



ΜΕΛΕΤΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ:
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΥ**



1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Γενικά

Οι μονάδες βιολογικού καθαρισμού των λυμάτων είναι τεχνικές διατάξεις που αποτελούν κατά βάση τεχνικά έργα κατάλληλα μελετημένα και προσαρμοσμένα στις αρχές και τους κανόνες της υγειονομικής μηχανικής. Σκοπός τους είναι η επεξεργασία των αστικών και βιομηχανικών λυμάτων, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η απομάκρυνση και η εξουδετέρωση των επιβλαβών χαρακτηριστικών τους, σε αποδεκτό επίπεδο για τον τελικό αποδέκτη (έδαφος, επιφανειακά νερά κλπ.).

Το νομικό πλαίσιο για τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων περιγράφεται από την Κ.Υ.Α. 5673/400/14.3.97 με τίτλο "Μέτρα και όροι για την επεξεργασία των λυμάτων", με την οποία εφαρμόζονται οι διατάξεις του άρθρου 10 του Ν.1650/86 και συγχρόνως εναρμονίζεται η εθνική νομοθεσία με τις διατάξεις της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Με τον όρο "Αστικά λύματα" εννοούνται ανεπεξέργαστα οικιακά απόβλητα, αναμειγμένα με όμβρια ύδατα και με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα βιοτεχνικών και βιομηχανικών λυμάτων. Τα καθαυτά βιομηχανικά απόβλητα περιέχουν πολλές φορές δύσκολα βιοδιασπόμενες ή τοξικές ουσίες, που παρεμποδίζουν την κανονική ανάπτυξη του βιολογικού παράγοντα. Γι' αυτό το λόγο είναι απαραίτητο να υποστούν επεξεργασία εντός του εργοστασίου, σε κατάλληλες μονάδες βιολογικού καθαρισμού, προτού οδηγηθούν στο γενικό αποχετευτικό δίκτυο.

Στην εργασία αυτή θα γίνει επεξήγηση της λειτουργίας και των στοιχείων υπολογισμού των συνηθέστερα χρησιμοποιούμενων μεθόδων καθαρισμού των οικιακών λυμάτων και θα ακολουθήσει επεξήγηση και περιγραφή των απαιτούμενων μεθόδων επεξεργασίας των λυμάτων των κυριότερων βιομηχανικών δραστηριοτήτων της Ελληνικής επικράτειας, καθώς και του τρόπου υπολογισμού αυτών.

1.2. Ορισμοί χαρακτηριστικών μεγεθών

Για την ευκολότερη κατανόηση των παρακάτω μεθόδων και διατάξεων, αρχικά θα είναι απαραίτητο να δώσουμε τους ορισμούς κάποιων χαρακτηριστικών μεγεθών που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της ποιότητας του νερού και την εκτίμηση του οργανικού φορτίου των λυμάτων.

α. Βασικό μέτρο εκτίμησης του οργανικού φορτίου των λυμάτων αποτελεί το μέγεθος BOD_5 , το οποίο ορίζεται ως το απαιτούμενο οξυγόνο για την βιοχημική αποδόμηση των οργανικών ουσιών των λυμάτων από αερόβιους

μικροοργανισμούς, των πρώτων 5 ημερών επεξεργασίας σε θερμοκρασία 20°C. Εκφράζεται είτε σαν συγκέντρωση (σε mg/l), είτε σαν φορτίο (σε g).

β. Το διαλυμένο οξυγόνο (DO) στο νερό είναι πολύ σημαντικός παράγοντας ελέγχου της ποιότητας ενός υδάτινου μέσου καθώς έχει άμεση σχέση με την επιβίωση των αερόβιων μικροοργανισμών. Το διαλυμένο οξυγόνο είναι παράμετρος σχεδιασμού των μονάδων βιολογικής επεξεργασίας και διατηρείται στα απαιτούμενα επίπεδα με μηχανισμούς αερισμού και οξυγόνωσης. Εκφράζεται σε mg/l διαλυμένου οξυγόνου ή σε % ποσοστό διαλύσεως.

γ. Στα βιομηχανικά απόβλητα εκτός από τις οργανικές ουσίες που μπορούν να βιοαποικοδομήσουν οι μικροοργανισμοί, υπάρχουν οργανικές ενώσεις που δεν είναι βιολογικά βιοδιασπώμενες. Στην περίπτωση αυτή η χρήση μόνο του BOD μπορεί να οδηγήσει σε λάθος συμπεράσματα, γι' αυτό χρησιμοποιείται το COD (Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο) με το οποίο εννοούμε την ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την χημική οξείδωση του συνόλου των οργανικών ουσιών που περιέχονται στα λύματα με τη χρήση ενός ισχυρού οξειδωτικού μέσου. Το COD μετράται σε mg/l.

δ. Η θολότητα και το χρώμα των λυμάτων οφείλεται στις στερεές ουσίες που περιλαμβάνουν. Διακρίνονται σε αιωρούμενα (SS) και διαλυμένα (DS) στερεά. Στον υπολογισμό μίας μονάδας επεξεργασίας μας ενδιαφέρει κυρίως η συγκέντρωση των πτητικών αιωρούμενων στερεών (VSS) σε mg/l.

1.3. Στάδια καθαρισμού

Από την πρακτική εφαρμογή των διαφόρων συνδυασμών των διαδικασιών επεξεργασίας των αστικών λυμάτων έχουν διαμορφωθεί τρία κυρίως βασικά στάδια καθαρισμού.

α. Πρωτοβάθμιος ή μηχανικός καθαρισμός

Πραγματοποιείται για την απομάκρυνση των ογκωδών και στερεών στοιχείων που περιλαμβάνονται στα λύματα και για την προετοιμασία αυτών για την δευτεροβάθμια επεξεργασία. Περιλαμβάνει τις επεξεργασίες του σχαρίσματος, της αμμοσυλλογής και της λιποσυλλογής. Επίσης σημαντική είναι και η πρωτοβάθμια καθίζηση. Ο μηχανικός καθαρισμός μπορεί να ελαττώσει το μηχανικό φορτίο κατά μέσο όρο κατά 35 - 50% περίπου.

β. Δευτεροβάθμιος καθαρισμός

Η επεξεργασία αυτή συνίσταται στην βιολογική αποδόμηση των οργανικών ουσιών και στη συνέχεια στην απομάκρυνση των σχηματιζόμενων αιωρημάτων με δευτεροβάθμια καθίζηση. Η συνηθέστερα χρησιμοποιούμενη

μέθοδος για τα οικιακά λύματα είναι αυτή της ενεργού ιλύος (ή δραστηκής λάσπης). Η ελάττωση του ρυπαντικού φορτίου κατά το δευτεροβάθμιο καθαρισμό φτάνει κατά μέσο όρο το 80 - 90%.

γ. Τριτοβάθμιος ή προχωρημένος καθαρισμός

Ακολουθεί τα προηγούμενα στάδια και συμπληρώνει την επεξεργασία με την απομάκρυνση κυρίως του αζώτου (νιτροποίηση - απονιτροποίηση) και του φωσφόρου από την τελική απορροή. Επίσης μπορεί να εφαρμοσθεί απολύμανση της τελικής απορροής, συνήθως με χλωρίωση. Η χλωρίωση ελαττώνει μερικά τις οργανικές ουσίες και κυρίως το μικροβιακό φορτίο (μέχρι και 99%). Επίσης σ' αυτό το στάδιο περιλαμβάνεται η επεξεργασία της παραγόμενης λάσπης με διάφορες μεθόδους (π.χ. χώνευση, πάχυνση κ.λ.π.).

2. ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΟΣ Ή ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ

2.1. Σχάρα

Σκοπός της σχάρας είναι να συγκρατήσει τα παρασυρόμενα σχετικά μεγάλου μεγέθους υλικά, για να προφυλάξει τις επόμενες εγκαταστάσεις από μηχανικές εμφράξεις και φθορές. Οι σχάρες αποτελούνται από παράλληλες σιδερένιες ράβδους με διάκενα που καθαρίζονται από τα στερεά που έχουν συγκρατήσει το συντομότερο δυνατό με διατάξεις μεταφοράς, όπως ένας κοχλίας ή μία μεταφορική ταινία. Τα απομακρυθέντα στερεά οδηγούνται σε κάδους αποθήκευσης.

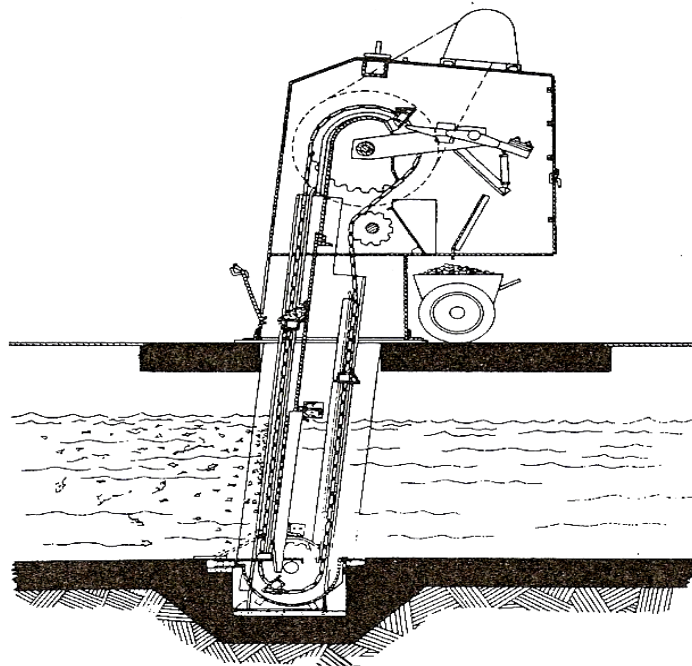
Οι σχάρες ανάλογα με την χρήση τους διακρίνονται σε:

α. Απλές χονδρές σχάρες οι οποίες χρησιμοποιούνται σε μικρές μονάδες (<1000m³/d), κατασκευάζονται με ορθογώνιο κανάλι με μικρή κλίση και η σχάρα τοποθετείται με κλίση 30⁰ ως προς τη διεύθυνση της ροής.

β. Μηχανικές (αυτοκαθαριζόμενες) χονδρές σχάρες που χρησιμοποιούνται για παροχές (>1000m³/d). Η απομάκρυνση των υλικών από τη σχάρα γίνεται με αυτόματο μηχανικό τρόπο. Ο μηχανισμός μπορεί να λειτουργεί περιοδικά ή συνέχεια. Αυτός ο τύπος είναι που χρησιμοποιείται σε μεγαλύτερο βαθμό στην πράξη.

γ. Λεπτές σχάρες που χρησιμοποιούνται συνήθως στην επεξεργασία αστικών λυμάτων αναμειγμένων με βιομηχανικά και έχουν μορφή δίσκου ή τύμπανου βυθισμένου μερικώς στα απόβλητα και περιστρεφόμενου με αργό ρυθμό.

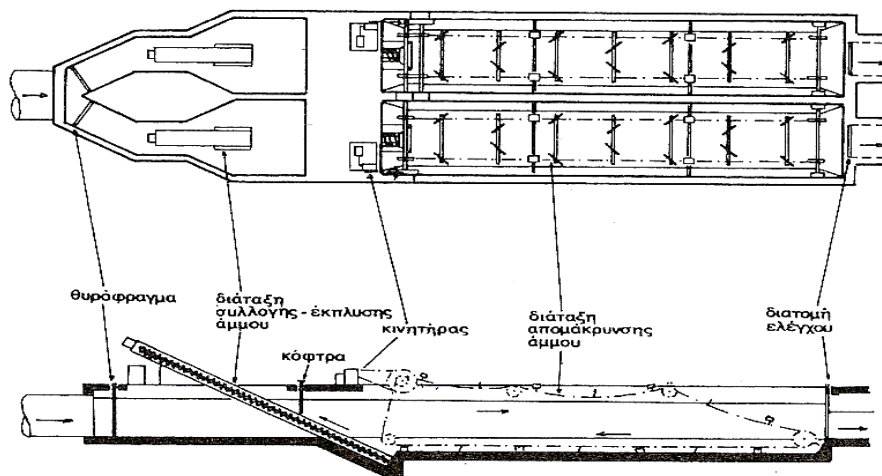
Τα διάκενα ανάμεσα στις ράβδους των σχαρών καθορίζονται από το μέγεθος των υλικών που πρόκειται να συγκρατήσουν, με συνηθέστερη τιμή τα 20 mm.



Σχ. 1 Τομή μηχανικής σχάρας

2.2. Αμμοσυλλέκτης (Εξαμμωτής)

Ο αμμοσυλλέκτης χρησιμοποιείται για τη συγκράτηση των παρασυρόμενων υλικών με διαμέτρημα συνήθως πάνω από 0,15 - 0,2 mm, κυρίως ανόργανα (άμμος, σπόροι, κτλ.), για την προστασία των εγκαταστάσεων που ακολουθούν από μηχανικές φθορές (αντλίες) ή εμφράξεις (σωληνώσεις) και κυρίως την αποφυγή του συχνού καθαρισμού της δεξαμενής χωνεύσεως από τα αδρανή ιζήματα.

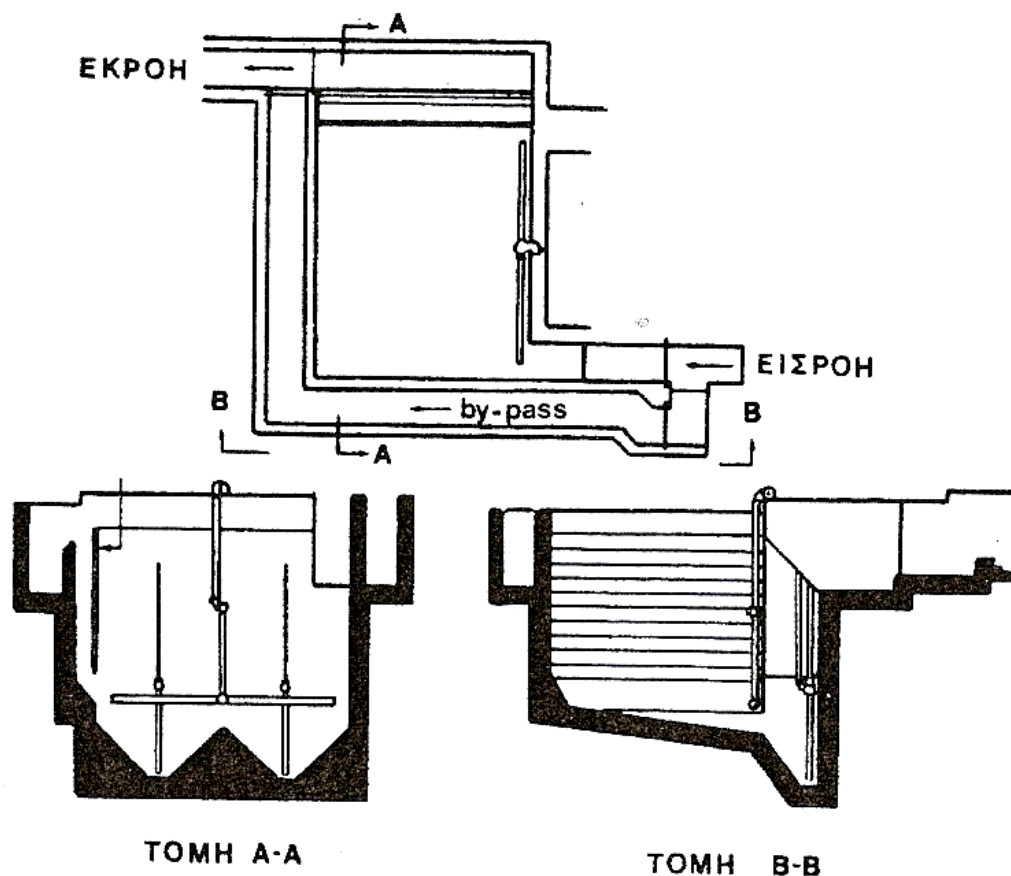


Σχ. 2 Τομή και κάτοψη αμμοσυλλέκτη σταθερής ταχύτητας ροής

Οι αμμοσυλλέκτες διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τους αεριζόμενους και τους οριζόντιους.

Οι οριζόντιοι αποτελούνται από ευθύγραμμο αυλάκι με οριζόντια ροή, όπου η αντίστοιχη ταχύτητα διατηρείται σταθερή, ανεξάρτητα από την παροχή και τη στάθμη πληρώσεως, με τοποθέτηση ειδικού εκχειλιστού με κατάλληλη μορφή στην έξοδο. Ανάλογα με τον τρόπο που επιτυγχάνεται αυτό διαχωρίζονται σε αμμοσυλλέκτες με ορθογωνικό αυλάκι και αναλογικό εκχειλιστή και σε αμμοσυλλέκτες με παραβολικό αυλάκι και στένωση τύπου Parshsall στο κατάντη άκρο του. Η απομάκρυνση της άμμου από τον εξαμμωτή γίνεται με ενσωματωμένες μηχανικές διατάξεις (όπως ξέστρα και μεταφορικές ταινίες) ή με φτυάρια, σε μικρές και οικονομικές εγκαταστάσεις.

Οι αεριζόμενοι αμμοσυλλέκτες είναι ορθογωνικοί αεριζόμενοι θάλαμοι, στους οποίους ο αέρας εισάγεται με διαχυτήρες. Έτσι δημιουργείται μία ελικοειδής ροή στο νερό με αποτέλεσμα την απομάκρυνση της άμμου. Η κατάλληλη ταχύτητα περιστροφής της ροής επιτυγχάνεται με τη ρύθμιση της παροχής αέρα. Ανάλογα με τη ρύθμιση απομακρύνονται σωματίδια συγκεκριμένης διαμέτρου. Η άμμος καθιζάνει στον πυθμένα που είναι διαμορφωμένος σε χοάνη, από όπου και απομακρύνεται,



Σχ. 3 Αεριζόμενος αμμοσυλλέκτης

2.3. Λιποσυλλέκτης

Ο λιποσυλλέκτης διαμορφώνεται σαν παγίδα στην οποία τα λίπη λόγω του μικρότερου ειδικού τους βάρους σε σχέση με το νερό συγκεντρώνονται στην επιφάνεια, ενώ το υπόλοιπο υγρό συνεχίζει τη ροή προς τα επόμενα στάδια επεξεργασίας. Δεν είναι πάντα απαραίτητος, εφόσον δεν υπάρχει ιδιαίτερο πρόβλημα επιπλεόντων και η δεξαμενή καθιζήσεως έχει κατάλληλο μηχανισμό για τον εξαφρισμό.

Η χωρητικότητα τους υπολογίζεται με χρόνο παραμονής 3-5 λεπτά και με δυναμικότητα αποθηκείσεως 40 l λίπους ανά l/sec παροχής. Η θερμοκρασία στην έξοδο πρέπει να είναι μικρότερη από 35°C. Η απόδοση φθάνει τα 80-90% στη συγκράτηση του λίπους, που πρέπει να απομακρύνεται τακτικά. Σε εγκαταστάσεις με λάδια ή εύφλεκτα υγρά χρησιμοποιούνται ειδικοί ελαιοδιαχωριστές.

Τέλος σε μεγάλες μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο αεριζόμενος εξαφριστήρας που εξασφαλίζει μαζί με την καλύτερη απομάκρυνση των επιπλεόντων και ένα είδος προαερισμού των αποβλήτων.

2.4. Δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης

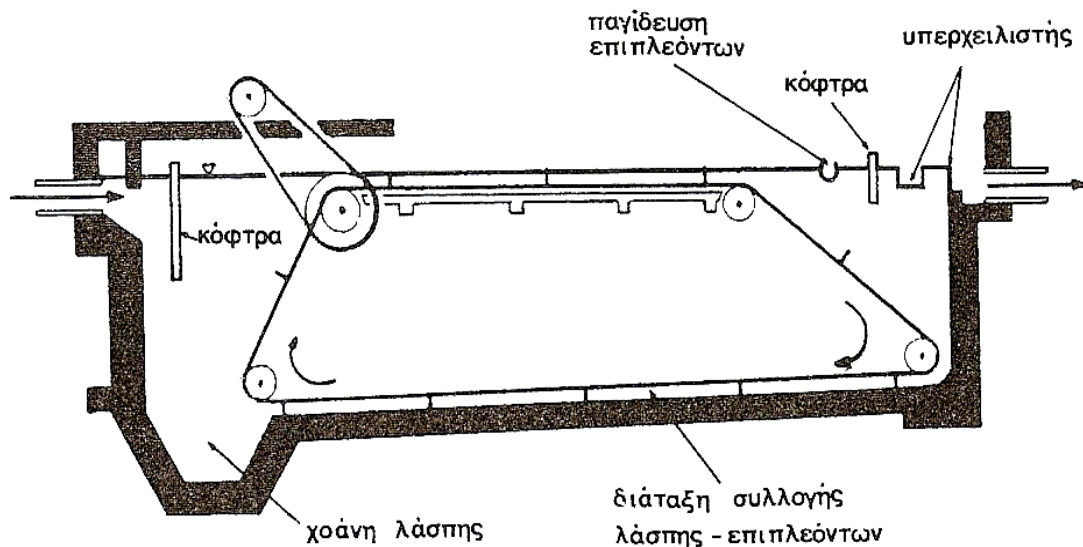
α. Αρχή λειτουργίας

Σκοπός της δεξαμενής πρωτοβάθμιας καθιζήσεως (ή αλλιώς δεξαμενή εξισορροπήσεως) είναι η απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών με την ελάττωση της ταχύτητας ροής των λυμάτων, οπότε ελαττώνεται και η συρτική ικανότητα, με αποτέλεσμα τα μεγαλύτερα και βαρύτερα αιωρούμενα υλικά να καθιζάνουν στον πυθμένα. Αποτελεί την πρώτη βασική μονάδα καθαρισμού. Μπορεί να παραληφθεί όταν επακολουθεί παρατεταμένος αερισμός ή αερόβια χώνευση λάσπης. Σε περιπτώσεις που το οργανικό φορτίο (BOD) είναι αυξημένο(π.χ. βοθρολύματα), μπορεί να αντικατασταθεί με δεξαμενή προαερισμού, στην οποία τα εισερχόμενα λύματα επανέρχονται σε πλήρως αερόβιες συνθήκες και αναμειγνύονται με επεξεργασμένα λύματα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αραίωση τους, και συνεπώς την επίτευξη μικρότερου χρόνου παραμονής στην δευτεροβάθμια επεξεργασία.

β. Τεχνικά χαρακτηριστικά δεξαμενών

Οι δεξαμενές καθιζήσεως κατασκευάζονται συνήθως, είτε ως ορθογωνικές με ροή των υγρών κατά μήκος της μεγάλης πλευράς, είτε ως κυκλικές με λοξή ροή από την κορυφή προς τα πάνω και έξω.

Οι ορθογωνικές κατασκευάζονται με μήκη μέχρι 90 m (συνήθως 30 m) και οι κυκλικές με διάμετρο έως 60 m. Τα βάθη εκλέγονται συνήθως σε 2 - 4 m και για τις δύο περιπτώσεις.

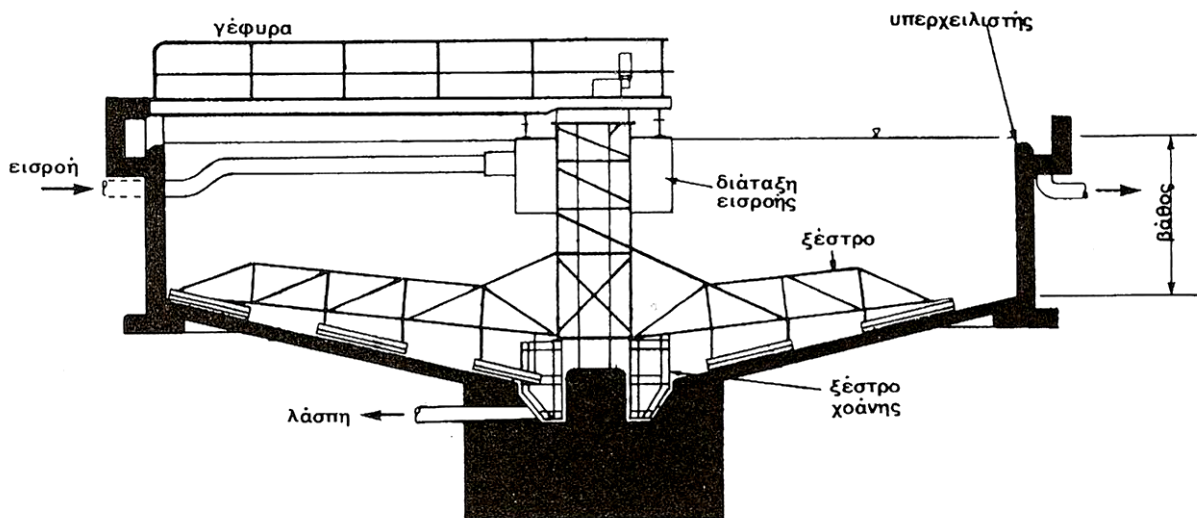


Σχ. 4 Τομή ορθογωνικής ΔΤΚ

Ιδιαίτερη προσοχή κατά την κατασκευή πρέπει να δίνεται στη διάταξη εισροής, για την αποφυγή βραχυκυκλώσεων στη ροή και διαταραχών στη ζώνη καθίζησης. Στις ορθογωνικές δεξαμενές αυτό επιτυγχάνεται αφενός με ανοίγματα εισροής, τα οποία σχεδιάζονται έτσι ώστε τα λύματα να διοχετεύονται ομοιόμορφα ως προς το πλάτος και αφετέρου με κόφτρες τοποθετημένες μπροστά από τα ανοίγματα και κάθετα ως προς τη ροή, που εκτείνονται 15 - 30 cm γύρω από τα ανοίγματα.

Στις κυκλικές η εισροή διαμορφώνεται συνήθως ως ένας κεντρικός δακτύλιος - κόφτρα με διάμετρο 15 - 20% της διαμέτρου της δεξαμενής και εκτείνεται μέχρι το μισό του βάρους της. Μία διαφορετική σχεδιαστική προσέγγιση αποτελεί η περιφερειακή διάταξη, κατά την οποία η είσοδος γίνεται εφαπτομενικά. Έχει βρεθεί ότι η διάταξη αυτή δημιουργεί καλύτερες συνθήκες ροής και κάνει τη ΔΤΚ 2 - 4 φορές αποδοτικότερη.

Η διάταξη εκροής για τις κυκλικές δεξαμενές αποτελείται από ένα κεντρικό ή συνηθέστερα περιφερειακό υπερχειλιστή. Στις ορθογωνικές τοποθετείται ένας ή περισσότεροι υπερχειλιστές κατά πλάτος. Η παροχή δεν πρέπει να δημιουργεί μεγάλες ταχύτητες για να αποφεύγεται η παράσυρση των στερεών που έχουν καθιζήσει.



Σχ. 5 Τομή κυκλικής ΔΠΚ

Στις ορθογωνικές δεξαμενές η λάσπη απομακρύνεται με δύο τύπους διατάξεων. Ο ένας τύπος περιλαμβάνει ένα σύστημα ατέρμονων μεταφορέων με το οποίο η λάσπη παρασύρεται από μία σειρά ξύλινων ξέστρων, τοποθετημένων πάνω σε ατέρμονη αλυσίδα που κινείται με κινητήρα, σε χοάνες κοντά στην εισορή. Ο δεύτερος τύπος είναι ένα σύστημα μετακινούμενης γέφυρας με ξέστρο, που κινείται πάνω σε οδηγό κατά μήκος της δεξαμενής. Το σύστημα αυτό έχει μικρότερο κόστος συντήρησης από τους ατέρμονες μεταφορείς.

Στις κυκλικές δεξαμενές η απομάκρυνση της λάσπης επιτυγχάνεται με τη χρήση ξέστρου που κινείται κυκλικά με τη βοήθεια ενός κινητήρα και συλλέγει τη λάσπη σε κεντρική χοάνη. Ο μηχανισμός αυτός στηρίζεται σε γέφυρα ή για μεγάλες δεξαμενές σε κεντρική βάση, μέσα από την οποία διέρχεται ο αγωγός εισροής. Επίσης συλλέγονται και τα εναπομείναντα επιπλέοντα στερεά με τη βοήθεια βραχίονα που κινείται κυκλικά.

Ο πυθμένας κατασκευάζεται με κλίση περίπου 1 % για τις ορθογωνικές και 8 - 12 % για τις κυκλικές.

Ο χώρος συγκεντρώσεως της λάσπης έχει κλίση πλευρών, κατακ.: οριζ. = 1,2 : 1 - 2 : 1

γ. Απόδοση, χρόνος συγκρατήσεως

Εφόσον η δεξαμενή μελετηθεί καλά και λειτουργεί κανονικά, απομακρύνει αρκετά BOD₅ (25 - 40%, με συνηθισμένο ποσοστό 35%) ανάλογα με το χρόνο συγκρατήσεως. Η απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών SS κυμαίνεται μεταξύ 50 - 70%.

Ο χρόνος συγκρατήσεως υπολογίζεται μεταξύ 1,5 - 2,5 ώρες.

3. ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ

3.1. Μέθοδος δραστικής λάσπης (ή ενεργού ιλύος).

Αυτή η μέθοδος είναι η πιο διαδεδομένη επεξεργασία "βιολογικού καθαρισμού" για τα οικιακά λύματα. Κατά τη μέθοδο αυτή τα απόβλητα οδηγούνται, μετά την πρωτοβάθμια επεξεργασία, σε αντιδραστήρα (δεξαμενή), όπου υποβάλλονται σε αερόβια σταθεροποίηση με τη συνεχή παροχή αέρα (οξυγόνου), είτε από αεραντλίες(διάχυση), είτε με μηχανική επιφανειακή ανάδευση.

Το περιεχόμενο του αντιδραστήρα αποτελείται από ένα αιώρημα ενεργής βιομάζας από συσσωματωμένες κροκίδες μικροοργανισμών, νερό και αδρανή στερεά που δεν συμμετέχουν στις βιολογικές αντιδράσεις και διαλυμένα, αιωρούμενα και κolloειδή συστατικά. Οι κροκίδες αυτές, που πρέπει να διατηρούνται πάντα σε αιώρηση μέσα στον αντιδραστήρα, μετά από ένα προκαθορισμένο διάστημα διαχωρίζονται και απομακρύνονται από το μικτό υγρό στη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθιζήσεως που ακολουθεί τη βιολογική επεξεργασία, προτού η τελική απορροή διατεθεί στον αποδέκτη.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφέρουμε ότι, για την επίτευξη καλύτερων αποτελεσμάτων, στη δεξαμενή αερισμού γίνεται πάντα ανακυκλοφορία δραστικής λάσπης από την δευτεροβάθμια καθίζηση με ρυθμό 25 - 50%. Αυτό συμβαίνει διότι η ανακυκλοφορία αυξάνει την ηλικία της λάσπης όπως και τη συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών στον αντιδραστήρα (MLSS). Γι' αυτό το λόγο το μείγμα ονομάζεται μικτό υγρό (Mixed Liquor),

Εκτός από την αποδόμηση των οργανικών ουσιών συχνά είναι επιθυμητό να σταθεροποιηθούν ορισμένες ανόργανες ενώσεις, όπως η αμμωνία και τα νιτρώδη (NH_3 , NO_2). Αυτό επιτυγχάνεται με τη διοχέτευση πρόσθετου οξυγόνου και την επιμήκυνση του χρόνου συγκρατήσεως. Για τα οικιακά λύματα που υποβάλλονται σε επεξεργασία δραστικής λάσπης σε θερμοκρασία $21^\circ - 22^\circ\text{C}$, απαιτείται μέσος χρόνος παραμονής μικροβίων τουλάχιστον 10 μέρες.

3.2. Τύποι διεργασιών και τροποποιήσεις

α. Συμβατική μέθοδος

Αποτελείται από τη δεξαμενή αερισμού (ΔΑ), τη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθιζήσεως και τη γραμμή ανακυκλοφορίας της δραστικής λάσπης. Τα λύματα και η λάσπη εισάγονται στην δεξαμενή αερισμού, όπου αναμιγνύονται και αερίζονται σταθερά και ομοιόμορφα για 4 - 8 ώρες. Η ανάμιξη επιτυγχάνεται είτε με επιφανειακούς ή υποβρύχιους αεριστήρες (τύπου jet), είτε με

ειδικούς μηχανικούς αναμικτήρες. Μετά το τέλος της βιολογικής επεξεργασίας το μικτό υγρό οδηγείται στη δεξαμενή καθίζησης.

Μειονέκτημα της συμβατικής μεθόδου είναι ότι η παροχή αέρα είναι σταθερή, ενώ η ζήτηση από τους οργανισμούς είναι μειούμενη.

β. Καθολική ανάμιξη

Κατά τη μέθοδο αυτή η εισαγωγή του μίγματος και της λάσπης γίνεται από διάφορα σημεία ενός κεντρικού αυλακιού εισροής, με στόχο η ζήτηση οξυγόνου και οργανικού φορτίου να είναι σταθερή σε όλο τον όγκο της δεξαμενής. Το μικτό υγρό υφίσταται καθολική ανάμιξη, από διάχυτους αεριστήρες ή από αναμικτήρες, καθώς κινείται από το κεντρικό αυλάκι στο αυλάκι εκροής στις πλευρές της δεξαμενής.

γ. Μειούμενος αερισμός

Η μέθοδος αυτή είναι παραλλαγή της συμβατικής, με τη διαφορά της προοδευτικά μειούμενης παροχής οξυγόνου, με σκοπό να προσαρμόσει τον αερισμό στις ανάγκες της κατανάλωσης από τους μικροοργανισμούς κατά μήκος της δεξαμενής.

Κατασκευαστικά συνίσταται στην προοδευτική αραίωση του συστήματος αερισμού από την αρχή προς το τέλος της δεξαμενής.

δ. Τμηματικός αερισμός

Στη μέθοδο αυτή η εισαγωγή των λυμάτων γίνεται από πολλά σημεία κατά μήκος της δεξαμενής, έτσι ώστε να κατανέμεται πιο ομοιόμορφα η ζήτηση οξυγόνου από τους μικροοργανισμούς, με αποτέλεσμα την καλύτερη αξιοποίηση της σταθερής προσφοράς οξυγόνου από το σύστημα αερισμού.

ε. Επαφή - σταθεροποίηση

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή η επεξεργασία γίνεται σε δύο στάδια, είτε σε δύο διαφορετικές δεξαμενές, είτε σε μία χωρισμένη σε διαμερίσματα.

Στο πρώτο στάδιο, που διαρκεί 20 - 40 λεπτά, τα οργανικά στοιχεία προσροφούνται από τις κροκίδες της δραστικής λάσπης. Στο δεύτερο στάδιο η εμπλουτισμένη με οργανικά λάσπη διαχωρίζεται με καθίζηση από τα λύματα και αερίζεται για 3 - 6 ώρες. Μέρος της λάσπης απομακρύνεται για την διατήρηση σταθερής συγκέντρωσης πτητικών αιωρούμενων στερεών του μικτού υγρού (MLVSS).

Η μέθοδος αυτή έχει αποδειχθεί ότι δίνει πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα όταν χρησιμοποιείται για αστικά λύματα.

στ. Παρατεταμένος αερισμός

Κατά τη μέθοδο αυτή γίνεται πολύωρος αερισμός (24 ώρες και περισσότερο), με αποτέλεσμα η διαδικασία αναπτύξεως να βρίσκεται στην ενδογενή φάση και η τελική λάσπη να είναι σε σημαντικό βαθμό οξειδωμένη, ώστε να μη χρειάζεται άλλη δεξαμενή σταθεροποιήσεως. Για το λόγο αυτό παραλείπεται η δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθιζήσεως και η δεξαμενή χωνεύσεως. Επίσης μπορεί η πλεονάζουσα λάσπη να μην αφαιρείται συνεχώς από το σύστημα αερισμού, αλλά να συγκεντρώνεται εκεί σε σημαντική ποσότητα (ίσως μέχρι MLSS = 10.000 mg/l) και να αφαιρείται περιοδικά. Με κανονικές συνθήκες τα αιωρούμενα στερεά του μικτού υγρού (MLSS) αυξάνουν με ρυθμό 40 - 60 mg/l.ημ για αστικά λύματα.

Το σύστημα παρατεταμένου αερισμού μπορεί να δέχεται περιοδικά τα φορτία χωρίς να αστοχεί. Προσφέρεται ιδιαίτερα για μικρές μονάδες (μέχρι 4000 m³/ημ.) και κυκλοφορεί ευρύτατα σε τυποποιημένους συμπαγείς εμπορικούς τύπους.

ζ. Οξειδωτική τάφος

Αποτελεί εφαρμογή του παρατεταμένου αερισμού για μικρούς οικισμούς. Αποτελείται από μία τάφο με ελλειψοειδή κάτοψη και με τραπεζοειδή διατομή στην οποία τα λύματα περιστρέφονται με ταχύτητα (0,25 - 0,35 m/sec).

3.3. Μέθοδοι αερισμού.

Οι βασικές μέθοδοι επίτευξης του επιθυμητού αερισμού στις δεξαμενές αερισμού των συστημάτων ενεργού ιλύος είναι οι εξής:

I. Συστήματα διαχύσεως του αέρα με φυσαλίδες

II. Συστήματα επιφανειακής αναμίξεως των αποβλήτων με μηχανικά μέσα και μεταφορά του οξυγόνου από την ατμόσφαιρα στα απόβλητα μέσω τύρβης

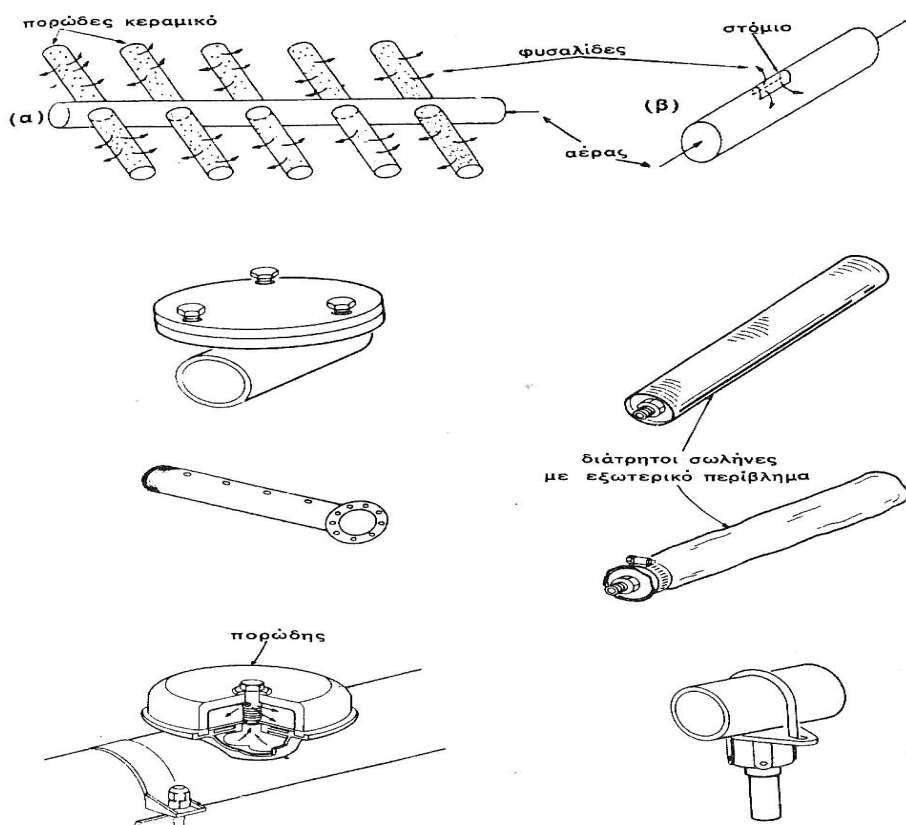
Στην πρώτη μέθοδο χρησιμοποιούνται αεριοσυμπιεστές οι οποίοι διοχετεύουν το οξυγόνο σε ειδικούς μηχανισμούς δημιουργίας φυσαλίδων, τους διαχυτήρες. Οι διαχυτήρες τοποθετούνται κοντά στον πυθμένα της ΔΑ. Οι φυσαλίδες δημιουργούνται κατά την απελευθέρωση του αέρα από το διαχυτήρα. Η μεταφορά του οξυγόνου γίνεται κατά την δημιουργία της φυσαλίδας και λίγο μετά την απελευθέρωση της. Η απόδοση του συστήματος εξαρτάται από το μέγεθος της φυσαλίδας, τη διάταξη και τον αριθμό των διαχυτήρων και από τη γεωμετρία της ΔΑ.

Οι διαχυτήρες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τους πορώδεις και τους μη πορώδεις.

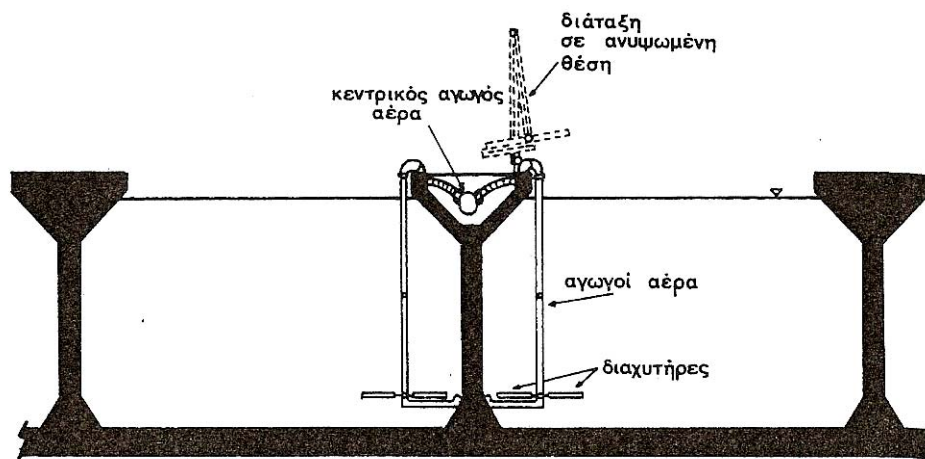
Οι πορώδεις παράγουν λεπτές - μέσες φυσαλίδες, έχουν σχήμα σωλήνα, πλάκας ή θόλου και τοποθετούνται κάθετα στα τοιχώματα της ΔΑ. Οι τύπου σωλήνα τοποθετούνται κατά μήκος της μίας πλευράς της ΔΑ, ενώ αυτοί σε σχήμα πλάκας ή θόλου διανέμονται σε όλο το πυθμένα. Είναι οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενοι λόγω της καλής απόδοσης που επιτυγχάνουν και προτιμούνται για τον αερισμό συμβατικής μεθόδου ΕΙ, παρατεταμένου αερισμού, επαφής - σταθεροποίησης, τμηματικού αερισμού και υψηλής φόρτισης. Τα μειονεκτήματά τους είναι το υψηλό αρχικό κόστος και το κόστος συντήρησης, όπως επίσης και η απαίτηση για τοποθέτηση φίλτρου αέρα για την αποφυγή του φραγμού τους.

Οι μη πορώδεις παράγουν μέσες - χονδρές φυσαλίδες από στόμια. Τοποθετούνται κατά μήκος της μίας πλευράς της ΔΑ, όπως οι πορώδεις τύπου σωλήνα και χρησιμοποιούνται στις ίδιες περιπτώσεις. Έχουν το πλεονέκτημα ότι δε φράζουν και έχουν χαμηλό κόστος συντήρησης, ενώ μειονεκτούν ως προς την απόδοση σε σχέση με τους πορώδεις.

Οι τυπικές τιμές απόδοσης είναι 10 - 30% για λεπτές φυσαλίδες, 6 - 15% για μέσες και 4 - 6% για χονδρές. Εκτός της απόδοσης οι διαχυτήρες αξιολογούνται από την ικανότητα μεταφοράς οξυγόνου ($N, kg O_2/h$).



Σχ. 6 Διάφορα είδη διαχυτήρων



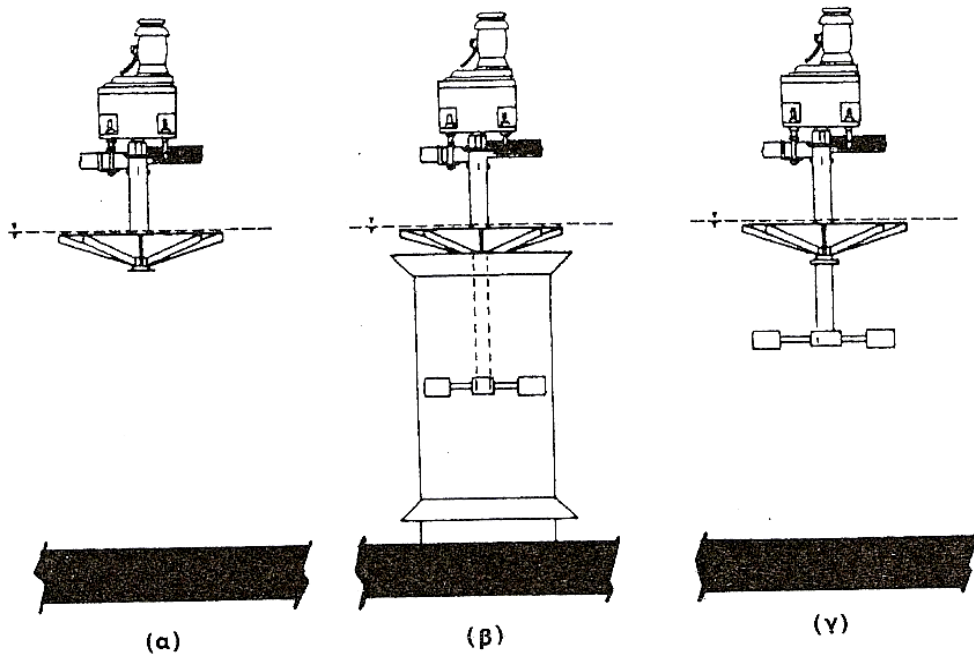
Σχ. 7 Τομή δεξαμενής αερισμού με διαχυτήρες στη μία πλευρά

Στη μέθοδο αερισμού με επιφανειακούς αεριστήρες η μεταφορά οξυγόνου στα απόβλητα γίνεται από την ατμόσφαιρα μέσω της τυρβώδους επιφάνειας που δημιουργείται από την ανάδευση των αποβλήτων.

Οι βασικοί τύποι αεριστήρων είναι τρεις: χαμηλής ταχύτητας (ακτινικής ροής), υψηλής ταχύτητας (αξονικής ροής) και οριζόντιοι περιστρεφόμενοι αεριστήρες (βούρτσες).

Οι αεριστήρες χαμηλής ταχύτητας πετυχαίνουν σχετικά υψηλή απόδοση και καλή ανάμιξη. Η ταχύτητα περιστροφής τους είναι 20 - 100 rpm, έχουν φτερωτή διάμετρο μέχρι 3,6 m και μπορεί να είναι επιπλέοντες ή σταθεροί. Οι σταθεροί τοποθετούνται σε πλατφόρμες ή σε κατάλληλα κατασκευασμένες γέφυρες. Η φτερωτή πρέπει να τοποθετείται σε απόσταση από τον πυθμένα 0,5 - 0,7 φορές τη διάμετρο της και συνιστάται η τοποθέτηση σε κατάλληλες διατάξεις μεταβολής του βυθίσματος, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται καλή ανάμιξη και μεταφορά οξυγόνου. Χρησιμοποιούνται στις ίδιες περιπτώσεις με τους διαχυτήρες και μειονεκτούν ως προς το κόστος συντήρησης του απαραίτητου μειωτήρα στροφών, ο οποίος επιβαρύνει και το κόστος εγκατάστασης. Επίσης μειονέκτημα αποτελεί και η μείωση της θερμοκρασίας της ΔΑ και η πιθανότητα δημιουργίας πάγου τις ψυχρές μέρες του χρόνου.

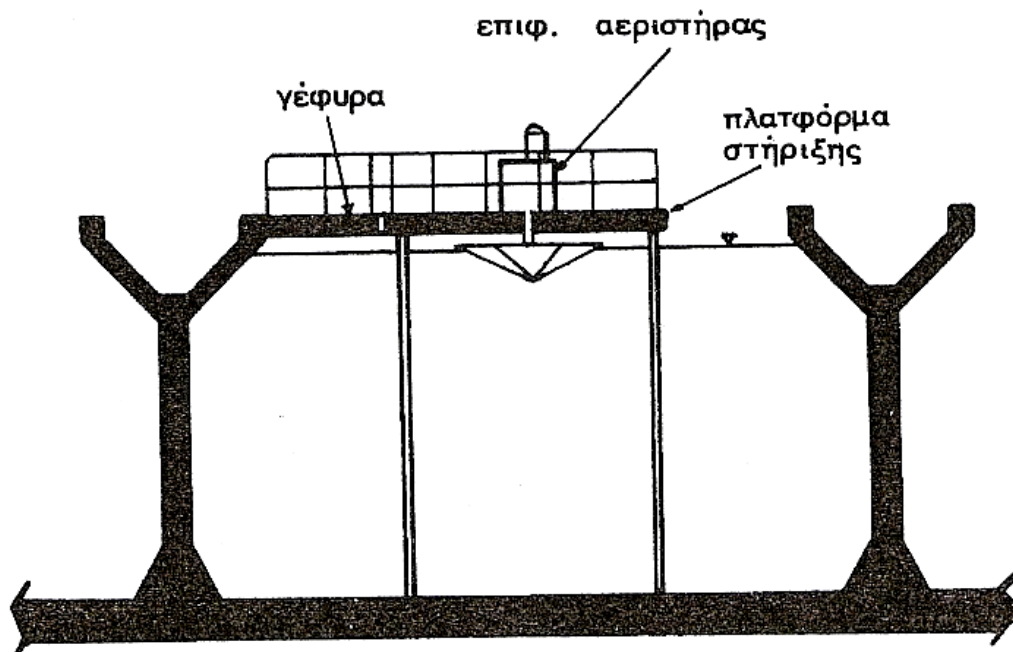
Οι αεριστήρες υψηλής ταχύτητας δεν χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα στις ΔΑ της ενεργού ιλύος, επειδή η υψηλή ταχύτητα περιστροφής (300 - 1200 rpm) «σπάει» τα αιωρούμενα στερεά δημιουργώντας προβλήματα στην καθίζηση στην δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης.



Σχ. 8 Είδη επιφανειακών αεριστήρων

Οι οριζόντιοι περιστρεφόμενοι αεριστήρες παράλληλα με τη μεταφορά οξυγόνου προκαλούν και οριζόντια κίνηση των αποβλήτων. Συνιστώνται για τη μέθοδο της οξειδωτικής τάφρου και διατίθενται σε μήκη μέχρι 7,5 m και με απόδοση μεταφοράς οξυγόνου 1,5 - 2,1 kg O₂/KWh.

Οι βασικές παράμετροι αξιολόγησης των επιφανειακών αεριστήρων είναι η απόδοση μεταφοράς οξυγόνου και ο βαθμός ανάμιξης.



Σχ. 9 Τομή ΔΑ με επιφανειακό αεριστήρα

3.4. Δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθιζήσεως

Η δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθιζήσεως ή τελικής καθιζήσεως τοποθετείται μετά τη βιολογική επεξεργασία για την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών που δημιουργούνται από τη βιολογική δράση.

Οι δεξαμενές αυτές είναι συνήθως ορθογωνικές ή κυκλικές. Για μικρές μονάδες οι κυκλικές κατασκευάζονται με βαθύ κωνικό πυθμένα, που διευκολύνει τη συγκέντρωση της λάσπης χωρίς μηχανική σάρωση. Κατασκευάζονται με διαμέτρους 3,5 - 60 m, με πιο συνηθισμένες από 10 - 30 m. Η ακτίνα της δεξαμενής πρέπει κατά προτίμηση να μην υπερβαίνει το 5πλάσιο του υγρού βάρους στην περιφέρεια ($r \leq 5\beta$).

Το βάθος της δεξαμενής πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να μη διαφεύγουν στερεά στην εκροή. Τα βάθη των ΔΔΚ εκλέγονται συνήθως 3 - 5 m. Το βάθος κάτω από τον υπερχειλιστή πρέπει να είναι τουλάχιστον 3,1 m για συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών MLSS 2000 mg/lit και να αυξάνεται κατά 0,3 m για κάθε αύξηση των MLSS κατά 1000 mg/lit. Τιμές του βάρους συναρτήσει της διαμέτρου δίνονται στον πίνακα 1.

Διάμετρος (m)	Βάθος (m)	
	Ελάχιστο	Μένιστο
<12	3.0	3.4
12 - 21	3.4	3.7
21 - 30	3.7	4.0
30 - 43	4.0	4.3
>43	4.3	4.6

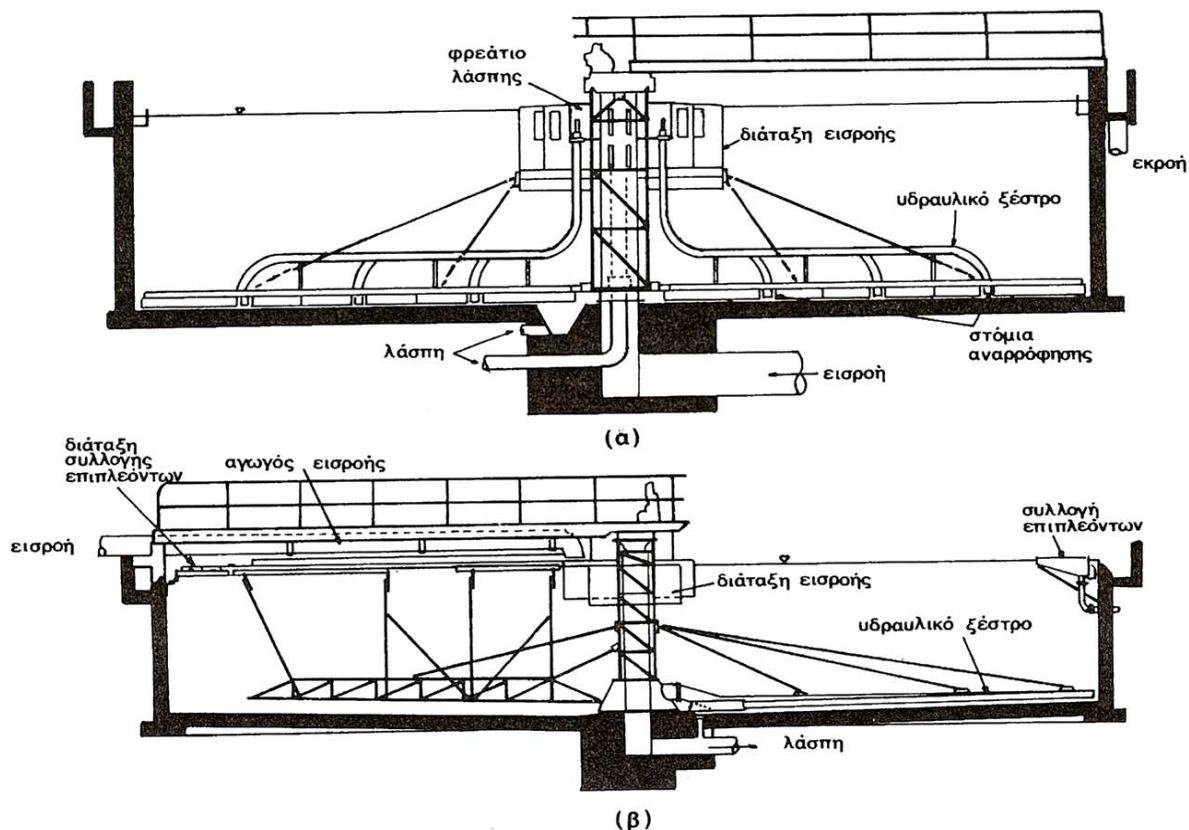
Πίνακας 1 Βάθη Δεξαμενών Δευτεροβάθμιας Καθίζησης

Το βάθος του στρώματος λάσπης πρέπει να είναι τουλάχιστο 1,2 - 1,5 m κάτω από τον υπερχειλιστή, ενώ το πάχος της λάσπης δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 0,9 - 1,2 m.

Υπάρχουν δύο τύποι τροφοδοτήσεως, με κεντρική και περιφερειακή τροφοδότηση. Στην πιο συνηθισμένη κεντρική τροφοδότηση ο εσωτερικός κύλινδρος διανομής πρέπει να έχει περίμετρο 15 - 20% της διαμέτρου της δεξαμενής και να μη βυθίζεται περισσότερο από 1,0 m κάτω από την επιφάνεια για την αποφυγή αναταράξεως της λάσπης στον πυθμένα ή βραχυκυκλώσεως της ροής (απευθείας έξοδος της εισροής από τον αγωγό απομακρύνσεως της λάσπης).

Η εκροή για τις κυκλικές δεξαμενές έχει βέλτιστη απόδοση όταν τοποθετείται στα 0,67 - 0,75 της ακτίνας της ΔΔΚ. Παρόλα αυτά λόγω ευκολίας κατασκευής οι υπερχειλιστές συνηθίζεται να τοποθετούνται στην

περιφέρεια. Για την αποφυγή εμφάνισης επιπλεόντων στερεών στην εκροή είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί διάταξη συλλογής επιπλεόντων.



Σχ. 10 Τομή διαφόρων ειδών ΔΔΚ κεντρικής εισροής

Η συλλογή της λάσπης γίνεται με περιστρεφόμενο μηχανισμό που είτε συγκεντρώνει τη λάσπη σε κεντρικό υποδοχέα, όμοια με το μηχανισμό της πρωτοβάθμιας καθίζησης, είτε με περιστρεφόμενο μηχανισμό που αναρροφά τη λάσπη απευθείας από τον πυθμένα με ακροφύσια. Στην πρώτη περίπτωση η λάσπη μπορεί να διαφύγει από το ξέστρο και να μην απομακρυνθεί, ενώ στην δεύτερη παρουσιάζεται το μειονέκτημα της διαταραχής της υδραυλικής συμπεριφοράς της ΔΔΚ, εξαιτίας των ρευμάτων που δημιουργεί η αναρρόφηση. Το βασικό πλεονέκτημα αυτής της διάταξης είναι η γρήγορη συλλογή της λάσπης, κάτι που διευκολύνει την επανακυκλοφορία της λάσπης. Πάντως και τα δύο συστήματα χρησιμοποιούνται ευρέως με ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Οι ορθογωνικές δεξαμενές κατασκευάζονται με μήκος μέχρι 90 m και πλάτος ως 24 m. Το μήκος συνιστάται να μην υπερβαίνει το δεκαπλάσιο του βάθους ($1 \leq 10\beta$). Για δεξαμενές μεγάλου μήκους είναι επιθυμητό να υπάρχουν δύο συστήματα συλλογής της λάσπης που τροφοδοτούν εναλλακτικά τον κεντρικό υποδοχέα. Η συλλογή της λάσπης κατά την κατεύθυνση της ροής των υγρών παρουσιάζει μεγαλύτερη απόδοση σε ορισμένες περιπτώσεις.

4. ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ

4.1. Σκοπός της τριτοβάθμιας επεξεργασίας

Κύριος στόχος της τριτοβάθμιας επεξεργασίας είναι η απομάκρυνση των ενώσεων του αζώτου και του φωσφόρου από τα προϊόντα μίας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων για την αποφυγή του φαινομένου ευτροφισμού του υδάτινου αποδέκτη. Επίσης σημαντικός στόχος είναι η απολύμανση των επεξεργασμένων λυμάτων, πριν από την διάθεση στον τελικό αποδέκτη, ώστε να επιτευχθούν τα απαιτούμενα μικροβιακά όρια.

4.2. Απομάκρυνση αζώτου

Το μεγαλύτερο μέρος του αζώτου που υπάρχει στα επιφανειακά νερά προέρχεται από τις αγροτικές δραστηριότητες, καθώς και από τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα. Αυτό που ενδιαφέρει στην επεξεργασία καθαρισμού των λυμάτων, είναι η μετατροπή του αμμωνιακού αζώτου, που βρίσκεται στα λύματα, σε οξείδια του αζώτου και αέριο άζωτο. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω μιας μικροβιολογικής διεργασίας δύο σταδίων. Την νιτροποίηση και την απονιτροποίηση.

4.2.1, Νιτροποίηση

Ο ρυθμός νιτροποίησης των αποβλήτων εξαρτάται από την θερμοκρασία και το pH, όπως επίσης και από το διαλυμένο οξυγόνο. Ο ρυθμός νιτροποίησης ελαττώνεται με τη μείωση της θερμοκρασίας. Αυτό μπορεί να αντισταθμιστεί με την αύξηση των αιωρούμενων σωματιδίων (MLSS) στο μικτό υγρό ή με κατάλληλη ρύθμιση του pH. Επίσης έχει βρεθεί ότι η νιτροποίηση δεν επηρεάζεται για συγκέντρωση οξυγόνου πάνω από 1,0 mg/lit. Αυτά οδηγούν στο συμπέρασμα ότι για την επίτευξη ικανοποιητικής νιτροποίησης απαιτείται αυξημένη ηλικία της λάσπης και αυξημένη παροχή οξυγόνου. Συγκεκριμένα απαιτείται 40% περισσότερο οξυγόνο από αυτό που απαιτείται για τη διάσπαση των οργανικών ενώσεων του άνθρακα και ηλικία λάσπης μεγαλύτερη από 6 ημέρες το καλοκαίρι και 10 ημέρες το χειμώνα για να πραγματοποιηθεί νιτροποίηση.

Η νιτροποίηση της αμμωνίας μπορεί να επιτευχθεί στην δεξαμενή αερισμού, με την εξασφάλιση του απαιτούμενου αερισμού, (οπότε η απαιτούμενη ποσότητα οξυγόνου θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στην διαστασιολόγηση των αεριστήρων της δεξαμενής). με αρκετό χρόνο συγκρατήσεως και με την επιδίωξη ειδικού τρόπου ροής των αποβλήτων μέσα στη δεξαμενή, Παρόλα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ξεχωριστές μονάδες που προσφέρουν ευελιξία και εξασφάλιση βέλτιστων συνθηκών λειτουργίας. Βεβαίως με τον τρόπο αυτό αυξάνεται και το κόστος εγκατάστασης.

4.2.2. Απονιτροποίηση

Η απονιτροποίηση συνίσταται στην αναγωγή των νιτρωδών και των νιτρικών σε αέριο άζωτο με βιολογική δράση από ετερότροφους μικροοργανισμούς σε αναερόβιο περιβάλλον.

Η διεργασία αυτή επιτυγχάνεται συνήθως σε ειδικές δεξαμενές οι οποίες κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργείται ειδικός τρόπος ροής και να διατηρείται το αναερόβιο περιβάλλον με υποβρύχιους αναμικτήρες, χωρίς να ευνοείται ο αερισμός.

Επίσης είναι σύνηθες η απονιτροποίηση να επιτελείται στη δεξαμενή αερισμού, χωρίς την χρησιμοποίηση ξεχωριστής μονάδας για αυτό το σκοπό, όπου οι συνθήκες ροής ευνοούν τη δημιουργία των απαιτούμενων περιοχών χωρίς οξυγόνο, οι οποίες είναι γνωστές ως ανοξικές ζώνες.

4.3. Απομάκρυνση φωσφόρου

Η απομάκρυνση του φωσφόρου επιτυγχάνεται σε βαθμό περίπου 10 - 30% κατά την βιολογική επεξεργασία στις δεξαμενές αερισμού. Σε περίπτωση όμως που κριθεί απαραίτητη η περαιτέρω απαλλαγή των αποβλήτων από το φώσφορο, η συνηθέστερη επιλογή είναι η τριτοβάθμια χημική επεξεργασία των αποβλήτων.

Αυτή αποτελείται από εγκατάσταση που περιλαμβάνει αναμικτήρα με προσθήκη ειδικών κροκυδωτικών και καθίζηση. Οι προστιθέμενες ουσίες είναι συνήθως ασβέστης, θειικό αργίλιο, χλωριούχος και θειικός σίδηρος, ενώ σαν βοηθητικό προστίθενται πολυηλεκτρολύτες.

4.4. Απολύμανση εκροής (Χλωρίωση)

Σκοπός της απολύμανσης είναι η απαλλαγή της τελικής εκροής από τα παθογόνα μικρόβια για την αποφυγή διαδόσεως ασθενειών από τα νερά του αποδέκτη. Κύριο ρόλο στην απολύμανση έχει η μέθοδος της χλωρίωσης. Με επιτυχία αλλά σε μικρότερο βαθμό χρησιμοποιούνται η μέθοδος του όζοντος και η μέθοδος της υπεριώδους ακτινοβολίας.

Η χλωρίωση γίνεται με την προσθήκη στο νερό αερίου χλωρίου, υποχλωριώδους νατρίου ή διοξειδίου του χλωρίου. Το χλώριο είναι ουσία τοξική για τον άνθρωπο, σε μικρές συγκεντρώσεις όμως είναι αβλαβές. Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι το μικρό κόστος εγκατάστασης, η απλότητα λειτουργίας, η παρατεταμένη απολυμαντική δράση και οι μειωμένες απαιτήσεις ποιότητας των προς απολύμανση λυμάτων.

Οι μονάδες χλωρίωσης είναι γενικά απλές, καθώς αποτελούνται από μία δεξαμενή επαφής του νερού με το χλώριο, την συσκευή χλωρίωσης και από

τη δεξαμενή αποθήκευσης του χλωρίου. Έχει βρεθεί ότι η συσκευή χλωρίωσης, για να είναι αποδοτική, πρέπει να είναι σωληνοειδούς ροής. Αυτό επιτυγχάνεται με τη διαμόρφωση κόφτρων κατά μήκος του χλωριωτή (όπως φαίνεται στο σχήμα 36 της σελίδας 66) ή με τη χρησιμοποίηση αγωγού μεγάλου μήκους.

Η συσκευή χλωρίωσης μπορεί να είναι απλή συνεχούς παροχής και αυτόματη, η οποία έχει την πρόσθετη λειτουργία του συγχρονισμού της παροχής χλωρίου με αυτή των αποβλήτων. Η εφαρμογή αυτή είναι πολυπλοκότερη, αλλά έχει αποδειχθεί οικονομικότερη όσον αφορά την κατανάλωση χλωρίου.

Σημαντικές παράμετροι σχεδίασεως της μονάδας χλωρίωσης είναι η δΟΣΟΛΟΓΙΑ του χλωρίου και ο χρόνος επαφής με το νερό. Όσον αφορά την δΟΣΟΛΟΓΙΑ για την μέθοδο της δραστικής λάσπης μία ενδεικτική τιμή είναι 2 - 8 mg/lit Cl₂. Ο απαιτούμενος χρόνος παραμονής των λυμάτων σε επαφή με το χλώριο, έτσι ώστε αυτό να δράσει, υπολογίζεται σε περίπου 30 λεπτά.

5. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΑΣΠΗΣ

5.1. Γενικά

Η λάσπη που παράγεται από την βιολογική επεξεργασία των αποβλήτων περιέχει σημαντικό ποσοστό βλαβερών συστατικών. Γι' αυτό το λόγο θα πρέπει να υποστεί ειδική επεξεργασία, έτσι ώστε να μπορεί να διατεθεί με ασφάλεια. Αυτό συνήθως επιτυγχάνεται με τις επεξεργασίες της πάχυνσης (συμπύκνωση), της χώνευσης και της αφυδάτωσης της λάσπης. Από αυτές, η πάχυνση και η αφυδάτωση αποσκοπούν στην ελάττωση του όγκου της λάσπης για την ευκολότερη διαχείριση της και η χώνευση στην εξουδετέρωση των βλαβερών οργανικών ουσιών.

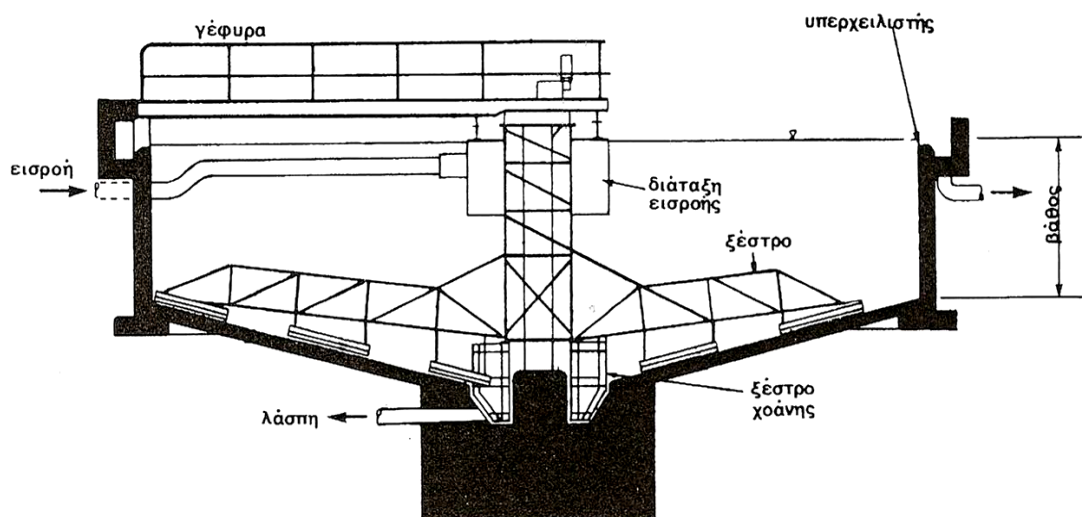
5.2. Πάχυνση (συμπύκνωση)

Η δραστική λάσπη είναι εντελώς υδαρές υγρό (περίπου 99% υγρασία), σκοπός της πάχυνσης είναι η συμπύκνωση της, που επιτυγχάνεται αποτελεσματικά σε ειδικές μονάδες. Αυτές μπορεί να είτε με μηχανική καθίζηση, είτε με επίπλευση, είτε με φυγοκέντρωση.

5.2.1. Μηχανικοί παχυντές βαρύτητας

Αυτός ο τύπος παχυντή παρουσιάζει πολλές ομοιότητες με τις δεξαμενές καθιζήσεως. Χρησιμοποιούν σάρωθρο με ειδικές κατακόρυφες ράβδους σε δικτυωτή διάταξη, έτσι ώστε να διασπάται η μάζα και να δημιουργούνται κενά που διευκολύνουν την άνοδο των υγρών, ενώ η συμπυκνωμένη λάσπη

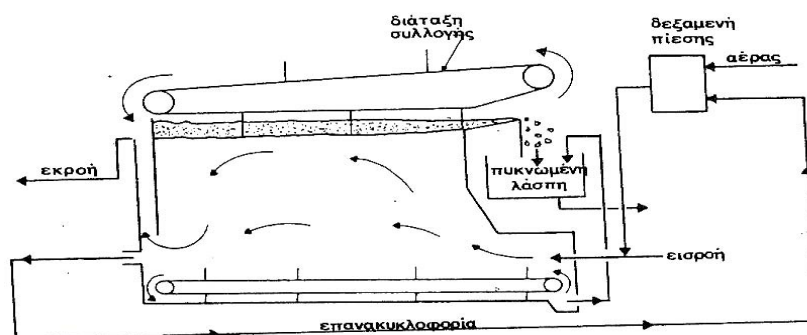
καθίζάνει. Τα υπερχειλίζοντα υγρά επιστρέφουν στην 1^η καθίζηση από ειδικά διαμορφωμένο αυλάκι, ενώ η συμπυκνωμένη λάσπη οδηγείται από τον πυθμένα για περαιτέρω επεξεργασία. Εκτός του σαρώθρου τους οι μηχανικοί παχυντές διαφέρουν κατασκευαστικά από τις δεξαμενές καθιζήσεως, από το λόγο βάθος/διάμετρο, που είναι μεγαλύτερος. Το βάθος τους χωρίζεται στη ζώνη καθίζησης που παίρνεται ίσο με 1,2 - 1,8 m και στη ζώνη πύκνωσης και αποθήκευσης, στην οποία πρέπει να υπάρχει ο επαρκής χώρος χωρίς όμως να δημιουργούνται προβλήματα αναερόβιων διεργασιών. Γενικά ο όγκος αποθήκευσης δεν πρέπει να ξεπερνάει την ημερήσια παραγωγή λάσπης. Συνήθως εκλέγεται βάθος 3,0 - 3,5 μέτρα για αστικά λύματα. Οι κλίσεις του πυθμένα είναι 1:6 - 1:4 ώστε να διευκολύνεται η συσσώρευση της λάσπης στη χοάνη συλλογής.



Σχ. 11 Τομή τυπικού πυκνωτού βαρύτητας

Οι παχυντές αυτού του τύπου είναι ιδιαίτερα διαδεδομένοι, λόγω του οικονομικού της κατασκευής και λειτουργίας τους, επιτυγχάνοντας παράλληλα υψηλά ποσοστά αποδοτικότητας που φτάνει το 95%.

5.2.2. Παχυντές επίπλευσης

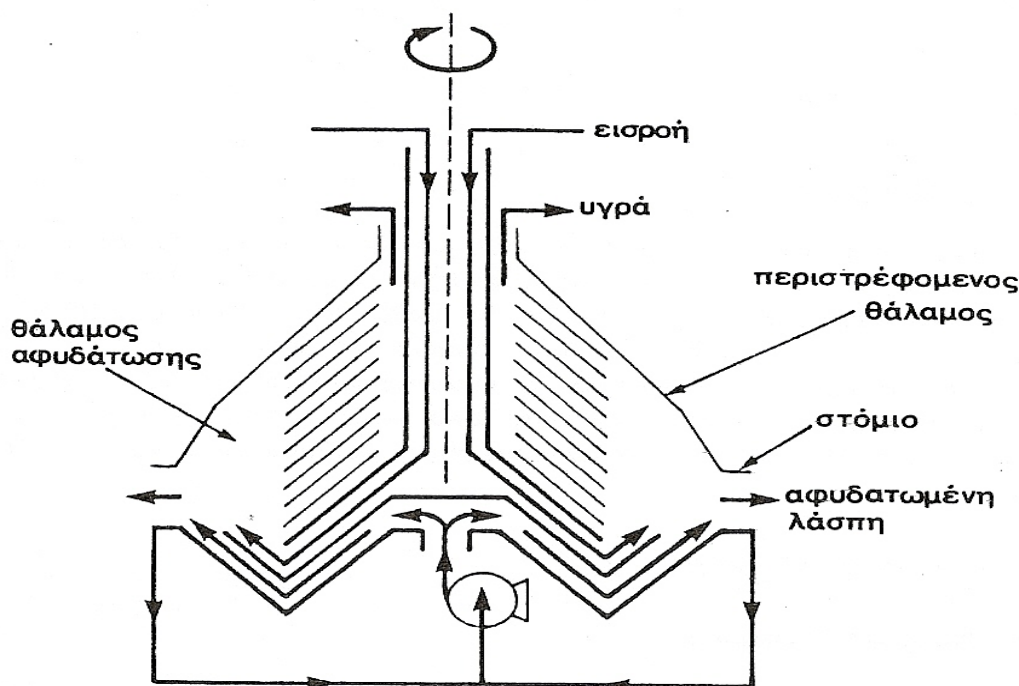


Σχ. 12 Πυκνωτής επίπλευσης

Οι παχυντές επίπλευσης χρησιμοποιούν την ακριβώς αντίθετη τεχνική από τους παχυντές βαρύτητας. Επιδιώκουν την επίπλευση των στερεών, με την δημιουργία φυσαλίδων, ενώ ταυτόχρονα τα υγρά απομακρύνονται από τον πυθμένα. Πλεονεκτήματα τους είναι η μικρή επιφάνεια και όγκος και η αποδοτικότερη συμπεριφορά τους για λάσπες με κολλοειδή χαρακτηριστικά, όπως είναι η δραστική. Αντιθέτως μειονεκτούν από την οικονομική πλευρά.

5.2.3. Ξυγοκεντρικοί παχυντές

Αποτελούνται από ένα περιστρεφόμενο κύλινδρο με κωνικό τέρμα, στο εσωτερικό του οποίου περιστρέφεται ελικοειδής μεταφορέας. Η λάσπη τροφοδοτείται από ακροφύσια τοποθετημένα στο εσωτερικό του άξονα του κυλίνδρου, που για το σκοπό αυτό είναι κοίλος. Τα στερεά της λάσπης προωθούνται από το μεταφορέα προς την κωνική πλευρά του κυλίνδρου, ενώ τα υγρά διαφεύγουν από την άλλη πλευρά.



Σχ. 13 Ξυγοκεντρικός πυκνωτής

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι ο μικρός χώρος που καταλαμβάνει και η απουσία οσμών. Μειονεκτεί στο γεγονός ότι η παρουσία άμμου επηρεάζει την απόδοση της, άρα απαιτεί πολύ καλή προεπεξεργασία και ο χειρισμός του πυκνωτή πρέπει να γίνεται από εξειδικευμένο προσωπικό.

5.3. Σταθεροποίηση (Χώνευση)

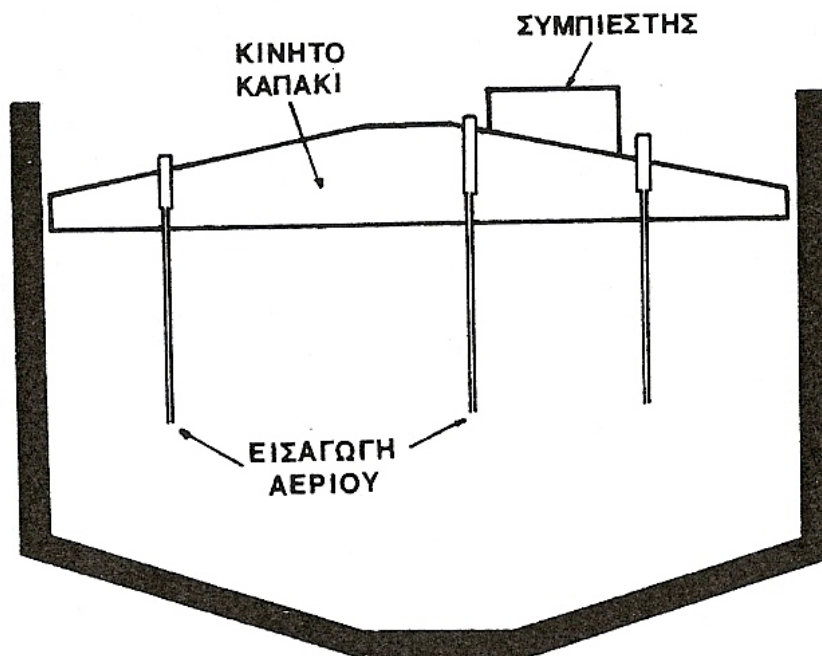
5.3.1. Γενικά

Η χώνευση ακολουθεί συνήθως την συμπύκνωση και αποτελεί σημαντικό στάδιο επεξεργασίας της λάσπης γιατί συμβάλει στην εξουδετέρωση των παθογόνων παραγόντων και στην εξάλειψη της έντονης δυσοσμίας που αυτή αναδίδει. Η χώνευση γίνεται είτε αναερόβια, σε συμβατικές μονάδες κλειστών δεξαμενών καθίζησης, είτε αερόβια με αερισμό.

5.3.2. Αναερόβια επεξεργασία

Τα βασικά είδη αναερόβιας επεξεργασίας είναι η χαμηλής φόρτισης και η υψηλής φόρτισης. Η χαμηλής φόρτισης είναι το πιο παλιό είδος και χρησιμοποιείται πλέον μόνο σε μικρές μονάδες λόγω των αρκετών μειονεκτημάτων που έχει. Η υψηλής φόρτισης είναι η αποδοτικότερη μέθοδος χώνευσης. Κύρια χαρακτηριστικά της είναι η πλήρης ανάμιξη, η θέρμανση, η ομοιόμορφη τροφοδοσία της εισροής της και η συνεχής λειτουργία.

Η αναερόβια επεξεργασία τελείται σε δύο στάδια. Στο 1^ο από αυτά γίνεται μετατροπή των οργανικών ενώσεων σε οργανικά οξέα και στο 2^ο τα οργανικά οξέα διασπώνται από μεθανοβακτήρια και παράγεται μεθάνιο (σε ποσοστό 65 - 70%) και CO₂ (25 - 30%). Τα μεθανοβακτήρια είναι πολύ ευαίσθητα στις μεταβολές της θερμοκρασίας και του pH.



Σχ. 14 Αναερόβιος χωνευτής με παροχή αερίου από την οροφή

Λόγω της ανάμιξης που λαμβάνει χώρα στους χωνευτές υψηλής φόρτισης είναι συνηθισμένο να χρησιμοποιείται και μία δεύτερη μονάδα. Στη 1^η μονάδα τελείται η βιολογική επεξεργασία της λάσπης, ενώ στο 2^η γίνεται αποθήκευση και ολοκλήρωση της χώνευσης.

Οι συνηθισμένοι χρόνοι παραμονής της λάσπης στις δεξαμενές είναι 10 - 15 μέρες, αλλά μπορεί να φτάσουν και τις 25 μέρες. Αναλυτικότερα τιμές του χρόνου παραμονής δίνονται στον Πίνακα 2, σαν συνάρτηση της θερμοκρασίας.

Θερμοκρασία °C	Χρόνος παραμονής (Ημέρες)	
	κρίσιμος	σχεδιασμού
18	11	28-40
24	8	20-30
30	6	14-25
35	4	10-20
40	4	10-20

Πίνακας 2 Χρόνοι παραμονής λάσπης σε χωνευτή

Ο κρίσιμος χρόνος είναι ο ελάχιστος χρόνος κατά τον οποίο διατηρείται η βιολογική δραστηριότητα στο χωνευτή. Συνιστάται ο σχεδιασμός με ένα συντελεστή ασφαλείας 2,5 πάνω από τον κρίσιμο χρόνο.

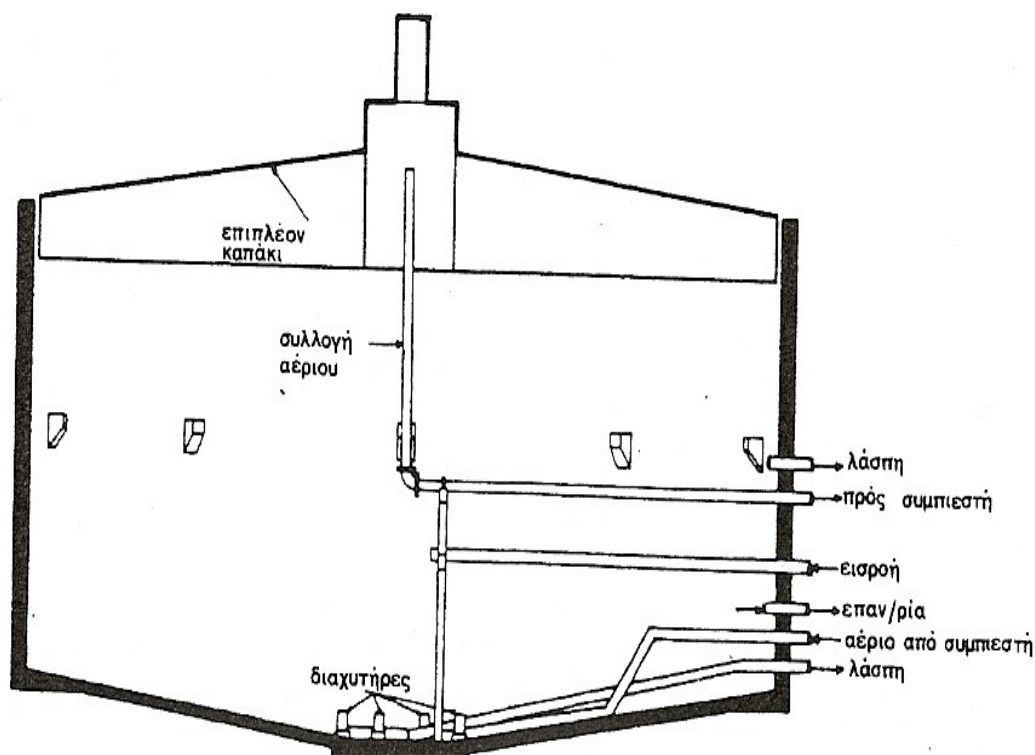
Η μείωση των VS που επιτυγχάνεται σ' αυτούς τους χρόνους υπολογίζεται σε 50 - 60%.

Η θέρμανση του χωνευτή έχει σκοπό τη διατήρηση της θερμοκρασίας στο απαιτούμενο για την βέλτιστη απόδοση επίπεδο. Αυτό επιτυγχάνεται με τη διαμόρφωση της δεξαμενής έτσι ώστε να φέρει ελικοειδή σωλήνωση όπου κυκλοφορεί ατμός ή ζεστό νερό ή με άμεση θέρμανση της δεξαμενής με καύση αερίου, το οποίο συνηθίζεται να είναι το παραγόμενο για λόγους οικονομίας. Έχει αποδειχθεί ότι η απόδοση των χωνευτών βελτιστοποιείται για θερμοκρασία 35 °C (μεσοφιλική περιοχή) και 54 °C (θερμοφιλική περιοχή).

Η ανάμιξη επιτυγχάνεται είτε με μηχανικά μέσα (φτερωτές, τουρμπίνες κλπ.), με επίτευξη βαθμού ανάμιξης περίπου 6,5 W/m³ χωνευτή, είτε με χρήση μέρους του παραγόμενου αερίου τροφοδοτούμενου με ειδικούς εγχυτήρες από τον πυθμένα ή την οροφή της δεξαμενής.

Κατασκευαστικά οι δεξαμενές είναι συνήθως κυκλικής διατομής με διάμετρο D = 5.0 - 35.0 m και υγρό βάθος στο μέσο τουλάχιστο 7,5 m και φθάνει μέχρι τα 15,0 m ή και περισσότερο. Το ελεύθερο ύψος είναι 0,5 - 0,6 m για κινητό καπάκι, 0,3 - 0,6 m για επίπεδο σταθερό καπάκι και μικρότερο από 0,3 m για κωνικό ή θολωτό καπάκι. Ο πυθμένας πρέπει να έχει κλίση τουλάχιστο 1

κατακόρυφα και 4 οριζόντια, ενώ για να είναι αποτελεσματική η λειτουργία του χωνευτή ο λόγος ακτίνας/βάθους πρέπει να είναι τουλάχιστον 1/6.

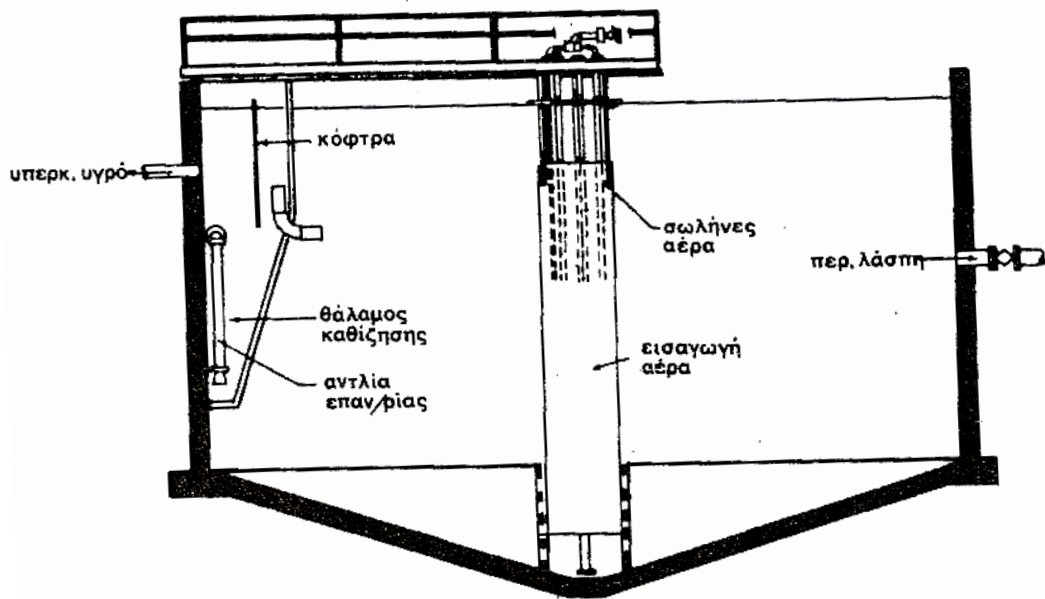


Σχ. 15 Χωνευτής με επιπλέον καπάκι και παροχή αερίου από τον πυθμένα

Οι αναερόβιοι χωνευτές κατασκευάζονται από οπλισμένο σκυρόδεμα και σπανιότερα από χάλυβα. Επίσης για λόγους ασφαλείας, επειδή το παραγόμενο μεθάνιο είναι εύφλεκτο αέριο, η συγκέντρωση του αερίου δε πρέπει να έρχεται σε επαφή με τον αέρα. Για το λόγο αυτό οι δεξαμενές προτιμούνται να κατασκευάζονται με πλωτό κάλυμμα, ενώ σε περίπτωση σταθερού καλύμματος, πρέπει όση ποσότητα λάσπης αφαιρείται, ίση ακριβώς να προστίθεται.

5.3.3. Αερόβια επεξεργασία

Η αερόβια χώνευση της λάσπης είναι διεργασία παραπλήσια με τον παρατεταμένο αερισμό των λυμάτων. Δηλαδή αποσκοπεί στην περαιτέρω ανάπτυξη των αερόβιων μικροοργανισμών, έως ότου φθάσουν σε σημείο αυτό-οξειδωσης. Η αερόβια χώνευση είναι διεργασία που επιτρέπει μεγαλύτερες διακυμάνσεις του pH και της θερμοκρασίας, γι' αυτό είναι καταλληλότερη για λάσπη προερχόμενη από βιομηχανικά λύματα.



Σχ. 16 Τομή τυπικού αερόβιου χωνευτή

Τα βασικά είδη αερόβιας χώνευσης είναι τα εξής:

I. Συμβατική συνεχής.

Είναι απόλυτα όμοια με την ενεργό ίλυ. Μετά την χώνευση η λάσπη οδηγείται σε δεξαμενή καθίζησης απ' όπου απομακρύνεται ή επανακυκλοφορείται.

II. Θερμοφιλική - αυτοθερμαινόμενη.

Βασίζεται στο ότι η διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω είναι αντίδραση εξώθερμη. Η παραγόμενη θερμότητα είναι αρκετή για την αύξηση της θερμοκρασίας του χωνευτή έως τους 60°C . Η αύξηση της θερμοκρασίας επιταχύνει την διαδικασία και επιτυγχάνεται υψηλότερο ποσοστό μείωσης των πτητικών στερεών (VS), ενώ συγχρόνως παστεριώνεται η λάσπη.

III. Με χωνευτή χωρισμένο σε τμήματα

Είναι όμοια με τη συμβατική, χωρίς επανακυκλοφορία και ο χωνευτής είναι χωρισμένος σε τμήματα, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ικανότητα αποθήκευσης της λάσπης. Είναι κατάλληλη για μικρές εγκαταστάσεις ενεργού ιλύος.

Οι συνηθισμένοι χρόνοι παραμονής στους αερόβιους χωνευτές είναι 10 - 15 μέρες για θερμοκρασία 20°C και λάσπη από περίσσεια ενεργού ιλύος, 15 - 20 μέρες για μίγμα πρωτοβάθμιας καθίζησης και περίσσειας ενεργού ιλύος και 12 - 18 μέρες για εγκαταστάσεις ενεργού ιλύος χωρίς πρωτοβάθμια καθίζηση.

Η μείωση των VS για αυτούς τους χρόνους υπολογίζεται σε 40 - 45%. Για θερμοκρασίες 5 °C και 10 °C οι χρόνοι παραμονής πρέπει να αυξάνονται σε 20 και 30 μέρες αντίστοιχα για μείωση των VS τουλάχιστον κατά 30%.

Οι αερόβιοι χωνευτές κατασκευάζονται χωρίς κάλυμμα, με μέτρα ελαχιστοποίησης των απωλειών θερμότητας. Το υλικό που χρησιμοποιείται είναι σκυρόδεμα, η κατασκευή γίνεται κάτω από το επίπεδο του εδάφους και αποφεύγονται οι επιφανειακοί αεριστήρες.

5.4. Αφυδάτωση και ξήρανση

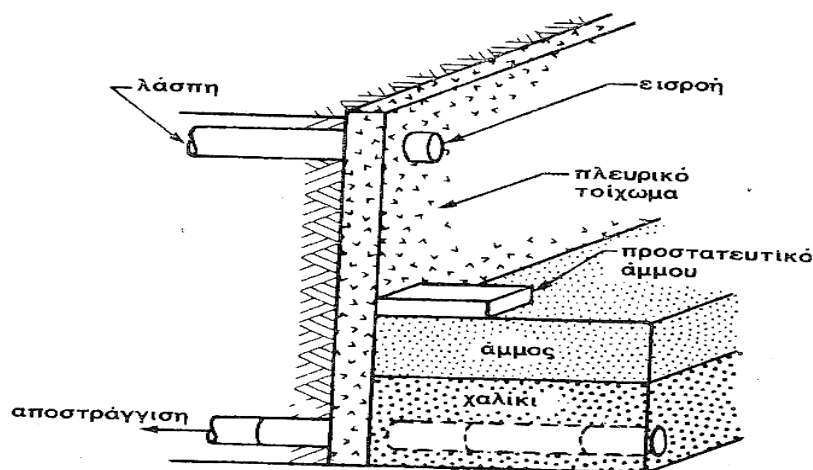
5.4.1. Γενικά

Η περιεκτικότητα της λάσπης, ακόμα και μετά τις επεξεργασίες της συμπύκνωσης και της χώνευσης, σε νερό είναι αρκετά μεγάλη. Γι' αυτό πρέπει να αφυδατωθεί και να ξηραθεί προκειμένου να είναι εύκολη και οικονομική η μεταφορά της. Οι πιο διαδεδομένες διεργασίες για το σκοπό αυτό είναι οι αμμοκλίνες ξήρανσης και η ξήρανση με μηχανικά μέσα (φίλτρα συμπίεσης, φιλτρόπρεσσα, κλπ.). Επίσης θα πρέπει να σημειωθεί ότι είναι σύνηθες να χρησιμοποιούνται και οι δύο μονάδες ταυτόχρονα σε μία εγκατάσταση επεξεργασίας, με τη μία από τις δύο να έχει το ρόλο της εφεδρείας.

5.4.2. Αμμοκλίνες ξήρανσης

Η διαδικασία αφυδάτωσης στις ξηραντικές κλίνες περιλαμβάνει την διήθηση του νερού από τη λάσπη, διεργασία που διαρκεί περίπου 1 - 3 μέρες και οδηγεί σε συγκέντρωση στερεών 15 - 25% και την εξάτμιση του νερού που είναι μία διεργασία με μικρότερο ρυθμό από αυτόν της διήθησης και έχει σαν αποτέλεσμα συγκεντρώσεις στερεών 30 - 50%.

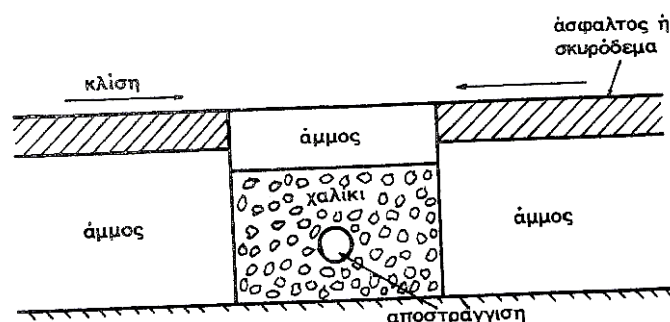
Οι αμμοκλίνες ξήρανσης χωρίζονται σε τρία είδη, στις συμβατικές, στις επιστρωμένες κλίνες και στις κλίνες με κυματοειδή πυθμένα.



Σχ. 17 Τυπική κλίνη ξήρανσης

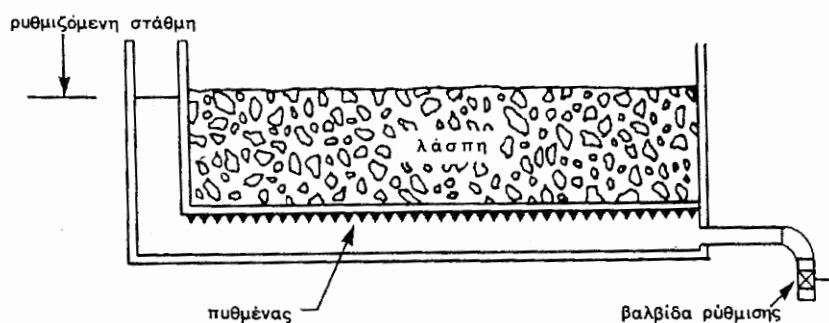
Οι συμβατικές κλίνες είναι δεξαμενές ορθογωνικής διατομής που διαχωρίζονται σε τμήματα πλάτους έως 5 - 20 m και μήκους μέχρι 15 - 50 m για ομοιόμορφη κατανομή της λάσπης. Στο εσωτερικό τους τοποθετείται ένα στρώμα άμμου με πάχος 10 - 20 cm με κατάλληλα κοκκομετρικά χαρακτηριστικά. Κάτω από την άμμο τοποθετείται στρώμα χαλικιών πάχους 20 - 45 cm και με διαβαθμισμένο διαμέτρημα από 15 - 25 mm. Είναι ακάλυπτες, εκτός αν βρίσκονται σε περιοχή με έντονες βροχοπτώσεις, οπότε διαμορφώνονται με κάλυμμα παρόμοιο των θερμοκηπίων. Η στραγγίση γίνεται με σωλήνες από πηλό ή πλαστικό τοποθετημένους κάτω από τα χαλίκια με ανοικτούς αρμούς, σε απόσταση 2,5 - 6,0 m. Τα στραγγίσματα οδηγούνται στην εισαγωγή της εγκατάστασης μέσω αντλιοστασίου.

Οι επιστρωμένες κλίνες είναι όμοιες με τις συμβατικές και διαφέρουν ως προς το ότι μέρος της επιφάνειάς τους είναι επιστρωμένο με σκυρόδεμα ή άσφαλτο που έχει κλίση τουλάχιστον 1,5% προς την περιοχή απορροής. Η επίστρωση έχει πάχος 20 - 30 cm και η ζώνη αποστράγγισης έχει πλάτος 0,6 - 1 m. Οι επιστρωμένες κλίνες απαιτούν μεγαλύτερη επιφάνεια από τις συμβατικές, αλλά παρουσιάζουν ευκολία στην απομάκρυνση της λάσπης και περιορισμένη συντήρηση.



Σχ. 18 Επιστρωμένη κλίνη ξήρασης

Οι κλίνες με κυματοειδή πυθμένα αποτελούνται από μία στεγανή λεκάνη με πυθμένα διαμορφωμένο έτσι ώστε να έχει κυματοειδή ανοίγματα 25 mm. Απαιτεί προετοιμασία πριν την λειτουργία, η οποία συνίσταται στο γέμισμα της λεκάνης με νερό κατά 2,5 cm περίπου από τον πυθμένα. Έχει αποδειχθεί ότι η μέθοδος αυτή οδηγεί σε γρηγορότερη αποστράγγιση των υγρών, ενώ χρειάζεται περιορισμένη συντήρηση και παρουσιάζει δυνατότητα επεξεργασίας μεγαλύτερης ποσότητας λάσπης από τις συμβατικές και ευκολότερη απομάκρυνση της επεξεργασμένης λάσπης.



Σχ. 19 Κλίνη ξήρασης με κυματοειδή πυθμένα

Είδος λάσπης	Συγκέν. λάσπης, %	Χρόνος παραμονής, d	Συγκ. αφυδατωμ. λάσπης, %
Πρωτοβάθμια	8,5	14	25
Πρωτοβάθμια + περ, ΕΙ	3	12	10
ΒΦ	2,9	20	8,8
Περ. ΕΙ (σταθερ.)	0,7	12	6,2
Περ. ΕΙ (ασταθερ.)	1,1	8	9,9
Περ. ΕΙ (πυκν.)	2,5	41	8,1

Πίνακας 3 Στοιχεία απόδοσης κλινών με κυματοειδή πυθμένα

Η τροφοδότηση της κλίνης γίνεται με χυτοσιδηρούς σωλήνες που πρέπει να εξασφαλίζει ταχύτητα ροής $>0,75 \text{ m/sec}$. Ο σωλήνας αυτός καταλήγει σε φρεάτιο το οποίο είναι εφοδιασμένο με συρταρωτές δικλίδες για κάθε τμήμα της κλίνης, με σκοπό την περιοδική και επιλεκτική φόρτιση αυτών. Το στρώμα λάσπης με το οποίο φορτίζεται το κάθε τμήμα είναι πάχους 30 cm περίπου.

Μετά από μία εβδομάδα ή 15 ημέρες η στράγγιση φθάνει σε ικανοποιητικό επίπεδο και η επιφάνεια της λάσπης παρουσιάζει ρήγματα. Σε αυτό το στάδιο είναι έτοιμη για μεταφορά και χρήση της συνήθως ως λίπασμα.

Η αφαίρεση της ξηραμένης λάσπης γίνεται είτε χειρωνακτικά με κατάλληλη τσουγκράνα, είτε μηχανικά με ειδικό ξέστρο που κινείται ευθύγραμμα πάνω σε κατάλληλα διαχωριστικά χωρίσματα.

Η καλά χωνευμένη λάσπη δεν εκπέμπει δυσοσμία όταν διασκορπιστεί στην αμμοκλίνη. Παρόλα αυτά αυτές πρέπει να βρίσκονται σε απόσταση τουλάχιστο 100 m από κατοικίες.

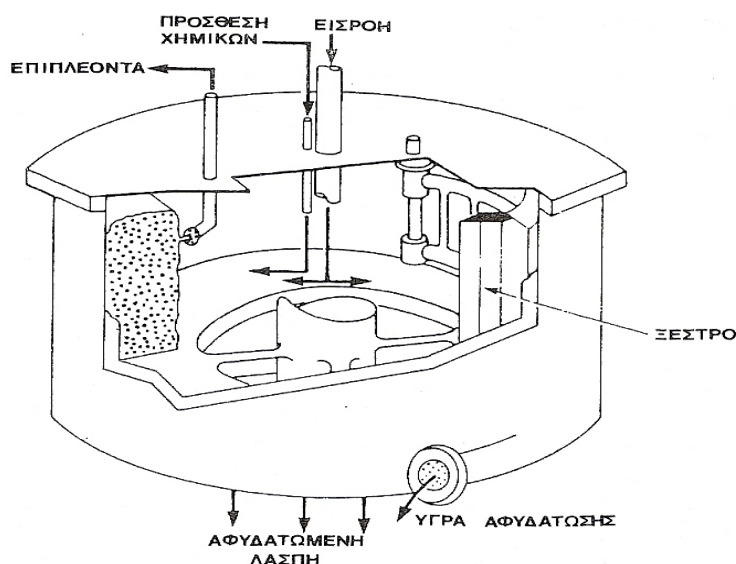
Το βασικό πλεονέκτημα των κλινών είναι το χαμηλό κόστος, η απλή λειτουργία και η μικρή κατανάλωση ενέργειας, ενώ πετυχαίνουν μεγάλες συγκεντρώσεις στερεών χωρίς την χρήση χημικών προσθέτων. Το βασικό

μειονέκτημα τους είναι η δυσκολία στο σχεδιασμό, η ανάγκη πρότερης σταθεροποίησης της λάσπης και η απαίτηση για μεγάλες επιφάνειες.

5.4.3. Ξήρανση με φυγοκέντρωση

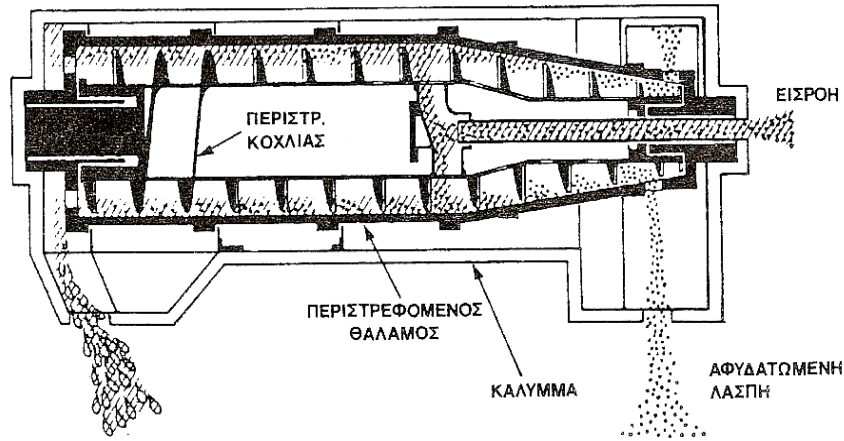
Η ξήρανση με φυγοκέντρωση επιτυγχάνεται σε ειδικές συσκευές, όπως είναι η φυγόκεντρος κάδου και η φυγόκεντρος κυλινδρικού θαλάμου.

Η φυγόκεντρος τύπου κάδου αποτελείται από ένα περιστρεφόμενο τύμπανο, κατά την περιστροφή του οποίου η αφυδατωμένη λάσπη συσσωρεύεται στα πλαϊνά τοιχώματα του. Δεν είναι συνεχούς λειτουργίας, έχει περιορισμένη δυνατότητα επεξεργασίας από άποψη ποσότητας και καταναλώνει υψηλό ποσό ενέργειας για τη λειτουργία της. Επίσης δίνει συγκριτικά χαμηλή συγκέντρωση στερεών για εύκολα αφυδατώσιμες λάσπες. Από την άλλη δεν επηρεάζεται από την παρουσία άμμου, έχει χαμηλό κόστος συντήρησης και είναι αποδοτική για δύσκολα αφυδατώσιμες λάσπες. Αυτά την καθιστούν κατάλληλη για μικρές μονάδες χωρίς πρωτοβάθμια επεξεργασία.



Σχ. 20 Φυγόκεντρος κάδου

Οι φυγόκεντροι κυλινδρικού θαλάμου αποτελούνται από ένα περιστρεφόμενο κυλινδρικό θάλαμο. Στο εσωτερικό του θαλάμου υπάρχει ένας κοχλίας ο οποίος περιστρέφεται με μικρότερη ταχύτητα από το θάλαμο. Είναι συνεχούς λειτουργίας, εύκολη στην εγκατάσταση, έχει ικανότητα επεξεργασίας μεγάλης ποσότητας σε σχέση με το μέγεθος της, χαμηλό κόστος κτήσης και ικανοποιητική απόδοση ως προς την συγκέντρωση στερεών που επιτυγχάνεται. Μειονεκτεί στο κόστος συντήρησης και στο γεγονός ότι απαιτεί αφαίρεση της άμμου.



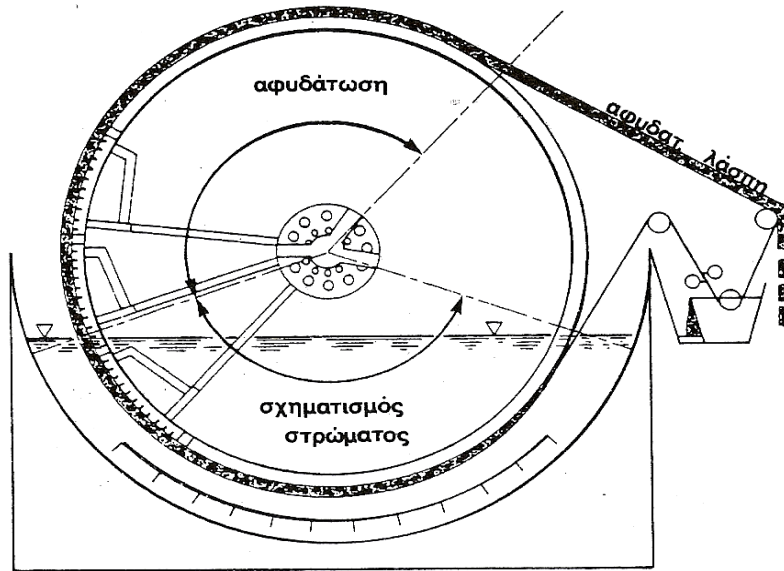
Σχ. 21 Ξυγόκεντρος κυλινδρικού θαλάμου

Είδος λάσπης	Τύπου κάδου			Κυλινδρικού θαλάμου		
	Συγκέντρ. λάσπης εισροής, %	Συγκέντρ. αφυδατ. λάσπης, %	Απατούμ. πολυμερή, Kg/t στερεών (διήθημα)	Συγκέντρ. λάσπης εισροής, %	Συγκέντρ. αφυδατ. λάσπης, %	Απατούμ. πολυμερή, Kg/t στερεών (διήθημα)
Πρωτοβάθμια.	4-5	25-30	1-1,5	5-8	25-36	0,5-2,5
Περίσσεια ΕΙ.	0,5-1,5	8-10	0	0,5-3	8-12	10-15
	0,5-1,5	12-14	0,5-1,5	4-5	18-25	1,5-3,5
Πρωτοβάθμια + Περισ. ΕΙ.	2-3	12-14	0,5-1,5	9,6	20-26	1,5-5
	2-3	9-11	0	1-3	8-10	1,5-3
Πρωτοβάθμια+ΒΦ.	2-3	7-9	0,75-1,5	2-12	28-35	3-5
	Περισ. ΕΙ (αναερ. χων).			4-7	17-21	2-4
Πρωτοβάθμια (αναερ. χων).	1-2	12-14	0	1-3	8-10	1,5-3
	Πρωτοβ+Περισ. ΕΙ (αναερ. χων).	1-2	8-12	0,75-3	2-4	5-10
Περισ. ΕΙ (αερ. χων)	2-3	9-10	0	1-3	8-10	1,5-3
	ΒΦ.	2-3	10-12	0,75-1,5	5-10	3-5

Σχ. 22 Στοιχεία απόδοσης φυγόκεντρων

5.4.4. Ξήρανση με διήθηση

Η ξήρανση με διήθηση επιτυγχάνεται από μηχανικές διατάξεις όπως τα φίλτρα κενού, οι ταινοφιλτρόπρεσσες και τα φίλτρα συμπίεσεως.



Σχ. 23 Φίλτρο κενού

Τα φίλτρα κενού είναι τύμπανα τα οποία βυθίζονται μερικώς στην προς αφυδάτωση λάσπη. Έχουν την ικανότητα να περιστρέφονται και είναι έτσι διαμορφωμένα ώστε με την περιστροφή να δημιουργείται κενό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα στερεά να προσκολλούνται στο τύμπανο και να απομακρύνονται. Παράλληλα η περιστροφή προκαλεί περαιτέρω αφυδάτωση. Η διαδικασία ολοκληρώνεται με την απομάκρυνση των στερεών με ειδικό ξέστρο. Τα φίλτρα κενού έχουν καλή απόδοση ως προς την συγκέντρωση στερεών που επιτυγχάνουν και έχουν μικρές απαιτήσεις σε συντήρηση. Από την άλλη καταναλώνουν το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας και είναι αρκετά θορυβώδεις κατά τη λειτουργία. Αποτελούν το πιο διαδεδομένο τρόπο μηχανικής αφυδάτωσης της λάσπης.

Είδος λάσπης	Συγκ. λάσπης, %	Απαιτούμ. χημικά, kg/ltr			Συγκ. αφυδ. λάσπης, %	Παραγ. αφυδ. λάσπης, Kg/m ² h
		FeCl ₂	CaO	Πολυμερή		
Πρωτοβάθμια	4.5-9	20-40	80-100	0.25-0.5	27-35	17-40
Περίσσεια ΕΙ	2.5-4.5	60-100	120-180	4-7.5	13-20	5-15
Πρωτοβ+περ, ΕΙ	3-7	25-40	90-120	2-5	18-25	12-30
Πρωτοβ+ΒΦ	4-8	20-40	90-120	1.25-2.5	23-30	15-34

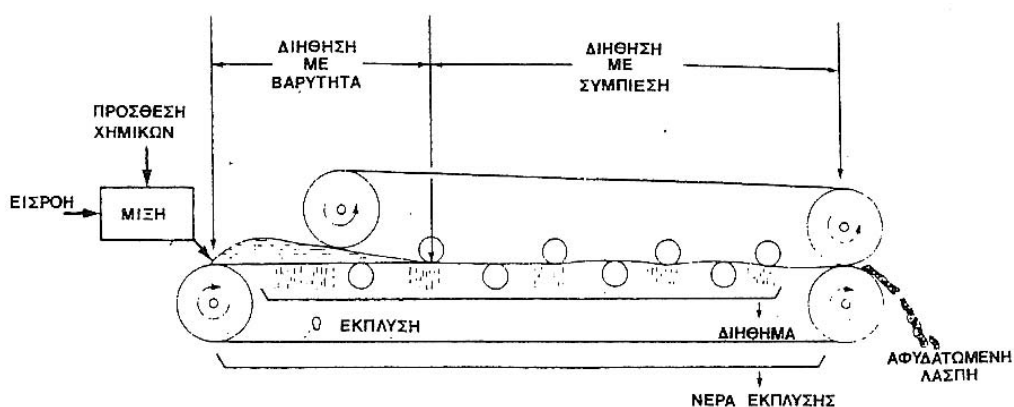
Πίνακας 4 Στοιχεία απόδοσης φίλτρων κενού

Πρωτοβάθμια (αναερ. χων.)	4-8	30-50	100-130	0.75-2	25-32	15-34
Πρωτοβ+περ, ΕΙ(αναερ. χων.)	3-7	40-60	150-200	2-4	18-25	10-25
Πρωτοβ+ΒΦ (αναερ. χων.)	5-10	40-60	125-175	-	20-27	17-40
Αερ. χών. (χωρίς πρωτ, καθ.)	2.5-6	30-70	75-120	-	16-23	7-20

Πίνακας 5 Στοιχεία απόδοσης φίλτρων κενού (συνέχεια)

Η φιλτρόπρεσσα αποτελείται από κατακόρυφες πλάκες τοποθετημένες σε οριζόντια σειρά. Οι πλάκες συμπιέζονται μεταξύ τους μηχανικά σε πίεση που κυμαίνεται μεταξύ 5 - 15 atm.

Η τροφοδότηση της λάσπης γίνεται όταν οι πλάκες έρθουν σε επαφή και έως ότου πληρωθούν τα κενά μεταξύ τους. Ακολούθως η πίεση ανεβαίνει στα προαναφερθέντα επίπεδα με αποτέλεσμα το νερό να διαφεύγει και να απομακρύνεται μέσω αντλιοστασίου στην είσοδο της εγκατάστασης. Τέλος οι πλάκες διαχωρίζονται και πάλι μηχανικά και η αφυδατωμένη λάσπη απορρίπτεται, έχοντας συνήθως πάχος 15 - 30 mm. Κατά διαστήματα το σύστημα καθαρίζεται από υπολείμματα που αφήνει η αφυδατωμένη λάσπη για να εξασφαλίζεται η διαπερατότητα του.



Σχ. 24 Ταινιοφιλτρόπρεσσα

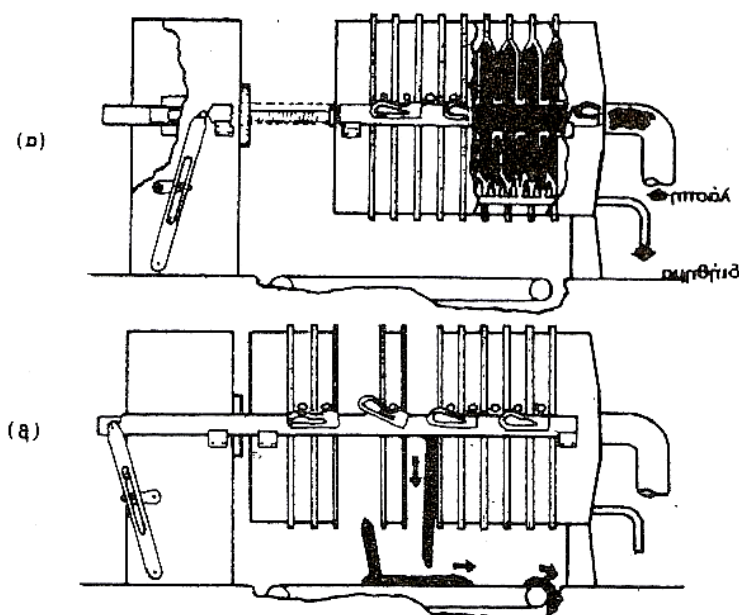
Οι ταινιοφιλτρόπρεσσες είναι παραλλαγή της φιλτρόπρεσσας και αποτελείται από ιμάντες μέσα από τους οποίους διέρχεται και συμπιέζεται η λάσπη. Το βασικό πλεονέκτημα τους είναι η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, η υψηλή απόδοση και ότι καταλαμβάνει μικρό χώρο. Το πλάτος της κυμαίνεται από 0,5 - 3,5 m. Μειονεκτούν ως προς την φθορά των ιμάντων και στο ότι η απόδοση τους επηρεάζεται από τα χαρακτηριστικά της λάσπης. Τα τελευταία χρόνια

κερδίζει διαρκώς έδαφος απέναντι στις άλλες μεθόδους μηχανικής αφυδάτωσης και έχει μικρό κόστος κτήσης.

Είδος λάσπης	Συγκέν. λάσπης, %	Συγκ. αφυδατωμ. λάσπης, %	Πολυμερή, kg/lt
Πρωτοβάθμια	3-10	28-44	1-4.5
Περίσσεια. ΕΙ	0.5-3	12-32	1-6
Πρωτοβάθμια + περ, ΕΙ	3-6	20-35	1-5
Πρωτοβάθμια (σταθερ.)	4-10	26-36	1-3
Περ. ΕΙ (σταθερ.)	3-4	18-22	2-4
Πρωτοβάθμια + περ, ΕΙ (σταθερ.)	3-9	18-44	1.5-4.5
Πρωτοβάθμια + περ, ΕΙ (αερ. χων.)	1-8	12-30	1-4
Πρωτοβάθμια+ ΒΦ	3-6	20-40	1.5-5

Πίνακας 6 Στοιχεία απόδοσης ταινιοφιλτρόπρεσσας

Τέλος τα φίλτρα συμπίεσεως είναι μία σειρά κατακόρυφων κοίλων πλακών που φέρουν διηθητικό μέσο. Η λάσπη διοχετεύεται με αντλίες έως ότου δημιουργηθεί η απαιτούμενη πίεση για την αφυδάτωση. Έπειτα οι πλάκες ανοίγουν και η λάσπη απομακρύνεται. Έχουν την καλύτερη απόδοση, όμως έχουν υψηλό κόστος κτήσης και δουλεύουν σε κύκλους. Επίσης απαιτούν ειδική κατασκευή στήριξης και μεγάλη επιφάνεια.



Σχ. 25 Φίλτρο συμπίεσεως

Είδος λάσπης	Χωρίς χρήση χημικών		Με χρήση χημικών, kg/lt			
	Συγκέν. λάσπης, %	Συγκ. αφυδ. λάσπης, %	FeCl ₂	CaO	Συγκ. αφυδ. λάσπης, %	Χρόνος παραμ, h
Πρωτοβάθμια	5-10	39	50	100	45	2
Πρωτοβάθμια + περ, ΕΙ	1-6	38-39	50-60	100-120	45	2.5
Περίσσεια ΕΙ	1-5	37	75	150	45	2.5
Πρωτοβάθμια + περ, ΕΙ (σταθερ.)	2-10	37-39	50-75	100-150	45	2.0-2.5

Πίνακας 7 Στοιχεία απόδοσης φίλτρων συμπίεσης

5.5. ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΟΣ Η/Μ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Για την απρόσκοπτη λειτουργία μίας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων είναι απαραίτητη μία σειρά εξοπλισμού, η οποία περιλαμβάνει:

α. Τους απαιτούμενους ηλεκτροκινητήρες για την κίνηση των αντλιών, των αεριστήρων και των διαφόρων μηχανικών συστημάτων. Πιο συγκεκριμένα συνήθως χρησιμοποιούνται ασύγχρονοι, τριφασικοί κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα, με στροφές που συνήθως κυμαίνονται μεταξύ 700-1500 rpm.

β. Μειωτήρα στις δεξαμενές αερισμού για την μείωση των στροφών του αεριστήρα, έτσι ώστε να αποφεύγονται οι έντονες αναταράξεις των αποβλήτων. Επίσης μειωτήρες τοποθετούνται στις μονάδες οι οποίες διαθέτουν ξέστρο όπως είναι αυτή της καθίζησης.

γ. Αντλίες που χρησιμοποιούνται στα διάφορα αντλιοστάσια και είναι καταδυόμενου τύπου (υποβρύχιες), με ταχύτητα περιστροφής περίπου 1450 rpm. Επίσης συνήθως προβλέπεται μία εφεδρική αντλία για κάθε αντλιοστάσιο.

δ. Τους απαραίτητους ηλεκτρολογικούς πίνακες για την ασφαλή και απρόσκοπτη λειτουργία των διαφόρων μονάδων.

ε. Στις μονάδες που βρίσκονται κοντά σε κατοικημένες περιοχές, στις εγκαταστάσεις προστίθενται φίλτρα για την εξουδετέρωση των δυσάρεστων

οσμών που δημιουργούνται από την βιολογική επεξεργασία. Αυτά είναι συνήθως ενεργού άνθρακα.

στ. Μετρητή παροχής ο οποίος είναι απαραίτητος για την ρύθμιση της λειτουργίας μίας εγκατάστασης. Συνήθως τοποθετείται στην έξοδο της εγκατάστασης, επειδή έχει παρατηρηθεί ότι η τοποθέτηση του στην είσοδο των ανεπεξέργαστων λυμάτων , δημιουργεί ανωμαλίες στην λειτουργία του από επικαθίσεις που δημιουργούν τα αιωρούμενα στερεά που αυτά περιέχουν.

6. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΜΕΛΕΤΗΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΟΙΚΙΑΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ

6.1. Παροχές

Είναι σύνηθες στα δεδομένα σχεδιασμού μιας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων να απαιτείται ο υπολογισμός των παροχών που αναμένονται στην εισροή της εγκατάστασης. Για τις διατάξεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων ο παροχές υπολογίζονται συναρτήσει του πληθυσμού που αναμένεται να εξυπηρετούν.

Σε μία κατοικημένη περιοχή η μέγιστη ημερήσια παροχή παρατηρείται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και υπολογίζεται από την μέση ημερήσια παροχή ως: $Q_{\text{μεσ.ημ.}} = Q_{\text{χρ.}} / 365$, προσαυξημένη με ένα συντελεστή k που εξαρτάται από τον πληθυσμό σύμφωνα με τον πίνακα 8.

Πληθυσμός (P)	συντελεστής k
500 κάτοικοι	4,0
1,000 κάτοικοι	3,8
10,000 κάτοικοι	$\approx 3,0$
50,000 κάτοικοι	2,3
100,000 κάτοικοι	2,0
500,000 κάτοικοι	$\approx 1,5$
1,000,000 κάτοικοι	1,4
1,5 - 2,000,000 κάτοικοι	1,3

Πίνακας 8 Συντελεστής προσαύξησης k

Άρα η μέγιστη ημερήσια παροχή δίνεται ως:

$$Q_{\text{max.ημ.}} = k * Q_{\text{μεσ.ημ.}} \quad (6,1)$$

Η μέγιστη ωριαία παροχή λαμβάνεται συνήθως:

$$Q_{\text{max.ωρ.}} = \frac{1}{n} Q_{\text{max.ημ.}} \quad (6,2)$$

όπου n = συντελεστής που λαμβάνεται συναρτήσει του πληθυσμού από τον Πίνακα 9.

Πληθυσμός (P)	συντελεστής n
$\leq 1,000$ κάτοικοι	10
1,001 - 10,000 κάτοικοι	12
10,000 - 50,000 κάτοικοι	14
50,001 - 150,000 κάτοικοι	16
$\geq 150,000$ κάτοικοι	18

Πίνακας 9 Τιμές συντελεστή n

Για μεγαλύτερη ασφάλεια στους υπολογισμούς χρησιμοποιείται στη μελέτη η μέγιστη ωριαία παροχή.

6.2. Σχάρα

Ο υπολογισμός διαστατοποίησης των σχαρών περιλαμβάνει την επιλογή του είδους της σχάρας που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί, καθώς και τις τιμές των χαρακτηριστικών μεγεθών αυτής. Έπειτα θα πρέπει να ακολουθεί υπολογισμός της μέγιστης ταχύτητας ροής των αποβλήτων από τη σχάρα έτσι ώστε να διασφαλίζεται η ομαλή ροή αυτών από τη σχάρα. Οι υπολογισμοί γίνονται ως ακολούθως:

- Επιλογή είδους σχάρας και χαρακτηριστικών μεγεθών της σχάρας (πάχος των ράβδων, πλάτος διακένων, πλάτος καναλιού σχάρας).

Επιλέγεται ο κατάλληλος τύπος σχάρας καθώς και τα χαρακτηριστικά μεγέθη αυτής, με κριτήρια τον όγκο και το είδος των συγκρατούμενων υλικών σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στην παρ.2,1, όπως επίσης και χρηματοοικονομικά κριτήρια.

- Υπολογισμός ταχύτητας ροής στα διάκενα της σχάρας.

Η μέγιστη ταχύτητα στα διάκενα της σχάρας δίνεται από τη σχέση:

$$V = \frac{\rho + \delta}{\delta} * \frac{Q_{\max}}{W * h} + W_0 \quad (6.3)$$

όπου V = μέγιστη ταχύτητα ροής στο διάκενο (m/sec)

ρ = πάχος ράβδων σχάρας

δ = πλάτος διακένων σχάρας

Q_{\max} = μέγιστη παροχή (m^3/sec)

W = πλάτος καναλιού σχάρας (m)

h = βάθος ροής στη σχάρα για τη μέγιστη παροχή (m)

W_0 = ανοχή πλάτους για πλευρική στήριξη (0,30m για επίπεδη και 0m για καμπύλη σχάρα)

Η ταχύτητα διελεύσεως μέσα από τα διάκενα δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 0,7-1,0 m/sec.

➤ Υπολογισμός ταχύτητας ροής στο κανάλι της σχάρας.

Η ταχύτητα ροής στο κανάλι της σχάρας υπολογίζεται για τη μέση παροχή και δίνεται από τη σχέση:

$$V = \frac{Q}{W * h} * W_0 \quad (6.4)$$

όπου V = ταχύτητα ροής στο κανάλι (m/sec)

Q = μέση παροχή (m^3/sec)

W = πλάτος καναλιού σχάρας (m)

h = βάθος ροής στη σχάρα για τη μέση παροχή (m)

W_0 = ανοχή πλάτους για πλευρική στήριξη (0,30m για επίπεδη και 0m για καμπύλη σχάρα)

Η ταχύτητα προσεγγίσεως των λυμάτων στις σχάρες δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή των 0,3-0,5 m/sec.

➤ Υπολογισμός των υδραυλικών απωλειών.

Όταν η σχάρα είναι καθαρή οι απώλειες δίνονται από τη σχέση:

$$h_k = \beta * \frac{\rho}{\delta}^{4/2} * \frac{V^2}{2g} * \sin\theta \quad (6.5)$$

όπου β = συντελεστής μορφής των ράβδων της σχάρας. Τυπικές τιμές του β είναι 1,80 για στρογγυλές ράβδους, 2,42 για ορθογωνικές και 1,67 για ορθογωνικές με στρογγυλεμένα άκρα ανάντη - κατόντη.

V = ταχύτητα ροής στο κανάλι.

θ = γωνία της σχάρας με την οριζόντιο.

Η παραπάνω σχέση αναφέρεται σε καθαρή σχάρα, επειδή όμως στη πράξη είναι καλυμμένη με στερεά οι απώλειες κυμαίνονται μεταξύ 100 - 400 mm, με τυπική τιμή τα 200 mm.

6.3. Αμμοσυλλέκτης

Όπως προαναφέρθηκε οι εξαμμητές διακρίνονται σε δύο τύπους τους αεριζόμενους και τους οριζόντιους, οι οποίοι με τη σειρά τους διακρίνονται σε ορθογωνικής διατομής με αναλογικό υπερχειλιστή και σε παραβολικής διατομής με στένωση τύπου Parshsall στο κατάντη άκρο του. Η διαδικασία υπολογισμού αυτών των τύπων διαφέρει μεταξύ τους, γι' αυτό θα εξεταστούν ξεχωριστά.

α. Υπολογισμός οριζόντιου εξαμμητή ορθογωνικής διατομής με αναλογικό υπερχειλιστή.

Ο σχεδιασμός του εξαμμητή πρέπει να γίνεται έτσι ώστε να αποτρέπεται η παράσυρση των σωματιδίων της άμμου και παράλληλα να διασφαλίζεται το απαιτούμενο ποσοστό απομάκρυνσης της άμμου από τα απόβλητα. Η διαδικασία υπολογισμού έχει ως εξής:

➤ Εκλογή πλάτους b και αριθμού των καναλιών.

Η εκλογή αυτών των στοιχείων σχεδιασμού εξαρτάται αρχικά από το μέγεθος της εγκατάστασης και από χωροταξικά θέματα και εξαρτάται από την εμπειρία του μελετητή. Επίσης θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για την απρόσκοπτη λειτουργία του συνόλου της εγκατάστασης, σε περίπτωση που κάποιο κανάλι τεθεί εκτός λειτουργίας.

➤ Υπολογισμός ταχύτητας ροής

Η ταχύτητα ροής στον αμμοσυλλέκτη εξαρτάται από την ειδική βαρύτητα και τη διάμετρο των σωματιδίων της άμμου και δίνεται από τη σχέση:

$$V_{sc} = 0.4 * [(s - 1) * d]^{0.5} \quad (6.6)$$

όπου V_{sc} = η κρίσιμη ταχύτητα πέραν της οποίας τα καθιζάνοντα σωματίδια παρασύρονται από τη ροή (m/sec)

s = ειδική βαρύτητα σωματιδίου

d = διάμετρος σωματιδίου (mm)

Λόγω της δυσκολίας γνώσης των χαρακτηριστικών μεγεθών της άμμου η πρακτική εφαρμογή έχει δείξει ότι η ταχύτητα ροής είναι μεταξύ 0,2 - 0,4 m/sec, με συνηθέστερη τιμή τα 0,3 m/sec. Έτσι ο παραπάνω υπολογισμός μπορεί να παραληφθεί.

➤ Υπολογισμός βάθους ροής σε κάθε κανάλι.

Το βάθος ροής υπολογίζεται από τη σχέση:

$$h = \frac{Q}{b * V} \quad (6.7)$$

όπου h = βάθος ροής σε κάθε κανάλι (m)

Q = παροχή σε ένα κανάλι $Q = \frac{Q_{\max}}{n}$ (όπου n ο αριθμός των
καναλιών) (m^3/sec)

b = πλάτος καναλιού (m)

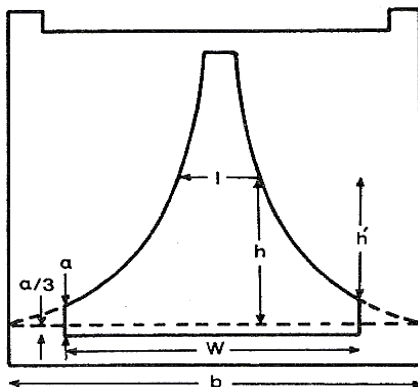
V = ταχύτητα ροής (m/sec)

➤ Υπολογισμός βάθους εξαμμωτή

Το βάθος του εξαμμωτή εξαρτάται από το βάθος ροής και για λόγους ασφαλείας υπολογίζεται ως διπλάσιο του βάθους ροής για την μέγιστη παροχή:

$$H = 2h_{\max} \quad (6.8)$$

➤ Υπολογισμός γεωμετρικών χαρακτηριστικών του αναλογικού υπερχειλιστή.



Σχ. 26 Τυπική διατομή αναλογικού υπερχειλιστή

Ο υπολογισμός αυτός αφορά το πλάτος W και το ύψος a του ορθογωνικού αυλακιού στο άκρο που βρίσκεται ο αναλογικός υπερχειλιστής. Το ύψος a εκλέγεται έτσι ώστε ακόμα και στην ελάχιστη παροχή, το βάθος ροής να υπερβαίνει το a . Αυτό είναι απαραίτητο για να διατηρείται ο έλεγχος της ταχύτητας. Ελάχιστη τιμή για το ύψος a παίρνεται $a = 0,25 \text{ mm}$.

Το πλάτος του αυλακιού δίνεται από τη σχέση:

$$W = \frac{Q}{C * (h - a/3) * \sqrt{2 * g * a}} \quad (6.9)$$

όπου W = πλάτος ορθογωνικού αυλακιού (m)

Q = παροχή σε κάθε κανάλι (m^3/sec)

C = σταθερά υπερχειλιστή ($C = 0,62$)

h = βάθος ροής σε κάθε κανάλι (m)

a = ύψος ορθογωνικού αυλακιού (m)

g = επιτάχυνση της βαρύτητας ($g = 9,81 m/sec$)

➤ Έλεγχος της περίπτωσης που για τη μέγιστη παροχή ένα κανάλι τίθεται εκτός λειτουργίας

Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει αφενός το βάθος ροής να μην υπερβαίνει το βάθος του εξαμμητή και αφετέρου το ανώτατο πλάτος ροής στον υπερχειλιστή να υπερβαίνει τη μηδενική τιμή.

Ο έλεγχος πραγματοποιείται υπολογίζοντας την παροχή στα κανάλια που παραμένουν εν λειτουργία ($Q' = \frac{Q_{max}}{n-1}$).

Στη συνέχεια ελέγχεται το βάθος ροής από τη σχέση:

$$h = \frac{Q'}{b * V} < H \quad (6.10)$$

Τέλος το πλάτος ροής ελέγχεται με τη σχέση:

$$I = W * (1 - 2/180) * \text{τοξεφ} \sqrt{\frac{h}{a}} > 0 \quad (6.11)$$

όπου I = πλάτος ροής στον υπερχειλιστή (m)

➤ Έλεγχος για την ελάχιστη παροχή

Ο έλεγχος αυτός αφορά την σωστή επιλογή του ύψους a και πραγματοποιείται για την ελάχιστη παροχή σε κάθε κανάλι ($Q = \frac{Q_{min}}{n}$).

Όμοια με τον προηγούμενο έλεγχο υπολογίζουμε το βάθος ροής για την ελάχιστη παροχή από τη σχέση:

$$h = \frac{Q}{b * V} > a \quad (6.12)$$

➤ Υπολογισμός του μήκους του εξαμμωτή.

Το μήκος του εξαμμωτή δίνεται από τη σχέση:

$$L = \alpha * \frac{V}{V_s} * h_{\max} \quad (6.13)$$

όπου L = μήκος εξαμμωτή (m)

α = συντελεστής ασφαλείας με $\alpha = 1 - 1,5$

V = ταχύτητα ροής

V_s = ταχύτητα καθίζησης των σωματιδίων που απομακρύνονται κατά 100%. Συνηθέστερη τιμή είναι $V_s = 0.022$ m/sec

➤ Υπολογισμός του χρόνου παραμονής.

Ο χρόνος παραμονής δίνεται από τη σχέση:

$$\theta = \frac{L}{V} \quad (6.14)$$

β. Υπολογισμός εξαμμωτή παραβολικής διατομής με στένωση τύπου Parshsall στο κατάντη άκρο του.

Ο σχεδιασμός του εξαμμωτή παραβολικής διατομής, ακολουθεί την ίδια λογική με την περίπτωση του εξαμμωτή ορθογωνικού αυλακιού και προσβλέπει στα ίδια αποτελέσματα. Η διαδικασία υπολογισμού έχει ως εξής:

➤ Εκλογή πλάτους b και αριθμού των καναλιών.

Όμοια με την περίπτωση του ορθογωνικού εξαμμωτή εκλέγεται το ολικό πλάτος b του παραβολικού καναλιού, καθώς και ο αριθμός των καναλιών που θα κατασκευαστούν.

➤ Υπολογισμός βάθους εξαμμωτή και βάθους ροής για τη μέγιστη παροχή.

Ο υπολογισμός αυτός γίνεται για κάθε κανάλι, δηλαδή: $Q = \frac{Q_{\max}}{n}$ (m^3/sec) (όπου n ο αριθμός των καναλιών).

Το βάθος ροής δίνεται από τη σχέση:

$$h = \frac{3}{2} * \frac{Q}{b * V} \quad (6.15)$$

όπου h = βάθος ροής σε κάθε κανάλι (m)

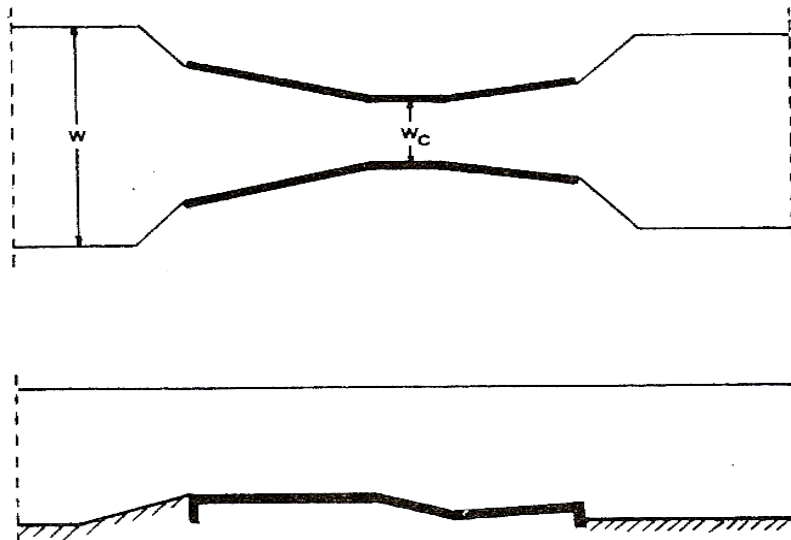
b = πλάτος καναλιού (m)

V = ταχύτητα ροής (m/sec)

Το βάθος του εξαμμητή υπολογίζεται όμοια με τον ορθογωνικό αμμοσυλλέκτη, δηλαδή:

$$H = 2h_{\max} \quad (6.16)$$

- Υπολογισμός γεωμετρικών χαρακτηριστικών της στένωσης Parshall.



Σχ. 27 Στένωση Parshall

Υπολογίζεται η ταχύτητα ροής στη στένωση από τη σχέση:

$$V_c = \sqrt{\frac{2g}{3.1} * (h + V^2 / 2g)} \quad (6.17)$$

όπου V_c = ταχύτητα ροής στη στένωση (m/sec)

Υπολογίζεται το βάθος ροής στη στένωση από τη σχέση:

$$h_c = \frac{V_c^2}{g} \quad (m) \quad (6.18)$$

Υπολογίζεται το πλάτος στη στένωση από τη σχέση:

$$W_c = \frac{Q}{h_c * V_c} \quad (m) \quad (6.19)$$

- Έλεγχος της περίπτωσης που για τη μέγιστη παροχή ένα κανάλι τίθεται εκτός λειτουργίας

Η παροχή σε κάθε κανάλι γίνεται:

$$Q' = \frac{Q_{\max}}{n-1} \quad (m^3/sec) \quad (6.20)$$

Υπολογίζεται η επιφάνεια της στένωσης από τη σχέση:

$$A_c = W_c * h_c = W_c * \frac{V_c^2}{g} = \frac{Q^2 * W_c}{A^2 * g} \Leftrightarrow A_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2 * W_c}{g}} \quad (m_2) \quad (6.21)$$

Υπολογίζεται το βάθος ροής:

$$h_c' = \frac{A_c}{W_c} \quad (m) \quad (6.22)$$

Υπολογίζεται η ταχύτητα ροής στη στένωση:

$$V_c' = \sqrt{g * h_c'} \quad (m/sec) \quad (6.23)$$

Υπολογίζεται το βάθος ροής στον αμμοσυλλέκτη από την (6,15), το οποίο θα πρέπει να είναι μικρότερο του βάθους του αμμοσυλλέκτη ($h' < H$).

$$h' = 3.1 * \frac{(V_c')^2}{2g} - \frac{V^2}{2g} < H \quad (m) \quad (6.24)$$

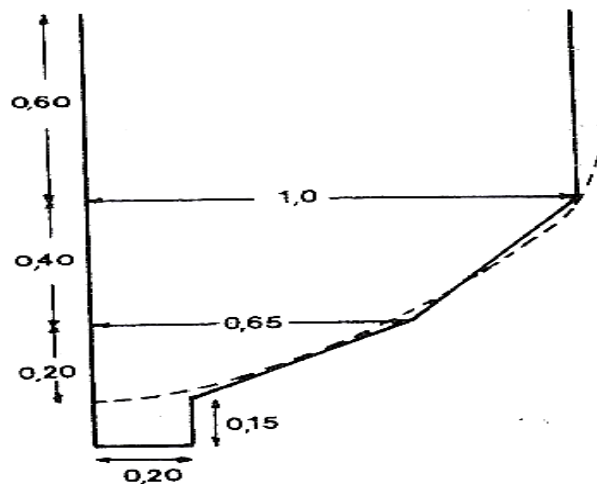
➤ Σχεδιασμός του παραβολικού καναλιού του αμμοσυλλέκτη και προσδιορισμός της σταθεράς K' .

Για την ταχύτητα ροής στο παραβολικό κανάλι και την επιφάνεια διατομής του ισχύουν οι σχέσεις:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{K * W_c * h^{3/2}}{K' * h^{3/2}} = \frac{K}{K'} * W_c \quad (6.25)$$

$$A = \frac{2}{3} * h * W \quad (6.26)$$

Από τις (6.23) και (6.24) προκύπτει η σχέση: $K' = \frac{2}{3} * \frac{W}{\sqrt{h}}$ (6.27)



Σχ. 28 Διατομή παραβολικού αυλακιού

Με γνωστά τα W και h για την μέγιστη παροχή και την παροχή για δυσλειτουργία ενός καναλιού, βρίσκουμε την τιμή της σταθεράς K' . Η εξίσωση που προκύπτει είναι παραβολικής μορφής και με βάση αυτή σχεδιάζονται οι παρειές των καναλιών, οι οποίες στη συνέχεια προσεγγίζονται από 3 επίπεδες επιφάνειες.

➤ Υπολογισμός μήκους αμμοσυλλέκτη και χρόνου παραμονής.

Ομοίως με την περίπτωση του ορθογωνικού αμμοσυλλέκτη το μήκος του και ο χρόνος παραμονής δίνονται από τις σχέσεις:

$$L = \alpha * \frac{V}{V_s} * h_{\max} \text{ (m)} \quad (6,28)$$

$$\theta = \frac{L}{V} \text{ (sec)} \quad (6,29)$$

Υ. Υπολογισμός αεριζόμενων εξαμμωτών.

Η λειτουργία των αεριζόμενων εξαμμωτών διαφέρει από αυτή των υπόλοιπων ειδών και απαιτεί διαφορετική προσέγγιση. Έτσι πέρα από τον υπολογισμό των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του, κρίνεται απαραίτητη η εκλογή του χρόνου παραμονής των αποβλήτων στη συσκευή, καθώς και ο υπολογισμός των απαιτήσεων της συσκευής σε παροχή αέρα. Η διαδικασία υπολογισμού έχει ως εξής:

➤ Εκλογή χρόνου παραμονής.

Ο χρόνος παραμονής παίρνεται μεταξύ 2 - 5 min, με τυπική τιμή τα 3 min. Όταν η διάμετρος της άμμου που πρέπει να απομακρυνθεί είναι μικρότερη των 0,2 mm ή όταν ο εξαμμωτής χρησιμοποιείται για προαερισμό, ο χρόνος υπολογίζεται μεγαλύτερος.

➤ Υπολογισμός του όγκου, του πλάτους, του βάθους και του μήκους του εξαμμωτή.

Ο όγκος δίνεται από τη σχέση:

$$V = Q * \theta \text{ (m}^3\text{)} \quad (6,30)$$

Για τον προσδιορισμό των υπολοίπων μεγεθών, εκλέγεται αρχικά το πλάτος W το οποίο συνήθως παίρνει τιμές μεταξύ 2,5 - 7 m.

Το βάθος H παίρνει τιμές μεταξύ 2 - 5 m και πρέπει να ικανοποιεί τη σχέση:

$$\frac{W}{H} = 2 \quad (6,31)$$

Το μήκος L υπολογίζεται συναρτήσει του όγκου V και προσαυξάνεται κατά 15% για να ληφθούν υπόψη οι συνθήκες εισόδου - εξόδου σύμφωνα με τη σχέση:

$$L = \frac{V}{W * H} * 1.15 \quad (\text{m}) \quad (6,32)$$

Το μήκος παίρνει τιμές μεταξύ 7,5 - 20 m και πρέπει να ικανοποιεί τη σχέση:

$$\frac{L}{W} = 0.4 - 5 \quad (6,33)$$

➤ Υπολογισμός απαιτήσεων σε αέρα.

Οι συνηθισμένες τιμές της απαιτούμενης παροχής αέρα είναι 0,15 - 0,75 m³ αέρα/min, ανά μονάδα μήκους του εξαμμητή. Τυπική τιμή είναι τα 0,30 m³ αέρα/min, ανά μονάδα μήκους. Δηλαδή:

$$q_{\text{αερ}} = 0.30 * L \quad (\text{m}^3/\text{min}) \quad (6,34)$$

➤ Τεχνικά στοιχεία.

Η εισροή πρέπει να είναι κατάλληλα κατασκευασμένη, έτσι ώστε τα απόβλητα να εισάγονται με γωνία 90⁰ ως προς την ροή για να αποφεύγεται η δημιουργία αδρανών περιοχών.

Επίσης ο πυθμένας πρέπει να διαμορφώνεται σε επιμήκη χοάνη τραπεζοειδούς διατομής βάθους 0,90 m και με απότομες πλευρές προς την πλευρά των διαχυτήρων, ώστε η άμμος που καθιζάνει να παρασύρεται προς την χοάνη.

Οι διαχυτήρες τοποθετούνται σε απόσταση 0,45 - 0,90 m από τον πυθμένα του εξαμμητή.

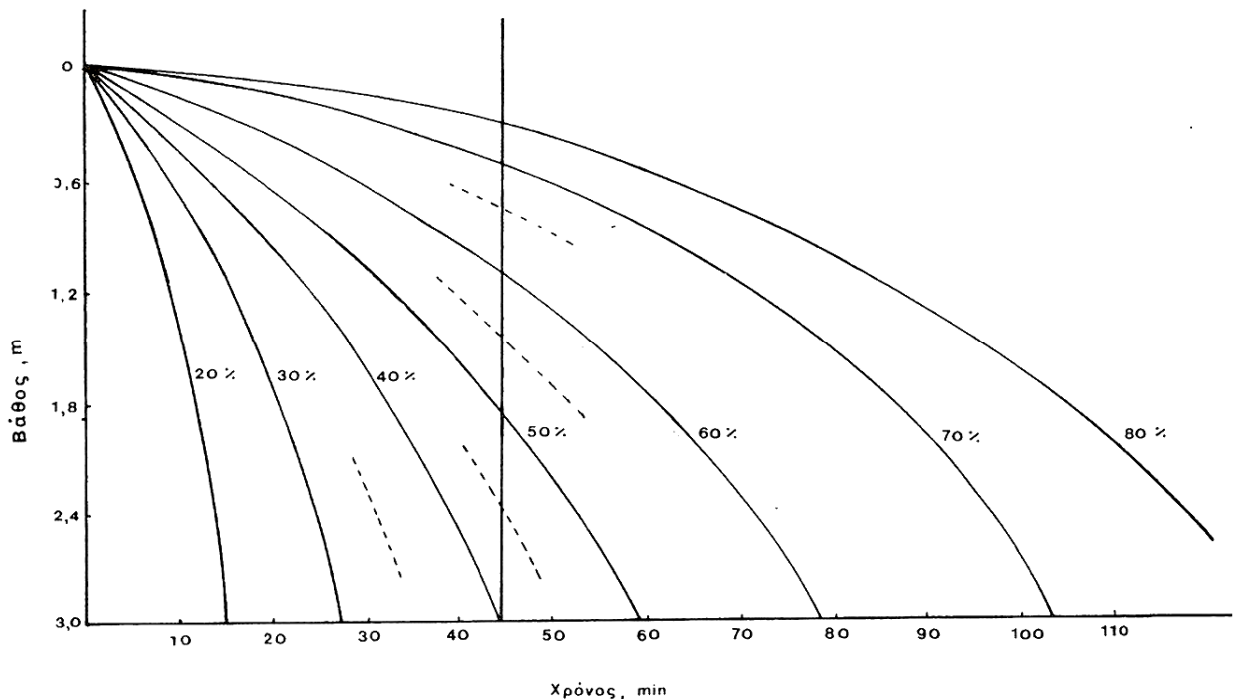
6.4. Δεξαμενή Πρωτοβάθμιας Καθίζησης (ΔΤΚ)

- Προσδιορισμός βάθους δεξαμενής, χρόνου παραμονής και επιφανειακής φόρτισης.

Ο σχεδιασμός των δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης βασίζεται στην επιφανειακή φόρτιση και το χρόνο παραμονής των αποβλήτων στη δεξαμενή για μια επιθυμητή απομάκρυνση των στερεών. Τα στοιχεία αυτά προκύπτουν ύστερα από πειραματική ανάλυση της συμπεριφοράς καθίζησης των στερεών για κάθε απόβλητο.

Για την πειραματική ανάλυση χρησιμοποιείται ειδική στήλη καθίζησης, η οποία έχει ύψος ίσο με το βάθος της δεξαμενής που πρόκειται να σχεδιαστεί, διάμετρο 0,15 m και στόμια δειγματοληψίας ανά 0,6 m. Το προς εξέταση απόβλητο τοποθετείται στη στήλη και αφήνεται να καθιζήσει, ενώ ανά τακτά χρονικά διαστήματα παίρνεται δείγμα από τα στόμια δειγματοληψίας. Με αφαίρεση από την αρχική συγκέντρωση υπολογίζονται οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων στερεών (SS) που καθιζήσαν. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται διάγραμμα απομάκρυνσης των SS, συναρτήσεως του βάθους και του χρόνου παραμονής.

Για παράδειγμα, έστω ότι για ένα απόβλητο με αρχική συγκέντρωση 300 mg/ltSS, δημιουργήθηκε το διάγραμμα του σχ29. Από αυτό το διάγραμμα, για ένα επιθυμητό βάθος 3m και έστω χρόνο 60 min, απομακρύνονται πλήρως το 50% των SS, με επιφανειακή φόρτιση $\frac{3m}{60 \text{ min}} * 24 * 60 = 72 \text{ m}^3 / \text{m}^2 * \text{d}$.



Σχ. 29 Καμπύλες ποσοστών απομάκρυνσης SS

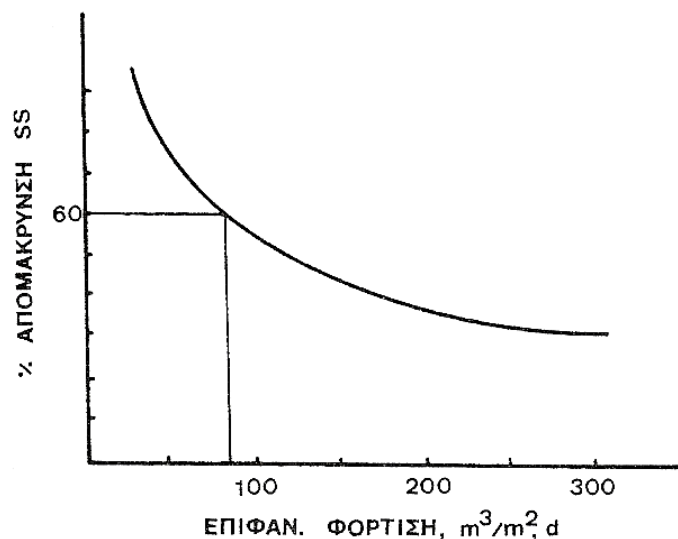
Για τα υπόλοιπα διαστήματα 50% - 60%, 60% - 70% κλπ. το ποσοστό καθίζησης είναι ίσο με το λόγο h/H , δηλαδή:

Διάστημα	Βάθος	Απομάκρυνση SS (%)
0-50	3.0	50
50-60	$\frac{3.0+2.0}{2} = 2.5$	$\frac{2.4}{3.0} * 10 = 8.3$
60-70	$\frac{3.0+1.0}{2} = 2$	$\frac{2}{3.0} * 10 = 6.6$
70-80	$\frac{3.0+0.6}{2} = 1.8$	$\frac{1.8}{3.0} * 10 = 6$

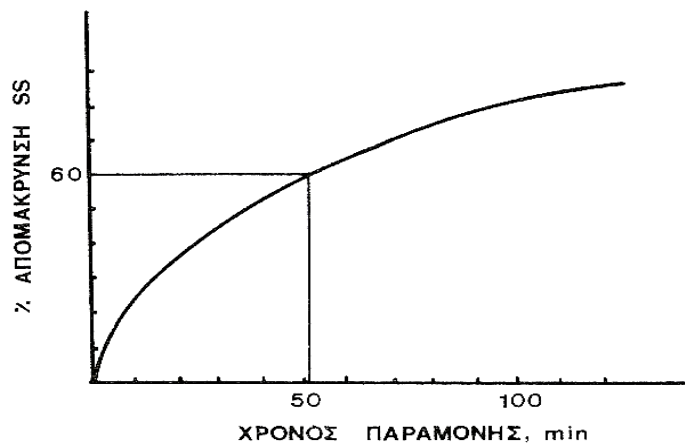
Άρα η συνολική απομάκρυνση SS για 60 min και βάθος 3m είναι:

$$\theta = 50 + 8,3 + 6,6 + 6 = 70,9\%.$$

Με τον ίδιο τρόπο υπολογίζονται οι απομακρύνσεις SS και για άλλους χρόνους και δημιουργούνται οι καμπύλες των σχ.30 και σχ.31



Σχ. 30 % απομάκρυνση SS συναρτήσει της επιφανειακής φόρτισης



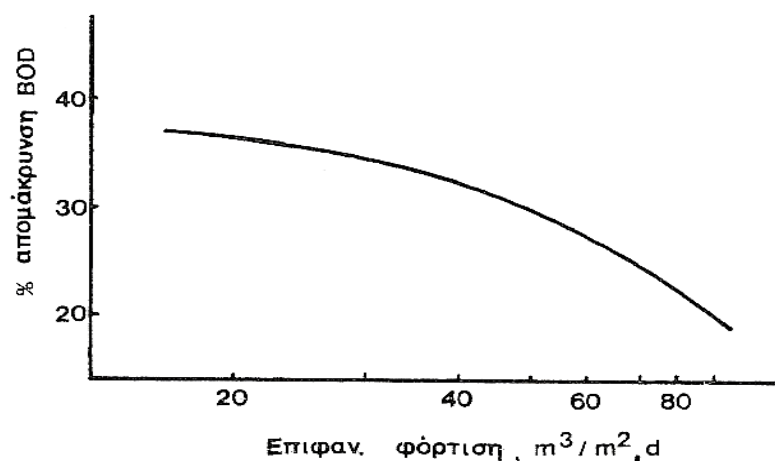
Σχ. 31 % απομάκρυνση SS συναρτήσει του χρόνου παραμονής

Η επιφανειακή φόρτιση (q) που υπολογίζεται με τον τρόπο αυτό πρέπει να διαιρεθεί με ένα συντελεστή ασφαλείας 1,25 - 1,75 και ο χρόνος παραμονής (θ) να πολλαπλασιαστεί με τον ίδιο συντελεστή.

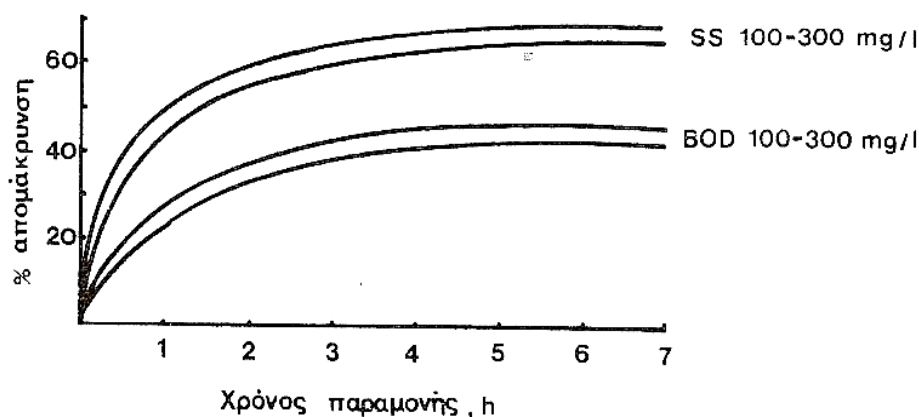
Στην περίπτωση που δεν υπάρχουν ή που δεν μπορούν να ληφθούν πειραματικές μετρήσεις για κάποιο απόβλητο μπορούν να χρησιμοποιούνται οι τιμές του παρακάτω πίνακα, που έχουν προκύψει από εμπειρία στην επεξεργασία των αστικών λυμάτων.

	ΔΤΚ ακολουθούμενη από βιολ. επεξεργασία	ΔΤΚ με επιστροφή λάσπης από ΔΔΚ
Χρόνος παραμονής (h)	1.5 - 2.5 (h) (τυπ 2)	1.5 - 2.5 (h) (τυπ 2)
Επ. φόρτιση ($m^3 / m^2 * d$)		
Μέση παροχή	32 - 48	24 - 32
Μέγιστη παροχή	80 - 120	48 - 70 (τυπ. 60)

Η απομάκρυνση του BOD στη ΔΤΚ μπορεί να υπολογιστεί από τα σχ.32 και σχ.33



Σχ. 32 % απομάκρυνση BOD συναρτήσει της επιφανειακής φόρτισης



Σχ. 33 %απομάκρυνση BOD συναρτήσει του χρόνου παραμονής

Σημειώνεται ότι οι παραπάνω τιμές που προκύπτουν από τα διαγράμματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο ως ενδεικτικές και ότι ακριβής υπολογισμός μπορεί να γίνει μόνο μέσω πειραματικής ανάλυσης σε υπάρχουσες ή πιλοτικές μονάδες για κάθε απόβλητο.

➤ Υπολογισμός επιφάνειας, όγκου και ακριβούς βάθους ΔΤΚ.

Η απαιτούμενη επιφάνεια της ΔΤΚ υπολογίζεται από τη σχέση:

$$A = \frac{Q}{q} \text{ (m}^2\text{)} \quad (6,35)$$

όπου $Q =$ Μέση παροχή (m³/day)

Ο όγκος δίνεται από τη σχέση:

$$V = Q * \theta \text{ (m}^3\text{)} \quad (6,36)$$

Το βάθος υπολογίζεται ως:

$$H = \frac{V}{A} \text{ (m)} \quad (6,37)$$

Έπειτα είναι δυνατό να προσδιοριστούν οι υπόλοιπες διαστάσεις της δεξαμενής.

Για τις κυκλικές δεξαμενές είναι: $d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \text{ (m)}$

Για τις ορθογωνικές δεξαμενές πρέπει να ισχύουν οι σχέσεις:

$$\text{Μήκος/Πλάτος} = l/d = 4/1 - 8/1 \quad (6,38)$$

$$\text{Μήκος/Βάθος} = l/\beta = 11,5/1 \quad (6,39)$$

➤ Υπολογισμός ταχύτητας ροής στον πυθμένα.

Η ταχύτητα ροής στον πυθμένα μπορεί να υπολογιστεί από την σχέση (6,4) που δόθηκε για την περίπτωση των εξαμμητών. Η κρίσιμη αυτή ταχύτητα είναι 9 - 15 φορές μεγαλύτερη από την ταχύτητα καθίζησης και συνήθως της τάξης των 0,02 m/sec.

➤ Υπολογισμός φόρτισης υπερχειλιστή.

Η φόρτιση του υπερχειλιστή δίνεται ως:

$$\Phi\acute{o}\rho\tau\iota\sigma\eta \text{ υπερχ.} = Q/\text{Μήκος υπερχ.} \quad (6,40)$$

- Υπολογισμός μάζας απομακρυσμένων SS στη λάσπη και παροχής της λάσπης.

$$\text{Μάζα απομάκρυσμ. SS} = \% \text{ απομάκρ. SS} * C_0 * Q \text{ (kg/day)} \quad (6.41)$$

όπου C_0 = Αρχική συγκέντρωση SS (kg/m^3)

Q = Μέση παροχή (m^3/day)

Η παροχή της λάσπης δίνεται από τη σχέση:

$$Q_\lambda = \frac{M}{1000C_\lambda s} \quad (6.42)$$

όπου Q_λ = παροχή λάσπης (στερεά + υγρά) (m^3/day)

M = μάζα στερεών που απομακρύνονται (kg/day)

C_λ = % συγκέντρωση στερεών στη λάσπη (τιμές από Πιν.10)

s = ειδική βαρύτητα λάσπης (τιμές από Πιν.10)

Είδος πρωτ. λάσπης	Ειδική βαρύτητα	% συγκέντρωση στερεών	
Πρωτ. λάσπη			τυπική
Χωριστικό	1,03	4 - 12	6
Παντοροϊκό	1,05	4 - 12	6,5
Πρωτ.+περίσσεια ΕΙ	1,03	3 - 10	4
Πρωτ.+λάσπη ΒΦ	1,03	4 - 10	5

Πίνακας 10 Τιμές % συγκέντρωσης στερεών και ειδικής βαρύτητας της λάσπης

- Ισοζύγιο μάζας στη δεξαμενή

εισροή

$$\text{μάζα SS} = \text{συγκ. SS} * Q \text{ (kg/day)}$$

εκροή

$$\text{τελική συγκ. SS} = (1 - \% \text{ απομάκρ. SS}/100) * \text{αρχική συγκ. SS}$$

$$\text{μάζα SS} = \text{τελική συγκ. SS} * Q \text{ (kg/day)}$$

6.5. Υπολογισμός εγκατάστασης ενεργού ιλύος.

6.5.1. Δεξαμενή Αερισμού (ΔΑ).

Βασικά μεγέθη για τον σχεδιασμό μίας ΔΑ είναι ο όγκος της δεξαμενής, ο απαιτούμενος χρόνος παραμονής των λυμάτων, η παραγόμενη λάσπη και η ποσότητα του απαιτούμενου οξυγόνου.

Το συνηθέστερα χρησιμοποιούμενο μέτρο του οργανικού φορτίου των λυμάτων είναι το BOD. Ενώ σαν μέτρο της συγκέντρωσης των μικροοργανισμών στη ΔΑ χρησιμοποιείται το οργανικό μέρος των αιωρούμενων στερεών. Τα συνολικά αιωρούμενα στερεά καλούνται MLSS (mixed liquor suspended solids - αιωρούμενα στερεά του ανάμικτου υγρού) και το οργανικό μέρος αυτών καλείται MLVSS (mixed liquor volatile suspended solids).

Η διαδικασία του υπολογισμού και σχεδιασμού των Δεξαμενών Αερισμού έχει ως εξής:

➤ Προσδιορισμός σταθερών των εξισώσεων

Για την εφαρμογή των εξισώσεων που θα παρουσιαστούν παρακάτω είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός των σταθερών k , Y , k_d , a' , b' που είναι χαρακτηριστικές του αποβλήτου.

Η σταθερά k για τα αστικά λύματα κυμαίνεται μεταξύ 0.016 και 0.043 $\text{mg/l} \cdot \text{day}$ για θερμοκρασία 20 °C. Η αναγωγή της σταθεράς σε T °C γίνεται από τη σχέση:

$$k_{T^{\circ}\text{C}} = k_{20^{\circ}\text{C}} * (1.028)^{T-20} \quad (6,43)$$

Η σταθερά σύνθεσης των μικροοργανισμών Y για αστικά λύματα κυμαίνεται από 0,5 μέχρι 0,75 kg VSS/kg BOD_5 . Για λύματα που δεν έχουν υποβληθεί σε πρωτοβάθμια καθίζηση οι τιμές αυτές ανέρχονται σε 0,8 - 1,1 kg VSS/kg BOD_5 . Οι τιμές αυτές αναφέρονται σε θερμοκρασία 15 - 20 °C. Σε χαμηλότερες θερμοκρασίες η σταθερά Y πρέπει να αυξάνεται κατά 26% περίπου, ενώ σε υψηλότερες θερμοκρασίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι παραπάνω τιμές, με συντηρητικό σχεδιασμό.

Η σταθερά αποσύνθεσης k_d κυμαίνεται μεταξύ 0,05 - 0,08 d^{-1} . Μειώνεται με αύξηση της θερμοκρασίας σύμφωνα με τη σχέση:

$$k_{d_{\theta_c}} = k_d * (0.75)^{1.4 \ln \theta_c} \quad (6,44)$$

Οι σταθερές κατανάλωσης οξυγόνου a και b παίρνουν τιμές: $a = 0,5 - 0,7 \text{ kg O}_2/\text{kg BOD}_5$ και $b = 0,05 - 0,15 \text{ d}^{-1}$.

➤ Υπολογισμός Δεξαμενής Αερισμού και περίσσειας λάσπης

Οι δύο βασικές παράμετροι για τον υπολογισμό της ΔA είναι ο χρόνος συγκράτησης της λάσπης (ή ηλικία της λάσπης) θ_c και ο λόγος ποσότητας τροφής προς την ποσότητα των μικροοργανισμών F/M .

$$\text{Η } \theta_c \text{ δίνεται από τη σχέση: } \theta_c = \frac{X_v V}{\Delta X_v Q} \quad (6,45)$$

όπου X_v = συγκέντρωση οργανικών στερεών στο μικτό υγρό (ή MLVSS) (mg/lit)

V = όγκος δεξαμενής αερισμού (m^3)

ΔX_v = συνολική συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών (SS) στην απορροή (mg/lit)

$$\text{Ο λόγος } F/M \text{ δίνεται από τη σχέση: } F/M = \frac{Q * S_0}{X_v * V} \quad (6,46)$$

όπου S_0 = συνολικό φορτίο BOD στην εισροή (mg/lit)

Τα δύο αυτά μεγέθη συνδέονται με τη σχέση:

$$\frac{1}{\theta_c} = Y * \frac{F}{M} - k_d \quad (6,47)$$

Λόγω της σχέσης μεταξύ αυτών των δύο μεγεθών έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιούνται δύο εναλλακτικοί τρόποι υπολογισμού της ΔA . Στην παρουσίαση που ακολουθεί θα αναλυθούν και οι δύο τρόποι.

α. Υπολογισμός όγκου ΔA και περίσσειας λάσπης με βάση τον λόγο F/M .

— Εκτίμηση του οργανικού φορτίου στην είσοδο και υπολογισμός του απαιτούμενου βαθμού απόδοσης της εγκατάστασης.

Εκτιμάται το ημερήσιο οργανικό φορτίο (L) σε $kg/day.BOD_5$ που θα δεχθεί η ΔA .

Υπολογίζεται η μέση συγκέντρωση οργανικού φορτίου στην είσοδο της δεξαμενής από τη σχέση:

$$S_i = \frac{L}{Q_{\text{μεσ.}}} \quad (6,48)$$

Υπολογίζεται η απαιτούμενη απόδοση της εγκατάστασης σε ελάττωση BOD₅ από τη σχέση:

$$n = \frac{S_i - S_e}{S_i} \quad (6,49)$$

— Υπολογισμός του φορτίου της λάσπης.

Το φορτίο της λάσπης (L_s) είναι ίσο με τον λόγο F/M , δηλαδή:

$$L_s = \frac{F}{M} \quad (6,50)$$

Το φορτίο της λάσπης (L_s) επιλέγεται από τον Πίνακα 11 με βάση τον απαιτούμενο βαθμό απόδοσης και την επιθυμητή μέθοδο επεξεργασίας.

Βαθμός καθαρισμού	$L_s = \frac{L}{W} = \frac{F}{M}$ kg/day.BOD ₅ kgMLSS	$M = \frac{W}{V}$ kgMLSS m ³	$L_v = \frac{L}{V}$ kg/day.BOD ₅ m ³	$t = \frac{V}{Q}$ Ώρες	n % BOD
Μερικός	1,0	2,0	2,0	>1,0	≥ 80
	2,5	2,0	5,0	>0,75	≥ 70
Πλήρης	0,3	3,0	0,9	>1,5	≥ 90
Πλήρης με νιτρ.	T>7°C	0,1	3,0	>6,0	≥ 90
	T>12°C	0,2	3,0	>3,0	≥ 90
	T>17°C	0,2	3,0	>2,0	≥ 90
Πλήρης με σταθερ. λάσπη	0,05 - 0,1	4,0	0,2	>24,0	≥ 93

Πίνακας 11 Συνηθισμένες τιμές παραμέτρων υπολογισμού

— Υπολογισμός του βάρους της λάσπης.

Το βάρος της λάσπης δίνεται από τη σχέση:

$$W = \frac{L}{L_s} (\text{kg MLSS}) \quad (6,51)$$

— Υπολογισμός του όγκου της δεξαμενής.

Ο όγκος της ΔΑ δίνεται ως:

$$V = \frac{W}{M} (\text{m}^3) \quad (6,52)$$

όπου M = πυκνότητα λάσπης σε kg MLSS/ m³. Οι τιμές παίρνονται από τον πίνακα 11.

— Έλεγχος του χρόνου συγκράτησεως t .

Υπολογίζεται ο χρόνος συγκράτησης t από τη σχέση:

$$t = \frac{V}{Q} \text{ (Ωρες)} \quad (6,53)$$

Ο χρόνος που υπολογίζεται ελέγχεται από τις τιμές που δίνονται στον πίνακα 11, με βάση την απόδοση συστήματος που επιλέχθηκε.

— Υπολογισμός περίσσειας λάσπης και ηλικίας λάσπης.

Η περίσσεια της παραγόμενης λάσπης γίνεται από τη σχέση:

$$\Delta X_V = Y * (S_0 - S_e) * Q - k_d * X_V = Y * L * \frac{n\%}{100} - k_d * X_V \quad (6,54)$$

όπου ΔX_V = συνολική συγκέντρωση πτητικών στερεών (VSS) στην απορροή (kg/day)

X_V = συγκέντρωση οργανικών στερεών στο μικτό υγρό (ή MLVSS) σε (kgMLVSS). Συνήθως υπολογίζεται ως $0,6 - 0,7W = 0.6 - 0.7L/L_S$ (kgMLSS)

S_0 = συνολικό φορτίο BOD στην εισροή (mg/l)

S_e = επιθυμητό εναπομένον φορτίο BOD στην εκροή (mg/l)

L = οργανικό φορτίο (kg/day. BOD₅)

n = απόδοση σε ελάττωση BOD₅

Η ηλικία της λάσπης υπολογίζεται από τη σχέση (6,45), ή από τη σχέση (6,47) συναρτήσει του λόγου F/M .

β. Υπολογισμός όγκου ΔA και περίσσειας λάσπης με βάση την ηλικία λάσπης θ_c .

— Εκλογή χρόνου παραμονής λάσπης, συγκέντρωσης X_V (MLVSS) και συγκέντρωσης των στερεών στον πυθμένα της $\Delta\Delta K, X_{UV}$.

Ο χρόνος παραμονής εκλέγεται έτσι ώστε να υπερβαίνει τον ελάχιστο χρόνο παραμονής θ_{cmin} κάτω από τον οποίο δεν γίνεται καμία απομάκρυνση BOD₅. Ο χρόνος αυτός υπολογίζεται από τη σχέση $1/\theta_c = YkS - k_d$ για $S=S_0$. Η σταθερά k παίρνει τιμές μεταξύ $0,016 - 0,043$ (mg/l.day)⁻¹. Είναι φανερό ότι όσο αυξάνεται το θ_c τόσο αυξάνεται η απομάκρυνση του BOD₅. Η χρήση όμως πολύ μεγάλων θ_c εμποδίζεται από το γεγονός ότι, από ένα ορισμένο όριο και πάνω, η μεταβολή στην απομάκρυνση BOD₅ είναι μικρή και δημιουργούνται προβλήματα στην απόδοση της $\Delta\Delta K$.

Η συγκέντρωση των οργανικών στερεών (MLVSS) παίρνει τιμές μεταξύ 1500 - 4500 (mg/l), ενώ οι τιμές για το X_{UV} κυμαίνονται από 10000 έως 15000 (mg/l).

— Υπολογισμός του όγκου της δεξαμενής.

Ο όγκος της δεξαμενής υπολογίζεται από τη σχέση:

$$V = \frac{Y * (S_0 - S_e) * Q}{(1/\theta_c + k_d) * X_V} \quad (6,55)$$

όπου S_0 = συνολικό φορτίο BOD στην εισροή (mg/l)

S_e = επιθυμητό εναπομένον φορτίο BOD στην εκροή (mg/l)

Q = μέγιστη ημερήσια παροχή (m^3/day)

V = όγκος δεξαμενής αερισμού (m^3)

— Υπολογισμός παραγόμενης λάσπης

Ο υπολογισμός της παραγόμενης λάσπης μπορεί να γίνει από τη σχέση (7,54) ή ακριβέστερα από τη σχέση:

$$\Delta X = Y * (S_0 - S_e) * Q - k_d * X_V * V + Q * X_{ONV} - Q * X_e \quad (6,56)$$

όπου X_{ONV} = συγκέντρωση αδρανών αιωρούμενων στερεών

X_e = συγκέντρωση ολικών στερεών που διαφεύγουν την $\Delta\Delta K$

➤ Υπολογισμός απαιτούμενου οξυγόνου.

Σε ένα σύστημα ενεργού ιλύος η ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται, καταναλώνεται για την οξειδωση των ανθρακούχων ενώσεων και των ενώσεων του αζώτου (νιτροποίηση), όταν αυτό απαιτείται.

— Απαιτούμενο οξυγόνο για οξειδωση ανθρακούχων ενώσεων.

Η ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται δίνεται από τη σχέση:

$$O_r = a * (S_0 - S_e) * Q + b * X_V * V \text{ (kg } O_2/day) \quad (6,57)$$

όπου S_0 = συνολικό φορτίο BOD στην εισροή (kg/m^3)

S_e = επιθυμητό εναπομένον φορτίο BOD στην εκροή (kg/m^3)

Q = μέγιστη ημερήσια παροχή (m^3/day)

X_V = συγκέντρωση οργανικών στερεών στο μικτό υγρό (ή MLVSS) (kg/m^3)

V = όγκος δεξαμενής αερισμού (m^3)

— Απαιτούμενου οξυγόνου για οξείδωση αζωτούχων ενώσεων.

Η ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται δίνεται από τη σχέση:

$$O_r = K_n * N \text{ (kg } O_2/\text{day)} \quad (6,58)$$

όπου $K_n = 4.33 \text{ kg } O_2/\text{kg } N_2$

$$N = (0.03 - 0.05) * Q \text{ kg } N_2/\text{day}$$

— Συνολικά απαιτούμενο οξυγόνο.

Από τις σχέσεις (6,57) και (6,58) συμπεραίνεται ότι το απαιτούμενο οξυγόνο για πλήρη νιτροποίηση είναι:

$$O_r = a * (S_0 - S_e) * Q + b * X_v * V + 4.33 * (0.03 - 0.05) * Q \text{ (kg } O_2/\text{day)} \quad (6,59)$$

Η ωριαία ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται δίνεται από τη σχέση:

$$O_r = \frac{1}{n} a * (S_0 - S_e) * Q + \frac{1}{24} b * X_v * V + \frac{1}{24} 4.33 * (0.03 - 0.05) * Q \quad (6,60)$$

όπου n = ο συντελεστής που λαμβάνεται από τον Πίνακα 2

➤ Υπολογισμός συστήματος αερισμού της ΔΑ.

Όπως προαναφέρθηκε ο αερισμός της ΔΑ μπορεί να γίνει με διαχύτες αέρα ή επιφανειακούς αεριστήρες. Ο υπολογισμός για κάθε ένα από αυτά έχει ως ακολούθως:

α. Υπολογισμός συστήματος αερισμού με διαχυτήρες.

— Εκλογή του είδους του διαχυτήρα.

Κατά την εκλογή ενός τύπου διαχυτήρα θα πρέπει από τα στοιχεία του κατασκευαστή να σημειώνονται τα ακόλουθα μεγέθη.

I. Παροχή αέρα ανά διαχυτήρα G_s (stm^3/min)

II. Απόδοση μεταφοράς οξυγόνου N_k ($\text{kg } O_2/\text{h}$)

— Διόρθωση της απόδοσης N_k στις συνθήκες σχεδιασμού.

Η διόρθωση της ονομαστικής απόδοσης του διαχυτήρα γίνεται με τη σχέση:

$$N_\pi = N_k * \frac{\beta * C_{SM} - C_L}{9.17} * 1.024^{T-20} * \alpha \quad (6,61)$$

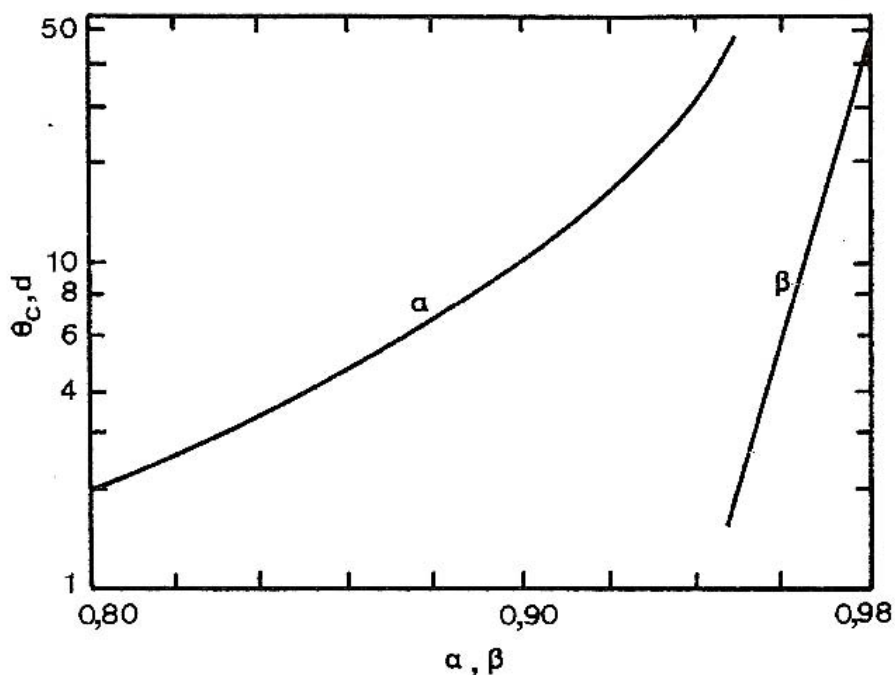
όπου N_k = απόδοση μεταφοράς οξυγόνου κατασκευαστή

C_{SM} = συγκέντρωση κορεσμού O_2 στις συνθήκες σχεδιασμού

C_L = επιθυμητή συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου (DO) στην ΔΑ ίση με 1 - 2 (mg/lt)

T = θερμοκρασία υγρού. Λαμβάνεται συνήθως η μέγιστη. ($^{\circ}\text{C}$)

α, β = σταθερά ίση με 0,6 - 0,9 και 0,9 - 1 ή από το σχ.34



Σχ. 34 Τιμές σταθερών α και β

Η συγκέντρωση κορεσμού του οξυγόνου για συνθήκες σχεδιασμού δίνεται από τη σχέση:

$$C_{Sm} = C_s * (P_b / 20.67 + 0.5) \quad (6,62)$$

όπου C_s = συγκέντρωση κορεσμού O_2 στις συνθήκες σχεδιασμού συναρτήσει της θερμοκρασίας T , από τον Πίνακα 12.

P_b = απόλυτη πίεση στο σημείο παροχής του αέρα σε $m H_2O$, ίση με το βάθος H της δεξαμενής συν την ατμοσφαιρική πίεση ίση με $10,33 m H_2O$.

Θερμοκρασία °C	Συγκέντρωση mg/lit				
	0	5000	10000	15000	20000
0	14.62	13.79	12.97	12.14	11.32
1	14.23	13.41	13.61	11.82	11.03
2	13.84	13.05	12.28	11.52	10.76
3	13.48	12.72	11.98	11.24	10.50
4	13.13	12.41	11.69	10.97	10.25
5	12.80	12.09	11.39	10.70	10.01

Πίνακας 12 Τιμές κορεσμού διαλυτότητας οξυγόνου

6	12.48	11.79	11.12	10.45	9.78
7	12.17	11.51	10.85	10.21	9.57
8	11.87	11.24	10.61	9.98	9.36
9	11.59	10.97	10.36	9.76	9.17
10	11.33	10.73	10.13	9.55	8.98
11	11.08	10.49	9.92	9.35	8.80
12	10.83	10.28	9.72	9.17	8.62
13	10.60	10.05	9.52	8.98	8.46
14	10.37	9.85	9.32	8.80	8.30
15	10.15	9.65	9.14	8.63	8.14
16	9.95	9.46	8.96	8.47	7.99
17	9.74	9.26	8.78	8.30	7.84
18	9.54	9.07	8.62	8.15	7.70
19	9.35	8.89	8.45	8.00	7.56
20	9.17	8.73	8.30	7.86	7.42
21	8.99	8.57	8.14	7.71	7.28
22	8.83	8.42	7.99	7.57	7.14
23	8.68	8.27	7.85	7.43	7.00
24	8.53	8.12	7.71	7.30	6.87
25	8.38	7.96	7.56	7.15	6.74
26	8.22	7.81	7.42	7.02	6.61
27	8.07	7.67	7.28	6.88	6.49
28	7.92	7.53	7.14	6.75	6.37
29	7.77	7.39	7.00	6.62	6.25
30	7.63	7.25	6.86	6.49	6.13

Πίνακας 13 Τιμές κορεσμού διαλυτότητας οξυγόνου (συνέχεια)

— Υπολογισμός απαιτούμενου αριθμού διαχυτήρων

Ο αριθμός των διαχυτήρων υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\text{αρ.διαχ.} = \frac{O_r}{N_\pi} \quad (6,63)$$

όπου O_r = ποσότητα απαιτούμενου οξυγόνου που υπολογίστηκε

N_π = απόδοση μεταφοράς οξυγόνου σχεδιασμού ανά διαχυτήρα

— Υπολογισμός αποστάσεως διαχυτήρων και έλεγχος της.

Η απόσταση υπολογίζεται από το μήκος της πλευράς που τοποθετούνται οι διαχυτήρες προς τον υπολογισμένο αριθμό αυτών.

Η ελάχιστη επιτρεπόμενη απόσταση ορίζεται στα 15 cm και η μέγιστη στα 60 - 70 cm.

Στην περίπτωση που υπερβαίνονται αυτά τα όρια πρέπει να επιλεχθεί νέα παροχή G_s και να επαναληφθεί ο υπολογισμός.

— Υπολογισμός συνολικής παροχής αέρα G_{sol} .

Η συνολική παροχή αέρα δίνεται ως:

$$G_{\text{sol}} = (\text{αρ.διαχ.}) * G_s \quad (6,64)$$

— Υπολογισμός ισχύος αεροσυμπιεστή.

Η ισχύς του αεροσυμπιεστή δίνεται από τη σχέση:

$$I = \frac{0.577 * G_s * P}{e} * [(P_b / P)^{0.283} - 1] \quad (6,65)$$

όπου P = απόλυτη πίεση στην είσοδο του συμπιεστή, ίση με την ατμοσφαιρική (10,33 m H₂O)

e = απόδοση αεροσυμπιεστή, ίση με 0,60 - 0,65.

P_b = απόλυτη πίεση στο σημείο παροχής του αέρα + απώλειες στο σύστημα των διαχυτήρων. (m H₂O)

Για τον υπολογισμό της πίεσης P_b πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι παρακάτω απώλειες:

Τοπικές απώλειες σε: Φίλτρο αέρα = 0,15 - 5 cm H₂O

Βαλβίδες = 2 - 20 cm H₂O

Σιγαστήρες = 0,15 - 2,5 cm H₂O

Διαχυτήρες = 10 - 45 cm H₂O

— Υπολογισμός και έλεγχος του βαθμού ανάμιξης.

Ο βαθμός ανάμιξης υπολογίζεται ως:

$$\text{βαθμός ανάμιξης} = \frac{G_{\text{sol.}}}{V} (\text{stm}^3/\text{h}, \text{m}^3) \quad (6.66)$$

όπου V = όγκος ΔA

Ο βαθμός ανάμιξης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 1,2 - 1,8 $\text{stm}^3/\text{h}, \text{m}^3$ ή 2,2 $\text{stm}^3/\text{h}, \text{m}^3$ για την περίπτωση που οι διαχυτήρες καταλαμβάνουν όλη την επιφάνεια του πυθμένα της ΔA .

— Υπολογισμός της απόδοσης για τις συνθήκες σχεδιασμού

Η απόδοση ε_{π} δίνεται από τη σχέση:

$$\varepsilon_{\pi} = \frac{N_{\pi}}{7,93 * G_{\text{sol.}} * \frac{P}{T}} \quad (6,67)$$

όπου P = απόλυτη πίεση στην είσοδο του συμπιεστή, ίση με την ατμοσφαιρική (10,33 m H_2O)

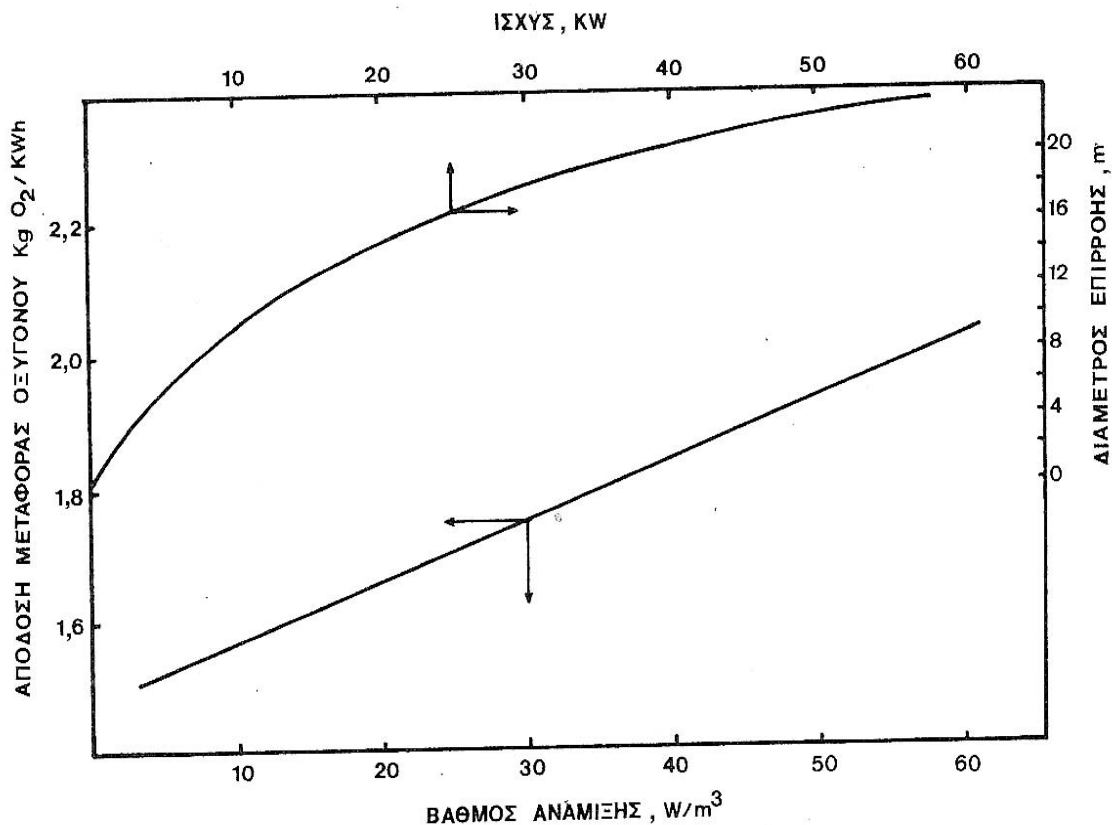
T = θερμοκρασία υγρού σε βαθμούς Kelvin ($^{\circ}\text{C} + 273$)

β. Υπολογισμός συστήματος αερισμού με επιφανειακούς αεριστήρες.

Ο σχεδιασμός συστήματος αερισμού με επιφανειακούς αεριστήρες γίνεται ως ακολούθως:

— Εκλογή είδους αεριστήρα.

Οι επιφανειακοί αεριστήρες εκλέγονται από τα στοιχεία των κατασκευαστών. Τα χαρακτηριστικά παίρνονται από σχεδιαγράμματα που δίνονται όπως αυτό του σχ.35.



Σχ. 35 Ενδεικτικά στοιχεία απόδοσης επιφανειακού αεριστήρα

Τα στοιχεία που εκλέγονται είναι η απόδοση μεταφοράς οξυγόνου συναρτήσει του βαθμού ανάμιξης και η διάμετρος επιρροής συναρτήσει της ισχύος του.

— Διόρθωση της απόδοσης N_k στις συνθήκες σχεδιασμού.

Η διόρθωση της απόδοσης γίνεται σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στο σχεδιασμό του συστήματος αερισμού με διαχυτήρες και τις σχέσεις (6,61) και (6,62).

— Υπολογισμός της απαιτούμενης ισχύος.

Η ισχύς υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$I = \frac{O_r (\text{KgO}_2 / \text{day})}{24 * N_\pi (\text{kgO}_2 / \text{KWh})} (\text{KW}) \quad (6.68)$$

— Υπολογισμός βαθμού ανάμιξης.

Ο βαθμός ανάμιξης υπολογίζεται από την απαιτούμενη ισχύ προς τον όγκο της ΔΑ: $\text{βαθμός ανάμιξης} = \frac{I * 1000}{V} (\text{W/m}^3)$ (6.69)

Ο βαθμός ανάμιξης δείχνει το πόσο πλήρης είναι η ανάδευση των λυμάτων που επιτυγχάνεται και θα πρέπει να συμφωνεί με τα στοιχεία που δίνει ο

κατασκευαστής για την απόδοση N_k που εκλέχτηκε. Αν οι δύο βαθμοί δεν συμφωνούν η διαδικασία επαναλαμβάνεται.

— Εκλογή αεριστήρων και διάταξη τους.

Η εκλογή του αριθμού των αεριστήρων γίνεται έτσι ώστε η καμπύλη επιρροής τους να καλύπτει την επιφάνεια της ΔA και η ισχύς τους την απαιτούμενη ισχύ που υπολογίστηκε.

➤ Υπολογισμός ποσοστού ανακυκλοφορίας λάσπης.

Το ποσοστό ανακυκλοφορίας της λάσπης δίνεται από τη σχέση:

$$r = \frac{X_{UV}}{X_V} * 100 \quad (6,70)$$

όπου X_V = συγκέντρωση οργανικών στερεών στο μικτό υγρό που εκλέχτηκε.

X_{UV} = συγκέντρωση των στερεών στον πυθμένα της $\Delta\Delta K$ που εκλέχτηκε.

Σε κάθε περίπτωση το ποσοστό ανακυκλοφορίας δεν πρέπει να πέφτει κάτω του 15%.

6.5.2. Υπολογισμός Δεξαμενής Δευτεροβάθμιας Καθίζησης.

Ο υπολογισμός σχεδιασμού της ΔΔΚ βασίζεται στην επιφανειακή φόρτιση και στη φόρτιση της λάσπης, στον χρόνο συγκρατήσεως και στην φόρτιση των υπερχειλιστών Η διαδικασία υπολογισμού έχει ως εξής:

- Εκλογή χρόνου συγκρατήσεως, επιφανειακής φόρτισης και φόρτισης λάσπης.

Ο χρόνος συγκράτησης και η επιφανειακή φόρτιση εκλέγονται σύμφωνα με τον πίνακα 14.

Τύπος διεργασίας	Μέση παροχή Q m ³ /day	Ελάχιστος χρόνος συγκρατήσεως h	Μέγιστη τιμή επιφανειακής φόρτισης L _h	
			m ³ / m ² .h	m ³ / m ² .day
Συμβατική ψηλός ρυθμός τμημ. αερισμός	Μέχρι 1900	3,0	1,0	24,5
	1500 - 5700	2,5	1,2	28,5
	5700 & άνω	2,0	1,35	32,5
Επαφή - σταθεροποίηση	Μέχρι 1900	3,6	0,85	20,5
	1500 - 5700	3,0	1,0	24,5
	5700 & άνω	2,5	1,2	28,5
Παρατεταμένος αερισμός	Μέχρι 1900	4,0	0,5	12,0
	1500 - 5700	3,0	0,5	12,0
	5700 & άνω	3,0	1,0	24,5

Πίνακας 14 Συνιστώμενα πρότυπα σχεδιασμού ΔΔΚ

Η εκλογή των τιμών πρέπει να γίνεται έτσι ώστε οι διαστάσεις της ΔΔΚ που θα προκύψουν από τον υπολογισμό να πληρούν τις προϋποθέσεις.

Κατά την καθίζηση του μικτού υγρού, εάν η συγκέντρωση των στερεών υπερβεί ένα ορισμένο όριο ($MLSS > 2000 \text{ mg/l} = 2.0 \text{ kg/m}^3$) η απαιτούμενη επιφάνεια της ΔΔΚ εξαρτάται και από τα χαρακτηριστικά καθιζήσεως της λάσπης. Γι' αυτό κατά το σχεδιασμό θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η τιμή της φόρτισης λάσπης, που δεν πρέπει να υπερβαίνει τα $300 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{h}$ ($L_{hs} \leq 300 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{h}$).

➤ Υπολογισμός απαιτούμενης επιφάνειας ΔΔΚ.

Η απαιτούμενη επιφάνεια υπολογίζεται από τη σχέση:

$$A = \frac{Q_{\max.\omega\rho.}}{L_h} (m^2) \quad (6,71)$$

όπου $Q_{\max.\omega\rho.}$ = μέγιστη ωριαία παροχή (m^3/h)

L_h = επιφανειακή φόρτιση που εκλέχτηκε από τον Πιν.14

Όταν $M = MLSS > 2000 \text{ mg/l} = 2.0 \text{ kg/m}^3$ τότε η επιφάνεια υπολογίζεται και από τη σχέση:

$$A = \frac{Q_{\max.\omega\rho.} * M * SVI}{L_{hs}} (m^2) \quad (6,72)$$

όπου M = συγκέντρωση στερεών στο μικτό υγρό (MLSS)(kg/m^3)

SVI = δείκτης όγκου λάσπης ($SVI = 150 \text{ ml/g}$)

L_{hs} = φόρτιση λάσπης ($L_{hs} = 300 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{h}$)

Επιλέγεται η μεγαλύτερη τιμή επιφάνειας που υπολογίστηκε.

➤ Υπολογισμός απαιτούμενου όγκου ΔΔΚ

Ο απαιτούμενος όγκος της ΔΔΚ δίνεται από τη σχέση:

$$V = Q_{\max.\omega\rho.} * t (m^3) \quad (6,73)$$

όπου t = χρόνος συγκράτησης που επιλέχθηκε (h)

➤ Υπολογισμός βάθους ΔΔΚ

Το βάθος της ΔΔΚ δίνεται ως:

$$\beta = \frac{V}{A} (m) \quad (6,74)$$

➤ Εκλογή διαστάσεων ΔΔΚ

Η επιλογή των διαστάσεων και του αριθμού των ΔΔΚ πρέπει να γίνεται σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στη παρ. 3,4 και να γίνεται έλεγχος της κάλυψης των απαιτούμενων τιμών επιφάνειας και όγκου από τις διαστάσεις που επιλέγονται.

➤ Υπολογισμός ταχύτητας υπερχειλίσεως

Η ταχύτητα υπερχειλίσεως δίνεται από τη σχέση:

$$V_{\text{υπ.}} = \frac{Q_{\text{max.ωρ.}}}{l} \text{ (m}^3/\text{ m.h)} \quad (6,75)$$

όπου l = συνολικό μήκος περιφερειών ($l = 4 * \pi * D$)

Η ταχύτητα υπερχειλίσεως δεν πρέπει να υπερβαίνει τα $7,7\text{m}^3/\text{ m.h}$.

➤ Υπολογισμός οικονομικότερης συγκέντρωσης στερεών MLSS

Η αύξηση της συγκέντρωσης των στερεών στην ΔΑ επιτρέπει την επεξεργασία μεγαλύτερου οργανικού φορτίου. Όμως η αύξηση αυτή μεγαλώνει το φορτίο λάσπης της ΔΑ και επομένως το μέγεθος και το κόστος κατασκευής της.

Είναι δυνατό να υπολογιστεί η κατάλληλη επιλογή των MLSS με βάση το κόστος (k) κατασκευής ανά μονάδα όγκου από τη σχέση:

$$M_0 = \sqrt{\frac{n * S_0 * L_{hs} * k_a}{L_s * SVI * \beta * k_k}} \text{ (kg MLSS/m}^3\text{)} \quad (6,76)$$

όπου M_0 = οικονομικότερη συγκέντρωση MLSS

k_a, k_k = κόστος ανά μονάδα όγκου των ΔΑ και ΔΔΚ.

n = απόδοση συστήματος

6.6. Τριτοβάθμια επεξεργασία (απολύμανση)

Η πιο διαδεδομένη επεξεργασία απολύμανσης της τελικής απορροής των συστημάτων ΕΙ είναι η χλωρίωση. Για το λόγο αυτό θα παρουσιαστούν οι υπολογισμοί μελέτης μόνο αυτής της μεθόδου.

Κατά το σχεδιασμό των χλωριωτών η προσοχή επικεντρώνεται στο χρόνο επαφής του χλωρίου με τα απόβλητα και στον προσδιορισμό της απαιτούμενης συγκέντρωσης του χλωρίου. Η διαδικασία σχεδιασμού έχει ως ακολούθως:

➤ Προσδιορισμός δόσεως χλωρίου.

Οι ακριβείς απαιτούμενες δόσεις χλωρίου για κάθε εγκατάσταση μπορούν να προσδιοριστούν μόνο μέσω εργαστηριακών μετρήσεων ή με λειτουργία πιλοτικής εγκατάστασης. Όμως σε περίπτωση ελλείψεως τέτοιων στοιχείων, ενδεικτικές τιμές των δόσεων μπορούν να ληφθούν από τον πίνακα 15.

Είδος αποβλήτων	Δόση Cl ₂ mg/ltr (g/m ³)
Ακατέργαστα λύματα	20 - 30 (μέχρι 100)
Πρωτοβάθμια καθίζηση	5 - 20
Σηπτική δεξαμενή	10 - 15
Δεξαμενή ΙΜΗΟΦΦ	5 - 20
Χημική κατακρήμνιση	2 - 6
Χαλικοδιυλιστήριο	3 - 15
Δραστική λάσπη	2 - 9

Πίνακας 15 Δόσεις Cl₂

➤ Προσδιορισμός χρόνου επαφής.

Ο χρόνος επαφής καθορίζεται από κανονισμούς κυμαίνεται μεταξύ 15 - 30 min υπολογισμένος για τη μέγιστη παροχή.

➤ Υπολογισμός όγκου δεξαμενής επαφής.

Ο όγκος της δεξαμενής επαφής δίνεται από τη σχέση:

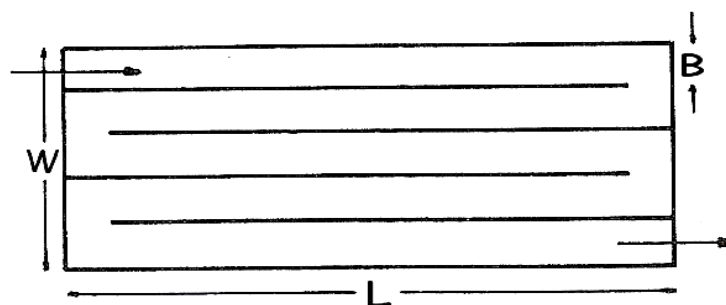
$$V = Q_{\max} * t \text{ (m}^3\text{)} \quad (6,77)$$

όπου Q_{\max} = μέγιστη ημερήσια παροχή (m³/hr)

➤ Υπολογισμός επιφάνειας χλωριωτή και εκλογή υπολοίπων διαστάσεων.

Εκλέγεται το βάθος $D = 1,0 - 2,0$ m και υπολογίζεται η επιφάνεια από τη σχέση: $A = \frac{V}{D} \text{ (m}^2\text{)}$

Εκλέγεται το πλάτος W και το μήκος L , με κριτήρια την τοπογραφική διαμόρφωση της περιοχής εγκατάστασης, τις απαιτούμενες εκσκαφές και την εξασφάλιση ροής με βαρύτητα. Το πλάτος του χλωριωτή χωρίζεται σε τμήματα ύψους B ή υπολογίζεται το μήκος σωλήνα για την επίτευξη του απαιτούμενου μήκους ροής (Σχ. 36). Ο λόγος μήκους ροής προς το πλάτος ροής πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 40:1.



Σχ. 36 Σχηματική παράσταση δεξαμενής επαφής

➤ Έλεγχος ταχύτητας ροής.

Η ταχύτητα ροής δίνεται από τη σχέση:

$$U = \frac{Q_{\min}}{B * D} \text{ (m/min)} \quad (6.78)$$

Η ταχύτητα ροής πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 2 - 4,5 m/min.

➤ Υπολογισμός απαιτούμενης ικανότητας χλωριωτή και ημερήσιας κατανάλωσης Cl₂.

Η ικανότητα διάθεσης Cl₂ δίνεται από τη σχέση:

$$Cl_2 / \text{day} = \frac{\text{Δόση} * Q_{\max}}{1000} \text{ (kg/day)} \quad (6.79)$$

Η ημερήσια κατανάλωση Cl₂ δίνεται ως:

$$Cl_2 / \text{day} = \frac{\text{Μέση Δόση} * Q_{\text{μεσ.}}}{1000} \text{ (kg/day)} \quad (6.80)$$

6.7. Επεξεργασία λάσπης.

6.7.1. Συμπύκνωση (πάχυνση)

Σημαντικό ενδιαφέρον από πλευράς σχεδιασμού παρουσιάζουν οι πυκνωτές βαρύτητας. Η διαδικασία υπολογισμού των πυκνωτών βαρύτητας έχει πολλά κοινά σημεία με αυτή των δεξαμενών καθίζησης και βασίζεται στην απαιτούμενη επιφάνεια του πυκνωτή. Η διαδικασία υπολογισμού έχει ως εξής:

➤ Υπολογισμός επιφάνειας πυκνωτή και έλεγχος φορτίσεως στερεών στο μίγμα.

Σε ένα σύστημα ΕΙ με πρωτοβάθμια καθίζηση, η λάσπη που θα δέχεται ο πυκνωτής θα είναι το άθροισμα της πρωτοβάθμιας λάσπης και της περίσσειας της ΕΙ.

Για τον υπολογισμό της επιφάνειας του πυκνωτή εκλέγεται αρχικά φόρτιση στερεών (L_{HS}) από τον Πίνακα 16 και υπολογίζεται η επιφάνεια του πυκνωτή από τη σχέση (6,71), αντικαθιστώντας την μέγιστη ωριαία παροχή (Q_{max,ωρ.}) με την συνολική παραγωγή λάσπης (στερεά + υγρά)(M_{λ. συν.}).

Είδος λάσπης	Συγκέντρωση λάσπης εισροής %	Συγκέντρωση πυκν. λάσπης %	Φόρτιση στερεών kg/m ² .d
Πρωτοβάθμια	4 - 12	5 - 10	95-140
ΒΦ	1 - 4	3 - 6	35-47
Βιολ. δίσκοι	1 - 3.5	2 - 5	12-35
Περίσσεια ΕΙ (αέρας)	0.5 - 1.5	2 - 4	12-35
Περίσσεια ΕΙ (οξυγόνο)	0.5 - 1.5	2 - 5	24-35
Περίσσεια ΕΙ (παρατ. αερισμός)	0.2 - 1	2 - 3	24-82
Πρωτοβάθμια + Περίσσεια ΕΙ	0.5 - 4	4 - 7	60-94
Πρωτοβάθμια	2 - 6	5 - 9	60-94
Πρωτοβάθμια + Βιολ. δίσκοι	0.5 - 2.5	2 - 4	12-35
Αναερ. χώνευση (Πρωτοβάθμια + Περίσσεια ΕΙ)	4	8	70

Πίνακας 16 Φόρτιση στερεών πυκνωτών βαρύτητας

➤ Υπολογισμός και έλεγχος επιφανειακής φόρτισης.

Από τη σχέση (6,42) και με τιμές συγκεντρώσεως στερεών από τον Πίνακα 16, υπολογίζεται η συνολική παροχή της λάσπης ($Q_{λ. συν.}$). Λύνοντας την σχέση (6,71) ως προς την επιφανειακή φόρτιση (L_h) και αντικαθιστώντας την $Q_{max.ωρ}$ με $Q_{λ. συν}$ υπολογίζουμε την L_h .

Η μέγιστη τιμή της επιφανειακής φόρτισης ορίζεται μεταξύ 24 - 32 m³/m².day, ενώ για περίσσεια ΕΙ μόνο χρησιμοποιούνται φορτίσεις 5 - 10 m³/m².day. Έχει βρεθεί ότι τιμές επιφανειακών φορτίσεων κάτω από 16 m³/m².day δημιουργούν πρόβλημα οσμών.

Στην περίπτωση που η επιφανειακή φόρτιση βρίσκεται πολύ μικρή, γίνεται αραίωση της λάσπης με το υγρό της εκροής.

➤ Υπολογισμός βάθους και χρόνου παραμονής

Εκλέγεται βάθος καθίζησης και η συγκέντρωση της πυκνωμένης λάσπης σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στην παρ. 5.2.1.

Υπολογίζεται η συγκέντρωση στη ζώνη πύκνωσης ως ο μέσος όρος της συγκέντρωσης εισροής και της πυκνωμένης λάσπης και υπολογίζεται το βάθος της ζώνης πύκνωσης από τη σχέση:

$$\beta_{\pi} = \frac{M_{λ.συν.}}{\%SS * 1000 * A} \quad (6,81)$$

όπου %SS = συγκέντρωση στερεών στη ζώνη πύκνωσης που υπολογίστηκε.

Υπολογίζεται ο όγκος του πυκνωτή: $V = A * \beta$

Υπολογίζεται ο χρόνος παραμονής: $t = \frac{V}{Q_{\lambda, \text{συν.}}}$

➤ Υπολογισμός ροπής ξέστρου

Η ροπή του ξέστρου δίνεται από τη σχέση:

$$T = W * R^2 \text{ (kg.m)} \quad (6.82)$$

όπου W = ομοιόμορφο φορτίο από τον Πιν.17 (kg/m)

R = ακτίνα δεξαμενής (m)

Είδος λάσπης	W (kg/m)
Πρωτοβάθμια (λίγη άμμος)	45
Πρωτοβάθμια (άμμος)	60
Περίσσεια EI ή ΒΦ	30
Πρωτοβάθμια + περ. EI ή ΒΦ	30 - 45

Πίνακας 17 Τυπικές τιμές ομοιόμορφου φορτίου

➤ Γίνεται το ισοζύγιο μάζας και υπολογίζεται η παροχή της πυκνωμένης λάσπης.

Το ισοζύγιο μάζας είναι:

Μάζα προς τον πυκνωτή = Μάζα πυκνωμένης λάσπης + Μάζα υπερχείλισης

Από την (6,42) υπολογίζεται η παροχή της πυκνωμένης λάσπης (Q_{π}).

6.7.2. Χώνευση

Η διαδικασία υπολογισμού των μονάδων χώνευσης της λάσπης βασίζεται στον χρόνο παραμονής της λάσπης στην δεξαμενή χώνευσης. Όπως αναφέρθηκε στην παρ. 5.3, υπάρχουν δύο είδη επεξεργασίας, η αναερόβια και η αερόβια. Ο υπολογισμός μελέτης για κάθε μία μέθοδο έχει ως εξής:

α. Αναερόβιοι χωνευτές.

- Εκλογή χρόνου παραμονής και υπολογισμός του όγκου δεξαμενής.

Ο χρόνος παραμονής θ_c επιλέγεται σύμφωνα με τον Πίνακα 2 της παρ. 5.3.2.

$$\text{Ο όγκος της δεξαμενής δίνεται ως: } V = Q_A * \theta_c \text{ (m}^3\text{)} \quad (6.83)$$

Εκλέγεται το βάθος σύμφωνα με την παρ. 5.3.2. και υπολογίζεται η επιφάνεια A του χωνευτή και η διάμετρος D .

- Υπολογισμός παραγόμενου αερίου.

— Υπολογίζεται η μάζα των παραγόμενων πτητικών στερεών (VS).

Η μάζα των VS υπολογίζεται από τη σχέση:

$$P_x = \frac{Y * Q_A * S_0 * E}{1 + k_d * \theta_c} \text{ (kg/day)} \quad (6.84)$$

όπου Y = σταθερά σύνθεσης με τιμές 0,04 - 0,1 kg VS/kg BOD_L (τυπ. 0,06)

k_d = σταθερά αποσύνθεσης με τιμές 0,02 - 0,04 d⁻¹ (τυπ. 0,03 στους 20 °C)

Q_A = παροχή λάσπης (m³/day)

S_0 = συγκέντρωση μάζα BOD_L στην εισροή (mg/l)
($Q_A * S_0 / 1000$ = μάζα BOD_L σε kg/day)

E = απόδοση χρησιμοποίησης λάσπης ίση με 0,6 - 0,9 για κανονικές συνθήκες.

P_x = μάζα παραγόμενων VS (kg/day)

— Υπολογίζεται το παραγόμενο μεθάνιο.

Το παραγόμενο μεθάνιο είναι:

$$V_{CH_4} = 0.35 * (E * Q_A * S_0 - 1.42 * P_x) \text{ (m}^3\text{/day)} \quad (6,84)$$

Όπως αναφέρθηκε το ποσοστό μεθανίου στο παραγόμενο αέριο είναι 65 - 70%. Άρα το συνολικό παραγόμενο αέριο θα είναι: $V_{αερ.} = \frac{V_{CH_4}}{0.6 \text{ } 0.7}$ (6,85)

➤ Υπολογισμός απαιτούμενης θερμότητας για θέρμανση.

— Υπολογίζεται η θερμότητα για ανύψωση της θερμοκρασίας στα επιθυμητά επίπεδα.

Η θερμότητα που απαιτείται δίνεται από τη σχέση:

$$q_s = Q * C_s * (T_2 - T_1) \text{ (KJ/day)} \quad (6.86)$$

όπου Q = μάζα λάσπης (στερεά + υγρά), δηλαδή:
 Q_A /συγκέντρωση στερεών VS (Kg/day)

C_s = ειδική θερμότητα λάσπης ίση με 4200 J/Kg °C για συγκέντρωση στερεών 5 - 10%

T_2 = επιθυμητή θερμοκρασία χωνευτή °C

T_1 = θερμοκρασία εισερχόμενης λάσπης σε °C (συνήθως λαμβάνεται ως η μέση θερμοκρασία των δύο ψυχρότερων εβδομάδων του έτους).

— Υπολογίζονται οι απώλειες θερμότητας από τα τοιχώματα του χωνευτή.

Οι απώλειες υπολογίζονται από τη σχέση:

$$q_a = U * A * (T_2 - T_1) \text{ (KJ/day)} \quad (6,87)$$

όπου U = σταθερά μεταφοράς θερμότητας ($W/m^2 \cdot ^\circ C$) από σχ.37

A = επιφάνεια μέσω της οποίας γίνεται η απώλεια (πυθμένας, πλαϊνά τοιχώματα, καπάκι)

T_2 = επιθυμητή θερμοκρασία χωνευτή °C

T_1 = θερμοκρασία περιβάλλοντος °C (συνήθως λαμβάνεται ως η μέση θερμοκρασία των δύο ψυχρότερων εβδομάδων του έτους).

	U,W/m ² , °C
Τοίχωμα από σκυρόδεμα (πάνω από το έδαφος)	
Πάχος 300 mm με μόνωση στρώματος αέρα και εξωτ. επίχρισμα	1,8-2,4
Πάχος 300 mm με μόνωση	0,6-0,8
Πάχος 300 mm σε επαφή με τον αέρα	4,88
Πάχος 300 mm με μόνωση στρώματος αέρα πάχους 25 mm και 100 mm τούβλα	1,53
Τοίχωμα από σκυρόδεμα (κάτω από το έδαφος*)	
Γενικά σε υγρό έδαφος	1,1-1,4
Πάχος 300 mm υγρό έδαφος	0,62
Πυθμένας 300 mm υγρό έδαφος	0,68-0,85
Γενικά σε ξηρό έδαφος	0,57-0,68
Πάχος 300 mm ξηρό έδαφος	0,34
Καπάκια (σταθερά) σκυρόδεμα	
Πάχος 100 mm χωρίς μόνωση	4-5
Πάχος 100 mm με μόνωση πάχους 25 mm	1,2-1,6
Πάχος 150 mm	2,84
Πάχος 300 mm	3,29
Καπάκια (σταθερά, χάλυβας)	
Πάχος 6 mm	5,2
Καπάκια (κινητά)	
Χωρίς μόνωση με 35 mm ξύλινο επικάλυμμα	4-5
Με μόνωση πάχους 25 mm	0,9-1,0

Σχ. 37 Τιμές σταθεράς μεταφοράς θερμότητας U.

Η συνολική απαιτούμενη θερμότητα είναι: $q_{\text{συν.}} = q_s + \Sigma q_a$ (KJ/day)

- Υπολογισμός απαιτούμενης ανάμιξης με το παραγόμενο αέριο.
- Υπολογισμός απαιτούμενης ισχύος για ανάμιξη.

Η απαιτούμενη ισχύ για ανάμιξη δίνεται από τον τύπο:

$$E = V * G^2 * \mu \text{ (W)} \quad (6,88)$$

όπου V = όγκος δεξαμενής (m³)

G = μέση κλίση ταχύτητας ίση με 50 - 80 sec⁻¹

μ = συνεκτικότητα λάσπης συνήθως ίση με $0,72 \times 10^{-3}$ Ns/ m²

Η ισχύς αυτή είναι η μεταφερόμενη στο υγρό. Η πραγματική ισχύς του συμπιεστή θα πρέπει να υπολογίζεται μεγαλύτερη.

— Υπολογισμός απαιτούμενης παροχής αερίου.

Η παροχή του αερίου για ανάμιξη υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Q_{\text{αερ.}} = \frac{E}{163.15 * P_1 * \ln \frac{P_2}{P_1}} \quad (\text{m}^3/\text{min}) \quad (6,89)$$

όπου P_1 = απόλυτη πίεση στην επιφάνεια του υγρού (10,3 mH₂O για υψόμετρο 0)

P_2 = απόλυτη πίεση στο βάθος απελευθέρωσης του αερίου (P_1 + βάθος απελευθέρωσης, mH₂O)

➤ Ισοζύγιο ενέργειας

Υπολογίζεται η απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση με συντελεστή μετατροπής του αερίου περίπου 0,6 ως:

$$\text{απαιτούμενη ενέργεια} = q_{\text{συν.}} / 0,6 \quad (\text{KJ/d})$$

Υπολογίζεται η απαιτούμενη ποσότητα αερίου για θέρμανση. Η απόδοση καύσης του αερίου δίνεται = 25000 KJ/ m².

Αν υπάρχει περίσσεια αερίου υπολογίζεται η ενέργεια που μπορεί να αποδώσει στην ηλεκτρική εγκατάσταση της μονάδας.

β. Αερόβια χώνευση.

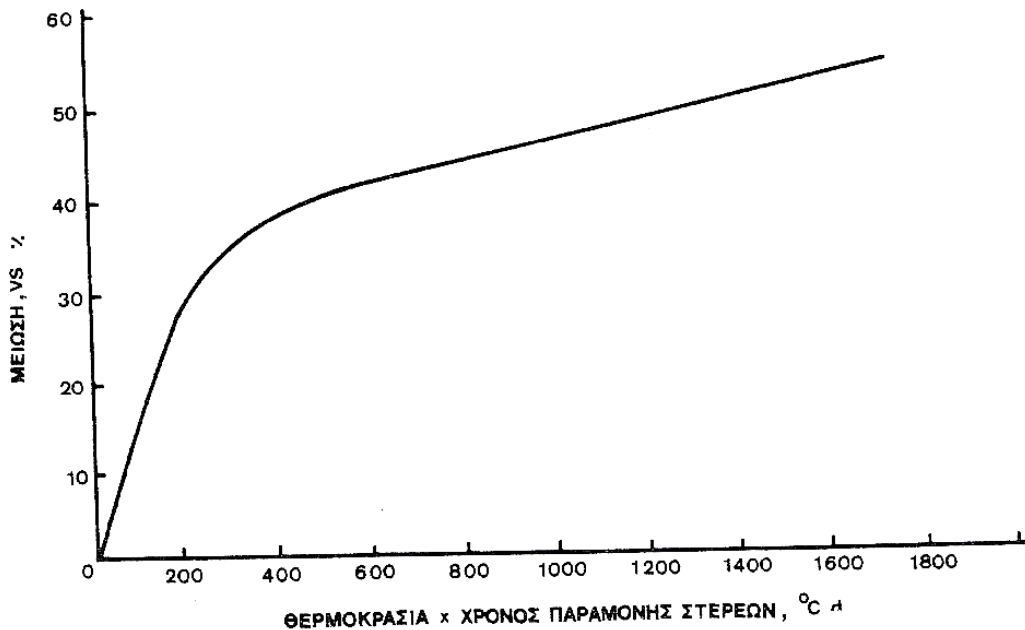
Η διαστασιολόγηση των αερόβιων χωνευτών βασίζεται στον χρόνο παραμονής και στην θερμοκρασία της δεξαμενής.

➤ Υπολογισμός απαιτούμενου χρόνου παραμονής.

Η επιλογή του χρόνου παραμονής γίνεται για συνθήκες χειμώνα από το σχ.38 και τον Πίνακα 18.

Χρόνος παραμονής d	Θερμοκρασία °C		
	15 °C	20 °C	35 °C
5	21	24	25
10	32	41	45
15		43	
30	40,5	44	
60	46	46	

Πίνακας 18 Μείωση %VS συναρτήσει θερμοκρασίας και χρόνου παραμονής.



Σχ. 38 Μείωση %VS συναρτήσει θερμοκρασίας και χρόνου παραμονής.

➤ Υπολογίζεται η μείωση των VS.

Ο υπολογισμός γίνεται για συνθήκες χειμώνα και καλοκαιριού συναρτήσει του απαιτούμενου ποσοστού μείωσης των VS σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στην παρ.5.3.3.

➤ Ισοζύγιο μάζας

Εκλέγεται η επιθυμητή συγκέντρωση του υπερκείμενου υγρού και η συγκέντρωση της χωνευμένης λάσπης από τους Πίνακες 19 και 20. Επίσης εκλέγεται η συγκέντρωση του BOD στο υπερκείμενο υγρό και γίνεται το ισοζύγιο μάζας: Μάζα προς το χωνευτή = Μάζα από το χωνευτή =

$$= \text{Μάζα υπερκείμενου υγρού} + \text{μάζα πυκνωμένης λάσπης}$$

		Μέσες
BOD, mg/l	5 - 6500	500
COD, mg/l	24 - 25000	2600
SS, mg/l	10 - 42000	3400
PH	5.7 - 8	7
Άζωτο, mg/l	2.9 - 1350 (TKN)	170 (TKN)

Πίνακας 19 Χαρακτηριστικά υπερκείμενου υγρού αερόβιας χώνευσης

Είδος λάσπης	στερεά %
Περίσσεια ΕΙ	0,75 - 2,5 (τυπ. 1,25)
Πρωτοβάθμια + Περ. ΕΙ	1,5 - 4 (τυπ. 2,5)
Πρωτοβάθμια	2,5 - 7 (τυπ. 13,5)

Πίνακας 20 Συγκέντρωση λάσπης από αερόβια χώνευση.

Από το ισοζύγιο μάζας υπολογίζεται η παροχή Q_u του υπερκείμενου υγρού και η παροχή Q_w της χωνευμένης λάσπης.

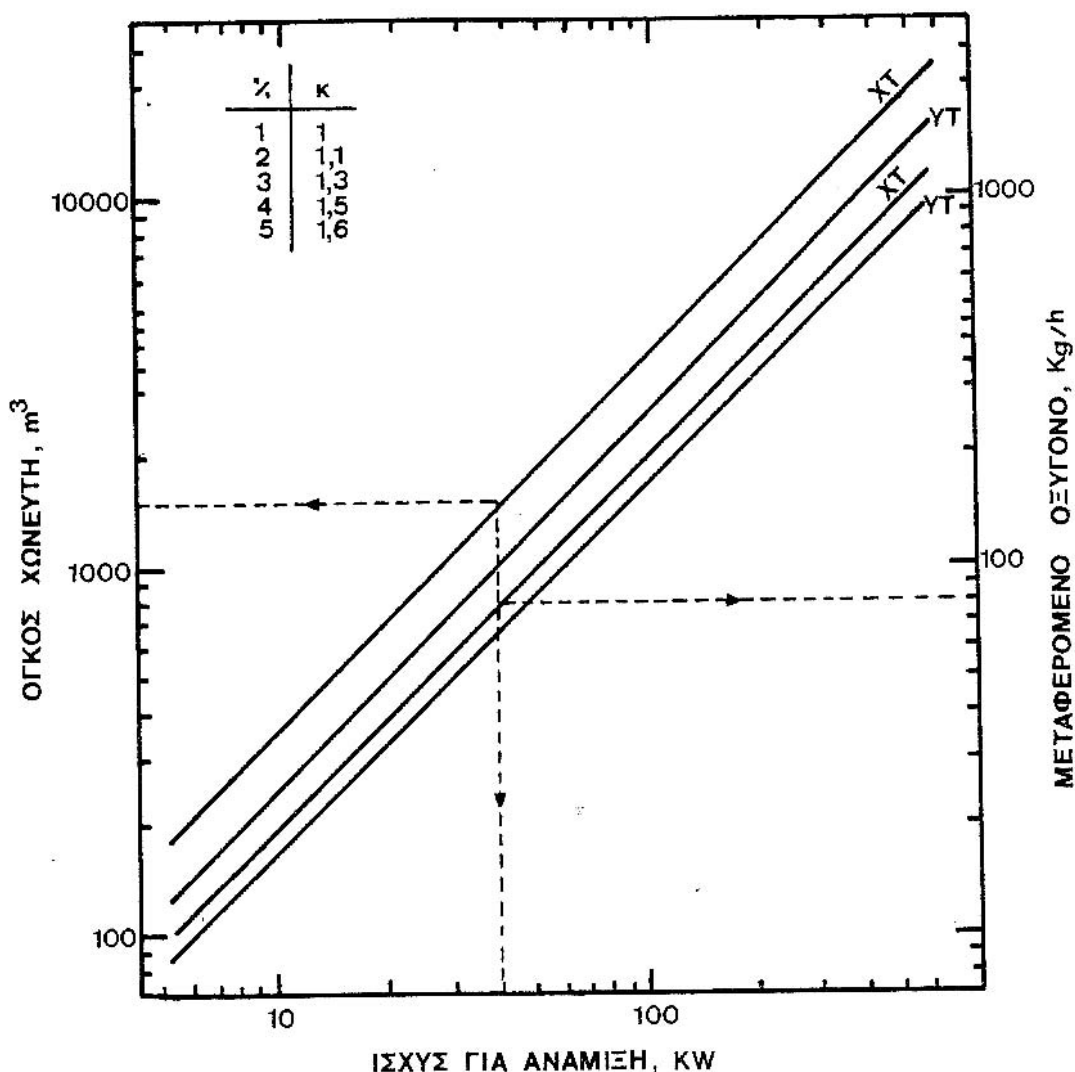
➤ Υπολογισμός όγκου χωνευτή.

Ο όγκος υπολογίζεται από τη σχέση:

$$V = \frac{\theta_c * (Q_u X_u + Q_w X_w)}{X} \quad (m^3) \quad (6.90)$$

➤ Υπολογισμός βαθμού ανάμιξης και απαιτούμενης ισχύος.

Ο υπολογισμός γίνεται όμοια με όσα αναφέρθηκαν για τον υπολογισμό του συστήματος αερισμού της ΔΑ του συστήματος ΕΙ και τις σχέσεις (6,61) - (6,67). Τα αποτελέσματα θα πρέπει να συμφωνούν με τα στοιχεία του σχ.39.



Σχ. 39 Απαιτούμενη ισχύς για ανάμιξη αερόβιων χωνευτών, για επιφανειακούς αεριστήρες χαμηλής (ΧΤ) ταχύτητας και υψηλής (ΥΤ) ταχύτητας, για συγκέντρωση SS 1%. (για άλλες συγκεντρώσεις οι τιμές πολλαπλασιάζονται με το συντελεστή κ)

➤ Υπολογισμός δεξαμενής καθίζησης.

Ο υπολογισμός της δεξαμενής καθίζησης γίνεται όμοια με αυτόν της ΔΔΚ του συστήματος ΕΙ.

6.7.3. Αφυδάτωση (Κλίνες ξήρανσης)

Η διαστασιολόγηση των ξηραντικών κλινών βασίζεται στην φόρτιση των στερεών της επεξεργαζόμενης λάσπης. Παρόλη την ευρεία χρήση αυτών των κλινών, ασφαλή δεδομένα για τον ορθολογικό σχεδιασμό τους δεν υπάρχουν. Γι' αυτό το λόγο είναι απαραίτητη η χρήση εργαστηριακών στοιχείων για την κάθε περίπτωση χωριστά.

Η εργαστηριακή ανάλυση γίνεται με την τοποθέτηση δείγματος λάσπης πάνω σε στρώμα άμμου 20 - 30 cm μέσα σε κύλινδρο και αφήνεται 1 - 3 μέρες έτσι ώστε το νερό να διηθηθεί. Στη συνέχεια τοποθετείται πάνω σε ανοικτό δίσκο και αφήνεται να εξατμιστεί το εναπομένον νερό. Όταν η συγκέντρωση στερεών της λάσπης φτάσει στο επιθυμητό όριο, υπολογίζεται η ποσότητα νερού που πρέπει να εξατμιστεί. Κατόπιν συλλέγονται τα κλιματολογικά στοιχεία της περιοχής, σε πίνακες όπως του σχ40. και υπολογίζεται ο χρόνος που χρειάζεται για να εξατμιστεί το νερό της λάσπης και της βροχής.

Μήνας	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
Βροχόπτωση, mm	118	125	100	92	114	62	46	36	48	124	139	142
Εξάτμιση, mm	97	104	98	111	128	195	247	286	152	135	121	135

Σχ. 40 Μετεωρολογικά στοιχεία

Αναλυτικά η διαδικασία έχει ως εξής:

➤ Υπολογισμός ποσότητας λάσπης ανά m² και ποσότητας στερεών μετά την διήθηση και την εξάτμιση.

— Επιλέγεται το πάχος β στρώσεων λάσπης στην κλίση σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στην παρ.5.4.2. και υπολογίζεται η ποσότητα της λάσπης ανά m²

$$\text{ποσότητα λάσπης/ m}^2 = \beta \text{ (m)} * 1000 \text{ (kg/ m}^3\text{)}$$

— Υπολογίζεται η ποσότητα των στερεών στη λάσπη

$$\text{ποσ. στερεών} = \text{ποσ. λάσπης} * \% \text{ συγκέντρωση στερεών}$$

- Υπολογίζεται η ποσότητα της λάσπης μετά τη διήθηση από την αύξηση της συγκέντρωσης των στερεών λόγω διήθησης που βρέθηκε πειραματικά

ποσότητ στερεών/% αύξηση συγκ. στερεών = ποσότητ. λάσπης μετά τη διήθηση

- Υπολογίζεται η ποσότητα της λάσπης μετά την εξάτμιση

ποσότητ στερεών/% αύξηση συγκ. στερεών λόγω εξάτμισης = ποσότητ. λάσπης μετά τη εξάτμιση

- Υπολογίζεται η ποσότητα νερού που πρέπει να αφαιρεθεί

Από την αφαίρεση της ποσότητας λάσπης μετά την διήθηση με αυτήν μετά την εξάτμιση, υπολογίζεται η ποσότητα του νερού που πρέπει να εξατμιστεί.

- Πίνακας υπολογισμού

Ο πίνακας υπολογισμού έχει τη μορφή του σχ41. και δημιουργείται για τον υπολογισμό του συνολικού χρόνου εξάτμισης με βάση τα μετεωρολογικά στοιχεία της περιοχής.

Οι τιμές της βροχόπτωσης πρέπει να πολλαπλασιάζονται με 0,57, γιατί έχει βρεθεί ότι κάτω από όχι ακραία βροχόπτωση το 43% διηθείται ενώ το 57% παραμένει για εξάτμιση. Οι τιμές της εξάτμισης πολλαπλασιάζονται με 0,75.

Στη συνέχεια υπολογίζονται, η μέση ημερήσια εξάτμιση νερού σύμφωνα με τις μέρες του κάθε μήνα, ο απαιτούμενος χρόνος εξάτμισης του νερού της λάσπης και του νερού της βροχής και τέλος ο συνολικός χρόνος εξάτμισης.

- Υπολογισμός επιφάνειας κλίνης.

Από τους συνολικούς χρόνους παραμονής που υπολογίστηκαν στον πίνακα επιλέγεται ο μήνας με τον υψηλότερο (θ_{kr}) υπολογίζεται η απαιτούμενη επιφάνεια της κλίνης ως:

$$A = \text{αρχική μάζα λάσπης} * \theta_{kr} * \frac{\varepsilon}{\text{μάζα στερεών}} \quad (6,91)$$

όπου ε = ειδική βαρύτητα λάσπης

Μή- vas	(1) Βροχόπτωση mm	(2) Εξάτιμιση mm	(3) $(\text{Βροχ.}) \times 0,57$ (Εξασμ.) $\times 0,75$	(4) $(2) \times 0,75$	(5) Ημέρ./μήνα	(6) Ημερ/εξαστ d/mm	(7) Χρόνος εξάτιμισης, d	(8) Χρόνος εξάτιμισης βροχής, d	(9) Συνολικός χρόνος εξάτιμισης, d
			(1) $\times 0,57$	(2) $\times 0,75$		(5):(4)	11,4 \times (6)	(6) \times (3)	(7)+(8)
I	118	97	67,26	72,75	31	0,43	4,90	28,92	33,8
Φ	125	104	71,25	78	28	0,36	4,10	25,65	29,75
M	100	98	57	73,5	31	0,42	4,79	23,94	28,73
A	92	111	52,44	83,25	30	0,36	4,10	18,9	23,23
M	114	128	64,98	96	31	0,32	3,65	20,79	24,44
I	62	195	35,34	146,25	30	0,21	2,39	7,42	9,81
I	46	247	26,22	185,25	31	0,17	1,94	4,46	6,40
A	36	286	20,52	214,5	31	0,14	1,60	2,87	4,47
Σ	48	152	27,36	114	30	0,26	2,96	7,11	10,07
Ο	124	135	70,68	101,25	31	0,31	3,53	21,91	25,44
N	139	121	79,23	90,75	30	0,33	3,76	26,15	29,91
Δ	142	135	80,94	101,25	31	0,31	3,53	25,09	28,62

Σχ. 41 Πίνακας υπολογισμού ξηραντικής κλίνης

7. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

7.1. Εισαγωγή

Τα υγρά βιομηχανικά απόβλητα μεταφέρουν κατά κανόνα σημαντικό ρυπαντικό φορτίο, που σ' αντίθεση με τα αστικά λύματα παρουσιάζει ατελείωτη ποικιλία, τόσο από κλάδο σε κλάδο βιομηχανίας όσο και μεταξύ παρόμοιων ακόμα βιομηχανιών ανάλογα με τις πρώτες ύλες και την παραγωγική διαδικασία που εφαρμόζεται.

Παρόλη την πρόοδο που έχει σημειωθεί στην τεχνολογία της επεξεργασίας των βιομηχανικών αποβλήτων τις τελευταίες δεκαετίες, η λύση του προβλήματος παρουσιάζει πάντα δυσκολίες και πρέπει κατά κανόνα να μελετηθεί ιδιαίτερα η κάθε μονάδα καθαρισμού, με βάση τα τεχνικά χαρακτηριστικά και τις τυπικές συνθήκες. Σε πολύ λίγες μόνο περιπτώσεις μπορεί να εφαρμοσθούν τυποποιημένες λύσεις, ενώ σε άλλες είναι απαραίτητη η μελέτη σε πειραματική μονάδα (pilot plant).

Προκειμένου να εξασφαλισθεί η καλύτερη δυνατή λύση για την επεξεργασία των βιομηχανικών αποβλήτων, είναι απαραίτητη η στενή συνεργασία του υπεύθυνου μηχανικού της βιομηχανίας με τον ειδικό μελετητή μηχανικό, που θα εφαρμόσει κατάλληλα τις αρχές και τους κανόνες της υγειονομικής μηχανικής σε κάθε συγκεκριμένη περίπτωση.

Η συνεχής αύξηση των πηγών ρυπάνσεως και η προοδευτική εξάντληση της φυσικής αφομοιωτικής ικανότητας του περιβάλλοντος σε συνδυασμό με την ευαισθητοποίηση και την αυξημένη αντίδραση της κοινής γνώμης οδηγεί στην ανάγκη εφαρμογής από τη βιομηχανία όλο και πιο αποδοτικών μεθόδων καθαρισμού. Ο χειρισμός των αποβλήτων δεν περιορίζεται μονό στον καθαρισμό και την απομάκρυνση ή εξουδετέρωση των ανεπιθύμητων συστατικών, αλλά περιλαμβάνει και γενικότερα μέτρα αντιμετώπισης του προβλήματος, όπως ελάττωση της καταναλώσεως νερού και της παραγωγής αποβλήτων, ανακύκλωση ανάκτηση υλικών, αλλαγή της παραγωγικής διαδικασίας, κατάλληλη εκλογή του βιομηχανικού γηπέδου κτλ.

Το θέμα των βιομηχανικών αποβλήτων είναι ιδιαίτερα εκτεταμένο και πολύμορφο και αποτελεί κανονικά αντικείμενο ειδικής εξετάσεως ακόμη και για ορισμένους κλάδους της βιομηχανίας. Γι' αυτό στο κεφάλαιο αυτό δίνονται θα δοθούν ορισμένα μόνο στοιχεία σχετικά με τις συμπληρωματικές μεθόδους επεξεργασίας, που εφαρμόζονται στον καθαρισμό των βιομηχανικών αποβλήτων, παράλληλα με τις συνηθισμένες μεθόδους επεξεργασίας.

7.2. Ποιοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων

Τα βιομηχανικά απόβλητα περιέχουν μεγάλη ποικιλία ουσιών που προκαλούν ρύπανση του περιβάλλοντος.

Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται :

— Ανόργανα άλατα (χλωριούχα, ενώσεις σιδηρού ,αζώτου και φωσφόρου, σκληρότητα κτλ.)

— Οργανικές ενώσεις που δεσμεύουν το οξυγόνο και δημιουργούν ανεπιθύμητες αναερόβιες συνθήκες.

— Οξέα ή αλκάλια (Θειικό οξύ, υδροξείδιο του νατρίου κτλ.)

— Αιωρούμενα στερεά που δημιουργούν ιζήματα.

— Επιπλέοντα υλικά (λίπη, έλαια κτλ.)

— Τοξικές ουσίες ανόργανες ή οργανικές. Πολλές από τις ουσίες αυτές είναι τοξικές για την υδρόβια ζωή σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις και συνήθως δεν απομακρύνονται με τις συμβατικές μεθόδους επεξεργασίας των αστικών λυμάτων. Πολλές σύνθετες οργανικές ενώσεις που παράγονται από τη χημική βιομηχανία για τη παραγωγική διαδικασία άλλων κλάδων, έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα τοξικές για την υδρόβια ζωή (π.χ. το ακρυλονιτρίλιο που χρησιμοποιείται στην παραγωγή συνθετικών ινών)

— Μικροοργανισμοί, είτε παθογόνοι (βάκιλοι άνθρακα από βυρσοδεψεία, μικρόβια εντερολοιμώξεων από σφαγεία), είτε συντελεστές της βιοαποδομήσεως.

— Χρώμα από τα βαφεία, βυρσοδεψεία, χαρτοβιομηχανίες κτλ.

— Επίσης ορισμένες ουσίες απορροφούν εκλεκτικά μέρος μόνο του φωτεινού φάσματος (μήκη κύματος) και ανακλούν το υπόλοιπο με αποτέλεσμα να δημιουργούν την εντύπωση χρώματος.

— Αφριστικές ουσίες από υφαντουργεία, χαρτοβιομηχανίες και χημικές βιομηχανίες.

— Θερμά υγρά από συμπυκνωτές και εγκαταστάσεις ψύξεως .

— Ραδιενεργά υλικά από πυρηνικούς αντιδραστήρες, επεξεργασία μεταλλευμάτων ουρανίου, εργαστήρια ή θεραπευτικά κέντρα που χρησιμοποιούν ραδιενεργά υλικά, πλύσιμο προστατευτικού ρουχισμού των εργαζομένων σε σχετικές εργασίες.

Γενικά τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των βιομηχανικών αποβλήτων είναι πολύ μεταβλητά ανάλογα με το είδος της βιομηχανίας, τις πρώτες ύλες και τα τελικά προϊόντα, την παραγωγική διαδικασία, την

ανάκτηση υλικών, την ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων και τέλος την κατάλληλη οργάνωση για τον περιορισμό των διαρροών και απωλειών και την εξοικονόμηση των υδατικών πόρων .

7.3. Μέτρα ελέγχου των αποβλήτων

Πέρα από τις οποιεσδήποτε διαδικασίες καθαρισμού των βιομηχανικών αποβλήτων, είναι σημαντικό να λαμβάνονται μέτρα για τον περιορισμό του ρυπαντικού φορτίου των αποβλήτων, όπως επίσης και μέτρα για την επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων και την ανάκτηση των χρησιμοποιηθέντων φυσικών πόρων.

Το φορτίο που εφαρμόζεται στις εγκαταστάσεις καθαρισμού μπορεί να ελαττωθεί και διατηρηθεί μέσα σε αποδεκτά όρια με κατάλληλη προσαρμογή της λειτουργίας της βιομηχανικής μονάδας και του χειρισμού των αποβλήτων.

Συνηθισμένα μέτρα ελέγχου των αποβλήτων και του φορτίου ρύπανσης είναι τα ακόλουθα:

α. Ποιοτική εξίσωση ή ρύθμιση της ροής των αποβλήτων.

Με την χρήση δεξαμενών συγκράτησης μπορεί να εξασφαλιστεί η ομοιόμορφη φόρτιση των έργων επεξεργασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας ή της εβδομάδας.

β. Διαχωρισμός των σχετικά καθαρών νερών από τα απόβλητα.

Συνήθως τα νερά εξατμίσεως και συμπυκνώσεως των ατμών έχουν μικρό βαθμό ρύπανσης και είναι προτιμότερο να διατεθούν χωριστά, χωρίς να αναμιχθούν με τα απόβλητα υψηλού ρυπαντικού φορτίου. Με τον τρόπο αυτό η τελική ελάττωση του ρυπαντικού φορτίου με την βιολογική επεξεργασία των πυκνών αποβλήτων είναι μεγαλύτερη και οικονομικότερη.

γ. Ανάκτηση των χρήσιμων και εμπορεύσιμων υλικών από τα απόβλητα.

Με τον τρόπο αυτό μειώνεται σημαντικά και σε ορισμένες περιπτώσεις ουσιαστικά ο βαθμός ρύπανσης, ενώ γίνεται οικονομία σε φυσικούς πόρους η οποία αντισταθμίζει ως ένα βαθμό τα έξοδα καθαρισμού των αποβλήτων.

δ. Περιορισμός των απωλειών των επεξεργασμένων προϊόντων.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η συστηματική στράγγιση των δοχείων μεταφοράς του γάλακτος και η αποφυγή διαρροών που μπορεί να μειώσουν μέχρι 50% την παρουσία υπολειμμάτων γάλακτος στα απόβλητα.

ε. Οικονομία στη χρήση νερού, επεξεργασία και ανακύκλωση των βιομηχανικών αποβλήτων.

Σοβαρότερη οικονομία νερού γίνεται με την ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση του νερού παραγωγής ύστερα από την απαραίτητη επεξεργασία.

7.4. Μέθοδοι επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων

Για την επεξεργασία των βιομηχανικών αποβλήτων χρησιμοποιούνται όλες οι συνηθισμένες μέθοδοι που εφαρμόζονται για τα αστικά λύματα, όπως το σχάρισμα, η απομάκρυνση της άμμου, η αφαίρεση των επιπλεόντων υλικών, η καθίζηση, απλή ή σε συνδυασμό με χημική κατακρήμνιση και η βιολογική επεξεργασία για τα οργανικά βιομηχανικά απόβλητα που δεν περιέχουν βιοστατικές ή τοξικές ουσίες, σε συνδυασμό με την επεξεργασία της λάσπης.

Εκτός όμως από τις πιο πάνω συνηθισμένες μεθόδους εφαρμόζονται συχνά τόσο οι χημικές επεξεργασίες, καθώς και άλλες ειδικές μέθοδοι για την αντιμετώπιση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των βιομηχανικών αποβλήτων.

7.4.1. Χημική εξουδετέρωση

Τα πολύ όξινα ή αλκαλικά απόβλητα πρέπει να εξουδετερωθούν προτού υποβληθούν σε επεξεργασία καθαρισμού ή διατεθούν σε δίκτυα υπονόμων, γιατί δημιουργούνται δυσμενείς συνέπειες κυρίως όσον αφορά τις ψηλές ή χαμηλές τιμές του pH.

Στην πράξη η χημική εξουδετέρωση γίνεται με διάφορους τρόπους που εκλέγονται συνήθως με τεχνικά και οικονομικά κριτήρια και περιλαμβάνουν:

α. Ανάμιξη όξινων και αλκαλικών αποβλήτων

Η μέθοδος συνίσταται στην ανάμιξη όξινων και αλκαλικών αποβλήτων, εφόσον υπάρχει παραγωγή και των δύο ειδών στην παραγωγική διαδικασία, με σκοπό την δημιουργία μίγματος με ουδέτερο PH. Απαραίτητες για την εκτέλεση αυτής της μεθόδου είναι η ύπαρξη δεξαμενών για την αποθήκευση και ανάμιξη των αποβλήτων, όπως και κατάλληλος μηχανισμός ρύθμισης των παροχών.

β. Εξουδετέρωση της οξύτητας με ασβεστόλιθο

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για την εξουδετέρωση των οξέων που περιέχονται στα απόβλητα. Η εξουδετέρωση πραγματοποιείται με την διέλευση των λυμάτων από ειδική δεξαμενή στην οποία τα λύματα έρχονται σε επαφή με ασβεστόλιθο, με αποτέλεσμα την οξειδωση των οξέων. Σαν παράδειγμα της αντίδρασης που λαμβάνει χώρα μπορεί να δοθεί η

εξουδετέρωση του θειικού οξέως από ασβεστόλιθο και η οποία δίνεται από τον παρακάτω τύπο:



Για την επίτευξη ικανοποιητικού ρυθμού αντίδρασης, είναι αρχικά απαραίτητη η ύπαρξη περίσσειας ασβεστόλιθου στη δεξαμενή. Επίσης θα πρέπει να τα απόβλητα να εφαρμόζονται αραιωμένα (με συγκέντρωση έως 5% περίπου), έτσι ώστε να διασφαλίζεται η διαλυτότητα των παραγομένων ενώσεων. Σε αντίθετη περίπτωση ο ασβεστόλιθος οδηγείται σε αδρανοποίηση, αφού δημιουργείται γύψος, ο οποίος αποτρέπει την επαφή των λυμάτων με τον εναπομείναντα ασβεστόλιθο. Τέλος για την διασφάλιση της απρόσκοπτη λειτουργίας της διάταξης θα πρέπει να υπάρχει μέριμνα για την αντικατάσταση του ασβεστόλιθου που αδρανοποιείται. Ο αδρανοποιημένος ασβεστόλιθος αντικαθίσταται με νέο.

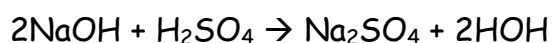
γ. Εξουδετέρωση της οξύτητας με γαλάκτωμα ασβέστη

Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει πολλές ομοιότητες με την μέθοδο εξουδετέρωσης των οξέων με την χρήση ασβεστόλιθου. Το πρόσθετο πλεονέκτημα της χρήσης ασβέστη είναι η μεγάλη αποτελεσματικότητα της επεξεργασίας.

δ. Προσθήκη αλκαλίου στα όξινα απόβλητα.

Κατά την μέθοδο αυτή η εξουδετέρωση των οξέων πραγματοποιείται με την προσθήκη πυκνού διαλύματος καυστικής σόδας (NaOH) ή ανθρακικής σόδας (NaCO₃) στα όξινα απόβλητα και εξασφαλίζει γρήγορη και αποτελεσματική εξουδετέρωση με σχετικά μικρή ποσότητα λόγω της μεγαλύτερης ισχύος σε σχέση με τον ασβέστη.

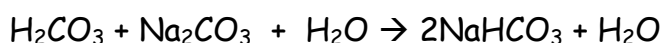
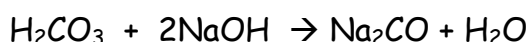
Οι αντιδράσεις εξουδετερώσεως όξινων αποβλήτων θειικού και ανθρακικού οξέος είναι :



Τα πλεονεκτήματα της μεθόδους αυτής είναι ότι τα προϊόντα της αντίδρασης είναι ευδιάλυτα και δεν αυξάνουν τη σκληρότητα του υδατικού αποδέκτη. Η απαιτούμενη ποσότητα του αλκαλικού μέσου εξουδετέρωσης εξαρτάται από τον παράγοντα βασικότητας του μέσου και από το βαθμό οξύτητας των αποβλήτων και μπορεί να υπολογισθεί με το νομογράφημα του Hoak. Η προσθήκη της καυστικής σόδας μπορεί να γίνει απευθείας στην αναρόφηση της αντλίας των όξινων αποβλήτων. Στις μεγάλες εγκαταστάσεις απαιτείται κατάλληλη δοσομετρική αντλία με ρυθμιζόμενη παροχή και ανάλογη δεξαμενή αποθήκευσης του αλκαλικού μέσου εξουδετέρωσης.

ε. Εξουδετέρωση των αλκαλικών αποβλήτων με CO₂

Στη μέθοδο αυτή η εξουδετέρωση πραγματοποιείται με την χρήση ανθρακικού οξέος που προκύπτει από την επαφή του διοξειδίου του άνθρακα με το νερό. Το τελικό προϊόν της αντίδρασης είναι διττανθρακικό νάτριο. Παραστατικά η αντίδραση έχει ως εξής:



Το CO₂ μπορεί να προέρχεται από τα καυσαέρια του λέβητα της μονάδας που χρησιμοποιείται για την θέρμανση αυτής, να παραλαμβάνεται έτοιμο από το εμπόριο ή να παράγεται επιτόπια.

Στην πρώτη περίπτωση έχουμε το πλεονέκτημα της οικονομίας και την χρησιμοποίηση των καυσαερίων που σε άλλη περίπτωση απλά θα αποβάλλονταν στο περιβάλλον. Βέβαια θα πρέπει να κατασκευαστεί η απαραίτητη διάταξη σωληνώσεων για την εκτροπή των καυσαερίων από την καπνοδόχο του λέβητα στην δεξαμενή επεξεργασίας των λυμάτων, η τοποθέτηση φίλτρου συγκράτησης του θείου που περιέχεται στα άκαυστα αέρια, όπως επίσης και ένα σύστημα διάχυσης των καυσαερίων στα απόβλητα.

Όσον αφορά στις άλλες δύο μεθόδους παραλαβής του επιθυμητού CO₂, παρουσιάζεται το μειονέκτημα του σημαντικού κόστους που αυτές συνεπάγονται. Παρόλα αυτά πλεονεκτούν ως προς την δυνατότητα ρύθμισης του επιθυμητού τελικού προϊόντος.

7.4.2. Προσρόφηση

Γενικά η εφαρμογή της προσρόφησης στην επεξεργασία των αποβλήτων γίνεται για τον εξευγενισμό της τελικής απορροής, ύστερα από συμβατικό καθαρισμό με στόχο την απομάκρυνση ορισμένων χαρακτηριστικών ρύπων που δεν αφαιρούνται εύκολα από τα απόβλητα.

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη επεξεργασία των βιομηχανικών αποβλήτων για την απομάκρυνση πολλών οργανικών ουσιών όπως είναι οι φαινόλες, τα χρώματα και οι αρωματικές ενώσεις, με τη χρήση ενεργού άνθρακα. Επίσης η προσρόφηση έχει προταθεί για την αφαίρεση των ανεξίτηλων χρωμάτων και την απομάκρυνση του υδραργύρου από τα απόβλητα.

7.4.3. Εναλλαγή ιόντων

Η μέθοδος της εναλλαγής ιόντων χρησιμοποιείται κυρίως για την ανάκτηση χρήσιμων στην παραγωγική διαδικασία στοιχείων. Η απομάκρυνση των στοιχείων αυτών από τα λύματα έχει το επιπλέον πλεονέκτημα της δυνατότητας επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων, εφόσον αυτά έχουν απαλλαγεί από τις επιβλαβείς ενώσεις.

Συγκεκριμένα στη βιομηχανία των επιμεταλλώσεων τα υγρά του ξεπλύματος εφαρμόζονται σε ειδικές κλίνες κατιονικών και ανιονικών ρητινών οι οποίες εκλέγονται κατάλληλα, έτσι ώστε να γίνεται ανάκτηση των μεταλλικών ιόντων που έχουν προσχωρήσει στα νερά κατά την παραγωγική διαδικασία. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να γίνει ανάκτηση του αργύρου (Ag^+) και του χαλκού (Cu^+) και τα απόβλητα να επαναχρησιμοποιηθούν.

Επίσης με την χρήση ειδικού φυσικού εναλλάκτη απομακρύνονται τα ιόντα του αμμωνίου και είναι δυνατή η απομάκρυνση των βαφών από τα απόβλητα των βιομηχανιών χρωμάτων και των υφαντουργείων.

Τέλος με τη χρησιμοποίηση τριχών από βυρσοδεψία, είναι δυνατή η κατασκευή εναλλάκτη για την απομάκρυνση του ψευδαργύρου από τα απόβλητα.

7.4.4. Διαχωρισμός με εκλεκτικές μεμβράνες

Η επεξεργασία αυτή κάνει χρήση μεμβρανών με εκλεκτικές ιδιότητες περατότητας. Οι σχετικές διαδικασίες που χρησιμοποιούν διαχωριστές μεμβράνες, περιλαμβάνει μεταξύ άλλων την αντίστροφη ώσμωση, την υπερδιήθηση, τη διάλυση και την ηλεκτροδιάλυση.

α. Αντίστροφη ώσμωση

Ώσμωση είναι η ροή ενός υγρού μέσα από ημιπερατή μεμβράνη, δηλαδή μια μεμβράνη που επιτρέπει τη δίοδο του υγρού αλλά όχι των διαλυμένων σε αυτό ουσιών.

Η επεξεργασία γίνεται σε ειδικές δεξαμενές οι οποίες διαχωρίζονται ως προς τον κάθετο άξονα τους με την ημιπερατή μεμβράνη. Τα λύματα εισέρχονται σε αυτή από την μία πλευρά της δεξαμενής. Στην άλλη πλευρά της δεξαμενής εισάγεται καθαρό νερό το οποίο σαν διάλυμα είναι αραιότερο από το διάλυμα των αποβλήτων. Η επεξεργασία λαμβάνει χώρα λόγω της τάσης εξίσωσης της πυκνότητας που δημιουργείται ανάμεσα στα δύο διαλύματα, με ροή από το πυκνότερο προς το αραιότερο διάλυμα. Τελικά το φαινόμενο φτάνει σε κατάσταση ισορροπίας όπου εξισώνονται οι ροές και δημιουργείται η λεγομένη ωσμωτική πίεση μεταξύ των δυο πλευρών της μεμβράνης.

Για το νερό σαν διαλυτικό υγρό η ωσμωτική πίεση είναι :

$$\Pi = \frac{\eta}{V} * RT \quad (7,1)$$

όπου Π : ωσμωτική πίεση

η : η διαλυμένη ουσία σε γραμμομόρια

V : ο όγκος του νερού σε γραμμομόρια

R : η σταθερά των τελείων αερίων (1,987 cal/°K.mol)

T : η απόλυτη θερμοκρασία (°K)

Με την εισαγωγή νέων αποβλήτων στη δεξαμενή η πίεση αυξάνεται πάνω από την ωσμωτική με αποτέλεσμα την κίνηση του υγρού προς την περιοχή του αραιού διαλύματος, καθαρό από τις ανεπιθύμητες διαλυμένες ουσίες. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται αντίστροφη ώσμωση. Το φαινόμενο ονομάζεται και υπέρ-διύλιση, διότι το υγρό αποχωρίζεται από το μίγμα με ένα είδος διυλιστηρίου.

Ο ρυθμός διυλίσεως είναι συνήθως 0,5 - 1,25 m³/m².day και η αναγκαία πίεση υπολογίζεται, για μεγάλα μόρια (πρωτεΐνες) σε 1,5 - 3,0 kg/day και για μικρά μόρια (ζάχαρη, άλατα) σε ~35kg/day.

β. Υπερδιήθηση

Η υπερδιήθηση είναι μία διαδικασία η οποία μπορεί να θεωρηθεί και ως ίδια με την αντίστροφη ώσμωση. Εξαρτάται και αυτή από την ασκούμενη πίεση, που αποτελεί την κινητήρια δύναμη και χρησιμοποιεί μεμβράνες που είναι περατές σε ορισμένες ουσίες και αδιαπέρατες σε άλλες.

Η βασική διάφορα μεταξύ των μεθόδων είναι ότι η αντίστροφη ώσμωση χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση υλικών με μικρό μοριακό βάρος, ενώ η υπερδιήθηση χρησιμοποιείται συνήθως για την απομάκρυνση διαλυμάτων με μεγάλο μοριακό βάρος που παρουσιάζουν μικρή ωσμωτική πίεση (π.χ. βακτήρια, πρωτεΐνες, άργιλος, κ.α.).

γ. Διάλυση

Η μέθοδος της διάλυσης είναι πολύ χρήσιμη για την ανάκτηση καθαρών διαλυμάτων, που μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν στην παραγωγική διαδικασία. Επίσης η διάλυση χρησιμοποιείται για την ανάκτηση οξέων και μεταλλικών αλάτων.

Η αρχή της λειτουργίας στηρίζεται στη διέλευση προς τα πάνω ενός πυκνού σε απόβλητα διαλύματος, το οποίο περιέχει διαφόρους ρύπους, γύρω από ημιπερατή μεμβράνη στο εσωτερικό της οποίας ρέει καθαρό νερό προς την αντίθετη κατεύθυνση. Το στοιχείο που ενδιαφερόμαστε να ανακτήσουμε

διαπερνά την μεμβράνη με μεγαλύτερη ταχύτητα από τα άλλα απόβλητα που περιέχονται στο διάλυμα. Το αποτέλεσμα είναι στην έξοδο της διάταξης να προκύπτει καθαρό διάλυμα νερού και ανακτημένου υλικού. Πάντως η συγκέντρωση του ανακτημένου στοιχείου στο τελικό διάλυμα είναι πάντα μικρότερη από την συγκέντρωση του στα αρχικά απόβλητα.

Η ποσότητα της ουσίας που περνάει από την μεμβράνη εξαρτάται από το χρόνο, την επιφάνεια, τη μέση διάφορα συγκέντρωσης, τη θερμοκρασία και τη φύση της μεμβράνης και μπορεί να υπολογισθεί από τον τύπο:

$$Q = K * A * t * (\Delta c) \quad (7,2)$$

όπου : Q : ποσότητα που διαχέεται

K : καθολικός συντελεστής διάχυσης

A : επιφάνεια διάχυσης

t : χρόνος

Δc : λογαριθμική μέση διαφορά συγκέντρωσης κατά μήκος της μεμβράνης

Με καλή προσέγγιση η λογαριθμική μέση διαφορά συγκεντρώσεως κατά μήκος της μεμβράνης μπορεί να υπολογισθεί ως:

$$\Delta c = \frac{\Delta c_1 + \Delta c_2}{2,3 \log^* \Delta c_1 / \Delta c_2} \quad (7,3)$$

όπου:

Δc_1 και Δc_2 : οι διάφορες συγκέντρωσης στα σημεία εισόδου και εξόδου.

Η εκλεκτή περατότητα των μεμβρανών οφείλεται τόσο σε είδος μηχανικού κοσκινίσματος όσο και φυσικοχημικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαλυμένων ουσιών του διαλύτη και φύσεως της μεμβράνης.

δ. Ηλεκτροδιάλυση

Η ηλεκτροδιάλυση στηρίζεται στην εκλεκτική ημιπερατότητα συστοιχίας μεμβρανών σε ανιόντα (+) και κατιόντα (-), τα οποία κινούνται κάτω από την επίδραση ηλεκτρικού δυναμικού.

Η ηλεκτροδιάλυση έχει χρησιμοποιηθεί για ανάκτηση οξέων, λιγνίτη από τα απόβλητα χαρτοπολτού και χρωμίου από απόβλητα επιμεταλλώσεως.

7.4.5. Εξάτμιση

Η εξάτμιση συνιστάται στο βρασμό των αποβλήτων κάτω από τη συνηθισμένη ατμοσφαιρική πίεση, ή προτιμότερα με την δημιουργία ελαφρού κενού από την πλευρά του ατμού με σκοπό την αύξηση του ρυθμού παραγωγής ατμού.

Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι τα περιεχόμενα στα απόβλητα στερεά, να συγκεντρώνονται στο υπόλειμμα, το οποίο είτε ξαναχρησιμοποιείται στο κύκλωμα παραγωγής, είτε διατίθεται κατάλληλα. Παράλληλα ο παραγόμενος ατμός είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί για ενέργεια ή θέρμανση, αντί να απορριφθεί στο περιβάλλον.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται μεταξύ άλλων και για την επεξεργασία των ραδιενεργών αποβλήτων

Η εξάτμιση γίνεται συνήθως με ατμό, που συμπυκνώνεται πάνω σε μεταλλικούς σωλήνες, από τους οποίους ρέουν τα απόβλητα.

Στην πράξη η μέθοδος παρουσιάζει λειτουργικά και κατασκευαστικά προβλήματα, τα οποία προέρχονται κυρίως από επικαθίσεις, που δημιουργούνται στις θερμαινόμενες επιφάνειες και οι οποίες δυσκολεύουν τον καθαρισμό των λυμάτων, από αφρισμό των αποβλήτων και από την απαίτηση για τη χρήση ειδικών υλικών κατασκευής της διάταξης.

Ο επιδρά αρνητικά στον συντελεστή απόδοσης της διάταξης. Η απόδοση του συστήματος εξατμίσεως, εκτός από τον σχηματισμό επικαθίσεων, εξαρτάται από το ρυθμό μεταφοράς της θερμοκρασίας και εκφράζεται με τη σχέση:

$$q = C * A * (t_s - t_w) = C * A * \Delta t \quad (7,4)$$

όπου q : ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας (Kcal/h)

C : ο καθολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας (Kcal/m².°C)

A : Θερμαινόμενη επιφάνεια (m²)

t_s : Θερμοκρασία συμπυκνώματος ατμού (°C)

t_w : Θερμοκρασία βρασμού των αποβλήτων (°C)

Οι τιμές του συντελεστή C επηρεάζονται από τον τύπο της συσκευής εξατμίσεως, το ιζώδες και τις θερμοκρασίες λειτουργίας. Τυπικές τιμές του συντελεστή C για διάφορους τύπους συσκευών δίνονται στον πίνακα 21.

Τύπος συσκευής εξατμίσεως	Καθολικός συντελεστής Kcal/ m ² .°C
1. Κατακόρυφος τύπος με επιμήκεις σωληνώσεις	
- Φυσική ανακυκλοφορία	1000 - 3000
- Τεχνική κυκλοφορία	2000 - 10000
2. Οριζόντιος τύπος με κοντές σωληνώσεις	1000 - 2000
3. Σπειροειδής εξατμιστής	1000 - 2000
4. Αναταραζόμενος εξατμιστής	
-Υγρά με ιζήδες 1 centipose	2000
-Υγρά με ιζήδες 100 centipose	1450
-Υγρά με ιζήδες 10.000 centipose	600

Πίνακας 21 Ενδεικτικές τιμές καθολικού συντελεστή μεταφοράς θερμότητας

7.4.6. Χημική οξείδωση και αναγωγή

Τόσο η οξείδωση, όσο και η αναγωγή μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην επεξεργασία των βιομηχανικών αποβλήτων για τη μετατροπή ορισμένων ρυπαντικών ουσιών, σε άλλες μορφές λιγότερο βλαβερές. Αυτό επιτυγχάνεται με την προσθήκη στις δεξαμενές επεξεργασίας των αποβλήτων, ειδικών χημικών ενώσεων οι οποίες βοηθούν στην οξείδωση ή αναγωγή αυτών και κατά συνέπεια στην αδρανοποίηση τους.

α. Οξείδωση

Σαν οξειδωτικά μέσα χρησιμοποιούνται συνήθως το οξυγόνο του αέρα σε περιπτώσεις όπως η οξείδωση του υδρόθειου (H₂S), των ιόντων του σιδήρου (Fe²⁺) ή του μαγγανίου (Mn²⁺). Επίσης χρησιμοποιείται το όζον για οξείδωση των φαινολών και των κυανιούχων, το υπερμαγγανικό κάλιο (KMnO₄) για Fe²⁺, Mn²⁺, S²⁻, CN⁻, το υπεροξείδιο του υδρογόνου (H₂O₂) για το H₂S και το χλώριο για οξείδωση των H₂S, Fe²⁺, Mn²⁺, CN⁻. Να σημειωθεί ότι για τα κυανιούχα (CN⁻) τα οποία είναι ιδιαίτερα τοξικά οξειδώνονται με χλώριο σε ψηλό (PH > 8,5), με στοιχειομετρική αναλογία κατά την οποία απαιτούνται 2,5 mg Cl₂ και 2.9 mg NaOH για κάθε mg CN⁻.

β. Αναγωγή

Σαν αναγωγικά μέσα χρησιμοποιούνται συνήθως ο θειικός σίδηρος (FeSO₄), το θειοθειικό νάτριο (Na₂S₂O₃) και κυρίως το διοξείδιο του θείου (SO₂) για την αναγωγή του εξασθενούς χρωμίου (Cr⁶⁺) το οποίο προέρχεται κυρίως από την επεξεργασία των αποβλήτων της επιμεταλλώσεως. Το εξασθενές χρώμιο, που βρίσκεται συνήθως σε μεγάλες περιεκτικότητες ανάγεται σε τρισθενές χρώμιο, με την επίδραση είτε του Fe²⁺ είτε του

διοξειδίου του θείου, που σχηματίζει με το νερό θειώδες οξύ (H_2SO_3) το οποίο είναι αναγωγική ουσία.

Για την αναγωγή κάθε mg Cr^{6+} απαιτούνται 16 mg $Fe SO_4 \cdot 7 H_2O$ και 6 mg H_2SO_4 για την ταπείνωση του PH ή 1,85 SO_2 . Το τρισθενές χρώμιο που παράγεται από τις παραπάνω αντιδράσεις κατακρημνίζεται με υδροξείδιο του ασβεστίου.

7.4.7. Βιολογική επεξεργασία

7.4.7.1. Γενικά

Το περιεχόμενο οργανικό φορτίο των λυμάτων πολλών βιομηχανιών είναι μεγάλο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αναγκαιότητα βιολογικής επεξεργασίας των λυμάτων αυτών έτσι ώστε να επιτυγχάνεται ικανοποιητικός βαθμός καθαρισμού. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη σημασία στην περιεκτικότητα των λυμάτων σε τοξικά στοιχεία. Οι τοξικές ουσίες όταν περιέχονται σε μεγάλες ποσότητες στα απόβλητα, έχουν την ιδιότητα να επηρεάζουν την αποδοτικότητα των εγκαταστάσεων βιολογικής επεξεργασίας. Σαν παράδειγμά αναφέρεται ότι τα κυανιούχα (CN^-) σε συγκέντρωση 0,1 mg/l ελαττώνουν το βιολογικό φορτίο (BOD_5) κατά 5%, ενώ με συγκέντρωση 1 mg/l το BOD_5 ελαττώνεται κατά 40%. Παρόλα αυτά αν η συγκέντρωση των κυανιούχων ανέλθει σε 30 mg/l η απόδοση των βιολογικών διατάξεων ελαττώνεται κατά 50%.

Στον πίνακα 22 δίνονται οι κρίσιμες τιμές συγκεντρώσεως τοξικών ουσιών για βιολογικές διατάξεις επεξεργασίας.

Βιολογική εγκατάσταση αποβλήτων		Αναερόβια επεξεργασία λάσσης			
Ιόντα	Επιτρεπτή Συγκέντρωση Mg/l	Μέταλλα	Μονάδα	Τοξική επίδραση	
				Μέτρια	Ισχυρή
Cd^{2+}	2 - 5	Cr		200	1500
Cr^{3+}	2 - 10	Cu	mg/kg	500	2000
Cu^{2+}	1	Fe	ξερής ουσίας	5000	15000
Fe^{2+} ή Fe^{3+}	100	Zn		4000	10000
Zn^{2+}	1 - 10	Ni		4000	9000
Ni^{2+}	1 - 6	K	mg/l	2500	12000
CN^-	30	Na	mg/l	3500	8000

Πίνακας 22 Όρια συγκεντρώσεως τοξικών ουσιών για βιολογικά συστήματα

Για τον υπολογισμό των εγκαταστάσεων βιολογικής επεξεργασίας των βιομηχανικών αποβλήτων εφαρμόζονται γενικά οι τύποι και κανόνες που έχουν αναφερθεί για τα αστικά λύματα με κατάλληλη προσαρμογή στα φορτία και τις αποδόσεις.

7.4.7.2. Χαλικοδιυλιστήριο

α. Περιγραφή λειτουργίας και κατασκευαστικών χαρακτηριστικών

Τα χαλικοδιυλιστήρια είναι δεξαμενές οι οποίες πληρώνονται με ειδικό γωνιώδες αδρανές υλικό. Κατασκευάζονται συνήθως από οπλισμένο σκυρόδεμα και είναι συνήθως κυκλικής διατομής με διάμετρο μέχρι 10 m. Τα υγρά απόβλητα εισέρχονται στη δεξαμενή με ειδική διάταξη και ρέουν πάνω στο υλικό πληρώσεως αυτής (χαλίκι), όπου έρχονται σε επαφή με το οξυγόνο που υπάρχει ανάμεσα στα κενά που αφήνουν τα χαλίκια. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται αερόβια βιολογική δράση στην επιφάνεια της δεξαμενής. Κάτω από αυτό το στρώμα επικρατούν αναερόβιες συνθήκες που οδηγούν σε αποκόλληση των ευτροφισμένων μικροοργανισμών από το μέσο πληρώσεως και στην τελική απομάκρυνση τους από τον πυθμένα της δεξαμενής.

Για μέσο πληρώσεως της δεξαμενής του χαλικοδιυλιστηρίου προτιμούνται υλικά γωνιώδη, σκληρά, ανθεκτικά στη διάβρωση και τον τεμαχισμό, με όσο το δυνατόν ομοιόμορφο μέγεθος. Συνήθως αποτελείται από χαλίκι, ηφαιστειακά υλικά, ανθρακίτη, τούβλα, κεραμικά υλικά ή ξύλα.

Η πλήρωση της δεξαμενής με λύματα γίνεται με ειδική περιστρεφόμενη διάταξη που τοποθετείται πάνω από την δεξαμενή, η οποία περιέχει διανομέα με δύο, τέσσερις ή και περισσότερους βραχίονες. Τα λύματα αντλούνται στη διάταξη μέσω αντλιοστασίου, ενώ η περιστροφική κίνηση του διανομέα εξασφαλίζεται από την υδραυλική πίεση των λυμάτων. Η ταχύτητα του διανομέα πρέπει να είναι μία στροφή ανά 10 λεπτά ή και λιγότερο, ενώ θα πρέπει να υπάρχει ελεύθερος χώρος τουλάχιστον 0,25 m από το άνω σημείο της δεξαμενής.

Η συλλογή των αποβλήτων γίνεται από τον πυθμένα της δεξαμενής με τη βοήθεια ειδικά διαμορφωμένων αυλακιών. Το δάπεδο κατασκευάζεται έτσι ώστε να έχει κλίση 1 - 2% προς τα συλλεκτήρια αυλάκια και θα πρέπει να διασφαλίζεται ταχύτητα αυτοκαθαρισμού της δεξαμενής 0,60 - 0,9 m/sec.

Τυπικές τιμές των χαρακτηριστικών των χαλικοδιυλιστηρίων δίνονται στον πίνακα 23.

Παράγοντας	Μονάδες	Χαμηλού ρυθμού	Υψηλού ρυθμού
Ύψος κλίνης	m	1,5 - 3,0	1,0 - 2,5
Μέγεθος χαλικιών	cm	4 - 6	6 - 8
Υπόστρωμα στηρίξεως	πάχος	m	~ 0,5
	μέγεθος	cm	~ 12
Λειτουργία		Απλή	Σχετική ειδίκευση
Ανακυκλοφορία	R-Q _r /Q	Όχι	0,5 - 3,0
Μεσοδιαστήματα τροφοδοτήσεως		< 5 - 15'	< 15"
Αποκόλληση		Περιοδική	Συνεχής
Απαιτούμενη ισχύς ανακυκλοφορίας	W/m ³ .λυμ.	-	1 - 7
Ποιότητα απορροής	Βαθμός νιτρ.	Πλήρης	Ικανοποιη- τικός

Πίνακας 23 Τυπικές τιμές χαρακτηριστικών στοιχείων χαλικοδυλιστηρίων

Τα χαλικοδυλιστήρια ανάλογα με το ρυθμό τροφοδοτήσεως, διακρίνονται σε χαμηλής φόρτισης και υψηλής φόρτισης. Τα χαμηλής φόρτισης έχουν υψηλή απόδοση ως προς την απομάκρυνση του ρυπαντικού φορτίου και σταθερή ποιότητα τελικής απορροής. Μειονεκτούν ως προς την πρόκληση οσμών. Τα χαλικοδυλιστήρια υψηλής φόρτισης έχουν την ικανότητα επεξεργασίας μεγαλύτερης ποσότητας ρυπαντικού φορτίου, ενώ έχουν σχετικά μικρή απόδοση ως προς την ελάττωση του BOD₅.

Στις συνήθεις απλές περιπτώσεις, τα χαλικοδυλιστήρια λειτουργούν χωρίς ανακυκλοφορία, παρόλα αυτά στις περιπτώσεις υψηλής φορτίσεως η ανακυκλοφορία της λάσπης είναι υποχρεωτική.

Τέλος για την ολοκληρωμένη λειτουργία τους οι διατάξεις των χαλικοδυλιστηρίων θα πρέπει να συνοδεύονται από πρωτοβάθμια επεξεργασία και δευτεροβάθμια καθίζηση, σε αντιστοιχία με τις διατάξεις της ενεργού ιλύος.

β. Υπολογισμοί διαστατοποίησης χαλικοδιυλιστηρίων.

Οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό μελέτης των χαλικοδιυλιστηρίων είναι η υδραυλική φόρτιση όγκου L_o (σε m^3 λυμ./ m^3 day), η υδραυλική φόρτιση επιφανείας L_h (σε m^3 λυμ./ m^3 hr) και η οργανική φόρτιση όγκου L_v (σε kg BOD5/ m^3 day). Τυπικές τιμές των φορτίσεων για χαλικοδιυλιστήριο δίνονται στον πίνακα 24.

Παράγοντας	Μονάδες	Χαμηλού ρυθμού	Υψηλού ρυθμού
Υδραυλική φόρτιση όγκου L_o	m^3 λυμ./ m^3 day	0,75	3 - 4
Υδραυλική φόρτιση επιφανείας L_h	m^3 λυμ./ m^3 hr	1 - 4	8 - 40
οργανική φόρτιση όγκου L_v	kg BOD5/ m^3 day	0,1 - 0,4	0,4 - 1,5

Πίνακας 24 Τυπικές τιμές φορτίσεων χαλικοδιυλιστηρίων

➤ Υπολογισμός διαστάσεων μονάδας χαλικοδιυλιστηρίου.

Αφού εκλεγούν οι τιμές των φορτίσεων της δεξαμενής υπολογίζεται ο όγκος, η επιφάνεια και το ύψος της δεξαμενής.

$$\text{Η επιφάνεια δίνεται από τη σχέση: } E = \frac{Q_{\max}}{L_h} \text{ (m}^2\text{)} \quad (7,5)$$

όπου Q_{\max} = μέγιστη ημερήσια παροχή (m^3 /hr)

L_h = υδραυλική φόρτιση επιφανείας (m^3 λυμ./ m^3 hr),

$$\text{Ο όγκος δίνεται από τη σχέση: } V = \frac{S_o}{L_v} \text{ (m}^3\text{)} \quad (7,6)$$

όπου S_o = το βιολογικό φορτίο εισόδου (kg BOD5/day)

L_v = οργανική φόρτιση όγκου (m^3 λυμ./ m^3 day)

$$\text{Το ύψος δεξαμενής υπολογίζεται ως: } H = \frac{V}{E} \text{ (m)} \quad (7,7)$$

➤ Υπολογισμός αποδόσεως του συστήματος

Η απόδοση των συστημάτων χαλικοδιυλιστηρίων δίνεται από τη σχέση:

$$E_1 = \frac{100}{1 + C * \sqrt{\frac{L_v}{F}}} \quad (7,8)$$

όπου E_1 = απόδοση χαλικοδιυλιστηρίου με δευτεροβάθμια καθίζηση

L_v = οργανική φόρτιση όγκου (m^3 λυμ./ m^3 day)

F = συντελεστής ανακυκλοφορίας από τον τύπο:

$$F = \frac{1 + R}{(1 + 0.1 * R)^2}$$

R = ποσοστό ανακυκλοφορίας

C = συντελεστής από τον πίνακα 25.

BOD ₅ (εισόδου)	C
100 mg/l	0.44
150 mg/l	0.40
300 mg/l	0.37
450 mg/l	0.35

Πίνακας 25 Τιμές συντελεστή C

Το ποσοστό ανακυκλοφορίας R υπολογίζεται από τη σχέση: $R = \frac{Q_r}{Q}$ (7,9)

Για χαλικοδιυλιστήριο χωρίς ανακυκλοφορία ($R = 0 \Rightarrow F = 1$) ο παραπάνω τύπος γίνεται:

$$E_1 = \frac{100}{1 + C * \sqrt{L_v}} \quad (7,10)$$

Ενώ για σύστημα με περισσότερες από μία βαθμίδες ο τύπος είναι:

$$E_v = \frac{100}{1 + \frac{C}{1 - E_{v1}} * \sqrt{\frac{L_v}{F}}} \quad (7,11)$$

➤ Υπολογισμός μέσου χρόνου επαφής

Ο μέσος χρόνος επαφής στο χαλικοδιυλιστήριο έχει βρεθεί ότι είναι :

$$t = \frac{m * D}{Q^n} \quad (7,12)$$

όπου D = ύψος διυλιστηρίου (m)

Q = παροχή χωρίς τυχόν ανακυκλοφορία ($m^3/m^2 \cdot day$)

m, n = χαρακτηριστικές σταθερές του μέσου πληρώσεως

➤ Υπολογισμός ελαττώσεως βιολογικού φορτίου.

Η ελάττωση του οργανικού φορτίου στη μονάδα του χρόνου δίνεται από τη σχέση:

$$\frac{S}{S_0} = e^{-k \cdot X} \quad (7,13)$$

όπου S = συγκέντρωση οργανικού φορτίου στην απορροή (mg/l)

S_0 = συγκέντρωση οργανικού φορτίου στην εισροή (mg/l)

X = συγκέντρωση δραστικής βιομάζας στο διυλιστήριο

t = χρόνος επαφής

Με την βοήθεια της σχέσης (7,12) η (7,13) γίνεται: $\frac{S}{S_0} = e^{-kD/Q^n}$ (7,14)

όπου k : νέα σταθερή τιμή που εκφράζει και τις σταθερές m και X για κάθε ένα μέσο

Οι σταθερές k και n προσδιορίζονται πειραματικά. Τυπικές τιμές δίνονται στον πίνακα 26.

Απόβλητα	k	n
1. Λύματα	2,0	0,5
2.Κονσερβοποιία φρούτων	0,44	0,5
3. Υφαντουργία	0,4- 1,0	0,5
4. Κώκ Χαλυβουργίας	0,53	0,5
5. Φαρμακοποιία	0,73	0,5
6. Σφαγεία	0,62	0,5

Πίνακας 26 Συντελεστές υπολογισμού χαλικοδιυλιστηρίων

Στην περίπτωση που το εισερχόμενο BOD₅ είναι τέτοιο ώστε να απαιτεί ανακυκλοφορία η σχέση (7,14) γίνεται:

$$\frac{S}{S_0} = \frac{e^{-kD/Q^n}}{(1+R) R * e^{-kD/Q^n}} \quad (7,14)$$

όπου $R = \frac{Q_r}{Q}$ = ρυθμός ανακυκλοφορίας

Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί ότι η λειτουργία του χαλικοδιυλιστηρίου επηρεάζεται από την θερμοκρασία. Ο συντελεστής απομάκρυνσης του BOD μεταβάλλεται γενικά από τη σχέση:

$$k_T = k_{20} * 1.035^{T-20} \quad (7,16)$$

7.4.7.3. Δραστική λάσπη

Για τις μονάδες βιολογικής επεξεργασίας των βιομηχανικών αποβλήτων με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος ισχύουν όλα όσα προαναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια, για την περίπτωση των οικιακών λυμάτων.

Η σχεδίαση και ο υπολογισμός των μονάδων αυτών ακολουθούν την ίδια μεθοδολογία. Η διαφορά της επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων σε σχέση με τα οικιακά λύματα συνίσταται στις διαφορετικές τιμές που παίρνουν οι συντελεστές συνθέσεως πτητικών (Y) και βιοαποικοδόμησης των μικροοργανισμών στο μικό υγρό (k_d). Επίσης διαφορετικές τιμές, όσον αφορά σε βιομηχανικά απόβλητα, παίρνουν και οι συντελεστές καταναλώσεως οξυγόνου a και b. Χαρακτηριστικές τιμές των παραπάνω συντελεστών για διάφορα είδη βιομηχανικών αποβλήτων δίνονται στον πίνακα 27.

Απόβλητα	k MLSS/mg.day	Y kg VSS/kg BOD ₅	k _d d-1	a kgO ₂ /kgBOD ₅	b d-1
Οικιακά λύματα	0.017-0.03	0.5-0.73	0.075- 0.125	0.3-0.52	0.05-0.14
Γάλα	0.017	0.667	0.073	0.414	0.064
Φρούτα και λαχανικά	0.068	0.60	0.115	-	-
Ζυθοποιία	-	0.56	0.10	0.48	0.142

Πίνακας 27 Τιμές συντελεστών υπολογισμού συστήματος δραστικής λάσπης

Διύλιση πετρελαίου	0.074	0.49-0.62	0.10-0.16	0.40-0.77	0.142-0.227
Χημικά - πετροχημικά	0.0029-0.018	0.31-0.72	0.05	0.31-0.76	0.07-0.256
Φαρμακευτικά	0.018	0.72-0.77	-	0.46-0.18	-
Παραγωγή χαρτοπολτού και λεύκανση	-	0.5	0.08	0.65-0.8	0.12
Συντελεστής θερμοκρασίας: $k_T = k_{20} * \Theta^{T-20}$, όπου $\Theta = 1,0 - 1,04$					
Οργανική φόρτιση: $OL = \frac{24 * S_o}{X * t} = 0,2 - 0,5 \text{ kg BOD}_5/\text{kg MLSS.day}$					

Πίνακας 28 Τιμές συντελεστών υπολογισμού συστήματος δραστικής λάσπης (συνέχεια)

7.4.7.4. Δεξαμενές σταθεροποίησης

α. Περιγραφή και κατασκευαστικά χαρακτηριστικά.

Οι δεξαμενές σταθεροποίησης έχουν πολλά κοινά σημεία, όσον αφορά στον σχεδιασμό τους, με τις δεξαμενές αερισμού του συστήματος ενεργού ιλύος. Αποτελούνται συνήθως από σχετικά μικρού βάθους λεκάνη με επίπεδο πυθμένα και κατασκευάζονται με χωμάτινο ανάχωμα σε μορφή κυκλική, τετραγωνική ή ορθογωνική.

Διαχωρίζονται ανάλογα με τον τρόπο που γίνεται η επεξεργασία, η οποία μπορεί να είναι αερόβια, με τεχνικό ή φυσικό αερισμό ή αναερόβια. Έτσι έχουμε τις αερόβιες δεξαμενές σταθεροποίησης, επαμφοτερίζουσες δεξαμενές, στις οποίες η επεξεργασία γίνεται σε αερόβιο και αναερόβιο περιβάλλον, πλήρως αναερόβιες δεξαμενές και αεριζόμενες δεξαμενές, οι οποίες με τη σειρά τους διακρίνονται σε καθολικά αερόβιες, αερόβιες - αναερόβιες και παρατεταμένου αερισμού.

Οι αερόβιες δεξαμενές χρησιμοποιούν τον ατμοσφαιρικό αέρα για τον αερισμό τους και πετυχαίνουν πλήρως αερόβιες συνθήκες σε όλο το βάθος τους, περιέχοντας βακτήρια και μικροφύκη.

Στις επαμφοτερίζουσες δεξαμενές υπάρχουν τρεις ζώνες. Η αερόβια που συναντάται στην επιφάνεια της δεξαμενής, όπου συνυπάρχουν βακτήρια και φύκη, η ενδιάμεση ζώνη στην οποία οι οργανικές ενώσεις αποδομούνται από επαμφοτερίζοντες μικροοργανισμούς και η αναερόβια ζώνη στον πυθμένα της

δεξαμενής όπου συγκεντρώνονται τα ιζήματα και αποδομούνται από αναερόβια βακτήρια.

Στις αναερόβιες δεξαμενές επικρατούν αναερόβιες συνθήκες σε όλο το βάθος εκτός από ένα λεπτό στρώμα στην επιφάνεια. Για να λειτουργήσουν απαιτείται μεγάλη συγκέντρωση οργανικού φορτίου, απουσία τοξικών στοιχείων, αλκαλικότητα και υψηλή θερμοκρασία.

Οι αεριζόμενες δεξαμενές διαφέρουν λόγω του μηχανικού αερισμού που εφαρμόζεται, με την χρήση διαχυτήρων σε αντιστοιχία με τον αερισμό των δεξαμενών αερισμού του συστήματος ενεργού ιλύος. Οι διαφορές παρουσιάζονται από το γεγονός ότι στις καθολικά αερόβιες δεξαμενές, στην απορροή παρασύρονται και αιωρούμενα στερεά, σε αντίθεση με τις δεξαμενές παρατεταμένου αερισμού, στις οποίες τα στερεά συγκρατούνται, είτε με χρήση ξεχωριστής δεξαμενής καθιζήσεως, είτε με διαμόρφωση της εξόδου της δεξαμενής σταθεροποιήσεως έτσι ώστε να συγκρατούνται τα στερεά.

Για βιομηχανικά απόβλητα προτιμούνται οι δεξαμενές σταθεροποιήσεως αερόβιας - αναερόβιας επεξεργασίας και οι δεξαμενές αναερόβιας επεξεργασίας για απόβλητα με υψηλό οργανικό φορτίο. Η χρήση τους γίνεται σε διάφορους συνδυασμούς και ειδικότερα έχει παρατηρηθεί ότι η χρήση πολλών μικρών δεξαμενών, σε εν σειρά διάταξη, είναι πολύ αποδοτικότερη ως προς την ελάττωση του BOD₅, από την χρήση μίας μεγάλης με ισοδύναμο όγκο.

Για βελτίωση των αποτελεσμάτων της επεξεργασίας είναι σύνηθες να εφαρμόζεται ανακυκλοφορία των αποβλήτων, η οποία κυμαίνεται $R = \frac{Q_r}{Q} = 0,5 - 2,0$ με προτεινόμενη την $R = 1,0$.

Κατασκευαστικά οι δεξαμενές σταθεροποιήσεως χαρακτηρίζονται από την εισαγωγή και εξαγωγή των λυμάτων οι οποίες τοποθετούνται σε απέναντι πλευρές και από τα μεγάλα μεγέθη που παίρνουν, τα οποία αποτελούν και τον σημαντικότερο ανασταλτικό παράγοντα για την χρήση τους, καθώς απαιτούν ανάλογα μεγάλη έκταση για την τοποθέτηση τους.

Τέλος τα αναχώματα για τη διαμόρφωση των δεξαμενών πρέπει να έχουν συμπίεσθεί καλά για την ασφάλεια της κατασκευής και την αποφυγή διαρροών. Η στεγανότητα της δεξαμενής επιβάλλεται, ιδιαίτερα όπου υπάρχει κίνδυνος μόλυνσεως των υπογείων υδάτων και εξασφαλίζεται με συμπίεση και διάστρωση του πυθμένα με αδιαπώσιμο υλικό και επένδυση των τοιχωμάτων με οποιοδήποτε στεγανωτικό οικονομικό υλικό.

β. Υπολογισμοί διαστατοποίησης δεξαμενών σταθεροποίησης.

Η διαδικασία υπολογισμού των δεξαμενών σταθεροποίησης χρησιμοποιεί την ίδια μεθοδολογία με τον υπολογισμό των δεξαμενών αερισμού του συστήματος ενεργού ιλύος.

Ειδικότερα αναφέρεται ότι ο χρόνος συγκράτησης των αποβλήτων για τις αεριζόμενες και επαμφοτερίζουσες δεξαμενές σταθεροποίησης μπορεί να υπολογιστούν με τη σχέση :

$$S = \frac{S_0}{1+k \cdot t} \quad (7,17)$$

όπου S και S_0 : συγκέντρωση του BOD_5 της απορροής και της εισροής mg/l

k : σταθερή τιμή απομάκρυνσης του BOD_5

t : χρόνος συγκράτησης

Η σταθερά αποσύνθεσης k επηρεάζεται από τη θερμοκρασία σύμφωνα με τη γενική σχέση:

$$k_T = k_{20} \cdot \Theta^{T-20} \quad (7,18)$$

Πιο συγκεκριμένα οι τιμές του k και Θ μπορεί να ληφθούν από τον πίνακα 29.

Είδος δεξαμενής	Συντελεστής αποδόμησης k_{20}	Θερμοκρασία Θ
Πλήρως αεριζόμενη δεξαμενή	0.25-1.0	1.035
Αερόβια - αναερόβια δεξαμενή	0.5-1.5	1.08-1.09
Επαμφοτερίζουσα δεξαμενή	0.35	1.085

Πίνακας 29 Τιμές σταθερών k και Θ για δεξαμενές σταθεροποίησης.

Το σύστημα αερισμού των αεριζόμενων δεξαμενών υπολογίζεται με τον ίδιο τρόπο που περιγράψαμε στο σύστημα ενεργού ιλύος. Επίσης με τον ίδιο τρόπο υπολογίζονται και οι απαιτήσεις σε οξυγόνο των δεξαμενών καθολικού αερισμού και παρατεταμένου αερισμού.

Παρόλα αυτά ο υπολογισμός των απαιτήσεων σε οξυγόνο για τις μικτές δεξαμενές (αεριζόμενες αερόβια - αναερόβια) διαφέρει και δίνεται από τη σχέση:

$$O_r = f' * S_r \quad (7,19)$$

όπου O_r = απαιτούμενο οξυγόνο (kgO_2/day)

S_r = BOD_5 που απομακρύνεται ($kg BOD_5 /day$)

f' = συντελεστής καθολικής χρησιμοποίησης οξυγόνου, οι τιμές του οποίου εξαρτώνται από την αερόβια δράση στη λάσπη του πυθμένα και δίνονται στον πίνακα 30.

	f'
Χειμώνας ($T_{δελ.} < 15$ $^{\circ}C$)	0,8 - 1,1
Καλοκαίρι	1,2 - 1,5

Πίνακας 30 Τιμές συντελεστή καθολικής χρησιμοποίησης οξυγόνου

Όσον αφορά τις αναερόβιες δεξαμενές, συνιστάται να χρησιμοποιούνται σε θερμά κλίματα, λόγω της σχέσης που υπάρχει ανάμεσα στην παραγωγή μεθανίου και την θερμοκρασία, όπως αυτή εκφράζεται από το ρυθμό χωνεύσεως k .

$$k_T = 0.002 * (1.35)^{T-20} \quad (7,20)$$

Επίσης ο χρόνος συγκράτησης δε συνιστάται να υπερβαίνει τις 5 ημέρες, γιατί η δεξαμενή τείνει να λειτουργήσει σαν επαμφοτερίζουσα. Ενδεικτικοί χρόνοι συγκράτησεως δίνονται στον πίνακα 31.

Θερμοκρασία δεξαμενής °C	Χρόνος συγκρατήσεως ημ.	Απόδοση (ελάττωση BOD ₅)%
<10	>5	0 - 10
10 - 15	4 - 5	30 - 40
15 - 20	2 - 3	40 - 50
20 - 25	1 - 2	40 - 60
25 - 30	1 - 2	60 - 80

Πίνακας 31 Χρόνος συγκρατήσεως και αποδόσεις αναερόβιων δεξαμενών σταθεροποίησης

Τέλος στον πίνακα 32 δίνονται ορισμένες παράμετροι σχεδιασμού για τα διάφορα είδη των δεξαμενών σταθεροποίησης.

Παράμετρος	Είδος δεξαμενής			
	Αερόβια	Επαμφοτερίζουσα	Αναερόβια	Αεριζόμενη
Φορτίο, (g BOD ₅ /m ²)	10-20	2-5	30-50	-
Βάθος (m)	0.2-0.4	1.0-2.5	2.5-4.5	2.50-4.5
Χρόνος συγκρ. (ημ.)	2-6	7-30	30-50	2-10
Ελάττωση BOD ₅ (%)	80-95	70-95	50-80	80-95
Συγκέντρωση φυκιών	100	10-50	0	0

Πίνακας 32 Παράμετροι σχεδιασμού δεξαμενών σταθεροποίησης

8. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

8.1. ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Να σχεδιαστεί μονάδα επεξεργασία οικιακών λυμάτων, με δυνατότητα επεξεργασίας λυμάτων ισοδύναμου πληθυσμού 12,000 κατοίκων. Η μονάδα αναμένεται να λειτουργεί αρχικά με βοθρολύματα με τα ακόλουθα δεδομένα:

Παράμετροι σχεδιασμού	
Πληθυσμός (άτομα)	12000
Ειδική παροχή (lt/άτομ.day)	200
Μέση παροχή (m ³ /day)	1000
Παροχή αιχμής (m ³ /hr)	243
Οργανικό φορτίο (BOD5) (kg/day)	840
Αιωρούμενα στερεά (SS) (kg/day)	640
Απαιτούμενα χαρακτηριστικά εκροής	
Οργανικό φορτίο (BOD5) (mg/lt)	< 40
Αιωρούμενα στερεά (SS) (mg/lt)	< 40
Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD) (mg/lt)	< 120
PH	6 - 9
Διαλυμένο οξυγόνο (mg/lt)	> 5
Κολοβακτηριοειδή	< 500/500ml

8.2. Εισαγωγή

Για τη συγκεκριμένη μονάδα επεξεργασίας η περισσότερο ενδεδειγμένη μέθοδος επεξεργασίας των αποβλήτων, είναι η μέθοδος ενεργού ιλύος παρατεταμένου αερισμού.

Η επιλογή αυτή γίνεται γιατί η συγκεκριμένη μέθοδος παρουσιάζει αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα ως προς την ποιότητα των επεξεργασμένων λυμάτων της εκροής, επιτυγχάνοντας παράλληλα μέγιστο βαθμό νιτροποίησης.

Ο βαθμός απόδοσης του συστήματος υπολογίζεται σε 7% για την πρωτοβάθμια επεξεργασία και σε 94 - 95% για το στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας.

Τέλος γίνεται η απαραίτητη μέριμνα για την τοποθέτηση εφεδρικών μηχανισμών, με στόχο την απρόσκοπτη λειτουργία της εγκατάστασης σε περιπτώσεις βλάβης και συντήρησης.

8.3. Γενική περιγραφή της εγκατάστασης

Οι επιμέρους μονάδες της εγκατάστασης επιλέγονται με βάση την φύση των αποβλήτων που αναμένεται να δεχτεί, την επίτευξη των όσο δυνατόν καλύτερων αποτελεσμάτων της επεξεργασίας, ενώ παράλληλα λαμβάνεται υπόψη το κόστος λειτουργίας και συντήρησης της εγκατάστασης, όπως και η απλότητα στο χειρισμό αυτής. Οι μονάδες που κρίνονται απαραίτητες για την ολοκληρωμένη λειτουργία της εγκατάστασης είναι οι εξής:

Είσοδος / εσαχρισμοί

Εξάμμωση

Δεξαμενή προαερισμού και αποθήκευσης

Δεξαμενές αερισμού

Δεξαμενές καθίζησης

Αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας λάσπης

Μονάδα απόσμησης

Μετρητής παροχής λυμάτων

Μονάδα απολύμανσης επεξεργασμένων λυμάτων

Μονάδα πάχυνσης της λάσπης

Μονάδα αφυδάτωσης της λάσπης

Αντλιοστάσιο στραγγιδίων

Δεξαμενή διάθεσης και ανακύκλωσης

Κτίρια διάθεσης (εργαστήριο , αποθήκη κ.τ.λ.)

8.4. Περιγραφή ροής των λυμάτων στην εγκατάσταση.

Η πορεία των λυμάτων στις εγκαταστάσεις και η λειτουργία του συστήματος αναλυτικά περιγράφεται στην συνέχεια .

1. Από την είσοδο της εγκατάστασης τα λύματα οδηγούνται στην εγκατάσταση εσχάρωσης , όπου και παρακρατούνε τα μεγαλύτερα των 4 mm. στερεά.

2. Στην συνέχεια τα λύματα καταλήγουν στη δεξαμενή προαερισμού με συνεχή παροχή όπου γίνεται προαερισμός των αποβλήτων με στόχο την επαναφορά τους σε πλήρως αερόβιες συνθήκες.

3. Ακόλουθα τα απόβλητα αντλούνται στον διπλό αμμοσυλέκτη όπου γίνεται η απομάκρυνση της άμμου με σκοπό την συνέχιση της απρόσκοπτης επεξεργασίας στα επόμενα στάδια της εγκατάστασης.

4. Στην συνέχεια τα λύματα οδηγούνται στην είσοδο των δεξαμενών αερισμού, όπου υφίστανται αερόβια βιολογική επεξεργασία για την αποικοδόμηση και ανοργανοποίηση του βιολογικού φορτίου των λυμάτων, με παράλληλη σταθεροποίηση της λάσπης και ταυτόχρονη νιτροποίηση .

5. Μετά τον αερισμό τα λύματα περνούν στις δεξαμενές καθίζησης όπου καθιζάνει η βιολογική λάσπη. Μέρος της ποσότητας λάσπης που καθιζάνει αντλείται από το αντλιοστάσιο λάσπης και ανακυκλοφορεί προς τις δεξαμενές αερισμού, με σκοπό την διατήρηση σταθερού ποσοστού μικροοργανισμών σ' αυτές, ενώ το υπόλοιπο ποσοστό λάσπης οδηγείται προς την εγκατάσταση επεξεργασίας της λάσπης για περαιτέρω επεξεργασία.

6. Η ποσότητα της λάσπης που οδηγείται από το αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας προς την εγκατάσταση επεξεργασίας της, αρχικά υφίστανται πάχυνση στη δεξαμενή πάχυνσης, για την μείωση του όγκου της και στη συνέχεια αφυδατώνεται στην τσινιοφιλτρόπρεσσα.

7. Τα υπερκείμενα υγρά των παχυντών , όπως και τα στραγγίδια από την εγκατάσταση αφυδάτωσης ,επιστρέφουν στις δεξαμενές αερισμού με άντληση τους από το φρεάτιο στραγγιδίων.

8. Τα διαυγασμένα υγρά από την δεξαμενή καθίζησης, υπερχειλίζουν προς τη δεξαμενή χλωρίωσης, όπου και υφίστανται απολύμανση και στη συνέχεια καταλήγουν στη δεξαμενή διάθεσης και ανακύκλωσης από το οποίο και οδηγούνται προς την έξοδο της εγκατάστασης επεξεργασίας ή και ανακυκλώνονται ανάλογα με τις απαιτήσεις προς την είσοδο της εγκατάστασης. Πριν την δεξαμενή χλωρίωσης τοποθετείται μετρητής παροχής των λυμάτων.

8.5. Περιγραφή των επιμέρους μονάδων της εγκατάστασης

8.5.1. Εσχάρωση

Η εσχάρα που επιλέγεται είναι αυτοκαθαριζόμενου τύπου συνεχούς λειτουργίας . Τα στοιχεία της σχάρας είναι " δόντια" τοποθετημένα έτσι που να αποτελούν ένα συνεχές ιμάντα, ο οποίος στηρίζεται με ανοξειδωτους άξονες σε ανοξειδωτο πλαίσιο.

Λόγω της φύσης των λυμάτων που αναμένεται να δεχτεί η εγκατάσταση, κρίνεται ότι η συνηθισμένη σχάρα με διάκενα μεγέθους 20-30 mm είναι ανεπαρκής. Για αυτό το λόγο επιλέγεται σχάρα με άνοιγμα 4 mm η οποία θα βελτιώσει σημαντικά την απόδοση όλου του συστήματος.

Το σύνολο τοποθετείται κατ ' ευθείαν στην πλατφόρμα εκκένωσης βοθρολυμάτων. Τα στερεά παρακρατούνται από τα δόντια της σχάρας και μεταφέρονται ψηλά για να συλλεχθούν σε ειδικό χώρο τοποθετημένο κάτω από ανώτερο άκρο της σχάρας με την βοήθεια της περιστροφής των δοντιών. Μία περιστρεφόμενη βούρτσα ολοκληρώνει τον αυτοκαθαρισμό της σχάρας.

Το όλο σύστημα τοποθετείται σε κλειστό χώρο για την ελαχιστοποίηση των οσμών .

8.5.2. Εξάμμωση

Ο αμμοσυλλέκτης τοποθετείται για τη συγκράτηση των παρασυρμένων, κυρίως ανόργανων υλικών, με μεγάλο ειδικό βάρος και με διάμετρο συνήθως μεγαλύτερη από 0.15 - 0.20 mm, τα οποία δεν μπορεί να συγκρατήσει η σχάρα.

Για την συγκεκριμένη εγκατάσταση επεξεργασίας των λυμάτων, επιλέγεται να κατασκευαστεί ένας οριζόντιος επιμήκης αμμοσυλλέκτης ανοικτού τύπου διπλού καναλιού.

8.5.3. Δεξαμενή προαερισμού.

Στην περίπτωση των βοθρολυμάτων το βιολογικό φορτίο των λυμάτων είναι αυξημένο. Αυτό οδηγεί συνήθως σε μεγάλους χρόνους παραμονής των λυμάτων σε αερισμό αλλά και σε καθίζηση. Επίσης σ' αυτήν την περίπτωση παρουσιάζεται και πρόβλημα έντονων οσμών. Για αυτούς τους λόγους αποφεύγεται η τοποθέτηση πρωτοβάθμιας δεξαμενής καθίζησης και αντί αυτής επιλέγεται η τοποθέτηση κλειστής δεξαμενής προαερισμού των λυμάτων αμέσως μετά τον διαχωρισμό των στερεών. Ο προαερισμός των

βορθολυμάτων έχει το πλεονέκτημα ότι βοηθά στην απομάκρυνση των οσμών και στο φρεσκάρισμα των αποβλήτων.

Παράλληλα και για τους ίδιους λόγους επιλέγεται στην ίδια δεξαμενή να γίνεται αραίωση των λυμάτων με επεξεργασμένα λύματα παροχής ίσης με το ήμισυ της ημερησίας παροχής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την περαιτέρω μείωση του φορτίου των λυμάτων και την ευκολότερη επεξεργασία τους.

Η δεξαμενή διαμορφώνεται με ορθογωνική διατομή και κατασκευάζεται έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η πλήρης ανάμιξη του περιεχομένου της. Οι εσωτερικές ενώσεις πυθμένων και τοιχωμάτων είναι ομαλοποιημένες ώστε να μην σχηματίζουν ορθές γωνίες μεταξύ τους. Για τον αερισμό των αποβλήτων στη δεξαμενή προαερισμού τοποθετούνται υποβρύχιοι διαχυτήρες.

Το ακριβές σχήμα και οι διαστάσεις της δεξαμενής φαίνεται στα σχέδια της εγκατάστασης.

8.5.4. Δεξαμενές αερισμού

Για τον αερισμό των λυμάτων επιλέγεται η κατασκευή ορθογωνικών δεξαμενών. Η κατασκευή των δεξαμενών γίνεται έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η πλήρης ανάμιξη του περιεχομένου τους. Οι εσωτερικές ενώσεις πυθμένων και χωμάτων είναι ομαλοποιημένες ώστε να μην σχηματίζουν ορθές γωνίες μεταξύ τους.

Για την ευελιξία της εγκατάστασης σχεδιάζονται δυο ανεξάρτητες δεξαμενές αερισμού, στις οποίες, υπό κανονικές συνθήκες θα μοιράζεται ισόποσα η συνολική παροχή των λυμάτων. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η απρόσκοπτη λειτουργία της εγκατάστασης με οποιαδήποτε επιβάρυνση παροχών, όπως επίσης και στην περίπτωση βλάβης ή αναγκαστικής διακοπής της λειτουργίας της μίας εκ των δύο είναι δεξαμενών για την απαραίτητη περιοδική συντήρηση.

Οι δεξαμενές κατασκευάζονται από οπλισμένο σκυρόδεμα και η σκεπή της θα είναι κατά τουλάχιστον 1.0 μ πάνω από την προβλεπόμενη στάθμη των υγρών.

Για τον αερισμό των λυμάτων επιλέγεται η μέθοδος οξυγόνωσης με βραδύστροφους επιφανειακούς αεριστήρες σταθεράς έδρασης επί γέφυρας. Ο συγκεκριμένος τύπος αεριστήρων εξασφαλίζει την αναγκαία ανάδευση των λυμάτων χωρίς την δημιουργία νεκρών σημείων αλλά και χωρίς επιστροφή οστικών κυμάτων από τα τοιχώματα των δεξαμενών ή μεγάλη αλληλοκάλυψη ζωνών αναμίξεως με άλλους αεριστήρες που πιθανών να βρίσκονται στην ίδια δεξαμενή.

Η επιλογή επιφανειακών αεριστήρων αποτρέπει την παρουσίαση προβλημάτων που έχουν οι υποβρύχιοι διαχυτήρες, όπως είναι η δύσκολη και συχνή συντήρηση που απαιτούν και τα προβλήματα έμφραξης που παρουσιάζουν στα σημεία εξόδου των φυσαλίδων, όταν αυτοί λειτουργούν σε δύσκολο περιβάλλον, όπως είναι τα βοθρολύματα.

Οι αεριστήρες προβλέπεται να έχουν δυνατότητα μεταβολής της βύθισης τους με τη χρήση ειδικού μηχανισμού κατακόρυφης μετακίνησης του αεριστήρα. Η συνολική απόσταση αυξομείωσης της βύθισης είναι περισσότερο από 15 cm .

Για την κίνηση τους εξοπλίζονται με ασύγχρονους τριφασικούς ηλεκτροκινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα 750 -1.500 στροφών ανά λεπτό με βαθμό απόδοσης 0.8-0.9. Οι κινητήρες αυτοί θα είναι στεγανού τύπου, κατάλληλοι για λειτουργία σε διαβρωτικό περιβάλλον.

Για την επίτευξη των κατάλληλων στροφών λειτουργίας, τοποθετείται μειωτήρας στροφών σε κάθε αεριστήρα κατάλληλο για την μείωση των στροφών σε λιγότερες από 100 RPM.

Όλα τα μεταλλικά κομμάτια του μηχανισμού θα είναι κατασκευασμένα από ανοξείδωτο χάλυβα, έτσι ώστε να διασφαλίζεται η αντοχή τους σε διάβρωση. Το κέλυφος του μειωτήρα θα φέρει βάση από το ίδιο υλικό που θα στηρίζεται σε μπουλόνια συγκολλημένα περιφερειακά σε δακτύλιο από χάλυβα πακτωμένο στο σκυρόδεμα της γέφυρας.

Τέλος τα στροφεία των αεριστήρων θα είναι κατασκευασμένα επίσης από ανοξείδωτο χάλυβα . Η εξωτερική διάμετρος του στροφείου θα είναι τέτοια ώστε περιφερειακή ταχύτητα να μην υπερβαίνει τα 5 m/sec.

Με την κίνηση των αεριστήρων προς δύο διευθύνσεις (περιστροφή και βύθιση) αναμένεται η πλήρης οξυγόνωση της μάζας των λυμάτων, ενώ παράλληλα η ροή κατά το μήκος του πυθμένα θα είναι τέτοια ώστε να μην παρατηρούνται καθίζησης στερεών.

Επίσης πρέπει να αναφερθεί, ότι κατά τη διαδικασία οξείδωσης του οργανικού φορτίου στις δεξαμενές αερισμού, με την διοχέτευση περίσσειας οξυγόνου και τη δημιουργία ειδικού τρόπου ροής των λυμάτων στο εσωτερικό των δεξαμενών αερισμού, επιτυγχάνεται το μέγιστο ποσοστό αποικοδόμησης του οργανικού αζώτου και εν συνεχεία της νιτροποίησης και απονιτροποίησης, με αποτέλεσμα να λαμβάνεται το επιθυμητό αέριο άζωτο.

8.5.5. Δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης

Όμοια με τις δεξαμενές αερισμού, επιλέγουμε τον σχεδιασμό δύο δεξαμενών δευτεροβάθμιας καθίζησης, στις οποίες θα μοιράζεται η συνολική παροχή της βιολογικής λάσπης ισόποσα. Ο σχεδιασμός αυτός έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία δύο ανεξάρτητων δικτύων αερισμού/καθίζησης, διατηρώντας όλα τα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης διάταξης, που προαναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο για την ευελιξία στη λειτουργία της εγκατάστασης.

Οι δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης επιλέγεται να σχεδιαστούν με κυκλική διατομή με περιστρεφόμενο ξέστρο για την σάρωση της λάσπης στον πυθμένα, το οποίο θα είναι αναρτημένο σε μεταλλική περιστρεφόμενη γέφυρα και ξέστρο επιφάνειας για την απομάκρυνση των επιπλεόντων.

Η λάσπη θα εισέρχεται στις δεξαμενές από αγωγό τοποθετημένο στο κέντρο των δεξαμενών. Η καθιζάνουσα λάσπη θα σαρώνεται με την περιφερειακή κίνηση του ξέστρου στο κεντρικό φρεάτιο απ' όπου θα απάγεται από τον πυθμένα και θα απομακρύνεται μέσω του αντλιοστασίου για ανακυκλοφορία ή πάχυνση. Οι κλίσεις του πυθμένα της δεξαμενής θα είναι 5 - 7%.

Τα διαυγασμένα λύματα θα οδηγούνται στον περιμετρικό υπερχειλιστή, ο οποίος θα είναι εξοπλισμένος με φράγμα απομάκρυνσης των επιπλεόντων στερεών.

Η κίνηση της γέφυρας θα γίνεται ηλεκτρικό μηχανισμό τοποθετημένο κάτω από τη γέφυρα και στο εξωτερικό άκρο της. Η κίνηση θα πραγματοποιείται με την βοήθεια των απαραίτητων οδηγών και τροχών για την στήριξη της γέφυρας στο κεντρικό στήριγμα και στο εξωτερικό χείλος των δεξαμενών αντίστοιχα.

Για την επίτευξη της επιθυμητής ταχύτητας περιστροφής της γέφυρας τοποθετείται ο απαραίτητος μειωτήρας στροφών. Η ταχύτητα του ξέστρου περιφερειακά της δεξαμενής ορίζεται σε 0.033 m/sec.

Το κεντρικό στήριγμα που φέρει το κεντρικό τριβέα της γέφυρας εδράζεται με ακρίβεια σε εγκοπές που θα έχουν διαμορφωθεί στο πάνω μέρος του κεντρικού δακτυλίου της δεξαμενής καθίζησης.

8.5.6. Αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας βιολογικής λάσπης

Για τη συλλογή της καθιζάνουσας λάσπης από τις δεξαμενές καθίζησης κατασκευάζεται ένα αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας λάσπης για κάθε δεξαμενή καθίζησης που ταυτόχρονα χρησιμοποιείται και σαν αντλιοστάσιο απομάκρυνσης περισσειας λάσπης .

Σκοπός του αντλιοστασίου ανακυκλοφορίας είναι η αναρρόφηση της καθιζάνουσας λάσπης και η επιστροφή της στο σύστημα αερισμού, ώστε η βιολογική μάζα να διατηρείται στα απαραίτητα επίπεδα για την ομαλή λειτουργία του συστήματος .

Επίσης από το ίδιο αντλιοστάσιο επιτυγχάνεται και η απομάκρυνση της περισσειας λάσπης που οδηγείται στον παχυντή .

Η μέγιστα στάθμη λυμάτων μέσα στο αντλιοστάσιο αναρρόφησης θα είναι ίδια με την στάθμη λυμάτων στην δεξαμενή καθίζησης .

Οι αντλίες ανακυκλοφορίας είναι υποβρύχιου τύπου εγκαταστημένες σύμφωνα με τις ανάγκες της παροχής.

Το αντλιοστάσιο σχεδιάζεται έτσι ώστε να είναι εύκολη η ανύψωση των αντλιών για αντικατάσταση ή συντήρηση. Για κάθε αντλία προβλέπεται η ύπαρξη εφεδρικού συγκροτήματος.

8.5.7. Πάχυνση απομακρυσμένης λάσπης

Ο παχυντής χρησιμοποιείται για την πάχυνση της σταθεροποιημένης λάσπης που θα απομακρύνεται από το σύστημα βιολογικής επεξεργασίας.

Επιλέγεται η χρησιμοποίηση μηχανικού παχυντή βαρύτητας και σχεδιάζεται ως κυκλικής διατομής και κωνικού πυθμένα. Θα διαθέτει ξέστρο σάρωσης της λάσπης και σύστημα υπερχείλισης των υπερκείμενων υγρών και μεταφοράς τους στη δεξαμενή παρατεταμένου αερισμού, μέσω του αντλιοστασίου στραγγιδίων. Η λάσπη μετά την πάχυνση της θα έχει περιεκτικότητα σε στερεά τουλάχιστον 4%.

Ο παχυντής θα είναι κατασκευασμένος από οπλισμένο σκυρόδεμα και όλα τα μεταλλικά μέρη του μηχανισμού κίνησης του ξέστρου του παχυντή, από χάλυβα υψηλής αντοχής σε διάβρωση, κατάλληλο για χρήση σε εξωτερικό και περιβάλλον και δυσμενείς συνθήκες λειτουργίας.

8.5.8. Αφυδάτωση της παχυμένης λάσπης

Μετά την πάχυνση της λάσπης ακολουθεί η αφυδάτωση της. Για το σκοπό αυτό επιλέγεται η χρήση ταινιοφιλτρόπρεσσας.

Βασικά πλεονεκτήματα της χρήσης μια ταινιοφιλτρόπρεσσας είναι οι πολύ υψηλές αποδόσεις στην επίτευξη ξηρότητας της λάσπης, σε συνδυασμό με τις χαμηλές απαιτήσεις κατανάλωσης εναργείας, η ευκολία χειρισμού της αφυδατωμένης λάσπης, καθώς επίσης και η δυνατότητα αντιμετώπισης προβλημάτων ενοχλητικών οσμών και οι ελάχιστες απαιτήσεις σε διαθέσιμο χώρο ιδίως σε σύγκριση με τις ξηραντικές κλίνες. Τέλος για την αποφυγή των όποιων οσμών το σύστημα εγκαθίσταται σε κλειστό χώρο.

Για την αποτελεσματικότερη λειτουργία του συστήματος η λάσπη που πρόκειται να αφυδατωθεί θα αναμιγνύεται αρχικά με ειδικά κροκυδωτικά μέσα (πολυηλεκτρολύτες κ.τ.λ.) και στη συνέχεια θα αφυδατώνεται πάνω στον ιμάντα της ταινιοφιλτρόπρεσσας.

Τα υγρά απομακρύνονται αρχικά με βαρύτητα και στη συνέχεια με πίεση του μίγματος ανάμεσα στους κυλίνδρους .

Τελικά η αφυδατωμένη λάσπη θα συγκεντρώνεται σε ειδικό χώρο από τον οποίο θα απομακρύνεται περιοδικά.

Για την περίπτωση διακοπής της λειτουργίας της φιλτροπρέσσας λόγω συντήρησης ή βλάβης, επιλέγουμε τη σχεδίαση και εγκατάσταση αμμοκλινών ξήρανσης της παχυμένης λάσπης. Επιλέγουμε βάθος στρώσεων της εφαρμοζόμενης λάσπης ίσο με 20 cm.

Για την αποφυγή της επιμήκυνσης της επεξεργασίας λόγω των καιρικών συνθηκών και της βροχόπτωσης, επιλέγεται οι αμμοκλίνες να κατασκευαστούν σκεπαζόμενες, έτσι ώστε να προστατεύονται από τις βροχοπτώσεις.

8.5.9. Αντλιοστάσιο Στραγγιδίων

Το αντλιοστάσιο στραγγισμάτων δέχεται τα υγρά που θα υπερχειλίζουν από τη δεξαμενή πάχυνσης ,όπως επίσης και τα υγρά που θα προκύπτουν από την αφυδάτωση της λάσπης .

Το αντλιοστάσιο στραγγισμάτων είναι εφοδιασμένο με αντλίες υποβρύχιου τύπου, ικανής παροχής, έτσι ώστε η μέγιστη λειτουργία τους να μην υπερβαίνει τις 8 ώρες ημερησίως . Για κάθε αντλία προβλέπεται η ύπαρξη εφεδρικού συγκροτήματος.

8.5.10. Μετρητής παροχής

Η μέτρηση παροχής γίνεται στο τέλος και όχι στην αρχή της εγκατάστασης . Ο λόγος είναι ότι κατά την μέτρηση της παροχής των επεξεργασμένων λυμάτων που είναι απαλλαγμένα από αιρούμενα στερεά, οι κίνδυνοι απορύθμισης του αισθητηρίου του μετρητή μηδενίζονται. Σε αντίθεση με τα συχνά προβλήματα που δημιουργούνται από τις επικαθίσεις στερεών στο αισθητήριο όταν αυτό τοποθετείται στην αρχή της εγκατάστασης .

8.6. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΔΙΑΣΤΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

8.6.1. Εισαγωγή

Η διαστατοποίηση των επιμέρους μονάδων της εγκατάστασης γίνεται έτσι ώστε η εγκατάσταση να πληρεί τις απαιτήσεις για την επεξεργασία βοθρολυμάτων από ισοδύναμο δυναμικό 12.000 κατοίκων. Δηλαδή η διαδικασία είναι η παρακάτω:

- Με βάση τα δεδομένα, γίνονται οι κατάλληλες επιλογές παραμέτρων (F/M, MLSS, MLVSS, κλπ.) και υπολογίζονται οι απαιτούμενοι όγκοι, οι επιφάνειες και οι υπόλοιπες διαστάσεις των επιμέρους μονάδων της εγκατάστασης (σχάρα, αμμοσυλλέκτης, δεξαμενές αερισμού, δεξαμενές καθίζησης, κλπ).
- Στη συνέχεια, με βάση τους όγκους και τις επιφάνειες που προκύπτουν, επιβεβαιώνεται υπολογιστικά ότι οι παράμετροι σχεδιασμού (φορτίσεις, χρόνοι παραμονής κλπ.) είναι κατάλληλοι και δεν υπερβαίνουν τις ανώτατες τιμές αυτών.

8.6.2. Υπολογισμοί

Με βάση την αραίωση η οποία επιλέγεται να γίνεται με επεξεργασμένα λύματα προκύπτουν τα μεγέθη διαστατοποίησης της όλης εγκατάστασης:

ΑΡΧΙΚΑ	Παροχή	1000m ³ /day
	BOD5	840mg/l
	SS	640mg/l
ΤΕΛΙΚΑ	Παροχή	2000m ³ /day
	BOD5	420mg/l
	SS	320mg/l

Οπότε η εγκατάσταση υπολογίζεται με τα ακόλουθα δεδομένα:

Ημερήσια παροχή λυμάτων	2000m ³ /ημερησίως
Οργανικό φορτίο (BOD5)	840kg/ημερησίως
Αιωρούμενα στερεά (SS)	640kg/ημερησίως
Παροχή αιχμής	243m ³ /hr
Συγκέντρωση BOD5	420mg/l
Συγκέντρωση SS	320mg/l
Μέση παροχή (24ώρου)	83.3m ³ /hr

8.6.3. Παραδοχές

Για την διαστατοποίηση των διαφόρων τμημάτων της εγκατάστασης γίνονται οι ακόλουθες παραδοχές (επιλογές παραμέτρων):

F/M	0,10 kg BOD5/kg MLVSS/day
MLSS	5000 mg/l
MLVSS	70% MLSS
	3500 mg/l

Επιλογές σταθερών για οικιακά λύματα

Από την παρ.7,5,1, έχουμε:

Σταθερές υπολογισμού παραγωγής λάσπης: $Y = 1.15$ $k_d = 0.07$

Σταθερές υπολογισμού απαίτησης οξυγόνου: $a = 0.55$ $b = 0.14$

8.6.4. Υπολογισμοί επί μέρους μονάδων

8.6.4.1. Σχάρα

Επιλέγεται μηχανική καμπύλη αυτοκαθαριζόμενη σχάρα. Τα χαρακτηριστικά στοιχεία της είναι:

Πάχος ράβδων: $\rho = 10$ mm

Πλάτος διακένων: $\delta = 4$ mm

Πλάτος σχάρας: $W = 0,70$ m ($W_0 = 0$)

Βάθος ροής: $h = 0,9$ m για Q_{\max} και $0,1$ m για $Q_{\text{μεσ}}$.

Υπολογίζεται η ταχύτητα ροής στα διάκενα από την (6.3):

Η ταχύτητα ροής στα διάκενα υπολογίζεται για την παροχή αιχμής $Q_{\max} = 243 \text{ m}^3/\text{hr} = 0.0675 \text{ m}^3/\text{sec}$.

$$V = \frac{\rho + \delta}{\delta} * \frac{Q_{\max}}{W * h} + W_0 = \frac{10 + 4}{4} * \frac{0.0675}{0.7 * 0.9} = 0.375 < 1.2 \text{ m/sec}$$

Υπολογίζεται η ταχύτητα ροής στο κανάλι από την (6.4):

Η ταχύτητα ροής στο κανάλι της σχάρας υπολογίζεται για τη μέση παροχή $Q_{\text{μεσ.}} = 83,3 \text{ m}^3/\text{hr} = 0,0231 \text{ m}^3/\text{sec}$

$$V = \frac{Q}{W * h} * W_0 = \frac{0.0231}{0.7 * 0.1} = 0.33 \text{ m/sec}$$

Η ταχύτητα είναι μεταξύ 0,3 - 0,5 m/sec. Άρα η σχάρα που επιλέχθηκε γίνεται δεκτή. Οι διαστάσεις και η μορφή φαίνονται στα σχέδια.

8.6.4.2. Αμμοσυλλέκτης

Επιλέγεται οριζόντιος αμμοσυλλέκτης διπλού καναλιού με αναλογικό υπερχειλιστή. Η διαστατοποίηση του αμμοσυλλέκτη γίνεται με βάση:

Παροχή αιχμής : $243 \text{ m}^3/\text{hr}$

Ταχύτητα ροής : 0.3 m/min

Πλάτος καναλιού: $b = 0.70 \text{ m}$

Υπολογίζεται το βάθος ροής σε κάθε κανάλι από την (6.7)

$$h = \frac{Q}{b * V} = \frac{0.0337}{0.7 * 0.3} = 0.16 \text{ m}$$

Υπολογίζεται το βάθος του εξαμμωτή από την (6.8)

$$H = 2h_{\max} = 2 * 0.16 = 0.32 \text{ m}$$

Επιλέγεται βάθος $H = 0,4 \text{ m}$

Υπολογίζεται το πλάτος του αυλακιού του υπερχειλιστή από την (6,9).

Για $a = 0,05 \text{ m}$ και $C = 0,62$ είναι:

$$W = \frac{Q}{C * (h - a/3) * \sqrt{2 * g * a}} = \frac{0.0337}{0.62 * (0.16 - 0.05/3) * \sqrt{2 * 9.81 * 0.05}} = 0.384 \text{ m}$$

Επιλέγεται πλάτος αυλακιού $W = 0.4 \text{ m}$

Γίνεται έλεγχος για όταν ένα κανάλι τίθεται εκτός λειτουργίας για τη μέγιστη παροχή

$$h = \frac{Q'}{b * V} = \frac{0.0675}{0.7 * 0.3} = 0.321 < 0.4$$

$$I = W * (1 - 2/180) * \text{τοξεφ} \sqrt{\frac{h}{a}} = 0.4 * 1 - 2/180 * \text{τοξεφ} \sqrt{\frac{0,321}{0,05}} = 0,228 > 0$$

Γίνεται έλεγχος για την μέση παροχή

Ο έλεγχος γίνεται για τη μέση παροχή για κάθε κανάλι. Το βάθος ροής θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο του ύψους α του αυλακιού του υπερχειλιστή.

$$h = \frac{Q'}{b * V} = \frac{0.016}{0.7 * 0.3} = 0.076 > 0.05$$

Υπολογίζεται το μήκος του αμμοσυλλέκτη από τη (6,13)

$$L = a * \frac{V}{V_s} * h_{\max} = 1.5 * \frac{0.3}{0.022} * 0.321 = 6.57 \text{ m}$$

επιλέγεται μήκος αμμοσυλλέκτη 8 m.

Υπολογίζεται ο χρόνος παραμονής

$$\text{Ο χρόνος παραμονής είναι: } \theta = \frac{L}{V} = \frac{8}{0.3} = 27 \text{ sec}$$

Οι διαστάσεις του αμμοσυλλέκτη φαίνονται στα σχέδια.

8.6.4.3. Δεξαμενή προαερισμού

Υπολογισμός του απαιτούμενου όγκου της δεξαμενής

Ο σκοπός της δεξαμενής προαερισμού είναι η επαναφορά των λυμάτων σε πλήρως αερόβιες συνθήκες και η εξισορρόπηση τους. Επιλέγεται ο χρόνος συγκράτησης των λυμάτων στη δεξαμενή ίσος με 2 ώρες. Όπως προαναφέρθηκε στην ίδια δεξαμενή θα γίνεται αραίωση των λυμάτων, οπότε ο όγκος της δεξαμενής θα είναι:

$$V = Q_{\max} * t = 243 \text{ m}^3 / \text{hr} * 2.0 \text{ hr} = 486 \text{ m}^3$$

Επιλέγεται ο σχεδιασμός μίας ορθογωνικής δεξαμενής όγκου 532 m^3 , με διαστάσεις 13 m μήκος, 13 m πλάτος και μέσο 3,15 m.

Υπολογισμός απαιτούμενου οξυγόνου

Εκτιμάται ότι για τον χρόνο συγκράτησης των 2 ωρών, η ελάττωση του BOD5 των λυμάτων θα είναι αμελητέα. Οπότε η απαιτούμενη ποσότητα οξυγόνου σύμφωνα με τη σχέση (6,59) θα είναι:

$$\begin{aligned} O_r &= a * (S_0 - S_e) * Q + b * X_v * V + 4.33 * (0.03 - 0.05) * Q \Leftrightarrow \\ O_r &= 0.55 * (0.42) * 2000 + 0.14 * 3.5 * 532 + 4.33 * 0.03 * 2000 \Leftrightarrow \\ O_r &= 982.5 \text{ kgO}_2 / \text{day} = 41 \text{ kgO}_2 / \text{hr} \end{aligned}$$

Υπολογισμός συστήματος αερισμού δεξαμενής προαερισμού

Για τον αερισμό της δεξαμενής επιλέγεται η χρησιμοποίηση υποβρυχίων διαχυτήρων.

Από τα στοιχεία του κατασκευαστή επιλέγουμε τύπο διαχυτήρων με παροχή αέρα ανά διαχυτήρα $G_s = 0,2 \text{ stm}^3 / \text{min}$ και απόδοσης μεταφοράς οξυγόνου ανά διαχυτήρα $N_k = 0,925 \text{ kg O}_2 / \text{h}$

Η τιμή N_k θα πρέπει να διορθωθεί για τις συνθήκες σχεδιασμού. Με δεδομένο ότι οι θερμοκρασίες των αποβλήτων είναι για Χειμώνα = $12 \text{ }^\circ\text{C}$ και για το Καλοκαίρι = $22 \text{ }^\circ\text{C}$ από την σχέση (6,61) έχουμε:

Για συνθήκες χειμώνα είναι:

$$N_\pi = N_k * \frac{\beta * C_{SM} - C_L}{9.17} * 1.024^{T-20} * \alpha$$

Όπου:

C_{SM} = συγκέντρωση κορεσμού O_2 σε συνθήκες πεδίου σε mg/lit .

Υπολογίζεται από την (6,62) ως:

$$C_{SM} = C_s * (P_b / 20.67 + 0.5) = 10.83 * (10.33 / 20.67 + 0.5) = 10.83$$

$C_s = 10.83 \text{ (mg/lit)}$ συγκέντρωση κορεσμού O_2 σε standard συνθήκες για την θερμοκρασία σχεδιασμού από τον πίνακα 12.

$P_b = 10,83 \text{ m H}_2\text{O}$.

C_L = επιθυμητή συγκέντρωση διαλυμένου O_2 ίση με $2,0 \text{ (mg/lit)}$

$a = 0,90$ (σταθερά για επιφανειακούς αεριστήρες)

$b = 0,95$ (σταθερά για οικιακά λύματα)

Άρα έχουμε:
$$N_{\pi} = 0.925 * \frac{0.95 * 10.83 - 2.0}{9.17} * 1.024^{12-20} * 0.90 \Leftrightarrow$$
$$N_{\pi} = 0.62 \text{kgO}_2 / \text{hr}$$

Και αντίστοιχα για συνθήκες καλοκαιριού είναι:

$$C_{sm} = 8.83 \text{ (mg/lit)}$$

$$N_{\pi} = 0.325 * \frac{0.95 * 8.83 - 2.0}{9.17} * 1.024^{22-20} * 0.90 \Leftrightarrow$$
$$N_{\pi} = 0.478 \text{kgO}_2 / \text{hr}$$

Επιλέγονται σαν απαιτήσεις οξυγόνου με αερισμό σε συνθήκες πεδίου, εκείνες που παρουσιάζονται το χειμώνα.

Ο απαιτούμενος αριθμός διαχυτήρων δίνεται από τη σχέση (6,63) ως:

$$\text{αρ.διαχ.} = \frac{O_r}{N_{\pi}} = \frac{41 \text{kgO}_2 / \text{hr}}{0.62 \text{kgO}_2 / \text{hr}} \approx 67$$

Η απόσταση μεταξύ των διαχυτήρων είναι: $13 \text{ m} / 67 = 0,194 \text{ m} = 19,4 \text{ cm}$.

Η παραπάνω τιμή της αποστάσεως μεταξύ των διαχυτήρων κρίνεται αποδεκτή.

Υπολογισμός της συνολικής παροχής αέρα και της απαιτούμενης ισχύος του αεροσυμπιεστή.

Η συνολική παροχή αέρα δίνεται από την σχέση (6,64) ως:

$$G_{\text{σολ.}} = (\text{αρ.διαχ.}) * G_s = 67 * 0.2 \text{stm}^3 / \text{min} = 13.4 \text{stm}^3 / \text{min}$$

Η ισχύς του αεροσυμπιεστή δίνεται από τη σχέση (6,65), οπότε θα είναι:

$$I = \frac{0.577 * G_s * P}{e} * [(P_b / P)^{0.283} - 1]$$

όπου P = απόλυτη πίεση στην είσοδο του συμπιεστή, ίση με την ατμοσφαιρική (10,33 m H₂O)

e = απόδοση αεροσυμπιεστή, ίση με 0,60 - 0,65.

P_b = απόλυτη πίεση στο σημείο παροχής του αέρα + απώλειες στο σύστημα των διαχυτήρων. (10,33+10 m H₂O)

$$I = \frac{0.577 * G_s * P}{e} * [(P_b / P)^{0.283} - 1] =$$

Άρα έχουμε:

$$\frac{0.577 * 0.2 * 10.33}{0.65} * [(20.33/10.33)^{0.283} - 1] = 0.38KW$$

Επιλέγεται η τοποθέτηση ενός αεροσυμπιεστή ισχύος $I = 0,5 KW$

Υπολογίζεται ο βαθμός ανάμιξης

Ο βαθμός ανάμιξης υπολογίζεται ως:

$$\text{βαθμός ανάμιξης} = \frac{G_{\text{sol.}}}{V} = \frac{13.4 * 60 \text{stm/hr}}{532 \text{m}^3} = 1.51 \text{stm/hr.m}^3$$

Η τιμή κρίνεται αποδεκτή.

Υπολογίζεται ο συντελεστής απόδοσης για τις συνθήκες σχεδιασμού

Η απόδοση ϵ_π δίνεται από τη σχέση:

$$\epsilon_\pi = \frac{N_\pi}{7,93 * G_{\text{sol.}} * \frac{P}{T}} = \frac{0.62}{7.93 * 13.4 * 60 * \frac{10.33}{273 + 12}} = 0.002 = 2\%$$

8.6.4.4. Δεξαμενή αερισμού

Υπολογισμός όγκου δεξαμενής αερισμού

Το ημερήσιο οργανικό φορτίο είναι $L = 840 \text{ kg BOD5/day}$

Η μέση συγκέντρωση BOD5 είναι $S_i = 420 \text{ mg/l}$

Η απαιτούμενη συγκέντρωση BOD5 στην έξοδο της εγκατάστασης είναι

$S_e = 40 \text{ mg/l}$

Η απαιτούμενη απόδοση του συστήματος υπολογίζεται από την (6.49):

$$n = \frac{S_i - S_e}{S_i} = \frac{420 - 40}{420} = 0.904 = 90.4\%$$

Από τον Πίνακα 11 της παρ.6,5,1, εκλέγεται για πλήρη καθαρισμό με νιτροποίηση $L_s = \frac{F}{M} = 0.1$.

$$\text{Το βάρος της λάσπης είναι } W = \frac{L}{L_s} = \frac{840}{0.1} = 8400 \text{ kg MLSS}$$

Ο όγκος της δεξαμενής υπολογίζεται από τη σχέση (6,52) για $M = 3,0$, εκλεγμένο από τον πίνακα 11:

$$V = \frac{W}{M} = \frac{8400}{3.0} = 2800 \text{ m}^3$$

Κατασκευάζονται δύο (2) δεξαμενές όγκου 1400 m^3 η κάθε μία, με διαστάσεις 28 m μήκος, 13 m πλάτος και 4 m ύψους.

Ελέγχεται ο απαιτούμενος χρόνος συγκράτησεως των λυμάτων στην δεξαμενή.

Ο χρόνος συγκράτησης υπολογίζεται από την (6,53)

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{2800}{83.3} = 33.6(\text{h})$$

Υπολογίζεται η καθαρή παραγωγή λάσπης από την (6,54)

Η συγκέντρωση των οργανικών στερεών στο μικτό υγρό (MLVSS) είναι:

$$X_v = 3500 \text{ mg/l} * Q_{\text{μ.ε.σ.}} \text{ kg/hr} * 24 = 7000 \text{ kgMLVSS/day}$$

Άρα η παραγωγή λάσπης είναι:

$$\Delta X_v = Y * L * \frac{n\%}{100} - k_d * X_v = 1.15 * 840 * \frac{90.4}{100} - 0.07 * 7000 = 383 \text{ kg/day}$$

Υπολογίζεται ο χρόνος παραμονής της λάσπης (ηλικία). (SRT, sludge retention time) από την (6,47).

$$SRT = \frac{1}{Y * (F/M) - k_d} = \frac{1}{1.15 * 0.1 - 0.07} = 22.2 \approx 23 \text{ days}$$

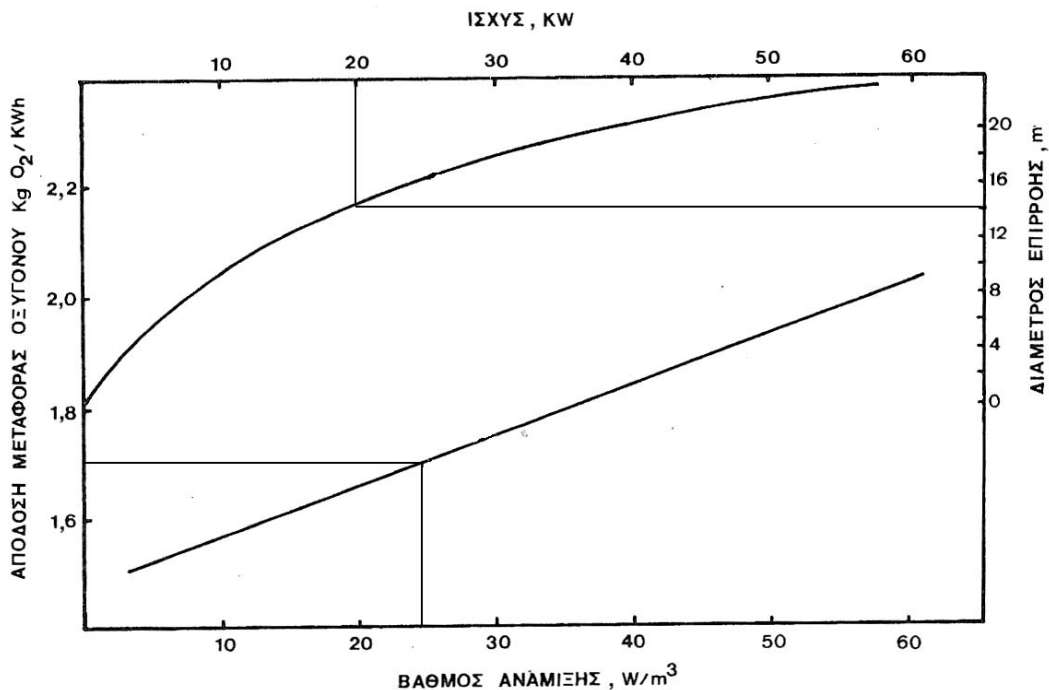
Υπολογίζεται η συνολική απαίτηση σε οξυγόνο.

Η συνολική απαίτηση σε οξυγόνο για πλήρη νιτροποίηση υπολογίζεται από τη σχέση (6,59).

$$\begin{aligned} O_r &= a * (S_0 - S_e) * Q + b * X_v * V + 4.33 * (0.03 - 0.05) * Q \Leftrightarrow \\ O_r &= 0.55 * (0.42 - 0.04) * 2000 + 0.14 * 3.5 * 2800 + 4.33 * 0.03 * 2000 \Leftrightarrow \\ O_r &= 2050 \text{ kgO}_2 / \text{day} \end{aligned}$$

Υπολογίζεται το σύστημα αερισμού της ΔΑ.

Για τον αερισμό των λυμάτων θα χρησιμοποιηθούν επιφανειακοί αεριστήρες.



Σχ. 42 Διάγραμμα αποδόσεως επιφανειακών αεριστήρων

Από το διάγραμμα αποδόσεως του κατασκευαστή των αεριστήρων, όπως φαίνεται στο σχήμα 1, επιλέγουμε ονομαστική απόδοση μεταφοράς οξυγόνου $N_k = 1,70 \text{ kgO}_2^2 / \text{KWh}$.

Οι θερμοκρασίες των αποβλήτων είναι για Χειμώνα = 12 °C και για το Καλοκαίρι = 22 °C.

Άρα για συνθήκες χειμώνα η μεταφορά οξυγόνου σε συνθήκες σχεδιασμού δίνεται από την (6,61):

$$N_{\pi} = N_k * \frac{\beta * C_{sm} - C_L}{9.17} * 1.024^{T-20} * a$$

Όπου:

C_{sm} = συγκέντρωση κορεσμού O_2 σε συνθήκες πεδίου σε mg/lit.
Υπολογίζεται από την (6,62) ως:

$$C_{sm} = C_s * (p_b / 20.67 + 0.5) = 10.83 * (10.33 / 20.67 + 0.5) = 10.83$$

$C_s = 10.83$ (mg/lit) συγκέντρωση κορεσμού O_2 σε standard συνθήκες για την θερμοκρασία σχεδιασμού από τον πίνακα 12.

$$p_b = 10,83 \text{ m H}_2\text{O}.$$

$$C_L = \text{επιθυμητή συγκέντρωση διαλυμένου } O_2 \text{ ίση με } 2,0 \text{ (mg/lit)}$$

$$a = 0,90 \text{ (σταθερά για επιφανειακούς αεριστήρες)}$$

$$b = 0,95 \text{ (σταθερά για οικιακά λύματα)}$$

$$\text{Άρα έχουμε: } N_{\pi} = 1.70 * \frac{0.95 * 10.83 - 2.0}{9.17} * 1.024^{12-20} * 0.90 \Leftrightarrow$$

$$N_{\pi} = 1.14 \text{ kgO}^2 / \text{KWh}$$

Και αντίστοιχα για συνθήκες καλοκαιριού είναι:

$$C_{sm} = 8.83 \text{ (mg/lit)}$$

$$N_{\pi} = 1.70 * \frac{0.95 * 8.83 - 2.0}{9.17} * 1.024^{22-20} * 0.90 \Leftrightarrow$$

$$N_{\pi} = 0.88 \text{ kgO}^2 / \text{KWh}$$

Επιλέγονται σαν απαιτήσεις οξυγόνου με αερισμό σε συνθήκες πεδίου, εκείνες που παρουσιάζονται το χειμώνα.

Υπολογίζεται η απαιτούμενη ισχύς των αεριστήρων

Για τον υπολογισμό της απαιτούμενης ισχύος των αεριστήρων θα χρησιμοποιήσουμε την σχέση (6,68).

Οπότε από την (6,68) έχουμε:

$$I = \frac{2050(\text{KgO}_2 / \text{day})}{24 * 1.14(\text{kgO}_2 / \text{KWh})} = 74.9\text{KW}$$

Υπολογισμός βαθμού ανάμιξης.

Ο βαθμός ανάμιξης υποδεικνύει το ποσοστό κατά το οποίο η ανάδευση των λυμάτων στην δεξαμενή αερισμού είναι πλήρης. Υπολογίζεται από τη σχέση (6,69) και θα πρέπει να συμφωνεί με την τιμή που δίνει ο κατασκευαστής για τον συγκεκριμένο τύπο αεριστήρων που επιλέξαμε. Οπότε έχουμε:

$$\text{βαθμός ανάμιξης} = \frac{74.9 * 1000}{2800} = 26.7\text{W} / \text{m}^3$$

Από το σχ. 1 βλέπουμε ότι για την απόδοση μεταφοράς οξυγόνου που επιλέξαμε, αντιστοιχεί βαθμός ανάμιξης $\approx 25 \text{ W/m}^3$.

Επιλέγεται η τοποθέτηση 4 αεριστήρων ισχύος 20W ο καθένας, οι οποίοι θα τοποθετηθούν 2 ανά δεξαμενή.

Από το σχ. 1 για ισχύ 20W βλέπουμε ότι αντιστοιχεί διάμετρος επιρροής αεριστήρα $\approx 14 \text{ m}$, που καλύπτει το μήκος των 28 m των δεξαμενών αερισμού.

8.6.4.5. Δεξαμενή καθίζησης

Εκλογή χρόνου συγκράτησεως, επιφανειακής φόρτισης και φόρτισης λάσπης.

Με βάση τον πίνακα 14 και για μέση παροχή 2000 m³/day, επιλέγεται χρόνος συγκράτησης $t = 7,0$ hr. και επιφανειακή φόρτιση για τη δεξαμενή $L_h = 0,5$ m³/ m².h. Επίσης επιλέγεται συγκέντρωση στερεών στον πυθμένα της ΔΔΚ (MLSS) ίση με 5000 mg/lit.

Υπολογισμός απαιτούμενης επιφάνειας ΔΔΚ.

Η απαιτούμενη επιφάνεια της ΔΔΚ δίνεται από τη σχέση (6,71). Επειδή όμως η συγκέντρωση στερεών που επιλέχθηκε υπερβαίνει τα 2000 mg/lit, η επιφάνεια της δεξαμενής εξαρτάται και από τα χαρακτηριστικά καθιζήσεως της λάσπης, για τον υπολογισμό θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί και η σχέση (6,72). Δηλαδή είναι:

$$A = \frac{Q_{\max.\omega\pi.}}{L_h} = \frac{243}{0.5} = 486 \text{ m}^2$$

όπου $Q_{\max.\omega\pi.}$ = μέγιστη ωριαία παροχή (m³/h)

L_h = επιφανειακή φόρτιση που εκλέχθηκε από τον Πιν.14

$$A = \frac{Q_{\max.\omega\pi.} * M * SVI}{L_{hs}} = \frac{243 * 5.0 * 150}{300} = 607.5 \text{ m}^2$$

όπου M = συγκέντρωση στερεών στο μικτό υγρό (MLSS)(kg/m³)

SVI = δείκτης όγκου λάσπης ($SVI = 150$ ml/g)

L_{hs} = φόρτιση λάσπης ($L_{hs} = 300$ m³/ m².h)

Επιλέγεται απαιτούμενη επιφάνεια ΔΔΚ: $A = 607,5$ m²

Υπολογισμός απαιτούμενου όγκου ΔΔΚ

Ο απαιτούμενος όγκος της ΔΔΚ δίνεται από τη σχέση (6,73).

$$V = Q_{\max.\omega\pi.} * t = 243 * 7 = 1701 \text{ m}^3$$

όπου t = χρόνος συγκράτησης που επιλέχθηκε (h)

Υπολογισμός βάθους ΔΔΚ

Το μέσο βάθος της δεξαμενής υπολογίζεται από το πηλίκο της απαιτούμενης επιφάνειας και του όγκου που υπολογίστηκάν.

$$\beta = \frac{V}{A} = \frac{1701}{607.5} = 2.8 \text{ m}$$

Εκλογή διαστάσεων ΔΔΚ

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα επιλέγεται να σχεδιαστούν δύο (2) κυκλικές δεξαμενές με τις ακόλουθες διαστάσεις:

Διάμετρος κάθε δεξαμενής: $D = 20 \text{ m}$

Συνολική επιφάνεια δεξαμενών: $A = 628,30 \text{ m}^2$

Μέσο βάθος δεξαμενής: $\beta = 2,8 \text{ m}$

Συνολικός όγκος δεξαμενών: $V = 1759.3 \text{ m}^3$

Υπολογισμός ταχύτητας υπερχειλίσεως

Η ταχύτητα υπερχειλίσεως δίνεται από τη σχέση (6.75) για την μέγιστη παροχή συναρτήσει του συνολικού μήκους περιφερειών, που υπολογίζεται ως:

$$l = 4 * \pi * D = 4 * \pi * 20.0 = 251\text{m}$$

Άρα η ταχύτητα υπερχειλίσεως είναι:

$$V_{\text{υπ.}} = \frac{Q_{\text{max. ωρ.}}}{l} = \frac{243}{251} = 0.97 \text{ m}^3 / \text{m.h}$$

Η τιμή που υπολογίστηκε γίνεται δεκτή γιατί δεν υπερβαίνει τα $7,7 \text{ m}^3 / \text{m.h}$.

Υπολογισμός ποσοστού ανακυκλοφορίας λάσπης.

Το ποσοστό ανακυκλοφορίας της λάσπης δίνεται από τη σχέση:

$$r = \frac{X_{\text{UV}}}{X_V} * X_V * 100 = \frac{5000}{3500} * 3500 * 100 = 42.8\%$$

όπου X_V = συγκέντρωση οργανικών στερεών στο μικτό υγρό που εκλέχτηκε.

X_{UV} = συγκέντρωση των στερεών στον πυθμένα της ΔΔΚ που εκλέχτηκε.

8.6.4.6. Πάχυνση της λάσπης

Υπολογίζεται η απαιτούμενη επιφάνεια του πυκνωτή.

Η καθαρή παραγωγή ιλύος με βάση τα πτητικά (volatiles) υπολογίσθηκε 383 kg/day.

Από τα δεδομένα έχουμε ότι τα συνολικά αιωρούμενα στερεά (SS) είναι 640kg/day. Υποθέτοντας ότι τα αδρανή είναι το 40% των συνολικών αιωρούμενων στερεών (SS) έχουμε επιπλέον $640 * 0,4 = 256$ kg/day.

Άρα η συνολική παραγωγή λάσπης είναι: $M_{λ.συν.} = 383 + 256 = 639$ kg/day.

Από τον πίνακα 16 επιλέγεται επιφανειακή φόρτιση ίση με 30 kg/m²*day,

Οπότε η επιφάνεια του πυκνωτή θα είναι:

$$A = \frac{M_{λ.συν.}}{L_h} = \frac{639}{30} = 21,3 \text{ m}^2$$

Ελέγχεται η επιφανειακή φόρτιση.

Με συγκέντρωση στερεών στη λάσπη 1%, η παροχή λάσπης υπολογίζεται:

$$Q_{λ} = \frac{M}{1000C_{λs}} = \frac{639}{1000 * 0,01 * 1,03} = 62 \text{ m}^3 / \text{day}$$

Άρα η επιφανειακή φόρτιση είναι:

$$L_h = \frac{Q_{λ}}{A} = \frac{62}{21,3} = 2,91 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{day}$$

Επειδή η επιφανειακή φόρτιση υπολογίζεται μικρή, θα αυξηθεί η αραιωθεί η παροχή με υγρό από την εκροή. Η πρόσθετη παροχή υπολογίζεται στα 45 m³/day, οπότε η συνολική παροχή λάσπης γίνεται: $Q_{λ} = 107$ m³/day.

Υπολογίζεται το βάθος του πυκνωτή

Επιλέγεται βάθος καθίζησης 1,75 m.

Με συγκέντρωση πυκνωμένης λάσπης 4%, το βάθος πύκνωσης είναι:

$$\beta_{\pi} = \frac{M_{\lambda, \text{συν.}}}{\%SS * 1000 * A} = \frac{639}{0.04 * 1000 * 21.3} = 0.75 \text{ m}$$

Άρα το βάθος του πυκνωτή είναι $\beta = 1,75 + 0,75 = 2,5 \text{ m}$

Υπολογίζεται ο όγκος του πυκνωτή.

$$V = A * \beta = 21.3 * 2.5 = 53.25 \text{ m}^3$$

Κατασκευάζεται πυκνωτής με επιφάνεια 22 m και διάμετρο 5 m και όγκο 55 m³.

Υπολογίζεται ο χρόνος παραμονής

$$t = \frac{V}{Q_{\lambda, \text{συν.}}} = \frac{55}{107} = 0.51 \text{ days} = 12.3 \text{ h}$$

Υπολογίζεται η παροχή της πυκνωμένης λάσπης.

Με συγκέντρωση στερεών μετά την πάχυνση 4% περίπου, ο όγκος της λάσπης προς την εγκατάσταση αφυδάτωσης θα είναι περίπου.

$$Q_{\pi} = \frac{M}{1000 C_{\lambda, s}} = \frac{639}{1000 * 0.04 * 1.03} = 15.5 \text{ m}^3 / \text{day}$$

8.6.4.7. Δεξαμενή χλωρίωσης

Η δεξαμενή χλωρίωσης διαστατοποιείται με την παροχή 243 m³/hr και για χρόνο παραμονής 20 min.

Άρα ο όγκος της δεξαμενής υπολογίζεται:

$$V = Q_{\max} * t = \frac{243 * 20}{60} = 81 \text{ m}^3$$

Υπολογίζεται η επιφάνεια του χλωριωτή και οι λοιπές διαστάσεις.

Εκλέγεται βάθος $D = 1.5 \text{ m}$.

Η απαιτούμενη επιφάνεια του χλωριωτή είναι: $A = \frac{V}{D} = \frac{83}{1.5} = 55.3 \text{ m}^2$

Κατασκευάζεται χλωριωτής με επιφάνεια 56 m^2 μήκος 28 m πλάτος 2 m και πλάτος ροής $0,25 \text{ m}$.

Ελέγχεται η ταχύτητα ροής.

Η ταχύτητα ροής είναι: $U = \frac{Q_{\min}}{B * D} = \frac{2000}{0.25 * 1.5} * \frac{1}{24 * 60} = 3.7 \text{ m/min}$

Η ταχύτητα ροής υπολογίστηκε μεταξύ $2-5 \text{ m/min}$. Άρα οι διαστάσεις που επιλέχθηκαν είναι δεκτές.

Υπολογίζεται η ημερήσια κατανάλωση Cl_2

Επιλέγεται μέγιστη δόση Cl_2 9 g/m^3 και μέση 8 g/m^3 .

Η ημερήσια κατανάλωση Cl_2 είναι:

$$\text{Cl}_2 / \text{day} = \frac{\text{Μέση Δόση} * Q_{\text{μεσ.}}}{1000} = \frac{8 * 2000}{1000} = 16 \text{ kg/day}$$

Η απαιτούμενη ικανότητα του χλωριωτή υπολογίζεται:

$$\text{Cl}_2 / \text{day} = \frac{\text{Δόση} * Q_{\text{max}}}{1000} = \frac{9 * 243 * 24}{1000} = 52.4 \text{ kg/day}$$

8.6.4.8. Αφυδάτωση λάσπης

Η αφυδάτωση της λάσπης επιλέχθηκε να γίνεται με χρήση ταινιοφιλτρόπρεσσας, με παράλληλη χρήση ειδικών κροκυδωτικών μέσων. Από τον πίνακα 7 και για περίσσεια ενεργού ιλύος, βρίσκουμε ότι με χρόνο συμπίεσης 2,5 h επιτυγχάνεται συγκέντρωση της αφυδατωμένης λάσπης 45%, τιμή που κρίνεται απόλυτα αποδεκτή.

Για την περίπτωση αναστολής της λειτουργίας της φιλτρόπρεσσας, τοποθετούνται αμμοκλίνες ξήρανσης η επιφάνεια των οποίων υπολογίζεται ως ακολούθως:

Υπολογίζεται η ποσότητα της εφαρμοζόμενης λάσπης ανά m^2 .

Με ποσότητα λάσπης $M_{λ. συν} = 639 \text{ kg/day}$, πάχος στρώσεων της λάσπης 20 cm και πυκνότητα λάσπης $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, η ποσότητα της εφαρμοζόμενης λάσπης ανά m^2 είναι:

$$0,2 \text{ m} * 1 \text{ m}^2 * 1000 \text{ kg/m}^3 = 200 \text{ kg}$$

Η ποσότητα των στερών στη λάσπη με συγκέντρωση στερεών 4% είναι:

$$200 * 0,04 = 8 \text{ kg}$$

Υπολογισμός ποσότητας νερού που πρέπει να εξατμισθεί.

Επιλέγουμε αύξηση της συγκέντρωσης των στερεών μετά την διήθηση ίση με 25% και μετά την εξάτμιση ίση με 35%.

Άρα η ποσότητα της λάσπης μετά την διήθηση είναι: $8 / 0,25 = 32 \text{ kg}$

Και μετά την εξάτμιση θα είναι: $8 / 0,35 = 22,86 \text{ kg}$

Οπότε η ποσότητα του νερού που πρέπει να εξατμισθεί είναι:

$$32 - 22,86 = 9,14 \text{ kg}$$

$$\text{ή } 9,14 \text{ kg} * \frac{1}{1000 \text{ kg/m}^3} * \frac{1}{\text{m}^2} * 1000 \frac{\text{mm}}{\text{m}} = 9,14 \text{ mm}$$

Υπολογισμός απαιτούμενου χρόνου εξάτμισης του νερού που περιέχεται στη λάσπη.

Σύμφωνα με τα κλιματολογικά στοιχεία του Σχ. 40 όπως φαίνεται παρακάτω, καταστρώνουμε τον πίνακα υπολογισμού του χρόνου εξάτμισης.

Μήνας	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
Βροχόπτωση,mm	118	125	100	92	114	62	46	36	48	124	139	142
Εξάτμιση,mm	97	104	98	111	128	195	247	286	152	135	121	135

Πίνακας μετεωρολογικών στοιχείων

Ο πίνακας υπολογισμού του χρόνου εξάτμισης θα έχει ως εξής:

Μήνας	Εξάτμιση (1)	Εξάτμ.*0,75 (2)	Ημέρ./μήνα (3)	Ημερ./εξάτμ. (4)	Χρόνος εξάτ days(5)
		(1)*0,75		(3)/(2)	9,14*(4)
Ι	97	72,75	31	0,426	4.0
Φ	104	78	28	0,358	3.2
Μ	98	73,5	31	0,421	3.8
Α	111	83,25	30	0,360	5,7
Μ	128	96	31	0,323	3.3
Ι	195	146,25	30	0,205	1.8
Ι	247	185,25	31	0,167	1.5
Α	286	214,5	30	0,140	1.2
Σ	152	114	31	0,272	2.4
Ο	135	101,25	30	0,296	2.7
Ν	121	90,75	31	0,341	3.1
Δ	136	102	30	0,294	2.6

Υπολογίζεται η επιφάνεια της κλίνης.

Η επιφάνεια της κλίνης υπολογίζεται από τη σχέση (6,91)

$$A = \text{αρχική μάζα λάσπης} * \theta_{\text{κρ}} * \frac{\varepsilon}{\text{μάζα στερεών}}$$

όπου για $\theta_{\text{κρ}}$ επιλέγουμε την τιμή για τον μήνα Ιανουάριο.

$$\text{Άρα έχουμε: } A = 639 \text{ kg/day} * 4.0 \text{ days} * \frac{1}{8\text{kg/m}^2} = 319.5 \text{ m}^2$$

Επιλέγεται να κατασκευαστούν 2 αμμοκλίνες ξήρανσης μήκους 20 m και πλάτους 8 m.

8.7. Πίνακας στοιχείων λειτουργίας εγκατάστασης

Παράμετρος	(1)
Παροχή σε m ³ /day	1000
Παροχή σε m ³ /hr (24ωρη)	83,3
Παροχή αιχμής σε m ³ /hr	243
Οργανικό φορτίο BOD ₅ σε kg/day	840
Αιωρούμενα σωματίδια SS σε kg/day	640
Οργανικό φορτίο προς απομάκρυνση σε kg BOD ₅ /day	800
F/M (kg BOD ₅ /kg MLVSS/day)	0,10
Αερισμός	
Όγκος σε m ³	2800
Φόρτιση σε kg BOD ₅ / m ³ *day	0,33
Χρόνος παραμονής σε hr	33.6
Καθίζηση	
Υδραυλική επιβάρυνση σε m ³ /m ² /hr (μέγιστη)	1,02
Υδραυλική επιβάρυνση σε m ³ /m ² /day (μέση)	0,35
Επιφάνεια σε m ²	628.3