



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΝΟΜΟΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
Δ.Ε.Υ.Α. ΘΕΡΜΑΪΚΟΥ

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ
& ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΟ: «ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΥΜΑΤΩΝ
ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΜΕΣΗΜΕΡΙΟΥ Δ.Ε. ΕΠΑΝΟΜΗΣ
ΔΗΜΟΥ ΘΕΡΜΑΪΚΟΥ»

Α.Μ. 62/2021

**ΤΕΥΧΟΣ 2.3: ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΟΥ Ε.Ε.Λ.
(Υγειονολογικοί Υπολογισμοί – Διαστασιολόγηση)**

ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: Ευάγγελος Πλιάκας, Α.Τ.Μ.

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2017

Περιεχόμενα

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
1.1	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ	3
1.2	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	4
2.	ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΕΛ	5
3.	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΕΕΛ	5
3.1	ΕΣΧΑΡΙΣΜΟΣ.....	5
3.2	ΦΡΕΑΤΙΟ ΕΙΣΟΔΟΥ.....	6
3.3	COMPACT ΜΟΝΑΔΑ ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	6
3.4	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗΣ.....	6
3.5	COMPACT ΜΟΝΑΔΕΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	6
3.6	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ-ΠΑΧΥΝΣΗΣ ΙΛΥΟΣ	7
3.7	ΔΙΑΤΑΞΗ ΧΛΩΡΙΩΣΗΣ – ΑΠΟΧΛΩΡΙΩΣΗΣ	7
3.8	ΦΙΛΤΡΑ ΔΙΗΘΗΣΗΣ (ΧΑΛΙΚΟΦΙΛΤΡΑ).....	7
3.9	ΕΡΓΟ ΔΙΑΘΕΣΗΣ	7
3.10	ΤΑΙΝΙΟΦΙΛΤΡΟΠΡΕΣΣΑ ΛΑΣΠΗΣ	8
3.11	ΜΟΝΑΔΑ ΧΟΥΜΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	8
3.12	ΚΤΙΡΙΟ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΕΕΛ	9
3.13	ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ	9
4.	ΥΓΕΙΟΝΟΛΟΓΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ	12
4.1	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΑΝΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ.....	12
4.2	ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ	14
4.3	ΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ.....	15
4.4	ΑΕΡΟΒΙΟΣ ΟΓΚΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ	16
4.5	ΑΠΑΙΤΗΣΗ ΟΞΥΓΟΝΟΥ ΚΑΙ ΑΕΡΑ.....	17
4.6	ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ & ΑΠΟΡΡΙΨΗ ΛΑΣΠΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΝΙΤΡΙΚΩΝ	20
5.	ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΑΔΙΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	22
5.1	ΦΡΕΑΤΙΟ ΕΙΣΟΔΟΥ – ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΑΡΧΙΚΗΣ ΑΝΥΨΩΣΗΣ	22
5.2	ΕΣΧΑΡΩΣΗ – ΕΞΑΜΜΩΣΗ – ΛΙΠΟΣΥΛΛΟΓΗ	23
	<i>Εσχαρίσματα</i>	<i>24</i>
	<i>Συλλεγόμενη άμμος</i>	<i>24</i>
	<i>Συλλεγόμενα λίπη</i>	<i>24</i>
5.3	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗΣ – ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΒΑΘΜΙΔΑΣ	24
	<i>Αερισμός – Ανάμιξη λυμάτων.....</i>	<i>25</i>
	<i>Τροφοδοσία βιολογικής βαθμίδας</i>	<i>25</i>
5.4	ΜΟΝΑΔΑ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ – ΈΡΓΑ ΕΞΟΔΟΥ	26
	<i>Μετρητής παροχής</i>	<i>26</i>
	<i>Χλωρίωση</i>	<i>26</i>
	<i>Αποχλωρίωση.....</i>	<i>29</i>
	<i>Δοσομέτρηση διαλύματος αποχλωριωτικού.....</i>	<i>29</i>
	<i>Δεξαμενή επεξεργασμένων</i>	<i>30</i>
	<i>Φίλτρα Διήθησης (Χαλικόφιλτρα)</i>	<i>30</i>
6.	Βιβλιογραφικές αναφορές.....	31

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων

Η μονάδα επεξεργασίας των λυμάτων βρίσκεται νοτιοανατολικά σε απόσταση 2.110 μ. από τον οικισμό/ΑΣ-1, που βρίσκεται στο κέντρο του Μεσημερίου. Τοποθετείται στο αγροτεμάχιο 751α της διανομής ΤΥΥΓ Μεσημερίου, σε κατάλληλο χώρο εμβαδού 10.010,50 τμ και ανήκει ιδιοκτησιακά στον Δήμο Θερμαϊκού. Η περιοχή που θα τοποθετηθεί η εγκατάσταση ανήκει στα διοικητικά όρια του Δ.Δ. Επανομής του Δήμου Θερμαϊκού και έχει μέσω υψόμετρο 95,00 μ..

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι συντεταγμένες κεντροβαρικά για το γήπεδο, των κορυφών της εγκατάστασης και των κορυφών του γηπέδου της ΕΕΛ στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ '87) και στο Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα 1984 (WGS 84).

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΕΕΛ ΚΕΝΤΡΟΒΑΡΙΚΑ

	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΣΕ ΕΓΣΑ '87		ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΣΕ WGS 84	
	Χ	Υ	φ	λ
Ε.Ε.Λ.	416193	4472242	40°23'56,24"	23°00'51,23"

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΚΟΡΥΦΩΝ ΓΗΠΕΔΟΥ ΕΕΛ

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΣΕ ΕΓΣΑ '87		
Κορυφή	Χ	Υ
A	416164	4472302
B	416232	4472309
Γ	416230	4472157
Δ	416163	4472157

Το εμβαδό της δημοτικής έκτασης - γηπέδου (A-B-Γ-Δ-A) είναι 10.010,50 m².

Ο σχεδιασμός της μονάδας πραγματοποιήθηκε κατόπιν εκτίμησης του πληθυσμού του οικισμού:

Οικισμός	Πληθυσμός 2011	Πληθυσμός 2035
Μεσημέρι	1.831	2.350

Ως παροχή σχεδιασμού επιλέχθηκε η μέγιστη ημερησία παροχή εικοσαετίας, και εξυπηρετούμενος πληθυσμός σχεδιασμού και λειτουργίας των μονάδων για την λειτουργία, λήφθηκε αυτός των 2350 κατοίκων. Ο σχεδιασμός της ΕΕΛ για την εξυπηρέτηση του πληθυσμού γίνεται με τα παρακάτω δεδομένα παροχών εισόδου και ρυπαντικών φορτίων λυμάτων.

Στην εγκεκριμένη μελέτη της ΕΕΛ Μεσημερίου ελήφθησαν οι εξής τιμές των συγκεντρώσεων των κυριότερων ρυπαντών:

- BOD5 : 66 gr / άτομο - ημέρα
- SS : 77 gr / άτομο - ημέρα
- Ολικό N : 11 gr / άτομο - ημέρα
- Ολικός P : 3,32 gr / άτομο - ημέρα
- COD/BOD 2

Επομένως τα χαρακτηριστικά των λυμάτων που θα εισέρχονται στην εγκατάσταση, είναι τα εξής:

Πληθυσμός	2.350 κάτοικοι
Ημερήσια παροχή	520 m ³ /day
Μέση παροχή	21,67 m ³ /hr
Παροχή αιχμής	108,35 m ³ /hr
BOD ₅	156 kg/day (66 gr/κατ.day) 300 ppm
COD	312 kg/day (132 gr/κατ.day) 600 ppm
Αιωρούμενα στερεά	182 kg/day (77 gr/κατ.day) 350ppm
Ολικό άζωτο	26 kg/day (11 gr/κατ.day) 50ppm
Ολικός Ρ	7,8 kg/day (3,32 gr/κατ.day) 15ppm

Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας λυμάτων θα κατασκευαστεί με τη μέθοδο των προκατασκευασμένων μονάδων (compact units) με βιοαντιδραστήρες προσκολλημένης και αιωρούμενης βιομάζας σε σταθερούς βιοεπαφείς (F.B.R).

1.2 Δεδομένα Σχεδιασμού

Τα Υδραυλικά και ρυπαντικά φορτία λυμάτων, βάση των οποίων διαστασιολογούνται τα έργα επεξεργασίας, είναι τα εξής:

Πληθυσμός	2.350 κάτοικοι
Ημερήσια παροχή	520 m ³ /day
Μέση παροχή	21,67 m ³ /hr
Παροχή αιχμής	108,35 m ³ /hr
BOD ₅	156 kg/day (66 gr/κατ.day) 300 ppm
Αιωρούμενα στερεά	182 kg/day (77 gr/κατ.day) 350ppm
Ολικό άζωτο	26 kg/day (11 gr/κατ.day) 50ppm

Τα όρια εκροής θα είναι τα εξής:

BOD ₅	25 mg/lit
COD	125 mg/lit
Αιωρούμενα στερεά (SS)	35 mg/lit
Λίπη – Έλαια	0
Επιπλέοντα στερεά	0
Κολοβακτηριοειδή ολικά	500 K/100 ml
Κολοβακτηριοειδή Κοπρανώδη	100 K/100 ml

2. ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΕΛ

Η ΕΕΛ περιλαμβάνει:

1. Φρεάτιο εισόδου - Αντλιοστάσιο αρχική ανύψωσης
2. Προεπεξεργασία λυμάτων σε προκατασκευασμένη (compact) μονάδες εσχάρωσης - εξάμμωσης - λιποσυλλογής
3. Δεξαμενή εξισορρόπησης λυμάτων - αντλιοστάσιο τροφοδοσίας βιολογικής βαθμίδας
4. Έργα βιολογικής επεξεργασίας σε προκατασκευασμένες (compact) μονάδες
5. Μονάδα απολύμανσης - Έργα εξόδου που περιλαμβάνουν
 - μετρητή παροχής εξόδου
 - δεξαμενή χλωρίωσης
 - φρεάτιο αποχλωρίωσης
 - δεξαμενή καθαρών
 - μονάδες φίλτρανης
 - φρεάτιο εξόδου - δειγματοληψίας
6. Έργα επεξεργασίας ιλύος που περιλαμβάνουν
 - δεξαμενή πάχυνσης
 - προκατασκευασμένη (compact) μονάδα αφυδάτωσης
7. Κτιριακά έργα που περιλαμβάνουν
 - Οικίσκο Εξυπηρέτησης της Εγκατάστασης
 - Κτίριο Έργων Εισόδου και Προεπεξεργασίας Λυμάτων
 - Μηχανοστάσιο μηχανικής αφυδάτωσης
 - Κτίριο Μονάδας Πάχυνσης
 - Κτίριο αποθήκευσης αφυδατωμένης ιλύος
 - Οικίσκο Φυσητήρων
8. Σύστημα αυτοματισμών - μετρήσεων και τηλε-ελέγχου - τηλεχειρισμού της μονάδας
9. Λοιπά έργα και Έργα υποδομής

Μετά την επεξεργασία τους τα λύματα θα παροχετεύονται στο μεγάλο Ρέμα Μεσημερίου.

Όλοι οι υπολογισμοί γίνονται με πλήρη τεκμηρίωση και αναφορά σε διεθνή και έγκυρη βιβλιογραφία και στην εφαρμοζόμενη τεχνολογία και σε συμφωνία με τις Τεχνικές αλλά και Διεθνείς Προδιαγραφές και πραγματοποιούνται και ελέγχονται για όλες τις φάσεις του έργου.

3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΕΕΛ

Η κύρια βιολογική επεξεργασία των λυμάτων θα πραγματοποιείται σε προκατασκευασμένα συμπαγή (compact) μονάδες κλειστών βιοαντιδραστήρων με τη μέθοδο (**Fixed Bed BioReactor**) όπου συνδυάζονται τα οφέλη του παρατεταμένου αερισμού (extended aeration) με αυτά της προσκολλημένης βιομάζας (bio-film attached growth).

Η εγκατάσταση αποτελείται από τις παρακάτω επιμέρους μονάδες:

3.1 ΕΣΧΑΡΙΣΜΟΣ

Θα τοποθετηθεί εσχάρα πριν την είσοδο των λυμάτων στο φρεάτιο ανύψωσης με σκοπό την παρακράτηση των ευμεγεθών στερεών που θα εισέλθουν στην εγκατάσταση και θα δημιουργούν προβλήματα στις αντλίες. Η εσχάρα θα έχει διάκενα 50 και 20 mm, και η μέγιστη παροχή διαμέσου της εσχάρας θα είναι 100 m³/hr. Ο λεπτός εσχарισμός των λυμάτων θα γίνεται στην συνέχεια στην compact μονάδα προεπεξεργασίας στο αυτοκαθαριζόμενο περιστρεφόμενο κόσκινο.

3.2 ΦΡΕΑΤΙΟ ΕΙΣΟΔΟΥ

ορθογωνικό φρεάτιο το οποίο θα τοποθετηθεί στην είσοδο της εγκατάστασης και στο οποίο θα καταλήξει ο κεντρικός απαγωγός ακαθάρτων

3.3 COMPACT ΜΟΝΑΔΑ ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

κλειστό σύστημα το οποίο πραγματοποιεί της παρακάτω λειτουργίες :

- Διαχωρισμός των στερεών από το εκρέον υγρό.
- Διαχωρισμός άμμου.
- Μείωση του όγκου εισερχόμενων στερεών, κατά περίπου 40%, ανάλογα με το είδος των στερεών.
- Αφαίρεση λιπών.

Η μονάδα περιλαμβάνει:

- Σύστημα διαχωρισμού ευμεγεθών στερεών μεγαλύτερων του 5mm.
- Δοχείο και κοχλίας προώθησης εσχαρισμάτων, έκπλυσης-συμπίεσης και διαβροχής λιπών.
- Διάταξη αμμοσυλλέκτη (αεριζόμενη) και διαχωρισμού λιπών.
- Κοχλία μεταφοράς της άμμου (αφού εκπλυθεί) σε ειδικό κάδο.
- Δύο κάδοι εσχαρισμάτων και άμμου.
- Φυσητήρα αμμοσυλλέκτη.
- Αντλία διαβροχής των λιπών.
- Ηλεκτρικό πίνακα με τον απαιτούμενο ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό ελέγχου της μονάδας.

3.4 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗΣ

ενεργού όγκου 150 m³ χρόνου παραμονής στην δεξαμενή 6,92 hr για την εξομάλυνση της ροής.

Θα τοποθετηθούν διατάξεις προαερισμού (αντλία), για τον αερισμό και την ανάδευση των λυμάτων και μέσω άντλησης τα λύματα θα οδηγούνται στις compact μονάδες επεξεργασίας.

3.5 COMPACT ΜΟΝΑΔΕΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

αποτελούμενη από τέσσερις βιοαντιδραστήρες σταθερής κλίνης που συνθέτουν τις δειργασίες:

- της αιωρούμενης βιομάζας σε στάδιο παρατεταμένου αερισμού (suspended biomass - extended aeration)
- της προσκολλημένης βιομάζας (Attached growth)

πλήρωσης με βιοφορείς – επαφείς που επιτρέπουν την ανάπτυξη μεγάλων ποσοτήτων βιομάζας (κυρίως προσκολλημένης αλλά και αιωρούμενης), που οδηγεί σε μεγαλύτερη (ανηγμένη) συγκέντρωση MLVSS απ' ότι στα συμβατικά συστήματα αιωρούμενης βιομάζας.

Κάθε αντιδραστήρας περιλαμβάνει:

- Σύστημα αερισμού (φυσητήρες - σωληνώσεις - διαχυτές)
- Αντλίες τροφοδοσίας και ανακυκλοφορίας-απόρριψης λάσπης

- Όργανο μέτρησης διαλυμένου οξυγόνου
- Πληρωτικό υλικό
- Βαλβίδες και υδραυλικά εξαρτήματα
- δεξαμενή τελικής καθίζησης - διαύγασης με λαμέλλες
- ηλεκτρολογικό πίνακα ελέγχου και αυτοματισμού

Κάθε αντιδραστήρας θα διαθέτει διαχωρισμό σε επιμέρους διαμερίσματα, όπου θα διαλαμβάνονται οι διεργασίες απονιτροποίησης, απομάκρυνσης οργανικού φορτίου, νιτροποίησης κλπ και θα έχει τη μορφή «container» κατασκευασμένο από ανοξείδωτο υλικό INOX AISI 304.

3.6 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ-ΠΑΧΥΝΣΗΣ ΙΛΥΟΣ

ενεργού όγκου 60 m³ όπου θα επιτυγχάνεται συμπύκνωση μέχρι και 30 gr/L. Θα διαθέτει υποβρύχιο αεριστήρα τύπου jet με απαιτούμενη ισχύς τουλάχιστον : P = 1,1 kW.

3.7 ΔΙΑΤΑΞΗ ΧΛΩΡΙΩΣΗΣ – ΑΠΟΧΛΩΡΙΩΣΗΣ

θα αποτελείται από:

- Δεξαμενή αποθήκευσης NaOCl από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας, επαρκούς χωρητικότητας για τις ανάγκες σε διάλυμα άνω των 15 ημερών και εφοδιασμένη με σωλήνα εξαερισμού, κρουνό στράγγισης και κρουνό για τη σύνδεσή της με τα συγκροτήματα των δοσομετρικών αντλιών.
- Δύο (2) δοσομετρικές αντλίες με δυνατότητα ρύθμισης των εμβόλων, ρυθμιζόμενης παροχής, επαρκούς για την παροχή αιχμής, που θα είναι εφοδιασμένη με δικλείδα απομόνωσης, βαλβίδα έγχυσης και σωληνώσεις αναρρόφησης / κατάθλιψης.
- Δεξαμενή αποθήκευσης αποχλωριωτικού Na₂S₂O₅ ωφέλιμου όγκου 100lt από κατάλληλο υλικό (γραμμικό πολυαιθυλένιο) απ' όπου θα τροφοδοτούνται οι δοσομετρικές αντλίες, που εξασφαλίζει χρόνο αποθήκευσης της τάξης των 250 ημ για την παροχή σχεδιασμού.

3.8 ΦΙΛΤΡΑ ΔΙΗΘΗΣΗΣ (ΧΑΛΙΚΟΦΙΛΤΡΑ)

δύο (2) αμμόφιλτρα με διάμετρο 1270mm (ελάχιστο) το καθένα, για την περαιτέρω μείωση του οργανικού φορτίου και των αιωρούμενων στερεών. Τα διηθητικά υλικά που θα χρησιμοποιηθούν είναι χαλαζιακά και ανθρακίτης. Το κάθε φίλτρο θα περιέχει διάταξη ομοιόμορφης διανομής του νερού στην κλίση του φίλτρου και διάταξη απόληψης του νερού της αντίστροφης πλύσης. Θα είναι κατασκευασμένο από χαλυβδοέλασμα αναλόγου πάχους, θα έχει σχήμα κυλινδρικό διαμέτρου 1270mm, το κάλυμμα του θα είναι θολωτό, θα εδράζεται σε 3 πόδια. Οι φάσεις λειτουργίας του θα ρυθμίζονται είτε αυτόματα από αισθητήριο ανιχνεύσεως κορεσμού που πορώδους υλικού πρεσσοστάτη και χρονοδιακόπτη, είτε χειροκίνητα. Ο προγραμματισμός των φάσεων λειτουργίας στην περίπτωση αυτόματης λειτουργίας θα γίνεται μέσω ηλεκτρονικού προγραμματιστή και ο χειρισμός των πνευματικών βαλβίδων με πίεση και εκτόνωση αέρα.

3.9 ΕΡΓΟ ΔΙΑΘΕΣΗΣ

Τα επεξεργασμένα λύματα από τα φίλτρα διήθησης της ΕΕΛ, θα οδηγούνται με άντληση στο φρεάτιο φόρτισης του αγωγού διάθεσης. Στο φρεάτιο εξόδου από την εγκατάσταση της ΕΕΛ θα γίνεται η δειγματοληψία, σύμφωνα με τα καθοριζόμενα στους εγκεκριμένους περιβαλλοντικούς όρους. Από το φρεάτιο τα λύματα θα διατίθενται στον αποδέκτη μέσω αγωγού μήκους περίπου 500 μέτρων.

3.10 ΤΑΙΝΙΟΦΙΛΤΡΟΠΡΕΣΣΑ ΛΑΣΠΗΣ

σκεπαστή όπου θα απομακρύνεται μέρος του ύδατος κατά ποσοστό ~10-15%. Τα υγρά θα διοχετεύονται προς το φρεάτιο εισόδου με κατάλληλη αντλία ενώ η σταθεροποιημένη και με υγρασία περίπου 87% λάσπη θα οδηγείται προς την μονάδα χουμοποίησης.

3.11 ΜΟΝΑΔΑ ΧΟΥΜΟΠΟΙΗΣΗΣ

για την κομποστοποίηση της ιλύος που παράγεται στην ΕΕΛ Μεσημερίου θα χρησιμοποιηθεί κλειστό σύστημα δύο βιοαντιδραστήρων compact σε συστοιχία. Οι βιοαντιδραστήρες compact (bio-containers) με ανοιγόμενη θύρα οροφής και υδραυλικό χειροκίνητο κύλινδρο για το άνοιγμα και το κλείσιμο της θύρας, θα κομποστοποιούν το τροφοδοτούμενο μίγμα και θα το υγειονοποιούν. Για τη χρήση τους θα συμπεριλαμβάνεται βιόφιλτρο και σύστημα συλλογής στραγγιδίων.

Διαστασιολόγηση εγκατάστασης

Η επεξεργασμένη ιλύς της ΕΕΛ μετά την έξοδό της από την ταινιοφιλτρόπρεσσα θα έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Τελική παραγόμενη λάσπη προς διάθεση		
Ποσότητα (tn/year)	Περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία (tn/year)	Υγρασία (ποσοστό%)
440	60	86,70

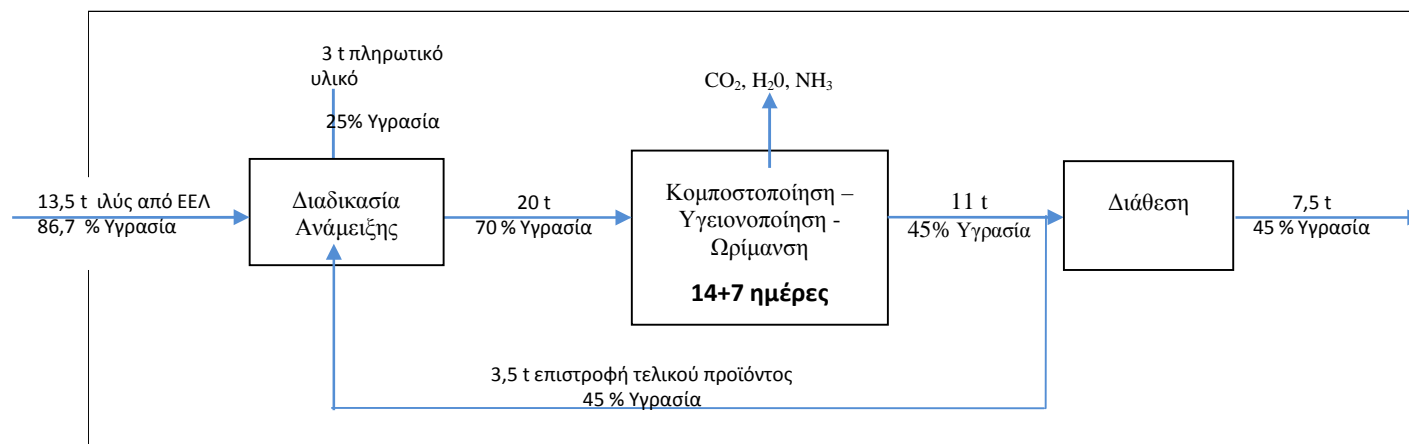
Περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα (mg/kg επί ξηράς ύλης) και άλλες παραμέτροι										
Cr	Pb	Ni	Cd	Cu	Hg	Zn	Ολικό N	Ολικός P	pH	TOC (%)
32,0	19,7	18,8	0,5	60,0	1,0	356	7,6%	2,5%	7,2	—

Για την διαστασιολόγηση της προτεινόμενης μονάδας ελήφθησαν υπόψη τα ακόλουθα:

- Η ποσότητα της παραγόμενης επεξεργασμένης (αφυδατωμένης) ιλύος σύμφωνα με τα προαναφερθέντα είναι 440 tn/yr και επομένως 5 m³/d συγκέντρωσης 13,30%.
- Κατά την επεξεργασία κομποστοποίησης ιλύος ο λόγος άνθρακα - αζώτου C/N είναι μεταξύ 25-35
- Η πυκνότητα του εισερχόμενου υλικού πρέπει να είναι κάτω από 0.65 t/m³
- Πορώδες (e) μεταξύ 75-85%
- Η έξοδος του παραγόμενου compost θα έχει υγρασία έως 45%.

Για την διασφάλιση της επιθυμητής σύστασης εισόδου και επομένως την εύρυθμη λειτουργία του συστήματος και την επιτυχή κομποστοποίηση στην ιλύ εισόδου προστίθενται τεμαχισμένα πράσινα απορρίμματα που αυξάνουν τον λόγο C/N, διασφαλίζουν την μείωση της υγρασίας και αυξάνουν το πορώδες. Επίσης μεγάλη ποσότητα ανακυκλοφορίας παραγόμενου compost που μειώνει την υγρασία, επιταχύνει την αντίδραση κομποστοποίησης. Από τις καθιερωμένες πρακτικές για τη λειτουργία bio-containers με ιλύ με τα προαναφερόμενα χαρακτηριστικά το ισοζύγιο μάζας που προκύπτει ανά κύκλο λειτουργίας ενός bio-container είναι το ακόλουθο:

Ισοζύγιο μάζας ανά μονάδα πλήρωσης (ενός bio-container ασυνεχούς λειτουργίας)



Από το ισοζύγιο μάζας προκύπτει ότι ανά 13,5 t παραγόμενης ιλύος παράγονται 7,5 t compost έτοιμο προς διάθεση ανά bio-container και ανά κύκλο επεξεργασίας. Ο κύκλος επεξεργασίας διαρκεί συνολικά 21 ημέρες, εκ των οποίων τις 14 ημέρες κομποστοποιείται και τις 7 ωριμάζει (χουμποποιείται).

Επομένως κάθε 21 ημέρες και ανά container κομποστοποιούνται και ωριμάζουν 13,5 t ιλύος. Κάθε bio-container δύναται να πραγματοποιήσει $365/21 = 17,38$ κύκλους κομποστοποίησης το χρόνο. Επομένως απαιτείται η χρήση του ακόλουθου αριθμού bio-container:

$$440 \text{ t/yr} : 13,5 \text{ t/21 d} : 17,38 \text{ κύκλους κομποστοποίησης} = 1,87 \text{ bio-containers}$$

για την απαίτηση κομποστοποίησης της τελικής φάσης.

Γι' αυτό και επιλέγεται η τοποθέτηση δύο bio-containers + 1 βιόφιλτρο για την κάλυψη των αναγκών κομποστοποίησης - υγειονοποίησης - επαναχρησιμοποίησης της παραγόμενης ιλύος της ΕΕΛ Μεσημερίου.

Η παραγωγή compost που προκύπτει από την χρήση των bio-containers θα είναι κατ' ελάχιστον 7,5 t/κύκλο ενός bio-container, ήτοι

$$7,5 \text{ t (45% υγρασία)} * 1,87 \text{ bio-containers απαίτησης} * 365 \text{ d/yr} : 21 \text{ d/ κύκλο} = 244,00 \text{ t/yr.}$$

Η περίπτωση μη επίτευξης της παραγωγής εδαφοβελτιωτικού υλικού με τα χαρακτηριστικά σχεδιασμού (προδιαγραφές) είναι πιθανή στις περιπτώσεις που όπως εκτενώς αναφέρθηκαν δεν υπολογισθεί ορθά ο λόγος C/N ή/και δεν πληρωθεί το bio-container με τις ορθές αναλογίες σχεδιασμού. Στην περίπτωση αυτή το προϊόν που θα προκύψει θα επιστρέψει στο bio-container και θα κομποστοποιηθεί εκ νέου αφού αναμιχθεί με επεξεργασμένη ιλύ και πράσινα στις ορθές αναλογίες.

3.12 ΚΤΙΡΙΟ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΕΕΛ

συνολικού εμβαδού περίπου 75 m² που θα περιλαμβάνει: Αίθουσα συνεργείου και αποθήκης, Χώρους υγιεινής και αποδυτηρίων, εργαστήριο, αίθουσα παρακολούθησης της Μ. Ε. Λ., προθάλαμο με ερμάρια, ντουλάπες, γραφείο υποδοχής κλπ.

3.13 ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ

- ΕΡΓΑ ΕΙΣΟΔΟΥ
- ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ GRP
- ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΕΕΛ
- ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΕΕΛ

- ΔΙΚΤΥΟ ΔΡΟΜΩΝ
- ΔΕΝΔΡΟΦΥΤΕΥΣΗ - ΠΡΑΣΙΝΟ - ΠΕΡΙΦΡΑΞΗ
- ΑΛΛΑ ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ
- ΥΛΙΚΑ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ
- ΠΑΡΑΚΑΜΠΗΡΙΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ
- ΔΙΚΤΥΟ ΣΤΡΑΓΓΙΔΙΩΝ
- ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ
- ΔΙΚΤΥΟ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ - ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΗ ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ
- ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ
- ΠΕΖΟΔΡΟΜΙΑ
- ΠΕΡΙΦΡΑΞΗ
- ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗ ΟΜΒΡΙΩΝ
- ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΟΔΟΠΟΙΙΑ
- ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Τα λύματα του οικισμού εισέρχονται στην ΕΕΛ μέσω του καταθλιπτικού αγωγού. Η εγκατάσταση θα απαγορεύεται να δέχεται έστω και την παραμικρή ποσότητα βοθρολυμάτων.

Από το αντλιοστάσιο εισόδου, μέσω των αντλιών ανύψωσης και αφού προηγηθεί χοντρός εσχαρισμός (50 και 20mm), τα λύματα θα οδηγούνται στην compact μονάδα προεπεξεργασίας όπου θα απομακρύνονται τα στερεά διαμέτρου μεγαλύτερης από 5 mm και στην συνέχεια θα εισέρχονται στις διατάξεις αμμοσυλλογής - λιποσυλλογής.

Μετά την απομάκρυνση της άμμου και των λιπών τα λύματα με φυσική ροή θα οδηγούνται στην δεξαμενή εξισορρόπησης, ενεργού όγκου 150 m³. Για τον αερισμό και την ανάδευση των λυμάτων, θα χρησιμοποιηθεί διάταξη προαερισμού. Στην δεξαμενή θα τοποθετηθούν αντλίες κατάλληλης δυναμικότητας και πίεσης, οι οποίες θα τροφοδοτούν το επόμενο στάδιο επεξεργασίας, το οποίο είναι οι compact μονάδες επεξεργασίας.

Στις μονάδες αυτές τα λύματα θα υφίστανται αερόβιο βιολογική επεξεργασία με την τροφοδοσία ατμοσφαιρικού αέρα από φυσητήρες και μέσω διαχυτών χοντλής φυσαλίδας.

Εντός των μονάδων θα υπάρχει πλαστικό πληρωτικό υλικό με επιφάνεια 250m²/m³ σε μορφή μπλόκ το οποίο θα είναι σταθεροποιημένο σε ειδικούς οδηγούς (Fixed.Bed.Reactor.)

Μετά τον αερισμό τους, τα λύματα θα υπερχειλίζουν στον θάλαμο καθίζησης του κάθε μηχανήματος όπου θα γίνεται ο διαχωρισμός των επεξεργασμένων λυμάτων από την βιολογική λάσπη με την βοήθεια της βαρύτητας.

Για την αύξηση της επιφάνειας καθίζησης ώστε να επιτύχουμε μικρότερη ταχύτητα καθίζησης θα τοποθετηθούν κεκλιμένα ελάσματα (λαμέλλες).

Από την λάσπη που καθιζάνει στον πυθμένα του θαλάμου καθίζησης, ένα τμήμα της θα ανακυκλοφορεί και το υπόλοιπο θα απομακρύνεται μέσω των αντλιών απομάκρυνσης λάσπης. Η ανακυκλοφορία διατηρεί σταθερή τη συγκέντρωση ενεργού ιλύος στο σύστημα αερισμού.

Μετά την καθίζησή τους και πριν την είσοδο στην δεξαμενή επεξεργασμένων τα λύματα θα υφίστανται χλωρίωση-αποχλωρίωση.

Από την δεξαμενή καθαρών τα επεξεργασμένα λύματα αφού φιλτραριστούν στα μονάδες διήθησης θα οδηγούνται στον αποδέκτη.

Η λάσπη που θα προκύπτει από την εγκατάσταση, θα διοχετεύεται προς την μονάδα επεξεργασίας της. Αρχικά θα οδηγείται στην δεξαμενή συγκέντρωσης λάσπης όπου θα αποθηκεύεται υπό ανάμιξη κάτω από αερόβιες συνθήκες. Οι αερόβιες συνθήκες καθώς και η ανάδευση της λάσπης θα πραγματοποιείται με την χρήση νέων υποβρυχίων αεριστήρων τύπου jet. Από την δεξαμενή αυτή η λάσπη θα αντλείται μέσω αντλιών λάσπης στην μονάδα αφυδάτωσης για περαιτέρω επεξεργασία.

Η μονάδα αφυδάτωσης θα αποτελείται από διάταξη ταινιοφιλτρόπρεσσας. Τα στραγγίσματα επιστρέφουν στην δεξαμενή εξισορρόπησης ενώ η λάσπη θα προωθείται για κομποστοποίηση.

Τα προς διάθεση λύματα του οικισμού του Μεσημερίου μετά από την επεξεργασία στη συγκεκριμένη ΕΕΛ θα έχουν τα ακόλουθα ποιοτικά χαρακτηριστικά εκροής, καλύπτοντας όλα τα θεσμοθετημένα όρια.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΕΞΟΔΟΥ:

BOD5	<25 mg/l
COD	< 125 mg/l
Αιωρούμενα στερεά (TSS)	< 35 mg/l
Ολικός φώσφορος	< 3 mg/l
Ολικό άζωτο	< 12,5 mg/l
Λίπη έλαια	< 0 mg/l
Ολικά κολοβακτηρίδια	< 500 K/100ml
E-coli	< 100 K/100ml
Υπολλειμματικό χλώριο	0 mg/l

Η διάθεση των εκροών θα γίνεται με διάχυση στον φυσικό αποδέκτη που είναι το ρέμα Μεσημερίου. Η μέγιστη διάθεση στην έξοδο των φίλτρων διήθησης (χαλικόφιλτρων) είναι 21,66 m³ ανά ώρα. Ο αγωγός με διατομή Φ250 για μήκος περίπου 490 μέτρων θα μεταφέρει στο ρέμα επαρκώς το σύνολο του διατιθέμενου επεξεργασμένου νερού.

Τα υγρά απόβλητα που θα παράγονται στην ΕΕΛ από το προσωπικό και τους επισκέπτες θα διοχετεύονται στην είσοδο της εγκατάστασης με ειδικό σωληνωτό αγωγό. Τα στραγγίδια που παράγονται στα στάδια τις επεξεργασίας μεταφέρονται με ειδικούς σωληνωτούς αγωγούς προς την δεξαμενή εξισορρόπησης.

Τα συλλεγόμενα εσχαρίσματα (κωδικός ΕΚΑ 19 08 01) θα συμπιέζονται μηχανικά, θα συγκεντρώνονται σε κλειστά δοχεία αποθήκευσης και θα αποθηκεύονται προσωρινά. Τα λίπη-έλαια (κωδικός ΕΚΑ 19 08 09), θα συγκεντρώνονται σε κλειστά δοχεία αποθήκευσης και θα αποθηκεύονται προσωρινά. Η άμμος (κωδικός ΕΚΑ 19 08 02) που θα συγκεντρώνεται από το στραγγιστήριο θα συγκεντρώνεται σε κλειστά δοχεία αποθήκευσης και θα αποθηκεύεται προσωρινά. Τα ως άνω απόβλητα θα διατίθενται σε νομίμως λειτουργούντα χώρο διάθεσης απορριμμάτων, με τη σύμφωνη γνώμη του αρμόδιου φορέα και την έγκριση της αρμόδιας Υπηρεσίας Περιβάλλοντος της οικείας Περιφέρειας. Τα σύμμεικτα απορρίμματα που θα παράγουν είτε από το προσωπικό και τους επισκέπτες, θα συγκεντρώνονται σε κάδους και θα μεταφέρονται από τον Δήμο Θερμαϊκού προς τον ΧΥΤΑ Μαυροράχης.

Από την εγκατάσταση θα παράγεται πλήρως χουμοποιημένο προϊόν (compost) υγειονοποιημένο και σε πλήρη ωρίμανση από τη σταθεροποιημένη ιλύ της εγκατάστασης, το οποίο αρχικά θα χρησιμοποιηθεί για τον εμπλουτισμό των χώρων πρασίνου (πάρκα και δασικές εκτάσεις) του Δήμου Θερμαϊκού, ενώ εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποκατάσταση λατομείων, ως υλικό πλήρωσης, σε διαδοχικές στρώσεις, εναλλασσόμενες με προϊόντα εκσκαφής ή μπάζα καθώς και στη διαμόρφωση της τελικής εδαφικής τρώσης (top soil) για την αποκατάσταση της βλάστησης στις προς αποκατάσταση περιοχές. Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως τελικό στρώμα επικάλυψης ΧΥΤΑ είτε στο εμπόριο καθώς αποτελεί εδαφικό υλικό πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να εφαρμόζονται οι διατάξεις της Οδηγίας 91/676/ΕΚ για τη νιτρορύπανση (που έχει μεταφερθεί στην Ελληνική Νομοθεσία με την Κ.Υ.Α. οικ. 16190/1335/1997, ΦΕΚ Β' 519), καθώς και οι διατάξεις περί Ορθής Γεωργικής Πρακτικής, όπως ισχύουν. Προ της διάθεσης του χωνεμένου υπολείμματος θα πρέπει να διενεργείται ποιοτικός έλεγχος σε διαπιστευμένο εργαστήριο, ο οποίος θα

περιλαμβάνει (κατ' ελάχιστο) μέτρηση του συντελεστή υδροπερατότητας, της συγκέντρωσης μετάλλων, των ενώσεων φωσφόρου (ολικός) και αζώτου (ολικός), καθώς και μικροβιολογικό έλεγχο (ανίχνευση μικροοργανισμών E.coli κλπ.). Η συχνότητα των αναλύσεων να είναι για τις χημικές αναλύσεις ανά τρίμηνο και για τις μικροβιολογικές ανά μήνα. Θα πρέπει να υπάρχει πρόγραμμα διάθεσης στους χώρους απόθεσης όπου προτείνεται ο διαχωρισμός της έκτασης σε τμήματα που θα πληρώνονται σταδιακά. Το ανώτερο στρώμα της διαμορφωμένης επιφάνειας πάχους τουλάχιστον 30 cm θα είναι από φυτική γή. Τέλος θα πρέπει να λαμβάνονται κάθε φορά οι απαιτούμενες άδειες και εγκρίσεις.

Δεν θα υπάρξει παραγωγή αέριων ρύπων από την χρήση και την λειτουργία των εγκαταστάσεων, αφού ο εξοπλισμός του αντλιοστασίου όπως και της ΕΕΛ θα έχει πλήρες σύστημα φίλτρασης και αποφυγής οσμών.

Δεν θα υπάρχει ιδιαίτερη παραγωγή θορύβου από την χρήση και την λειτουργία των εγκαταστάσεων, αφού ο εξοπλισμός του αντλιοστασίου όπως και της ΕΕΛ είναι εγκαταστημένος σε υπόγειες δεξαμενές ενώ η χρήση του εξοπλισμού κομποστοποίησης σε κλειστούς αντιδραστήρες παράγει ελάχιστο θόρυβο.

Χρήση νερού

Στην δραστηριότητα δεν θα πραγματοποιηθεί χρήση υδατικών πόρων. Οι ανάγκες για την υδροδότηση της ΕΕΛ θα καλυφθούν από το δίκτυο ύδρευσης της ΔΕΥΑ του Δήμου Θερμαϊκού.

4. ΥΓΕΙΟΝΟΛΟΓΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

4.1 Χαρακτηρισμός Ανεπεξέργαστων Λυμάτων

Το βιοδιασπώμενο COD (bCOD) μπορεί να υπολογισθεί από την κάτωθι σχέση:

$$\text{bCOD [mg/L]} = (\text{bCOD/BOD}) \cdot \text{BOD} \quad (1)$$

όπου:

bCOD/BOD = λόγος βιοδιασπώμενου COD προς ολικό BOD, σε ανεπεξέργαστα αστικά λύματα κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 1.60-1.70

Το ημερήσιο φορτίο COD που δύναται να απομακρυνθεί μέσω βιολογικής επεξεργασίας ($B_{d,CODr}$), είναι:

$$B_{d,CODr} [\text{kg bCOD/d}] = \text{bCOD} \cdot Q_{des} \quad (2)$$

όπου:

$$Q_{des} = \text{ημερήσια παροχή σχεδιασμού, m}^3/\text{d}$$

Το μη βιοδιασπώμενο COD (nbCOD), είναι:

$$\text{nbCOD [mg/L]} = \text{COD} - \text{bCOD} \quad (3)$$

Το σωματιδιακό COD (pCOD), μπορεί να υπολογισθεί από την κάτωθι σχέση:

$$\text{pCOD [mg/L]} = (\text{pCOD/COD}) \cdot \text{COD} \quad (4)$$

όπου:

pCOD/COD = λόγος σωματιδιακού COD προς ολικό COD, σε ανεπεξέργαστα αστικά λύματα κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 0.40-0.80

Το διαλυτό COD (sCOD), είναι:

$$\text{sCOD [mg/L]} = \text{COD} - \text{pCOD} \quad (5)$$

Το βιοδιασπώμενο σωματιδιακό COD (bpCOD), μπορεί να υπολογισθεί από την κάτωθι σχέση:

$$\text{bpCOD [mg/L]} = (\text{bpCOD/ pCOD}) \cdot \text{pCOD} \quad (6)$$

όπου:

$bpCOD/pCOD$ = λόγος βιοδιασπώμενου σωματιδιακού COD προς σωματιδιακό COD

Ο λόγος $bpCOD/COD$, μπορεί να υπολογισθεί από την κάτωθι σχέση:

$$bpCOD/pCOD = (bCOD/BOD) \cdot (BOD - sBOD) / pCOD \quad (7)$$

όπου: $sBOD$ = διαλυτό BOD, mg/L

Το $sBOD$, μπορεί αν υπολογισθεί από την κάτωθι σχέση:

$$sBOD [mg/L] = (sBOD/BOD) \cdot BOD \quad (8)$$

όπου:

$sBOD/BOD$ = λόγος διαλυτού BOD προς ολικό BOD, σε ανεπεξέργαστα αστικά λύματα κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 0.35-0.55

Το μη βιοδιασπώμενο σωματιδιακό COD ($nbpCOD$), είναι:

$$nbpCOD [mg/L] = pCOD - bpCOD \quad (9)$$

Το μη βιοδιασπώμενο διαλυτό COD ($nbsCOD$), είναι:

$$nbsCOD [mg/L] = nbCOD - nbpCOD \quad (10)$$

Τέλος, τα μη βιοδιασπώμενα πτητικά στερεά ($nbVSS$), μπορούν να υπολογισθούν από την κάτωθι σχέση:

$$nbVSS [mg/L] = [(1 - (bpCOD/pCOD))] \cdot VSS \quad (11)$$

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή των **Σχέσεων (1) έως (11)** παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 1. Χαρακτηρισμός ανεπεξέργαστων λυμάτων (οι τιμές που περιλαμβάνονται στον Πίνακα αφορούν τόσο σε χειμερινές όσο και σε καλοκαιρινές συνθήκες)

Παράμετρος	Μονάδα	Τιμή
f_{bCOD}	—	1.60
bCOD	mg/L	384
$B_{d,CODr}$	kg bCOD/d	200
nbCOD	mg/L	96
$pCOD/COD$	—	0.60
pCOD	mg/L	288
sCOD	mg/L	192
sBOD/BOD	—	0.45
sBOD	mg/L	108
$bpCOD/pCOD$	—	0.73
bpCOD	mg/L	210,24
nbpCOD	mg/L	78
nbsCOD	mg/L	18

4.2 Οξείδωση Οργανικών

Το ημερήσιο φορτίο bCOD που δύναται να απομακρυνθεί μέσω αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας ($B_{d,CODr,AER}$), είναι:

$$B_{d,CODr,AEP} \text{ [kg bCOD/d]} = B_{d,CODr} - B_{d,CODr,DN} \quad (12)$$

Θεωρούμε ότι το σύνολο της οξείδωσης οργανικών πραγματοποιείται από την προσκολλημένη βιομάζα.

Η συνολική απαιτούμενη “ενεργός” επιφάνεια βιοφορέων για οξείδωση οργανικών ($SA_{m,COD}$), προκύπτει από την κάτωθι σχέση:

$$SA_{m,COD} \text{ [m}^2\text{]} = B_{d,CODr,AER} / SLR_{COD,T} \quad (13)$$

όπου:

$SLR_{COD,T}$ = επιφανειακός ρυθμός φόρτισης βιοφορέων ως προς bCOD (bCOD flux) στη θερμοκρασία σχεδιασμού, g bCOD/m² biocarrier-d

Ο ρυθμός $SLR_{COD,T}$, μπορεί να υπολογιστεί από την κάτωθι σχέση:

$$SLR_{COD,T} = SLR_{COD,10} \cdot 1.06^{(T-10)} \quad (14)$$

όπου:

$SLR_{COD,10}$ = επιφανειακός ρυθμός φόρτισης βιοφορέων ως προς bCOD στους 10°C, λαμβάνεται ίσος προς 7.20 g bCOD/m²

Ο απόδοση οξείδωσης οργανικών (R_{COD}) που επιτυγχάνεται βάσει του ρυθμού $SLR_{COD,T}$ κυμαίνεται μεταξύ 0.90-0.95. Για την επίτευξη της απόδοσης αυτής, απαιτείται συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου (DO) στο μικτό υγρό ίση προς 3.0 mg/L.

Η συγκέντρωση bCOD στην έξοδο της βιολογικής βαθμίδας ($S_{bCOD,eff}$), προκύπτει από την κάτωθι σχέση:

$$S_{bCOD,eff} \text{ [mg/L]} = (1 - R_{COD}) \cdot (B_{d,CODr,AER} / Q_{des}) \quad (15)$$

Ο συνολικός απαιτούμενος όγκος βιοφορέων για απονιτροποίηση ($V_{m,COD}$), προκύπτει από την κάτωθι σχέση:

$$V_{m,COD} \text{ [m}^3\text{]} = SA_{m,COD} / SSA_m \quad (16)$$

όπου:

$$SSA_m = \text{ειδική “ενεργός” επιφάνεια βιοφορέων, m}^2\text{/m}^3$$

Επιλέγονται βιοφορείς με ειδική “ενεργό” επιφάνεια για ανάπτυξη βιοφίλμ ίση προς 250 m²/m³.

Η ημερήσια παραγωγή ετερότροφης προσκολλημένης βιομάζας στα πλαίσια της οξείδωσης οργανικών ($P_{H,VSS,AER}$ & $P_{H,TSS,AER}$), προκύπτει από τις κάτωθι σχέσεις:

$$P_{H,VSS,AER} \text{ [kg VSS/d]} = R_{COD} \cdot Y_{H,AER,bf} \cdot B_{d,CODr,AER} \quad (17)$$

και

$$P_{H,TSS,AER} \text{ [kg TSS/d]} = P_{H,VSS,AER} / 0.85 \quad (18)$$

όπου:

$Y_{H,AER,bf}$ = “φαινόμενος” (apparent) συντελεστής απόδοσης ετερότροφης προσκολλημένης βιομάζας υπό αερόβιες συνθήκες, kg biofilm VSS produced /kg bCOD removed

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή των **Σχέσεων (12) έως (18)**, παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 2 . Οξείδωση οργανικών μέσω προσκολλημένης βιομάζας

Παράμετρος	Μονάδα	Τιμή
$B_{d,CODr,AEP}$	kg bCOD/d	115
$SLR_{COD,T}$	g bCOD/m ² -d	12,89
$SA_{m,COD}$	m ²	8921
R_{COD}	—	0.95
$S_{bCOD,eff}$	mg/L	11.0
$V_{m,COD}$	m ³	35
$Y_{H,AER,bf}$	—	0.25
$P_{H,VSS,AER}$	kg VSS/d	27,31
$P_{H,TSS,AER}$	kg TSS/d	32,13

4.3 Νιτροποίηση

Η συγκέντρωση NH₄-N που είναι διαθέσιμη προς νιτροποίηση ($S_{NH,NT}$), προκύπτει από την κάτωθι σχέση:

$$S_{NH,NT} [mg/L] = C_{TKN,inf} - S_{NI,inf} - X_{ND,BM} \quad (19)$$

όπου:

Το ημερήσιο φορτίο NH₄-N που είναι διαθέσιμο προς νιτροποίηση ($B_{d,NH,NT}$), είναι:

$$B_{d,NH,NT} [kg NH_4-N/d] = S_{NH,NT} \cdot Q_{des} \quad (20)$$

Η συνολική απαιτούμενη “ενεργός” επιφάνεια βιοφορέων για νιτροποίηση ($SA_{m,NT}$), προκύπτει από την κάτωθι σχέση:

$$SA_{m,NT} [m^2] = B_{d,NH,NT} / SLR_{NH,T} \quad (21)$$

όπου:

$SLR_{NH,T}$ = επιφανειακός ρυθμός φόρτισης βιοφορέων ως προς NH₄-N (ammonium flux) στη θερμοκρασία σχεδιασμού, g NH₄-N/m²

Ο ρυθμός $SLR_{NH,T}$, μπορεί να υπολογιστεί από την κάτωθι εμπειρική σχέση:

$$SLR_{NH,T} = k_{10} \cdot 1.09^{(T-10)} \cdot [(DO_{NT} - 0.5) / 3.2]^n \quad (22)$$

όπου:

k_{10} = σταθερά ρυθμού επιφανειακής αντίδρασης νιτροποίησης στους 20°C, λαμβάνεται ίση προς 0.57

n = τάξη επιφανειακής αντίδρασης νιτροποίησης λαμβάνεται ίση προς 0.8

DO_{NT} = συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου στο μικτό υγρό (bulk liquid DO concentration) του διαμερίσματος νιτροποίησης, λαμβάνεται ίσο προς 4.5 mg/L

Ο απόδοση νιτροποίησης (R_{NT}) που επιτυγχάνεται βάσει του ρυθμού $SLR_{NH,T}$ κυμαίνεται μεταξύ 0.90-0.95.

Η συγκέντρωση NH₄-N στην έξοδο της βιολογικής βαθμίδας ($S_{NH,eff}$), προκύπτει από την κάτωθι σχέση:

$$S_{NH,eff} [mg/L] = (1 - R_{NT}) \cdot S_{NH,NT} \quad (23)$$

Ο συνολικός απαιτούμενος όγκος βιοφορέων για απονιτροποίηση ($V_{m,NT}$), προκύπτει από την κάτωθι σχέση:

$$V_{m,NT} [m^3] = SA_{m,NT} / SSA_m \quad (24)$$

όπου:

$$SSA_m = \text{ειδική "ενεργός" επιφάνεια βιοφορέων, } m^2/m^3$$

Επιλέγονται βιοφορείς με ειδική "ενεργό" επιφάνεια για ανάπτυξη βιοφίλμ ίση προς $250 m^2/m^3$.

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή των **Σχέσεων (19) έως (24)**, παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 3. Νιτροποίηση μέσω προσκολλημένης βιομάζας

Παράμετρος	Μονάδα	Τιμή
$S_{NH,NT}$	mg/L	33
$B_{d,NH,NT}$	kg NH_4-N/d	17,16
$SLR_{NT,T}$	g NH_4-N/m^2-d	2,48
$SA_{m,NT}$	m^2	6919
R_{NT}	—	0.93
$S_{NH,eff}$	mg/L	2.31
$V_{m,NT}$	m^3	27,7

4.4 Αερόβιος Όγκος Αντίδρασης

Ο απαιτούμενος όγκος βιοφορέων για αερόβια βιολογική επεξεργασία που περιλαμβάνει οξειδωση οργανικών & νιτροποίηση ($V_{m,AER}$), προκύπτει από την κάτωθι σχέση:

$$V_{m,AER} [m^3] = SF \cdot (V_{m,COD} + V_{m,NT}) \quad (25)$$

όπου:

SF = παράγων ασφάλειας που εισάγεται για την αντιμετώπιση τυχόν μειωμένης απόδοσης του βιοαντιδραστήρα προ-απονιτροποίησης, λαμβάνεται ίσος προς 1.1

Ο απαιτούμενος όγκος αερόβιου βιοαντιδραστήρα για οξειδωση οργανικών & νιτροποίηση ($V_{R,AER}$), προκύπτει από την κάτωθι σχέση:

$$V_{R,AER} [m^3] = V_{m,AER} / mf_{AER} \quad (26)$$

όπου:

mf_{AER} = κλάσμα πλήρωσης αερόβιου βιοαντιδραστήρα με βιοφορείς

Ο αερόβιος υδραυλικός χρόνος παραμονής (HRT_{AER}), προκύπτει από την κάτωθι σχέση:

$$HRT_{AER} [h] = 24 \cdot V_{R,AER} / Q_{des} \quad (27)$$

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή των **Σχέσεων (25) έως (27)**, παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον **Πίνακα 4**.

Οι τελικές επιλογές για τον αερόβιο βιοαντιδραστήρα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον **Πίνακα 5**.

Σύμφωνα με τον Πίνακα 11, για τις ανάγκες οξειδωσης οργανικών & νιτροποίησης, επιλέγεται συνολικός υγρός όγκος αερόβιου βιοαντιδραστήρα 93.00 m^3 , ο οποίος μοιράζεται σε (4) ισοδύναμες παράλληλες Γραμμές Βιολογικής Επεξεργασίας (Γ.Β.Ε.) αερόβιου όγκου αντίδρασης 23.00 m^3 έκαστη. Επιπλέον, ο αερόβιος βιοαντιδραστήρας κάθε Γ.Β.Ε. διαμορφώνεται ως τρία (3) ίσου όγκου επιμέρους διαμερίσματα ευρισκόμενα σε σειρά ($7,66 \text{ m}^3$ έκαστο). Το ποσοστό πλήρωσης του αερόβιου βιοαντιδραστήρα με βιοφορείς είναι 75.0%.

Πίνακας 4. Συνολικές απαιτήσεις αερόβιου όγκου αντίδρασης

Παράμετρος	Μονάδα	Τιμή
$V_{m,AER}$	m^3	68,97
mf_{AER}	—	0.750
$V_{R,AER}$	m^3	92
HRT_{AER}	h	4,2

Πίνακας 5. Επιλογή αερόβιου βιοαντιδραστήρα για οξειδωση οργανικών & νιτροποίηση

Παράμετρος		Μονάδα	Τιμή
Παράλληλες γραμμές βιολογικής επεξεργασίας (Γ.Β.Ε.)		# Γ.Β.Ε.	4
Όγκος βιοαντιδραστήρα	Συνολικός	m^3	92.00
	Ανά Γ.Β.Ε.	m^3	23.00
Κλάσμα πλήρωσης βιοαντιδραστήρα με βιοφορείς		—	0.750
Όγκος βιοφορέων	Συνολικός	m^3	69
	Ανά Γ.Β.Ε.	m^3	17.25
“Ενεργός” επιφάνεια βιοφορέων	Συνολική	m^2	15840
	Ανά Γ.Β.Ε.	m^2	3906

4.5 Απαίτηση Οξυγόνου και Αέρα

Η συνολική ημερήσια απαίτηση σε οξυγόνο ($R_{O,TOTAL}$) πρέπει να λαμβάνει υπόψη την ποσότητα οξυγόνου για οξείδωση του bCOD, την ποσότητα οξυγόνου για νιτροποίηση, καθώς επίσης και το “κέρδος” σε οξυγόνο από την απονιτροποίηση, άρα:

$$R_{O,TOTAL} [\text{kg O}_2/\text{d}] = R_{O,COD} + R_{O,NT} \quad (28)$$

όπου:

$$R_{O,COD} = \text{απαίτηση οξυγόνου για οξείδωση του bCOD, kg O}_2/\text{d}$$

$$R_{O,NT} = \text{απαίτηση οξυγόνου για νιτροποίηση, kg O}_2/\text{d}$$

Η απαίτηση οξυγόνου για οξείδωση του bCOD, μπορεί να υπολογισθεί από την κάτωθι σχέση:

$$R_{O,COD} = B_{d,CODr} - 1.42 \cdot P_{H,VSS,AER} - OC \quad (29)$$

Η απαίτηση οξυγόνου για νιτροποίηση, μπορεί να υπολογισθεί από την κάτωθι σχέση:

$$R_{O,NT} = 4.33 \cdot R_{NT} \cdot B_{d,NH,NT} \quad (30)$$

Η τιμή του SOTR που αντιστοιχούν στην υπολογισθείσα τιμή του AOTR = $R_{O,TOTAL}$, μπορεί να προκύψει μέσω της κάτωθι σχέσης:

$$AOTR = SOTR \cdot \left(\frac{\beta \cdot C_{s,T,H} - C_L}{C_{s,20}} \right) \cdot (1.024)^{(T-20)} \cdot \alpha \cdot F \quad (57)$$

όπου:

AOTR = πραγματικός (actual) ρυθμός μεταφοράς οξυγόνου σε συνθήκες πεδίου, kg O₂/d

SOTR = πρότυπος (standard) ρυθμός μεταφοράς οξυγόνου σε καθαρό νερό στους 20°C και μηδενική συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου, kg O₂/d

β = παράγων διόρθωσης για την αλατότητα και την επιφανειακή τάση, συνήθως 0.95 - 0.98

$C_{s,T,H}$ = μέση συγκέντρωση κορεσμού διαλυμένου οξυγόνου στη δεξαμενή αερισμού σε θερμοκρασία T και υψόμετρο H, mg/L

C_L = συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου κατά τη λειτουργία της βιολογικής βαθμίδας, mg/L

$C_{s,20}$ = συγκέντρωση κορεσμού διαλυμένου οξυγόνου σε καθαρό νερό στους 20°C και 1 atm, 9.1 mg/L

T = θερμοκρασία σχεδιασμού, °C

α = παράγων διόρθωσης για τη μεταφορά οξυγόνου στο λύμα, τυπικές τιμές για διατάξεις υποβρύχιου αερισμού μεταξύ 0.40 - 0.8

F = παράγων έμφραξης διαχυτών, συνήθως μεταξύ 0.65 - 0.90

Η συγκέντρωση $C_{s,T,H}$, μπορεί να υπολογισθεί ως ακολούθως:

$$C_{s,T,H} = C_{s,T,H} \cdot \left(\frac{1}{2} \right) \cdot \left(\frac{P_d}{P_{atm,H}} + \frac{O_t}{21} \right) \quad (31)$$

όπου:

$C_{s,T,H}$ = συγκέντρωση κορεσμού διαλυμένου οξυγόνου σε θερμοκρασία T και υψόμετρο H, mg/L

P_d = πίεση στο βάθος διάχυσης του αέρα, kPa

$P_{atm,H}$ = ατμοσφαιρική πίεση σε υψόμετρο H, kPa

O_t = ποσοστό οξυγόνου που εγκαταλείπει τη δεξαμενή αερισμού, συνήθως μεταξύ 18 - 20%

Ο λόγος $P_d/P_{atm,H}$, προκύπτει ως ακολούθως:

$$\frac{P_d}{P_{atm,H}} = \frac{P_{atm,H} + \rho \cdot g \cdot h}{P_{atm,H}} \quad (32)$$

όπου:

ρ = πυκνότητα νερού στη θερμοκρασία σχεδιασμού, kg/m³

g = επιτάχυνση της βαρύτητας, 9.81 m/s²

Η απαιτούμενη παροχή αέρα, προκύπτει ως ακολούθως:

$$Q_{\text{airh}} = \frac{\text{SOTR}}{0,28 * 0,22 * 24} \quad (33)$$

όπου: Q_{air} = παροχή αέρα, Nm^3/d

Παραδοχές:

Το ένα κυβικό μέτρο (1 m^3) αέρα περιέχει $0,28 \text{ kg O}_2$

Η απόδοση σε παροχή οξυγόνου λαμβάνεται 22% (εύρος 5-25%)

Επιλέγονται σωληνωτοί **διαχύτες αέρα μεσαίας φυσαλίδας** σε πλήρη διάσπρωση στον πυθμένα των αερόβιων βιοαντιδραστήρων.

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή των **Σχέσεων (28)** έως **(33)**, παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον **Πίνακα 6**.

Για την **τροφοδοσία οξυγόνου** στους αερόβιους βιοαντιδραστήρες, επιλέγονται (8) **λοβοειδείς φυσητήρες** με δυναμικότητα τουλάχιστον $90 \text{ Nm}^3/\text{h}$ στα 200 mbar έκαστος (λειτουργία στα 50 Hz). Καθεμία από τις 4 compact μονάδες θα εξυπηρετείται από ένα (1) ζεύγος τέτοιων φυσητήρων (1 εφεδρεία)

Πίνακας 6. Απαιτήσεις οξυγόνου και αέρα βιολογικής βαθμίδας

Παράμετρος	Μονάδα	Τιμή
$R_{O,COD}$	$\text{kg O}_2/\text{d}$	124,34
$R_{O,NT}$	$\text{kg O}_2/\text{d}$	69,101
$R_{O,TOTAL}$	$\text{kg O}_2/\text{d}$	193,441
Altitude (H)	m	0
$P_{\text{atm,H}}$	kPa	101
ρ_{water}	kg/m^3	998.10
h_{water}	m	2.22
$P_d/P_{\text{atm,H}}$	—	1.2152
O_t	%	19
$C_{s,T,H}$	mg/L	10.1
$C_{\bar{s},T,H}$	mg/L	10.7
C_L	mg/L	3.7
α	—	0.60
β	—	0.98
F	—	0.90
AOTR/SOTR	—	0.358
SOTR	$\text{kg O}_2/\text{d}$	540
Q_{air}	Nm^3/d	8760
	Nm^3/h	360

4.6 Ανακυκλοφορία & Απόρριψη Λάσπης και Ανακυκλοφορία Νιτρικών

Στις Ενότητες που προηγήθηκαν, θεωρήθηκε ότι το σύνολο των βιοχημικών διεργασιών επεξεργασίας των λυμάτων (οξειδωση οργανικών και νιτροποίηση) επιτελείται από την προσκολλημένη βιομάζα (βιοφίλμ). Ως εκ τούτου, η συνεισφορά της αιωρούμενης βιομάζας στις απομακρύνσεις των ρυπαντικών συστατικών των λυμάτων θεωρείται αμελητέα. Στην πραγματικότητα, οι προαναφερθείσες βιοχημικές διεργασίες θα συνεχίζουν να λαμβάνουν χώρα και στην “ενεργό” αιωρούμενη βιομάζα (VSS_{bio}) στα πλαίσια του προσφερόμενου υδραυλικού χρόνου παραμονής, βελτιώνοντας περαιτέρω την εν γένει απόδοση των προσφερόμενων συστημάτων.

Με βάση τα παραπάνω, δεν απαιτείται η ανακυκλοφορία ιλύος στον βιοαντιδραστήρα. Παρόλα αυτά, ειδικά για τη φάση εκκίνησης λειτουργίας (start-up) των προσφερόμενων συστημάτων βιολογικής επεξεργασίας, η μερική ανακυκλοφορία ιλύος (έως τουλάχιστο 50%) θεωρείται αναγκαία προκειμένου να επιταχυνθεί ο αποικισμός των χρησιμοποιούμενων βιοφορέων με δραστική προσκολλημένη βιομάζα. Ως εκ τούτου, στο σχεδιασμό των προσφερόμενων συστημάτων θα συμπεριληφθεί και αντλία ανακυκλοφορίας ιλύος. Η ίδια αυτή αντλία θα χρησιμοποιηθεί και για την απόρριψη της περίσσειας ιλύος από τον πυθμένα του διαμερίσματος ταχείας διάγασης προς τη σχετική εγκατάσταση επεξεργασίας της ΕΕΛ (πάχυνση & αφυδάτωση).

Ποσότητα περίσσειας ιλύος

Ο υπολογισμός της περίσσειας λάσπης θα γίνει με βάση τις παρακάτω παραδοχές:

- F/Mv Kgr BOD5/kg MLVSS όπου	0,1
- MLSS λειτουργίας δεξαμενής αερισμού.	5000 mg/lt
- MLVSS λειτουργίας δεξαμενής αερισμού (70 % του MLSS)	3500 mg/lt
- Θερμοκρασία αποβλήτων (χειμώνας)	10 °C
- Θερμοκρασία αποβλήτων (καλοκαίρι)	22 °C
- a σταθερά	1,1
- b σταθερά	0,08
- a" σταθερά	0,55
- b" σταθερά	0,15
- πυκνότητα λάσπης	1250 kg/m ³

Όπου :

* F/Mv: food-to-micro-organism ratio,

* MLSS: mixed liquor suspended solids in the aerator,

* MLVSS: mixed liquor volatile s.s. in the aerator,

* Mv: total aerator MLVSS,

* F: total BOD5 applied.

Οι βασικές βιβλιογραφικές αναφορές προέρχονται από το E.P.A. Wastewater Treatment for Sewered Communities.

Οργανική επιβάρυνση (F σε KgBOD5/day)

F= βιολογικό φορτίο εισόδου - βιολογικό φορτίο εξόδου.

Για τον υπολογισμό της λάσπης θα λάβουμε το δυσμενέστερο σενάριο δηλαδή χωρίς την αρχική μείωση του οργανικού φορτίου στην προεπεξεργασία.

Βιολογικό φορτίο εισόδου = 156 kg BOD₅/day

Βιολογικό φορτίο εξόδου = 25 mg/l * 520 m³/day * 1000 lt/m³ * 10⁻⁶ kg/mg = 13 kg BOD₅/day

Άρα:

F = 143 kg BOD₅/day

Μάζα μικροοργανισμών στη δεξαμενή αερισμού (M_v σε KgMLVSS)

F/M_v = 0,1 => M_v = F/0,1 = 1430 kg

Καθαρή παραγωγή λάσπης, ξηρά βάση (M_w σε Kg/day)

M_w = M_v [a (F/M_v) - b] = 1430*0,03= 42,9 kg/day.

Περίσσεια ιλύος.

Επειδή το MLVSS της δεξαμενής αερισμού είναι ίσο με το 70% του MLSS, η περίσσεια λάσπης θα είναι:

M_s = M_w / 0,70 = 61,50 kg/day.

Όγκος λάσπης

Η συγκέντρωση λάσπης είναι 1% και η πυκνότητά της 1250 kg/m³.

Συνεπώς ο όγκος λάσπης θα είναι 61,50 kg/day / 1% / 1250 kg/m³ = 5 m³/day.

5. ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΑΔΙΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

5.1 Φρεάτιο εισόδου – Αντλιοστάσιο αρχικής ανύψωσης

Η προσαγωγή των λυμάτων στην ΕΕΛ γίνεται μέσω κεντρικού καταθλιπτικού αποχετευτικού αγωγού σε **φρεάτιο εισόδου** απ' όπου, με κατάλληλο χειρισμό δικλείδων, οδηγούνται στα έργα προεπεξεργασίας. Λαμβάνοντας υπόψη το σημείο προσαγωγής των λυμάτων και την τοπογραφία του γηπέδου καθίσταται προφανής η απαίτηση κατασκευής αντλιοστασίου ανύψωσης των εισερχομένων λυμάτων προς τις κατάντη μονάδες.

Ο ελάχιστος ενεργός όγκος ενός αντλιοστασίου υπολογίζεται από τη σχέση :

$$V = \sum_i \frac{0,9 \times Q_i}{z}$$

όπου i : 1 έως n

n : ο αριθμός των ενεργών αντλιών του αντλιοστασίου

V : ο ελάχιστος ενεργός όγκος σε m^3

Q_i : η παροχή της i αντλίας σε l/s

z : ο μέγιστος αριθμός εκκινήσεων ανά ώρα ($\leq 10/hr$, Διεθνείς προδιαγραφές)

Με παροχή έκαστης αντλίας της τάξης των $Q_i \sim 30,10l/s$ ($108,35m^3/hr$, παροχή αιχμής) προκύπτει ότι ο ελάχιστος απαιτούμενος ωφέλιμος (λειτουργικός) όγκος του υγρού θαλάμου πρέπει να είναι της τάξης των :

$$V = \sum_{i=1-1} \frac{0,9 \times Q_i}{10} \approx 2,7m^3$$

Επιλέγεται η κατασκευή αντλιοστασίου με διαστάσεις υγρού θαλάμου :

Μήκος : 2,0m

Πλάτος : 2,0m

Ωφέλιμο βάθος υγρών : 1,00m (ανώτατη - κατώτατη στάθμη)

δηλαδή, ο συνολικός ωφέλιμος όγκος θα είναι

$$V_f = 2,0 \times 2,0 \times 1,00 \approx 4,0m^3$$

Στο αντλιοστάσιο θα εγκατασταθούν **δύο (2) υποβρύχιες αντλίες** (1 εφεδρεία) παροχής $108,35m^3/hr$ σε κατάλληλο μανομετρικό έκαστη που (υπερ)καλύπτουν τις ανάγκες του σχεδιασμού.

Το αντλιοστάσιο θα είναι κατασκευασμένο από οπλισμένο σκυρόδεμα με πλάκα επικάλυψης, η οποία κατά μήκος των αντλιών θα έχει οπή καταλλήλων διαστάσεων με κάλυμμα από γαλβανισμένο χάλυβα, ώστε να είναι δυνατή η ανάσυρση των αντλιών για έλεγχο και επισκευή.

Η εγκατάσταση κάθε συγκροτήματος θα περιλαμβάνει και τη βάση στερεώσεως της αντλίας, την καμπύλη εδράσεως, τους ολισθητήρες και τον μηχανισμό ανύψωσης της. Η τοποθέτηση των αντλιών είναι "μόνιμη" με κατάλληλη καμπύλη "εδράσεως κατάθλιψης" με ειδικό σύνδεσμο που θα επιτρέπει την αυτόματη σύνδεση της αντλίας στον σωλήνα κατάθλιψης και κατάλληλους ολισθητήρες - οδηγούς ανύψωσης ή καθόδου της αντλίας από **ανοξειδωτο χάλυβα**. Οι αντλίες θα μπορούν να βγουν εύκολα από το αντλιοστάσιο για συντήρηση και επισκευή, μέσω **ανυψωτικού μηχανισμού** άνωθεν του αντλιοστασίου, χωρίς να απαιτείται η κάθοδος ανθρώπου σ' αυτό.

Εντός του αντλιοστασίου, κάθε αντλία διαθέτει ανεξάρτητο κατακόρυφο καταθλιπτικό αγωγό κατασκευασμένο από **ανοξειδωτο χάλυβα** που καταλήγει σε κοινό καταθλιπτικό αγωγό (collector) από το ίδιο υλικό. Κάθε κατακόρυφος αγωγός θα φέρει δικλείδα αντεπιστροφής και δικλείδα απομόνωσης προ της συμβολής του με τον κοινό καταθλιπτικό αγωγό. Επιπλέον προβλέπεται η τοποθέτηση μανόμετρου επί του κοινού καταθλιπτικού αγωγού.

Για τη συγκράτηση μεγάλων φερτών υλικών και την προστασία του κατάντη εξοπλισμού, προβλέπεται η τοποθέτηση **χονδροεσχάρας** από ανοξειδωτο χάλυβα με **διάκενα 50 και 20mm**, τύπου καλαθιού τοποθετημένου κατάντη του αγωγού προσαγωγής, η οποία θα δύναται να ανυψωθεί με κατάλληλους

ολισθητήρες - οδηγούς ανύψωσης/καθόδου εκτός της μονάδας προκειμένου να απορριφθούν τα εσχαρίσματα σε κάδο συλλογής.

5.2 Εσχάρωση – Εξάμμωση – Λιποσυλλογή

Τα λύματα από το αντλιοστάσιο ανύψωσης οδηγούνται σε μια (1) **προκατασκευασμένη (compact) διάταξη εσχάρωσης – εξάμμωσης – λιποσυλλογής** μέγιστης δυναμικότητας 30lt/s (108m³/hr). Σε κάθε διάταξη, που είναι συμπαγές σύστημα βιομηχανικής παραγωγής με μεγάλη εφαρμογή διεθνώς αλλά και στις Ελληνικές συνθήκες, λαμβάνουν μέρος (εν σειρά) οι παρακάτω λειτουργίες :

- Εσχάρωση
- Συμπύεση Εσχαρισμάτων
- Διαχωρισμός - πλύση και αφυδάτωση της Άμμου
- Εξαγωγή και απόρριψη της άμμου σε κάδο
- Απολίπανση
- Εξαγωγή και απόρριψη των λιπών

Η εισαγωγή των λυμάτων γίνεται απευθείας (in-line) διαμέσου κεντρικού αγωγού. Το συγκρότημα δεν απαιτεί ειδικές δομικές κατασκευές και εκτεταμένη εγκατάσταση. Τα λύματα εισερχόμενα στην μονάδα εσχαρίζονται στα **5mm** και συμπιέζονται διαμέσου αυτοκαθαριζόμενου κοχλιωτού κόσκινου. Ο καθαρισμός της επιφάνειας εσχαρισμού από τα εσχαρίσματα γίνεται μέσω βούρτσας η οποία είναι τοποθετημένη εξωτερικά στον περιστρεφόμενο κοχλία..

Ένας κεκλιμένος κοχλίας τύπου ανυψώνει τα εσχαρίσματα τα οποία συγχρόνως συμπιέζονται πριν απορριφθούν σε κάδο. Τα λύματα απαλλαγμένα από τα φερτά στερεά (εσχαρίσματα) περνούν στονθάλαμο εξάμμωσης και απολίπανσης όπου επιτελείται ο διαχωρισμός της άμμου (σωματίδια >200 μm) και των λιπών.

Η άμμος συλλέγεται στον πυθμένα της δεξαμενής όπου ένας οριζόντιος κοχλίας χωρίς άξονα που ολισθαίνει σε ανοξειδωτες ράβδους προωθεί την άμμο σε κεκλιμένο κοχλία που αφαιρεί την άμμο από τη δεξαμενή και συγχρόνως την αφυδατώνει.

Για την υποβοήθηση του διαχωρισμού των οργανικών υλικών και της άμμου, καθώς και για την υποβοήθηση της επίπλευσης των ελαίων και λιπών, διενεργείται διάχυση αέρα στον κύριο θάλαμο διαχωρισμού. Για τη διάχυση χρησιμοποιούνται διαχυτές χονδρής φυσαλίδας για την αποφυγή εμφράξεων και αεροσυμπιεστής με παροχή περίπου 15m³/h.

Το τμήμα εξάμμωσης-απολίπανσης περιλαμβάνει δύο (2) διαφορετικούς θαλάμους, στον πρώτο από τους οποίους γίνεται η καθίζηση της άμμου, ενώ στον δεύτερο η επίπλευση των ελαίων και λιπών. Λόγω του αέρα δημιουργείται μία σπειροειδής κίνηση στα λύματα η οποία οδηγεί τα λίπη και τα έλαια στο κανάλι επίπλευσης. Ο θάλαμος απολίπανσης είναι εξοπλισμένος με ένα επιφανειακό ξέστρο το οποίο παίρνει κίνηση από ηλεκτρομειωτήρα στροφών. Το ξέστρο οδηγεί τα λίπη και έλαια στον ενσωματωμένο θάλαμο συλλογής επιπλεόντων από όπου απομακρύνονται με βαρύτητα σε εξωτερικό δοχείο συλλογής με δυνατότητα εξυδάτωσης προς το δίκτυο στραγγιδίων, ώστε να μειώνεται σημαντικά η συχνότητα εκκένωσης των λιπών, τα οποία θα οδηγούνται περιοδικά προς απόρριψη στον κάδο εσχαρισμάτων μέσω αντλίας ελικοειδούς ρότορα. Η εκκίνηση - στάση της αντλίας θα γίνεται με απόφαση του χειριστή τοπικά.

Για τον έλεγχο και συντήρηση της διάταξης, έχουν προβλεφθεί ανοιγμένα καπάκια σε όλες τις απαιτούμενες θέσεις της διάταξης. Στο κατώτερο σημείο της δεξαμενής υπάρχει χειροκίνητη βάνα για την εκκένωση και το καθαρισμό της διάταξης.

Το υλικό κατασκευής ολόκληρης της διάταξης είναι **ανοξειδωτος χάλυβας ποιότητας AISI 304**. Για λόγους καλύτερης προστασίας, αλλά και καλής εμφάνισης, σε όλα τα τμήματα έχει γίνει επεξεργασία με οξύ και υαλοβολή. Έκαστη διάταξη φέρει ενσωματωμένο τοπικό πίνακα ισχύος και αυτοματισμού από τον οποίο ελέγχεται η λειτουργία της.

Προβλέπεται **παράκαμψη** έκαστης διάταξης προεπεξεργασίας λυμάτων (εσχάρωση - εξάμμωση - λιποσυλλογή) προς την έτερη μέσω κατάλληλου χειρισμού δικλείδων.

Εσχαρίσματα

Η ποσότητα των εσχαρισμάτων εκτιμάται τουλάχιστον σε 50lt/1000m³ λυμάτων [3] κι επομένως υπολογίζεται περίπου σε :

$$520m^3 / d \times \frac{50lt}{1000m^3} \approx 26lt / day$$

Συλλεγόμενη άμμος

Η συλλεγόμενη άμμος εκτιμάται σε 5-15lt/ατ yr [2], συνεπώς για μια μέση τιμή της τάξης των 8lt/ατ yr εκτιμάται ημερήσια συλλογή άμμου:

$$2600ατ \times \frac{8lt}{ατyr} \approx 57lt$$

$$\times \frac{yr}{365d}$$

Συλλεγόμενα λίπη

Η παραγωγή λιπών ανέρχεται σε 0,1-5,0 lt/p.e. yr [2]. Θεωρώντας παραγωγή 3,33 lt/p.e. yr για τη φάση σχεδιασμού, εκτιμάται παραγωγή λίπων:

$$2350 p.e \times 3,33 lt/p.e. yr \approx 21,36lt/ημ$$

Τα αποτελέσματα παρατίθενται στον Πίνακα που ακολουθεί :

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	M.M.	
1. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ		
Εξυπηρετούμενος Πληθυσμός	ι.π.	2350
Παροχή σχεδιασμού, Q _{ημ}	m ³ /ημ	520
2. ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ - ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ		
Παραγωγή εσχαρισμάτων	lt/1000m ³	50
Συλλεγόμενη άμμος	lt/ατ yr	8
Παραγωγή λιπών	lt/ατ yr	3
ΕΣΧΑΡΙΣΜΑΤΑ - ΛΙΠΗ ΠΡΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗ		
Ημερήσια παραγωγή εσχαρισμάτων	lt/d	26
Ημερήσια παραγωγή λιπών	lt/d	21,36
Όγκος δοχείου συλλογής	lt	1100
ΑΜΜΟΣ ΠΡΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗ		
Ημερήσια παραγωγή άμμου	lt/d	57
Όγκος δοχείου συλλογής	lt	1100

5.3 Δεξαμενή εξισορρόπησης – Αντλιοστάσιο τροφοδοσίας βιολογικής βαθμίδας

Προκειμένου να εξασφαλίζεται η βαθμιαία διοχέτευση των εισερχόμενων λυμάτων προς περαιτέρω επεξεργασία, θα κατασκευαστεί δεξαμενή για την εξισορρόπηση των διαταραχών της παροχής.

Ως εξισορρόπηση θα κατασκευαστεί δεξαμενή εξισορρόπησης, ενεργού όγκου 150 m^3 . Ο χρόνος παραμονής στην δεξαμενή, με βάση την μέση παροχή των λυμάτων, προκύπτει: $t = 150 \text{ m}^3 / (21,67 \text{ m}^3/\text{hr}) = 6,92 \text{ hr}$, ο οποίος είναι επαρκής για την εξομάλυνση της ροής.

Αερισμός – Ανάμιξη λυμάτων

Προκειμένου να διατηρούνται ικανές αερόβιες συνθήκες στη δεξαμενή εξισορρόπησης, προτείνεται τροφοδοσία αέρα της τάξης των $0,6 - 0,9 \text{ Nm}^3/\text{m}^3 \text{ δεξ hr}$ (Διεθνείς Προδιαγραφές) δηλαδή κατ' ελάχιστον :

$$Q_{\min} \geq 0,6 - 0,9 \text{ Nm}^3 / \text{m}^3 \text{ δεξ hr} \times 150 \text{ m}^3 = 90 - 135 \text{ Nm}^3/\text{hr}$$

Περαιτέρω, για την εξασφάλιση της απαιτούμενης ανάδευσης στη δεξαμενή με την έγχυση αέρα στον πυθμένα, το τυρβώδες που προκαλείται από την άνοδο των φυσαλίδων πρέπει να προκαλεί την ικανοποιητική ανάμιξη του υγρού περιεχομένου ($4-8 \text{ w/m}^3 \text{ δεξ}$, Διεθνείς προδιαγραφές).

Στην πνευματική ανάμιξη ισχύει [1], [14] :

$$P_c = k \times Q_a \times l_n \left(\frac{h + 10,33}{10,33} \right)$$

όπου P_c : η προσδιδόμενη ισχύς (kW)

k : σταθερά (1,689)

Q_a : η παροχή αέρα (m^3/min)

h : η πίεση κατάθλιψης (m)

Συνεπώς, για την ελάχιστη απαιτούμενη ισχύ ανάδευσης της τάξης των $4 \times 150 = 600 \text{ w}$, η απαίτηση αέρα εκτιμάται σε

$$Q_a \geq 1,5 \text{ m}^3/\text{min} = 90 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Τοποθετούνται εντός της δεξαμενής δύο **υποβρύχιοι οξυγονωτές** (jet aerators) με ικανότητα οξυγόνωσης στο σημείο λειτουργίας $6,5 \text{ kgO}_2/\text{hr}$ και παροχή αέρα $90 \text{ Nm}^3/\text{hr}$ έκαστος, έτσι ώστε να καλύπτονται οι απαιτήσεις αερισμού και ανάδευσης των υγρών στη δεξαμενή και να εξασφαλίζεται **εφεδρεία** στο σύστημα οξυγόνωσης. Κάθε οξυγονωτής θα είναι προσαρμοσμένος σε κατακόρυφο μεταλλικό στύλο με οδηγό ολίσθησης - ανέλκυσης για την επί τόπου ρύθμιση καθ' ύψος ή για την ανέλκυση του στην επιφάνεια της δεξαμενής μέσω ανυψωτικού μηχανισμού άνωθεν της δεξαμενής, χωρίς να απαιτείται η κάθοδος ανθρώπου σ' αυτήν.

Τροφοδοσία βιολογικής βαθμίδας

Για την παροχέτευση των λυμάτων στις κατάντη γραμμές που κατασκευάζονται, επιλέγεται η τοποθέτηση (8) αντλιών (4 εφεδρεία) παροχής $30 \text{ m}^3/\text{hr}$ (Τεχνικές Προδιαγραφές) σε κατάλληλο μανομετρικό λειτουργίας έκαστη. Ο ελάχιστος ενεργός όγκος ενός αντλιοστασίου υπολογίζεται από τη σχέση :

$$V = \sum \frac{0,9 \times Q_i}{z}$$

όπου i : 1 έως n

n : ο αριθμός των ενεργών αντλιών του αντλιοστασίου

V : ο ελάχιστος ενεργός όγκος σε m^3

Q_i : η παροχή της i αντλίας σε l/s

z : ο μέγιστος αριθμός εκκινήσεων ανά ώρα ($\leq 10/\text{hr}$, Διεθνείς προδιαγραφές)

Με παροχή έκαστης αντλίας της τάξης των $Q_i \approx 8,3 \text{ l/s}$ ($30 \text{ m}^3/\text{hr}$) προκύπτει ότι ο ελάχιστος απαιτούμενος ωφέλιμος (λειτουργικός) όγκος του υγρού θαλάμου πρέπει να είναι της τάξης των :

$$V = \sum_{i=1-2} \frac{0,9 \times Q_i}{10} \approx 6 \text{ m}^3$$

Η ωφέλιμη χωρητικότητα της δεξαμενής εξισορρόπησης ανέρχεται σε 150 m^3 που υπερκαλύπτει τις ανωτέρω απαιτήσεις.

Η εγκατάσταση κάθε αντλητικού συγκροτήματος θα περιλαμβάνει και τη βάση στερεώσεως της αντλίας, την καμπύλη εδράσεως, τους ολισθητήρες και τον μηχανισμό ανύψωσής της. Η τοποθέτηση των αντλιών είναι

"μόνιμη" με κατάλληλη καμπύλη "εδράσεως κατάθλιψης" με ειδικό σύνδεσμο που θα επιτρέπει την αυτόματη σύνδεση της αντλίας στον σωλήνα κατάθλιψης και κατάλληλους ολισθητήρες - οδηγούς ανύψωσης ή καθόδου της αντλίας από **ανοξειδωτο χάλυβα**. Οι αντλίες θα μπορούν να βγουν εύκολα από τη δεξαμενή για συντήρηση και επισκευή, μέσω **ανυψωτικού μηχανισμού** άνωθεν της δεξαμενής, χωρίς να απαιτείται η κάθοδος ανθρώπου σ' αυτήν.

Εντός της δεξαμενής κάθε αντλία διαθέτει ανεξάρτητο κατακόρυφο καταθλιπτικό αγωγό κατασκευασμένο από **ανοξειδωτο χάλυβα** που καταλήγει σε κοινό καταθλιπτικό αγωγό (collector) από το ίδιο υλικό. Κάθε κατακόρυφος αγωγός θα φέρει δικλείδα αντεπιστροφής και δικλείδα απομόνωσης προ της συμβολής του με τον κοινό καταθλιπτικό αγωγό που τοποθετούνται εντός ξεχωριστού, ξηρού θαλάμου παραπλεύρως του υγρού, ώστε να υπάρχει άμεση και ευχερής πρόσβαση σε αυτές.

5.4 Μονάδα Απολύμανσης – Έργα εξόδου

Μετρητής παροχής

Τα λύματα μετά την έξοδο τους από τους βιοαντιδραστήρες διέρχονται από διάταξη μέτρησης της παροχής σε στένωση τύπου Parshall με χρήση αισθητηρίου υπερήχων, ανάντη της μονάδας απολύμανσης.

Εφόσον προβλέπεται στάδιο εξομάλυνσης της ροής λαμβάνεται ως κατάντη παροχή αιχμής η (μέγιστη) **εξισορροπημένη παροχή** της τάξης των 21,67m³/h

Ο υπολογισμός των απωλειών για ροή διαμέσου στένωσης Parshall γίνεται από τη σχέση :

$$Q = k \cdot \Delta h^n$$

όπου Q : η παροχή (m³/sec)

k, n : συντελεστές εξαρτώμενοι από το πλάτος της στένωσης (βλ ακόλουθο πίνακα)

Δh : βάθος υγρού ανάντη της στένωσης (m).

ΠΛΑΤΟΣ ΣΤΕΝΩΣΗΣ		minQ	maxQ	k	n
inch	mm	l/s	l/s	-	-
1	25,4	0,09	5,4	0,0604	1,55
2	50,8	0,18	13,2	0,1207	1,55
3	76,2	0,77	32,1	0,1771	1,55
6	152,4	1,50	111,0	0,3812	1,58
9	228,6	2,50	251,0	0,5354	1,53
12	304,8	3,32	457,0	0,6906	1,522
18	457,2	4,80	695,0	1,056	1,538
24	609,6	12,10	937,0	1,424	1,55

Με βάση τις Διεθνείς προδιαγραφές, το πλάτος της στένωσης για την ονομαστική παροχή των 20,8lt/sec πρέπει να' ναι κατ' ελάχιστον 7,62cm (3in), ωστόσο για κατασκευαστικούς λόγους επιλέγεται πλάτος 15,24cm (**6in**).

Για την αξιοπιστία της μέτρησης η αρχή της στένωσης τοποθετείται σε ευθύγραμμη απόσταση τουλάχιστον 10b από την αρχή της διώρυγας, όπου b το πλάτος της διώρυγας (Διεθνείς Προδιαγραφές), ήτοι για b=0,4m το ελάχιστο μήκος καναλιού ανάντη της στένωσης υπολογίζεται σε 4,0m

Το κανάλι μέτρησης σχεδιάζεται έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η πλήρης αποστράγγιση του σε συνθήκες μηδενικής παροχής και θα φέρει στη στέψη του αφαιρετά καλύμματα από μπακλαβαδωτή λαμαρίνα ώστε να είναι προσπελάσιμο.

Χλωρίωση

Η μέση συγκέντρωση κολοβακτηριδίων στα ανεπεξεργαστα λύματα λαμβάνεται ίση με :

$$\text{Colif}_{in} = 10^7 \text{ FC}/100\text{ml}$$

ενώ κατά τη βιολογική επεξεργασία το μικροβιακό φορτίο θεωρείται ότι μειώνεται κατά $2,0 \log_{10}$ (Τεχνικές Προδιαγραφές) κι επομένως ο αριθμός των κολοβακτηριδίων πριν το στάδιο της απολύμανσης εκτιμάται σε :

$$\text{Colif}_{eff} \simeq 10^5 \text{ FC}/100\text{ml}$$

Μετά το στάδιο απολύμανσης, η συγκέντρωση των ολικών κολοβακτηριδίων απαιτείται να μην υπερβαίνει τα 100 TC/100ml. Συνεπώς, η απαιτούμενη μείωση κολοβακτηριδίων πρέπει να είναι

$$N_0/N = 10^5 / 100 \simeq 1000$$

όπου N_0 : αρχική συγκέντρωση βακτηριδίων (Colif_{eff})

N : τελική συγκέντρωση βακτηριδίων

Το ιδεατό μοντέλο για απολύμανση ακολουθεί κινητική εξίσωση πρώτης τάξης

$$t = 1/k \ln (N_0/N)$$

K : σταθερά απενεργοποίησης

t : χρόνος έκθεσης, min

Η συγκέντρωση C του υπολειμματικού χλωρίου, δίνεται από τον τύπο

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

ενώ η απαιτούμενη δόση C_0 χλωρίου σε mg/l, ώστε να επιτυγχάνεται η απαιτούμενη μείωση κολοβακτηριδίων, δίνεται από τον τύπο

$$C_0 = C / (0,7 \times e^{-0,003t})$$

Σύμφωνα με τις Τεχνικές Προδιαγραφές η μονάδα απαιτείται να διαστασιολογηθεί με ελάχιστο χρόνο παραμονής 20min για παροχή σχεδιασμού της τάξης των (21,67m³/hr).

Συνεπώς ο ελάχιστος απαιτούμενος όγκος υπολογίζεται σε

$$V_1 = 21,67\text{m}^3/\text{hr} \times 20/60 = 7,25$$

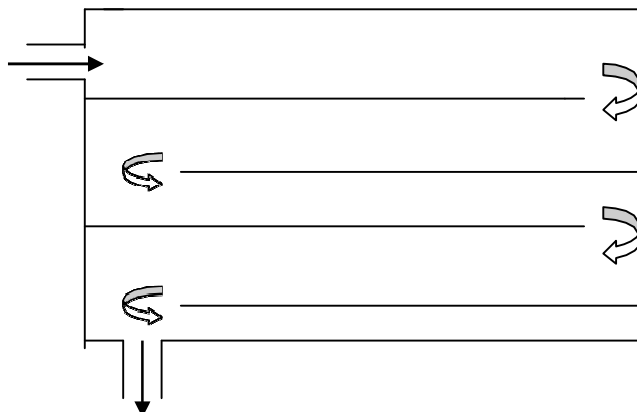
Τα επεξεργασμένα λύματα που υπερχειλίζουν από τις δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης, διαμέσου του αγωγού οδηγούνται στην μονάδα χλωρίωσης ώστε πριν από την διάθεση να έχουν απολυμανθεί επαρκώς. Λόγω της ύπαρξης δεξαμενής εξισορρόπησης της ροής, η παροχή των λυμάτων προς τη χλωρίωση θα είναι σταθερή, και ίση με 21,67m³/h.

Η χλωρίωση γίνεται με υγρό χλώριο (υποχλωριώδες νάτριο), μέσω κατάλληλης δοσομετρικής αντλίας, η οποία θα δέχεται σήμα από τον μετρητή παροχής ώστε να ρίχνει την ανάλογη ποσότητα χλωρίου. Ο χλωριωτής θα είναι εξοπλισμένος με διακόπτη στάθμης, ώστε να σταματά να λειτουργεί όταν δεν υπάρχει χλώριο στη δεξαμενή αποθήκευσης. Θα είναι ειδικά κατασκευασμένη ώστε να δημιουργείται μαιανδρική ροή των καθαρών λυμάτων για καλύτερη ανάμιξη τους με το χλώριο. Με δεδομένο ότι απαιτείται χρόνος παραμονής του απολυμαντικού μέσου ίσος με 20min ώστε να είναι δυνατή η δράση του, ο ελάχιστος όγκος της δεξαμενής είναι 7,2m³.

Η μονάδα χλωρίωσης θα αποτελείται από :

1. Μία δεξαμενή χλωρίωσης έτσι κατασκευασμένη ώστε να επιτυγχάνεται μαιανδρική ροή των λυμάτων μέσα στις δεξαμενές για την πλήρη επαφή του χλωρίου με τα επεξεργασμένα λύματα. Η δεξαμενή θα είναι μορφής Γ, και θα περιλαμβάνει 6 τμήματα. Το κάθε τμήμα θα έχει: μήκος: 1,2m, πλάτος: 1,0 m και ωφέλιμο βάθος 1 m (συνολικό βάθος 2 m).
2. Δύο δοσομετρικές αντλίες χλωρίωσης (η μία εφεδρική) για την τροφοδότηση του διαλύματος του υποχλωριώδους νατρίου. Η ρύθμιση της παροχής των δοσομετρικών αντλιών θα γίνεται ανάλογα με αναλογικό σήμα που θα δέχεται από τον μετρητή παροχής. (Το σήμα αυτό μεταβάλλεται ανάλογα με την διερχόμενη παροχή των λυμάτων).
3. Δεξαμενή αποθήκευσης του NaOCl για 60 ημέρες, όγκου 0,6m³.
4. Δύο δοχεία ημερήσιας κατανάλωσης, όγκου 10lt έκαστο.

Η τροφοδότηση του υποχλωριώδους νατρίου θα γίνεται στην είσοδο της δεξαμενής χλωρίωσης.



Υπολογιστικό μέρος χλωρίωσης

Παράμετροι σχεδιασμού:

- Ελάχιστος χρόνος επαφής χλωρίου - λυμάτων 20 min.
- Παροχή (21,67 m³/h.) = 0,36 m³/min

Οπότε ο όγκος της δεξαμενής χλωρίωσης θα είναι :

$$V_{\text{χλ.}} = Q \times 20 \text{ min} = 0,36 \text{ m}^3/\text{min} \times 20 \text{ min} = 7,2 \text{ m}^3$$

Επιλέγεται όγκος δεξαμενής χλωρίωσης ίσος με 7,2 m³.

Η απαιτούμενη τροφοδότηση ενεργού χλωρίου πρέπει να είναι > 5 mg/l [ppm] ή > 5 gr/ m³.

Οπότε, η ωριαία απαιτήση χλωρίου στη μέση παροχή θα είναι :

$$21,67 \text{ m}^3/\text{hr} \times 5 \text{ gr/m}^3 = 108,35 \text{ gr/hr}$$

Λαμβάνοντας υπόψη ότι το υποχλωριώδες νάτριο του εμπορίου έχει περιεκτικότητα σε ενεργό χλώριο 14% ήτοι 140 gr/, η απαιτούμενη ποσότητα σε διάλυμα υποχλωριώδους είναι:

$$\frac{108,35}{140} = 0,77 \text{ l/hr}$$

Επιλέγεται δοσομετρική αντλία τροφοδότησης διαλύματος υποχλωριώδους νατρίου με παροχή δοσομετρικής αντλίας : 0 – 3,8 l/hr.

Στην έξοδο της δεξαμενής χλωρίωσης η συγκέντρωση του παραμένοντος ελευθέρου χλωρίου θα πρέπει να κυμαίνεται από 0,3 έως 0,5 ppm. Βέβαια, η ακριβής ρύθμιση της δόσης του χλωρίου θα γίνει κατά την δοκιμαστική λειτουργία του έργου.

Για την αποθήκευση του υποχλωριώδους νατρίου θα κατασκευασθεί δεξαμενή χωρητικότητας για αποθήκευση του NaOCl 60 ημερών.

$$0,77 \text{ l/hr} \times 24 \text{ hr} \times 60 \text{ d} = 1115 \text{ ή } \approx 1,2 \text{ m}^3$$

Επιλέγεται όγκος δεξαμενής αποθήκευσης χλωρίου: $\approx 1,5 \text{ m}^3$

Η ημερήσια κατανάλωση διαλύματος χλωρίου θα είναι:

$$0,77 \text{ l/hr} \times 24 \text{ hr} = 18,48 \text{ lt}$$

Πίνακας : Τεχνικά χαρακτηριστικά διατάξεων χλωρίωσης

Δεξαμενή χλωρίωσης	1	Τεμ.
Αριθμός τμημάτων:	6	Τεμάχια
Ωφέλιμο πλάτος κάθε τμήματος δεξαμενής χλωρίωσης	1.2	m
Ωφέλιμο μήκος κάθε τμήματος δεξαμενής χλωρίωσης	1,0	m
Βάθος ωφέλιμο δεξαμενής χλωρίωσης	1,0	m
Ολικό βάθος δεξαμενής χλωρίωσης	2,0	m
Συνολικός όγκος δεξαμενής χλωρίωσης	7.2	m ³
Χρόνος παραμονής για μέση ωριαία παροχή	20	min
Αριθμός εγκατεστημένων δεξαμενών NaOCl όγκου 1500 λτ	1	τεμ.
Ημερήσια κατανάλωση NaOCl	18,5	lt/d

Αποχλωρίωση

Επειδή υπάρχει η περίπτωση με τη χρήση χλωρίου να δημιουργηθούν προβλήματα στον υδάτινο αποδέκτη, είτε άμεσα στις διάφορες μορφές ζωής, είτε έμμεσα με το σχηματισμό οργανοχλωριούχων ενώσεων, επιβάλλεται να ακολουθεί η αποχλωρίωση των χλωριωμένων λυμάτων πριν τη διάθεση τους στον αποδέκτη. Η ποσότητα του αποχλωριωτικού μέσου θα πρέπει να είναι επαρκής ώστε να μην απομένει ποσότητα ελευθέρου χλωρίου στα επεξεργασμένα λύματα μεγαλύτερη των **0,3mg/lt**.

Σύμφωνα με τις Τεχνικές Προδιαγραφές, ο θάλαμος αποχλωρίωσης πρέπει να παρέχει χρόνο παραμονής τουλάχιστον 1min για την παροχή σχεδιασμού (σ.σ. μέγιστη εξισορροπημένη παροχή). Επομένως, ο ελάχιστος απαιτούμενος όγκος υπολογίζεται σε

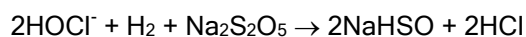
$$V = 21,67 \text{ m}^3/\text{hr} \times 1/60 \approx 0,40\text{m}^3$$

Ως αναφέρεται ανωτέρω, κατάντη του τελευταίου καναλιού της δεξαμενής απολύμανσης, κατασκευάζεται τμήμα διαστάσεων 1,00x1,00x1,00m (H_{ωφ}) και ωφέλιμο όγκου **1,0m³** που θα χρησιμοποιηθεί για την αποχλωρίωση της επεξεργασμένης απορροής, εξασφαλίζοντας χρόνο παραμονής για την μέγιστη εξισορροπημένη παροχή της τάξης των **2,5min**

Δοσομέτρηση διαλύματος αποχλωριωτικού

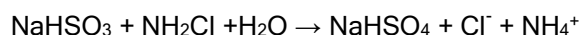
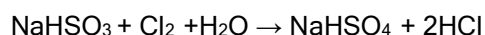
Τα συνηθέστερα χρησιμοποιούμενα αποχλωριωτικά μέσα για την απομάκρυνση υπολειμματικού χλωρίου από επεξεργασμένα υγρά απόβλητα είναι το αέριο SO₂, τα κρυσταλλικά άλατα Na₂S₂O₅ και Na₂S₂O₃ καθώς και το υδατικό διάλυμα NaHSO₃.

Με την προσθήκη διαλύματος μεταδιθειώδους νατρίου (μετα-bisulfite) Na₂S₂O₅, η δέσμευση του OCl⁻ επιτυγχάνεται σύμφωνα με την αντίδραση :



Η απαιτούμενη δόση είναι 1,34 : 1, ενώ στη διεθνή πρακτική χρησιμοποιείται η σχέση 1,5 : 1

Με την προσθήκη διαλύματος όξινου θειώδους νατρίου (διθειώδες νάτριο – bisulfite) NaHSO₃ πραγματοποιούνται οι κάτωθι αντιδράσεις :



Η βέλτιστη δόση είναι 1,46mg NaHSO₃ για κάθε mg/l υπολειμματικού χλωρίου

Παρόμοιες αντιδράσεις παρατηρούνται και με τις δι- και τρι-χλωροαμίνες. Με γνώμονα την ευκολία και την απλότητα λειτουργίας, χειρισμών και ρύθμισης της διαδικασίας καθώς και τη μείωση των λειτουργικών δαπανών του έργου επιλέγεται για την αποχλωρίωση των χλωριωμένων λυμάτων η χρησιμοποίηση υδατικού διαλύματος μεταδιθειώδους νατρίου (**μετα-bisulfite**) Na₂S₂O₅.

Οι παραπάνω αντιδράσεις είναι ταχύτατες (σχεδόν ακαριαίες) και έτσι θεωρητικά δεν απαιτείται κάποιος ιδιαίτερος όγκος επαφής με το αποχλωριωτικό μέσο.

Η συγκέντρωση υπολειμματικού χλωρίου έχει υπολογιστεί ανωτέρω σε $C = 0,5\text{mg/lit}$, οπότε για επιθυμητή συγκέντρωση υπολειμματικού χλωρίου στην απορροή της τάξης των $<0,3\text{mg/lit}$, η συγκέντρωση χλωρίου προς απομάκρυνση υπολογίζεται τουλάχιστον σε $0,2\text{mg/lit}$, ήτοι περίπου $4,35\text{g/hr}$ Συνεπώς, απαιτούνται $1,5 \times 4,35 = 6,5\text{g/hr}$ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ στερεά μορφή για την εξισορροπημένη παροχή.

Το $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ θα παραλαμβάνεται σε υδατικό διάλυμα περιεκτικότητας 40% σε $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, συνεπώς η απαιτούμενη ποσότητα διαλύματος για την παροχή σχεδιασμού θα είναι της τάξης των :

$$\frac{6,50\text{g}}{400} \approx 0,016\text{lit / hr}$$

Η ημερήσια κατανάλωση διαλύματος, υπολογίζεται συνολικά περίπου σε $0,4\text{lit/ημ.}$

Για την δοσιμέτρηση του αποχλωριωτικού μέσου θα χρησιμοποιηθεί ζεύγος δοσομετρικών αντλιών ρυθμιζόμενης παροχής $0-4\text{lit/hr}$ έκαστη (1 εφεδρεία) μέσω **μετατροπέα συχνότητας (inverter)** που λαμβάνει σήμα $4-20\text{ mA}$ μέσω του PLC, ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες της εγκατάστασης για κάθε χρονική περίοδο λειτουργίας, ακόμη και για την αποχλωρίωση της τάξης των 5mg/lit υπολειμματικού χλωρίου)

Το αποχλωριωτικό θα μεταφέρεται σε διάλυμα περίπου 40% και θα αποθηκεύεται σε **δεξαμενή αποθήκευσης** ωφέλιμου όγκου 100lit από κατάλληλο υλικό (γραμμικό πολυαιθυλένιο) απ' όπου θα τροφοδοτούνται οι δοσομετρικές αντλίες, που εξασφαλίζει χρόνο αποθήκευσης της τάξης των **250ημ** για την παροχή σχεδιασμού. Η δεξαμενή φέρει στόμιο πλήρωσης, στόμιο και δικλείδα εκκένωσης, κάλυμμα ασφαλείας και **διακόπτες στάθμης** για την αναγγελία παραγγελίας διαλύματος και την αποφυγή της «εν ξηρώ» λειτουργίας των δοσομετρικών αντλιών, η λειτουργία των οποίων θα διακόπτεται αυτόματα σε περίπτωση ανίχνευσης πολύ χαμηλής στάθμης στο δοχείο εργασίας

Το διάλυμα θα εγχέεται σε τέτοια θέση ώστε η ανάμιξη του αποχλωριωτικού μέσου με τα επεξεργασμένα λύματα να είναι ακαριαία και πλήρης.

Δεξαμενή επεξεργασμένων

Από το στάδιο της αποχλωρίωσης, τα επεξεργασμένα λύματα υπερχειλίζουν σε δεξαμενή 50 κυβικών από όπου θα τροφοδοτούνται οι μονάδες φίλτρανσης για την τριτοβάθμια επεξεργασία και έπειτα να διατεθούν στον αποδέκτη.

Φίλτρα Διήθησης (Χαλικόφιλτρα)

Στην έξοδο των επεξεργασμένων λυμάτων θα εγκατασταθούν δύο (2) αμμόφιλτρα με διάμετρο 1270mm (ελάχιστο) το καθένα, για την περαιτέρω μείωση του οργανικού φορτίου και των αιωρούμενων στερεών. Η κατακράτηση των προαναφερθέντων γίνεται και λόγω της αυξανόμενης προοδευτικά ταχύτητας του νερού διαμέσου των διαφόρων στρωμάτων στην κλίνη του.

Τα διηθητικά υλικά που θα χρησιμοποιηθούν είναι χαλαζιακά και ανθρακίτης, εντελώς αδρανή και δεν προσδίδουν κανένα επιβαρυντικό στοιχείο. Το κάθε φίλτρο θα περιέχει διάταξη ομοιόμορφης διανομής του νερού στην κλίνη του φίλτρου και διάταξη απόληψης του νερού της αντίστροφης πλύσης. Θα είναι κατασκευασμένο από χαλυβδοέλασμα αναλόγου πάχους, θα έχει σχήμα κυλινδρικό διαμέτρου 1270mm , το κάλυμμα του θα είναι θολωτό, θα εδράζεται σε 3 πόδια. Οι φάσεις λειτουργίας του θα ρυθμίζονται είτε αυτόματα από αισθητήριο ανιχνεύσεως κορεσμού που πορώδους υλικού πρεσσοστάτη και χρονοδιακόπτη, είτε χειροκίνητα. Ο προγραμματισμός των φάσεων λειτουργίας στην περίπτωση αυτόματης λειτουργίας θα γίνεται μέσω ηλεκτρονικού προγραμματιστή και ο χειρισμός των πνευματικών βαλβίδων με πίεση και εκτόνωση αέρα.

Η ταχύτητα λειτουργίας στο κάθε φίλτρο θα είναι $8,5\text{ m/h}$ (Για επιφάνεια φίλτρου $1,27\text{ m}^2$ και για παροχή $21,66 / 2 = 10,83\text{m}^3/\text{h}$, έχουμε: $10,83\text{ m}^3/\text{h} / 1,27\text{ m}^2 = 8,52\text{ m/h}$.)

Ο καθαρισμός του φίλτρου μετά τον κύκλο εργασίας του (λειτουργία) θα γίνεται με αντίστροφη διοχέτευση νερού. Κατά την έκπλυση του φίλτρου χρειάζεται μία αντλία που να προσδίδει ταχύτητα έκπλυσης στο φίλτρο 40m/h , δηλ. $40\text{m/h} \times 1,27\text{m}^2 = 50\text{m}^3/\text{h}$ με $15\text{M.Y.}\Sigma$.

Χρησιμοποιώντας δύο αντλίες των $25\text{ m}^3/\text{h}$ με $15-20\text{M.Y.}\Sigma$. συμπεραίνουμε ότι κατά την κανονική λειτουργία του θα δουλεύει μόνον η μία, ενώ για το ξέπλυμα θα λειτουργούν και οι δύο ώστε να έχουμε την απαιτούμενη παροχή έκπλυσης.

6. Βιβλιογραφικές αναφορές

- "Wastewater Engineering, Treatment - Disposal - Reuse", Eddy & Metcalf [1]
- "Επεξεργασία και Διάθεση Υγρών Αποβλήτων", Γ.Μαρκαντωνάτος [2]
- "Βασικές Αρχές και Σχεδιασμός Συστημάτων Επεξεργασίας Αποβλήτων", Α. Ι. Στάμος, Ζ. Σ. Βογιατζής [3]
- "Βιολογικός Καθαρισμός Αστικών Αποβλήτων", Α. Ι. Στάμος [4]
- Abwassertechnische Vereinigung A-126 [5]
- Abwassertechnische Vereinigung A-131^E [6]
- "Εφαρμοσμένη Υδραυλική", Ι. Δημητρίου [7]
- "Σχεδιασμός Αστικών Δικτύων Αποχέτευσης", Δ. Κουτσογιάννης [8]
- "Design Calculations in Wastewater Treatment ", F. Wilson [9]
- Water Treatment Handbook, Degremont [10]
- "Environmental Technology", Α. Adreadakis [11]
- "Τεχνολογία και Διαχείριση υγρών αποβλήτων ΙΙ", Α. Αϊβαζίδης [12]
- "Δίκτυα Αποχέτευσης & Επεξεργασία Λυμάτων ", Χ. Τσόγκας [13]
- "Μηχανική Υγρών Αποβλήτων", G. Tchobanoglous, F. Burton, H. Stensel [14]
- "Οδηγός Λειτουργίας Μονάδων Επεξεργασίας Λυμάτων", Στ. Τραγανίτης, Ι. Σκουμπούρης [15]
- "Ποιοτικά Χαρακτηριστικά και Επεξεργασία Νερού", Δρ Μ. Μήτρακας, 2η Έκδοση [16]
- "Οδηγός Εσωτερικού Ελέγχου Λειτουργίας και Συντήρησης Μονάδων Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων", Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας, Δ/ση ΠΕ.ΧΩ. [17]
- Sen, D., and Randall, C.W., 2008. Improved Computational Model (AQUIFAS) for Activated Sludge, Integrated Fixed-Film Activated Sludge, and Moving-Bed Biofilm Reactor Systems, Part I: Semi-Empirical Model Development, Water Environ. Res. 80 (50), 446-453, Water Environment Federation [18]
- United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA), 2010. Nutrient Control Design Manual, The Cadmus Group, Inc. [19]
- Water Environment Federation (WEF), 2010. MANUAL OF PRACTICE No. 35: Biofilm Reactors, McGraw-Hill Companies, Inc. [20]
- Water Environment Federation (WEF), 2005. MANUAL OF PRACTICE No. FD-8: Clarifier Design, McGraw-Hill Companies, Inc. [21]

Ο Μελετητής

Πλιάκας Ευάγγελος
Αγρ.Τοπογράφος Μηχανικός

ΕΛΕΓΧΘΗΚΕ

ΕΓΚΡΙΘΗΚΕ

ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ

**Ο Πρ/νος Δ.Τ.Υ
& Περ/ντος**

Κατσάκη Ελένη
ΠΕ/Α' Πολ. Μηχ/κών

Κατσαντωνοπούλου Ελένη
Π.Ε /Α' Πολ. Μηχ/κών

Δρ. Σπυρ. Μαυρικάκης
Π.Ε /Α' Πολ. Μηχ/κών

