

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΔΗΜΟΣ Κ. ΝΕΥΡΟΚΟΠΙΟΥ
Δ/ΝΣΗ ΤΕΧΝ. ΥΠΗΡ. & ΠΕΡ/ΝΤΟΣ
Δ/ΝΣΗ: ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ 23

ΕΡΓΟ: "ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ
ΛΥΜΑΤΩΝ ΔΗΜΟΥ Κ.
ΝΕΥΡΟΚΟΠΙΟΥ"

ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ: ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: «Υποδομές
Μεταφορών, Περιβάλλον και
Αειφόρος Ανάπτυξη» & Ίδιοι
Πόροι Δ. Κ. Νευροκοπίου.

ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ: 2.816.501,28 €

Τεύχη Δημοπράτησης

Τεχνική Περιγραφή

ΙΟΥΛΙΟΣ 2017

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ.....	1
1ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ.....	4
ΓΕΝΙΚΑ.....	4
1.1 Γεωγραφική Θέση και λοιπά Στοιχεία για το Έργο	4
1.2 Περιγραφή Υφιστάμενης Κατάστασης - Σκοπιμότητα του Έργου.....	5
2ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ.....	7
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	7
2.1 Δημογραφικά στοιχεία – πληθυσμός σχεδιασμού	7
2.2 Διοικητική εξάρτηση	8
3ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ.....	9
ΦΟΡΤΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ-ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΗΣ	9
3.1 Φιλοσοφία Σχεδιασμού Εγκατάστασης.....	9
3.2 Αντικείμενο.....	10
3.3 Ποσοτικά και ποιοτικά δεδομένα των λυμάτων.....	10
4ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ.....	13
A. ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	13
4.1 Εισαγωγή	13
4.2 Συνοπτική περιγραφή των μονάδων	13
4.3 Διάγραμμα ροής.....	15
4.4 Δεδομένα της εγκατάστασης.....	17
B. ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΑΔΩΝ.....	19
4.5 Α/Σ Εισόδου και ανύψωσης	19
4.6 Προεπεξεργασία Λυμάτων.....	19

<i>4.7 Εξισορρόπηση λυμάτων – αντλιοστάσιο τροφοδοσίας βιολογικής βαθμίδας.....</i>	<i>22</i>
<i>4.8 Βιολογική Επεξεργασία Λυμάτων</i>	<i>23</i>
<i>4.9 Αφυδάτωση Περίσσειας Ιλύος</i>	<i>39</i>
<i>4.10 Απολύμανση Εκροής.....</i>	<i>41</i>
<i>4.11 Διάθεση των επεξεργασμένων υγρών.....</i>	<i>42</i>
<i>4.12 Φρεάτιο Στραγγιδίων.....</i>	<i>43</i>
<i>4.13 Έργα Υποδομής.....</i>	<i>43</i>
<i>4.14 Διαμόρφωση Περιβάλλοντος Χώρου</i>	<i>46</i>
<i>Γ. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ</i>	<i>47</i>

1ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΓΕΝΙΚΑ

1.1 Γεωγραφική Θέση και λοιπά Στοιχεία για το Έργο

Το μελετούμενο έργο σχεδιάζεται στον οικισμό Κάτω Νευροκοπίου του Δήμου Κάτω Νευροκοπίου.

Ο Δήμος Κάτω Νευροκοπίου είναι Δήμος του νομού Δράμας. Απλώνεται σε μία πολύ μεγάλη έκταση καταλαμβάνοντας όλο το βορειοδυτικό τμήμα του νομού. Ο Δήμος Κάτω Νευροκοπίου καταλαμβάνει συνολικά έκταση 872 τ.χλμ. και είναι ο μεγαλύτερος σε έκταση δήμος της Ελλάδας. Αποτελείται από (1) μία δημοτική κοινότητα (Κάτω Νευροκοπίου) και από 16 τοπικές κοινότητες (Αχλαδέας, Βαθυτόπου, Βόλακος, Γρανίτου, Δασωτού, Εξοχής, Καταφύτου, Κάτω Βροντούς, Λευκογείων, Μικροκλεισούρας, Μικρομηλέας, Οχυρού, Παγονερίου, Περιθωρίου, Ποταμών, Χρυσοκεφάλου) και έχει συνολικό πληθυσμό 8.026 κατοίκους σύμφωνα με την απογραφή της ΕΣΥΕ (έτος 2001). Έδρα του Δήμου είναι το Κάτω Νευροκόπι.

Με την εφαρμογή της νέας διοικητικής διαίρεσης της χώρας κατά το Πρόγραμμα Καλλικράτης το 2011 ουδεμία μεταβολή επήλθε στο Δήμο.

Η εγκατάσταση επεξεργασίας των λυμάτων (ΕΕΛ) βρίσκεται νοτιοδυτικά του οικισμού και σε απόσταση 500 περίπου μέτρων από αυτόν.

1.2 Περιγραφή Υφιστάμενης Κατάστασης - Σκοπιμότητα του Έργου

α. Γενική αναφορά του έργου

Το έργο αφορά την αντικατάσταση των Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων του οικισμού Κάτω Νευροκοπίου του Δήμου Κάτω Νευροκοπίου.

β. Υφιστάμενη κατάσταση

Σύμφωνα με το Τ.Τ.Δ., αλλά και κατόπιν αυτοψίας στελεχών της ομάδας μελέτης, η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων του Νευροκοπίου σήμερα ουσιαστικά δεν λειτουργεί αφενός λόγω της παλαιότητας και αφετέρου λόγω της παρωχημένης τεχνολογίας που εφαρμόστηκε. Έτσι είναι προφανές ότι η υφιστάμενη ανενεργή ΕΕΛ χωρίς καμία ουσιώδη επεξεργασία έχει ως αποτέλεσμα τη διάθεση των ανεπεξέργαστων λυμάτων στον παρακείμενο χείμαρρο, δημιουργώντας οξύτατες οχλήσεις στο υδατικό και υπεδάφιο περιβάλλον. Το παραπάνω πρόβλημα γίνεται ιδιαίτερα έντονο κατά τους θερινούς μήνες.

Για το σκοπό αυτό ο Δήμος Κάτω Νευροκοπίου επέτυχε την ένταξη του έργου στο ΕΠΠΕΡΑΑ με βάση την με Α.Π. 171217/06-09-2011 απόφαση του Ειδικού Γραμματέα Υδάτων του ΥΠΕΚΑ περί ένταξης της πράξης «ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΕΛ ΔΗΜΟΥ ΚΑΤΩ ΝΕΥΡΟΚΟΠΙΟΥ» στο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη».

γ. Προβλήματα που θα αντιμετωπιστούν

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι με την υλοποίηση του έργου θα καλυφθούν οι παρακάτω ανάγκες:

- Θα επιλυθεί κατά ορθολογικό τρόπο το πρόβλημα της επεξεργασίας και διάθεσης των λυμάτων του οικισμού Κάτω Νευροκοπίου.
- Θα εξαλειφθεί η ρύπανση που προκαλείται από την παράνομη κατείσδυση των λυμάτων εντός του υπεδάφους.
- Με την επίλυση των παραπάνω πρωταρχικών προβλημάτων, θα δοθεί ώθηση στην ανάπτυξη της περιοχής.

2ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

2.1 Δημογραφικά στοιχεία – πληθυσμός σχεδιασμού

Τα μελετούμενα έργα σχεδιάζονται στον οικισμό Κάτω Νευροκοπίου του Δήμου Κάτω Νευροκοπίου.

Ο Δήμος Κάτω Νευροκοπίου είναι Δήμος του νομού Δράμας. Απλώνεται σε μία πολύ μεγάλη έκταση καταλαμβάνοντας όλο το βορειοδυτικό τμήμα του νομού. Ο Δήμος Κάτω Νευροκοπίου καταλαμβάνει συνολικά έκταση 872 τ.χλμ. και είναι ο μεγαλύτερος σε έκταση δήμος της Ελλάδας. Αποτελείται από (1) μία δημοτική κοινότητα (Κάτω Νευροκοπίου) και από 16 τοπικές κοινότητες (Αχλαδέας, Βαθυτόπου, Βώλακος, Γρανίτου, Δασωτού, Εξοχής, Καταφύτου, Κάτω Βροντούς, Λευκογείων, Μικροκλεισούρας, Μικρομηλέας, Οχυρού, Παγονερίου, Περιθωρίου, Ποταμών, Χρυσοκεφάλου) και έχει συνολικό πληθυσμό 8.026 κατοίκους σύμφωνα με την απογραφή της ΕΣΥΕ (έτος 2001). Έδρα του Δήμου είναι το Κάτω Νευροκόπι.

Με την εφαρμογή της νέας διοικητικής διαίρεσης της χώρας κατά το Πρόγραμμα Καλλικράτης το 2011 ουδεμία μεταβολή επήλθε στο Δήμο.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα πληθυσμιακά στοιχεία του Κάτω Νευροκοπίου από το έτος 1951 έως το 2001 καθώς και η έκταση της σύμφωνα με τα στοιχεία της ΕΣΥΕ.

ΟΙΚΙΣΜΟΣ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ 1951	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ 1961	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ 1971	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ 1981	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ 1991	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ 2001
Κ.Νευροκόπι	2.702	2.994	2.278	2.370	2.158	2.072

Ο πραγματικός πληθυσμός του οικισμού του Κάτω Νευροκοπίου σύμφωνα προς

τα δεδομένα της απογραφής του έτους 2001 ανέρχεται σε 2.072 κατοίκους.

Η κατασκευή της πρώτης φάσης των έργων προβλέπεται για την 1^η 20ετία με εκτιμώμενο πληθυσμό 3.000 κατοίκους.

2.2 Διοικητική εξάρτηση

Ο οικισμός του Κάτω Νευροκοπίου, εξαρτάται διοικητικά από την πόλη της Δράμας ως πρωτεύουσα της Περιφερειακής Ενότητας Δράμας.

3ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΦΟΡΤΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ-ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΗΣ

3.1 Φιλοσοφία Σχεδιασμού Εγκατάστασης

Η εγκατάσταση επεξεργασίας στην οριστική της μορφή σχεδιάζεται για να εκπληρώνει τις παρακάτω απαιτήσεις:

- Σύστημα επεξεργασίας για υψηλό βαθμό καθαρισμού
- Δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων υγρών σύμφωνα με τους όρους της ΚΥΑ 133551/ΦΕΚ 2089/09-10-2008 με την οποία τροποποιείται το άρθρο 8, παρ 1, περ. (γ) της της Ε1β/221/65 Υγειονομικής Διάταξης σε συνδυασμό με τον υψηλό βαθμό επεξεργασίας των λυμάτων.
- Αποτελεσματική απόσπηση των χώρων των έργων εισόδου με καλό εξαερισμό και συστήματος απόσπησης
- Χαμηλό προφίλ εγκατάστασης για μηδενική ορατότητα από τον οικισμό.
- Λειτουργία έργων εισόδου αλλά και των έργων αφυδάτωσης ιλύος με την ελάχιστη απαίτηση προσωπικού για την συλλογή εσχαρισμάτων, άμμου και ιλύος
- Μεγάλος χρόνος αερισμού της ιλύος για πλήρη σταθεροποίησή της και αποφυγή οσμών από την διάθεσή της.
- Χαμηλό λειτουργικό κόστος και ιδιαίτερα χαμηλό ενεργειακό κόστος με χρήση σύγχρονων συστημάτων αερισμού.
- Κεντρικό έλεγχο της εγκατάστασης με πλήρες αυτοματοποιημένο σύστημα σε συνδυασμό με την καλύτερη δυνατή τηλεματική παρακολούθηση του έργου από οποιανδήποτε θέση.

- Απαίτηση του ελάχιστου δυνατού προσωπικού διοίκησης και λειτουργίας του έργου σε συνδυασμό με τη μέγιστη δυνατή αποτελεσματικότητα.

3.2 Αντικείμενο

Αντικείμενο της παρούσας φάσης είναι η Οριστική Μελέτη για την αντικατάσταση του έργου Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων του οικισμού Κάτω Νευροκοπίου του Δήμου Κάτω Νευροκοπίου.

3.3 Ποσοτικά και ποιοτικά δεδομένα των λυμάτων

Βασικό και ειδοποιό στοιχείο για το σχεδιασμό μιας μονάδας επεξεργασίας λυμάτων αλλά και των έργων αποχέτευσης αποτελούν οι βασικές παραδοχές σχεδιασμού οι οποίες συνίστανται κυρίως από τα πληθυσμιακά δεδομένα, τα υδραυλικά και ρυπαντικά αναμενόμενα φορτία καθώς και τα επιθυμητά ποιοτικά όρια εκβολής.

Σύμφωνα με την παρουσίαση των δημογραφικών δεδομένων και την εκτίμηση των μελλοντικών εξελίξεων του 2ου Κεφαλαίου, ο μέγιστος ισοδύναμος πληθυσμός αναμένεται να ανέλθει σε 3.000 κατοίκους εντός της 1ης 20ετίας από σήμερα.

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι οι αναμενόμενες διαφορές μεταξύ 1ης και 2ης 20ετίας είναι τέτοιες που δικαιολογούν κατ' αρχήν την κατασκευή των έργων επεξεργασίας σε δύο φάσεις εκ των οποίων η Α΄Φάση θα καλύπτει τις σημερινές ανάγκες του μέγιστου πληθυσμού (3.000 κάτοικοι). Είναι σαφές ότι κατά την Α΄Φάση θα κατασκευαστούν τα αποχετευτικά δίκτυα, τα έργα προεπεξεργασίας και επεξεργασίας ιλύος, τα έργα διύλισης και απολύμανσης καθώς και τα κτιριακά έργα σε όλης τους την έκταση. Η διάκριση των δύο φάσεων αφορά μόνο το τμήμα του βιολογικού αντιδραστήρα, για τον οποίον θα πρέπει να κατασκευαστεί τώρα το 80% του όγκου του και σε δεύτερη φάση το 20%.

Ως εκ τούτου προτείνεται η κατασκευή των έργων σε δύο φάσεις, σύμφωνα με τις παραμέτρους σχεδιασμού της 20ετίας και 40ετίας οι οποίες φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

ΒΑΣΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ

Κριτήριο		Α' (20ετία)
Αριθμός εξυπηρετούμενων ατόμων		3.000
Μέση παροχή	(m ³ /day)	480
	lt/sec	5,55
Παροχή αιχμής	(lt/sec)	9,44
Οργανικό φορτίο, BOD ₅	kg/day	165
	mg/l	343,75
Αιωρούμενα στερεά, SS	kg/day	210
	mg/l	437,5
Άζωτο, TKN	kg/day	30
	mg/l	62,5
Ολικός φώσφορος	kg/day	6
	mg/l	12,5

Τα δεδομένα που συνθέτουν τον παραπάνω πίνακα έχουν προκύψει από βιβλιογραφικά δεδομένα και από δεδομένα πραγματικών μετρήσεων αντίστοιχων έργων παρόμοιων συνθηκών με το μελετούμενο και τα οποία λειτουργούν στην Ελλάδα εφόσον για την περιοχή δεν υπάρχουν συγκεκριμένες μετρήσεις ρυπαντικών φορτίων.

BOD ₅	55 gr/κατ-ημ
SS	70 gr/κατ-ημ
TKN	10 gr/κατ-ημ
P	2,0 gr/κατ-ημ
Κολοβακτηρίδια	30 x 10 ⁶ /100 ml

Το άζωτο στα αστικά λύματα κυμαίνεται σε ποσότητες από 8-12 γρ. ανά κάτοικο και ημέρα με κατανομή 60% σαν οργανικό άζωτο και 40% σαν αμμωνιακό άζωτο.

Ο φωσφόρος στα αστικά λύματα κυμαίνεται από 2,0-2,5 γρ. ανά κάτοικο και ημέρα. Σημαντικό ποσοστό οφείλεται στην χρήση των απορρυπαντικών.

Στα αστικά λύματα σύμφωνα με τη βιβλιογραφία και τις μετρήσεις που έχουν γίνει το ποσοστό των εξαερώσιμων στερεών σε σχέση με τα στερεά είναι 70% ενώ των σταθερών στερεών αντίστοιχα είναι 30%.

Ακόμη για το σχεδιασμό θα ληφθούν:

Θερμοκρασία λυμάτων Χειμώνας: 12°C

Θέρος: 22°C

- Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων σχεδιάζονται με τη μέση παροχή
- Οι υδραυλικοί υπολογισμοί και η διαστασιολόγηση της δεξαμενής απολύμανσης και των έργων εισόδου θα γίνουν με την παροχή ωριαίας αιχμής.
- Οι δαπάνες λειτουργίας θα υπολογισθούν με την μέση ετήσια παροχή

Ποιοτικά χαρακτηριστικά εκροής	
Συγκέντρωση εξερχόμενου BOD ₅ (mg/l)	<15
Συγκέντρωση εξερχόμενου COD (mg/l)	<65
Συγκέντρωση εξερχόμενων ολικών αιωρούμενων στερεών (mg/l)	<10
Συγκέντρωση εξερχόμενου ολικού αζώτου (mg/l)	<15
Συγκέντρωση εξερχόμενου ολικών κολοβακτηριδίων (FC/100 ml)	<500

Οι απαιτήσεις εκροής των επεξεργασμένων λυμάτων πρέπει να εκπληρούνται για το 95% των δειγμάτων του 24ώρου.

4ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Α. ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

4.1 Εισαγωγή

Η εγκατάσταση πρόκειται να εξυπηρετεί τους κατοίκους και τους επισκέπτες του Νευροκοπίου τόσο κατά την διάρκεια της χειμερινής περιόδου όσο κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου. Σημειώνεται ότι ο Δήμος έχει ολοκληρώσει το έργο των εξωτερικών αποχετευτικών δικτύων του μελετούμενου οικισμού.

Το προτεινόμενο έργο θέτει ως βάση σχεδιασμού των μονάδων, την κάλυψη των εκτιμώμενων αναγκών με δυνατότητα άμεσης επέκτασης σε δεδομένα χρονικού ορίζοντα 40ετίας λαμβάνοντας υπόψη τους πραγματικούς δείκτες της οικιστικής και πληθυσμιακής ανάπτυξης, όσο και τα στοιχεία της βιομηχανικής ανάπτυξης και επέκτασης των βιοτεχνικών μονάδων της περιοχής.

4.2 Συνοπτική περιγραφή των μονάδων

Τα λύματα από τον οικισμό εισέρχονται στην εγκατάσταση επεξεργασίας η οποία αποτελείται από:

- A. Αντλιοστάσιο ανύψωσης των λυμάτων
- B. Συμπαγές σύστημα προεπεξεργασίας των λυμάτων αποτελούμενο από εσχάρωση, εξάμμωση, απολίπανση και τον παρελκόμενο εξοπλισμό αποκομιδής και συμπίεσης των εσχαρισμάτων και της άμμου.
- Δ. Δεξαμενή εξισορρόπησης – ομογενοποίησης ροής
- E. Μονάδα βιολογικής επεξεργασίας συνιστώμενη από

Δεξαμενή απονιτροποίησης

Δεξαμενή νιτροποίησης κινουμένων κλινών MBBR (Moving Bed Bio-Reactor)

Δεξαμενή Βιοαντιδραστήρα Μεμβρανών MBR (Membrane Bio-Reactor)

- Στ. Έργο απολύμανσης με χλωρίωση (υποχλωριώδες Νάτριο)
- Ζ. Αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας και περίσσειας ιλύος
- Η. Μονάδα μηχανικής πάχυνσης και αφυδάτωσης της ιλύος
- Θ. Ηλεκτρολογικό σύστημα
- Ι. Σύστημα αυτοματισμών και ελέγχων
- Κ. Κτίριο ελέγχου και λοιπές κτιριακές υποδομές
- Λ. Λοιπά έργα εξυπηρέτησης και διαμόρφωσης του περιβάλλοντος χώρου

Τα λύματα από τον αγωγό μεταφοράς καταλήγουν στο προκατασκευασμένο φρεάτιο εισόδου – αντλιοστάσιο αρχικής ανύψωσης. Τα λύματα διοχετεύονται μέσω των αντλιών ανύψωσης στη μονάδα προεπεξεργασίας όπου υφίστανται εσχάρωση, εξάμμωση και λιποσυλλογή.

Τα προεπεξεργασμένα λύματα καταλήγουν σε υφιστάμενη δεξαμενή για την εξισορρόπηση και ομογενοποίησή τους. Από την δεξαμενή αυτή, με κατάλληλα αντλιοστάσια τροφοδοσίας, τα λύματα παροχετεύονται για βιολογική επεξεργασία σε βιοαντιδραστήρες τεχνολογίας αιωρούμενου βιοφιλμ ενώ η διαύγαση του ανάμικτου υγρού πραγματοποιείται με τη βοήθεια μεμβρανών υπερδιήθησης σε δεξαμενές, όπου είναι βυθισμένες οι μεμβράνες.

Η μέθοδος βιολογικής διεργασίας που χρησιμοποιείται δηλαδή είναι εκείνη του M.B.M.R. (Moving Bed Membrane Reactor).

Η τεχνολογία M.B.M.R. είναι μια νέα προηγμένη μέθοδος επεξεργασίας που μετά από εκτενή μελέτη έχει εφαρμοστεί με απόλυτη επιτυχία σε μονάδες επεξεργασίας λυμάτων. Η πρωτοποριακή αυτή μέθοδος είναι πιο κατάλληλη για τις μικρού και μεσαίου μεγέθους μονάδες επεξεργασίας λυμάτων, τόσο αστικών όσο και βιομηχανικών και συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των μεθόδων MBR και M.B.B.R.

Στο σύστημα αυτό λαμβάνουν χώρα οι διεργασίες, μείωσης του οργανικού

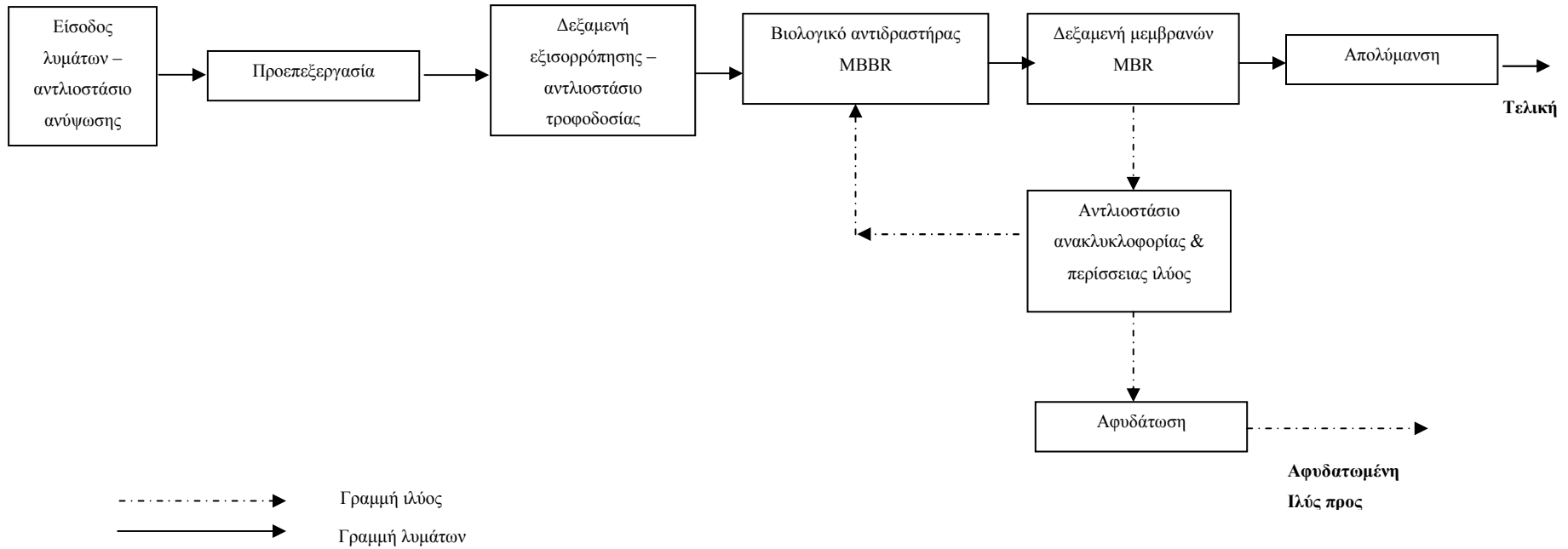
φορτίου, της νιτροποίησης, της απονιτροποίησης και του διαχωρισμού των στερεών (με μεμβράνες). Από την έξοδο της βιολογικής βαθμίδας τύπου M.B.M.R., τα διαυγασμένα υγρά καταλήγουν στο δοχείο συλλογής και αποθήκευσης επεξεργασμένων ενώ στη συνέχεια τροφοδοτούνται στη μονάδα απολύμανσης με χλωρίωση.

Η περίσσεια ιλύος από τη δεξαμενή βύθισης μεμβρανών απομακρύνεται περιστασιακά και οδηγείται στο δοχείο συλλογής και εξισορρόπησης ιλύος.

Ακόλουθα, η ιλύς οδηγείται μέσω αντλίας στην μονάδα πάχυνσης - αφυδάτωσής της πριν την τελική της διάθεση σε κατάλληλα αδειοδοτημένο χώρο.

4.3 Διάγραμμα ροής

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το διάγραμμα ροής της εγκατάστασης :



Σχήμα 1. Διάγραμμα ροής προτεινόμενης μεθόδου επεξεργασίας αστικών λυμάτων οικισμού Κάτω Νευροκοπίου

4.4 Δεδομένα της εγκατάστασης

Τα δεδομένα σχεδιασμού της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα.

Παράμετρος	μονάδα	A ΦΑΣΗ	B ΦΑΣΗ
Πληθυσμός	κατ.	3.000	4.000
Παροχές			
Ειδική παροχή λυμάτων	l/p.d	160	160
Μέση παροχή	m ³ /d	480	640
	l/s	5,55	7,41
Παροχή αιχμής	l/s	9,44	12,59
Φορτία			
Οργανικό Φορτίο BOD	g/p.d	55	55
	kg/d	165	220
	mg/l	343,75	343,75
Αιωρούμενα στερεά SS	g/p.d	70	70
	kg/d	210	280
	mg/l	437,5	437,5
Αζωτο N	g/p.d	10	10
	kg/d	30	40
	mg/l	62,5	62,5
Φωσφόρος P	g/p.d	2	2
	kg/d	6	8
	mg/l	12,5	12,5

Όσον αφορά τις απαιτήσεις εξόδου, τα επεξεργασμένα προς διάθεση λύματα θα έχουν σε όλες τις φάσεις λειτουργίας τα παρακάτω χαρακτηριστικά. Το 95% των δειγμάτων θα βρίσκεται στα παρακάτω όρια.

Παράμετρος	Μονάδα	Συγκέντρωση
BOD5	mg/l	< 15
SS	mg/l	< 10
Ολικό άζωτο	mg/l	< 10
Ολικά κολοβακτηριοειδή	MPN/100 ml	≤ 500

Το 95% των δειγμάτων θα βρίσκεται στα παραπάνω όρια. Η συγκέντρωση της αφυδατωμένης λάσπης θα είναι $\geq 18\%$.

B. ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΑΔΩΝ

4.5 Α/Σ Εισόδου και ανύψωσης

Τα λύματα του δικτύου προσάγονται με αγωγό βαρύτητας στο υφιστάμενο Α/Σ εισόδου. Εντός του δομικού μέρους του Α/Σ, αφού πρώτα καθαριστεί και επισκευαστεί, θα αντικατασταθεί το σύνολο του εξοπλισμού του. Ειδικότερα το Α/Σ αυτό θα εξοπλιστεί με δύο (2) μη εμφράξιμες υποβρύχιες φυγοκεντρικές αντλίες, εκ των οποίων η μία εφεδρική, με αυτόματα εναλλασσόμενη λειτουργία για την ομοιόμορφη φθορά τους. Έκαστη θα έχει δυναμικότητα 50 m³/h, δηλαδή ικανή να καλύπτει και τη Β (τελική) Φάση. Επίσης θα εγκατασταθεί και το σύνολο του παρελκομένου εξοπλισμού όπως προβλέπεται από τα Τεύχη Δημοπράτησης.

Τα λύματα στη συνέχεια ανυψώνονται προς το συγκρότημα προεπεξεργασίας λυμάτων για τη συνδυασμένη εσχάρωση – εξάμμωση – λιποσυλλογή.

4.6 Προεπεξεργασία Λυμάτων

Η προεπεξεργασία των λυμάτων λαμβάνει χώρα σε αυτόνομο κλειστό συγκρότημα τύπου compact. Συγκεκριμένα, τα λύματα αντλούνται από το νέο αντλιοστάσιο αρχικής ανύψωσης και τροφοδοτούνται στην είσοδο του compact συγκροτήματος συνδυασμένης προεπεξεργασίας, το οποίο εδράζεται στη στέψη της δεξαμενής εξισορρόπησης.

Το συγκρότημα προεπεξεργασίας συνδυάζει τις κάτωθι λειτουργίες:

- Εσχάρωση και συμπίεση των εσχαρισμάτων,
- Εξαγωγή και απόρριψη των εσχαρισμάτων σε κάδο,
- Διαχωρισμό, πλύση και αφυδάτωση της άμμου,
- Εξαγωγή και απόρριψη της άμμου σε κάδο,
- Απομάκρυνση λιπών & ελαίων,
- Εξαγωγή και απόρριψη των λιπών & ελαίων σε δοχείο.

Το συγκρότημα δεν απαιτεί ειδικές δομικές κατασκευές και εκτεταμένη εγκατάσταση, ενώ είναι έτοιμο για λειτουργία σε πολύ σύντομο χρόνο από την παράδοσή του.

Τα εισερχόμενα στο συγκρότημα λύματα εσχαρίζονται στα 6mm και συμπιέζονται διαμέσου αυτοκαθαριζόμενου κοχλιωτού κόσκινου. Ο καθαρισμός της επιφάνειας εσχαρισμού από τα εσχαρίσματα γίνεται μέσω οδοντωτής διάταξης που εισέρχεται στις ραβδώσεις. Ένας κεκλιμένος κοχλίας χωρίς άξονα (τύπου shaftless) ανυψώνει τα εσχαρίσματα, τα οποία συγχρόνως συμπιέζονται πριν απορριφθούν σε κάδο.

Το τμήμα εσχάρωσης του συγκροτήματος είναι εφοδιασμένο με στατική χονδροεσχάρα παράκαμψης (διάκενο 15mm) για την αντιμετώπιση περιπτώσεων αιφνίδιας έμφραξης ή μηχανικής βλάβης της αυτόματης εσχάρας.

Τα λύματα, απαλλαγμένα από τα φερτά στερεά (εσχαρίσματα), περνούν στο θάλαμο εξάμμωσης και λιποσυλλογής, όπου πραγματοποιείται ο διαχωρισμός της άμμου (σωματίδια > 200 μm) και των λιπών & ελαίων.

Η άμμος συλλέγεται στον πυθμένα της δεξαμενής, όπου ένας οριζόντιος κοχλίας χωρίς άξονα που ολισθαίνει σε ανοξείδωτες ράβδους προωθεί την άμμο σε δεύτερο κεκλιμένο κοχλία. Ο κεκλιμένος κοχλίας 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 λιπών & ελαίων, διενεργείται διάχυση αέρα στον κύριο θάλαμο διαχωρισμού. Για την τροφοδοσία αέρα χρησιμοποιούνται διαχύτες χονδρής φυσαλίδας για την αποφυγή εμφράξεων.

Το τμήμα εξάμμωσης-λιποσυλλογής περιλαμβάνει δύο διαφορετικούς θαλάμους, στον πρώτο από τους οποίους γίνεται η καθίζηση της άμμου, ενώ στο δεύτερο η επίπλευση των λιπών & ελαίων. Λόγω της εφαρμοζόμενης ροής αέρα, δημιουργείται στα λύματα μία σπειροειδής κίνηση, η οποία οδηγεί τα λίπη & έλαια στο κανάλι επίπλευσης.

Το μηχάνημα είναι εξοπλισμένο με επιφανειακό ξέστρο, το οποίο παίρνει κίνηση από ηλεκτρομειωτήρα στροφών. Το ξέστρο οδηγεί τα λίπη & έλαια στον

ενσωματωμένο θάλαμο συλλογής επιπλεόντων, από όπου οδηγούνται μέσω αντλίας τύπου έκκεντρου κοχλία στον κάδο συλλογής των εσχαρισμάτων.

Για τον έλεγχο και συντήρηση της διάταξης, προβλέπονται κατάλληλα ανοιγόμενα καπάκια σε όλες τις απαιτούμενες θέσεις της διάταξης. Τέλος, η διάταξη φέρει ενσωματωμένο τοπικό πίνακα ισχύος και αυτοματισμού, από τον οποίο ελέγχεται η λειτουργία της ανεξάρτητα από τις υπόλοιπες επιμέρους μονάδες επεξεργασίας.

Η εγκατάσταση συγκροτημάτων συνδυασμένης προεπεξεργασίας λυμάτων προτιμάται κυρίως εξαιτίας των κάτωθι συγκριτικών πλεονεκτημάτων έναντι των συμβατικών έργων εισόδου:

- Της **ελαχιστοποίησης των οχλήσεων** στην περιοχή του έργου, αφού πρόκειται για κλειστά συστήματα που δεν έχουν οσμές ή αισθητικές επιπτώσεις στο τοπίο της ευρύτερης περιοχής του έργου,
- Της **μικρής έκτασης** που απαιτούν, αφού πρόκειται για συμπαγείς μονάδες που συνδυάζουν πολλές λειτουργίες,
- Της **δυνατότητας αυτόνομης-αυτόματης λειτουργίας**,
- Της **άμεσης εγκατάστασης και θέσης σε λειτουργία** χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις για εργασίες πεδίου.

Για την εξάμμωση θα εγκατασταθεί φυσητήρας τύπου περιστρεφόμενων πτερυγίων (rotary vane), κατάλληλης δυναμικότητας.

Η άμμος και τα εσχαρίσματα συλλέγονται σε μεταλλικούς κάδους απορριμμάτων, οι οποίοι τοποθετούνται στο επίπεδο του εδάφους πλευρικά του κάθε συγκροτήματος, και απομακρύνονται με κατάλληλο απορριμματοφόρο όχημα.

Τα λίπη & ελαία συλλέγονται σε ειδικό δοχείο από το οποίο οδηγούνται στον κάδο εσχαρισμάτων μέσω αντλίας τύπου έκκεντρου κοχλία, παροχής λειτουργίας περί τα $1 \text{ m}^3/\text{h}$.

Στη συνέχεια τα λύματα οδηγούνται στη μονάδα λεπτοεσχάρωσης τύπου στοφοκόσκινου με οπές διαμέτρου σύμφωνης με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή των μεμβρανών και σε κάθε περίπτωση όχι μεγαλύτερης από

1mm.

Τέλος, τα προεπεξεργασμένα και λεπτοκοσκινισμένα λύματα καταλήγουν με βαρύτητα στην υφιστάμενη δεξαμενή εξισορρόπησης.

4.7 Εξισορρόπηση λυμάτων – αντλιοστάσιο τροφοδοσίας βιολογικής βαθμίδας

Όπως προαναφέρθηκε, τα προεπεξεργασμένα λύματα καταλήγουν με βαρύτητα στην υφιστάμενη δεξαμενή εξισορρόπησης από οπλισμένο σκυρόδεμα, με «υγρές» διαστάσεις 14.50 x 6.00 x 3.00 m (L x W x H) και ωφέλιμο όγκο αποθήκευσης 261m³. Το δομικό μέρος της δεξαμενής υφίσταται. Ο επιλεγόμενος ωφέλιμος όγκος αντιστοιχεί σε ~ 40% της μέσης ημερήσιας παροχής Β' Φάσης του Έργου (640 m³/d).

Η χρήση της δεξαμενής εξισορρόπησης αποσκοπεί στην εξομάλυνση των ημερήσιων υδραυλικών και ρυπαντικών διακυμάνσεων των εισερχόμενων λυμάτων, στην επαρκή ανάμιξή τους για την αποτροπή της καθίζησης στερεών και την παραγωγή ενός επαρκώς ομογενοποιημένου (ομοιόμορφου) ρεύματος τροφοδοσίας προς την ακολουθούσα βαθμίδα βιολογικής επεξεργασίας και, τέλος, στον προαερισμό των λυμάτων, για την αποτροπή της δημιουργίας σηπτικών συνθηκών και τη συνεπακόλουθη παραγωγή δύσοσμων ουσιών.

Για την ομογενοποίηση και των προαερισμό των λυμάτων, εγκαθίσταται εντός της δεξαμενής εξισορρόπησης ένας (1) αεριστήρας τύπου venturi jet, δυναμικότητας αέρα τουλάχιστον 110 N m³/h στα 3.00 m.

Η δεξαμενή εξισορρόπησης των λυμάτων είναι εξοπλισμένη με τρία ζεύγη φυγοκεντρικών αντλιών αντλίες, (μία από κάθε ζεύγος εφεδρική), με αυτόματα εναλλασσόμενη λειτουργία για την ομοιόμορφη φθορά τους. Έκαστο ζεύγος θα τροφοδοτεί και το αντίστοιχο συγκρότημα βιολογικής επεξεργασίας κατάντη. Για το λόγο αυτό η δυναμικότητα έκαστης αντλίας θα είναι 10m³/hr σε κατάλληλο μανομετρικό ώστε να τροφοδοτεί απευθείας το αντίστοιχο συγκρότημα.

Για την προστασία της συνολικής λειτουργίας της Μ.Ε.Λ. έναντι απρόβλεπτων πλημμυρικών φαινομένων, προβλέπεται στη δεξαμενή εξισορρόπησης η ύπαρξη υπερχειλίσης υψηλής στάθμης, μέσω της οποίας η υπερβάλλουσα ροή οδηγείται στην έξοδο της Ε.Ε.Λ

4.8 Βιολογική Επεξεργασία Λυμάτων

Γενική περιγραφή της τεχνολογίας MBBR-IFAS

Για τη βιολογική επεξεργασία των λυμάτων, επιλέχθηκε η καινοτόμος τεχνολογία του υβριδικού αντιδραστήρα αιωρούμενης-προσκολλημένης βιομάζας MBBR-IFAS, σε συνδυασμό με τη χρήση μεμβρανών για τη διαύγαση ανάμικτου υγρού (βιοαντιδραστήρες μεμβρανών – M.B.R.) τα βασικά χαρακτηριστικά της οποίας περιγράφονται συνοπτικά στις παραγράφους που ακολουθούν. Αρχικά, γίνεται σύντομη αναφορά στο πρώτο ήμισυ του ακρωνυμίου MBBR-IFAS, δηλαδή στην τεχνολογία MBBR, ενώ, στη συνέχεια, επεξηγείται ο όρος IFAS. Τέλος, γίνεται και η αναφορά στην μέθοδο των βιοαντιδραστήρων μεμβρανών (M.B.R.) δηλαδή στη χρήση μεμβρανών για το διαχωρισμό του ανάμικτου υγρού.

➤ Ανάλυση διεργασίας M.B.B.R.

Η βασική επιδίωξη πίσω από την ανάπτυξη της τεχνολογίας του βιοαντιδραστήρα κινούμενης κλίνης (Moving Bed BioReactor, MBBR) είναι η ταυτόχρονη εκμετάλλευση-αξιοποίηση των προτερημάτων των διεργασιών αιωρούμενης (suspended) και προσκολλημένης (attached) βιομάζας, χωρίς ωστόσο να ενσωματώνονται οι αδυναμίες τους (Odegaard et al., 1994). Έτσι, σε αντίθεση με άλλες διεργασίες αποκλειστικά προσκολλημένης βιομάζας (π.χ. διαβρεχόμενα φίλτρα, περιστρεφόμενοι βιοδίσκοι, αντιδραστήρες ρευστοποιημένης κλίνης κλπ), η μέθοδος MBBR αξιοποιεί το σύνολο του όγκου του αντιδραστήρα για ανάπτυξη της βιομάζας, χωρίς να αντιμετωπίζει προβλήματα «κενών» χώρων και βραχυκυκλώματος ροής (short-circuiting). Επιπλέον, τα συστήματα MBBR είναι αυτοκαθαριζόμενα και εμφανίζουν χαμηλές απώλειες πίεσης. Σε αντίθεση με τους συμβατικούς αντιδραστήρες

αιωρούμενης ενεργού ιλύος, τα συστήματα MBBR δεν απαιτούν ανακυκλοφορία βιομάζας. Αυτό επιτυγχάνεται επιτρέποντας τη βιομάζα να αναπτυχθεί υπό τη μορφή λεπτών βιολογικών στιβάδων (βιοφίλμ) στην επιφάνεια ειδικά σχεδιασμένων πλαστικών φορέων υποστήριξης (βιοφορείς) με τους οποίους πληρώνεται ο αντιδραστήρας. Λόγω της μεγάλης «προστατευμένης» (εσωτερικής) ειδικής επιφάνειάς τους, οι βιοφορείς αποτελούν το ιδανικό περιβάλλον για την ανάπτυξη υψηλών συγκεντρώσεων δραστικής βιομάζας. Η πυκνότητα των βιοφορέων είναι $\sim 1.00 \text{ g/cm}^3$, επιτρέποντας έτσι την ελεύθερη κίνησή τους στον υγρό όγκο του αντιδραστήρα. Οι βιοφορείς συγκρατούνται στο εσωτερικό του αντιδραστήρα μέσω ειδικών διατάξεων κοσκίνων ή εσχαρών.

Σε αερόβια συστήματα MBBR, η κίνηση των βιοφορέων εξασφαλίζεται μέσω της ανάδευσης που προκαλείται από τη διάχυση αέρα, συνήθως μέσω διαχυτών χονδρής φουσαλίδας. Σε ανοξικά συστήματα MBBR, από την άλλη, η κίνηση των βιοφορέων επιτυγχάνεται μέσω κατάλληλων μηχανικών αναδευτήρων.

Η δημιουργία έντονων (τυρβωδών) συνθηκών ανάμιξης στο εσωτερικό των αντιδραστήρων MBBR είναι ιδιαίτερης σημασίας, όχι μόνο για την αποτελεσματική μεταφορά των διαφόρων υποστρωμάτων (οργανικές ενώσεις, οξυγόνο και θρεπτικά συστατικά) στην επιφάνεια των βιοφορέων, αλλά και για τη διατήρηση ενός κατά το δυνατόν ομοιόμορφου και λεπτού βιοφίλμ (μέχρι 200 μm). Το μικρό πάχος των βιολογικών στιβάδων που αναπτύσσονται στην επιφάνεια των βιοφορέων ευνοεί τη βαθύτερη διείδυση των υποστρωμάτων στο εσωτερικό τους και, επομένως, την πληρέστερη κατανάλωσή τους.

Συγκεντρωτικά, η τεχνολογία MBBR εμφανίζει τα κάτωθι πλεονεκτήματα σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα ενεργού ιλύος:

- Ανεξάρτητος έλεγχος του υδραυλικού χρόνου παραμονής και του μέσου χρόνου παραμονής βιομάζας (ηλικία ιλύος) λόγω της παρουσίας της προσκολλημένης βιομάζας και της συγκράτησής της στο εσωτερικό του αντιδραστήρα (ανυπαρξία φαινομένων έκπλυσης βιομάζας),
- Δυνατότητα λειτουργίας σε υψηλότερες τιμές λόγου τροφής προς

μικροοργανισμούς (food to microorganism ratio, F/M) λόγω της επίτευξης υψηλών συγκεντρώσεων προσκολλημένης βιομάζας,

- Δυνατότητα επιλογής μεταξύ βιοφορέων με διαφορετικά χαρακτηριστικά (υλικό κατασκευής, μέγεθος, πυκνότητα, εσωτερική ειδική επιφάνεια, αντοχή κλπ),
- Δυνατότητα επιλογής του ποσοστού πλήρωσης του αντιδραστήρα με βιοφορείς,
- Δυνατότητα ανάπτυξης εξειδικευμένης βιομάζας για απομάκρυνση οργανικού άνθρακα, νιτροποίηση και απονιτροποίηση σε συστήματα MBBR που διαμορφώνονται ως πολλαπλοί αντιδραστήρες στη σειρά,
- Μη ανάγκη για ανακυκλοφορία ιλύος λόγω της παρουσίας της βιομάζας σε αποκλειστικά προσκολλημένη μορφή,
- Μειωμένη παραγωγή περίσσειας ιλύος ένεκα της διαφορετικής αναπτυξιακής και μεταβολικής δραστηριότητας της προσκολλημένης βιομάζας σε σχέση με την αιωρούμενη βιομάζα,
- Μειωμένες απαιτήσεις χώρου λόγω των μειωμένων αναγκών σε όγκο αντίδρασης (ταχύρρυθμες διεργασίες) και σε όγκο διαύγασης (λιγότερα στερεά προς διαχωρισμό),
- Δυνατότητα μετασκευής (retrofitting) ή/και επέκτασης ήδη υπάρχοντων εγκαταστάσεων επεξεργασίας μέσω της προσθήκης βιοφορέων στις υφιστάμενες δεξαμενές για ενίσχυση-επιτάχυνση της βιολογικής δραστηριότητας.

Συμπληρωματικά, πρέπει να αναφερθεί ότι ο έλεγχος και η λειτουργία της μεθόδου MBBR είναι σχετικά απλός. Επειδή τα προβλήματα εμφράξεων αποφεύγονται και η βιομάζα συγκρατείται αποτελεσματικά στο εσωτερικό του αντιδραστήρα, η ανάγκη για συχνό καθαρισμό των μονάδων ελαχιστοποιείται.

Επιπλέον, όπως ήδη αναφέρθηκε, η μέθοδος MBBR ευνοεί την ανάπτυξη εξειδικευμένων μικροβιακών πληθυσμών στην επιφάνεια των βιοφορέων ανάλογα με τον εκάστοτε τύπο του αντιδραστήρα (αερόβιος, ανοξικός,

αναερόβιος) και τις επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες στο εσωτερικό του. Έχει επιβεβαιωθεί πειραματικά ότι οι μετρούμενοι ρυθμοί νιτροποίησης και απονιτροποίησης σε συστήματα MBBR είναι κατά πολύ υψηλότεροι από εκείνους που επιτυγχάνονται σε συμβατικά συστήματα ενεργού ιλύος (Odegaard et al., 2006).

➤ Ανάλυση διεργασίας M.B.B.R. – IFAS

Η μέθοδος MBBR μπορεί να επεκταθεί ώστε να λειτουργήσει ως υβριδικός αντιδραστήρας, δηλαδή ως αντιδραστήρας που εμπρικλείει βιομάζα τόσο σε προσκολλημένη όσο και σε αιωρούμενη μορφή. Στη διεθνή βιβλιογραφία, τα υβριδικά συστήματα βιολογικής επεξεργασίας υγρών αποβλήτων αναφέρονται ως IFAS (Integrated Fixed-Film Activated Sludge).

Στα συστήματα MBBR-IFAS, η προσκολλημένη βιομάζα αποτελεί πάντοτε το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής βιομάζας του αντιδραστήρα. Έτσι, ενώ στα συμβατικά συστήματα αιωρούμενης ενεργού ιλύος η συγκέντρωση των ολικών αιωρούμενων στερεών του μικτού υγρού (MLSS) κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 2000-4500 mg/L ή και περισσότερο, στα συστήματα MBBR-IFAS, η συγκέντρωση των MLSS δεν ξεπερνά συνήθως τα 3000 mg/L (Sen & Randall, 2008).

Επίσης, το ποσοστό ανακυκλοφορίας ιλύος που απαιτείται για τη διατήρηση της επιθυμητής συγκέντρωσης αιωρούμενης βιομάζας στους αντιδραστήρες τύπου MBBR-IFAS είναι μικρό, συνήθως $\leq 50\%$, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό σε συμβατικούς αντιδραστήρες ενεργού ιλύος κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 70-100% ή και περισσότερο.

➤ Ανάλυση διεργασίας M.B.M.R. (μικτή διεργασία)

Τα τελευταία χρόνια, μεγάλη απήχηση παρουσιάζει μία άλλη υβριδική σύνδεση των νέων αυτών τεχνολογιών, η οποία συνδυάζει τα οφέλη του προσκολλημένου αιωρούμενου βιολογικού φιλμ με εκείνα της χρήσης μεμβρανών για τη διαύγαση του ανάμικτου υγρού, δηλαδή οι βιοαντιδραστήρες μεμβρανών (M.B.R.).

Ως γνωστόν, η μέθοδος των βιοαντιδραστήρων μεμβρανών βασίζεται στις αρχές του συστήματος ενεργού ιλύος με τη μόνη διαφορά να έγκειται στον τρόπο

διαχωρισμού του ανάμικτου υγρού από τη βιομάζα. Πιο συγκεκριμένα, ενώ στα συμβατικά συστήματα ενεργού ιλύος, ο διαχωρισμός αυτός πραγματοποιείται σε δεξαμενές καθίζησης με τη βοήθεια της βαρύτητας, στα συστήματα μεμβρανών, η διεργασία αυτή επιτυγχάνεται με τη βοήθεια μεμβρανών. Οι μεμβράνες παρέχουν ένα φυσικό εμπόδιο στην ροή των εμπεριεχομένων αιωρούμενων στερεών αφήνοντας το καθαρό νερό να εξέλθει.

Τα βασικά πλεονεκτήματα της μεθόδου σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα ενεργού ιλύος αναλύονται στη συνέχεια.

Η κύρια παράμετρος που ελέγχει την αποδοτικότητα ενός συστήματος ενεργού ιλύος είναι ο λόγος F/M (Food/Microorganisms):

$$\frac{F}{M} = \frac{Q \cdot S}{V \cdot X}$$

όπου:

Q και S: είναι η παροχή και η συγκέντρωση σε υπόστρωμα (BOD) των εισερχομένων λυμάτων

V και X: είναι ο όγκος και η συγκέντρωση των μικροοργανισμών του βιοαντιδραστήρα.

Όσο μικρότερος είναι ο παραπάνω λόγος τόσο μεγαλύτερη είναι και η απόδοση του συστήματος (μέχρι ενός σημείου που η περαιτέρω μείωσή του δεν επιφέρει πλέον αισθητά αποτελέσματα). Δεδομένου ότι η παροχή και η συγκέντρωση του οργανικού φορτίου στην είσοδο του βιοαντιδραστήρα είναι συγκεκριμένες, η μόνη περίπτωση μείωσης του παραπάνω λόγου είναι είτε η αύξηση του όγκου του βιοαντιδραστήρα (με όλα τα τεχνικο-οικονομικά μειονεκτήματα που δημιουργεί) είτε η αύξηση της συγκέντρωσης των μικροοργανισμών σε αυτόν (συνδυασμός αύξησης απόδοσης και μείωσης απαιτήσεων έργων ΠΜ).

Το τελευταίο δεν είναι δυνατό σε μία συμβατική εγκατάσταση ενεργού ιλύος διότι η ταχύτητα καθιζήσεως της παραγόμενης βιομάζας μειώνεται δραστικά με την αύξηση της συγκέντρωσης αυτής δημιουργώντας περαιτέρω προβλήματα στην καθίζηση της τελευταίας. Ωστόσο, με τη χρήση μεμβρανών αντί δεξαμενών καθίζησης για το διαχωρισμό του ανάμικτου υγρού είναι εφικτή η αύξηση της

συγκέντρωσης των μικροοργανισμών στο ανάμικτο υγρό, διατηρώντας συγκεκριμένες υδροδυναμικές συνθήκες στις μεμβράνες και μηδενίζοντας έτσι την επίδραση της αύξησης της βιομάζας στη διαύγαση του υγρού. Έτσι το πρώτο σημαντικό πλεονέκτημα της μεθόδου είναι η αύξηση της αποδοτικότητας σε συνδυασμό με τη μείωση του απαιτούμενου ωφέλιμου όγκου και κατά συνέπεια και έκτασης.

Δύο άλλα σημαντικά πλεονεκτήματα της περιγραφόμενης τεχνολογίας είναι τα εξής:

1. Το είδος των βακτηρίων και μικροοργανισμών που παραμένουν στο σύστημα δεν εξαρτάται πλέον από την ικανότητά τους να δημιουργούν βιολογικούς φλόκους και να καθιζάνουν. Στο σύστημα M.B.R., όλα τα είδη που αναπτύσσονται στον βιοαντιδραστήρα έχουν τον ίδιο χρόνο παραμονής που δεν είναι άλλος από την ηλικία ιλύος.
2. Το ίδιο ισχύει και για τα κολλοειδή και τις μακρομοριακές ενώσεις, οι οποίες ενώ δεν μπορούσαν να καθιζάνουν στη δεξαμενή καθίζησης, τώρα διατηρούνται στο σύστημα αφού δεν διαπερνούν τους πόρους των μεμβρανών. Έτσι και αυτές διατηρούνται στο σύστημα όσο και ο χρόνος ηλικίας της ιλύος.

Τα παραπάνω πλεονεκτήματα αποτελούν και την ειδοποιό διαφορά μεταξύ συστημάτων ενεργού ιλύος και M.B.R. με την ίδια ηλικία ιλύος. Έτσι στα τελευταία, αφενός υπάρχει πολύ μεγαλύτερος πληθυσμός και ποικιλία ενεργών μικροοργανισμών στο σύστημα, αφετέρου ακόμη και οι δύσκολα βιοαποδομούμενες ενώσεις παραμένουν πολύ περισσότερο στο σύστημα και τελικά αποδομούνται.

Συνδυάζοντας τελικά τα οφέλη των παραπάνω μεθόδων βιολογικής επεξεργασίας, προκύπτει ένα σύστημα ευέλικτο (αφού υπάρχει η δυνατότητα αυξομείωσης του ποσοστού πλήρωσης των βιολογικών δεξαμενών) αλλά παράλληλα με ιδιαίτερα αυξημένη την ασφάλεια στο θέμα απόδοσης και τελικού προϊόντος (αφού οι μεμβράνες εξασφαλίζουν το φυσικό εμπόδιο στα ρυπαντικά φορτία που δεν αποδομήθηκαν, όπως τα υπολειπόμενα αιωρούμενα στερεά).

Προτεινόμενη βαθμίδα βιολογικής επεξεργασίας

Για την επιλογή της μεθόδου βιολογικής επεξεργασίας των λυμάτων, ελήφθησαν υπόψη τα κάτωθι κριτήρια:

- Η δυνατότητα αξιόπιστης αντιμετώπισης σημαντικών εποχικών αυξομειώσεων στο υδραυλικό και ρυπαντικό φορτίο των προς επεξεργασία λυμάτων, όπως παρατηρούνται συνήθως στην πράξη σε μικρούς οικισμούς και κοινότητες,
- Η σημαντική εξοικονόμηση όγκου βιοαντιδραστήρων και δεξαμενών δευτεροβάθμιας καθίζησης,
- Η χαμηλή παραγωγή περίσσειας ιλύος προς απόρριψη,
- Η δυνατότητα σταδιακής αύξησης της δυναμικότητας επεξεργασίας,
- Ο μέγιστος δυνατός αυτοματισμός στη λειτουργία,
- Η ευκολία στην παρακολούθηση και ρύθμιση των διαφόρων λειτουργικών παραμέτρων,
- Η ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών οχλήσεων (οσμή, θόρυβος κλπ) στη γειτονική περιοχή του Έργου.

Τα προαναφερθέντα κριτήρια επιβάλλουν την εφαρμογή μιας ευέλικτης, συμπαγούς (compact) και εύκολα επεκτάσιμης λύσης. Κάτι τέτοιο μπορεί να επιτευχθεί στο βέλτιστο βαθμό όταν οι διάφορες υπομονάδες που συγκροτούν τη βιολογική βαθμίδα της Μ.Ε.Λ. αντιστοιχούν σε συμπαγή προκατασκευασμένα συγκροτήματα επεξεργασίας με τη μορφή και τις διαστάσεις ISO-standard containers (εμπορευματοκιβώτια).

Ως εκ τούτου, για την παρούσα εφαρμογή, προτείνεται η χρησιμοποίηση συμπαγών προκατασκευασμένων συγκροτημάτων βιολογικής επεξεργασίας που στηρίζονται στην τεχνολογία M.B.M.R.

Για την κάλυψη των απαιτήσεων σχεδιασμού της βιολογικής βαθμίδας του οικισμού Κάτω Νευροκοπίου θα εγκατασταθούν **τρεις (3) ανεξάρτητες ισοδύναμες γραμμές βιολογικής επεξεργασίας (Γ.Β.Ε.) που θα λειτουργούν**

εν παραλλήλω.

Κάθε επιμέρους Γ.Β.Ε. αποτελείται από ένα ανεξάρτητο κλειστό συμπαγές συγκρότημα βιολογικής επεξεργασίας τύπου MBMR το οποίο μπορεί να τροφοδοτείται με έως και 200 m³ λυμάτων περίπου την ημέρα.

Κάθε συγκρότημα θα αποτελείται από μια αυτόνομη μονάδα που έχει τη μορφή και τις διαστάσεις ISO-standard container. Τα συγκροτήματα θα είναι διαμερισματοποιημένα και χρησιμοποιούν πολλαπλούς βιοαντιδραστήρες που λειτουργούν υπό καθεστώς εμβολικής ροής (plug flow), οι οποίοι έχουν ως γνωστό μεγαλύτερη απόδοση από τους αντιδραστήρες πλήρως αναμεμιγμένης ροής (complete-mix flow). Οι χρησιμοποιούμενοι αντιδραστήρες ενσωματώνουν με έξυπνο και αποδοτικό τρόπο όλα τα επιμέρους στάδια-διεργασίες που απαιτούνται για τον επιθυμητό βαθμό βιολογικής επεξεργασίας των λυμάτων. Επιπλέον, τα συγκροτήματα περιλαμβάνουν-ενσωματώνουν όλο τον αναγκαίο μηχανολογικό εξοπλισμό, καθώς επίσης και τα όργανα και συστήματα ελέγχου & παρακολούθησης της λειτουργίας τους.

Για τη μέτρηση της παροχής τροφοδοσίας της βιολογική βαθμίδας της εγκατάστασης, χρησιμοποιείται παροχόμετρο ηλεκτρομαγνητικού τύπου, το οποίο εγκαθίσταται στον αγωγό κατάθλιψης των αντλιών τροφοδοσίας των λυμάτων.

Τέλος, η τροφοδότηση οξυγόνου στα αερόβια διαμερίσματα αντίδρασης των συμπαγών συγκροτημάτων θα γίνεται μέσω λοβοειδών φυσητήρων αερισμού.

Τεχνική περιγραφή του συγκροτήματος βιολογικής επεξεργασίας

Το συμπαγές συγκρότημα βιολογικής επεξεργασίας θα περιλαμβάνει τα κάτωθι διακριτά διαμερίσματα:

- Ανοξικό διαμέρισμα αντίδρασης MBBR-IFAS για προηγηθείσα απονιτροποίηση (προαπονιτροποίηση),
- 1^ο αερόβιο διαμέρισμα αντίδρασης MBBR-IFAS για κύρια απομάκρυνση οργανικού άνθρακα,
- 2^ο αερόβιο διαμέρισμα αντίδρασης MBBR-IFAS για συμπληρωματική

απομάκρυνση οργανικού άνθρακα και νιτροποίηση,

- 3^ο αερόβιο διαμέρισμα αντίδρασης MBBR-IFAS για ολοκλήρωση της απομάκρυνσης οργανικού άνθρακα και συμπληρωματική νιτροποίηση,
- Διαμέρισμα διαύγασης με μεμβράνες (Membrane Bio-Reactor – MBR) για διαχωρισμό αιωρούμενων στερεών από την επεξεργασμένη εκροή,
- Διαμέρισμα μηχανοστασίου για εγκατάσταση του μηχανολογικού εξοπλισμού και του ηλεκτρολογικού πίνακα ελέγχου.

Ανοξικό διαμέρισμα αντίδρασης

Στο ανοξικό διαμέρισμα αντίδρασης λαμβάνει χώρα προαπονιτροποίηση (pre-denitrification) των λυμάτων. Για το σκοπό αυτό, το νιτροποιημένο μικτό υγρό ανακυκλοφορείται από το 3^ο αερόβιο διαμέρισμα στο τμήμα εισόδου του ανοξικού διαμερίσματος, όπου αναμιγνύεται με το ρεύμα τροφοδοσίας των λυμάτων-βοθρολυμάτων από τη δεξαμενή εξισορρόπησης. Η ανάμιξη εντός του ανοξικού διαμερίσματος θα πραγματοποιείται μέσω υποβρύχιου αναδευτήρα οριζόντιας ροής τύπου προπέλας.

Η ταχύτητα περιστροφής της έλικας του αναδευτήρα θα ρυθμίζεται μέσω μετατροπέα συχνότητας στροφών (inverter). Ο αναδευτήρας είναι εγκατεστημένος σε κατάλληλο βάθος στο τμήμα εισόδου του ανοξικού διαμερίσματος και στηρίζεται σε κυλινδρική ράβδο-οδηγό καθέλκυσης και ανέλκυσής του. Τέλος, ο αναδευτήρας περιβάλλεται από κατάλληλο μεταλλικό προστατευτικό πλέγμα για την αποφυγή της καταστροφή των βιοφορέων από την περιστροφική δράση της έλικας.

Οι ετερότροφοι απονιτροποιητικοί μικροοργανισμοί μετατρέπουν υπό ανοξικές συνθήκες ($DO < 0,50 \text{ mg/L}$) τα ανακυκλοφορούμενα νιτρικά ιόντα (NO_3^-) σε αέριο άζωτο (N_2) με ταυτόχρονη σημαντική κατανάλωση βιοδιασπώμενου COD από το «φρέσκο» ρεύμα τροφοδοσίας και παραγωγή αλκαλικότητας (η οποία εν μέρει αντισταθμίζει την κατανάλωση αλκαλικότητας από τη νιτροποίηση και τη χημική κατακρήμνιση του φωσφόρου).

Η ανακυκλοφορία των νιτρικών γίνεται μέσω κατάλληλης φυγοκεντρικής αντλίας εγκατεστημένης εντός του μηχανοστασίου.

Επειδή τα ετερότροφα βακτήρια που έχουν τη δυνατότητα να ανάγουν τα νιτρικά σε μοριακό άζωτο εμφανίζουν αργούς ρυθμούς ανάπτυξης, απαιτείται σχετικά υψηλός χρόνος παραμονής ιλύος (SRT) για την ανάπτυξη και διατήρηση σημαντικής συγκέντρωσης απονιτροποιητικής βιομάζας. Έτσι, επειδή η ηλικία της αιωρούμενης βιομάζας του συγκροτήματος είναι μικρή, θεωρούμε ότι η απονιτροποίηση πραγματοποιείται σχεδόν αποκλειστικά από την προσκολλημένη βιομάζα.

Το ανοξικό διαμέρισμα είναι πληρωμένο σε μέγιστο ποσοστό 60% με ειδικό πλαστικό υλικό (βιοφορείς) που μπορεί να κινείται ελεύθερα στο διαθέσιμο υγρό όγκο. Το υλικό πλήρωσης προσφέρει ιδιαίτερα μεγάλη «ενεργό» ειδική επιφάνεια για την ανάπτυξη βιοφίλμ ($> 500 \text{ m}^2/\text{m}^3$), εξασφαλίζοντας έτσι τη συσσώρευση υψηλών συγκεντρώσεων ετερότροφης προσκολλημένης βιομάζας στο εσωτερικό του αντιδραστήρα.

Οι βιοφορείς συγκρατούνται εντός του ανοξικού διαμερίσματος μέσω διάταξης εσχάρας με κατάλληλο άνοιγμα οπών. Το απονιτροποιημένο υγρό και η αιωρούμενη βιομάζα, από την άλλη, συνεχίζουν τη ροή τους στο διπλανό διαμέρισμα του συγκροτήματος μέσω της προαναφερθείσας εσχαροδιάταξης που εμφανίζει χαμηλή πτώση πίεσης.

Πρώτο αερόβιο διαμέρισμα αντίδρασης

Στο 1^ο αερόβιο διαμέρισμα αντίδρασης πραγματοποιείται το μεγαλύτερο ποσοστό της αποδόμησης του οργανικού φορτίου των λυμάτων (BOD₅ και COD). Ένα μέρος του οργανικού φορτίου οξειδώνεται απευθείας προς διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και νερό προς κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των μικροοργανισμών, ενώ ένα άλλο μέρος ενσωματώνεται στη συντιθέμενη βιομάζα (αφομοίωση).

Το διαμέρισμα είναι πληρωμένο σε ποσοστό περίπου 65% με το προαναφερθέν ειδικό πλαστικό υλικό, ενώ η απομάκρυνση του οργανικού φορτίου πραγματοποιείται τόσο από την αιωρούμενη βιομάζα, όσο και από το βιοφίλμ. Λόγω της υψηλότερης συγκέντρωσης του βιοφίλμ έναντι των αιωρούμενων στερεών, το μεγαλύτερο ποσοστό απομάκρυνσης οργανικών παρατηρείται στην

επιφάνεια των βιοφορέων.

Στο 1^ο αερόβιο διαμέρισμα γίνεται ο έλεγχος της συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου στο μικτό υγρό μέσω βυθιζόμενου αισθητήρα DO οπτικού-φθορισμομετρικού τύπου.

Δεύτερο αερόβιο διαμέρισμα αντίδρασης

Το οργανικό φορτίο που περιέχεται στην εκροή του 1^{ου} αερόβιου διαμερίσματος, καταναλώνεται περαιτέρω στο 2^ο αερόβιο διαμέρισμα αντίδρασης. Η διεργασία είναι ίδια με αυτή που περιγράφηκε προηγουμένως.

Πέραν της συμπληρωματικής αποδόμησης του οργανικού φορτίου, στο δεύτερο αερόβιο διαμέρισμα λαμβάνει χώρα και νιτροποίηση των λυμάτων. Η νιτροποίηση είναι μία διεργασία δύο σταδίων, όπου σε πρώτη φάση το αμμωνιακό άζωτο ($\text{NH}_4\text{-N}$) οξειδώνεται σε νιτρώδες άζωτο ($\text{NO}_2\text{-N}$), ενώ, σε δεύτερη φάση, το $\text{NO}_2\text{-N}$ οξειδώνεται σε νιτρικό άζωτο ($\text{NO}_3\text{-N}$). Και στα δύο στάδια της νιτροποιητικής διεργασίας λαμβάνει χώρα σημαντική κατανάλωση διαλυμένου οξυγόνου και αλκαλικότητας. Η διεργασία πραγματοποιείται από κατάλληλους αυτότροφους μικροοργανισμούς (νιτροποιητές) που χρησιμοποιούν ως πηγή άνθρακα για τη σύνθεση νέου κυτταρικού υλικού το διαλυμένο στα λύματα CO_2 .

Επειδή οι νιτροποιητές εμφανίζουν αργούς ρυθμούς ανάπτυξης, απαιτείται αρκετά υψηλός χρόνος παραμονής ιλύος για την ανάπτυξη και διατήρηση σημαντικής συγκέντρωσης νιτροποιητικής βιομάζας. Έτσι, επειδή η ηλικία της αιωρούμενης βιομάζας του συγκροτήματος είναι μικρή, θεωρούμε ότι η νιτροποίηση πραγματοποιείται σχεδόν αποκλειστικά από την προσκολλημένη βιομάζα. Το διαμέρισμα πληρώνεται σε ποσοστό περί το 65% με το προαναφερθέν ειδικό πλαστικό υλικό, στην επιφάνεια του οποίου αναπτύσσεται το βιοφίλμ που είναι υπεύθυνο για τη νιτροποίηση.

Τρίτο αερόβιο διαμέρισμα αντίδρασης

Στο 3^ο αερόβιο διαμέρισμα αντίδρασης ολοκληρώνεται η απομάκρυνση του οργανικού φορτίου και η νιτροποίηση των λυμάτων. Οι διεργασίες είναι ίδιες με

αυτές που περιγράφηκαν προηγουμένως. Από το θάλαμο αυτό αναρροφά η αντλία ανακυκλοφορίας ανάμικτου υγρού.

Στο διαμέρισμα αυτό γίνεται επίσης η δοσομέτρηση του αντιδραστηρίου κροκίδωσης για να επιτευχθεί η χημική αποφωσφόρωση των λυμάτων. Το προστιθέμενο δ/μα χλωριούχου πολυαργιλίου (Poly-Aluminum Chloride, PACl) αντιδρά με τα φωσφορικά ιόντα (PO_4^{3-}) που περιέχονται στο μίκτο υγρό, με αποτέλεσμα το σχηματισμό δυσδιάλυτων φωσφορικών αλάτων του αργιλίου και την παράλληλη κατανάλωση αλκαλικότητας. Το χλωριούχο πολυαργίλιο επιλέγεται ως αντιδραστήριο χημικής κατακρήμνισης έναντι των συνηθών κροκιδωτικών του σιδήρου πρώτον γιατί απαιτεί μικρότερες δόσεις προσθήκης και παράγει μικρότερες ποσότητες χημικής λάσπης για το ίδιο ποσοστό απομάκρυνσης PO_4^{3-} και, δεύτερο, γιατί καταναλώνει μικρότερες συγκεντρώσεις αλκαλικότητας των λυμάτων.

Η προκύπτουσα χημική λάσπη γίνεται μέρος των αιωρούμενων στερεών του μίκτου υγρού (MLSS), αυξάνει δε σημαντικά τη συγκέντρωση των αδρανών (μη «ενεργών») στερεών στο εσωτερικό των βιοαντιδραστήρων. Τελικά, τα παραγόμενα χημικά στερεά συγκαθίζονται με τα υπόλοιπα αιωρούμενα στερεά (βιολογικά και μη) στο ακόλουθο διαμέρισμα διαύγασης και απομακρύνονται από το σύστημα μέσω της διεργασίας απόρριψης λάσπης.

Διατάξεις συγκράτησης βιοφορέων

Κάθε διαμέρισμα (βιοαντιδραστήρας) διαχωρίζεται από άλλο με στιβαρό μεταλλικό τοίχιο, στο επάνω μέρος του οποίου υπάρχουν κατάλληλα σχεδιασμένα «παράθυρα» (ανοίγματα) που φέρουν εσχαρωτές διατάξεις (σήτες) κατάλληλης διαμέτρου, κατασκευασμένες από αλουμίνιο. Οι διατάξεις αυτές θα είναι σχεδιασμένες με τέτοιο τρόπο που να επιτρέπουν την ανεμπόδιση και με μικρές απώλειες ροή των λυμάτων από τον ένα θάλαμο στον άλλο χωρίς εμφράξεις, καθώς αυτοκαθαρίζονται με την ροή των φυσαλίδων αέρα.

Σύστημα αερισμού και διάχυσης αέρα

Ο αέρας (οξυγόνο) που απαιτούν οι αερόβιοι αντιδραστήρες παροχετεύεται

διαμέσου δίλοβων φυσητήρων και κατάλληλου δικτύου σωληνώσεων. Για τη διάχυση της αναγκαίας ποσότητας αέρα σε κάθε διαμέρισμα, χρησιμοποιείται κατάλληλα διαστασιολογημένο δίκτυο σωληνώσεων από ανοξείδωτο χάλυβα, το οποίο οδηγεί σε σωληνωτούς διαχύτες χονδρής φυσαλίδας, επίσης από ανοξείδωτο χάλυβα. Η διάταξη των εν λόγω διαχυτών στον πυθμένα των βιοαντιδραστήρων γίνεται κατά τρόπο τέτοιο ώστε η πίεση σε αυτούς να εξισορροπείται και να επιτυγχάνεται η βέλτιστη κατανομή αέρα (circuit pipe-network) στο σύνολο του υγρού όγκου αντίδρασης. Καθώς οι φυσαλίδες αέρα κινούνται ανοδικά, εξαναγκάζονται να περάσουν ανάμεσα από τους ελεύθερα κινούμενους βιοφορείς, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται ένας υψηλός ρυθμός μεταφοράς οξυγόνου (Oxygen Transfer Rate, OTR).

Διαμέρισμα διαύγασης – δεξαμενή μεμβρανών

Στο διαμέρισμα ταχείας διαύγασης πραγματοποιείται διαχωρισμός των αιωρούμενων στερεών από την επεξεργασμένη εκροή. Στα αιωρούμενα προς διαχωρισμό στερεά συμπεριλαμβάνεται και το βιοφίλμ που αποκολλάται από την επιφάνεια των βιοφορέων λόγω των μεταξύ τους συγκρούσεων και των αναπτυσσόμενων δυνάμεων διάτμησης από την εισαγωγή του αέρα.

Στο θάλαμο αυτό το υγρό διαχωρίζεται με τη βοήθεια βυθισμένων μεμβρανών τύπου επίπεδων πλακών. Οι μεμβράνες προσφέρουν ένα φυσικό εμπόδιο στην ροή των εμπεριεχομένων αιωρούμενων στερεών παράγοντας μία υψηλής ποιότητας (αντίστοιχη τριτοβάθμιας επεξεργασίας) διηθημένη εκροή, ενώ παράλληλα συμπυκνώνουν το ανάμικτο υγρό (σε βιομάζα) σε επίπεδα άνω των 12-15gMLSS/l.

Μέρος της βιομάζας αυτής ανακυκλοφορεί στην είσοδο (με πολύ μικρότερους λόγους ανακυκλοφορίας από τους συνήθεις των συμβατικών συστημάτων) ενώ το υπόλοιπο απομακρύνεται παροδικά ως περίσσεια ιλύος προς τη δεξαμενή συλλογής και πάχυνσής της.

Η διήθηση του υγρού πραγματοποιείται από την εξωτερική πλευρά των μεμβρανών προς το εσωτερικό τους και από εκεί καταλήγει μέσω μικροσωλήνων σε κεντρικό συλλεκτήριο καθαρού. Η φίλτραυση πραγματοποιείται με τη

βοήθεια αντλίας, η οποία αντλεί από τον κεντρικό συλλεκτήριο αγωγό των μεμβρανών και καταθλίβει στην παρακείμενη προκατασκευασμένη δεξαμενή χλωρίωσης. Η συγκέντρωση στερεών στη δεξαμενή των μεμβρανών είναι μεταξύ 1.2 – 1.5% DS.

Δοσομέτρηση αντιδραστηρίου αποφωσφόρωσης

Για τη δοσομέτρηση του δ/τος χλωριούχου πολυαργιλίου (PACl) στο 3^ο αερόβιο διαμερίσμα του συγκροτήματος, χρησιμοποιείται μία (1) αντλία διαφραγματικού τύπου, δυναμικότητας 0,0060 – 6.0 L/h, μέγιστου μανομετρικού 10 bar. Η παροχή της αντλίας θα ρυθμίζεται μέσω εξωτερικού αναλογικού σήματος 4-20 mA. Η αντλία του PACl εγκαθίσταται στο κτίριο των χημικών της Μ.Ε.Λ.

Για την αποθήκευση και την απαιτούμενη 10ήμερη επάρκεια του δ/τος PACl, επιλέγεται ένα (1) κατακόρυφο κυλινδρικό δοχείο από γραμμικό πολυαιθυλένιο (LMDPE), χωρητικότητας 500 L. Το εν λόγω δοχείο τοποθετείται στο κτίριο των χημικών της Μ.Ε.Λ.

Ανακυκλοφορία ανάμικτου υγρού

Για την ανακυκλοφορία του ανάμικτου υγρού από τον 3^ο αερόβιο αντιδραστήρα στην είσοδο του ανοξικού διαμερίσματος του συγκροτήματος, χρησιμοποιείται μία (1) φυγοκεντρική αντλία ξηρής λειτουργίας, δυναμικότητας 30 m³/h. Η εν λόγω αντλία είναι εγκατεστημένη στο μηχανοστάσιο του συγκροτήματος, ενώ η επιλεγείσα παροχή ανακυκλοφορίας νιτρικών παρακολουθείται με ηλεκτρομαγνητικό μετρητή παροχής, οι ενδείξεις του οποίου μεταφέρονται μέσω του PLC του συγκροτήματος στο κεντρικό σύστημα παρακολούθησης της λειτουργίας της Μ.Ε.Λ.

Ανακυκλοφορία & απόρριψη λάσπης

Ένα μικρό μέρος της λάσπης που συσσωρεύεται στον πυθμένα του διαμερίσματος, όπου είναι βυθισμένες οι μεμβράνες, ανακυκλοφορείται στην είσοδο του ανοξικού διαμερίσματος αντίδρασης προκειμένου να διατηρηθεί η

επιθυμητή συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών στο εσωτερικό του συγκροτήματος. Η πλεονάζουσα λάσπη (συμπυκνωμένο ανάμικτο υγρό όπου βρίσκονται βυθισμένες οι μεμβράνες) απορρίπτεται από το συγκρότημα ως περίσσεια ιλύς.

Η διαδικασία ανακυκλοφορίας & απόρριψης ιλύος γίνεται μέσω μίας (1) αντλίας τύπου έκκεντρου κοχλία και αντίστοιχων ηλεκτροβαλβίδων. Η αντλία ιλύος είναι ρυθμιζόμενης παροχής λειτουργίας, δυναμικότητας 14 m³/h. Τόσο η αντλία όσο και οι ηλεκτροδικλείδες βρίσκονται εντός του μηχανοστασίου του συγκροτήματος.

Η παροχή ανακυκλοφορίας ή απόρριψης ιλύος παρακολουθείται από το PLC, οι ενδείξεις του οποίου μεταφέρονται μέσω αυτού στο σύστημα SCADA παρακολούθησης της λειτουργίας της Μ.Ε.Λ. Η ενεργοποίηση της αντλίας και των δικλείδων για ανακυκλοφορία ή απόρριψη της λάσπης γίνεται αυτόματα μέσω ρυθμίσεων στο πρόγραμμα του PLC του συγκροτήματος ώστε να επιτυγχάνεται η ζητούμενη ημερήσια ανακυκλοφορία & απομάκρυνση ιλύος. Όλες οι παράμετροι (ρυθμίσεις PLC) καθώς και οι ενδείξεις των οργάνων εμφανίζονται στο SCADA, από όπου και μπορούν να ρυθμιστούν.

Μηχανοστάσιο συγκροτήματος

Όλος ο σχετικός με την βιολογική επεξεργασία εξοπλισμός εκτός των φυσητήρων αερισμού, καθώς επίσης και ο ηλεκτρολογικός πίνακας ελέγχου θα βρίσκονται στο ένα άκρο του συγκροτήματος και εντός κατάλληλα διαμορφωμένου μεταλλικού οικίσκου που αποτελεί μέρος της όλης κατασκευής.

Ως εκ τούτου, στο μηχανοστάσιο του συγκροτήματος εγκαθίσταται ο κάτωθι εξοπλισμός:

- Αντλία ανάμικτου υγρού,
- Αντλία ανακυκλοφορίας & απόρριψης ιλύος,
- Ηλεκτροκίνητες δικλείδες,
- Ελεγκτής οργάνου μέτρησης διαλυμένου οξυγόνου,
- Ηλεκτρολογικός πίνακας ισχύος & αυτοματισμού με τα απαραίτητα

όργανα.

Όλος ο εξοπλισμός θα είναι πλήρως προ-εγκατεστημένος και συνδεδεμένος υδραυλικά και ηλεκτρολογικά.

Φυσητήρες αέρα

Για την κάλυψη των αναγκών αερισμού των τριών συγκροτημάτων της βιολογικής βαθμίδας της Μ.Ε.Λ. εγκαθίστανται τέσσερις (4) φυσητήρες σε λειτουργία και δύο (2) εφεδρικοί, δηλαδή 50% εφεδρεία. Οι φυσητήρες θα εγκατασταθούν σε κατάλληλο για το σκοπό αυτό κτήριο (blower room), θα ελέγχονται από το PLC και θα οδηγούνται από μετατροπέα συχνότητας, ενώ θα λειτουργούν ανά ζεύγη σε κυκλική εναλλαγή.

Η παροχή οξυγόνου στους αερόβιους αντιδραστήρες της βιολογικής βαθμίδας ελέγχεται διαμέσου μετρητή συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου (DO) που εγκαθίσταται στο 1ο αερόβιο διαμέρισμα του συγκροτήματος. Η τιμή του διαλυμένου οξυγόνου εντός των αντιδραστήρων παρακολουθείται και ελέγχεται συνεχώς ώστε να επιτυγχάνεται η κατάλληλη τροφοδοσία αέρα ελέγχοντας τους φυσητήρες και τις ηλεκτροδικλείδες στο δίκτυο παροχέτευσης αέρα του κάθε συγκροτήματος ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες διεργασίας.

Θα εγκατασταθούν τέσσερις (4) δίλοβοι φυσητήρες εκ των οποίων οι δύο θα είναι εφεδρικοί, έκαστος δυναμικότητας $700 \text{ Nm}^3/\text{h} @ 325 \text{ mbar}$.

Η παροχή του κάθε φυσητήρα θα μεταβάλλεται μέσω μετατροπέα συχνότητας εγκατεστημένου στον ηλεκτρολογικό πίνακα.

Το ζεύγος των φυσητήρων που σε δεδομένη στιγμή θα βρίσκεται σε λειτουργία, θα εξυπηρετεί και τα τρία παράλληλα συγκροτήματα βιολογικής επεξεργασίας, τροφοδοτώντας τον αέρα σε καταθλιπτικό αγωγό ονομαστικής διαμέτρου DN 200, από τον οποίο θα αναχωρούν τέσσερις κλάδοι, έκαστος για την εξυπηρέτηση ενός συγκροτήματος βιολογικής επεξεργασίας. Η μέτρηση της παροχής αέρα σε κάθε κλάδο θα γίνεται μέσω αντίστοιχου παροχόμετρου μεταβλητής διατομής (ροτάμετρο). Καθένας από τους κλάδους, θα είναι εξοπλισμένος με ηλεκτροκίνητη δικλείδα τύπου πεταλούδας, αναλογικής ρύθμισης μέσω σήματος 4-20 mA.

Κάθε μονάδα βιολογικής επεξεργασίας είναι εξοπλισμένη με ένα όργανο μέτρησης διαλυμένου οξυγόνου. Η ρύθμιση της τροφοδοσίας αέρα κάθε συγκροτήματος θα γίνεται με βάση τη μέτρηση οξυγόνου από τον αντίστοιχο μετρητή και την ανάλογη μεταβολή της θέσης της αντίστοιχης δικλείδας τροφοδοσίας, έτσι ώστε να επιτρέπει την τροφοδοσία μεγαλύτερης ή μικρότερης ποσότητας αέρα.

Στον κεντρικό αγωγό τροφοδοσίας αέρα, κοντά στην κατάθλιψη των φυσητήρων, θα εγκατασταθεί ένα αναλογικό όργανο μέτρησης της πίεσης του αέρα. Με βάση τη μέτρηση του οργάνου, θα γίνεται από το PLC η ανάλογη ρύθμιση της παροχής του φυσητήρα με μεταβολή των στροφών από το μετατροπέα συχνότητας. Έτσι, όταν δεν υπάρχει μεγάλη απαίτηση σε αέρα και οι δικλείδες αέρα δεν επιτρέπουν την παροχή προς τις μονάδες επεξεργασίας, η πίεση στον καταθλιπτικό αγωγό ανεβαίνει και το σύστημα αυτόματα χαμηλώνει την παροχή του φυσητήρα, προσαρμόζοντας έτσι την παροχή στις εκάστοτε στιγμιαίες απαιτήσεις.

4.9 Αφυδάτωση Περίσσειας Ιλύος

Η περίσσεια ιλύς (βιολογική και χημική) που παράγεται από τα συγκροτήματα βιολογικής επεξεργασίας οδηγείται μέσω των αντίστοιχων αντλιών απόρριψης ιλύος σε δεξαμενή προσωρινής αποθήκευσης κατασκευασμένη από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η εν λόγω δεξαμενή θα έχει ωφέλιμο όγκο αποθήκευσης περί τα 64m^3 .

Σύμφωνα με τους Αναλυτικούς Υγιεινολογικούς Υπολογισμούς, η μέγιστη ημερήσια απόρριψη περίσσειας ιλύος ανέρχεται σε $23,87\text{ m}^3/\text{d}$ και, ως εκ τούτου, η χωρητικότητα της δεξαμενής ιλύος δύναται να καλύψει με άνεση τις ανάγκες προσωρινής αποθήκευσης ιλύος κατά τη διάρκεια του Σαββατοκύριακου.

Για την αντιμετώπιση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, η δεξαμενή ιλύος είναι εφοδιασμένη με υπερχείλιση ασφαλείας μέσω της οποίας εκτρέπεται το περιεχόμενό της στη δεξαμενή εξισορρόπησης.

Από τη δεξαμενή ιλύος, η αναμεμιγμένη συλλεχθείσα ιλύς τροφοδοτείται στη μονάδα μηχανικής πάχυνσης-αφυδάτωσης μέσω δύο (2) αντλιών τύπου

έκκεντρου κοχλία (1D + 1S), έκαστη δυναμικότητας 7.50 m³/h.

Η διάταξη της μονάδας μηχανικής πάχυνσης-αφυδάτωσης θα είναι τέτοια που εγκαθιστά το σύνολο του απαιτούμενου εξοπλισμού και υλικών εντός ειδικά διαμορφωμένου ISO-standard container 20 ft (εμπορευματοκιβώτιο μήκους 6.00 m). Το container της αφυδάτωσης ίλύος διαθέτει θερμομόνωση και φωτισμό, ενώ αποσμεείται από μονάδα ενεργού άνθρακα. Το container εδράζεται σε πλάκα από σκυρόδεμα και χωροθετείται παραπλεύρως της δεξαμενής συλλογής ίλύος.

Το επιλεγόμενο συγκρότημα μηχανικής πάχυνσης-αφυδάτωσης, θα μπορεί να επεξεργάζεται το σύνολο της παραγόμενης πλεονάζουσας ίλύος σε εξάωρη ημερήσια και πενθήμερη εβδομαδιαία λειτουργία για την παραγωγή ίλύος της Α' Φάσης του Έργου.

Συγκεκριμένα, εντός του container της αφυδάτωσης, εγκαθίσταται ο κάτωθι εξοπλισμός:

- Αντλίες τροφοδοσίας ίλύος από τη δεξαμενή αποθήκευσης,
- Μηχανικά αναδευόμενο δοχείο συσσωμάτωσης ίλύος,
- Μονάδα προετοιμασίας δ/τος πολυηλεκτρολύτη,
- Αντλίες δοσομέτρησης δ/τος πολυηλεκτρολύτη,
- Διάταξη μηχανικής πάχυνσης-αφυδάτωσης λάσπης τύπου κοχλιωτής πρέσας,
- Ηλεκτρικός πίνακας ελέγχου λειτουργίας.

Πριν από την είσοδό του στην κοχλιοπρέσα, το ρεύμα τροφοδοσίας λάσπης υφίσταται συσσωμάτωση με προσθήκη δ/τος κατιονικού πολυηλεκτρολύτη στο εσωτερικό ενός (1) μηχανικά αναδευόμενου κυλινδρικού δοχείου (flocculator) από ανοξείδωτο χάλυβα, όγκου 100 L.

Για την προετοιμασία του δ/τος πολυηλεκτρολύτη, εγκαθίσταται μία (1) αυτόματη μονάδα παρασκευής δ/τος πολυηλεκτρολύτη, δυναμικότητας 600 L/h.

Για τη δοσομέτρηση του δ/τος πολυηλεκτρολύτη, επιγέγονται δύο (2) εμβολοφόρες αντλίες διαφράγματος (1D + 1S), έκαστη μέγιστης παροχής λειτουργίας 176 L/h (διάλυμα Poly 2.0%).

Από το δοχείο κροκίδωσης, η συσσωματωμένη λάσπη τροφοδοτείται μέσω

αγωγού PVC στην είσοδο κοχλιωτής διάταξης μηχανικής πάχυνσης-αφυδάτωσης, μέγιστης παροχής τροφοδοσίας $5.00 \text{ m}^3/\text{h} @ 1,0\% \text{ DS}$.

Η διάταξη πάχυνσης-αφυδάτωσης ιλύος είναι κοχλιωτού τύπου και αποτελεί μία κλειστή διάταξη, η οποία εγκαθίσταται σε υπερυψωμένη βάση εντός του ειδικά διαμορφωμένου container.

Η ιλύς τροφοδοτείται στο ένα άκρο της και εξέρχεται αφυδατωμένη από το άλλο άκρο της.

Η κοχλιωτή διάταξη πάχυνσης-αφυδάτωσης φέρει στο κάτω μέρος της λεκάνη συγκέντρωσης στραγγιδίων και φλάντζα για την σύνδεση του υδραυλικού δικτύου απομάκρυνσης των στραγγιδίων.

Στην έξοδο της κοχλιοπρέσας, η αφυδατωμένη ιλύς παραλαμβάνεται από σύστημα κοχλιών μεταφοράς μέσω του οποίου ανυψώνεται και απορρίπτεται σε μεταλλικούς κάδους απορριμμάτων, οι οποίοι βρίσκονται εξωτερικά του container αφυδάτωσης. Η αφυδατωμένη πίτα λάσπης αναμένεται να έχει περιεκτικότητα σε στερεά ίση με $18.0 \pm 0,2\% \text{ DS}$.

Οι κοχλίες ανύψωσης και απόρριψης της αφυδατωμένης λάσπης, καθώς επίσης και οι κάδοι συλλογής της πίτας λάσπης, εγκαθίστανται χωροθετούνται δίπλα στο container αφυδάτωσης.

4.10 Απολύμανση Εκροής

Η δευτεροβάθμια (βιολογικά επεξεργασμένη) εκροή από κάθε ανεξάρτητο συγκρότημα καταλήγει διά βαρύτητας σε αντίστοιχο υπερυψωμένο ορθογωνικό φρεάτιο από σκυρόδεμα. Οι «υγρές» διαστάσεις κάθε φρεατίου είναι $0,60 \times 0,60 \times 1,90 \text{ m}$ (L x W x H). Τα τρία επιμέρους φρεάτια επικοινωνούν υδραυλικά μεταξύ τους μέσω υπεδάφιου αγωγού ($\Phi 125$ και $\Phi 160$, PVC), ενώ το σύνολο της συλλεγόμενης δευτεροβάθμιας εκροής τροφοδοτείται διά βαρύτητας μέσω υπεδάφιου αγωγού ($\Phi 250$, PVC) σε μαιανδρική δεξαμενή χλωρίωσης κατασκευασμένης από οπλισμένο σκυρόδεμα ωφέλιμου όγκου ίσο με 48m^3 . Συγκεκριμένα αποτελείται από 6 μαιάνδρους μήκους $6,7\text{m}$ και πλάτους 1m έκαστος με συνολικό βάθος ροής ίσο με $1,20\text{m}$.

Από τη δεξαμενή χλωρίωσης, η τελική εκροή οδηγείται μέσω υπερχειλίσης σε φρεάτιο αποχλωρίωσης, απ όπου γίνεται η λήψη αντιπροσωπευτικών δειγμάτων της τελικής επεξεργασμένης εκροής για την αξιολόγηση της απόδοσης λειτουργίας της Ε.Ε.Λ. και τη διακρίβωση της τήρησης των επιθυμητών ορίων εξόδου. Από το φρεάτιο αυτό, η τελική επεξεργασμένη εκροή καταλήγει μέσω υπεδάφιου αγωγού (Φ400, PE) στον αποδέκτη.

Η προσθήκη του δ/τος υποχλωριώδους νατρίου θα γίνεται μέσω δοσομετρικής αντλίας τύπου διαφράγματος, δυναμικότητας 0,0060 – 6.0 L/h. Η παροχή της αντλίας θα ρυθμίζεται μέσω εξωτερικού αναλογικού σήματος 4-20 mA.

Η αντλία χλωρίωσης εγκαθίσταται στον οικίσκο εξυπηρέτησης της Ε.Ε.Λ. Για την αποθήκευση και την απαιτούμενη 10ήμερη διάρκεια του αντιδραστηρίου χλωρίωσης επιλέγεται μία (1) κατακόρυφη κυλινδρική δεξαμενή από γραμμικό πολυαιθυλένιο (LMDPE), ωφέλιμου όγκου 1200 L.

Για την προσθήκη του δ/τος μεταδιθειώδους νατρίου επιλέγεται μία (1) δοσομετρική αντλία τύπου διαφράγματος, δυναμικότητας 0,0060 – 0,6 L/h. Η παροχής της αντλίας θα ρυθμίζεται μέσω εξωτερικού αναλογικού σήματος 4-20 mA. Η αντλία αποχλωρίωσης εγκαθίσταται στο κτίριο των χημικών της Ε.Ε.Λ.

Για την αποθήκευση και την απαιτούμενη 10ήμερη επάρκεια του αντιδραστηρίου αποχλωρίωσης επιλέγεται μία (1) κατακόρυφη κυλινδρική δεξαμενή από γραμμικό πολυαιθυλένιο, ωφέλιμου όγκου 100 L.

Για τη διάλυση του μεταδιθειώδους νατρίου εγκαθίσταται στο φρεάτιο αποχλωρίωσης ένας (1) κατακόρυφος αναδευτήρας χαμηλής περιστροφικής ταχύτητας.

4.11 Διάθεση των επεξεργασμένων υγρών

Από τη δεξαμενή χλωρίωσης – αποχλωρίωσης, τα επεξεργασμένα υγρά θα καταλήγουν σε παρακείμενο ρέμα μέσω του υφιστάμενου βαρυτικού αγωγού, ή για την άρδευση των γειτονικών εκτάσεων ή ακόμα και για την άρδευση του πρασίνου της Ε.Ε.Λ.

4.12 Φρεάτιο Στραγγιδίων

Τα υγρά στραγγίδια που παράγονται από τη μηχανική διαχείριση της περίσσειας ιλύος (αφυδάτωση ιλύος και πλύσιμο κοχλιωτής πρέσας) συλλέγονται διά βαρύτητας σε υπόγειο ορθογωνικό φρεάτιο από σκυρόδεμα, το οποίο χωροθετείται πλησίον του container της αφυδάτωσης και έχει «υγρές» διαστάσεις 1,50 x 1,20 x 1,15 m (L x W x D). Στο φρεάτιο αυτό, καταλήγουν επίσης και τα λύματα του προσωπικού από το κτίριο διοίκησης της Μ.Ε.Λ. μέσω κατάλληλου υπεδάφιου αγωγού (Φ160, PVC).

Τα συλλεγόμενα στραγγίδια επιστρέφονται στη δεξαμενή εξισορρόπησης της εγκατάστασης μέσω δύο (2) υποβρύχιων φυγοκεντρικών αντλιών (1D + 1S), έκαστη δυναμικότητας 17.90 m³/h στα 5.74 m.

4.13 Έργα Υποδομής

Κτιριακά έργα

Για την κάλυψη των κτηριακών αναγκών του Έργου, και σε άμεση συνάφεια με τη γενικότερη φιλοσοφία του, θα εγκατασταθούν προκατασκευασμένες κτηριακές εγκαταστάσεις τύπου ISOBOX με πλήρη ηλεκτρολογική και υδραυλική εγκατάσταση.

Ο πρώτος οικίσκος, αποτελεί το κτίριο φυσητήρων & αποθήκευσης χημικών, θα περιλαμβάνει δε τους κάτωθι χώρους:

- Χώρο εγκατάστασης φυσητήρων αερισμού, με περσιδωτό παράθυρο και διπλές πόρτες
- Χώρο εγκατάστασης των δοχείων αποθήκευσης χημικών (FeCl₃, NaOCl και Na₂S₂O₅) και των σχετικών δοσομετρικών αντλιών, με περσιδωτό παράθυρο και μονή πόρτα.

Ο δεύτερος οικίσκος αποτελεί το κτήριο διοίκησης - γραφείου, περιλαμβάνει δε τους κάτωθι χώρους:

- Γραφείο διοίκησης της εγκατάστασης, με WC και νιπτήρα.

- Χώρος εγκατάστασης πίνακα χαμηλής τάσης, με τα σχετικά πεδία αναχωρήσεων και μεταγωγή.

Ο τρίτος οικίσκος αποτελεί το κτήριο ενέργειας, περιλαμβάνει δε τους κάτωθι χώρους:

- Χώρος εγκατάστασης H/Z, με κατάλληλα ανοίγματα για την ψύξη του κινητήρα και πεδίο μεταγωγής.
- Χώρος γενικού πίνακα διανομής – γενικός πίνακας χαμηλής τάσης (Γ.Π.Χ.Τ.)

Στις παραγράφους που ακολουθούν, γίνεται μια συνοπτική αναφορά στα τεχνικά χαρακτηριστικά των οικίσκων τύπου ISOBOX.

Κατασκευή σκελετού - Τοιχοποιίες

Οι εξωτερικοί τοίχοι και η οροφή είναι κατασκευασμένοι από θερμομονωτικά πάνελ πολουρεθάνης, αποτελούμενα από δύο ελαφρώς διαμορφωμένα ελάσματα γαλβανισμένης και βαμμένης λαμαρίνας, χρώματος λευκού, βαμμένα αμφίπλευρα και μόνωση πολουρεθάνης.

Ο μεταλλικός σκελετός είναι κατασκευασμένος από σύνθετες γαλβανισμένες και βαμμένες διατομές, το δε δάπεδο φέρει ενισχυμένες διατομές από βαμμένους κοιλοδοκούς βαρέως τύπου.

Οι υδρορροές καθώς και όλα τα συμπληρωματικά μεταλλικά μέρη είναι κατασκευασμένα από γαλβανισμένο χαλυβδοέλασμα, για προστασία από τη διάβρωση.

Πόρτες - Παράθυρα

Όλα τα κουφώματα είναι κατασκευασμένα από λευκού χρώματος αλουμίνιο.

Τα εξωτερικά θυρόφυλλα είναι κατασκευασμένα από θερμομονωτικά πάνελ όμοια της εξωτερικής τοιχοποιίας και κάσα λευκού αλουμινίου. Επίσης φέρουν κλειδαριές ασφαλείας και τρεις μεντεσέδες.

Τα παράθυρα είναι κατασκευασμένα από λευκό αλουμίνιο και είναι επάλληλα συρόμενα. Φέρουν κατάλληλες ελαστικές διατομές για πλήρη στεγανότητα καθώς και κλειδαριές.

Ηλεκτρική εγκατάσταση

Η ηλεκτρική εγκατάσταση μελετάται και κατασκευάζεται αναλόγως της χρήσης σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία και τις Ευρωπαϊκές προδιαγραφές. Η καλωδίωση γίνεται με εξωτερικά πλαστικά κανάλια και περιλαμβάνει ηλεκτρικό πίνακα με αυτόματους ασφαλειοδιακόπτες, ρελέ διαρροής, εξωτερική πρίζα τροφοδοσίας, φωτιστικά σώματα φθορισμού, πρίζες σούκο, διακόπτες και στοιχεία ανάλογα με τις απαιτήσεις της κατασκευής.

Υδραυλική εγκατάσταση

Η υδραυλική εγκατάσταση αποτελείται από σωλήνες χαλκού επιμελώς βαμμένους σε λευκό χρώμα (για τις παροχές) και PVC (για τις αποχετεύσεις). Περιλαμβάνει νιπτήρα με καθρέπτη, κουζίνα με νεροχύτη inox και κάτω ντουλάπι, λεκάνη τουαλέτας πλήρη. Όλα τα στοιχεία είναι πλήρως τοποθετημένα, συνδεδεμένα και ελεγμένα από το εργοστάσιο.

Η κατασκευή τοποθετείται σε απολύτως επίπεδη επιφάνεια από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Κατασκευή σκελετού - Τοιχοποιίες

Οι εξωτερικοί τοίχοι και η οροφή είναι κατασκευασμένοι από θερμομονωτικά πάνελ πολυουρεθάνης, αποτελούμενα από δύο ελαφρώς διαμορφωμένα ελάσματα γαλβανισμένης και βαμμένης λαμαρίνας, χρώματος λευκού, βαμμένα αμφίπλευρα και μόνωση πολυουρεθάνης πάχους 40 mm.

Ο μεταλλικός σκελετός είναι κατασκευασμένος από σύνθετες γαλβανισμένες και βαμμένες διατομές, το δε δάπεδο φέρει ενισχυμένες διατομές από βαμμένους κοιλοδοκούς βαρέως τύπου.

Οι υδρορροές καθώς και όλα τα συμπληρωματικά μεταλλικά μέρη είναι κατασκευασμένα από γαλβανισμένο χαλυβδοέλασμα, για προστασία από τη διάβρωση.

Δάπεδο

Το δάπεδο αποτελείται από γαλβανισμένες διατομές, επενδύεται με φύλλα υγρομονωμένου ξύλου πάχους 18 mm, εξωτερικά προστατευμένο, και τέλος με φύλλα σκληρού πλαστικού βινυλίου συγκολλημένο με ακρυλική κόλλα.

Πόρτες - Παράθυρα

Όλα τα κουφώματα είναι κατασκευασμένα από λευκού χρώματος αλουμίνιο.

Τα εξωτερικά θυρόφυλλα είναι κατασκευασμένα από θερμομονωτικά πάνελ όμοια της εξωτερικής τοιχοποιίας και κάσα λευκού αλουμινίου. Επίσης φέρουν κλειδαριές ασφαλείας και τρεις μεντεσέδες.

Τα παράθυρα είναι κατασκευασμένα από λευκό αλουμίνιο και είναι επάλληλα συρόμενα. Φέρουν κατάλληλες ελαστικές διατομές για πλήρη στεγανότητα καθώς και κλειδαριές.

Ηλεκτρική εγκατάσταση

Η ηλεκτρική εγκατάσταση μελετάται και κατασκευάζεται αναλόγως της χρήσης σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία και τις Ευρωπαϊκές προδιαγραφές. Η καλωδίωση γίνεται με εξωτερικά πλαστικά κανάλια και περιλαμβάνει ηλεκτρικό πίνακα με αυτόματους ασφαλειοδιακόπτες, ρελέ διαρροής, εξωτερική πρίζα τροφοδοσίας, φωτιστικά σώματα φθορισμού, πρίζες σούκο, διακόπτες και στοιχεία ανάλογα με τις απαιτήσεις της κατασκευής.

Υδραυλική εγκατάσταση

Η υδραυλική εγκατάσταση αποτελείται από σωλήνες χαλκού επιμελώς βαμμένους σε λευκό χρώμα (για τις παροχές) και PVC (για τις αποχετεύσεις). Περιλαμβάνει νιπτήρα με καθρέπτη, κουζίνα με νεροχύτη inox και κάτω ντουλάπι, λεκάνη τουαλέτας πλήρη. Όλα τα στοιχεία είναι πλήρως τοποθετημένα, συνδεδεμένα και ελεγμένα από το εργοστάσιο.

Η κατασκευή τοποθετείται σε απολύτως επίπεδη μπετονένια επιφάνεια.

4.14 Διαμόρφωση Περιβάλλοντος Χώρου

Προβλέπεται η διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου των εγκαταστάσεων.

Ειδικότερα προβλέπεται:

- Η κατασκευή της οδοποιίας για πρόσβαση σε όλες τις μονάδες, με χαλίκι 3Α και σύμφωνα με το σχέδιο γενικής διάταξης της μελέτης.
- Η διαμόρφωση για την απορροή των ομβρίων με κατάλληλες κλίσεις

σε όλο το οικόπεδο.

- Το δίκτυο εξωτερικού ηλεκτροφωτισμού.

Γ. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΥΜΑΤΩΝ - ΥΓΕΙΟΝΟΛΟΓΙΚΟΙ ΚΑΙ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Παράμετροι σχεδιασμού

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τα δεδομένα σχεδιασμού της εγκατάστασης φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Παράμετρος	μονάδα	Α ΦΑΣΗ	Β ΦΑΣΗ
Πληθυσμός	κατ.	3.000	4.000
Παροχές			
Ειδική παροχή λυμάτων	l/p.d	160	160
Μέση παροχή	m ³ /d	480	640
	l/s	5,55	7,41
Παροχή αιχμής	l/s	9,44	12,59
Φορτία			
Οργανικό Φορτίο BOD	g/p.d	55	55
	kg/d	165	220
	mg/l	343,75	343,75
Αιωρούμενα στερεά SS	g/p.d	70	70
	kg/d	210	280
	mg/l	437,5	437,5
Αζωτο N	g/p.d	10	10
	kg/d	30	40
	mg/l	62,5	62,5

Φωσφόρος P	g/p.d	2	2
	kg/d	6	8
	mg/l	12,5	12,5

Οι απαιτήσεις εκροής των επεξεργασμένων λυμάτων πρέπει να εκπληρούνται για το 95% των δειγμάτων του 24ώρου.

Αποδέκτης των επεξεργασμένων λυμάτων όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι η επαναχρησιμοποίηση για άρδευση.

Κριτήρια σχεδιασμού

Τα βασικά κριτήρια επιλογής του καταλληλότερου συστήματος επεξεργασίας λυμάτων, δεδομένων των απαιτήσεων και της μεθόδου επεξεργασίας, θα είναι:

1. Η εξασφάλιση των όρων διάθεσης (χαρακτηριστικών εκροής), που αναφέρθηκαν σε προηγούμενη παράγραφο.
2. Το χαμηλό λειτουργικό κόστος.
3. Η απλότητα του συστήματος στην λειτουργία και η ελαχιστοποίηση των απαιτήσεων σε εξειδικευμένο προσωπικό για τη λειτουργία και συντήρηση του έργου.
4. Η απουσία περιβαλλοντικών οχλήσεων (οσμές, θόρυβος, αισθητική, κλπ.), και ένταξη στο φυσικό περιβάλλον της περιοχής. Το όριο θορύβου στα όρια του γηπέδου εγκατάστασης, δεν θα ξεπερνά τα 60dB (A).
5. Η ευελιξία σε αυξομειώσεις του υδραυλικού και ρυπαντικού φορτιού που είναι αναπόφευκτες λόγω των έντονων πληθυσμιακών αιχμών στην περιοχή μελέτης.
6. Τα τοπικά χαρακτηριστικά της περιοχής εγκατάστασης, όπως μορφολογία εδάφους, επιφάνεια εγκατάστασης, κλιματολογικές συνθήκες
7. Η ελαχιστοποίηση του χρόνου εγκατάστασης
8. Η ελαχιστοποίηση της απαιτούμενης έκτασης για την εγκατάσταση του συστήματος, καθώς και των έργων υποδομής.
9. Η ποιότητα, η βιομηχανική στάθμη και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του

προσφερόμενου εξοπλισμού.

Υγιεινολογικοί Υπολογισμοί

Δεδομένα σχεδιασμού βαθμίδας βιολογικής επεξεργασίας

Στο παρόν κείμενο, γίνεται διαστασιολόγηση μονάδας βιολογικής επεξεργασίας αστικών λυμάτων σύμφωνα με την πρωτοποριακή και αξιόπιστη **τεχνολογία IFAS-MBBR**, η οποία χρησιμοποιεί τόσο αιωρούμενη βιομάζα, όσο και βιομάζα προσκολλημένη στην επιφάνεια ελεύθερα κινούμενων πλαστικών φορέων (βιοφορείς) με τη διαύγαση του ανάμικτου υγρού να πραγματοποιείται με τη βοήθεια μεμβρανών υπερδιήθησης. Όλοι υγιεινολογικοί υπολογισμοί, βάσει των οποίων διαστασιολογήθηκε η βαθμίδα βιολογικής επεξεργασίας, στηρίχθηκαν στα δεδομένα που περιέχονται στον κάτωθι πίνακα.

Πίνακας 1. Δεδομένα σχεδιασμού βαθμίδας βιολογικής επεξεργασίας

Παράμετρος	Μονάδα	Τιμή
Μέση Ημερήσια Παροχή	m ³ /d	480
Μέση Ωριαία Παροχή	m ³ /h	20
Ωριαία Παροχή Αιχμής (Α Φάσης)	m ³ /h	34
Θερμοκρασία (Χειμώνας)	°C	15.0
Θερμοκρασία (Καλοκαίρι)	°C	22.0
Φορτίο TSS	kg/d	210
Συγκέντρωση TSS	mg/L	437,5
VSS/TSS (Πτητικά προς Ολικά Στερεά)	%	70
Συγκέντρωση VSS	mg/L	306,25
Φορτίο BOD ₅	kg/d	165
Συγκέντρωση BOD ₅	mg/L	343,75
Συγκέντρωση TSS στην εκροή	mg/L	< 10
Συγκέντρωση BOD ₅ στην εκροή	mg/L	< 15

Τεκμηρίωση σχεδιασμού

Πραγματοποιήθηκαν υγιεινολογικοί υπολογισμοί για τη διαστασιολόγηση των βιολογικών δεξαμενών. Όλοι οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν με την ημερήσια παροχή σχεδιασμού.

Η μεθοδολογία υπολογισμού για τους υγιεινολογικούς υπολογισμούς παρουσιάζεται αναλυτικά και τεκμηριώνεται με την χρησιμοποιηθείσα σχετική βιβλιογραφία. Δεδομένου ότι χρησιμοποιείται η καινοτόμος τεχνολογία IFAS-MBBR, παρατίθεται στη συνέχεια και η βιβλιογραφία της μεθοδολογίας αυτής, με την οποία στοιχειοθετείται και η επιλογή των παραμέτρων σχεδιασμού.

Για το σχεδιασμό της μονάδας βιολογικής επεξεργασίας, χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα συγγράμματα:

1. Metcalf & Eddy, 2003. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse”, McGraw-Hill International, 4th Edition
2. Στάμου, Α.Ι., Βογιατζής, Ζ.Σ., 2004. Βασικές Αρχές και Σχεδιασμός Συστημάτων Επεξεργασίας Αποβλήτων, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Β' Έκδοση, Αθήνα

Η μεθοδολογία σχεδιασμού της κυρίως επεξεργασίας (δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία σε βιοαντιδραστήρες M.B.M.R.) που εφαρμόστηκε, βασίζεται στις αρχές σχεδιασμού ενεργού ιλύος και προσκολλημένης βιομάζας που αναπτύσσονται από τους Metcalf & Eddy, αλλά και σε σχετικά δημοσιευμένα άρθρα, όπως:

1. Daude, D., and Stephenson, T., 2003. Moving bed biofilm reactors: a small-scale treatment solution, Water Sci & Tech. 48 (11-12), 251-257, IWA Publishing
2. Odegaard, H., 2006. Innovations in wastewater treatment: the moving bed biofilm process, Water Sci. & Tech. 53 (9), 17-33, IWA Publishing
3. Rusten, B., Hellstrom, B.G., Hellstrom, F., Sehested, O., Skjelfoss, E., and Svendsen, B., 2000. Pilot testing and preliminary design of moving bed biofilm reactors for nitrogen removal at the FREAVR wastewater treatment plant, Water Sci. & Tech. 41 (4-5), 13-20, IWA Publishing

4. Dulkadiroglu, H., Cokgor, E.U., Artan, N., and Orhon, D., 2005. The effect of temperature and sludge age on COD removal and nitrification in a moving bed sequencing batch biofilm reactor, *Water Sci. & Tech.* 51 (11-12), 95-103, IWA Publishing
5. Johnson, C.H., Page, M.W., and Blaha, L., 2000. Full scale moving bed biofilm reactor results from refinery and slaughter house treatment facilities, *Water Sci. & Tech.* 41 (4-5), 401-407, IWA Publishing
6. Ahi, R.M., Leiknes, T., and Odegaard, H., 2006. Tracking particle size distributions in a moving bed biofilm membrane reactor for treatment of municipal wastewater, *Water Sci. & Tech.* 53 (7), 33-42, IWA Publishing
7. Gaul, T., Marker, S., and Kunst, S., 2005. Start-up of moving bed biofilm reactors for deammonitrification: the role of hydraulic retention time, alkalinity and oxygen supply, *Water Sci. & Tech.* 52 (7), 127-133, IWA Publishing
8. Odegaard, H., Rusten, B., and Westrum, T., 1994. A new moving bed biofilm reactor – applications and results, *Water Sci. & Tech.* 29 (10-11), 157-165, IWA Publishing

Μονάδα δευτεροβάθμιας επεξεργασίας με υβριδικό αντιδραστήρα αιωρούμενης – προσκολλημένης βιομάζας με διάγυση σε δεξαμενές μεμβρανών (M.B.M.R.)

Χαρακτηριστικά σχεδιασμού

Μετά την αρχική τους προ-επεξεργασία (λεπτοεσχάρωση, εξάμμωση και λιποσυλλογή), τα λύματα συλλέγονται διά βαρύτητας σε δεξαμενή εξισορρόπησης. Από εκεί, τα προ-επεξεργασμένα λύματα οδηγούνται με

άντληση στη μονάδα βιολογικής επεξεργασίας. Επιλέγεται υβριδικό σύστημα τύπου M.B.M.R., που προκύπτει από το συγκερασμό της καινοτόμου μεθόδου Αντιδραστήρων Κινούμενης Κλίνης με Βιο-μεμβράνες (Moving Bed Biofilm Reactor, MBBR) και της επίσης καινοτόμου μεθόδου βιοαντιδραστήρων μεμβρανών (M.B.R.). Ως εκ τούτου, το επιλεγθέν σύστημα επεξεργασίας τύπου M.B.M.R. στηρίζεται στην από κοινού χρησιμοποίηση αιωρούμενης (suspended) και προσκολλημένης (attached) βιομάζας στον αντιδραστήρα.

Η βιολογική επεξεργασία σχεδιάζεται για τη μέση ημερήσια παροχή των $480\text{m}^3/\text{d}$ (παροχή σχεδιασμού).

Μελετώνται τρεις μονάδες βιολογικής επεξεργασίας υψηλού ρυθμού τύπου MBMR, οι οποίες περιλαμβάνουν ζώνες απονιτροποίησης και αερισμού ακολουθούμενες από δεξαμενή βύθισης μεμβρανών.

Το προτεινόμενο σύστημα στηρίζεται σε μία καινοτόμο μέθοδο επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, που συνδυάζει τα οφέλη των συστημάτων αιωρούμενης βιομάζας με εκείνα των συστημάτων προσκολλημένης βιομάζας. Πρόκειται για βιολογικούς αντιδραστήρες στους οποίους αιωρείται ειδικό πληρωτικό υλικό που δρα ως φορέας ανάπτυξης της βιομάζας υπό τη μορφή λεπτής βιολογικής στοιβάδας (βιολογικό «φιλμ»). Με την εμφύσηση αέρα ή με κατάλληλο μηχανισμό ανάδευσης, το πληρωτικό υλικό διατηρείται εν αιωρήσει εντός των δεξαμενών αερισμού. Βιομάζα αναπτύσσεται επίσης σε καθαρά αιωρούμενη μορφή, αλλά η προσκολλημένη βιομάζα κυριαρχεί. Έτσι, ουσιαστικά, η συνολική διεργασία διαιρείται σε δύο υποσυστήματα, ένα υποσύστημα αιωρούμενης βιομάζας και ένα προσκολλημένης βιομάζας.

Οι βιοχημικές διεργασίες λαμβάνουν χώρα και στα δύο υποσυστήματα, με εκείνο του βιολογικού «φιλμ» να κυριαρχεί. Με βάση αυτή την υποδιαίρεση, οι παράμετροι σχεδιασμού του συνολικού συστήματος προκύπτουν από το συνυπολογισμό των αντιστοίχων παραμέτρων κάθε υποσυστήματος. Έτσι, για τη μεν αιωρούμενη βιομάζα, ισχύουν όλα τα κριτήρια σχεδιασμού του τυπικού συστήματος ενεργού ιλύος, για το δε βιολογικό «φιλμ», ισχύουν οι βασικές παράμετροι σχεδιασμού των συστημάτων προσκολλημένης βιομάζας. Τελικά, όπως αποδεικνύεται και από την προαναφερθείσα βιβλιογραφία, οι παράμετροι-

κριτήρια σχεδιασμού του συστήματος προκύπτουν από τις βασικές παραμέτρους της αιωρούμενης βιομάζας προσαυξημένες λόγω της ανάπτυξης του βιολογικού «φιλμ» στο φορέα ανάπτυξης, ενώ προστίθενται επιπλέον και ορισμένες κρίσιμες παράμετροι σχεδιασμού συστημάτων προσκολλημένης βιομάζας.

Στον Πίνακα 2 που ακολουθεί, φαίνονται τα κριτήρια σχεδιασμού της μονάδας βιολογικής επεξεργασίας, καθώς και οι τιμές των αντίστοιχων παραμέτρων, ούτως ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή ποιότητα επεξεργασμένων λυμάτων.

Πίνακας 2. Παράμετροι σχεδιασμού – Χαρακτηριστικά έκαστης μονάδας βιολογικής επεξεργασίας τύπου IFAS-MBBR

Παράμετρος	Μονάδα	Τιμή
Παροχή σχεδιασμού	m ³ /d	160
Εισερχόμενο φορτίο TSS	kg/d	70
Συγκέντρωση TSS	mg/L	437,50
Εισερχόμενο φορτίο BOD ₅	kg/d	55
Συγκέντρωση BOD ₅	mg/L	343,75
Μέσο ποσοστό πλήρωσης αντιδραστήρα	%	60
Ειδική ενεργή επιφάνεια πληρωτικού υλικού	m ² /m ³	500
Συνολική ενεργή επιφάνεια μέσου για το επιλεγμένο μέσο ποσοστό πλήρωσης	m ²	11.000
Μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής στη δεξαμενή αερισμού	hr	5,5
Μέγιστη οργανική φόρτιση επιφάνειας φορέα ανάπτυξης βιομάζας	g BOD ₅ /m ² .d	5
Συγκέντρωση MLSS στο ανάμικτο υγρό (για το υποσύστημα αιωρούμενης βιομάζας)	mg/L	2.500

Σημειώνεται ότι όσον αφορά τη μέγιστη επιφανειακή οργανική φόρτιση του

υβριδικού αντιδραστήρα, υπερκαλύπτονται οι σχετικές απαιτήσεις σχεδιασμού που ορίζουν μέγιστες τιμές στην περιοχή 7-10 g BOD₅/m².d.

Υποσύστημα αιωρούμενης βιομάζας

Ηλικία λάσπης

Στα υβριδικά συστήματα τύπου IFAS για επεξεργασία αστικών λυμάτων, ένεκα της παρουσίας της προσκολλημένης βιομάζας, είναι δυνατή η λειτουργία σε μικρές ηλικίες (Solids Retention Time, SRT) αιωρούμενης βιομάζας ακόμη και σε ιδιαίτερα χαμηλές θερμοκρασίες, χωρίς να επηρεάζεται αρνητικά η απόδοση των μονάδων ως προς την επιθυμητή απομάκρυνση BOD.

Παραγωγή ιλύος

Η ειδική παραγωγή λάσπης, $SP_{dc,BOD}$, υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$SP_{dcBOD} = \left(0.75 + 0.6 \times \frac{X_{SSZB}}{C_{BOCZB}} \frac{(1-0.2) \times 0.17 \times 0.75 \times t_{SS,dim} \times F_T}{1 + 0.18 \times t_{SS,dim} \times F_T} \right), \text{ σε kg SS/kg BOD}$$

όπου:

$C_{BOD,ZB}$ = συγκέντρωση βιολογικά απαιτούμενου οξυγόνου στην είσοδο, 343,75 mg/L

$X_{SS,ZB}$ = συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών στην είσοδο, 437,50 mg/L

$t_{SS,dim}$ = ηλικία λάσπης για οξείδωση BOD στο υποσύστημα αιωρούμενης βιομάζας, 2 d

F_T = συντελεστής διόρθωσης θερμοκρασίας, $F_T = 1.072^{(T-15)}$

Η ημερήσια παραγωγή λάσπης SP_{dc} , υπολογίζεται από τη σχέση:

$$SP_{dc} = B_{d,BOD,Z} \times SP_{dc,BOD}, \text{ σε kg SS/d}$$

όπου :

$B_{d,BOD,Z}$ = φορτίο BOD στην είσοδο, 165 kg/d

$SP_{dc,BOD}$ = ειδική παραγωγή λάσπης, kg SS/kg BOD

Με αντικατάσταση των τιμών στις παραπάνω σχέσεις, προκύπτει:

Παράμετρος	Μονάδα	Τιμή	
		Χειμώνας	Θέρος
SP _{d,C,BOD}	kg SS/kg BOD	1,30	1,26
SP _{d,C}	kg SS/d	189	182

Όγκος δεξαμενής αερισμού

Ο όγκος της δεξαμενής αερισμού, δίνεται από τη σχέση:

$$V_{BB} = \frac{M_{SS,BB}}{MLSS}, \text{ σε } m^3$$

όπου:

$M_{SS,BB}$ = συνολική ποσότητα αιωρούμενων στερεών στη δεξαμενή αερισμού, kg

$MLSS$ = συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών στο μικτό υγρό, που επιλέγεται ίση με 2.5 kg/m^3

Η ποσότητα στερεών στη δεξαμενή αερισμού, υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$M_{SS,BB} = SRT \times SP_{d,C} \times F_{SS}$$

όπου F_{SS} το κλάσμα της βιομάζας που βρίσκεται σε αιωρούμενη μορφή στη δεξαμενή αερισμού ($= 1 - 0.6 = 0.4$, για ποσοστό πλήρωσης του αντιδραστήρα με βιοφορείς κατά 60%).

Με αντικατάσταση τιμών στους παραπάνω τύπους, προκύπτει:

Παράμετρος	Μονάδα	Τιμή	
		Χειμώνας	Θέρος
MLSS	kg/m ³	2,5	2,5
$M_{ss,BB}$	kg	185,64	179,93
V_{BB}	m ³	74,25	71,97

Για τη συνέχεια, θεωρούμε συνολικό ωφέλιμο όγκο δεξαμενών αερισμού για το σύνολο των τριών προκατασκευασμένων μονάδων ίσο με $94,50m^3$, που όπως

φαίνεται είναι επαρκές για το σύνολο της παραπάνω εισερχόμενης παροχής.

Ποσοστό απομάκρυνσης οργανικού φορτίου

Το διαλυτό BOD₅ στην έξοδο της μονάδας βιολογικής επεξεργασίας, BOD_{5,S,AN}, υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$BOD_{5,S,AN} = \frac{BOD_{5,ZB}^2}{k \times VSS \times MLSS \times 1000 \times t_{hyd} + BOD_{5,ZB}}$$

όπου:

BOD_{5,S,AN} = διαλυτό BOD₅ εξόδου, mg/L

BOD_{5,ZB} = BOD εισόδου, 343,75 mg/L

k = βιοκινητική σταθερά, 6 L/d

VSS = λόγος πτητικών προς ολικά αιωρούμενα στερεά στη βιολογική βαθμίδα, 0.75

MLSS = συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών στις δεξαμενές βιολογικής επεξεργασίας, που λαμβάνεται ίση με 2.5 kg/m³, τόσο για το χειμώνα όσο και για το καλοκαίρι

t_{hyd} = υδραυλικός χρόνος παραμονής στη δεξαμενή αερισμού, d

Είναι:

$$t_{hyd} = V / Q$$

όπου:

V = όγκος δεξαμενής αερισμού (για το σύνολο των τριών συγκροτημάτων βιολογικής επεξεργασίας), 94,50 m³

Q = μέση ημερήσια παροχή λυμάτων (συνολική), 480 m³/d

Με αντικατάσταση, προκύπτει:

$$t_{hyd} = 0,19 \text{ d} = 4,57 \text{ h (για την αερόβια ζώνη)}$$

Το αδιάλυτο BOD_{5,X,AN} που οφείλεται στα αιωρούμενα στερεά, δίνεται από τη σχέση :

$$BOD_{5,X,AN} = 0.65 \times 1.42 \times 0.68 \times SS_{AN}, \text{ σε mg/L}$$

όπου:

SS_{AN} = αιωρούμενα στερεά στην έξοδο της μονάδας βιολογικής επεξεργασίας, 35 mg/L

Το συνολικό BOD_5 στην έξοδο της βιολογικής επεξεργασίας, είναι ίσο με :

$$BOD_{5,AN} = BOD_{5,S,AN} + BOD_{5,X,AN}, \text{ σε mg/L}$$

Αντικαθιστώντας στις παραπάνω σχέσεις, προκύπτουν τα αποτελέσματα του πίνακα που ακολουθεί:

Παράμετρος	Μονάδα	Τιμή
$BOD_{5,S,AN}$	mg/L	54,1
$BOD_{5,X,AN}$	mg/L	21,9
$BOD_{5,AN}$	mg/l	76
Επιτυγχανόμενη απομάκρυνση BOD στο υποσύστημα αιωρούμενης βιομάζας	%	77,9

Απαίτηση οξυγόνου σε πραγματικές (actual) συνθήκες

Η ειδική απαίτηση οξυγόνου για την αποδόμηση των ανθρακούχων ενώσεων είναι συνάρτηση της ηλικίας λάσπης και της θερμοκρασίας των αποβλήτων, και δίνεται από τη σχέση:

$$OU_{d,c,BOD} = 0.56 + \frac{0.15 \times SRT \times F_T}{1 + 0.17 \times SRT \times F_T}, \text{ σε kg O}_2/\text{kg BOD}_5$$

όπου:

$$F_T = 1.072^{(T-15)}, \text{ συντελεστής διόρθωσης θερμοκρασίας}$$

$$SRT = \text{ηλικία αιωρούμενης λάσπης, 20 d}$$

Με αντικατάσταση, προκύπτει:

Παράμετρος	Μονάδα	Τιμή	
		Χειμώνας	Θέρος
$OU_{d,c,BOD}$	kg O ₂ /kg BOD ₅	1,25	1,29

Η συνολική απαίτηση οξυγόνου για την αποδόμηση των ανθρακούχων ενώσεων,

είναι:

$$OU_{d,c} = BOD_{rem} \times OU_{d,C, BOD}, \text{ σε kg O}_2/\text{d}$$

Όπου BOD_{rem} το απομακρυνόμενο οργανικό φορτίο (είσοδος - έξοδος) σε $\text{kg BOD}/\text{d}$.

Με αντικατάσταση, προκύπτει:

Παράμετρος	Μονάδα	Τιμή	
		Χειμώνας	Θέρος
$OU_{d,c}$	$\text{kg O}_2/\text{d}$	197,25	203,56

Η μέγιστη απαίτηση οξυγόνου, είναι:

$$OU_{d,max} = f_c \times OU_{d,c}$$

όπου:

$OU_{d,max}$ = μέγιστη απαίτηση οξυγόνου, $\text{kg O}_2/\text{d}$

f_c = συντελεστής αιχμής για τον άνθρακα, που λαμβάνεται 1.1 το χειμώνα και 1.15 το καλοκαίρι

Με αντικατάσταση, προκύπτει η συνολική απαίτηση σε οξυγόνο από το σύστημα σε πραγματικές συνθήκες (όπως αναμένεται, η μέγιστη απαίτηση αντιστοιχεί στο θέρος):

Παράμετρος	Μονάδα	Τιμή	
		Χειμώνας	Θέρος
$OU_{d,max}$	$\text{kg O}_2/\text{d}$	226,84	234,10

Απαίτηση οξυγόνου σε πρότυπες (standard) συνθήκες

Η απαίτηση σε οξυγόνο σε πρότυπες συνθήκες προκύπτει από τη διαίρεση της απαίτησης σε οξυγόνο σε πραγματικές συνθήκες διά του συντελεστή διόρθωσης N/N_0 .

Ο συντελεστής διόρθωσης δίνεται από την ακόλουθη σχέση :

$$N/N_0 = \frac{\beta \times C_s - C_L}{9.17} \times \alpha \times (1.024)^{(T-20)}$$

όπου:

N = μεταφορά σε πραγματικές συνθήκες πεδίου, $\text{kg O}_2/\text{d}$

N_0 = μεταφορά οξυγόνου σε πρότυπες συνθήκες, $\text{kg O}_2/\text{d}$

β = σταθερά ίση προς 0.95, αδιάστατη

C_s = συγκέντρωση κορεσμού για καθαρό νερό σε πραγματικές συνθήκες, mg/L

$$C_s = C_{sw} \times (1 - 0.11 \times H)$$

C_{sw} = συγκέντρωση κορεσμού σε μηδενικό υψόμετρο και θερμοκρασία T , mg/L

H = υψόμετρο, km

C_L = επιθυμητή συγκέντρωση οξυγόνου, 2.0 mg/L

α = σταθερά alpha factor = $\exp(-0.084 \cdot \text{MLSS}) = 0,43$

T = θερμοκρασία, $^\circ\text{C}$

Το μέσο υψόμετρο H με βάση το οποίο θα γίνουν οι υπολογισμοί είναι $550 \text{ m} = 0.55 \text{ km}$.

Από πίνακες για επίπεδο θάλασσας και υψηλή σχετική υγρασία (μέχρι και 95%), και για μέση θερμοκρασία λυμάτων 15°C και 20°C , προκύπτει ότι η C_{sw} ισούται με 10.8 και 9.1 mg/L , αντίστοιχα.

Αντικαθιστώντας στον παραπάνω τύπο προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

Παράμετρος	Μονάδα	Τιμή	
		Χειμώνας	Θέρος
$OU_{d,max}$ (μέγιστη σε πρότυπες συνθήκες)	$\text{kg O}_2/\text{d}$	453,62	492,36
Συντελεστής διόρθωσης N/N_0	---	0,61	0,58

Από τις παραπάνω απαιτήσεις αερισμού και λαμβάνοντας υπόψη την απόδοση των χρησιμοποιούμενων διαχυτών ανά μέτρο βάθους τους ίσο με $E = 6\%$ και για μέσο βάθος περί τα $h=2,7\text{m}$ (βάθος υγρού σε container) προκύπτει η συνολική μέγιστη απαίτηση φυσητήρων ίση με:

$Q_{air} = OU_{d,max} / [(E \cdot h / 100) \cdot 1,024 \cdot 0,23] = 685,95 \text{ Nm}^3/\text{hr}$. Επιλέγονται οι φυσητήρες παροχής $700 \text{ Nm}^3/\text{hr}$.

Ανακυκλοφορία ιλύος

Η συγκέντρωση των αιωρούμενων στερεών στον πυθμένα του διαμερίσματος διαύγασης υπολογίζεται σε $MLSS_{clarifier} = 12000 \text{ mg/L}$ (1,2%). Σχεδιάζοντας τον βιοαντιδραστήρα (δεξαμενή αερισμού) με συγκέντρωση ανάμικτου υγρού ίση με $MLSS_{bioreactor} = 2500 \text{ mg/L}$, προκύπτει η απαιτούμενη ανακυκλοφορία ιλύος από το λόγο R_s όπως ορίζεται παρακάτω:

$$R_s = \frac{MLSS_{bioreactor}}{MLSS_{clarifier} - MLSS_{bioreactor}}$$

Με αντικατάσταση, είναι:

$$R_s = 0.3$$

Ο λόγος R_s , αντιστοιχεί σε παροχή:

$$Q_{rs} = R_s \times Q$$

Με αντικατάσταση, είναι:

$$Q_{rs} = 144 \text{ m}^3/\text{d}$$

Όπου Q_{rs} η συνολική ανακυκλοφορία. Επομένως σε κάθε συγκρότημα βιολογικής επεξεργασίας η αντίστοιχη ανακυκλοφορία γίνεται περί τα $50 \text{ m}^3/\text{d}$.

Υπόστημα προσκολλημένης βιομάζας

Οι διεργασίες που πραγματοποιούνται στο βιοφίλμ μπορούν να εκφραστούν λαμβάνοντας υπόψη τα ισοζύγια μάζας για το υπόστρωμα (οργανικό φορτίο, BOD) και τα ισοζύγια μάζας για τους μικροοργανισμούς που αναπτύσσονται εντός του βιοφίλμ.

Ισοζύγιο οργανικού φορτίου

Το ισοζύγιο μάζας για το οργανικό φορτίο στη διεπιφάνεια μικτού υγρού/βιοφίλμ, εκφράζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$Q(C_{BOD}^{in} - C_{BOD}^l) = J_{BOD}^{biofilm} * A^{biofilm}$$

όπου:

C_{BOD}^{in} = συγκέντρωση του οργανικού φορτίου στο μικτό υγρό, 76mg/L (BOD που δεν καταναλώθηκε από το υποσύστημα αιωρούμενης βιομάζας και υπολογίστηκε στην προηγούμενη ενότητα)

C_{BOD}^l = συγκέντρωση του οργανικού φορτίου στην έξοδο του βιοφίλμ και τελικά του βιοαντιδραστήρα, mg/L

A = ενεργή επιφάνεια του βιοφίλμ που υπολογίζεται με βάση το ποσοστό πλήρωσης (τυπικό ποσοστό 60%), τον συνολικό όγκο του βιοαντιδραστήρα (120 m³) και την προσφερόμενη «προστατευμένη» (εσωτερική) ενεργό επιφάνεια του βιοφορέα (600 m²/m³). Βάσει αυτών, είναι: $A = 0.60 \times 120 \times 600 = 43.200 \text{ m}^2$

$J_{BOD}^{biofilm}$ = ροή οργανικού φορτίου στη διεπιφάνεια μικτού υγρού/βιοφίλμ, kg BOD/m²_{carrier}.d

Το υπόστρωμα (οργανικό φορτίο) μεταφέρεται στο εσωτερικό του βιοφίλμ με το μηχανισμό της διάχυσης λόγω της βαθμίδας συγκέντρωσης στον άξονα x (απόσταση στο εσωτερικό του βιοφίλμ) και καταναλώνεται από τη βιομάζα που βρίσκεται εντός του βιοφίλμ. Η σχέση που εκφράζει την παραπάνω αντίδραση, είναι:

$$D_{BOD} \frac{d^2 C_{BOD}}{dx^2} + r_{BOD} = 0$$

όπου:

D_{BOD} = συντελεστής διάχυσης για το BOD, 0.0001 m²/d

r_{BOD} = ταχύτητα (ρυθμός) κατανάλωσης BOD, kg BOD/m²_{carrier}.d

Η παραπάνω διαφορική εξίσωση μπορεί να λυθεί αναλυτικά μόνο για αντιδράσεις πρώτης και μηδενικής τάξεως. Ο ρυθμός κατανάλωσης, εκφράζεται ως ακολούθως:

$$r_{BOD} = q_{BOD}^{max} \frac{C_{BOD}}{C_{BOD} + K_s} C_X$$

όπου:

C_X = συγκέντρωση βιομάζας στο βιοφίλμ, g/m²_{carrier}

$q_{\text{BOD}}^{\text{max}}$ = μέγιστος ρυθμός κατανάλωσης οργανικού φορτίου, 9.52 g BOD/g SS.d

K_S = σταθερά ημικορεσμού για το οργανικό φορτίο

Σε υψηλές συγκεντρώσεις υποστρώματος ($C_i \gg K_i$), η αντίδραση μπορεί να θεωρηθεί μηδενικής τάξεως (zero order), ενώ σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις υποστρώματος ($K_i \gg C_i$), η κινητική κατανάλωσης μπορεί να θεωρηθεί πρώτης τάξεως (first order). Στην περίπτωση μας, θεωρούμε ότι έχουμε μηδενικής τάξεως αντίδραση ένεκα της υψηλής συγκέντρωσης υποστρώματος ($C_{\text{BOD}} \gg K_S$) στο βιοφίλμ.

Η ροή του υποστρώματος σε μερικώς διαπερατό βιοφίλμ για κινητική μηδενικής τάξεως, εκφράζεται με την παρακάτω σχέση:

$$J_{\text{BOD}}^{\text{biofilm}} = \sqrt{2D_{\text{BOD}}q_{\text{BOD}}^{\text{max}}C_K} \sqrt{C_{\text{BOD}}^{1/b}}$$

όπου $C_{\text{BOD}}^{1/b}$ είναι η συγκέντρωση του υποστρώματος στη διεπιφάνεια μικτού υγρού/βιοφίλμ, η οποία λαμβάνεται ίση με τη συγκέντρωση του υποστρώματος στο ανάμικτο υγρό (θεωρείται αμελητέα εξωτερική μεταφορά μάζας).

Ισοζύγιο ετερότροφων μικροοργανισμών

Το ισοζύγιο των ετερότροφων μικροοργανισμών (οξειδωτές οργανικών ενώσεων) στο βιοφίλμ, μπορεί να εκφραστεί με την ακόλουθη σχέση:

$$J_{\text{BOD}}^{\text{biofilm}} * Y_H - b_H * C_{\text{XH}} * L_f = 0$$

όπου:

Y_H = συντελεστής ανάπτυξης βιομάζας για τους ετερότροφους μικροοργανισμούς στο βιοφίλμ, που λαμβάνεται ίσος με 0.70 g SS/g BOD

C_{XH} = συγκέντρωση ετερότροφων μικροοργανισμών στο βιοφίλμ, που κυμαίνεται μεταξύ 5000-6000 g/m³. Για τη συγκεκριμένη εφαρμογή, λαμβάνεται η μέση τιμή των 5500 g/m³

L_f = πάχος του βιοφίλμ, που λαμβάνεται ίσο με 180 μm (180 x 10⁻⁶ m)

Ο πρώτος όρος της παραπάνω σχέσης εκφράζει την παραγωγή βιομάζας και ο δεύτερος τη μείωση βιομάζας λόγω αδρανοποίησης (deactivation), αποκόλλησης

από το βιοφίλμ (detachment) και ενδογενούς αναπνοής (decay). Ο συνολικός ρυθμός φθοράς, υπολογίζεται με την παρακάτω σχέση:

$$b_H = b_{\text{απενεργοπ.}} + b_{\text{αποκαλ.}} + b_{\text{ενδογεν.αναπν.}}$$

όπου:

$$b_{\text{απενεργοποίησης}} = 0.08 \text{ d}^{-1}$$

$$b_{\text{αποκόλλησης}} = 0.40 \text{ d}^{-1}$$

$$b_{\text{ενδογενούς αναπν.}} = 0.32 \text{ d}^{-1}$$

Συνδυάζοντας τις παραπάνω εξισώσεις με μοναδικούς αγνώστους τη ροή του υποστρώματος στο βιοφίλμ και την τελική συγκέντρωση εξόδου, υπολογίζονται τα τελευταία με βάση την ικανοποίηση όλων των παραπάνω εξισώσεων.

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την επίλυση των εξισώσεων.

Παράμετρος	Μονάδα	Τιμή
$J_{\text{BOD}}^{\text{biofilm}}$	$\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$	1.32
$C_{\text{BOD}}^{\text{I}}$	g/m^3	23

Διάγνωση ανάμικτου υγρού σε μεμβράνες υπερδιήθησης)

Για τη διαστασιολόγηση της δεξαμενής μεμβρανών λαμβάνεται υπόψη ουσιαστικά η ροή του υγρού διαμέσου των μεμβρανών (flux).

Κρατώντας μία ροή για την παροχή σχεδιασμού ίση με $20\text{LMH}=0.48 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ προκύπτει η απαίτηση συνολικής εγκατάστασης τουλάχιστον 1000m^2 μεμβρανών υπερδιήθησης.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ

Το λειτουργικό κόστος της εγκατάστασης συνίσταται από τα κάτωθι επιμέρους κόστη:

- A. Κόστος ενεργειακής κατανάλωσης
- B. Κόστος διαχείρισης παραγόμενης περίσσειας ιλύος
- Γ. Κόστος κατανάλωσης χημικών κι αναλωσίμων

Δ. Κόστος προσωπικού

A. Ενεργειακή κατανάλωση

Για τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης λαμβάνονται υπόψη οι βασικές καταναλώσεις για τη λειτουργία της εγκατάστασης, σύμφωνα με την κάτωθι λίστα καταναλωτών και η τιμή της κιλοβατώρας ίση με 15eurocents:

Πίνακας Ενεργειακής κατανάλωσης μονάδας

A/A	ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗΣ (σημαντικές καταναλώσεις)	ΕΓΚ. ΙΣΧΥΣ KW	ΑΠΟΡ. ΙΣΧΥΣ ΣΤΟ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΟ ΣΗΜΕΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΙΣΚΟΜΕΝΕΣ KWh ΗΜΕΡΗΣΙΩΣ [Kwh/day]	ΚΑΤΑΝΑΛΙΣΚΟΜΕΝΕΣ KWh ΕΤΗΣΙΩΣ [Kwh/year]	ΕΤΗΣΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΚΟΣΤΟΣ, [€/YEAR]
1	Αεριστήρας venturi-jet 110 N m ³ /h, 300 mbar στην υφιστάμενη δεξαμενή αναρρύθμισης	9	7,2	24	173	63.072	189.216
2	Αντλιοστάσιο ανύψωσης με δύο αντλίες (κύρια-εφεδρική) παροχής εκάστης 50 m ³ /h, μανομετρικού 6,3 μετά της ηλεκτρική εγκατάστασης και του αυτοματισμού καθώς και όλων των παρελκομένων και των υποδομών	2	1,6	12	19	7.008	21.024
3	Compact σύστημα προεπεξεργασίας λυμάτων INOX 304 για παροχή 15,00 l/s, με εσάρωση, εξάμωση, απολίπανση, παρακαμπτήρια εσχάρα, κοχλίες και κάδοι άμμου-εσχαρισμάτων, κλπ	7	5,6	12	67	24.528	73.584
5	Κόσκινο λεπτοεσχάρωσης (για MBR)	0,75	0,6	12	7	2.628	7.884
6	Σύστημα εξαερισμού-απόσμησης προεπεξεργασίας	0,75	0,6	16	10	3.504	10.512
7	Αντλιοστάσια τροφοδοσίας συγκροτημάτων MBMR	3,3	2,64	12			
8	Αναδευτήρας ανοξικής ζώνης MBMR	9	7,2	24	173	63.072	189.216
9	Φυσητήρες αερισμού βιολογικού αντιδραστήρα 700 Nm ³ /h @ 325 mbar, με inverters	11	8,8	22	194	70.664	211.992
10	Αντλία ανακυκλοφορίας νιτρικών	4,5	3,6	22	79	28.908	86.724
11	Αντλία ανακυκλοφορίας - περίσσειας ιλύος	6,6	5,28	22	116	42.398	127.195
12	Δοσομετρικές αντλίες κροκιδωτικού χημικής αποφωσφόρωσης	0,02	0,016	12	0	70	210

13	Δοσομετρικές αντλίες χλωρίου μετά των σωληνώσεων και των παρελκομένων	0,02	0,016	12	0	70	210
14	Συγκρότημα (φυγοκεντρικό ή κοχλιωτό) αφυδάτωσης για ιλύ 1% και απόδοση 20% σε στερεά	2	1,6	6	10	3.504	10.512
15	Συγκρότημα παρασκευής πολυηλεκτρολύτη μετά των αντλιών	1,28	1,024	6	6	2.243	6.728
16	Κοχλίας απομάκρυνσης αφυδατωμένης ιλύος	1,5	1,2	6	7	2.628	7.884
17	Αντλίες τροφοδοσίας ιλύος	2,2	1,76	6	11	3.854	11.563
18	Σύστημα απόσμησης	2	1,6	16	26	9.344	28.032
ΣΥΝΟΛΟ		62,92				327.496	49.124

B. Διαχείριση παραγόμενης ιλύος

Όπως έχει ήδη υπολογιστεί παραπάνω, η ημερήσια παραγωγή στερεών σε KgSS/day, για το χειμώνα και το θέρος θα είναι ίση με:

Παράμετρος	Μονάδα	Τιμή	
		Χειμώνας	Θέρος
SP _{d,c}	kg SS/d	189	182

Λαμβάνοντας υπόψη την περιεκτικότητα σε στερεά της αφυδατωμένης ιλύος ίση με 18% (ελάχιστη απαίτηση) προκύπτει η παρακάτω συνολική ετήσια ποσότητα (λαμβάνοντας υπόψη για την Ελλάδα 125ημέρες χειμώνα και 240 ημέρες καλοκαίρι):

Παράμετρος	Μονάδα	Τιμή	
		Χειμώνας	Θέρος
SP _{d,c}	kg SS/d	189	182
Αφυδατωμένη πίτα	tn/day	1,05	1,01
Ημέρες /έτος		125	240
Συνολική ετήσια αφυδατωμένη πίτα προς διάθεση	tn/year	373,92	
Κόστος διαχείρισης αφυδατωμένης πίτας	€/tn	60	
Συνολικό ετήσιο κόστος διαχείρισης παραγόμενης αφυδατωμένης ιλύος	€/έτος	22.435,2	

Γ. Κατανάλωση χημικών

Τα χρησιμοποιούμενα χημικά είναι :

- Διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου για την απολύμανση
- Κροκιδωτικό για την χημική αποφωσφόρωση

➤ Πολυηλεκτρολύτης για την αφυδάτωση

Οι αντίστοιχες καταναλώσεις φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Παράμετρος	Μονάδα	Τιμή	
		Χειμώνας	Θέρος
<i>Διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου</i>			
Απαιτήση δοσομέτρησης	mg/l	8	8
Χρησιμοποιούμενο διάλυμα	%	14	14
Ειδικό βάρος διαλύματος	Kg/l	1,2	1,2
Δοσομέτρηση διαλύματος	Lt/hr	3,2	3,2
Ημερήσια κατανάλωση	Lt/day	51,17	51,17
Ετήσια κατανάλωση	m ³ /year	18,68	
Μοναδιαίο κόστος διαλύματος	€/lt	0,4	
Ετήσιο κόστος κατανάλωσης υποχλωριώδους νατρίου	€/έτος	7.471,3	
<i>Κροκιδωτικό χημικής αποφωσφόρωσης</i>			
XP, Prec (φώσφορος για χημική κατακρύμνιση)	Kg/day	6,4	6,4
Κατανάλωση PAC, (17,3% Al ₂ O ₃)	Kg/day	43,4	43,4
Πυκνότητα	kg/m ³	1350	1350
Κατανάλωση PAC, (17,3% Al ₂ O ₃)	Lt/day	32,17	32,17
	m ³ /year	11,74	
Μοναδιαίο κόστος PAC	€/kg	0,5	
Ετήσιο κόστος κατανάλωσης PAC	€/έτος	5.871	
<i>Πολυηλεκτρολύτης αφυδάτωσης</i>			
Δόση πολυηλεκτρολύτη (ξηρής σκόνης) για αφυδάτωση λάσπης	kg/tn D.S.	10	10
Απαιτούμενη ποσότητα ξηρού πολυηλεκτρολύτη	kg/d	1,89	1,82
Ετήσια κατανάλωση	kg /year	673,9	
Μοναδιαίο κόστος πολυηλεκτρολύτη	€/kg	6	
Ετήσιο κόστος κατανάλωσης	€/έτος	4.043,6	

πολυηλεκτρολύτη		
Συνολικό κόστος χημικών – αναλωσίμων	€/έτος	17.385,9

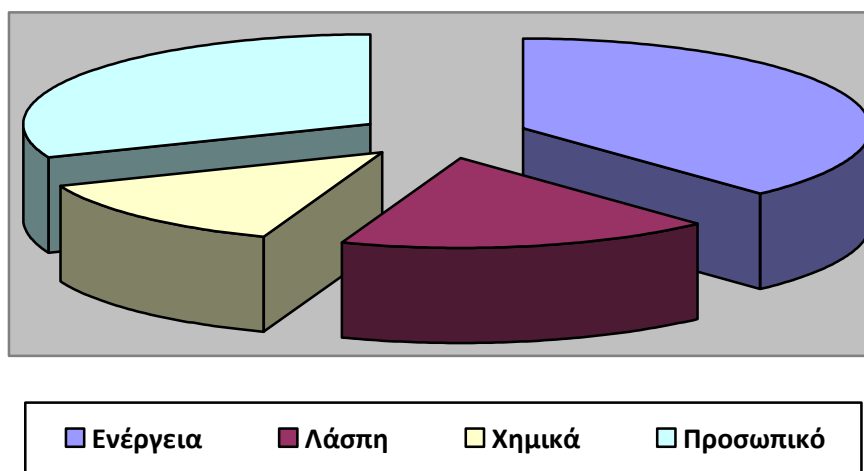
Δ. Κόστος προσωπικού

Για τη λειτουργία της εγκατάστασης προβλέπεται το κάτωθι προσωπικό:

- Ένας χημικός μηχανικός – διευθυντής λειτουργίας (ημιαπασχόληση επιτόπου του έργου)
- Ένας ειδικευμένος τεχνίτης για υδραυλικές και ηλεκτρολογικές εργασίες
- Ένας εργάτης γενικών καθηκόντων

Το ετήσιο σύνολο του παραπάνω μισθολογικού κόστους εκτιμάται ότι ανέρχεται σε 40.000€.

Από τα παραπάνω προκύπτει το συνολικό ετήσιο λειτουργικό κόστος ίσο με 128.945,1€. Στο γράφημα που ακολουθεί φαίνεται η κατανομή των επιμέρους στοιχείων λειτουργικού κόστους.



Κ. Νευροκόπι 05 / 06 / 2018

Συντάχθηκε
Ο Συντάξας μηχανικός

Μπεγλερίδης Ηλίας
Ηλεκτρολόγος Μηχανικός ΤΕ

Ελέγχθηκε
Ο Προϊστάμενος του τμήματος
Τεχνικών Έργων

Παπαστεργίου Γεώργιος
Μηχανολόγος Μηχανικός ΤΕ

Θεωρήθηκε
Ο Προϊστάμενος της Δ/σης
Τεχνικών Υπηρεσιών

Χαριζάνης Δημήτριος
Τοπογράφος Μηχανικός ΤΕ