηση σε ενεργό άνθρακα* με ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Για την κανονική λειτουργία του συστήματος απαιτείται *pH* 6.5 - 8.5, σωστή προσθήκη αλάτων φωσφορικού αμμωνίου και μόνιμη εξασφάλιση ερεδρικής νεπής δραστικής λάσπης.

Στον **ΠΙΝΑΚΑ Α4** παρουσιάζεται μια γενική διάταξη εγκατάστασης καθαρισμού των αποβλήτων και σημειώνονται οι *αποδόσεις* των διάφορων βαθμίδων επεξεργασίας (για μονάδα με τρεις βαθμίδες επεξεργασίας: *ελαιοδιαχωρισμό, επίπλυση, δραστική λάσπη*)

ΠΙΝΑΚΑΣ Α4

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΜΟΝΑΔΑ	ΑΝΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΑ ΑΠΟΒΑΗΤΑ	ΜΕΤΑ ΤΟ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΡΑ	ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΠΙΠΛΑΥΣΗ	ΜΕΤΑ ΤΗ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ
BOD5	mg/l	860	680	200	20
COD	mg/l	1880	1600	400	40
Θαίο	mg/l	40	36	12	0
Φαινόλες	mg/l	180	170	64	0,5

Στον ΠΙΝΑΚΑ Α5 εικονίζονται οι αποδόσεις διαφόρων βαθμίδων επεξεργασίας των αποβλήτων διαλυτηρίου πετρελαίου

ΠΙΝΑΚΑΣ Α5

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	ΠΡΟΑΝΗΠ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΣΡΟΗΣ	ΕΛΑΤΤΩΣΗ %				
		BOD ₅	COD	ΛΙΠΟΥ-ΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ	ΦΑΙΝΟ-ΔΕΣ	ΘΕΙΟΥ-ΧΑ
1. ΦΥΣΙΚΗ						
Αποχωριστήρια API	Χωρίς επεξεργασία	5-35*	5-30*	10-50	Ελαττωμένες	-
Αποχωριστήρια χημικά	Χωρίς επεξεργασία	5-50	5-40	10-85	Ελαττωμένες	-
Επίπλευση χωρίς χημικά	API	5-25 5-20		10-40	-	Ελαττωμένα
2. ΧΗΜΙΚΗ						
Επίπλευση με χημικά	API	10-60	10-50	50-90	-	-
Κρυστάλλωση-Καθίζηση	API	10-70	10-50	50-90	-	-
3. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ						
Δραστηρή λίπωση	API	70-95	30-70	60-85	65-99	90-99
Χλωροπυλινούρα	API	50-90	25-60	60-85	65-99	80-99
Αεριοθραύση διεξοδική	API	50-90	25-60	0-40	65-99	90-99
Οξειδοαναγωγή διεξοδική	API	40-80	20-50	20-70	65-99	70-90
4. ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑ						
Ενεργός άνθρακας	Χημική ή Βιολογική	50-90	50-90	-	80-99	80-99
Οξείδωση		50-90	50-90	-	80-99	80-99

*Δεν περιλαμβάνεται το BOD και το COD από το πετρέλαιο που μπορεί να διαχωρισθεί.

1.6. ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΡΥΠΑΝΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ

1.6.1. ΜΕΤΡΗΣΗ ΟΡΓΑΝΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Η μέτρηση των οργανικών συστατικών των αποβλήτων είναι αδύνατη λόγω της πολυπλοκότητας της σύστασής τους. Σαν μέτρο των οργανικών συστατικών χρησιμοποιείται η **ποσότητα του οξυγόνου** που απαιτείται για να οξειδωθούν πλήρως αυτά τα οργανικά συστατικά.

1.6.1.α. ΒΙΟΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ BOD

Το **Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand - BOD)** είναι η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για να **οξειδώσει πλήρως** τα οργανικά συστατικά ενός αποβλήτου από τους μικροοργανισμούς, σε αερόβιες συνθήκες.

Η οξείδωση αυτή γίνεται σε δύο στάδια. Αρχικά αποδομούνται οι ενώσεις του άνθρακα (**πρώτο στάδιο αποδόμησης**) ενώ από τη δέκατη μέρα της δράσης της οξείδωσης όπου έχουν αναπτυχθεί τα νιτροβακτήρια, οξειδώνονται οι αζωτούχες ενώσεις (**δεύτερο στάδιο αποδόμησης**). Το στάδιο αυτό είναι γνωστό σαν **νιτροποίηση** και αφορά την οξείδωση των οργανικών αμμωνιακών συστατικών σε NO_2 και NO_3 . Το BOD της νιτροποίησης λέγεται **BOD δευτέρου σταδίου**.



Η διαδικασία της αποδόμησης είναι αργή και ολοκληρώνεται μέσα σε είκοσι μέρες κατά 95 - 99%, οπότε το προσδιοριζόμενο απαιτούμενο οξυγόνο καλείται **τελικό BOD (BOD_L)**. Πρακτικά σαν μέτρο των οργανικών συστατικών χρησιμοποιείται ο προσδιορισμός του **BOD σε πέντε μέρες (BOD_5)**, όπου η διαδικασία της βιοχημικής αποδόμησης έχει συντελεστεί στο 60 - 70% των συνολικών οργανικών ουσιών.

Το BOD εκφράζεται είτε σαν συγκέντρωση (σε mg/l ή g/m^3) είτε σαν φορτίο (g ή kg ή t/ημ). Η μεταβολή του με το χρόνο για το πρώτο στάδιο αποδόμησης εκφράζεται με το τύπο:

$$Y = Lt = L(1 - e^{-kt})$$

όπου Lt: η τιμή του BOD σε t μέρες

L: ολικό ή τελικό BOD

$k = 2.303 k' = 0,115 - 0,7$ ημέρες ή $k = 0.4343 k' = 0,05 - 0,30$ ημέρες όπου οι μέσες τιμές των k και k' είναι 0.39 και 0.17 αντίστοιχα.

Το *BOD* μεταβάλλεται με τη μεταβολή της θερμοκρασίας όπως μεταβάλλεται και η τιμή του συντελεστή *k*. Η μεταβολή υπολογίζεται με την εξίσωση *Van't Hoff-Arrhenius* και για θερμοκρασία αναφοράς $T_0 = 20^{\circ} C$ ισχύει:

$$L_t = L_{20} [1 + C_1(T-20)] = L_{20} (0.02T + 0.6)$$

Η μέτρηση του *BOD* που γίνεται με μια σχετικά απλή αλλά χρονοβόρα πειραματική διαδικασία είναι η μοναδική αξιόπιστη μέθοδος με την οποία προσδιορίζεται τόσο ο *ρυθμός κατανάλωσης των οργανικών υλικών* όσο και του διαλυμένου οξυγόνου από τους μικροοργανισμούς.

1.6.1.β. ΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ *COD*

Είναι η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την *πλήρη χημική οξείδωση* των οργανικών συστατικών του αποβλήτου σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό από ισχυρό οξειδωτικό μέσο (*δχημικό κάλιο*). Κατά τον προσδιορισμό του *COD* (*Chemical Oxygen Demand*) οξειδώνονται όλες οι οργανικές ουσίες άσχετα απ' το αν είναι βιολογικά διασπάσιμες ή όχι, επομένως οι βιολογικά διασπάσιμες ουσίες και ο ρυθμός βιολογικής διάσπασης δεν προσδιορίζονται από το *COD*.

Το βασικό πλεονέκτημα είναι ο γρήγορος προσδιορισμός του (τρεις ώρες). Αν το *COD* συσχετιστεί με το *BOD* τότε λειτουργεί σαν *παράμετρος ελέγχου λειτουργίας των εγκαταστάσεων επεξεργασίας* και είναι εύκολο να διαπιστωθεί η ύπαρξη τοξικών και δύσκολα βιοδιασπάσιμων οργανικών ουσιών στο απόβλητο (πχ καττάρινη).

Η σχέση *BOD₅/COD* για βιομηχανικά απόβλητα είναι 1:10 ή και περισσότερο.

1.6.1.γ. ΆΛΛΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Το οργανικό φορτίο αποβλήτων υπολογίζεται και με άλλες παραμέτρους όπως:

- **Θεωρητικά Απαιτούμενο Οξυγόνο *ThOD* (*Theoretical Oxygen Demand*)**
Είναι το οξυγόνο που απαιτείται για την οξείδωση κάποιας οργανικής ουσίας και υπολογίζεται από τον μοριακό τύπο της ουσίας αυτής.
- **Συνολικά Απαιτούμενο Οξυγόνο *TOD* (*Total Oxygen Demand*)**
Είναι η ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται για τη χημική οξείδωση των οργανικών και ορισμένων ανόργανων ουσιών σε τελικά σταθερά προϊόντα σε θερμοκρασία $900^{\circ} C$ και με παρουσία καταλύτη (μόλυβδος). Υπολογίζεται σε πέντε λεπτά με ειδική συσκευή και σαν απαίτηση οξυγόνου είναι μεγαλύτερο από το *BOD* και το *COD*. Τείνει να χρησιμοποιείται σαν η βασική παράμετρος οξυγόνου.
- **Θεωρητικά Οργανικός Άνθρακας *ThOC* (*Theoretical Organic Carbon*)**
Μέτρο αντίστοιχο με το *ThOD* μόνο που αναφέρεται στον άνθρακα.
- **Συνολικά Οργανικός Άνθρακας *TOC* (*Total Organic Carbon*)**
Ο άνθρακας χρησιμοποιείται εξίσου με το οξυγόνο σαν μέτρο των οργανικών συστατικών αποβλήτου επειδή είναι το κύριο συστατικό τους και η βασική πηγή απαίτησης οξυγόνου. Η μέθοδος βασίζεται στη μέτρηση διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο παράγεται κατά την πλήρη οξείδωση του άνθρακα σε υψηλή θερμοκρασία, παρουσία καταλύτη.

Ισχύει:



Το άζωτο περιέχεται στα απόβλητα ως:

- Ø **Οργανικό** (πρωτεΐνες, σπυρά, αμινοξέα) – κυρίως βρίσκεται στα λύματα πόλεων
- Ø **Αμμωνιακό** (άλατα NH_4 ή NH_3)
- Ø **Σαν προϊόν οξείδωσης** των παραπάνω (NO_3 και NO_2)

Οι μετατροπές που υφίστανται οι παραπάνω μορφές κατά την επεξεργασία ή τη διοχέτευσή τους σε υδάτινο φορέα είναι:

- i) **Μετατροπή** του οργανικού αζώτου σε αμμωνιακό, με αερόβια ή αναερόβια βακτηρίδια
- ii) **Οξείδωση** του αμμωνιακού αζώτου σε NO_2 από ειδικά αερόβια νιτροποιητικά βακτηρίδια (*Nitrosomonas*) - **Νιτροποίηση**
- iii) **Περαιτέρω οξείδωση** του NO_2 σε NO_3 από ειδικά αερόβια νιτροποιητικά βακτηρίδια (*Nitrobacter*) - **Νιτροποίηση**
- iv) **Αναγωγή** του NO_2 και NO_3 σε αέριο άζωτο κυρίως και λιγότερο σε αμμωνία, από αερόβια ή αναερόβια βακτηρίδια σε αναερόβιες συνθήκες.

Η διοχέτευση αποβλήτων που περιέχουν αμμωνιακό άζωτο σε υδάτινο φορέα δημιουργεί απαίτηση οξυγόνου για την οξείδωσή του. Η **αμμωνία** είναι τοξική για τα ψάρια ενώ το **τριοξείδιο του αζώτου** χρησιμοποιείται από τα υδρόβια φυτά για την ανάπτυξή τους. Η παρουσία του στους υδάτινους φορείς σε συνδιασμό με φώσφορο οδηγεί σε μεγάλη ανάπτυξη **υδρόβιων φυτών** με αποτέλεσμα το φράξιμο του φορέα (πχ ευτροφισμός σε σελήνα) ενώ προκαλείται αύξηση της θολότητας, δημιουργία αισθητικών προβλημάτων (έντομα, οσμές) κλπ.

Στις διαδικασίες επεξεργασίας το άζωτο είναι πολύ σημαντικό γιατί αποτελεί μία από τις πιο **θρεπτικές ουσίες** για την ανάπτυξη μικροοργανισμών που χρησιμοποιούνται στις βιολογικές διαδικασίες. Σε πολλά βιομηχανικά απόβλητα δεν βρίσκεται σε επαρκείς ποσότητες και πρέπει να προστίθεται.

Στις μονάδες βιολογικής επεξεργασίας που η αμμωνία μετατρέπεται σε τριοξείδιο του αζώτου με μεγάλη κατανάλωση οξυγόνου, πρέπει να εξασφαλίζεται η παροχή **BOD**. Σε αντίθετη περίπτωση το οξυγόνο δεν επαρκεί για την απομάκρυνση των οργανικών ουσιών.

Στις δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης όπου οι συνθήκες ευνοούν την απονιτροποίηση έχουμε πρόβλημα επίπλευσης στερεών που προσκολλούνται στο αέριο άζωτο που απελευθερώνεται. Στη διαδικασία της **χλωρίωσης** η παρουσία NH_3 προκαλεί σχημασμό **χλωραμινών** που μειώνουν την απόδοση της χλωρίωσης και τη συγκέντρωση της NH_3 στην εκροή.

Το άζωτο χρησιμοποιείται σαν παράμετρος ρύπανσης και σχεδιασμού ορισμένων μονάδων επεξεργασίας.

1.6.3. ΧΛΩΡΙΟΥΧΑ

Γενικά η διοχέτευση τους σε υδάτινο φορέα δεν δημιουργεί πρόβλημα ρύπανσης. Η παρουσία τους σε μεγάλη συγκέντρωση δίνει στο νερό υφάλμυρη γεύση. Η κύρια επίδρασή τους στα

απόβλητα είναι η *μείωση της διαλυτότητας του οξυγόνου* και επηρεάζει τον προσδιορισμό του *COD*.

1.6.4. ΕΝΩΣΕΙΣ ΘΕΙΟΥ

Η παρουσία SO_4 δημιουργεί πρόβλημα λόγω σχηματισμού H_2SO_4 και H_2S . Κάτω από αναερόβιες συνθήκες το SO_4 ανάγεται σε S και έπειτα σε H_2S και H_2SO_4 από ειδικά βακτηρίδια. Το H_2S προκαλεί έκλυση δυσάρεστων οσμών, ενώ αν υπάρχει σε μεγάλη συγκέντρωση στο μίγμα αερίων που παράγεται κατά την αναερόβια χώνευση λάσπης, καταστρέφει τη διάταξη καύσης του παραγόμενου αερίου λόγω της διαβρωτικής του ικανότητας. Το H_2SO_4 προκαλεί διάβρωση στους αγωγούς αποχέτευσης.

1.6.5. ΤΟΞΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ - ΒΑΡΙΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

Λιάφωρα ιόντα όπως των στοιχείων *Cu, Pb, Cr, As, Bo, Ag, Ni, Mn, Cd, Zn, Fe, Hg* πάνω από ορισμένες συγκεντρώσεις γίνονται τοξικά (ενώ σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις είναι απαραίτητα για τη ζωή κάποιων μικροοργανισμών). Επηρεάζουν δυσμενώς τη ζωή στους αποδέκτες (επιφανειακά νερά, έδαφος και με την τροφική αλυσίδα μπορούν να φτάσουν έως και τον άνθρωπο). Η εξουδετέρωση τους πρέπει να γίνεται κατά κανόνα στην πηγή τους.

1.6.6. ΑΕΡΙΑ

Βασικά αέρια που περιέχονται στα απόβλητα είναι τα: $N_2, O_2, CO_2, H_2S, NH_3, CH_4$. Κυρίως μας απασχολεί η περιεκτικότητα σε διαλυμένο οξυγόνο και μεθάνιο.

1.6.6.α. ΟΞΥΓΟΝΟ (Διαλυμένο Οξυγόνο DO)

Η παρουσία του εξασφαλίζει την ύπαρξη ζωής σ' έναν υδάτινο φορέα άρα αποτελεί κριτήριο μόλυνσης του φορέα (παράγοντα καθαρότητας των νερών). Αν βρίσκεται στη περιοχή κορεσμού, το οργανικό φορτίο είναι πολύ περιορισμένο ή και μηδενικό. Είναι απαραίτητο στις αερόβιες βιολογικές διαδικασίες για την οξειδωση των οργανικών ενώσεων των αποβλήτων από μικροοργανισμούς και διατηρείται με διατάξεις αερισμού ή φυσικές διαδικασίες. Το οξυγόνο έχει μικρή διαλυτότητα στο νερό που μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας, την μείωση της καθαρότητας του και την μείωση της ατμοσφαιρικής πίεσης.

1.6.6.β. ΜΕΘΑΝΙΟ (CH_4)

Σχηματίζεται από την αναερόβια αποσύνθεση οργανικών ενώσεων και δεν περιέχεται στα απόβλητα γιατί το οξυγόνο δεν επιτρέπει το σχηματισμό του. Παράγεται από την αναερόβια χώνευση της λάσπης και το εκμεταλλευόμαστε για την παραγωγή ενέργειας λόγω της υψηλής ενέργειας που αποδίδει κατά την καύση του. Είναι εύφλεκτο και μπορεί να προκαλέσει έκρηξη στους αγωγούς αποχέτευσης και στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας.

1.6.7.

pH

Απ' αυτό εξαρτώνται πολλές φυσικοχημικές και βιολογικές διεργασίες του υδάτινου περιβάλλοντος. Το pH επηρεάζει όλες τις διαδικασίες επεξεργασίας (χημική, βιολογική, απολύμανση, επεξεργασία λάσπης) και δημιουργεί φύρα και διάβρωση σε αγωγούς, στο μηχανολογικό εξοπλισμό κλπ. Χρειάζεται έλεγχος της καταλληλότητας της τιμής του.

1.6.8.

ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ

Οφείλεται στην παρουσία ιόντων HCO_3 , CO_3 , OH , που βρίσκονται ενωμένα με Ca , Mg , Na , K , NH_4 . Η παρουσία των ιόντων αυτών οφείλεται στο πόσιμο νερό και στις εισροές στο αποχετευτικό σύστημα. Η αλκαλικότητα επηρεάζει το pH και είναι σημαντική. Εκφράζεται σε $mg/l CaCO_3$.

1.6.9.

ΦΩΣΦΟΡΟΣ

Σημαντικό συστατικό των ζώντων οργανισμών. Περιέχεται στις μορφές:

- Ø *Αυόργανως* σαν ορθοφωσφορικά και πολυφωσφορικά
- Ø *Οργανικώς* (λιγότερο)

Η διαχέτευση αποβλήτων με φώσφορο ευνοεί το φαινόμενο του *ευτροφισμού* και μάλιστα περισσότερο όταν περιέχεται σε συνδυασμό με άζωτο. Ο *φώσφορος* είναι απαραίτητος στους μικροοργανισμούς που χρησιμοποιούνται στις βιολογικές διαδικασίες, όπου τα πολυφωσφορικά μετατρέπονται σε ορθοφωσφορικά και η εκροή των εγκαταστάσεων επεξεργασίας περιέχει κατά 80% ορθοφωσφορικά.

1.6.10.

ΣΤΕΡΕΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

Η φυσική εμφάνιση των αποβλήτων (*θολρότητα, χρώμα*) εξαρτάται από τις περιεχόμενες ουσίες αιωρούμενες και διαλυμένες.

- Ø Τα *αιωρούμενα στερεά* είναι το κύριο αίτιο της θολρότητας και της αντικαθιπτικής εμφάνισης των αποβλήτων. Έχουν διάμετρο $D = 0,1$ έως $1,0 \mu$.
- Ø Τα *καθίζοντα* αποτελούν το τμήμα των αιωρούμενων που απομακρύνονται εύκολα με απλή καθίζηση και δίνουν μια ένδειξη της δυνατότητας καθαρισμού.
- Ø Τα *διαλυμένα* (διάμετρος: $D = (0,2-0,3) \mu$ μ έως 1μ μ) αποτελούνται από τα κολλοειδή (διάμετρος: $D = 1 \mu$ μ έως $(0,1-1,0) \mu$ μ) και από τα πραγματικά διαλύματα.
Ισχύει ότι: $1 \mu\mu = 1/1000 \mu$

Οι στερεές ουσίες μπορούν να προσδιορισθούν στο απόβλητο ως εξής:

- Ø Ως σύνολο περιεχόμενων **στερεών ουσιών** (**Συνολικά Στερεά** ή *Total Solids TS*): Προσδιορίζονται με εξάτμιση ($103^{\circ} C$) και ζύγισμα γιατί ορισμένες πτητικές ουσίες φεύγουν με την εξάτμιση.
- Ø Ως **σταθερά** και **πτητικά συνολικά στερεά**. Προσδιορίζονται με πύρωση του στερεού υπολείμματος ($550^{\circ} C$). Με τον τρόπο αυτό οξειδώνονται όλες οι οργανικές ουσίες άρα η απώλεια σε καύση προσδιορίζει τα πτητικά στερεά και αποτελεί μέτρο των οργανικών ουσιών. Με την καύση φεύγουν σαν πτητικά και μερικά ανόργανα συστατικά.
- Ø Ως **συνολικά στερεά** (**ανώργανα** και **οργανικά**) που διακρίνονται σε **αιωρούμενα** (*SS* - όσα συγκρατούνται με διύλιση από ορισμένο ηθμό) και σε **διαλυμένα** (*DS*). Η διαφορά συνολικών και αιωρούμενων μας δίνει τα διαλυμένα.
- Ø Ως **αιωρούμενα στερεά** που διακρίνονται σε **καθιζάνοντα** (καθιζάνουν σε ορισμένο χρόνο) και **μη καθιζάνοντα**. Η διαφορά των καθιζανόντων από τα αιωρούμενα μας δίνει τα μη καθιζάνοντα.

1.6.11. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η **θερμοκρασία** των αποβλήτων είναι μεγαλύτερη του πόσιμου νερού από 10 ως $22^{\circ} C$. Η θερμοκρασία είναι ένας ρυθμιστικός παράγοντας του βιολογικού και χημικού χαρακτήρα τους.

Αύξηση της θερμοκρασίας επιφέρει:

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

Από άποψη ρύπανσης η διοχέτευση θερμών αποβλήτων σε υδάτινο φορέα μειώνει δραστικά το διαλυμένο οξυγόνο λόγω της μειωμένης διαλυτότητας που αυτό έχει σε υψηλές θερμοκρασίες και λόγω αυξημένου ρυθμού κατανάλωσής του στις βιολογικές επεξεργασίες. Ωστόσο επιδρά και αρνητικά στο οικοσύστημα του φορέα.

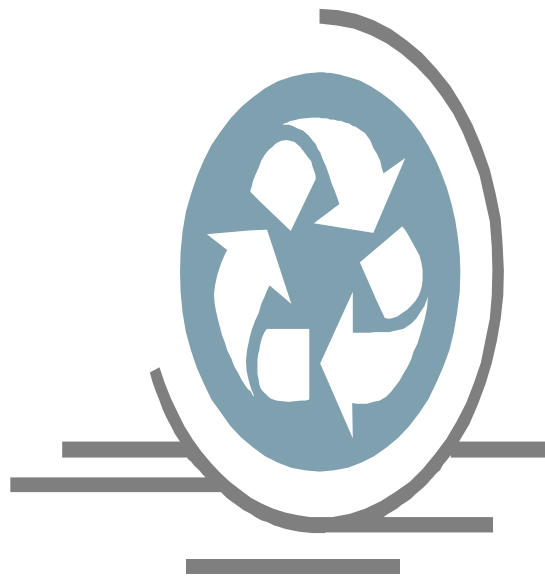
1.6.12. ΧΡΩΜΑ

Η αλλαγή του χρώματος οφείλεται στην **κατανάλωση** του **διαλυμένου οξυγόνου** από τους μικροοργανισμούς που διασπούν τις οργανικές ενώσεις των αποβλήτων. Άλλοι χρωματισμοί οφείλονται στην παρουσία **χρωστικών** ουσιών από βιομηχανικά απόβλητα και πρέπει να αποφεύγεται γιατί δημιουργούν προβλήματα και βλάβες στους αποδέκτες. Απόβλητα που δεν έχουν υποστεί σήψη έχουν **γκρίζο** χρώμα ενώ αυτά που έχουν είναι με **μαύρο** χρώμα.

1.6.13. ΟΣΜΗ

Η δυσάρεστη οσμή οφείλεται στην **έκλυση υδρόθειου** καθώς και στις **οργανικές ουσίες** από τα βιομηχανικά απόβλητα όπως οι φαινόλες (που δεν διασπώνται από μικροοργανισμούς σε μεγάλες ποσότητες), χλωροφαινόλες κλπ. Απόβλητα που δεν έχουν υποστεί σήψη έχουν ελαφρά δυσάρεστη οσμή ενώ αυτά που έχουν υποστεί σήψη έχουν πολύ δυσάρεστη οσμή.

ΕΝΟΤΗΤΑ - 2 -



ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

2.1.

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Έχει επικρατήσει να ονομάζεται **βιολογικός καθαρισμός** το σύστημα επεξεργασίας αποβλήτων και λυμάτων που συνδυάζει **χημικοτεχνικές** και **βιοτεχνολογικές** διαδικασίες. Στα συστήματα αυτά η απομάκρυνση του ρυπαντικού φορτίου και στη συνέχεια η εξουδετέρωσή του γίνεται με βιοτεχνολογικούς μηχανισμούς.

Τα τυπικά παραγωγικά στάδια ενός βιολογικού συστήματος είναι:

- Ø **Εσχάρωση** των απόβρωτων
- Ø **Επιπέργεια** μικροοργανισμών στο απόβρωτο που δεσμεύουν τους ρυπαντές, με αναβολικές διαδικασίες
- Ø **Διαχωρισμός** του νερού από τους μικροοργανισμούς
- Ø **Αδρανικοποίηση** των ρυπαντών και των μικροοργανισμών με καταβολικές διαδικασίες
- Ø **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 **εκτακτικά** ή **εντακτικά**. Τα εκτακτικά συστήματα δημιουργούν τεχνητά το φυσικό περιβάλλον υδρότοπων, ενώ τα εντακτικά, εκτός από τη δημιουργία υδρότοπου επιταχύνουν και τους βιολογικούς μηχανισμούς απορρύπανσης.

Για την καλύτερη απόδοση του συστήματος και τη μείωση του κόστους παραγωγής γίνεται συνδιασμός εγκαταστάσεων και μηχανημάτων ώστε να επιτρέπεται η εκμετάλλευση φυσικοχημικών ή βιολογικών μηχανισμών. Ο συνδιασμός εγκαταστάσεων, μηχανημάτων και μηχανισμών αποτελεί την **εκπόνηση των βιολογικού συστήματος καθαρισμού**.

Η απαίτηση απορρύπανσης καθορίζει το **βαθμό απόδοσης** του συστήματος. Οι απαιτήσεις απορρύπανσης καθορίζονται από τις γενικές νομοθετημένες προδιαγραφές που πρέπει να πληρούν τα προς διάθεση απόβρωτα.

Ως **βαθμός απόδοσης n** ορίζεται η ποσοστιαία μείωση του ρυπαντικού φορτίου για έναν ή περισσότερους ρυπαντές:

$$n \% = (C_i - C_e) / C_i$$

όπου **C_i**: συγκέντρωση ρυπαντή στο προς επεξεργασία απόβρωτο

C_e: συγκέντρωση ρυπαντή μετά τη διαδικασία καθαρισμού

Από τη νομοθεσία καθορίζεται ως ελάχιστη απόδοση των συστημάτων επεξεργασίας αποβλήτων το 85% ενώ οι αρχές συνήθως απαιτούν απορρύπανση της τάξης του 90% ως προς όλες τις ρυπαντικές παραμέτρους.

2.2.

ΚΥΡΙΑ ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

Παρακάτω αναφέρονται τα κυριότερα στάδια επεξεργασίας που συναντώνται σ' ένα σύστημα βιολογικού καθαρισμού. Οι ακριβείς όγκοι και διαστάσεις των εγκαταστάσεων καθώς και το είδος των μηχανημάτων και διατάξεων που απαιτούνται προκύπτουν από υπολογισμούς που γίνονται για κάθε φάση επεξεργασίας.

A. ΕΡΓΑ ΕΙΣΟΔΟΥ

Περιλαμβάνουν τις διατάξεις από τις οποίες διέρχονται τα απόβρα για να καταλήξουν στο κύκλωμα της κυρίως επεξεργασίας. Οι διατάξεις αυτές είναι *αντλιοστάσια, δεξαμενές εξισορρόπησης ροής*, καθώς και *διατάξεις μέτρησης παροχής, παράκαμψης* της εγκατάστασης σε περίπτωση βλάβης ή συντήρησης (σύστημα *by pass*).

B. ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Η διαδικασία αυτή σκοπεύει στην απομάκρυνση του ρυπαντικού φορτίου με σχετικά απλές διατάξεις όπως *σχήρες, αμμοσυλλέκτες, λιπασυλλέκτες* κτλ.

Γ. ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Η διαδικασία αυτή σκοπεύει:

- Ø Στην απομάκρυνση των ρυπαντών που μπορεί να προκαλέσουν βλάβη στα μηχανήματα που βρίσκονται τοποθετημένα στις επόμενες φάσεις (π.χ. αδρομερών στερεών)
- Ø Στην εξουδετέρωση των ρυπαντών που μπορεί να επιδράσουν αρνητικά στις παραπέρα βιολογικές διεργασίες (π.χ. pH, τοξικοί παράγοντες κλπ.)

Δ. ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ – ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ

Η εκπόνηση του βιολογικού αντιδραστήρα και ο υπολογισμός του είναι η κύρια φάση της απορρυπαντικής διαδικασίας. Στη φάση αυτή το *διαλεχθέν ρυπαντικό φορτίο μετατρέπεται σε ασημιτικό με μεταβολικές διαδικασίες*. Η μετατροπή 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 και έτσι ο υπολογισμός του είναι η πιο λεπτή φάση του συστήματος απορρύπανσης.

Ε. ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ - ΔΙΑΥΓΑΣΤΗΡΑΣ

Τα συσσωματώματα που βρίσκονται σε αιώρηση στα βιολογικώς επεξεργασμένα απόβρατα διαχωρίζονται σε διατάξεις διαύγασης. Οι διατάξεις αυτές είναι συνήθως *καθιζήσεις* ή *επιπλέουσες* ή και κάθε άλλη διάταξη που επιτρέπει το διαχωρισμό στερεών από υγρά.

ΣΤ. ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ

Η *απολύμανση των λυμάτων* είναι μια διεργασία που έχει σημασία μόνο αν τα καθαρισμένα απόβρατα πρόκειται να έρθουν σε επαφή άμεσα ή έμμεσα με τον άνθρωπο. Η νομοθεσία επιβάλλει τα καθαρισμένα νερά να υποβληθούν σε απολύμανση με χλώριο (*χλωρίωση*). Η χλωρίωση από διάφορους μελετητές είναι αμφιλεγόμενη γιατί αφ'ενός σκοτώνει τα μικρόβια (όχι όμως και τους ιούς), αφ'ετέρου δημιουργεί χλωραμίνες που έχουν καρκινογόνο δράση και συσσωρεύονται στους υδρόβιους οργανισμούς.

Ζ. ΤΕΛΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ ΚΑΘΑΡΩΝ ΝΕΡΩΝ

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

Η. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΠΟΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Τα νερά που έχουν διέλθει από τον βιολογικό καθαρισμό έχουν οπαλλαγεί σε μεγάλο ποσοστό από το ρυπαντικό τους φορτίο. Παραμένει όμως το πρόβλημα *αποικοδόμησης του ρυπαντικού φορτίου που έχει απομικροβιωθεί με τα παραπροϊόντα*. Η αποικοδόμηση αυτή μπορεί να γίνει σ'έναν άλλο βιολογικό αντιδραστήρα ή με κάποια άλλη φυσικοχημική διεργασία. Απαραίτητο στοιχείο στο στάδιο αυτό είναι η *μελέτη του τρόπου αποικοδόμησης* αυτού του ρυπαντικού φορτίου, της *μείωσης κατ'όγκο των υποπροϊόντων* και της τελικής τους *διάθεσης* σε κάποιο ειδικό αποδέκτη (πχ χωματερή).

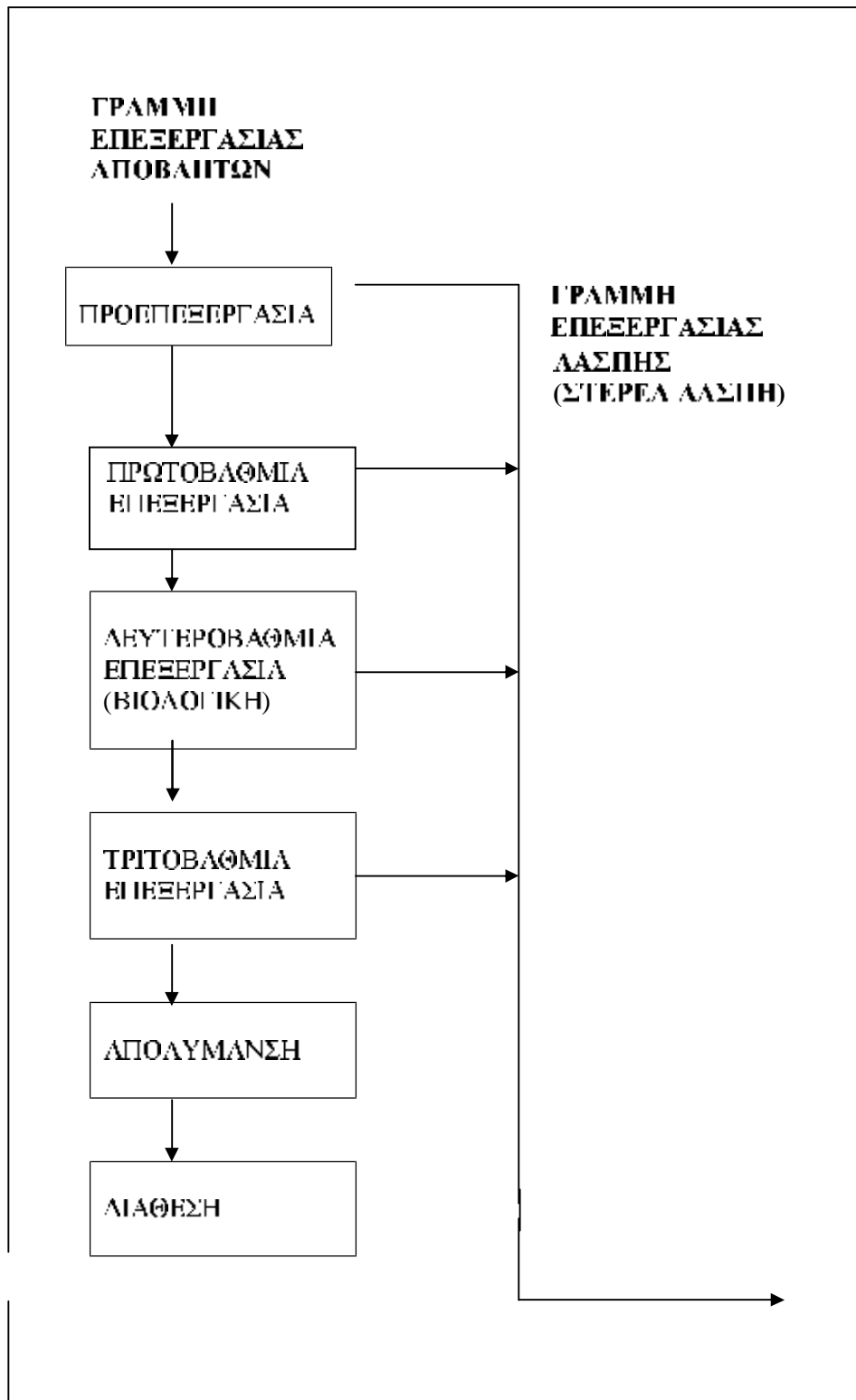
Θ. ΤΕΛΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ ΥΠΟΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Ο μελετητής πρέπει να αντιμετωπίσει τις συνήθεις *αποβάσεις, μεταφορές και τελικής διάθεσης* των υποπροϊόντων με την χρησιμοποίηση του κατάλληλου συστήματος.

2.3. ΓΡΑΜΜΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΑΗΤΩΝ

Ως *γραμμή επεξεργασίας* ορίζεται η σειρά - διαδοχή των διαδικασιών επεξεργασίας απ' τις οποίες πρέπει να περάσει το απόβιο προκειμένου να επιτύχουμε τον αποκαθαρισμό του. Υπάρχουν δύο γραμμές επεξεργασίας για τα απόβιορα δυλιστηρίου: η πρώτη (*κρήμα*) αφορά την απομάκρυνση των επιβλαβών ουσιών για τον τελικό αποδέκτη από την υγρή μάζα των αποβλήτων και η δεύτερη (*δευτερεύουσα*) αφορά την επεξεργασία των επιβλαβών ουσιών (λάσπη) που απομακρύνθηκαν στην πρώτη γραμμή και τη διάθεσή τους στο περιβάλλον.

Ενδεικτικά οι γραμμές επεξεργασίας εικονίζονται στο **Σχήμα 2**



Σχήμα 2.1. – Γραμμές επεξεργασίας αποβλήτων

2.4. ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΣΤΑΔΙΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΥΣΤ. ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

Α. ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Η *προεπεξεργασία* αφορά μια κατηγορία διαδικασιών όπου σκοπός τους είναι να προστατεύσουν τις επόμενες κύριες διαδικασίες επεξεργασίας με την απομάκρυνση των μεγάλων σε μέγεθος στερεών των αποβλήτων και την εξισορρόπηση της παροχής των αποβλήτων. Διαδικασίες προεπεξεργασίας είναι:

- Ø Άλεση
- Ø Εξισορρόπηση παροχής
- Ø Πσχαρισμός
- Ø Ανύψωση αποβλήτων
- Ø Αμμοσυλλογή
- Ø Αυτοσυλλογή

Α.1. ΑΛΕΣΗ

Σκοπός της *άλεσης* είναι ο *θρυμματισμός* των ογκωδών αντικειμένων σε πολύ μικρού μεγέθους στερεά που παραμένουν στην μάζα των αποβλήτων και απομακρύνονται σε επόμενα στάδια. Η *άλεση* γίνεται σε ειδικές συσκευές (*θρυμματιστές*), που χρησιμοποιούνται εναλλακτικά ή σε συνδυασμό με τις σχάρες.

Α.2. ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ

Σκοπός της *εξισορρόπησης* είναι η *ομοιόμορφη φόρτιση των επόμενων μονάδων επεξεργασίας* και η βελτίωση της απόδοσής τους. Επιτυγχάνεται με την εξομάλυνση των διακυμάνσεων της παροχής (ή και του ρυπαντικού φορτίου) των αποβλήτων σε *δεξαμενές* κατάλληλα σχεδιασμένες ώστε τα απόβλητα να εξέρχονται με σταθερή παροχή. Οι δεξαμενές αυτές είτε βρίσκονται στην κύρια γραμμή επεξεργασίας (οπότε δέχονται όλην την παροχή) είτε στη δευτερεύουσα γραμμή, οπότε δέχονται ποσοστό παροχής πάνω από τη μέση τιμή. Η εξισορρόπηση της παροχής μπορεί να γίνει και σε διάφορες μονάδες επεξεργασίας. Μονάδα εξισορρόπησης παροχής εικονίζεται στο **Σχήμα 2.2**.

A.3. ΕΣΧΑΡΙΣΜΟΣ

Ο *εσχαρισμός* σκοπεύει στην *κατακράτηση των εμμεγέθων σωματίων* που συμπαρασύρουν τα απόνερα. Συνήθως γίνεται με δύο *σχάρες* διαφορετικού διακένου. Η πρώτη σχάρα έχει απόσταση ράβδων 50 mm και η δεύτερη 20 mm. Η πρώτη σχάρα κατακρατεί από 0.3 ως 30.0 lt αδρομερών ανά 100 m³ ενώ η δεύτερη από 3.0 ως 30.0 lt αδρομερών ανά 100 m³. Το υλικό κατασκευής τους είναι ο ανοξείδωτος χάλυβας και οι ράβδοι είναι ορθογωνικής διατομής πάχους 10 mm και πλάτους 50 mm.

Οι σχάρες τοποθετούνται σε *φρεάτια εσχαρισμού* που πρέπει να εξασφαλίζουν τις απαιτούμενες συνθήκες ροής. Τα φρεάτια πρέπει να αποκλείουν το λιμνάσμα απόνερων μέσα στους αγωγούς προσαγωγής γιατί θα δημιουργηθεί *όνυχας λιμνάτων* από υδραυλικά φράγματα. Ο *όνυχας* αυτός επιτρέπει την καθίζηση υλικών μέσα στους αγωγούς δημιουργώντας αναερόβιες ζυμώσεις με αποτέλεσμα να υπάρχουν κακοσμίες και άλλες μολυσματικές καταστάσεις.

Στις μικρές εγκαταστάσεις οι σχάρες καθαρίζονται από εργάτες με τσουγκράνες. Στην περίπτωση αυτή είναι προτιμότερο να τοποθετούνται εμβολπισμένες κατά το 1/3 στη ροή των αποβλήτων με κλίση 30°. Το ελεύθερο τμήμα τους κατολήγει πάνω από τη στάθμη των αποβλήτων, σε *διάτρητο κάδο συγκέντρωσης των εσχαρισμάτων* και στράγγισης τους πριν τη τελική τους διάθεση. Οι διαστάσεις του κάδου συγκέντρωσης των εσχαρισμάτων και η συχνότητα καθαρισμού εξαρτώνται από τον αναμενόμενο όγκο αδρομερών που υπολογίζεται από την παροχή. Το δίκτυο μικρών εγκαταστάσεων περιέχει επίσης *αυτόματα σπρέινγκ εκκλύσης των αγωγών* για αποφυγή λιμνάζοντων υδάτων και κακοσμίας λόγω της περιοδικής παροχής αποβλήτων στο δίκτυο. Τα εσχαρίσματα συσκευάζονται σε πλαστικές σακούλες και πετούνται μαζί με τα υπόλοιπα απορρίματα. Στις μεγάλες εγκαταστάσεις για τον καθαρισμό τοποθετούνται *αυτόματες διατάξεις* και πρέπει να προβλέπεται παράκαμψη (*by pass*) και παροχή νερού με πίεση για τα πλοσίματα του χώρου. Για τα εσχαρίσματα απαιτείται απομάκρυνση και υγειονομική ταφή.

Πίναι δυνατόν στην εγκατάσταση να χρησιμοποιηθούν *μηχανικές σχάρες* που να εξασφαλίζουν την κατακράτηση, απομάκρυνση, συσκευασία ή και αποτέφρωση των εσχαρισμάτων αυτόματα. Η φύση των βιομηχανικών αποβλήτων απαιτεί ειδικές σχάρες που να προσιδιάζουν τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων και το είδος των αναμενόμενων αδρομερών.

Στο **Σχήμα 2.3**, εικονίζεται σύστημα εσχαρισμού με απλή σχάρα.

Α.4. ΑΝΥΨΩΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Η *ανύψωση των αποβλήτων* προς τα συστήματα επεξεργασίας πρέπει κατά κανόνα να αποφεύγεται για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας. Αν οι στάθμες του εδάφους ή οι συνθήκες επεξεργασίας επιβάλουν την ανύψωση, αυτή πρέπει να γίνεται μετά τον εσχαρισμό. Σε κάθε περίπτωση είναι προτιμητέα η ανύψωση των καθαρών υγρών μετά την πλήρη επεξεργασία, προς την τελική διάθεση.

Η ανύψωση γίνεται με *φυγοκεντρικές, κοχλιωτές ή ελικοφόρες αντλίες*. Η λειτουργία των φυγοκεντρικών και κοχλιωτών αντλιών είναι δυσμενής γιατί καλούνται συνήθως να εξασφαλίσουν μικρές παροχές σε μικρά μανομετρικά. Για μικρές εγκαταστάσεις η ανύψωση μπορεί να γίνει εναλλακτικά με διακεκομμένη λειτουργία αντλιών μεγαλύτερης παροχής για μικρά χρονικά διαστήματα και στη συνέχεια με δεξαμενή εξισορρόπησης της ροής. Στα αντλιοστάσια τοποθετούνται αντλίες εφεδρείας σε περίπτωση βλάβης και κατάλληλοι μηχανισμοί αυτοματισμού για την έναρξη και λήξη της λειτουργίας.

Η επιλογή της αντλίας και η διαστασιολόγηση του αντλιοστασίου γίνεται από έμπειρο μηχανικό. Για τα βιομηχανικά απόβλητα η επιλογή της αντλίας προϋποθέτει γνώση των χαρακτηριστικών των αποβλήτων (ξωδες, pH κλπ) και της ειδικής προστασίας που απαιτείται για κάθε τύπο αντλίας.

Είδη αντλιών που χρησιμοποιούνται:

- *Φυγοκεντρικού τύπου με ειδικές περιστρές*: για ανύψωση λιμμάτων
- *Κοχλιωτού τύπου*: έχουν μεγάλο κόστος. Στην περίπτωση της αντλίας αυτής είναι εμβληματική μόνο η αναρρόφηση. Ο άξονας κίνησης μπορεί να είναι οριζόντιος ή κατακόρυφος, γεγονός που δίνει το πλεονέκτημα της εύκολης συντήρησης (επειδή τα κινούμενα μέρη του είναι εύκολα και προσπελάσιμα). Τα μειονεκτήματα της κατηγορίας αυτής είναι η επισφαλής λειτουργία ως προς την αναρρόφηση με κίνδυνο καταστροφής της αντλίας από υπερθέρμανση.
- *Υποβροχίνο τύπου*: ο κινητήρας και η αντλία αποτελούν ενιαίο σύνολο. Είναι δύσκολες στην συντήρηση και την επισκευή ενώ δεν παρουσιάζουν προβλήματα κατά την αναρρόφηση.
- *Ελικοφόρες*: Είναι οι υδανικές αντλίες για μεγάλες παροχές και μικρά μανομετρικά και επιτρέπουν ανύψωση ως 5 m χωρίς προβλήματα από στερεά. Κινούνται με ηλεκτροκινητήρα με 20-100 rpm.

A.5. ΑΜΜΟΣΥΛΛΟΓΗ

Η παρουσία στα απόνερα άμμου ή άλλων υλικών (γαιώδεις ύλες, κομμάτια γυαλιού, πετραδάκια, κομμάτια μετάλλων κλπ.) με μεγάλο σχετικά ειδικό βάρος (2.6 Kg/lit) και μεγέθους τουλάχιστον $0.1 - 0.2 \text{ mm}$ που διαφεύγουν από τις σχάρες, μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στην εγκατάσταση του βιολογικού καθαρισμού. Τα προβλήματα αυτά προκαλούνται από επικαθίσεις στις διάφορες δεξαμενές και στους αγωγούς από τριβές στις αντλίες, στις σωληνώσεις, στα κινούμενα μέρη των μηχανημάτων κλπ. Χρειάζεται λοιπόν τα υλικά αυτά να απομακρύνονται πριν την είσοδο των απόνερων στο κυρίως σύστημα επεξεργασίας.

Η *αμμοσυλλογή* είναι μια ευαίσθητη φάση επεξεργασίας των απόνερων και στηρίζεται στον *διαφορικό διαχωρισμό των στερεών*. Πρέπει να κατακρατηθεί μόνο η «άμμος» και όχι άλλες οργανικές αιωρούμενες ουσίες που θα δημιουργούσαν προβλήματα σήψης.

Οι *αμμοσυλλέκτες* στην πιο απλή τους μορφή είναι κανάλια καθίζησης. Κατασκευάζονται σε ζεύγη για εναλλακτική περιοδική λειτουργία (ώστε να μπορεί να γίνει συντήρηση). Στον πυθμένα φέρουν *αλάκα συλλογής της άμμου*. Η έξοδος των καναλιών είναι ειδικά διαμορφωμένη ώστε η ροή του απόνερου να γίνεται με σταθερή οριζόντια ταχύτητα U_a της τάξης των $0.2 - 0.3 \text{ m/s}$ (από δω υπολογίζεται η τομή του αμμοσυλλέκτη) και με σταθερή κατακόρυφη U_k της τάξης των $13 - 20 \text{ mm}$ (από δω υπολογίζεται η κάτοψη, δηλαδή το μήκος του αμμοσυλλέκτη). Ο χρόνος παραμονής στη μέγιστη παροχή U_a είναι $t = 2 - 5 \text{ min}$. Αυτό εξασφαλίζεται αν το κανάλι έχει κατασκευαστεί με σχέσεις μήκους L προς ύψος H ίσες με αναλογία 10 ως 15 και αν ο υπερχειλιστής εξόδου έχει διαμορφωθεί κατάλληλα. Για ταχύτητα ροής σταθερή στην έξοδο του αμμοσυλλέκτη και ανεξάρτητη από την παροχή εισόδου, τα κανάλια κατασκευάζονται ορθογώνια με αναλογικό υπερχειλιστή ή παραβολικά με ορθογώνιο υπερχειλιστή (η απαίτηση αυτή καλύπτεται στην περίπτωση που το σύστημα λειτουργεί με αντλίες περιοδικής λειτουργίας). Η απαγωγή της άμμου γίνεται περιοδικά από εργάτες ή από αυτόματες διατάξεις. Τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται είναι ειδικά κατασκευασμένες σπάτουλες με μεγάλο βραχίονα ή φτυάρια. Γνωστικά η ποσότητα άμμου που κατακρατείται είναι $0.3 - 9.0 \text{ lt}$ άμμου ανά 100 m^3 απόνερου. Η άμμος συγκεντρώνεται δίπλα στους αμμοσυλλέκτες και διατίθεται σε χώρο απορριμμάτων ή θάβεται υγειονομικά.

Για συστήματα όπου υπάρχουν μεγάλες παροχές αποβλήτων ή όταν εξυπηρετούν δίκτυα υπονόμων παντορροϊκού τύπου, χρησιμοποιούνται *φωτοκεντρικοί αμμοσυλλέκτες* ή η αμμοσυλλογή γίνεται *με επίπλευση*. Μπορεί να γίνει και χρήση *μηχανικών αμμοσυλλεκτών*, όπου η άμμος συγκεντρώνεται σε κάποιο παράπλευρο θάλαμο. Η άμμος αυτή υπόκειται σε έκπλυση και χρησιμοποιείται στις κλίνες ξήρανσης αντικαθιστώντας την άμμο που αναπόφευκτα απάγεται με την ξηρή λάσπη.

A.6. ΛΙΠΟΣΥΛΛΟΓΗ

Τα λίπη και τα έλαια που περιέχουν σε μεγάλη συγκέντρωση τα απόβλητα, προξενούν προβλήματα στη λειτουργία των βιολογικών αντιδραστήρων, ιδιαίτερα αν δεν έχουν υποστεί διαβύαση. Οι πιο ευαίσθητοι αντιδραστήρες στην παρουσία ελαιωδών είναι αυτοί που λειτουργούν με ενεργοποιημένη βιομάζα σε συνθήκες παρατεταμένου αερισμού. Για το λόγο αυτό τα απόνερα πριν τον αντιδραστήρα διέρχονται από διάταξη λιποσυλλογής, όπου διαχωρίζονται από τα έλαια με βάση το διαφορετικό ειδικό τους βάρος. Τα έλαια και τα λίπη συλλέγονται και απομακρύνονται (όπου θάβονται υγειονομικά ή καίγονται) ενώ τα απόνερα οδηγούνται στις παραπέρα φάσεις επεξεργασίας.

Η διάταξη αυτή στις μεγάλες εγκαταστάσεις είναι ο *λιποσυλλέκτης*, ενώ για τις μικρές εγκαταστάσεις όπου δεν υπάρχει πρόβλημα μεγάλης συγκέντρωσης ελαιωδών, η σύλλογη γίνεται με κατάλληλο *ζωρηστή* στις δεξαμενές καθίζησης.

Οι λιποσυλλέκτες είναι *δεξαμενές* που εξασφαλίζουν ηρεμία στο απόνερο, ώστε να μπορεί να γίνει ο διαχωρισμός των διασπορών. Οι διασπορές συγκρατούνται στην επιφάνεια και με κατάλληλη διάταξη αλάγονται, ενώ τα καθιζάνοντα μένουν στον πυθμένα. Η κάθε δεξαμενή χωρίζεται από δύο *διαφράγματα*. Το πρώτο διάφραγμα λειτουργεί ως *ανασχετής ροής* και το δεύτερο ξεχωρίζει τα λίπη από τα απόνερα δημιουργώντας *επιφάνει* και επιτρέποντας έτσι την *απαγωγή* των απολιπασμένων απόνερων από την επιφάνεια στην ίδια στάθμη εισόδου. Οι δεξαμενές αυτές υπολογίζονται για έναν ύψαμο ηρεμίας που θα παρέχει χρόνο παραμονής του απόνερου: $t = 3 - 5 \text{ min}$. Η επιφάνεια της δεξαμενής υπολογίζεται από την ανοδική ταχύτητα U_a και συνήθως είναι: $U_a = 10 - 25 \text{ m/h}$.

Στους λιποσυλλέκτες απομακρύνονται μόνο οι ελαιώδεις διασπορές, ενώ τα γαλακτοποιημένα και τα διαλυμένα λίπη παραμένουν. Αν απαιτείται απομάκρυνση τους, τότε χρειάζεται *κροκκίδωση* και *συσπομάτωσή* τους μετά το λιποσυλλέκτη.

Για την κατακράτηση των ελαιωδών από πετρελαϊκές εγκαταστάσεις το Αμερικάνικο Ινστιτούτο Πετρελαιοειδών (A.P.I.) συνιστά *παράλληλεπίπεδης λιποσυλλέκτης τετραγωνικής διατομής* εφοδιασμένους με ανασχετές ροής, για την ομαλοποίηση της ροής των απόνερων και διατάξεις για την περισυλλογή των ιζημάτων και του επίταγυ. Ο υπολογισμός των ελαιοδιαχωριστήρων αυτών (A.P.I. Separator) για την κατακράτηση των σταγονιδίων των λιπών με διάμετρο d μεγαλύτερη από 0.15 mm γίνεται εξασφαλίζοντας ανοδική ταχύτητα $U_a = 0.9 - 3.6 \text{ m/h}$, οριζόντια ταχύτητα $U_o = 15 - 55 \text{ m/h}$, σχέση *βάθους / πλάτους* $0.3 - 0.5$, *πλάτος* $2 - 6 \text{ m}$ και *βάθος* $1 - 2.5 \text{ m}$.

Μπορούν επίσης να υπάρξουν *συνδυασμοί* αμμοσυλλέκτη - λιποσυλλέκτη καθώς και συνδυασμοί δεξαμενών - διαχωριστήρων με κεκλιμένα επίπεδα και αεροεπίπλευση που επιταχύνουν αμμοσυλλογή - λιποσυλλογή και κάποιο αερισμό των απόνερων.

Για σωστή λειτουργία του λιποσυλλέκτη απαιτείται μακροχρόνια παρατήρηση ώστε να προσδιοριστούν με ακρίβεια οι απαιτούμενοι χειρισμοί λειτουργίας. Η παρατήρηση προϋποθέτει συμπλήρωση δελτίου ελέγχου, καταγράφοντας καθημερινά την εισερχόμενη παραγωγή των απόνερων, την ποσότητα των απομακρυνόμενων λιπών και ελαίων, την ανοδική ταχύτητα (κατανάλωση αέρα και ενέργειας σε μηχανικούς διαχωριστές) κλπ.

Η *απόδοση* των λιποσυλλεκτών κυμαίνεται στο $60 - 70 \%$.

B. ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ

Η *πρωτοβάθμια επεξεργασία* αφορά διαδικασίες που πραγματοποιούνται στις *δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης* και σκοπό έχουν την απομάκρυνση των στερεών ουσιών από τα απόβλητα. Τέτοιες διαδικασίες είναι:

- Ø Πρωτοβάθμια καθίζηση – Επίπλευση
- Ø Χημική επεξεργασία - Καθίζηση

B.1. ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ

Η *δεξαμενή καθίζησης* αποτελεί την πρώτη βασική μονάδα καθαρισμού. Η αρχή λειτουργίας της στηρίζεται στη σημαντική ελάττωση της ταχύτητας ροής των αποβλήτων ($U_{cp} = 5 \text{ cm/sec} = 180 \text{ m/h}$), οπότε ελαττώνεται και η ικανότητα των σωματιδίων να σύρονται στη ροή, με αποτέλεσμα τα μεγαλύτερα και βαρύτερα αιωρούμενα (όχι διαλυμένα) υλικά να καθιζάνουν στον πυθμένα. Βασικές μέθοδοι επεξεργασίας που λαμβάνουν χώρα στις δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης είναι η *πρωτοβάθμια καθίζηση - επίπλευση* και η *χημική επεξεργασία - καθίζηση*.

B.2. ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΚΑΘΙΖΗΣΗ - ΕΠΙΠΛΕΥΣΗ

Η διαδικασία αφορά την απομάκρυνση των αιωρούμενων οργανικών και ανόργανων στερεών μεγεθούς $0.1 - 0.001 \text{ mm}$ με *καθίζηση*. Η απομάκρυνση σκοπεύει σε μείωση του ρυπαντικού φορτίου (*BOD* και *SS*) των επόμενων μονάδων επεξεργασίας. Η επίπλευση χρησιμοποιείται για την επεξεργασία ακάθαρτων υγρών με μεγάλη ποσότητα βιομηχανικών αποβλήτων (διωλιστήρια πετρελαίου) και για απόβλητα που δημιουργούν αφρό. Έτσι τα αιωρούμενα στερεά με ειδικό βάρος λίγο μεγαλύτερο από τη μονάδα που θα απαιτούσαν μια ιδιαίτερα μακροχρόνια καθίζηση, με την επίπλευση απομακρύνονται σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα.

Η πρωτοβάθμια καθίζηση γίνεται σε *δεξαμενές* όπου *τα στερεά καθιζάνουν* σε συνθήκες ηρεμίας και κάτω από την επίδραση της βαρύτητας, ενώ η *επίπλευση* γίνεται σε δεξαμενές όπου *τα στερεά παρασύρονται* προς την επιφάνεια από φυσαλίδες αέρα που διοχετεύονται στη μάζα των αποβλήτων με κατάλληλη διάταξη. Τα καθιζάνοντα ή επιπλέοντα στερεά (λάσπη) συλλέγονται και οδηγούνται στη γραμμή επεξεργασίας λάσπης.

Η *επίπλευση* συνίσταται στην εισαγωγή λεπτών φυσαλίδων αέρα (συνήθως ατμοσφαιρικού) στα απόβλητα, οι οποίες προσκολλούνται στα αιωρούμενα σωματίδια και δημιουργούν, σαν πλωτήρες, αρκετή άνωση ώστε να τα ανεβάσουν στην επιφάνεια. Έτσι μπορούν να ανέβουν μόρια με ειδικό βάρος μεγαλύτερο από το υγρό, αλλά επίσης να επαχυνθεί η άνοδος μορίων με μικρότερο ειδικό βάρος (πχ λίπη).

Η *εισαγωγή του αέρα* στην επίπλευση μπορεί να γίνει με τρεις τρόπους:

- Ø Με αερισμό με ατμοσφαιρική πίεση (*επίπλευση αέρα*). Ο αέρας παρέχεται μέσω περιστρεφόμενης έλικας ή με σύστημα διαχύσεως.
- Ø Με εισαγωγή στο υγρό, αέρα υπό πίεση που έχει αυξημένη δυνατότητα διάλυσης και στη συνέχεια με διακοπή της πίεσης και διαφυγή του υπερκορεσμένου διαλυμένου αέρα (*επίπλευση διαλυμένου αέρα*).
- Ø Με κορεσμό με αέρα σε ατμοσφαιρική πίεση και στη συνέχεια εφαρμογή κενού στο υγρό (*επίπλευση κενού*).

Σε όλα τα συστήματα επίπλευσεως η απομάκρυνση των αερούμενων μπορεί να βελτιωθεί με τη χρησιμοποίηση διάφορων *χημικών προσθετικών* (π.χ. άλατα αργιλίου ή σιδήρου), που αυξάνουν την επιφάνεια ή αλλάζουν την δομή τους, ώστε να απορροφώνται και να παραδεύονται εύκολα οι φυσαλίδες αέρα.

B.3. ΧΗΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ - ΚΑΘΙΖΗΣΗ

Αφορά την *απομάκρυνση των καλλυντικών στερεών* που δεν απομακρύνονται με απλή καθίζηση. Με την διαδικασία αυτή μειώνονται τα TS, βελτιώνεται η απόδοση της πρωτοβάθμιας καθίζησης και απομακρύνεται ο φώσφορος.

B.4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ

B.4.1. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ

Ø Επιφανειακή φόρτιση και χρόνος παραμονής

Ο σχεδιασμός των δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης βασίζεται στην επιφανειακή φόρτιση και το χρόνο παραμονής των αποβλήτων για μια επιθυμητή απομάκρυνση στερεών, που προκύπτουν από πειραματική ανάλυση. Για χρόνο παραμονής 1,5 – 2,5 h και για μέση παροχή αποβλήτων, η τιμή της επιφανειακής φόρτισης κυμαίνεται από 32 – 48 m³/m².

Ø Ταχύτητα ροής στον πυθμένα

Η ταχύτητα ροής στον πυθμένα δεν πρέπει να 'ναι μεγαλύτερη από μια κρίσιμη τιμή απ' την οποία και μετά τα στερεά που έχουν καθίσει αρχίζουν να παρασύρονται σε αιώρηση. Η κρίσιμη ταχύτητα είναι 9 – 15 φορές μεγαλύτερη της ταχύτητας καθίζησης και είναι της τάξης των 0.02 m/sec.

Ø Φόρτιση υπερχειλιτική

Δεν έχει μεγάλη επίδραση στην απόδοση των δεξαμενών.

Ø Απομάκρυνση SS και BOD

Η απομάκρυνση των SS που επιτυγχάνεται κυμαίνεται γύρω στο 50 – 70%. Η απομάκρυνσή τους σχετίζεται με τις παραπάνω παράμετρους καθώς και με την αρχική συγκέντρωση των SS στα απόβλητα. Η απομάκρυνση του BOD είναι 25 – 40%.

B.4.2. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ & ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΘΙΞΗΣΗΣ

Τα βασικά προβλήματα που παρουσιάζουν οι δεξαμενές καθίξεσης είναι η δημιουργία *βραχυκυκλώσεων* και *αδρανών χώρων* καθώς και η πρόκληση *διαταραχών* στη ζώνη καθίξεσης από τις ταχύτητες ροής.

- Ø Οι *βραχυκυκλώσεις* οφείλονται σε κατασκευαστικά χαρακτηριστικά (πχ διάταξη εισροής – εκροής), σε γεωμετρικά χαρακτηριστικά της δεξαμενής και σε άλλους παράγοντες, όπως ρεύματα που δημιουργούνται ή άνεμοι.
- Ø Τα *ρεύματα* δημιουργούνται από διαφορές της πυκνότητας μεταξύ της εισερχόμενης μάζας των αποβλήτων και του περιεχομένου της δεξαμενής, που οφείλονται σε θερμοκρασιακές διαφορές. Όταν η εισερχόμενη μάζα είναι θερμότερη από το περιεχόμενο, τότε επιπλέει πάνω στην ψυχρότερη μάζα της δεξαμενής. Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με κατάλληλο σχεδιασμό της διάταξης εισροής.
- Ø Οι *άνεμοι* δημιουργούν σημαντικό πρόβλημα ιδιαίτερα στις δεξαμενές με μεγαλύτερη επιφάνεια. Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με τοποθέτηση προστατευτικών πετασμάτων γύρω από τη δεξαμενή ή με κόφτρες μέσα στη δεξαμενή σε θέση που να μειώνουν την επίδραση των επικρατούντων ανέμων πάνω στην υγρή μάζα.

Οι *διαταραχές στη ζώνη καθίξεσης* είναι κυρίως η *επαναιώρηση των στερεών* που έχουν καθίξει και παρασύρονται από τις σχετικά μεγάλες ταχύτητες ροής, η δημιουργία *τήρβης* που διαταράσσει την ηρεμία που απαιτείται για την καθίξεση και η επίδραση των κλίσεων ταχύτητας στη συσσωμάτωση των σωματιδίων. Η *συσσωμάτωση* που οφείλεται στις κλίσεις των ταχυτήτων ροής, αυξάνεται όσο αυξάνεται η ταχύτητα ροής και μειώνεται όσο αυξάνεται το βάθος της δεξαμενής (σχεδιασμός ρηχών δεξαμενών). Η συσσωμάτωση που οφείλεται στις διαφορές των ταχυτήτων καθίξεσης αυξάνει όσο αυξάνει ο χρόνος παραμονής, δηλαδή όσο αυξάνει το βάθος (σχεδιασμός βαθιών δεξαμενών). Η *απόδοση* των δεξαμενών εξαρτάται κυρίως από την επιφανειακή φόρτιση παρά από τις ταχύτητες ροής.

B.4.3. ΔΙΑΤΑΞΗ ΕΙΣΡΟΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

Η *διάταξη εισροής* είναι από τα πιο σημαντικά μέρη της δεξαμενής και επηρεάζει άμεσα την απόδοσή της. Ο σχεδιασμός της γίνεται έτσι ώστε να επιτυγχάνεται *ομοιόμορφη κατανομή της μάζας των αποβλήτων* στην διατομή της δεξαμενής, με την όσο το δυνατόν *μεγαλύτερη κατανάλωση της ενέργειας* της εισερχόμενης μάζας των αποβλήτων και τη *δημιουργία μικρών ταχυτήτων ροής*, ώστε να αποφεύγονται οι βραχυκυκλώσεις και οι διαταραχές στη ζώνη καθίξεσης.

Τα είδη διατάξεων που εφαρμόζονται διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

Ø *Ορθογωνικές δεξαμενές*

Τα απόβλητα διοχετεύονται *οριζόμενα* στο πλάτος της δεξαμενής από ανοίγματα που το μέγεθός τους και οι αποστάσεις μεταξύ τους ποικίλλουν. Γενικά αποφεύγονται πολύ μικρά ανοίγματα για να μη φράζουν καθώς και αποστάσεις μεταξύ τους μεγαλύτερες των 3 m. Μπροστά από τη ροή και κάθετα στα ανοίγματα υπάρχουν *κόφτρες* για την καταστροφή της ενέργειας της εισερχόμενης φλέβας των αποβλήτων που εκτείνονται 15 – 30 cm γύρω από το άνοιγμα και μέχρι το μισό βάθος της δεξαμενής ώστε η ταχύτητα της φλέβας να κυμαίνεται από 0,80 ως 0,16 m/s. Αν αναμένονται ρεύματα πυκνότητας από θερμοκρασιακές διαφορές, τότε η ροή κατανέμεται σε όλο το βάθος της διατομής. Η κλίση του πυθμένα είναι 1%.

Ø *Κυκλικές δεξαμενές*

Εδώ η διάταξη εισροής είναι πιο σημαντική απ' ό,τι στις ορθογωνικές (επειδή η εισροή και η εκροή μπορεί να βρίσκονται κοντά η μία στην άλλη). Η διάταξη μπορεί να είναι κεντρική ή περιφερειακή και αποτελείται από έναν *δακτύλιο – κόφτρα* με διάμετρο 15 – 20 % της διαμέτρου της δεξαμενής που εκτείνεται μέχρι το μισό του βάθους της. Αν αναμένονται ρεύματα από θερμοκρασιακές διαφορές η κόφτρα εκτείνεται μέχρι τον πυθμένα και έχει μικρά ανοίγματα. Αν η διάταξη είναι περιφερειακή έχει δακτύλιο – κόφτρα που εκτείνεται μέχρι τον πυθμένα και η εισροή γίνεται εφαπτομενικά. Η διάταξη αυτή δημιουργεί καλύτερες συνθήκες ροής, δεν επηρεάζεται από ρεύματα και κάνει τη δεξαμενή αποδοτικότερη απ' ό,τι με κεντρική διάταξη. Η κλίση του πυθμένα είναι 8 – 12%.

B.4.4. ΔΙΑΤΑΞΗ ΕΚΡΟΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

Η *διάταξη εκροής* δεν είναι τόσο σημαντική για την απόδοση των δεξαμενών. Αποτελείται από έναν *κεντρικό* ή *περιφερειακό υπερχειλιστή* στις κυκλικές δεξαμενές ή έναν (ή και περισσότερους) *κατά πλάτος υπερχειλιστή* στις ορθογωνικές. Η παροχή των υπερχειλιστών δεν πρέπει να δημιουργεί τοπικά μεγάλες ταχύτητες, που να παρασύρουν τα στερεά που έχουν καθίξει. Αν στις δεξαμενές γίνεται συλλογή επιπλέοντων, ο υπερχειλιστής εκροής πρέπει να προστατεύεται με *κόφτρα επιπλέοντων*, που τοποθετείται πριν απ' αυτόν και σε βάθος 20 – 30 cm από την επιφάνεια του υγρού.

Το βάθος των δεξαμενών αν και δεν επηρεάζει τη διαδικασία της καθίζησης πρέπει να είναι αρκετό ώστε να υπάρχει χώρος για τη συσσώρευση της λάσπης και τον μηχανισμό συλλογής της. Παράλληλα πρέπει να υπάρχει και απόσταση μεταξύ του στρώματος της λάσπης και του υπερχειλιστή για να μη παρασύρονται στερεά στην εκροή. Η εκλογή του βάθους επηρεάζει το χρόνο παραμονής για μια ορισμένη επιφάνεια.

B.4.5. ΔΙΑΤΑΞΗ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΛΑΣΠΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΠΛΕΟΝΤΩΝ

Η λάσπη που καθιζάνει στο πυθμένα έχει σημαντικό οργανικό φορτίο, γ' αυτό πρέπει να απομακρύνεται συνεχώς. Αν παραμείνει, μετά από λίγες ώρες (3 – 4 το καλοκαίρι) θα αρχίσει η αναερόβια αποδόμηση και η δημιουργία σοβαρών δυσοσμιών. Το *σπέρμα* της λάσπης γίνεται αντίθετα στη ροή των υγρών και συνήθως με ταχύτητα 1 – 2 m/sec. Υποβάλλεται συνήθως σε κατάλληλη επεξεργασία ανοργανοποίησης και αφοδάτωσης πριν από την τελική της διάθεση.

Στις *ορθογωνικές δεξαμενές* χρησιμοποιούνται δύο τύποι διατάξεων για τη συλλογή της λάσπης:

Ø Λιάταξη με ατέρμονες μεταφορείς

Η λάσπη παρασύρεται από μια σειρά *ξύλινων ξέστρων* τοποθετημένων πάνω σε *ατέρμονη αλυσίδα* που κινείται με κινητήρα σε *χοάνες* κοντά στην εισροή. Η κλίση των πλευρών της χοάνης κυμαίνεται από 1,2:1 μέχρι 2:1. Ειδικά σε μεγάλες δεξαμενές η λάσπη συγκεντρώνεται σε *κάθεται χαντάκια συλλογής* προς τη διεύθυνση της ροής όπου με τη βοήθεια αντλιών ή ξέστρων συλλέγεται σε πλευρική χοάνη.

Ø Λιάταξη μετακινούμενης γέφυρας με ξέστρο

Χρησιμοποιείται σε ορθογωνικές δεξαμενές. Η *γέφυρα* κινείται πάνω σε οδηγό κατά μήκος της δεξαμενής με τη βοήθεια *κοιτηρών*. Η κίνησή της είναι παλινδρομική και η συλλογή της λάσπης γίνεται όπως και με τους ατέρμονες μεταφορείς. Το σύστημα αυτό έχει μικρότερο κόστος. Η συλλογή επιπλεόντων γίνεται με ειδική *κάθτρα* που είναι τοποθετημένη στη γέφυρα και απομακρύνονται στις *χοάνες*.

Στις *κυκλικές δεξαμενές* η συλλογή της λάσπης γίνεται με *ξέστρο* που κινείται κυκλικά και συλλέγει τη λάσπη σε *κεντρική χοάνη – δακτύλιο*. Το ξέστρο εκτείνεται σε όλη τη διάμετρο της δεξαμενής. Ο μηχανισμός του στηρίζεται σε *γέφυρα* ή σε *κεντρική βάση* για μεγάλες δεξαμενές, μέσα από την οποία διέρχεται ο αγωγός εισροής. Η συλλογή επιπλεόντων γίνεται μ' ένα *βρυχίονα* που εκτείνεται ως την περιφέρεια της δεξαμενής και κινείται με το μηχανισμό του ξέστρου, συγκεντρώνοντας τα επιπλέοντα σε *κεκλιμένη επιφάνεια* και από εκεί σε *ειδικό υποδοχέα*. Τα επιπλέοντα στερεά οδηγούνται για *χώνευση ή αφιρόδραση* μαζί με την πρωτοβάθμια λάσπη.

Γ. ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ

Γ.1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η *βιολογική απορρύπανση* είναι μικροβιακές ζυμώσεις σε ανομοιογενές υπόστρωμα από ετερογενείς μικροοργανισμούς που αποσυνθέτουν νεκρή οργανική ύλη. Η διαδικασία αυτή βασίζεται στην ικανότητα που έχουν οι μικροοργανισμοί να δεσμεύουν, να μεταβολίζουν και ανοργανοποιούν τις ξένες προσμίξεις των νερών. Έτσι αποδίδεται στο περιβάλλον νερό αποδεδεμευμένο από ρυπαντές και εξουδετερωμένη ρύπανση σε σωματιακή μορφή. Η εξουδετερωμένη ρύπανση μπορεί εύκολα να διατεθεί στο περιβάλλον ως αδρανές ίζημα (λάσπη).

Η εφαρμογή της βιολογικής επεξεργασίας στην απορρύπανση εξαρτάται από το είδος των ρυπαντών που περιέχει το απόνερο, τις συνθήκες περιβάλλοντος του χώρου εγκατάστασης της μονάδας επεξεργασίας και τα οικονομικά μεγέθη που προσδιορίζουν το ισοζύγιο ωφέλειας – βλάβης του έργου.

Η πληθώρα των μικροβιακών διεργασιών και ο τεχνολογικός εξοπλισμός που μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιτρέπουν μεγάλο συνδυασμό φάσεων βιολογικής επεξεργασίας και κατά συνέπεια μεγάλο αριθμό τεχνολογικών εφαρμογών βιολογικής απορρύπανσης. Οι εφαρμογές αυτές ονομάζονται *μέθοδοι βιολογικού καθαρισμού* και απ' αυτές θα εξετάσουμε συνοπτικά παρακάτω τα *συστήματα ενεργού ύδατος* και τους *βιολογικούς αντιδραστήρες*. Ο τύπος των βιολογικών αντιδραστήρων που λειτουργούν στην εγκατάσταση βιολογικού καθαρισμού της petrola είναι τα βιολογικά φίλτρα.

Τα συστήματα των βιολογικών καθαρισμών εκτός από τον καθαρισμό των απόνερων ή την απορρύπανση υδάτων επιφάνειας (λίμνες, ποτάμια κλπ.) μπορεί να χρησιμοποιηθούν και για παραγωγή ενέργειας από απόβλητα ή για ανάκτηση χρήσιμων πρώτων υλών από τα απόνερα.

Γ.2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι βιοχημικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται είναι *αερόβια* ή *αναερόβια αποσύνθεση (αυτογενεοποίηση)* μέρους του υποστρώματος, παράγοντας αέριες ενώσεις (CO_2 , H_2S , N_2 , H_2 , CH_4) και νερό. Το υπόλοιπο υπόστρωμα εξαντλείται με διάφορους φυσικοβιολογικούς μηχανισμούς μεταφοράς μάζας που ξεκινούν από τη *σύνθεση πρωτοπλάσματος* νέων κυττάρων μέχρι τη *βιοσυστομάτωση* και τη *βιοαπορρόφηση*. Μ' αυτόν τον τρόπο, ένα μέρος του υποστρώματος εξερεώνεται και διαφεύγει στην ατμόσφαιρα ενώ ένα άλλο μέρος σχηματίζει ένα υπόλοιπο στερεών και υγρών ουσιών (*λάσπη*) σε σπυκτική κατάσταση, που απαιτεί παραπέρα επεξεργασία για να διατεθεί στο περιβάλλον χωρίς να προκαλέσει υγειονομικά ή περιβαλλοντολογικά προβλήματα.

Η αποδοτικότητα και οι διαστάσεις του βιολογικού συστήματος απορρύπανσης είναι συνάρτηση τριών παραγόντων: της *ταχύτητας της βιολογικής αντίδρασης* V , της *βακτηριακής βιομάζας* M που επενεργεί και του *χρόνου επιφυής* t του διαλυμένου υποστρώματος με τη βακτηριακή βιομάζα. Οι παράγοντες αυτοί επηρεάζονται από τα

φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος που γίνεται η απορρύπανση και από τα υδραυλικά και κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης. Η ο συγκεκριμένα:

Η **ταχύτητα** των βιολογικών αντιδράσεων οπαιτεί τη μελέτη της κινητικής κατάστασης των αντιδράσεων αυτών, σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία, τη συγκέντρωση του υποστρώματος και με άλλους φυσικοχημικούς παράγοντες του περιβάλλοντος απορρύπανσης.

Η **βακτηριακή βιομάζα** εξετάζεται κυρίως για τη συγκέντρωσή της και την ικανότητα μεταβολισμού όσο και από τα υδραυλικά και κατασκευαστικά χαρακτηριστικά και τον τύπο της εγκατάσταση απορρύπανσης.

Ο προσδιορισμός του πραγματικού **χρόνου επαρκής** υποστρώματος-βακτηριακής βιομάζας εξαρτάται από τα υδραυλικά δεδομένα και την κινητική κατάσταση στο σύστημα βιολογικής επεξεργασίας.

Γ.3. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΑΠΟΒΑΝΤΩΝ

Οι ρυπαντές που περιέχονται στα απόβλητα μπορούν, με βάση τα φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά τους να ταξινομηθούν όπως εικονίζεται στον ΠΙΝΑΚΑ Β1.

ΠΙΝΑΚΑΣ Β1

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΡΥΠΑΝΤΩΝ			
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ			
ΦΥΣΙΚΑ		ΧΗΜΙΚΑ	ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ
Διαλυμένες ή κολλοειδείς ουσίες		Οργανικές ουσίες	Ταχέως βιοαποικοδομήσιμες
		Ανόργανες ουσίες	Αργά βιοαποικοδομήσιμες
Απορρίμματα στερεά	Καθιζάνοντα στερεά	Οργανικές ουσίες	Ταχέως βιοαποικοδομήσιμες
		Ανόργανες ουσίες	Μη βιοαποικοδομήσιμες
	Μη καθιζάνοντα	Οργανικές ουσίες	Ταχέως βιοαποικοδομήσιμες
		Ανόργανες ουσίες	Μη βιοαποικοδομήσιμες

Τα φυσικά χαρακτηριστικά των ρυπαντών εξαρτώνται κυρίως από το μέγεθος των σωματιδίων. Έτσι παρουσιάζονται σε μορφή αιωρημάτων που μπορούν να καθιζήσουν, κολλοειδών διασπορών και τέλειων διαλυμάτων.

Ο γενικός ποιοτικός χαρακτηρισμός **βιοαποικοδομήσιμος** σημαίνει την τάση του μορίου της οργανικής ένωσης να μετατραπεί ή και να αποσυντεθεί βιολογικά. Τοποποιημένος αναλυτικός προσδιορισμός της βιοαποικοδομησιμότητας δεν υπάρχει. Συχνά όμως η αποικοδόμηση των οργανικών ουσιών έχει μια συγκεκριμένη κινητική ταχύτητα και έτσι

μπορεί να εκφραστεί η βιοαποικοδομησιμότητα ως ταχύτητα αντίδρασης k ή ως χρόνος μετατροπής του 50% του υποστρώματος.

Οι ενδείξεις αυτές έχουν ημιποσοτικό χαρακτήρα. Ποσοτικά στοιχεία μπορούν να προκύψουν μόνο από τις πειραματικές μονάδες που αναπαράγουν τις πραγματικές συνθήκες ενός συστήματος.

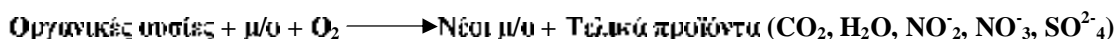
Η απόδοση της απορρόπησης με σύστημα βιολογικού καθαρισμού αυξάνεται όταν το μεγαλύτερο μέρος των ρυπαντών είναι οργανικές ενώσεις και δεν υπάρχουν τοξικά που να αναστέλλουν και να εμποδίζουν τις ζυμώσεις.

Γ.4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

Γ.4.1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΟΥ ΪΛΟΥΣ

Τα *συστήματα ενεργού Ϊλου* είναι η γενική ονομασία των συστημάτων απορρόπησης που χρησιμοποιούν μια πολυσύνθετη μάζα μικροοργανισμών η οποία βρίσκεται σε αιώρηση μέσα στα απόβλητα. Η βασική βιολογική διαδικασία στα συστήματα αυτά είναι η χρησιμοποίηση και η *οξείδωση των οργανικών ουσιών* από τους μικροοργανισμούς σε σταθερής βιολογικά μορφής τελικά προϊόντα, κάτω από *αερόβιες συνθήκες*.

Οι μικροοργανισμοί βρίσκονται σε αιώρηση μέσα στα απόβλητα και καταναλώνουν τις οργανικές ουσίες για να αναπαραχθούν και για να αποκτήσουν ενέργεια (απαραίτητη για την συντήρησή τους). Το μεγαλύτερο ποσοστό των οργανικών ουσιών χρησιμοποιείται για αναπαραγωγή των μικροοργανισμών και ένα μικρότερο ποσοστό για ενέργεια και τελικά προϊόντα. Η παραπάνω διαδικασία περιγράφεται από την αντίδραση:



Οι κυριότερες διαδικασίες που πραγματοποιούνται στα συστήματα αυτά είναι:

1. Η μεταβολή της μάζας των οργανικών ουσιών σαν αποτέλεσμα της κατανάλωσής τους από τους μικροοργανισμούς
2. Η μεταβολή της μάζας των μικροοργανισμών
3. Οι απαιτήσεις σε οξυγόνο για τις παραπάνω διαδικασίες

Τα συστήματα ενεργού Ϊλου σαν εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν:

Ø *Δεξαμενή αερισμού*, όπου οι μικροοργανισμοί καταναλώνουν τις οργανικές ουσίες χρησιμοποιώντας οξυγόνο που προστίθεται στα απόβλητα από διατάξεις αερισμού.

Ø *Δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης* όπου οι μικροοργανισμοί καθιζάνουν και απομακρύνονται (δευτεροβάθμια λάσπη). Μέρος της λάσπης επανακυκλοφορεί στην δεξαμενή αερισμού και η υπόλοιπη οδηγείται στη γραμμή επεξεργασίας λάσπης.

Σε περίπτωση μείωσης ή απουσίας οργανικών ουσιών, οι μικροοργανισμοί αναζητούν τις απαιτούμενες οργανικές ουσίες σε άλλους μικροοργανισμούς ή αυτοκαταναλώνονται, φαινόμενο γνωστό σαν *ενδογενής μεταβολισμός*.

Γ.4.2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Γ.4.2.1. ΒΙΟΜΑΖΑ

Γ.4.2.1.α. Σύνθεση και δράση της βιομάζας

Η *βιομάζα* που επενεργεί στην απορρόπηση των απόβρωτων καταναλώνοντας την οργανική ύλη αποτελείται κυρίως από *βακτήρια*. Παρ' όλα αυτά στους βιολογικούς αντιδραστήρες δεν συναντώνται καθαρές καλλιέργειες ενός είδους μικροοργανισμών αλλά μεγάλος αριθμός αποικιών μικροοργανισμών. Τα βιολογικά συσσωματώματα συνίστανται κυρίως από *αποικίες σπιροφυτικών βακτηρίων*. Συνυπάρχουν ακόμα τα *φύκη*, οι *μύκητες*, τα *πρωτόζωα* και μερικές φορές τα *νημειτόδη* και τα *ριζόφερα*. Όμως η κατανάλωση της οργανικής ύλης και η δημιουργία βιολογικών συσσωματωμάτων οφείλεται κυρίως στα βακτήρια.

Το μεγαλύτερο μέρος στη βιομάζα των συστημάτων βιολογικού καθαρισμού είναι *αερόβια αυτότροφα* και *αερόβια* ή *αναερόβια ετερότροφα*.

Από τα αυτότροφα αερόβια χημειοσυνθετικά ιδιαίτερη σημασία έχουν:

A. Τα *νιτροδομικά* (*Nitrosomonas*) που οξειδώνουν την αμμωνία σε νιτρώδη:



B. Τα *νιτροποιητικά* (*Nitrobacter*) που οξειδώνουν τα νιτρώδη σε νιτρικά:



Από τα ετερότροφα αναερόβια χημειοσυνθετικά σημαντικά είναι τα *απονιτροποιητικά* που ανάγουν τα νιτρικά σε N_2 .

Αναλυτικός προσδιορισμός της βιομάζας είναι δύσκολος γιατί προσδιορίζεται *έμμεσα* και προσεγγιστικά από το επίπεδο των εξαερούμενων στερεών που δείχνουν το οργανικό μέρος της ξηράς ύλης. Η χημική σύσταση των βακτηρίων είναι 80% νερό, 20% ξηρά ύλη. Από το 20% της ξηράς ύλης το 90% είναι οργανικές ουσίες και το υπόλοιπο 10% ανόργανες. Το οργανικό μέρος ανταποκρίνεται στον εμπειρικό τύπο: $\text{C}_{118}\text{H}_{170}\text{N}_{17}\text{O}_{51}\text{P}$, ενώ το ανόργανο περιέχει:

P_2O_5	50%
SO_3	15%
Na_2O	11%
CaO	9%
MgO	8%
K_2O	6%
Fe_2O_3	1%

Σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας των βιολογικών αντιδραστήρων η δημιουργία και παρουσία φυκών και μυκήτων είναι τυχαίο και ανεπιθύμητο περιστατικό που εξαρτάται από την επατευχθείσα οικολογική ισορροπία στον βιολογικό αντιδραστήρα.

Τα *φύκη* αν και δεν προκαλούν βλάβες στην βιολογική ισορροπία, με την υπέρμετρη ανάπτυξη που παρουσιάζουν συγκεντρώνονται στα τοιχώματα του αντιδραστήρα και για να απομακρυνθούν απαιτείται ανθρώπινη παρέμβαση. Τα φύκη που ενδιαφέρουν τη βιολογική απορρόπηση είναι μονοκύτταρα μικροφύκη εμπειρικού τύπου $C_5H_8O_2N$.

Οι *μύκητες* σχηματίζουν ινώδεις μορφές και επηρεάζουν τις μικροβιολογικές διεργασίες. Έτσι παρεμποδίζεται ο σχηματισμός των βιοσυσσωματωμάτων (νιφάδες) και δυσχεραίνεται η καθίζησιμότητα της βιομάζας στην επόμενη φάση της διαύγασης. Όταν στον αντιδραστήρα υπερισχύουν οι πληθυσμοί μυκήτων αυτό οφείλεται σε υψηλή συγκέντρωση στο απόνερο υδρογονανθράκων, προϊόντων σύνθεσης σε χαμηλό πεδίο ροής και σε τροφικές πενίες (κυρίως αζώτου). Οι μύκητες παρουσιάζονται με υψές 4 – 20μ και εμπειρικό τύπο $C_{10}H_{17}O_6N$.

Απ' την οικολογική ισορροπία του αντιδραστήρα εξαρτάται και η παρουσία των πρωτόζωων και των ροτιφερων. Τα *πρωτόζωα* παρ'όλο που δεν συμμετέχουν αποφασιστικά στην αποικοδόμηση του ρυπαντικού φορτίου, διαδραματίζουν ρόλο στην τελική διαύγαση του νερού, γιατί συλλαμβάνουν ελεύθερα βακτήρια, σπουκίες και άλλα αιωρούμενα σωματίδια. Στην τροφική αλυσίδα κατέχουν θέση ανώτερου καταναλωτή. Δεν μπορούν να τραφούν από διαλυμένη οργανική ουσία παρά μόνο από μικροοργανισμούς και βιολογικά υλικά. Τα πρωτόζωα που συναντώνται συνήθως είναι: *Vorticella*, *Opercularia*, *Epistylis*.

Τα *ροτιφερα* δεν έχουν συνήθως σημαντική αριθμητική παρουσία εκτός από τις περιπτώσεις όπου το μίγμα είναι πολύ καλά αερισμένο και οι συνθήκες ισορροπίας της βιομάζας είναι αρκετά σταθερές. Τα ροτιφερα τρέφονται από σχετικά μεγάλα συσσωματώματα οργανικής ύλης και τα βιοσυσσωματώματα της ενεργοποιημένης βιομάζας.

Η *οικολογία* στον βιολογικό αντιδραστήρα εξαρτάται από τις τροφικές σχέσεις του μικροβιακού συστήματος και τις αλληλεπιδράσεις των βιολογικών φαινομένων. Είναι γνωστό για παράδειγμα ότι το οργανικό φορτίο του απόνερου αποτελεί τον κύριο τροφικό παράγοντα της βιομάζας. Με την ενέργεια που παρέχει στον αντιδραστήρα και με την παροχή οξυγόνου παράγεται νέα βιομάζα. Επομένως η χημική σύσταση του οργανικού φορτίου είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει την οικολογική ισορροπία του αντιδραστήρα και καθορίζει πολλές φορές την υπέρμετρη ανάπτυξη κάποιων βακτηριδίων σε βάρος άλλων. Για παράδειγμα η υψηλή συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου (DO) όταν είναι χαμηλή η συγκέντρωση της οργανικής ύλης ευνοεί την ανάπτυξη των *Nitrosomonas* και *Nitrobacter*.

Γ.4.2.1.β. Ενεργοποιημένη βιομάζα (βιοσυσσωματώματα)

Ο χαρακτηρισμός της *ενεργοποιημένης βιομάζας* δίνεται ακριβώς για να διαφοροποιηθεί απ'τη βιομάζα, που νοείται σαν σύνολο μικροοργανισμών. Η διαφοροποίηση έγκειται στο ότι η ενεργοποιημένη βιομάζα αποτελείται από *βιοσυσσωματώματα* οργανικών ουσιών (σε κολλοειδές διάλυμα) και ζωντανών μικροοργανισμών με κύριο συντελεστή τα βακτήρια.

Τα βιοσυσσωματώματα παρουσιάζονται σαν ένα κολλώδες σύμπλεγμα μεγάλους μερικών χιλιοστών. Τα χαρακτηριστικά τους μεταβάλλονται ανάλογα με τη χημική τους σύσταση, τη

βιολογική τους δραστηριότητα, την χημική σύσταση του αεριζόμενου μίγματος κλπ. Γι' αυτό ο ποσοτικός τους προσδιορισμός γίνεται έμμεσα με *δείκτες* (απορρόφωνα στερεά και εξατμιζόμενα στερεά που παράγονται κατά την ανοργανοποίηση) οι οποίοι δίνουν προσεγγιστικές ενδείξεις.

Ο μηχανισμός σχηματισμού των βιοσυσσωματωμάτων γίνεται αντιληπτός αν αεριστεί για μερικές μέρες ένα οργανικό υπόστρωμα (λύμα) που περιέχει βακτήρια. Η *βιοσυσσωμάτωση* είναι αποτέλεσμα φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών που προξενεί η παρουσία οργανικών και ανόργανων κολλοειδών, η ύπαρξη συγκεκριμένου πεδίου pH, οι συγκεντρώσεις αλάτων, το ενεργειακό δυναμικό του συστήματος και η μάζα των ενεργών και αδρανών μικροοργανισμών που περιέχονται στον βιολογικό αντιδραστήρα.

Γ.4.2.1.γ. Αναπνοή της βιομάζας

Η κατανάλωση του διαλυμένου στο υγρό οξυγόνου (*DO*) οφείλεται στην *αναπνοή της βιομάζας*. Στην αναπνοή διακρίνουμε δύο διαφορετικές συνθήκες:

- i) Μια έντονη αναπνοή (*ενεργός*) που είναι ανάλογη με την μικροβιακή αύξηση
- ii) Μια λιγότερο εμφανή αναπνοή (*ενδογενής*) που είναι ανεξάρτητη από την μικροβιακή αύξηση και καλύπτει τις ανάγκες του βασικού μεταβολισμού των κυττάρων

Η σχέση της ενεργού προς την ενδογενή αναπνοή εξαρτάται από τις συνθήκες της *φυσιολογίας της βιομάζας* και ιδιαίτερα από την ηλικία της, τη διαθεσιμότητα υποστρώματος προς κατανάλωση και την συγκέντρωση των μικροοργανισμών. Όταν υπερέχει η ενεργός αναπνευστική δραστηριότητα, τότε έχουμε έντονη αύξηση των βακτηριδίων και η ταχύτητα της ενδογενούς αναπνοής θεωρείται αμελητέα.

Ανάθετα η υπεροχή της ενδογενούς αναπνοής, παρ'όλο που ο κυτταρικός καταβολισμός (ενδογενής) δεν αυξάνει σε απόλυτες τιμές, συνεπάγεται μια διαρκώς αυξανόμενη επίδραση της ενδογενούς αναπνοής στη συνολική διαδικασία, μέχρι να καταστεί ο μοναδικός τρόπος αναπνοής. Οι μικροοργανισμοί οδηγούνται στην ενδογενή αναπνοή από έλλειψη υποστρώματος, οπότε αρχίζει να εμφανίζεται μείωση της βιομάζας και βιοσυσσωματωμάτων από αυτοοξειδωση και αυτόλυση μέρους των κυττάρων και της αδρανούς ύλης.

Γ.4.2.1.δ. Παραγωγή βιομάζας

Η *παραγωγή της βιομάζας* εξαρτάται από τη σύσταση της οργανικής ύλης που τροφοδοτεί τον αντιδραστήρα και αποτελεί το υπόστρωμα της βιολογικής ανάπτυξης των κυττάρων που σχηματίζουν την βιομάζα. Η περίσσεια των *λιπιδίων, σακχάρων* και *λευκομάτων* διαμορφώνει το ποσοστό μετατροπής της οργανικής ύλης σε πρωτοπλασματικό υλικό. Η περιεκτικότητα των ιχνοστοιχείων, του N, του P κ.α. μπορεί να επιβραδύνει την κυτταρική ανάπτυξη από έλλειψη τροφικών στοιχείων.

Ο *αναβολισμός* εκφράζεται ως η μάζα του υποστρώματος που μετατράπηκε σε κύτταρα (μικροβιακή ανάπτυξη), ενώ ο *καταβολισμός* ως η μάζα του υποστρώματος που μετατράπηκε σε ενεργοποιημένη βιομάζα, δηλαδή σε βιοσυσσωματώματα. Η σχέση της συγκέντρωσης του υποστρώματος προς τη συγκέντρωση των μικροοργανισμών επηρεάζει τη

σχέση αναβολισμού – καταβολισμού, μεταθέτοντας την μία ή την άλλη από τις μεταβολικές διαδικασίες.

Ισχύει: **Μικροβιακή ανάπτυξη = $\Delta x / \Delta s$**
Αύξηση της βιομάζας = $\Delta ss / \Delta s$

όπου Δx = βακτηριακή συγκέντρωση
 Δs = συγκέντρωση του υποστρώματος
 Δss = συγκέντρωση των αιωρούμενων στερεών

Σε υψηλές φορτίσεις των μικροοργανισμών με υπόστρωμα παρατηρείται ότι η μείωση της βιομάζας είναι απειροελάχιστη ως προς την αύξηση των βακτηρίων. Το ίδιο ισχύει και για την κατανάλωση οξυγόνου. Αντίθετα, όταν η φόρτιση των μικροοργανισμών με υπόστρωμα είναι χαμηλή με αποτέλεσμα μικρή παραγωγή βιομάζας, κυριαρχεί το φαινόμενο της ενδογενούς αναπνοής και μειώνονται σημαντικά τα διαφεύγοντα στην έξοδο βιολογικά στερεά κι έτσι η απορρύπανση είναι πιο αποδοτική.

Η ικανότητα βιοαποικοδομησιμότητας της οργανικής ύλης, η παρουσία αιωρούμενων ή κολλοειδών στερεών μπορούν να αυξήσουν την παραγωγή ιζημάτων (λάσπες) ως προς τα βιολογικά ενεργά σωματίδια.

Γ.4.2.1.ε. Βιολογική προσρόφιση – Μηχανισμός κατανάλωσης οργανικού φορτίου

Η **βιολογική προσρόφιση** είναι ο μηχανισμός που φέρει τις διαλυμένες στο υγρό μέσο οργανικές ουσίες στην επιφάνεια των συσσωματωμάτων. Ο ακριβής μηχανισμός ελξης δεν είναι πλήρως διευκρινισμένος. Αγνοούμε αν οφείλεται στις κυτταρικές μεμβράνες ή στην υαλώδη εξωκυτταρική ουσία.

Η αλληλουχία των φαινομένων που επιτρέπουν την κατανάλωση του οργανικού φορτίου από την ενεργοποιημένη βιομάζα μπορεί να παρασταθεί σχηματικά ως εξής:

Ο Φάση φυσικο-χημικο-βιολογικών διεργασιών

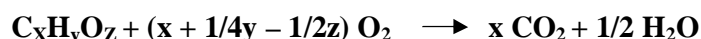
Στη φάση αυτή έρχεται σε επαφή το λύμα, που αποτελεί το τροφικό υπόστρωμα με τη βιομάζα και συντελούνται οι διεργασίες της **βιοπροσρόφισης** και της **βιοσυσσωμάτωσης**.

Ο Φάση της εξωκυτταρικής λύσης του υποστρώματος από τα υδρολυτικά ένζυμα που εκκρίνονται στο περιβάλλον από τα βακτήρια

Επιτυγχάνεται **απλοποίηση των πολυμερών** και **σχάση** των μεγάλων μορίων σε μικρότερα, ώστε τα μικρά μόρια να μπορούν να γίνουν αντικείμενο βιοπροσρόφισης και στη συνέχεια να μεταβολιστούν στο εσωτερικό του κυττάρου.

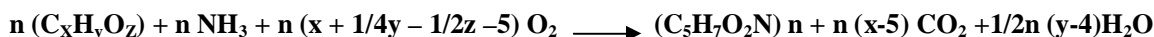
Ο Φάση αερόβιας οξείδωσης

Με την εσωκυτταρική αναπνοή γίνεται χρήση της οργανικής, διαλυμένης και βιοαποικοδομήσιμης ύλης με παραγωγή νερού και διοξειδίου του άνθρακα ως καταβολιτών. Επειδή η οργανική ύλη αποτελείται κυρίως από άνθρακα, οξυγόνο και υδρογόνο, **σχηματικά η αερόβια οξείδωση είναι:**



Ο Φάση σύνθεσης νέων κυττάρων και έντονης αύξησης του πρωτοπλάσματος

Η φάση αυτή γίνεται ταυτόχρονα με την οξείδωση και είναι στενά συνδεδεμένη ενεργειακά με την προηγούμενη φάση της αερόβιας οξείδωσης. Αν θεωρήσουμε ότι ο εμπειρικός τύπος ενός βακτηριδίου είναι $C_5H_7O_2N$, η στοιχειομετρική σχέση που προκύπτει στις φάσεις οξείδωσης είναι:



Ο Φάση οξείδωσης του αδρανούς και κυτταρικού οργανικού υλικού

Εμφανίζεται όταν μειωθεί η δυνατότητα του διαθέσιμου υποστρώματος στο υδατώδες διάλυμα να παρέχει ενέργεια από οξείδωση. Τότε αρχίζει η κατανάλωση των ενεργειακών αποθεμάτων του κυττάρου, δηλαδή το κύτταρο αυτοανολώνεται. Το φαινόμενο ονομάζεται ενδογενής αναπνοή. Για τα κύτταρα ισχύει η παρακάτω στοιχειομετρική εξίσωση:



Έχει αποδειχτεί πειραματικά ότι η *υψηλή συγκέντρωση οργανικών ουσιών* (τροφοδοσία με μεγάλη συγκέντρωση οργανικών) παρ'όλο που προκαλεί την έντονη ανάπτυξη του μικροβιακού πληθυσμού και επομένως την αύξηση της ταχύτητας απορρύπανσης, δεν ευνοεί τη δημιουργία βιολογικών συσσωματωμάτων (γίνεται δύσκολη η ικανότητα διαχωρισμού των καθαρών υγρών) και ο μικροβιακός πληθυσμός δεν παρουσιάζει ικανοποιητικά χαρακτηριστικά καθιζηματιότητας. Αντίθετα όταν η μάζα του πληθυσμού των μικροβίων φτάσει μέχρι τη φάση της *αυτοκαταπόλυσης* (ενδογενής αναπνοή), οι μεταβολικές δραστηριότητες είναι λιγότερο έντονες (μικρότερη ταχύτητα απορρύπανσης) και η συγκέντρωση των βακτηρίων συγκριτικά κατώτερη. Στην περίπτωση όμως αυτή παράγονται πιο μεγάλα και πιο συμπυκνή συσσωματώματα με καλύτερα χαρακτηριστικά καθιζηματιότητας και με συνολικό αποτέλεσμα την καλύτερη απόδοση του καθαρισμού.

Παρουσιάζεται επομένως ένα σημαντικό δίλημμα για την επιλογή της τροφοδοσίας, το οποίο καλείται να αντιμετωπίσει ο μελετητής. Μπορεί να επαυθεί με την χρησιμοποίηση σειράς αντιδραστήρων με διαφορετικά χαρακτηριστικά λειτουργίας και απόδοσης. Το συνολικό αποτέλεσμα είναι η *δική εκμετάλλευση* και της *γρήγορης και ταχύτητας των οργανικών ουσιών* και της *καλής ικανότητας συσσωματώσεως*, άρα του εύκολου διαχωρισμού των καθαρών.

Από μελέτες έχει προκύψει ότι τα απλά οργανικά υποστρώματα που βρίσκονται σε υδατώδες διάλυμα καταναλώνονται μόλις έρθουν σε επαφή με σταθεροποιημένα βιολογικά συσσωματώματα. Όταν η σχέση του υποστρώματος προς τους μικροοργανισμούς παραμένει χαμηλή, η βιομάζα διατηρεί την ικανότητά της να προσροφά τις διαλυμένες οργανικές ουσίες. Η ικανότητα αυτή σταματάει αν αυξηθεί το οργανικό φορτίο πέρα από κάποιο όριο.

Γ.4.2.1.στ. Απόδοση κατανάλωσης

Οι σχηματικές αντιδράσεις παρουσιάζουν έναν θεωρητικό κύκλο στον οποίο η κατανάλωση της οργανικής ύλης στο υδατώδες διάλυμα γίνεται κατά 100%. Στην πραγματικότητα για *τεχνικούς* και *βιολογικούς* λόγους η κατανάλωση σπάνια ξεπερνάει το 95%.

Οι τεχνικοί λόγοι αφορούν την απαίτηση για μεγάλες εγκαταστάσεις με υψηλό κόστος λειτουργίας προκειμένου να αυξηθεί η κατανάλωση του υποστρώματος πέρα από κάποια όρια. Οι βιολογικοί συνίστανται στην ύπαρξη ουσιών που βιοαποικοδομούνται με πολύ μικρή ταχύτητα και δεν συμμετέχουν πρακτικά στην βακτηριακή μεταβολική διαδικασία.

Επίσης στο μίγμα που βγαίνει από τον βιολογικό αντιδραστήρα μπορεί να συνυπάρχουν μικρές ποσότητες καταρικών καταβολιτών, βακτήρια και σωματίδια σε λεπτότατη διασπορά που δεν μπορούν να κατακρατηθούν στην επόμενη φάση της διαύγασης, όποτε η απόδοση του συστήματος αντιδραστήρας – διαυγαστήρας είναι μικρότερη από την αναμενόμενη.

Στην έξοδο του βιολογικού αντιδραστήρα δεν καταφέρνουμε να έχουμε υγρά πλήρως απολλαγμένα οργανικής ύλης, ούτε πλήρη ανοργανοποίηση του υποστρώματος που απομακρύνθηκε. Το υπολειπόμενο οργανικό φορτίο οφείλεται εν μέρει στη διακλυμένη ουσία και εν μέρει στα βιολογικά σωματίδια που συμπαρασύρονται στην έξοδο. Απαιτείται επομένως παραπέρα επεξεργασία για ολική απομάκρυνση και ανοργανοποίηση του υποστρώματος.

Γ.4.2.1.ζ. Φόρτιση βιομάζας και πλεόνασμά της

Η επιλογή του συντελεστή φόρτισης της βιομάζας F_C είναι η βασική επιλογή που πρέπει να γίνει για τον σχεδιασμό ενός βιολογικού αντιδραστήρα που λειτουργεί με *πιμπιταρισμένο αερισμό ενεργοποιημένης βιομάζας*.

Η επιλογή αυτή καθορίζεται από τον επιθυμητό βαθμό απομάκρυνσης BOD στη φάση της επεξεργασίας του απόνευρου στον αντιδραστήρα, από την ποσότητα και την ποιότητα του πλεονάσματος της βιομάζας που θα δώσει το σύστημα προς παραπέρα επεξεργασία ή τελική διάθεση καθώς και από την θερμοκρασία του απόνευρου στην διάρκεια του χρόνου.

Η επιλογή του συντελεστή F_C με τη σειρά της θα επηρεάσει τη διαστασιολόγηση της εγκατάστασης καθώς και την κατανάλωση ενέργειας και το κόστος λειτουργίας της μονάδας.

- Ø Για τιμές $F_C = 0.03 - 0.04 \text{ Kg BOD/ Kg MLSS.d}$ το πλεόνασμα βιομάζας είναι σταθεροποιημένο και μπορεί να διατεθεί κατ'ευθείαν για ξήρανση χωρίς να δημιουργήσει προβλήματα οσμών
- Ø Για τιμές $F_C = 0.04 - 0.07$, το πλεόνασμα είναι σταθεροποιημένο εφόσον η θερμοκρασία στον αντιδραστήρα δεν πέφτει κάτω από τους 10°C .
- Ø Για τιμές του F_C μεγαλύτερες του 0.07 δεν υπάρχει σταθεροποίηση οπότε υπάρχουν προβλήματα παραπέρα επεξεργασίας του πλεονάσματος πριν την τελική διάθεση.

Γ.4.2.2. ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ

Γ.4.2.2.α. Αρχή λειτουργίας βιολογικού αντιδραστήρα

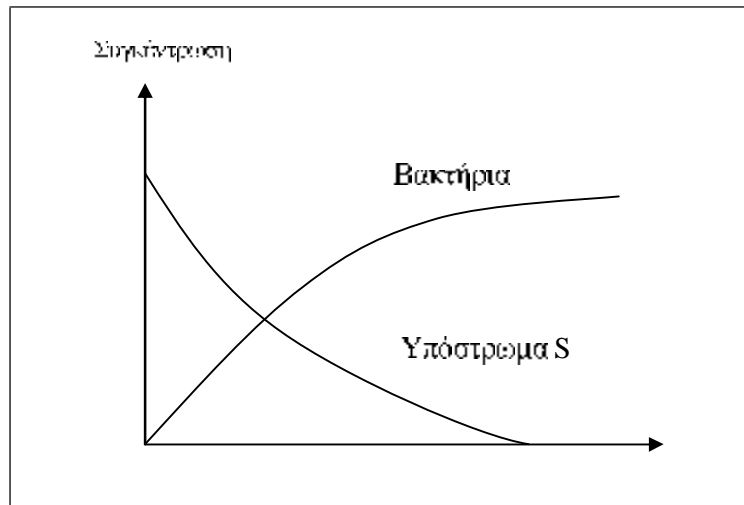
Ο *βιολογικός αντιδραστήρας* ή *σύστημα ενεργοποιημένης βιομάζας* είναι ο τεχνητός υδρότοπος όπου εξελίσσονται οι βιολογικές διαδικασίες απορρύπανσης. Το απόνερο καταλήγει στον βιολογικό αντιδραστήρα αφού περάσει από τα έργα εισόδου (εσχαρισμό, άντληση, αμμοσυλλογή, λυοσυλλογή) και τις δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης και υποστεί την πρωτογενή επεξεργασία.

Στον αντιδραστήρα το απόνερο έρχεται σε επαφή με μεγάλη συγκέντρωση προσαρμοσμένων μικροοργανισμών που συναντώνται σε μορφή βιολογικών συσσωματωμάτων (*ενεργοποιημένη βιομάζα*). Η συγκέντρωση των μικροοργανισμών εκφράζεται ως συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών στο αεριζόμενο μίγμα και κυμαίνεται συνήθως από 3 – 9 Kg SS /m³. Κύριος πληθυσμιακός συντελεστής είναι τα *βακτήρια*. Το ρυπαντικό φορτίο με την επίδραση πολύπλοκων μηχανισμών *προσρόφησης* και *βιολογικής συσσωμάτωσης*, προσκολλάται στα βιοσυσσωματώματα και κατά μεγάλο ποσοστό *μεταβολίζεται* σ' αυτήν. Έτσι επιτυγχάνεται η *αποσταθεροποίηση* των κολλοειδών, η *κροκκίδωση* των αιωρούμενων και η *αποικοδόμηση* των οργανικών ουσιών. Στην έξοδο του αντιδραστήρα έχουμε *διαφανικό μίγμα* νερού και συσσωματωμάτων βιομάζας.

Το μίγμα μετά τον αντιδραστήρα οδηγείται σε *διαχωριστήρα* όπου η βιομάζα, λόγω της μεγαλύτερης πυκνότητας από το νερό, διαχωρίζεται. Το καθαρό νερό απολαμβάνεται και επανεντάσσεται στο περιβάλλον. Η διαχωρισμένη βιομάζα επαναφέρεται στον βιολογικό αντιδραστήρα για να διατηρηθεί η σχέση ισορροπίας *μυλιαστικού φορτίου/απόνευρου F* προς τη *βιομάζα M* (*σχέση F/M*) και για να γίνει αντικείμενο παραπέρα αποικοδόμησης. Ο *βαθμός αποικοδόμησης της βιομάζας* που έχει επιτευχθεί στον αντιδραστήρα ή οι ειδικές απαιτήσεις του συνολικότερου συστήματος επεξεργασίας καθορίζουν αν η βιομάζα θα υποστεί παραπέρα επεξεργασία ή αν θα δοθεί κατευθείαν στην τελική διάθεση. Η περίσσεια της βιομάζας που δημιουργείται συνεχώς, δηλαδή η ποσότητα των μικροοργανισμών που υπερβαίνει την καθορισθείσα σχέση ισορροπίας ρυπαντικού φορτίου προς τη βιομάζα απομακρύνεται από το σύστημα ως *πλεόνασμα λάσπης*.

Γ.4.2.2.β. Τύποι Βιολογικών Αντιδραστήρων

Εν γένει ισχύει ότι η κατανάλωση του υποστρώματος σ' έναν βιολογικό αντιδραστήρα είναι συνάρτηση της αύξησης των μικροοργανισμών (*Σχήμα 2.5.*).



Σχήμα 2.5. – Κατανάλωση υποστρώματος στον βιολογικό αντιδραστήρα

Οι αντιδραστήρες είναι *συνεχούς ή διακεκομμένης τροφοδότησης*. Λειτουργούν σύμφωνα με το μαθηματικό πρότυπο των συνεχών *αερόβιων* καλλιέργειών σε *συνθήκες ολικής ή μερικής ανάμιξης*. Το αερόβιο περιβάλλον στην βιολογική καλλιέργεια εξασφαλίζεται με *διατάξεις πρόσδοσης αέρα ή οξυγόνου*, οι οποίες εξασφαλίζουν και την ολική ή μερική ανάμιξη του αερισμένου μίγματος. Η πιο συγκεκριμένα:

∅ **Αντιδραστήρες διακεκομμένης τροφοδότησης (Batch)**

Τροφοδοτούνται εφάπαξ με υπόστρωμα (απόνευρο) και γίνεται *πλήρης ανάμιξη* της βιομάζας με το υπόστρωμα. Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής του απόνευρου στον αντιδραστήρα είναι ίσος τόσο με τον χρόνο αντίδρασης, όσο και με τον χρόνο παραμονής κάθε σωματίου. Δόγω της πλήρους ανάμιξης η ταχύτητα της αντίδρασης εξαρτάται από τον χρόνο και όχι από τον χώρο.

∅ **Αντιδραστήρες συνεχούς τροφοδότησης**

Σ' αυτούς υπάρχει μια συνεχής τροφοδότηση με υπόστρωμα και επομένως μια έξοδος εξαντλημένου υποστρώματος και μικροβιακών κυττάρων. Ανάλογα με την ανάμιξη που εξασφαλίζουν διακρίνονται σε:

i) **Πλήρης ανάμιξης**

Η πλήρης ανάμιξη εξασφαλίζει σταθερή συγκέντρωση του υποστρώματος κάθε στιγμή και σε κάθε σημείο του αντιδραστήρα, ανεξάρτητα από τον χώρο και τον πραγματικό χρόνο παραμονής. Από τα σωματίδια του υποστρώματος (υγρά ή στερεά), άλλα παραμένουν περισσότερο και άλλα λιγότερο χρόνο από τον υδραυλικό χρόνο παραμονής.

ii) **Χωρίς ανάμιξη (plug-flow)**

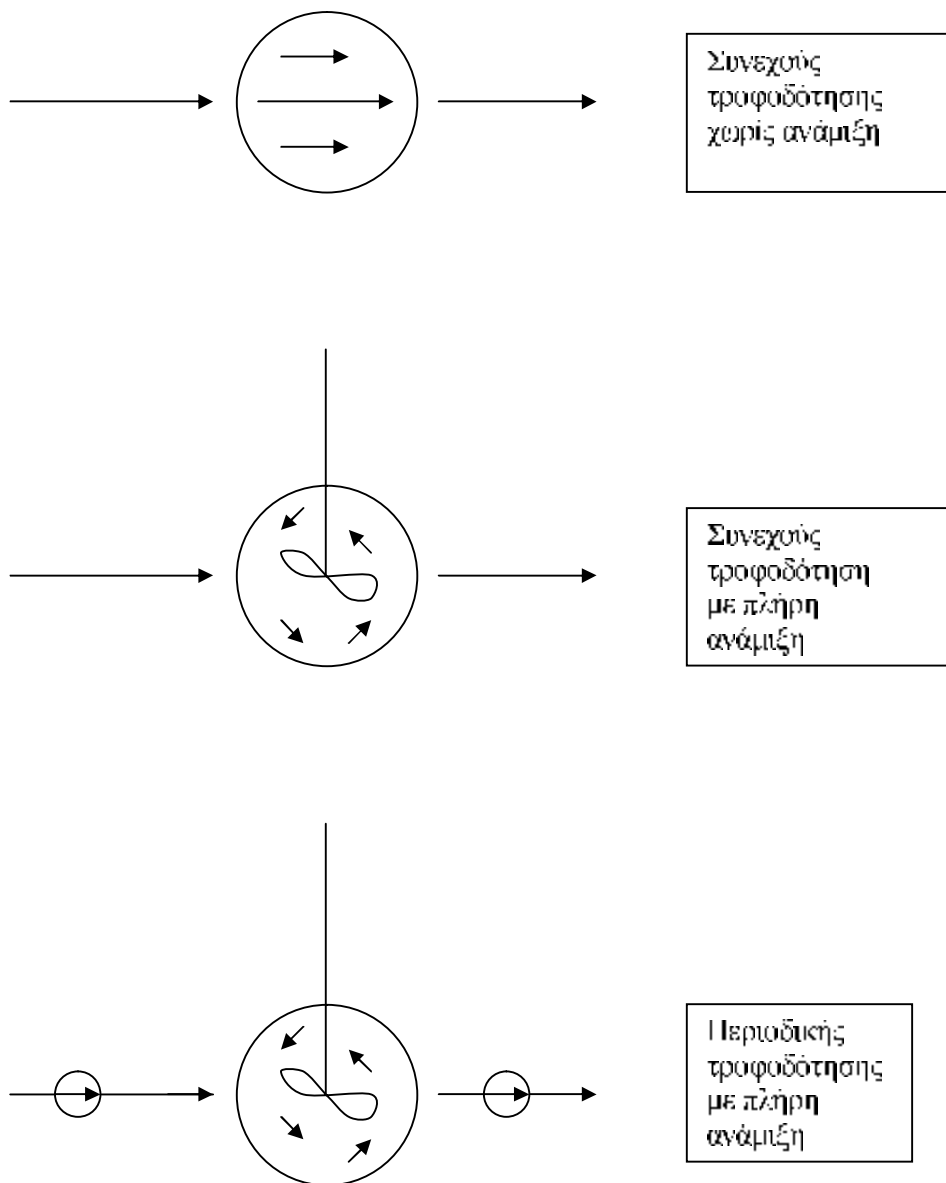
Εδώ υπάρχει συνεχής μεταβολή της συγκέντρωσης του υποστρώματος και της βιομάζας στον χώρο και κατά συνέπεια στον χρόνο. Αν θεωρήσουμε ότι το υπόστρωμα

ακολουθεί πάντα την ίδια πορεία κατά μήκος του αντιδραστήρα χωρίς πλευρικές μίξεις, ο θεωρητικός χρόνος της υδραυλικής παραμονής του είναι ίσος με το χρόνο διάβασης. Η συγκέντρωση του υποστρώματος είναι συνάρτηση του χρόνου και της διαδρομής.

Οι περιπτώσεις αυτές αναφέρονται για λειτουργία αντιδραστήρα σε *ιδανικές συνθήκες*. Στην πράξη υπάρχουν πολλές απώλειες και αποκλίσεις από τα θεωρητικά μοντέλα λειτουργίας που οφείλονται στην *έλλειψη πλήρους ανάμιξης* και επομένως στην ανομοιογένεια των αντιδράσεων σε διάφορα σημεία του αντιδραστήρα, σε *πλευρικές αναμίξεις από περιδίνηση*, σε *εκλεκτικές διαδρομές* του υλικού που οφείλονται στη *γεωμετρία* του αντιδραστήρα κλπ.

Στο **Σχήμα 2.6.** εικονίζονται οι διάφοροι τύποι των βιολογικών αντιδραστήρων.

ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΩΝ



Σχήμα 2.6. – Τύποι βιολογικών αντιδραστήρων

Γ.4.2.3. ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΦΙΛΤΡΑ

Τα *βιολογικά φίλτρα* αποτελούν έναν βιολογικό αντιδραστήρα *συνεχούς τροφοδότησης χωρίς ανάμειξη* με τον οποίο είναι δυνατόν να απομακρυνθεί το οργανικό φορτίο των αποβλήτων κατά ένα ποσοστό μεγαλύτερο του 90%. Ο αντιδραστήρας αυτός βασίζεται στην *προσρόφηση, επιρρόφηση και μεταβολισμό* του ρυπαντικού φορτίου από *μικροβιακούς* πληθυσμούς που αναπτύσσονται προσκολλημένοι σε *αδρανή υλικά* (πέτρες, κοκ κλπ.). Οι πληθυσμοί αυτοί καλύπτουν όλη την ελεύθερη επιφάνεια του υλικού πλήρωσης του βιολογικού φίλτρου, σαν γλίτσα καφέ χρώματος (πηκτώδεις και κολλοειδείς οργανικές ενώσεις και μικροβιακοί πληθυσμοί) σε μια στοιβάδα πάχους 1 - 3 mm. Κυρίαρχος πληθυσμιακός συντελεστής είναι τα *σαπροφυτικά στερόφιτρα αερόβια ή επιαεροτριζόντα βακτήρια*. Τα αδρανή υλικά προσφέρουν μεγάλες επιφάνειες για την ανάπτυξη της βιομάζας και η διάταξη τους αφήνει κενά στα οποία κυκλοφορεί ελεύθερα ο ατμοσφαιρικός αέρας.

Η *βιομάζα* που αναπτύσσεται στο υλικό πλήρωσης (αδρανή υλικά) διαβρέχεται από το απόνερο (το οποίο έχει ήδη υλοστεί μια πρώτη καθίζηση) *με καταυνισμό* σε σταγόνες. Για τον καταυνισμό μπορούν να χρησιμοποιηθούν *κινούμενοι βραχίονες* που φέρουν πλευρικές οπές. Οι βραχίονες αυτοί κατά την *περιστροφή* τους διαβρέχουν περιοδικά την επιφάνεια του αντιδραστήρα. Η κίνησή τους εξασφαλίζεται από την εκροή των υγρών από τις πλευρικές οπές ή από ηλεκτρομειωτήρα. Περιστρέφονται σ'έναν κάθετο άξονα που τοποθετείται στο κέντρο του αντιδραστήρα. Αν οι φυσικές κλίσεις του εδάφους δεν επαρκούν την ροή του απόνερου, παρεμβάλλεται *αντλιοστάσιο ανύψωσης* με διαφορά στάθμης 1 – 2 m από την πρωτογενή καθίζηση προς τον αντιδραστήρα.

Η *οξυγόνωση της βιομάζας* γίνεται με τη διάλυση του ατμοσφαιρικού οξυγόνου που υπάρχει στα σταγονίδια του απόνερου και με *κυκλοφορία ρεωμάτων αέρα* μέσα στη διάταξη. Στο κάτω μέρος του βιολογικού φίλτρου ο *πιθμένος* είναι διαμορφωμένος με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται η αποστράγγιση των υγρών και η διέλευση του αέρα. Τα ρεύματα αέρα δημιουργούνται από τη διαφορά θερμοκρασίας του περιβάλλοντος και του βιολογικού φίλτρου, η θερμοκρασία του οποίου καθορίζεται από την θερμοκρασία του απόνερου. Η φορά των ρευμάτων είναι συνήθως κατακόρυφη ενώ η διεύθυνσή τους εξαρτάται από το πιο σώμα είναι πιο θερμό: το περιβάλλον του φίλτρου ή ο αέρας.

Η *βιολογική διάθλιξη*, δηλαδή η απαλλαγή των απόνερων από το οργανικό τους φορτίο κατά τη διέλευσή τους από τα βιολογικά φίλτρα γίνεται με δύο μηχανισμούς στενά συνδεδεμένους μεταξύ τους. Ο πρώτος είναι η *προσρόφηση των ρυπαντών* από την εξωτερική στοιβάδα της βιομάζας σε επαφή με τον αέρα και ο *μεταβολισμός των ρυπαντών* από τους *αερόβιους* μικροβιακούς πληθυσμούς. Ο πληθυσμός της βιομάζας αυξάνει με μεταβολικές διεργασίες και κατά συνέπεια αυξάνει και το πάχος της στοιβάδας που καλύπτει τα αδρανή υλικά πλήρωσης του βιολογικού φίλτρου.

Η αύξηση όμως του πάχους της στοιβάδας πέρα από κάποιο όριο εμποδίζει το οξυγόνο να φτάσει στους πληθυσμούς της εσωτερικής στοιβάδας. Εκεί λοιπόν αναπτύσσονται *αναερόβιοι οργανισμοί* που καταναλώνουν την βιομάζα και τις οργανικές ενώσεις που έχουν προσροφηθεί σπ' αυτήν. Αυτός είναι ο δεύτερος μηχανισμός απορρύπανσης που εξασφαλίζει την λειτουργία του βιολογικού φίλτρου, γιατί όταν καταναλωθεί το οργανικό υπόστρωμα, η βιομάζα δεν μπορεί να παραμείνει προσκολλημένη στο αδρανές υλικό, οπότε αποκολλάται και συμπαρασύρεται από τη ροή του απόνερου. Βρίσκεται σε μορφή συσσωματωμάτων που στη συνέχεια διαχωρίζονται από τα καθαρά νερά στη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης. Η ελεύθερη επιφάνεια των αδρανών υλικών πλήρωσης που δημιουργείται από την απομάκρυνση των συσσωματωμάτων της βιομάζας καλύπτεται ξανά από βιομάζα και το φαινόμενο επαναλαμβάνεται κυκλικά.

Η *κατακάλωση των οργανικών ουσιών* από τη βιομάζα που αναπτύσσεται στα βιολογικά φίλτρα, παρουσιάζει διαφοροποιήσεις, όχι μόνο από το εξωτερικό προς το εσωτερικό της στριβιάδας της βιομάζας αλλά και από τη απόσταση ανάμεσα στο υλικό πλήρωσης (όπου προσκολλάται η βιομάζα) και την επιφάνεια καταποτισμού. Έτσι οι πιο έντονες μικροβιακές δραστηριότητες γίνονται στο πάνω μέρος του αναδραστήρα όπου πραγματοποιείται και το μεγαλύτερο μέρος της αποικοδόμησης των οργανικών ουσιών. Για το λόγο αυτό *η ποσοτική μείωση των BOD* στα ανώτερα στρώματα του βιολογικού φίλτρου και η γενικότερη δέσμευση των ρυπαντών σ'αυτά στήριζαν τις μαθηματικές εκφράσεις της ταχύτητας απορρύπανσης με το ύψος του φίλτρου. Στο κάτω μέρος του αναδραστήρα αναπτύσσονται νιτροδοποιά βακτήρια που οξειδώνουν την αμμωνία.

Η παρουσία *προτόζων, νηματοδέν και νημερέν εντόμων* είναι καθοριστική για την καλή λειτουργία των βιολογικών φίλτρων αφού αποτελούν ανώτερους καταναλωτές στην οικολογική ισορροπία τους. Οι δραστηριότητες όμως των προτόζων δεν είναι αρκετά διασαφημισμένες. Οι μύκητες και τα νηματοειδή βακτήρια εξαρτούν την παρουσία τους από τη σύσταση των απόνερων και αποτελούν το υπόστρωμα ανάπτυξης άλλων βακτηριδίων. Διευκολύνουν ακόμα την συγκράτηση αιωρούμενων σωματιδίων κατά τη διέλευσή τους από τη βιομάζα.

Το απόνερο μετά τη διέλευσή του από το βιολογικό φίλτρο αλλάζει χρώμα, οι σωματικοί ρυπαντές συγκρατούνται και *το οργανικό φορτίο μεταβολίζεται* με καταβολίτες, νιτρικά άλατα και διοξείδιο του άνθρακα. Τα παύσθονα μικρόβια μειώνονται σημαντικά και τα καθαρισμένα υγρά εμποδίζουν την ανάπτυξη σηπτικών φαινομένων. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η γρήγορη απορρύπανση των απόνερων.

Γ.4.2.4. ΑΙΜΝΕΣ

Οι μικροοργανισμοί καταναλώνουν τις οργανικές ουσίες κάτω από την παρουσία οξυγόνου (*αερόβιες συνθήκες*) ή την απουσία οξυγόνου (*αναερόβιες συνθήκες*) ή σε συνδυασμό των δύο αυτών συνθηκών. Το οξυγόνο προστίθεται με *διατάξεις αερισμού* που ονομάζονται *αεριζόμενες λίμνες* ή μέσα από τη φυσική διαδικασία της *φωτοσύνθεσης* με διατάξεις που ονομάζονται *λίμνες σταθεροποίησης*.

Γ.4.2.5. ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΔΙΣΚΟΙ

Οι μικροοργανισμοί βρίσκονται προσκολλημένοι πάνω σε *επίπεδες επιφάνειες* που ονομάζονται *δίσκοι* και οι οποίοι περιστρέφονται μέσα στη μάζα των αποβλήτων σε ειδικές δεξαμενές.

Δ. ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ - ΔΙΑΥΓΑΣΗ

Διαύγηση είναι ο διαχωρισμός των στερεών από την υγρή μάζα και *διαυγαστήρες* είναι οι διατάξεις που επιτρέπουν τον διαχωρισμό αυτό. Χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία των απονερών για τον *διαχωρισμό των αιωρημάτων* που υπήρχαν ή δημιουργήθηκαν από *βιολογική ή φυσικοχημική συσσωμάτωση* των διαλυμένων και κολλοειδών ρυπαντών. Στην πρώτη περίπτωση οι διαυγαστήρες χαρακτηρίζονται ως *πρωτογενείς* ενώ στην δεύτερη ως *δευτερογενείς* ή *τριτογενείς*.

Η διαύγηση μπορεί να γίνει με *καθίζηση, επίπλευση, φυγοκέντρωση, δαΐθηση* κλπ. Οι πιο απλοί διαυγαστήρες είναι οι *δεξαμενές καθίζησης*. Με την καθίζηση επιτυγχάνεται η κατακόρυφη κίνηση των σωματιδίων στο μέσο διασποράς και η συγκέντρωσή τους στον πυθμένα της δεξαμενής καθίζησης.

Η φάση των στερεών που αποτελούν το *αιώρημα* ταξινομεί την καθίζηση σε:

Ø *Καθίζηση διακεκριμένων σωματιδίων*

Είναι η περίπτωση που τα αιωρούμενα έχουν διακεκριμένη σωματιακή μορφή η οποία δεν μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της κίνησής τους σ'ένα υγρό με μικρότερη πυκνότητα. Η κίνηση σ'αυτήν την περίπτωση είναι επιταχυνόμενη λόγω *βαρύτητας*, μέχρι την απόκτηση μιας οριστικής ταχύτητας λόγω της επίδρασης της τριβής (*ομαλή κίνηση*).

Ø *Καθίζηση συσσωματωμένων σωματιδίων*

Τα σωματιακά συσσωματώματα καθιζάνουν με μια αυξανόμενη ταχύτητα που οφείλεται στην αύξηση του *βάρους* τους από συσσωμάτωση με άλλα σωματίδια που συναντούν στην διαδρομή τους.

Ø *Καθίζηση ζώνης*

Αφορά την καθίζηση της συσσωματωμένης ρύπανσης σε μορφή κροκιδών καθώς και ορισμένα χημικά αιωρήματα. Τα συσσωματώματα συγκολλούνται μεταξύ τους και παρατηρείται *καθίζηση μάζας*. Σχηματίζονται μ'αυτόν τον τρόπο δύο φάσεις (νερό – συσσωματώματα) με διακεκριμένη διαπεφάνεια.

Αν θέσουμε δείγμα που περιέχει συσσωματωμένη ρύπανση (π.χ. ενεργοποιημένη βιομάζα) σε σφαιρικό κύλινδρο, μετά από κάποιο χρόνο η διάγνωση παρουσιάζει τις παρακάτω ζώνες:

- Ø Η **πρώτη ζώνη** που βρίσκεται στο πάνω μέρος του κυλίνδρου αποτελείται από καθαρό νερό.
- Ø Μερικά σωματίδια που συνεχίζουν να παραμένουν στην πρώτη ζώνη καθίζάνουν σύμφωνα με το μηχανισμό των διακεκριμένων ή συσσωματωμένων σωματιδίων και αποτελούν την **ζώνη διακεκριμένων σωματιδίων**.
- Ø Ακολουθεί μια **ζώνη εμποδισμένης καθίζησης** που διακρίνεται από μια εμφανή διαπαράνεια στο σημείο επαφής. Ο μηχανισμός καθίζησης είναι συνάρτηση της συγκέντρωσης των αιωρούμενων στερεών.
- Ø Με την πάροδο του χρόνου, στον πυθμένα του κυλίνδρου (**ζώνη συμπύκνωσης**) δημιουργείται ένα πύκνωμα όπου τα σωματίδια είναι σε στενότερη επαφή μεταξύ τους (λάσπη). Η πύκνωση μειώνεται σταδιακά προς τα πάνω μέχρι να αποκτήσει την συγκέντρωση που επικρατεί στη ζώνη εμποδισμένης καθίζησης (**μεταβατική ζώνη**).

Σε περίπτωση που ο κύλινδρος αντικατασταθεί με **διωγαστήρα συνεχώς τροφοδοτούμενο** (δεξαμενή καθίζησης) μετά από κάποιο χρόνο αποκαθίσταται μια ισορροπία στο ύψος των διαφόρων ζωνών. Η ισορροπία αυτή παραμένει σταθερή.

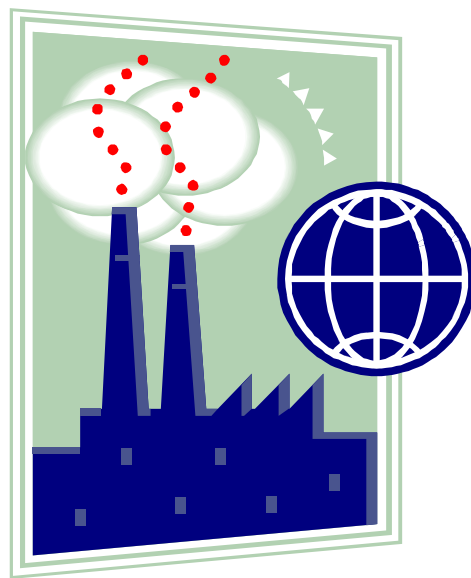
Ε. ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ

Σκοπός της *απολύμανσης* είναι η *καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών* των αποβλήτων ώστε να αποφεύγεται η μετάδοση ασθενειών μέσω του νερού του αποδέκτη. Είναι το τελευταίο στάδιο επεξεργασίας. Η απολύμανση γίνεται με *χρήση χημικών ουσιών* (χλώριο, όζον, βρόμιο, διοξείδιο του χλωρίου) ή με *φυσικά μέσα* (θερμότητα, ακτινοβολία).

ΣΤ. ΔΙΑΘΕΣΗ

Η *τελική διάθεση* των αποβλήτων μπορεί να γίνει σε κάποιον υδάτινο φορέα ή στο έδαφος (επιφανειακά ή υπεδάφια) και πέρα από την απλή *απόρριψή* τους στο περιβάλλον μπορεί να αποβλέπει και στην *επαναχρησιμοποίησή* τους.

ΕΝΟΤΗΤΑ - 3 -



**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΟΥ ΤΗΣ
*PETROLA***

3.1. ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΝΥΨΩΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (*LIFTING STATION*) ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Στο υπάρχον σύστημα είναι απαραίτητη η ανύψωση των αποβλήτων με τη βοήθεια *αντλιοστασίων* (*lifting station*), λόγω της διαφοράς στάθμης του εδάφους στο χώρο της εγκατάστασης.

Τα απόβλητα αντλούνται προς τη *δεξαμενή εξαισροποίησης παροχής* όπου επιτυγχάνεται η εξομάλυνση των διακυμάνσεων της παροχής τους και του ρυπαντικού τους φορτίου. Η σταθερή παροχή της ροής του απόνευρου και της σύστασης των αποβλήτων ουσιών που περιέχει είναι ένας σημαντικός παράγοντας που εξασφαλίζει την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη απόδοση του συστήματος.

3.2. ΕΛΑΙΟΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΡΕΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ Α.Ρ.Ι. (*AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE SEPARATORS*)

Στόχος της μονάδας είναι η απομάκρυνση του μεγαλύτερου ποσοστού των *αιωρούμενων στερεών* και των *ελεύθερων ελαίων* που υπάρχουν στο ρεύμα των απόνευρων. Η ποσότητα των ελαίων πρέπει να μειωθεί στο ελάχιστο δυνατό γιατί η παραμονή τους στο ρεύμα αποβλήτου μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα βακτηριδίων και μείωσης της απόδοσης στις μονάδες που έπονται (αμμόφιλτρα, βιολογικά φίλτρα).

Η επεξεργασία στους Α.Ρ.Ι. μελώνει τις αιωρούμενες ουσίες και τα μίγματα ελαιωδών σε σημαντικό επίπεδο. Αυτό διαπιστώνεται με την μέτρηση του pH των αποβλήτων μετά την συγκέντρωση και αρχική ανάμιξή τους στον διαχωριστήρα, το οποίο είναι περίπου ουδέτερο. Παρ' όλα αυτά τα απόνευρα μετά τον διαχωριστήρα περιέχουν ακόμα *ελαιώδη σε λεπτότατη διασπορά, στερεά και διαλυτικές ουσίες* που απομακρύνονται στις επόμενες φάσεις επεξεργασίας.

Ο ελαιοδιαχωριστήρας αποτελείται από την *κεφαλή* στην οποία συγκεντρώνεται το απόβλητο και από *τρεις λήμνες διαχωρισμού* στις οποίες διαχέεται. Στις λήμνες απομακρύνονται τα αιωρούμενα στερεά μέσω της βαρύτητας. Διαχωρίζονται δηλαδή με καταβύθιση, συγκεντρώνονται και παραλαμβάνονται στον πυθμένα των ληνών. Λόγω της διαφοράς πυκνότητας τα ελαιώδη επιπλέουν στην επιφάνεια του νερού και αποκομίζονται μέσω *συλλεκτών* που τα οδηγούν στους *σελήνες εξαισροισμού* (*skimmer pipes*). Οι συλλέκτες και οι σελήνες εξαισροισμού βρίσκονται στην είσοδο και στην έξοδο των ληνών. Από εκεί τα ελαιώδη περισυλλέγονται με τη βοήθεια *αντλίας ελαιωδών* σε ειδική *δεξαμενή* και απομακρύνονται οριστικά από τη γραμμή επεξεργασίας απόβλητου.

Είναι αναγκαίο να εξασφαλίζεται η *ήπια λειτουργία* του συστήματος Α.Ρ.Ι. για να ευνοείται όλη η διαδικασία της βιολογικής απορρύπανσης. Αν για παράδειγμα υπάρχει μεγάλη ροή και μεγάλο στρώμα ελαιωδών το φιλτράρισμα στον διαχωριστήρα δεν είναι αποδοτικό. Για το λόγο αυτό πρέπει να αποφεύγονται οι απότομες διακυμάνσεις στην σύσταση του αποβλήτου και στην ογκομετρική του παροχή στην είσοδο του διαχωριστήρα (πράγμα που εξασφαλίζεται από τη δεξαμενή εξαισροποίησης παροχής). Επίσης πρέπει να υπάρχει η καλύτερη δυνατή κατανομή *επιφανειακού φορτίου* (επιφανειακό φορτίο: παροχή αποβλήτων/επιφάνεια διαχωρισμού).

Τέλος, οι *στατικές συνθήκες* σε σημεία του διαχωριστήρα είναι πιθανό να οδηγήσουν σε αύξηση των βακτηριδίων. Το γεγονός αυτό προκαλεί μείωση της απόδοσης του διαχωριστήρα, αφ' ενός γιατί τα

βακτηρίδια παρεμποδίζουν την συνένωση των σταγονιδίων των ελαιωδών, αλτέρου γιατί σταθεροποιούν τις «πέτσες» των ήδη σχηματισμένων ελαιοσταγονιδίων δημιουργώντας προβλήματα στους συλλέκτες.

3.3. ΔΙΑΦΡΑΓΜΑ ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΝΕΡΟΥ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ

Η ροή από τους διαχωριστήρες διοχετεύεται μέσω *διαφράγματος υπερχειλίσης* (καταρράκτης) στην *δεξαμενή νερού τροφοδοσίας*. Η δεξαμενή νερού τροφοδοσίας είναι ο χώρος που εξισορροπείται η ροή του επόμενου και ταυτόχρονα αποτελεί τον χώρο άντλησης του προς τις επόμενες μονάδες επεξεργασίας. Η άντληση γίνεται με *σύστημα τριών αντλιών*. Η δεξαμενή φέρει *διαχωριστικό τοίχιο* με διάφραγμα υπερχειλίσης προς το διαμέρισμα της κάτω ροής (*downstream*) ώστε σε περίπτωση βλάβης των αντλιών να μην έχουμε υπερχειλίση της δεξαμενής από τα πλάγια.

3.4. ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΙΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ

Οι *αντλίες* μεταφέρουν το νερό τροφοδοσίας από τη *δεξαμενή τροφοδοσίας* προς το συγκρότημα των *τεσσάρων φίλτρων άμμου*. Οι αντλίες είναι κάλυπτες, κεντρόφυγες, βυθιζόμενες και βρίσκονται εγκατεστημένες σε μια πλατφόρμα της δεξαμενής του νερού τροφοδοσίας. Η κάθε αντλία είναι σχεδιασμένη να στέλνει $330 \text{ m}^3 / \text{hr}$ νερού σε υψόμετρο 51.5 m . Οι αντλίες προωθούν σε σειρά το μερικώς επεξεργασμένο απόβλητο της δεξαμενής τροφοδοσίας. Η ροή ρυθμίζεται από *βαλβίδα φώτρισματος* η οποία συνδέεται με *δάγκες βάνες έλεγχου*, προσαρμοσμένες στην κοινή έξοδο των φίλτρων. Ο έλεγχος των βανών επιτυγχάνεται με *σήματα* που δίνονται από τον *ρυθμιστή στάθμης της επιφάνειας* στη δεξαμενή τροφοδοσίας. Είναι προφανές λοιπόν ότι ο αριθμός των αντλιών που λειτουργούν και η συνολική ροή εξόδου καθορίζεται από την εισερχόμενη ροή.

3.5. ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ ΠΟΛΥΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΗ

Το σύστημα είναι σχεδιασμένο για να εισάγει ποσότητα *πολυηλεκτρολύτη* στην ολική ροή προς τα φίλτρα άμμου. Ο πολυηλεκτρολύτης αποτελεί χημικό πρόσθετο κροκκίδωσης επομένως υποβοηθά την διαδικασία διήθησης που θα λάβει χώρα στα τέσσερα φίλτρα άμμου. Ο στόχος της χρησιμοποίησής του είναι η απομάκρυνση όλων των πολύ μικρών στερεών σωματιδίων και των εναιωριζόμενων ελαίων.

Η επιλογή του κατάλληλου πολυηλεκτρολύτη προκύπτει μετά από πειραματικές δοκιμασίες της αντίδρασης του με το απόβλητο. Αρχικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί το πολυμερές *NAFLOC N625* ή κάποιο ισοδύναμο. Εν τούτοις η *δεξαμενή* στην οποία φυλάσσεται είναι εξοπλισμένη με *αναμκτήρα* ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν και εναλλακτικές συστάσεις του πολυμερούς που να αποδεικνύονται πιο αποτελεσματικές στην πράξη. Μεγάλη σημασία έχει και η ποσότητα που θα χρησιμοποιηθεί. Αυξημένη δόση πολυμερούς προκαλεί σοβαρά προβλήματα στη μάζα του φίλτρου. Η *ελάχιστη* δόση για την επίτευξη του απαραίτητου διαχωρισμού πρέπει να είναι ο στόχος αυτής της διαδικασίας. Η ποσότητα αυτή αφορά από 0.5 ως 15 ppm.

Το πολυμερές ψεκάζεται σε σημείο της γραμμής κυκλοφορίας προς τα αμμόφιλτρα όπου η ροή είναι στροβιλωδής. Η στροβιλωδής ροή επιτυγχάνεται από τον αναμκτήρα. Την γραμμή κυκλοφορίας ψεκάζουν ειδικές *πολυηλεκτρολυτικές αντλίες*. Οι αντλίες αυτές είναι πολυδρόμικες, εμβολοφόρες, μετρητικές με ελεγχόμενο πνευματικά μήκος διαδρομής του εμβόλου. Λειτουργούν σε κατάλληλη αναλογία προς την ποσότητα υγρών που ρέουν στα φίλτρα άμμου ενώ ένα *χειροκίνητο ρυθμιζόμενο έμβολο* ρυθμίζει το ύψος της δόσης.

3.6. ΦΙΛΤΡΑ ΑΜΜΟΥ

3.6.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Το απόνερο από τη δεξαμενή νερού τροφοδοσίας και αφού εμπλουτιστεί με κατάλληλο πολυμερές οδηγείται μέσω του συστήματος τριών αντλιών στην εγκατάσταση των *τεσσάρων φίλτρων άμμου*.

Η λειτουργία ενός βιολογικού φίλτρου διύλισης παρεμποδίζεται σοβαρά από την παρουσία ακόμα και ελάχιστης ποσότητας πετρελαίου στο απόβλητο υγρό. Το πετρέλαιο θα απορροφηθεί από τη βιομάζα και θα σχηματιστεί ένα λεπτό στρώμα (*film*) στην επιφάνειά της που θα προκαλέσει τελικό ολικό αποκλεισμό της δράσης της. Για το λόγο αυτό πριν από τα βιολογικά φίλτρα χρησιμοποιείται η μοναδική γνωστή επεξεργασία που δεν παράγει μεγάλες ποσότητες ελαιώδους συσσωματωμένης λάσπης. Η επεξεργασία αυτή είναι η μέθοδος των *αμμόφιλτρων* ή της *κροκκίδους διήθησης*. Τα αμμόφιλτρα σε συνδυασμό με

προσθήκη κατάλληλου πολυηλεκτρολύτη στη γραμμή επεξεργασίας του απόνερου παράγουν ένα καλό φιλτράρισμα, κατάλληλο για περαιτέρω επεξεργασία.

Το σύστημα αποτελείται από **τέσσερα αμμόφιλτρα** συνδεδεμένα παράλληλα και από ένα **σύστημα πλύσης** τους (**δεξαμενές ψυχρού και θερμού νερού, σύστημα εισαγωγής πεπιεσμένου αέρα, τρεις αντλίες αναρρόφησης, πάνελ ελέγχου**). Το κάθε φίλτρο αποτελείται από τρία στρώματα υλικών. Ξεκινώντας από τον πυθμένα του έχουμε: **χαλίκι, γαρμπίλι** (πολύ ψιλό χαλίκι), **άμμος**. Η άμμος είναι φυσική, σφαιρική κι όχι άμμος λατομείου, με 97% κατά βάρος περιεκτικότητα σε πυρίτιο. Το απόνερο μέσω αγωγού εισόδου εισέρχεται στο φίλτρο από την κορυφή του. Αρχικά συναντά το στρώμα της άμμου και κατερχόμενο λόγω βαρύτητας αποκαθαρίζεται, καταλήγοντας στο στρώμα με το χαλίκι. Η κατακράτηση των επιβλαβών ουσιών οφείλεται κυρίως στην άμμο και δευτερευόντως στο γαρμπίλι και στο χαλίκι, επειδή η άμμος δρα σαν ένα ικανοποιητικό συνενωτικό υλικό ελαιωδών ενυψσεων. Το φιλτραρισμένο απόνερο εξέρχεται από τον πυθμένα του φίλτρου και μέσω του **αγωγού εξόδου** οδηγείται προς τους **βυθιόργους**.

Τα τέσσερα φίλτρα θεωρητικά μπορούν να λειτουργήσουν ταυτόχρονα αλλά κατασκευαστικά λειτουργούν μόνο τα τρία ενώ το τέταρτο καθαρίζεται (πλύση φίλτρου κατ'αντιρροή).

Μετά την διήθηση τα απόνερα του φιλτραρισματος περιέχουν **δυσλυτές ενώσεις**. Η μέγιστη απόδοση των φίλτρων είναι $990 \text{ m}^3 / \text{hr}$ καθαρισμένο νερό από τα οποία τα $90 \text{ m}^3 / \text{hr}$ ανακυκλώνονται. Το νερό αυτό συγκεντρώνεται στην δεξαμενή αποθήκευσης νερού πλύσης (**backwash water tank**) και χρησιμοποιείται για την πλύση των φίλτρων.

3.6.2. ΔΙΚΤΥΟ ΠΛΥΣΗΣ ΑΜΜΟΦΙΛΤΡΩΝ

Η **πλύση των φίλτρων** είναι απαραίτητη γιατί κατά τον διαχωρισμό των στερεών και των ελαιωδών σωματιδίων από το ρεύμα υγρών αποβλήτων, η κοιτίδα των φίλτρων επιφορτίζεται με συγκεντρωτικό απόβλητο υλικό. Είναι επίσης συχνό φαινόμενο οι απότομες μεταβολές της ροής των υγρών αποβλήτων να προξενούν καταβύθιση του συγκεντρωτικού απόβλητου υλικού μέσα στα ενδιάμεσα στρώματα του φίλτρου. Αυτό σημαίνει αυτόματα χειροτέρευση της ποιότητας του φιλτραρισμένου υγρού, δηλαδή αύξηση της απώλειας στην απόδοση του φίλτρου (κυρίως του στρώματος άμμου) το οποίο χρειάζεται μια καθαρισμό.

Η μέθοδος καθαρισμού συνίσταται κατά κύριο λόγο σε εισαγωγή στο φίλτρο μίγματος πεπιεσμένου αέρα και νερού (κρύου ή ζεστού). Το δίκτυο πλύσης περιλαμβάνει **δεξαμενές αποθήκευσης ψυχρού και θερμού νερού (backwash water tank, hot backwash water tank), σύστημα εισαγωγής πεπιεσμένου αέρα** και **τρεις αντλίες πλύσιματος**. Η διαδικασία ελέγχεται από **προγραμματιστή** στην **κονσόλα ελέγχου (control room)**. Το σύστημα ελέγχει επιτρέπει στον χειριστή να επιλέξει την συχνότητα πλύσης με **αυτόματα ή χειροκίνητο μηχανισμό**.

Η πλύση των φίλτρων γίνεται περιοδικά. Η μονάδα του φίλτρου που προορίζεται για καθαρισμό τίθεται εκτός λειτουργίας και η ροή των αποβλήτων για να εξυπηρετηθεί κατανέμεται μεταξύ των τριών φίλτρων που παραμένουν σε λειτουργία. Το φίλτρο άμμου πλένεται **επιτομάτως κατ'αντιρροή** (δηλαδή με κατεύθυνση της ροής του μίγματος νερού/αέρα από τον πυθμένα του φίλτρου προς την κορυφή του).

Η πλύση γίνεται με τα $90 \text{ m}^3/\text{hr}$ του φιλτραρισμένου νερού που προορίζεται για ανακύκλωση. Το νερό αυτό συγκεντρώνεται με αγωγό σε δεξαμενή ελεγχόμενης επιφανειακής στάθμης η οποία ονομάζεται *δεξαμενή αποθήκευσης ψυχρού νερού πλύσης* (*backwash water tank*). Ο ρυθμός πλήρωσης της δεξαμενής έχει υπολογιστεί να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερος χωρίς να υπερβαίνουμε τις ανάγκες του χώρου. Αυτό γίνεται για την εξασφάλιση επαρκούς παροχής του νερού πλύσης και επίσης για να αποφεύγονται τα αποτελέσματα των μεταβολών της στάθμης του νερού στις προκαθορισμένες ροές του νερού πλύσιματος. Το ψυχρό νερό εισάγεται απευθείας στη βάση του φίλτρου μέσω *συστήματος τριών αντλιών* (δύο αντλίες σε λειτουργία και μία εφεδρική).

Αν όμως για την πλύση χρειαζόμαστε θερμό νερό, τότε το ψυχρό νερό απ'τη δεξαμενή αποθήκευσης εισάγεται στη *δεξαμενή θερμού νερού* (*hot backwash water tank*). Εκεί θερμαίνεται με απευθείας εισαγωγή ατμού ενώ η αντοχή του δοχείου στις πιέσεις βοηθά στην διατήρηση της υψηλής θερμοκρασίας. Το θερμό νερό εισάγεται τότε στα φίλτρα μέσω των *τριών αντλιών* αφού ρυθμιστούν κατάλληλα από *σύστημα βαλβίδων*. Η επαναθέρμανση του νερού εμποδίζεται κατά την διάρκεια της πλύσης κατ'αντιρροή προς αποφυγή αναμίξεως αλλά επαναλαμβάνεται μετά την ολοκλήρωσή της. Η δεξαμενή θερμού νερού κατά την θέρμανση εξασφαλίζεται για να επιτρέψει την εισαγωγή του ατμού. Το σύστημα θέρμανσης έχει σχεδιαστεί να έχει την ικανότητα θέρμανσης 40 m^3 νερού ανά τρεις ώρες.

Κατά την λειτουργία της πλύσης κατ'αντιρροή το ψυχρό νερό εκτρέπεται στη βάση της δεξαμενής με την βοήθεια μιας *θωρίδας εισόδου*, ενώ το θερμό νερό μπαίνει στο κύκλωμα ροής εξερχόμενο από την κορυφή της δεξαμενής. Γενικά η θερμή πλύση κατ'αντιρροή είναι πιο αποτελεσματική.

Ο *πεπιεσμένος αέρας* που απαιτείται για τον καθαρισμό τροφοδοτείται με *φουσητήρες* (αελίες) που έχουν κρεδρεία αέρα σε ποσότητα 400 έως $560 \text{ m}^3 / \text{hr}$, πίεσης $0.895 \text{ bar} / \text{gr}$. Για μια ικανοποιητική πλύση απαιτείται η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ροή αέρα μέσα σ'αυτά τα όρια, με την προϋπόθεση να μην έχουμε σπάλια άμμου. Η μεταβολή της χωρητικότητας αέρα στις αντλίες μπορεί να ελεγχθεί με τη μεταστροφή μιας *τροχαλίας* που μεταβάλλει τη σχέση μεταξύ του φουσητήρα και του κινητήρα.

Στη συνέχεια γίνεται μια γρήγορη *ανωδική πλύση με νερό* που μεταφέρει τα στερεά εκτός μονάδας και στο τέλος μια σύντομη κατάβρεξη για σταθεροποίηση του στρώματος άμμου. Έπειτα η μονάδα τίθεται στη γραμμή λειτουργίας. Το ακάθαρτο νερό που προκύπτει από την πλύση οδηγείται με αγωγό στην είσοδο των διαχωριστήρων A.P.I.

Η συχνότητα πλύσης είναι περίπου τα 100 min ή για κάθε 1600 m^3 επεξεργασμένου απόβλητου για τα δεδομένα της συγκεκριμένης εγκατάστασης. Αν η ροή και η περιεκτικότητα σε ελαιώδη είναι κάτω από τις τιμές σχεδιασμού της εγκατάστασης πρέπει ανάλογα να μειωθεί και η συχνότητα της πλύσης.

Για *χειροκίνητο μηχανισμό* πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν η διάρκεια θέρμανσης της δεξαμενής θερμού νερού.

Το απαιτούμενο νερό για τα διάφορα στάδια επεξεργασίας έχει προκαθορισθεί με την χρησιμοποίηση *βαλβίδων ροθμιζόμενης ροής*.

Είναι πιθανόν μετά την πλύση των φίλτρων να έχουμε *απέλεια άμμου*. Η άμμος όμως για να είναι αποτελεσματική στο φιλτράρισμα πρέπει να πληροί κάποιες προδιαγραφές όπως να δημιουργεί στρώμα στο φίλτρο με όριο ύψους $1.0 - 1.5 \text{ m}$. Γενικά συνιστάται η στάθμη της άμμου σε κάθε δοχείο να μετράται μετά από τρεις μήνες από την έναρξη της λειτουργίας της μονάδας και εν συνεχεία τουλάχιστον μία φορά το χρόνο ή όποτε τα αποτελέσματα της λειτουργίας των φίλτρων δεν είναι ικανοποιητικά. Είναι ουσιαστές όταν η άμμος αντικαθίσταται στα φίλτρα να γεμίζεται με νερό και να αφήνεται να κατακαίσει για μισή ώρα περίπου.

3.6.3.

ΑΠΟΛΟΣΗ ΤΩΝ ΠΛΥΣΕΩΝ ΚΑΤ'ΑΝΤΙΡΡΟΗ

Προκειμένου να δούμε την *αποδοτικότητα* των πλύσεων κατ'αντιρροή χρειάζεται *δειγματοληψία* των νερών της πλύσης των αμμοφίλτρων με συχνότητα 2 – 3 min. Οι μετρήσεις μπορούν να παρασταθούν γραφικά. Το εμβαδόν που βρίσκεται κάτω από την καμπύλη εκφράζει την ποσότητα των ελαιωδών που διαχωρίζονται κατά την πλύση.

Με την ίδια μέθοδο προκύπτουν τα συμπεράσματα της καλύτερης απόδοσης της πλύσης με θερμό νερό από την πλύση με ψυχρό.

3.6.4. ΣΥΝΘΗΚΗ ΑΠΟΛΟΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΩΝ ΑΜΜΟΦΙΛΤΡΩΝ

Σε *συνθήκες κανονικής λειτουργίας* τα αδιάλυτα έλαια στην έξοδο των αμμοφίλτρων πρέπει να κυμαίνονται κάτω των 5 mg / lt (διαυγής εμφάνιση του απόνευρου). Συνθήκες κανονικής λειτουργίας σημαίνει ότι εφαρμόζονται οι σωστές ροές φιλτραρίσματος και συχνότητες πλύσεως κατ'αντιρροή και το απόνευρο είναι ελεύθερο από *γαλακτοποιημένα έλαια* ή *έλαια σε λεπτότατη διασπορά*.

Αν στην έξοδο των αμμοφίλτρων λαμβάνουμε κατά συχνές και παρατεταμένες χρονικές περιόδους περιεκτικότητα σε *ολικά έλαια* πάνω από 15 – 20 mg / lt θα πρέπει να διερευνηθεί η δυνατότητα προστασίας των βιολογικών φίλτρων από μια τέτοια σύσταση. Συνήθως σ'αυτές τις περιεκτικότητες είναι πιθανή και η παρουσία *γαλακτομμάτων* η οποία καταδεικνύεται με την ελαφρώς νεφελώδη εμφάνιση του νερού. Αν αυτό διαπιστωθεί, είναι αναγκαία η προσθήκη πολυηλεκτρολύτη στα αμμοφίλτρα.

Το διαλυτό έλαιο και τα ολικά έλαια γενικά, προσδιορίζονται με *μέθοδο διήθησης*. Παιρνουμε ένα δείγμα ελαίου στο οποίο γίνεται διήθηση από τρία στρώματα διηθητικού χαρτί *whatman No50*. Ο προσδιορισμός γίνεται αφού το χαρτί με το δείγμα πλυθεί και ξηρανθεί. Πρέπει να σημειωθεί ότι μερικά γαλακτώματα συχνά συκκρατούνται στο διηθητικό χαρτί μαζί με το αδιάλυτο έλαιο.

3.7.

ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΠΥΡΓΟΙ

3.7.1.

ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η *βιολογική επεξεργασία* έχει στόχο την απομάκρυνση των εναπομείναντων *διαλυμένων ελαίων* και *ιωροποιμένων σωματιδίων* σε *καύσιμη μορφή* που έχουν παραμείνει στο απόβλητο παρά τις προηγούμενες φάσεις αποκαθαρισμού.

Τα απόνερα που προκύπτουν από τα αμμόφιλτρα εκτός των ελαιωδών περιέχουν και ορισμένες *ανόργανες* και *οργανικές ενώσεις*. Για παράδειγμα τα ανόργανα άλατα δεν περιέχονται σε τέτοιο βαθμό που να παρεμποδίζεται η απόρριψή τους στη θάλασσα, αλλά μερικές αναγωγικές ουσίες μπορούν να γίνουν αφορμή να μειωθεί το οξυγόνο. Επίσης κάθε *κατάλοιπο βαρέων μετάλλων* στην σύσταση του επεξεργασμένου απόνερου μπορεί να αποδειχθεί τοξικό για τους ζωντανούς μικροοργανισμούς. Συνήθως το pH που έχουν τα απόβλητα του διυλιστηρίου ευνοεί τον σχηματισμό αδιάλυτων υδροξειδίων των βαρέων μετάλλων (τα οποία διαχωρίζονται κατά την κατακρήμνιση και το φιλτράρισμα).

Οι διαλυμένες οργανικές ουσίες στα υγρά των αποβλήτων διαχωρίζονται με βιολογικές κατεργασίες κατά τις οποίες οι επιβλαβείς οργανικές προσμίξεις χρησιμοποιούνται ως τροφή ή πηγή ενέργειας από ομάδα μικροοργανισμών (βακτηριδίων). Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται στα *βιολογικά φίλτρα* που βρίσκονται μέσα στους *βιολογικούς πύργους*. Η παρούσα εγκατάσταση περιλαμβάνει δύο βιολογικούς πύργους.

3.7.2.

ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΦΙΛΤΡΑ

Το απόνερο αφού έχει υποστεί φιλτράρισμα από τα αμμόφιλτρα οδηγείται σε ένα *δοχείο κατανομής* (*splitter box*) συνεχούς ροής το οποίο βρίσκεται στο επάνω μέρος των *δύο βιολογικών πύργων*. Στο δοχείο κατανομής ένα σύστημα από *φράγματα* διανέμει τη ροή του φιλτραρισμένου νερού μεταξύ των δύο βιολογικών πύργων ώστε ο καθένας να δέχεται τη μισή ποσότητα απόνερου. Η ροή από το δοχείο κατανομής κατεβαίνει με τη βοήθεια της βαρύτητας διαμέσου *κεντρικού αγωγού*. Ο αγωγός καταλήγει σε *περιστρεφόμενο διανομέα* που οδηγεί το νερό στο εσωτερικό του βιολογικού φίλτρου. Το σύστημα κατανομής ρυθμίζεται με *χειροκίνητες βάνες*.

Τα *δύο βιολογικά φίλτρα* είναι κατασκευασμένα από τσιμεντοκονίαμα, έχουν σχήμα κάθετων κυλινδρικών δοχείων και λειτουργούν παράλληλα. Το κάθε φίλτρο εσωτερικά περιέχει *πλαστικούς δακτυλίους* ανάκατα διασκορπισμένους, σχεδιασμένους με τέτοιο τρόπο ώστε να παρέχουν πολύ μεγάλη επιφάνεια και ελεύθερη διάταξη. Η *ελεύθερη διάταξη* επιτρέπει την διακίνηση ρευμάτων αέρα κατά την αερόβια βιολογική επεξεργασία (αερόβιοι μικροοργανισμοί). Η *βιομάζα* συγκεντρώνεται επάνω στους διασκορπισμένους δακτυλίους απορροφώντας και μετασχηματίζοντας τις οργανικές προσμίξεις που υπάρχουν στο απόβλητο ρεύμα.

Το φιλτράρισμα μπορεί να γίνει με *αερόβια* ή *αναερόβια βιολογική επεξεργασία* (αερόβιοι ή αναερόβιοι μικροοργανισμοί). Το αερόβιο σύστημα είναι το πιο κατάλληλο για την τελική επεξεργασία των υγρών

καθώς το προϊόν έχει οξυγονωθεί καλά κατά τη έξοδο από τα φίλτρα. Στην περίπτωση αυτή ο αέρας εισέρχεται από δίοδο στο κάτω πλευρικό σημείο των δοχείων των φίλτρων και ανερχόμενος έρχεται σε πλήρη επαφή με κατερχόμενο υγρό. Το υγρό κατερχόμενο προς τον πυθμένα διαπερνά το σύστημα φίλτρου, οξυγονώνεται από τον αέρα και εξυδατώνεται σε κεντρικό κανάλι κατασκευασμένο από τσιμεντοκονίαμα.

Η *βιομάζα* είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη στην οξύτητα (όξινο pH) και στην υψηλή θερμοκρασία. Επίσης καλό είναι να μην υπάρχει ίχνος ελεύθερων ελαίων στους βιοπύργους γιατί σχηματίζεται λεπτό στρώμα (*film*) επί της βιομάζας που εμποδίζει τη δράση της.

3.7.3.

ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΥΛΩΝ

Παρ'όλο που μέσα στο απόβλητο είναι δυνατόν να υπάρχει ικανοποιητική ποσότητα *οργανικών θρεπτικών υλών* για τη βιομάζα, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι ίσως χρειαστεί συμπληρωματική προσθήκη (για παράδειγμα *προσθήκη βοθρολύματων*). Αυτό στην περίπτωση που δεν έχει καλυφθεί η απαιτούμενη συγκέντρωση σε *νιτρικά και φωσφορικά θρεπτικά άλατα* που θα διατηρήσει την οικολογική ισορροπία στον βιοπύργο. Έτσι κάθε φίλτρο είναι σχεδιασμένο ώστε να μπορεί να δεχτεί ενδιάμεσα κατά την λειτουργία του και πρόσθετα προκειμένου να βελτιωθεί η απόδοση της επεξεργασίας του απόβλητου, αν αυτό κρίνεται απαραίτητο.

Εκτός από βοθρολύματα η θρεπτική ύλη που προστίθεται είναι η *NUTRAPHOS – 2* η οποία περιέχει *10%* κατά βάρος νιτρικά με αναφορά σε άζωτο και *4%* κατά βάρος φωσφορικά με αναφορά σε φώσφορο. Προστίθεται υπό μορφή διαλύματος με αναλογία *0.5 kg NUTRAPHOS – 2* σε *4.5 lt* νερού. Η απαραίτητη ροή του για την κάλυψη των αναγκών της εγκατάστασης (ανάγκη σε άζωτο *5%* και σε φώσφορο *1%* επί της μείωσης του *BOD₅* στα βιολογικά φίλτρα) είναι *36 lt / hr* σε κάθε βιοφίλτρο. Οι μεταβολές του ποσοστού προσθήκης των θρεπτικών υλών εξαρτώνται από το επίπεδο αζώτου και φωσφόρου στο ακατέργαστο υγρό και από την λειτουργική ικανότητα των βιοφίλτρων.

Τα βοθρολύματα μεταφέρονται στο χώρο του δυλιστηρίου με βυτιοφόρα και αποθηκεύονται στη *δεξαμενή λιμμάτων* η οποία είναι σε πλήρη κατάδυση για αποφυγή δυσάρεστων οσμών και μολύνσεων. Επίσης στον χώρο της εγκατάστασης των φίλτρων υπάρχει και η *δεξαμενή παρασκευής και φύλαξης της θρεπτικής ύλης* με τη σύσταση που περιγράφηκε παραπάνω ώστε να έχουμε τα απαιτούμενα αποτελέσματα. Η παρασκευή γίνεται με τη βοήθεια *ιανιμηκτήρα* και ενός *καλαθιού διυλίσεως* που διευκολύνει τη διαλυτοποίηση των νιτρικών και φωσφορικών αλάτων στο εσωτερικό της δεξαμενής.

Τα βοθρολύματα και τα θρεπτικά προσδίδονται προς τα δοχεία εισόδου των βιολογικών πύργων με *δοσομετρικές αντλίες* που είναι συνδεδεμένες στις δεξαμενές και βρίσκονται επίσης σε πλήρη κατάδυση. Κάθε δοσοληπτική αντλία φέρει *βόνα αναρρόφησης* και *κατάβλησης, φίλτρο εισαγωγής* και *ασφαλιστικό πλέγμα* στην κατάβληση. Η δυνατότητα ενδιάμεσης προσθήκης επαυγχάνεται με την παρεμβολή ενός *μεταλλικού κωνβαριού* στην μετόπη του περιστροφικού διανομέα και γίνεται μέσα στο ρεύμα της διανομής.

Μέσα στο κιβώτιο του βιολογικού φίλτρου έχει σχεδιαστεί *σύστημα διαφράγματος* το οποίο εμποδίζει την αντίστροφη μόλυνση των φίλτρων και των δοχείων τροφοδοσίας του νερού που χρησιμοποιείται για την πλύση κατ'αντιρροή, από τα θρεπτικά διαλύματα και τα βοθρολύματα που είναι στο ρεύμα του απόβλητου.

3.7.4.

ΑΕΡΟΒΙΑ ΒΙΟΜΑΖΑ

Τα *αερόβια βακτηριδία* μπορούν να προσαρμοστούν στη ζωή μιας προσδιορισμένης ομάδας οργανικών προσμίξεων. Γίνονται όμως πιο δραστικά σε ορισμένα pH και περιοχές θερμοκρασίας. Τα αερόβια βακτηριδία καταναλώνουν *ανθρακώδεις προσμίξεις* και εκλύουν *διοξείδιο του άνθρακα*. Επίσης η συντήρησή τους επιτυγχάνεται με την τροφοδότηση με θρεπτικό υλικό που αποτελείται από *φωσφορικές* και *νιτρικές* ενώσεις. Τα αερόβια βακτηριδία χρειάζεται να προστατευθούν από την επαφή με ορισμένες δηλητηριώδεις ουσίες όπως τα *βιτιά μέταλλα* και την υπερβολική συγκέντρωση *θειούχων*. Επίσης τα *ελακώδη* όταν βρίσκονται σε μεγάλη ποσότητα στο ρεύμα νερού μπορούν να απορροφήσουν και να πνίξουν τους μικροοργανισμούς, ενώ δεν πρέπει να χρησιμοποιηθεί στους βιολογικούς πύργους νερό με θερμοκρασία μεγαλύτερη των 40°C . Η *υψηλή θερμοκρασία* προξενεί σοβαρές καταστροφές στο βιολογικό σύστημα και αποφεύγεται δια παντός.

Οι βιολογικοί πύργοι λειτουργούν με την απαιτούμενη μέριμνα για την *ελάχιστη απαιτούμενη ποσότητα θρεπτικού υλικού*. Ελαφρά υπέρβαση της δόσης ή και διακοπτόμενες δόσεις μπορούν να φέρουν ικανοποιητικά αποτελέσματα εξαρτώμενα από τη σύνθεση του απόβλητου ρεύματος. Για παράδειγμα πολλά απόβλητα διωλιστηρίου περιέχουν κυρίως νιτρικά επομένως τα φωσφορικά πρέπει να συμπληρωθούν.

Η *αερόβια βιολογική επεξεργασία* στους βιολογικούς πύργους με την προσθήκη της κατάλληλης θρεπτικής ουσίας προκαλεί μια μικρή αύξηση της βιομάζας (στα σχετικά χαμηλά επίπεδα BOD_5 των αποβλήτων του διωλιστηρίου). Εν τούτοις το χαρακτηριστικό των βιολογικών πύργων είναι ότι αυτή η περίσσεια βιομάζας εγκαταλείπει τον βιολογικό πύργο κατά διαστήματα. Αυτό σημαίνει ότι το επίπεδο των αιωρούμενων στερεών στην έξοδο (άρα και το επίπεδο BOD_5 αφού τα στερεά είναι οργανικής προέλευσης) θα εμφανίζει αυξομειώσεις και γ' αυτό είναι αναγκαία η ύπαρξη *λεκάνης ισορροπίας* όπου θα γίνει η απαραίτητη ανάμιξη πριν την έξοδο στην θάλασσα.

3.7.5. ΛΥΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΚΑΙ ΣΧΕΣΗ ΤΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΒΙΟΦΙΛΤΡΩΝ

Το κάθε βιολογικό φίλτρο έχει *δύο θυρίδες*: μία στην κορυφή και μία στον πυθμένα του δοχείου, απ' όπου ελέγχεται οπτικά η αύξηση της βιομάζας (αύξηση όγκου των συσσωματωμάτων της βιομάζας). Η ακριβής αύξηση σε κάθε αυτόνομη βιολογική εγκατάσταση θα εξαρτηθεί από τη δεδομένη οικολογική της ισορροπία. Η θυρίδα κορυφής είναι σε θέση να εξακριβώσει οπτικά μια αναμενόμενη αύξηση της τάξης του 25 – 35 %, ενώ η θυρίδα του πυθμένα κατά ένα ποσοστό 5 – 10 %.

Αν στην τροφοδοσία εμφανιστεί *αδιάλυτο έλαιο* η αύξηση της βιομάζας θα είναι πολύ μεγάλη φτάνοντας μέχρι και 60 – 70 %. Η αύξηση αυτή σημαίνει πλήρωση του κενού χώρου του βιοφίλτρου, το οποίο πρακτικά δημιουργεί χώρους όπου δεν υπάρχει ροή. Γι' αυτό πρέπει σε κάθε περίπτωση το αδιάλυτο έλαιο να μην φτάσει στα βιολογικά φίλτρα.

3.7.6.

ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΒΙΟΦΙΛΤΡΩΝ

Ένα μέρος του φιλτραρισμένου απ'τα αμμόφιλτρα υγρού που οδηγείται στους βιοπύργους για απορρόπηση κυκλοφορεί σε πλευρικό, στα βιοφίλτρα, ρεύμα ροής. Το νερό αυτό χρησιμοποιείται για το καθαρισμό των βιοφίλτρων και γεμίζει τη *δεξαμενή νερού πλύσης των βιοφίλτρων*. Το σύστημα καθαρισμού των βιοφίλτρων είναι αυτόματο και περιλαμβάνει *φωσιτήρες αέρος, αντλίες* για την πλύση *κατ'αντιρροή* και την δεξαμενή του νερού η οποία θερμαίνεται με ατμό.

Η ορθή λειτουργία του συστήματος των βιοφίλτρων και ο συχνός αριθμός πλύσεων κατ'αντιρροή είναι δύο βασικοί παράγοντες για την βελτίωση της απόδοσης της εγκατάστασης. Η *απόδοση των βιολογικών φίλτρων* εκφράζεται με τη *μέση μείωση σε BOD*, φαινόλες κλπ και έχει άμεση σχέση με το κατά μέσο όρο βιολογικό φορτίο εισόδου ανά ημέρα και μονάδα όγκου του βιοφίλτρου (*Kg BOD / Day x Unit Volume*). Τα παραπάνω ισχύουν με την προϋπόθεση της παρουσίας των νιτρικών και φωσφορικών, της κανονικής περιοχής θερμοκρασιών και την απουσία τοξικών ουσιών.

Για τον έλεγχο της απόδοσης της εγκατάστασης είναι αναγκαίο να εξασφαλίζεται ότι η ποσότητα των ελαιωδών και στερεών στην είσοδο είναι ανάλογη με την ρύθμιση της συχνότητας πλύσεων κατ'αντιρροή και ότι δεν υπάρχει γαλακτοματοποιητής που να μετατρέπει τα ελαιώδη σε μορφές που μπορούν να περάσουν από τα φίλτρα. Επίσης πρέπει να ελεγχθεί αν το βιολογικό φορτίο είναι ανάλογο του σχεδιασμού της εγκατάστασης, καθώς επίσης και αν οι συνθήκες περιβάλλοντος (pH, θερμοκρασία, θρεπτικά κλπ) είναι στα κατάλληλα επίπεδα.

Επειδή η απόδοση ενός βιοφίλτρου εξαρτάται από το αρχικό φορτίο *BOD* σ'ένα βιολογικό χρονοδιάγραμμα, είναι αναγκαίος ο *έλεγχος των φορτίων και της λειτουργίας της εγκατάστασης* για μερικές βδομάδες (συνήθως τρεις). Καθώς τα αιωρούμενα στερεά έχουν απομακρυνθεί με το κοκκώδες φιλτράρισμα, ο μέσος όρος συγκέντρωσης των αιωρούμενων στερεών που εγκαταλείπουν τα βιοφίλτρα οφείλεται αποκλειστικά στην αύξηση του φυσικού βιολογικού φιλμ (φυτικό χρώμα). Ο ρυθμός με τον οποίο το φυτικό χρώμα αποχωρίζεται το φίλτρο εξαρτάται από πολλούς παράγοντες (μεταβολές της ροής, pH, θερμοκρασία, συγκέντρωση αμμωνιακών, θειούχων κλπ) και γι'αυτό μεταβάλλεται σημαντικά από μέρα σε μέρα.

Αν κατά την διάρκεια ατυχήματος ή άλλης αιτίας, ελαιώδης διασπορά περάσει στο βιοφίλτρο για ορισμένο χρόνο, αυτή απορροφάται και προξενεί μείωση της ικανότητας φιλτραρίσματος. Αν η χρονική περίοδος δεν είναι μεγάλη, όταν η τροφοδοσία των φίλτρων επανέλθει στον κανονικό ρυθμό, το λασπώδες χρώμα χάνεται σιγά – σιγά από το βιοφίλτρο και γίνεται επαναφορά στην κανονική βιολογική δραστηριότητα.

3.7.7.

ΕΞΟΔΟΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥΣ ΠΥΡΓΟΥΣ

Οι απορροές από τα δύο βιολογικά δοχεία – φίλτρα ενώνονται στο *κανάλι ένωσης απορροών από τα δύο βιολογικά φίλτρα* και ρέουν ελεγχόμενα μέσα από ένα *αυλάκι* προς την *λίμνη αποκαθαρισμού* όπου διαχωρίζονται τυχόν υπολείμματα ελαίων και αιωρούμενα σωματίδια προερχόμενα από περιοδικά

αποκολλημένη βιομάζα. Απ'το σημείο αυτό τα καθαρά πλέον απόβρα παρνάνε από ένα *φράγμα υπερχειλίσης* και οδηγούνται στα *κανάλια εξόδου* προς την θάλασσα και στα *φίλτρα χόρτου – όμμων*.

3.8. ΔΙΜΝΗ ΑΠΟΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

Για τη επίτευξη των χαμηλών αποδεκτών μέσων όρων από την νομοθεσία, είναι αναγκαίο το νερό που εγκαταλείπει τα βιοφίλτρα να διοχετεύεται σε μια *αβυσθή λίμνη* όπου τα αιωρούμενα στερεά θέλουν πολύ μεγαλύτερο χρόνο να περάσουν απ'ότι το κύριο ρεύμα υγρού.

Η λίμνη αυτή είναι ένας χώρος αναγκαίος για την επίτευξη της ισορροπίας των βιολογικών στερεων που απορρίπτονται από τους βιολογικούς κύργους από καιρού εις καιρόν κατά την λειτουργία τους.

3.9. ΦΡΑΓΜΑ ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΗΣ ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΥΨΗΛΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Κοντά στο *φράγμα υπερχειλίσης* βρίσκεται *αυτόματη δειγματοληπτική αντλία* η οποία αντλεί δείγμα και καταβιβίζει κύτταρο ελαιωδόν σ'ένα *καταγραφικό* στο θάλαμο ελέγχου. Επίσης έχει τοποθετηθεί εκεί μια *φυγόκεντρος αντλία υψηλής απόδοσης* που διατηρεί ομοιογενές το δείγμα σχετικά με το περιεχόμενό του σε ελαιώδη κατάλοιπα.

3.10. ΤΕΛΙΚΗ ΕΞΟΔΟΣ

Τα αποκαθαρισμένα πλέον υγρά οδηγούνται μέσω των *καναλιών εξόδου* στα *φίλτρα χόρτου – άχρσο* που αποτελούν το τελευταίο μέτρο για πλήρη αποκαθαρισμό από τυχόν υπολείμματα στερεών – ελαιωδόν και από εκεί κατευθύνονται στην θάλασσα του κόλπου της Πλευσίνας.

Ακολουθεί μια σχηματική αναπαράσταση της εγκατάστασης.