

Interreg



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

Ελλάδα-Κύπρος

Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης



T4H



Τίτλος Πράξης: Επιτόπια Διαχείριση Νοσοκομειακών Υγρών Αποβλήτων με Στόχο τη Βελτίωση της Απόδοσης των Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων και της Αξιοποίησης των Εκροών (Treatment for Hospitals)

Ακρώνυμο: T4H

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ – ΔΙΕΘΝΕΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ
ΝΕΡΟΥ ΝΗΡΕΑΣ: Σχέδια πλήρους εφαρμογής – 6.4.3.**

28/10/2023





ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ



ΚΥΠΡΙΑΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ



Πανεπιστήμιο Κύπρου

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
και Μηχανικών Περιβάλλοντος



nireas

International Water Research Center

Δικαιούχος 4:

**Πανεπιστήμιο Κύπρου –
Διεθνές Ερευνητικό Κέντρο Νερού
Νηρέας**

Πανεπιστήμιο Κύπρου

28/10/2023

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1	Εισαγωγή.....	1
1.1	Στόχος	1
1.2	Περιγραφή	1
2	Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας	2
2.1	Γενικές πληροφορίες.....	2
2.2	Κλινικές/Τμήματα	2
2.3	Παραγωγή υγρών αποβλήτων	4
3	Πιλοτική Μονάδα.....	6
4	Ανάπτυξη μονάδας πλήρους εφαρμογής	8
4.1	Διεργασίες.....	9
4.1.1	Αναερόβιος αντιδραστήρας MBR (Anaerobic Membrane BioReactor – AnMBR)	9
4.1.2	Αερόβια μονάδα ρευστοποιημένης κλίνης (Moving Bed BioReactor – MBBR)	11
4.1.3	Φυτοεξυγίανση με φυτά <i>Lemna minor</i>	12
4.1.4	Απολύμανση με τεχνολογία προηγμένης οξειδωσης (UV-C/H ₂ O ₂)	14
4.2	Κόστος κατασκευής	15
5	Σχολιασμός.....	16
6	Παράρτημα	18

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2-1:	Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας.....	2
Εικόνα 3-1:	(α) Εικόνες που αναπτύχθηκαν από την ανάδοχο εταιρία για την εγκατάσταση της πιλοτικής μονάδας (β) Φωτογραφία της πιλοτικής μονάδα που βρίσκεται εγκαταστημένη στο χώρο του Γενικού Νοσοκομείου Λάρνακας.....	7
Εικόνα 6-1:	Σχέδια τμήματος της πιλοτικής μονάδας που εγκαταστάθηκε στο έδαφος που περιλαμβάνει τον αναερόβιο αντιδραστήρα MBR και το στάδιο απολύμανσης με υπεριώδη ακτινοβολία σε συνδυασμό με υπεροξείδιο υδρογόνου	18
Εικόνα 6-2:	Σχέδια τμήματος της πιλοτικής μονάδας που εγκαταστάθηκε στην οροφή που περιλαμβάνει την αερόβια μονάδα ρευστοποιημένης κλίνης και το στάδιο φυτοεξυγίανσης με φυτά <i>Lemna minor</i>	19
Εικόνα 6-3:	Διάγραμμα ροής πιλοτικής μονάδας	20

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2-1: Δεδομένα κατανάλωσης νερού του Γενικού Νοσοκομείου Λάρνακας σύμφωνα με το ΣΑΛ για κάθε τριμηνία μεταξύ Σεπτεμβρίου 2021 – Μαρτίου 2023.....	4
Πίνακας 3-1: Κόστος προμήθειας και εγκατάστασης εξοπλισμού και διεργασιών για τη πιλοτική μονάδα δυνατότητας ημερήσιας επεξεργασίας 1 m ³ /ημέρα	6
Πίνακας 4-1: Διαστάσεις τμημάτων μονάδας με ικανότητα ημερήσιας επεξεργασίας 90 m ³ /ημέρα νοσοκομειακών υγρών αποβλήτων για το Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας	8
Πίνακας 4-2: Ενδεικτικός βοηθητικός εξοπλισμός για την εγκατάσταση της αναερόβιας επεξεργασίας (AnMBR) στην μονάδα με ικανότητα ημερήσιας επεξεργασίας 90 m ³ /ημέρα υγρών νοσοκομειακών αποβλήτων για το Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας.....	10
Πίνακας 4-3: Διαστάσεις αντιδραστήρων που απαρτίζουν την αναερόβια επεξεργασία (AnMBR) στην μονάδα με ικανότητα ημερήσιας επεξεργασίας 90 m ³ /ημέρα υγρών νοσοκομειακών αποβλήτων για το Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας	11
Πίνακας 4-4: Ενδεικτικός βοηθητικός εξοπλισμός για την εγκατάσταση της αερόβιας επεξεργασίας (MBBR) στην μονάδα με ικανότητα ημερήσιας επεξεργασίας 90 m ³ /ημέρα υγρών νοσοκομειακών αποβλήτων για το Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας.....	12
Πίνακας 4-5: Διαστάσεις τμημάτων αερόβιου αντιδραστήρα (MBBR) στην μονάδα με ικανότητα ημερήσιας επεξεργασίας 90 m ³ /ημέρα υγρών νοσοκομειακών αποβλήτων για το Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας	12
Πίνακας 4-6: Ενδεικτικός βοηθητικός εξοπλισμός για την εγκατάσταση της φυτοεξυγίανσης με φυτά Lemna minor στην μονάδα με ικανότητα ημερήσιας επεξεργασίας 90 m ³ /ημέρα υγρών νοσοκομειακών αποβλήτων για το Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας.....	13
Πίνακας 4-7: Διαστάσεις δεξαμενής φυτοεξυγίανσης με φυτά Lemna minor στην μονάδα με ικανότητα ημερήσιας επεξεργασίας 90 m ³ /ημέρα υγρών νοσοκομειακών αποβλήτων για το Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας	13
Πίνακας 4-8: Ενδεικτικός βοηθητικός εξοπλισμός για την εγκατάσταση της τεχνολογίας προηγμένης οξειδωσης και απολύμανσης (UV-C/H ₂ O ₂) στην μονάδα με ικανότητα ημερήσιας επεξεργασίας 90 m ³ /ημέρα υγρών νοσοκομειακών αποβλήτων για το Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας.....	14
Πίνακας 4-9: Διαστάσεις αντιδραστήρα προηγμένης οξειδωσης και απολύμανσης (UV-C/H ₂ O ₂) στην μονάδα με ικανότητα ημερήσιας επεξεργασίας 90 m ³ /ημέρα υγρών νοσοκομειακών αποβλήτων για το Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας	15
Πίνακας 4-10: Κόστη προμήθειας και εγκατάστασης εξοπλισμού και διεργασιών στην μονάδα με ικανότητα ημερήσιας επεξεργασίας 90 m ³ /ημέρα υγρών νοσοκομειακών αποβλήτων για το Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας	15

1 Εισαγωγή

1.1 Στόχος

Στόχος του Παραδοτέου 6.4.3. στόχος είναι η μελέτη για ανάπτυξη της πιλοτικής μονάδας σε πλήρη κλίμακα ώστε να γίνεται επεξεργασία του συνολικού όγκου των νοσοκομειακών υγρών αποβλήτων που παράγονται από το Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας.

1.2 Περιγραφή

Η εκπόνηση του εν λόγω Παραδοτέου πραγματοποιήθηκε από το Διεθνές Ερευνητικό Κέντρο Νερού Νηρέας σε συνεργασία με το Συμβούλιο Αποχετεύσεων Λάρνακας (ΣΑΛ). Συγκεκριμένα, μέσω συλλογής των δεδομένων παραγωγής υγρών αποβλήτων από το Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας έγινε μια εκτίμηση οικονομικού και τεχνικού περιεχομένου για ανάπτυξη μονάδας με ικανότητα επεξεργασίας του συνολικού όγκου των νοσοκομειακών αποβλήτων που παράγονται περιλαμβάνοντας τις τεχνολογίες της πιλοτικής μονάδας. Το οικονομικό κομμάτι αφορούσε το κόστος τόσο ανά διεργασία όσο και συνολικά της μονάδας ενώ στο τεχνικό κομμάτι αναφέρθηκαν οι διαστάσεις και οι προδιαγραφές του ενδεικτικού εξοπλισμού λαμβάνοντας υπόψη τη μέση ημερήσια παραγωγή νοσοκομειακών υγρών αποβλήτων.

2 Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας

2.1 Γενικές πληροφορίες

Σύμφωνα με τον Οργανισμό Κρατικών Υπηρεσιών Υγείας (ΟΚΥΠΥ) το Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας αποτελεί το μεγαλύτερο νοσηλευτήριο της Επαρχίας Λάρνακας. Το Νοσοκομείο διαθέτει 4 χειρουργικές αίθουσες, 197 κλίνες νοσηλείας ασθενών και 51 κλίνες *Ημερήσιας Φροντίδας* για την εξυπηρέτηση ασθενών με θαλασσαιμία ή/και άτομα που χρειάζονται αιμοκάθαρση. Επιπλέον, το νοσοκομείο διαθέτει *Τμήμα Ατυχημάτων και Επειγόντων Περιστατικών*, ενώ από τον Δεκέμβριο του 2022, στο Νοσοκομείο λειτουργεί Μονάδα Εντατικής Θεραπείας. Το Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας περιέθαλψε πέραν των 70000 ασθενών το έτος 2022.



Εικόνα 2-1: Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας

2.2 Κλινικές/Τμήματα

Στο Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας υπάρχουν 28 Κλινικές/Τμήματα όπως παρουσιάζονται πιο κάτω με κάποια τμήματα να παρέχουν εξειδικευμένες υπηρεσίες υγείας:

1. Αιματολογικό Τμήμα:
 - α. Τακτικό Αιματολογικό Ιατρείο
 - β. Ιατρείο Αιμόστασης και Πήξης
2. Ακτινολογικό Τμήμα: Διαθέτει εξοπλισμό για 3D εξέταση Άνω και Κάτω Γνάθου καθώς επίσης και εξοπλισμό για Λιπομέτρηση Οργάνων
3. Αναισθησιολογικό Τμήμα

4. Γαστρεντερολογικό/Ενδοσκοπικό Τμήμα: Το μόνο τμήμα στο δίκτυο των Νοσοκομείων του ΟΚΥΠΥ το οποίο παρέχει την υπηρεσία της μανομετρίας οισοφάγου κατά τη διάρκεια της οποίας ελέγχεται η λειτουργία του οισοφάγου
5. Μαιευτική & Γυναικολογική Κλινική: Παρέχονται υπηρεσίες και θεραπευτικές επιλογές που εξειδικεύονται σε κάθε γυναίκα
6. Δερματολογική Κλινική: Διαθέτει το τελευταίου τύπου μηχάνημα PUVA για την αντιμετώπιση της Ψωρίασης
7. Κλινική Θαλασσαιμίας
8. Τμήμα Εσωτερικής Παθολογίας – Εξειδικευμένο Ιατρείο Ολιστικής αντιμετώπισης της Παχυσαρκίας
9. Καρδιολογική Κλινική
10. Κλινική Διατροφή
11. Κλινικό Εργαστήριο
12. Υπηρεσία Κατ' οίκον Νοσηλείας
13. Μικροβιολογικό
14. Μονάδα Εντατικής Θεραπείας (ΜΕΘ)
15. Νευρολογικό Τμήμα
16. Νεφρολογικό Τμήμα
 - α. Νεφρολογική Κλινική
 - β. Τμήμα Αιμοκάθαρσης
 - γ. Τμήμα Εξωτερικών Ιατρείων Νεφρολογίας
17. Ορθοπαιδική Κλινική
18. Ουρολογική Κλινική
19. Τμήμα Οφθαλμολογίας
20. Παθολογική Κλινική
21. Παιδιατρική Κλινική
22. Πνευμονολογικό Τμήμα

23. Ρευματολογικό Τμήμα
24. Τμήμα Ατυχημάτων και Επειγόντων Περιστατικών
25. Φαρμακείο
26. Τμήμα Φυσιοθεραπείας: Διαθέτει τη μεγαλύτερη θερμαινόμενη πισίνα με μηχανισμό υδρομασάζ, από όλα τα φυσιοθεραπευτήρια του ΟΚΥΠΥ και τα Ιδιωτικά Φυσιοθεραπευτήρια της Επαρχίας Λάρνακας καθώς και τελευταίου τύπου Μηχανήματα Ηλεκτροθεραπείας και τμήμα Παιδιατρικής Φυσιοθεραπείας
27. Χειρουργική Κλινική
28. Ωτορινολαρυγγολογική Κλινική

2.3 Παραγωγή υγρών αποβλήτων

Όπως προαναφέρθηκε το Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας έχει χωρητικότητα 197 κλινών. Η μέση ημερήσια παραγωγή υγρών αποβλήτων του νοσοκομείου υπολογίστηκε με τον ακόλουθο τρόπο σύμφωνα με τα δεδομένα που παρείχε το ΣΑΛ. Συγκεκριμένα, δόθηκαν στοιχεία κατανάλωσης νερού ανά τριμηνία μεταξύ Σεπτεμβρίου 2021 – Μαρτίου 2023 (Πίνακας 2-1).

Πίνακας 2-1: Δεδομένα κατανάλωσης νερού του Γενικού Νοσοκομείου Λάρνακας σύμφωνα με το ΣΑΛ για κάθε τριμηνία μεταξύ Σεπτεμβρίου 2021 – Μαρτίου 2023

Τριμηνία	Ημερομηνία Έναρξης	Ημερομηνία Λήξης	Κατανάλωση m ³
4 ^η	17/09/2021	09/12/2021	5751
1 ^η	10/12/2021	08/03/2022	6998
2 ^η	09/03/2022	09/06/2022	6379
3 ^η	02/06/2022	02/09/2022	7886
4 ^η	01/09/2022	01/12/2022	7395
1 ^η	03/12/2022	03/03/2023	7170

Έχοντας υπόψη τον Πίνακα 2.1 ο μέσος μηνιαίος όρος (X_{m3}) που προκύπτει από τα δεδομένα της τρίμηνης κατανάλωσης για το χρονικό διάστημα Σεπτεμβρίου 2021 – Μάρτιος 2023 προέκυψε ως ακολούθως. Οι καταγεγραμμένες καταναλώσεις διαιρέθηκαν διά του τρία (τρεις μήνες) ώστε να υπολογιστεί η μέση μηνιαία κατανάλωση (X_{m1}) του νοσοκομείου. Ακολούθως η μέση μηνιαία κατανάλωση διαιρέθηκε διά 30 (ημέρες ανά μήνα) ώστε να προκύψει η μέση ημερήσια κατανάλωση (X_D) του νοσοκομείου. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς στην Εξίσωση 2-1 η μέση ημερήσια κατανάλωση στο Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας είναι 83,3 m³/ημέρα.

Παρόλα αυτά η τιμή αυτή στρογγυλοποιήθηκε στα 90 m³/ημέρα ώστε να ληφθούν υπόψη τυχόν διακυμάνσεις στην παραγωγή των υγρών αποβλήτων.

$$X_{m3} = \frac{5751 + 6998 + 6379 + 7886 + 7395 + 7170}{6} = 6930 \text{ m}^3/\text{τριμηνία}$$

$$X_{m1} = \frac{6930}{3} = 2310 \sim 2500 \text{ m}^3/\text{μήνα} \longrightarrow X_D = \frac{2500}{30} = 83,3 \sim 90 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$$

Εξίσωση 2-1: Υπολογισμοί για την ημερήσια παραγωγή υγρών αποβλήτων του Γενικού Νοσοκομείου Λάρνακας

Με βάση τη **μέση ημερήσια παραγωγή νοσοκομειακών αποβλήτων των 90 m³** έγιναν οι υπολογισμοί για ανάπτυξη μονάδας ικανότητας επεξεργασίας ολόκληρου του ημερήσιου όγκου υγρών αποβλήτων.

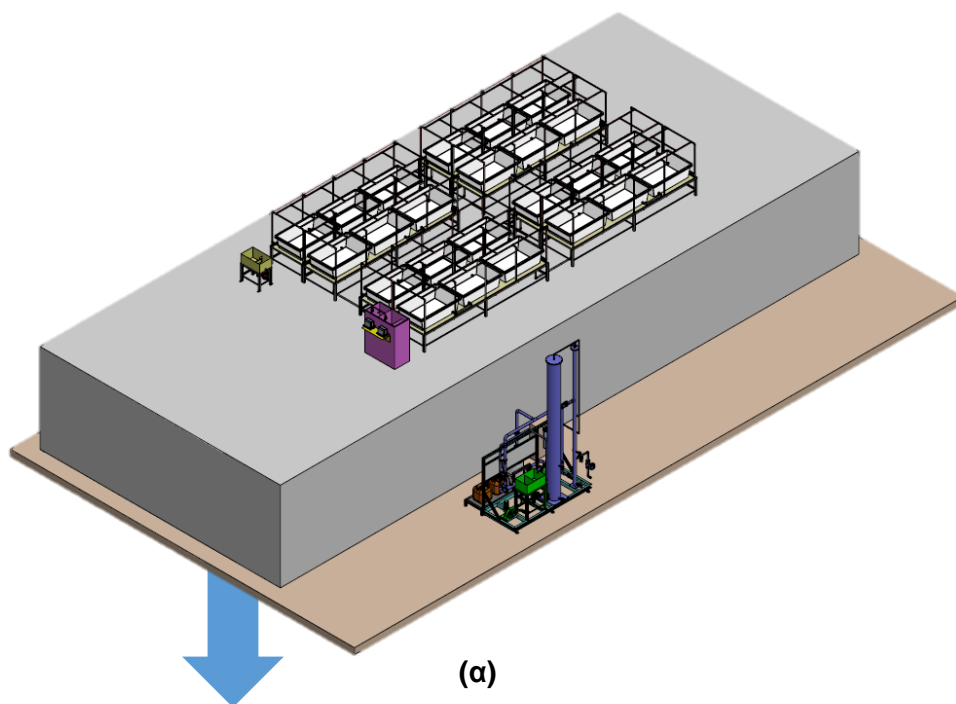
3 Πιλοτική Μονάδα

Η πιλοτική μονάδα εγκαταστάθηκε εντός του περιφραγμένου χώρου της μονάδας βιολογικού καθαρισμού του Γενικού Νοσοκομείου Λάρνακας η οποία πλέον δεν λειτουργεί μετά τη σύνδεση του νοσοκομείου με το κεντρικό σύστημα αποχέτευσης του ΣΑΛ. Τον σχεδιασμό, την εγκατάσταση και την ομαλή λειτουργία της πιλοτικής μονάδας ανέλαβε η ανάδοχος εταιρεία S.K. Euromarket LTD. Η πιλοτική μονάδα είχε δυνατότητα ημερήσιας επεξεργασίας 1 m³/ημέρα υγρού αποβλήτου και περιλάμβανε σειρά από προχωρημένες φυσικοχημικές, βιοχημικές και χημικές τεχνολογίες. Συγκεκριμένα, αποτελείτο από συνολικά 4 στάδια τεχνολογιών, την αναερόβια επεξεργασία μέσω του αντιδραστήρα MBR (Anaerobic Membrane BioReactor - AnMBR), την αερόβια μονάδα ρευστοποιημένης κλίνης (Moving Bed BioReactor - MBBR), το στάδιο φυτοεξυγίανσης με φυτά *Lemna minor* και το στάδιο απολύμανσης με προχωρημένη οξειδωση το οποίο επιτυγχάνεται με υπεριώδη ακτινοβολία σε συνδυασμό με υπεροξείδιο του υδρογόνου (UV-C/H₂O₂). Στον Πίνακα 3-1 αναλύονται οι δαπάνες προμήθειας και εγκατάστασης της πιλοτικής μονάδας όπως υπολογίστηκαν από την ανάδοχο εταιρεία κατά τη περίοδο σχεδιασμού της.

Πίνακας 3-1: Κόστος προμήθειας και εγκατάστασης εξοπλισμού και διεργασιών για τη πιλοτική μονάδα δυνατότητας ημερήσιας επεξεργασίας 1 m³/ημέρα

A/A	Περιγραφή σταδίου επεξεργασίας	Κόστος (χωρίς ΦΠΑ)
1	Αναερόβιος αντιδραστήρας τύπου AnMBR	47850 €
2	Αερόβιας μονάδας τύπου MBBR	28000 €
3	Επεξεργαστής με φυτά <i>Lemna minor</i>	22500 €
4	Μονάδα απολύμανσης με τεχνολογία προηγμένης οξειδωσης	27850 €
5	Κεντρικός ηλεκτρικός πίνακας	16800 €
6	Αυτόματος δειγματολήπτης	8250 €
Συνολικό κόστος προμήθειας και εγκατάστασης		151250 €

Λόγω περιορισμένου χώρου η μονάδα εγκαταστάθηκε σε δύο επίπεδα: στο έδαφος και στην οροφή της βιολογικής μονάδας καθαρισμού (Εικόνα 3-1). Στο Παράρτημα υπάρχουν τα αναλυτικά σχέδια που αναπτύχθηκαν από την ανάδοχο εταιρεία με τις διαστάσεις του εξοπλισμού και την ονομασία των διαφόρων τμημάτων καθώς επίσης και το διάγραμμα ροής.



(α)



(β)

Εικόνα 3-1: (α) Εικόνες που αναπτύχθηκαν από την ανάδοχο εταιρία για την εγκατάσταση της πιλοτικής μονάδας (β) Φωτογραφία της πιλοτικής μονάδα που βρίσκεται εγκαταστημένη στο χώρο του Γενικού Νοσοκομείου Λάρνακας

4 Ανάπτυξη μονάδας πλήρους εφαρμογής

Η μονάδα δυνατότητας ημερήσιας επεξεργασίας 90 m³/ημέρα θα είναι πανομοιότυπη με την πιλοτική μονάδα που σχεδιάστηκε στα πλαίσια του έργου T4H αλλά με κάποιες αναγκαίες τεχνικές αλλαγές λόγω αύξησης του ημερήσιου όγκου επεξεργασίας. Αρχικά, θα κατασκευαστεί υπόγειο κεντρικό αντλιοστάσιο με σκοπό τη συγκέντρωση και ανύψωση των εισερχόμενων υγρών αποβλήτων από το Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας. Το αντλιοστάσιο θα περιλαμβάνει υποβρύχιες αντλίες υγρών αποβλήτων με προπέλα ανοιχτού τύπου με ελεύθερη δίοδο στερεών 80 mm. Επιπρόσθετα, απαιτείται προσθήκη συστήματος προεπεξεργασίας (screen & grit removal) που αποσκοπεί στην απομάκρυνση ογκωδών στερεών για προστασία του εξοπλισμού και αποφυγή οποιωνδήποτε προβλημάτων που ενδέχεται να προκληθούν από τις ψηλές συγκεντρώσεις στερεών, και όχι μόνο (χαρτιά, άμμους και πέτρες), που παρασύρονται κατά τη ροή των νοσοκομειακών απόβλητων. Το σύστημα προεπεξεργασίας θα είναι εγκατεστημένο υπέργεια με δυναμικότητα 15 m³/ώρα. Μετά την προεπεξεργασία ακολουθεί υπόγεια δεξαμενή εξισορρόπησης με σκοπό την ελεγχόμενη ροή προς τα επόμενα στάδια επεξεργασίας και την εξασφάλιση σταθερής ροής καθ' όλη την διάρκεια της 24ώρου λειτουργίας της μονάδας αφού οι ροές νοσοκομειακών αποβλήτων διαταράσσονται κατά τη διάρκεια της ημέρας (μειωμένες ροές κατά τις νυχτερινές ώρες). Συγκεκριμένα η υπόγεια δεξαμενή εξισορρόπησης θα περιλαμβάνει: (α) αντλητικό σύστημα με κατάλληλες για υγρά απόβλητα υποβρύχιες αντλίες με προπέλα ανοιχτού τύπου με ελεύθερη δίοδο στερεών 65mm (β) σύστημα ανάδευσης με υποβρύχιο αναδευτήρα (ECO-MIX E1 (Pompe Rotomec – Ιταλία)), (γ) ηλεκτρομαγνητικό ροομετρητή DN65 (αισθητήρας: 7ME6520-3FF13-2AA1 (SISTRANS FM MAG 5100W), μεταδότης: 7ME6910-1AA10-1AA0 (MAG 5000))) και (δ) άλλο βοηθητικό εξοπλισμό. Η εν λόγω μονάδα θα είναι πλήρως αυτοματοποιημένη επιτρέποντας το πλήρη έλεγχο της μέσω κεντρικού συστήματος αυτοματισμού και ελέγχου λειτουργίας. Οι ενδεικτικές διαστάσεις των προαναφερόμενων τμημάτων της μονάδας αναγράφονται στο Πίνακα 4-1.

Πίνακας 4-1: Διαστάσεις τμημάτων μονάδας με ικανότητα ημερήσιας επεξεργασίας 90 m³/ημέρα νοσοκομειακών υγρών αποβλήτων για το Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας

Τμήματα μονάδας	Μήκος (m)	Πλάτος (m)	Ύψος (m)
Υπόγειο κεντρικό αντλιοστάσιο	2,5	2,5	5,0
Υπόγεια δεξαμενή εξισορρόπησης	3,0	3,0	4,0
Σύστημα προεπεξεργασίας	1,8	1,0	1,5

Ακολουθεί η αναλυτική τεχνική περιγραφή των επιμέρους τεχνολογιών της μονάδας.

4.1 Διεργασίες

4.1.1 Αναερόβιος αντιδραστήρας MBR (Anaerobic Membrane BioReactor – AnMBR)

Η αναερόβια επεξεργασία αποσκοπεί στην απομάκρυνση του οργανικού φορτίου επιφέροντας μείωση του βιολογικά απαιτούμενου οξυγόνου (BOD) και χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (COD). Η τεχνολογία αυτή απαρτίζεται από δύο κυλινδρικούς αντιδραστήρες κατασκευασμένους από ανοξείδωτο χάλυβα τύπου AISI 316 και σύστημα μεμβρανών υπερδιήθησης κεραμικού τύπου (τρεις μονάδες παράλληλης διάταξης, LD-137 (LiqTech Ceramics – Δανία)). Ο πρώτος αντιδραστήρας εξυπηρετεί τη διαδικασία της υδρόλυσης και οξεογένεσης με συνεχή διόρθωση του pH και ανακυκλοφορίας. Στον δεύτερο αντιδραστήρα λαμβάνει χώρα η κύρια αναερόβια επεξεργασία με το στάδιο της μεθανογένεσης η οποία διενεργείται σε μεσοφιλικές θερμοκρασίες 35-37°C. Το βιοαέριο που παράγεται εντός του αντιδραστήρα μεθανογένεσης μεταφέρεται σε ξηραντήρα για καύση. Τέλος, το υγρό απόβλητο διηθείται μέσω του συστήματος μεμβρανών υπερδιήθησης για διαχωρισμό του επεξεργασμένου προϊόντος από τη βιομάζα που προέρχεται από τους αντιδραστήρες.

4.1.1.1 Αναλυτική Τεχνική Περιγραφή

Τα υγρά απόβλητα από τη δεξαμενή εξισορρόπησης εισέρχονται αρχικά στον πρώτο αντιδραστήρα της αναερόβιας επεξεργασίας για τη διεργασία της οξεογένεσης όπου ουσιαστικά γίνεται ρύθμιση του pH κοντά στο 7 με προσθήκη καυστικής σόδας. Αυτό γίνεται μέσω αυτοματοποιημένου συστήματος που περιλαμβάνει αισθητήρα μέτρησης του pH (αισθητήρας: 8350 (Z08350=A=0000), ρυθμιστής: SC200 (LXV404.99.00101)) και δοσομετρικό σύστημα δύο αντλιών (μια σε λειτουργία και μια εφεδρική, AKL603NAH0000 (Seko Spa, Κύπρος)). Μέσω αντλίας ανακυκλοφορίας θα επιτρέπεται η μεταφορά υγρών αποβλήτων από τον αντιδραστήρα οξεογένεσης στο σύστημα μεμβρανών υπερδιήθησης (τρεις μονάδες παράλληλης διάταξης) με μέρος του τελικού διηθημένου προϊόντος να επιστρέφει στο πυθμένα του αναερόβιου αντιδραστήρα (διεργασία μεθανογένεσης) οδηγώντας στη συνεχή ανακυκλοφορία και ανάμιξη μεταξύ αντιδραστήρα οξεογένεσης και αναερόβιου αντιδραστήρα που επικοινωνούν μέσω σωλήνα σύνδεσης σε υψηλότερο επίπεδο. Το υπολειπόμενο διηθημένο υγρό απόβλητο οδεύει προς το επόμενο στάδιο επεξεργασίας, την αερόβια επεξεργασία. Με στόχο την παρακολούθηση αλλά και τη βέλτιστη λειτουργία του συστήματος μεμβρανών υπερδιήθησης θα εγκατασταθούν δύο μετρητές ροής ((i) F-452130LHN (Blue White-USA), (ii) F-40050LN-6 (Blue White-USA)) στα δίκτυα ανακυκλοφορίας και μεταφοράς του διηθημένου υγρού αποβλήτου, αντίστοιχα. Η διατήρηση της θερμοκρασίας σε μεσοφιλικές συνθήκες (35-37°C) είναι αναγκαία για τη βιωσιμότητα της

βιομάζας εντός του αναερόβιου αντιδραστήρα και ως εκ τούτου την αποτελεσματική επεξεργασία των υγρών απόβλητων. Για αυτό το λόγο θα τοποθετηθεί εσωτερικό σύστημα κυκλοφορίας ζεστού νερού με ανακυκλοφορία και εναλλάκτη θερμότητας με σωλήνα εντός του αντιδραστήρα. Το σύστημα αυτό θα λειτουργεί μέσω καυστήρα βιοαερίου και λέβητα ζεστού νερού ενώ θα ελέγχεται με χρήση αισθητήρα θερμοκρασίας (TR33 Miniature resistance thermometer (Wika Corporate, Γερμανία)) ο οποίος θα ρυθμίζει και την ανακυκλοφορία του ζεστού νερού. Τέλος, το παραγόμενο βιοαέριο που προκύπτει από τους αντιδραστήρες απομακρύνεται μέσω ειδικού δικτύου που θα περιλαμβάνει βαλβίδα σταθεροποίησης πίεσης, παγίδα σταγονιδίων και πυρσό καύσης. Το δίκτυο θα μεταφέρει το παραγόμενο βιοαέριο σε ξηραντήρα όπου θα καίγεται σε πυρσό στο χώρο της μονάδας με πιθανότητα εκμετάλλευσής του για παραγωγή ενέργειας. Στον Πίνακα 4-2 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι ενδεικτικοί βοηθητικοί εξοπλισμοί για τη λειτουργία της αναερόβιας διεργασίας και στον Πίνακα 4-3 οι διαστάσεις των τμημάτων της.

Πίνακας 4-2: Ενδεικτικός βοηθητικός εξοπλισμός για την εγκατάσταση της αναερόβιας επεξεργασίας (AnMBR) στην μονάδα με ικανότητα ημερήσιας επεξεργασίας 90 m³/ημέρα υγρών νοσοκομειακών αποβλήτων για το Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας

Είδος εξοπλισμού	Λειτουργία	Μοντέλο/Χαρακτηριστικά
Αισθητήρας μέτρησης pH	Μέτρηση και ρύθμιση pH	Αισθητήρας: 8350 [Z08350=A=0000] Ρυθμιστής: SC200 [LXV404.99.00101]
Δύο δοσομετρικές αντλίες καυστικής σόδας (μια σε λειτουργία και μια εφεδρική)	Αντλίες για μεταφορά ποσότητας καυστικής σόδας στον αντιδραστήρα οξεογένεσης	AKL603NAH0000 [Seko Spa, Κύπρος]
Αντλία ανακυκλοφορίας	Ανακύκλωση διηθημένου υγρού αποβλήτου	N/A*
Δύο μετρητές ροής στα δίκτυα ανακυκλοφορίας και μεταφοράς του διηθημένου υγρού αποβλήτου	Παρακολούθηση και ρύθμιση της βέλτιστης λειτουργία της μεμβράνης υπερδιήθησης	(i) F-452130LHN [Blue White-USA] (ii) F-40050LN-6 [Blue White-USA]
Σύστημα κυκλοφορίας ζεστού νερού	Διατήρηση θερμοκρασίας σε μεσοφιλικές συνθήκες (35-37°C) στον αντιδραστήρα μεθανογένεσης	N/A*
Αισθητήρας θερμοκρασίας	Μέτρηση θερμοκρασίας εντός του αντιδραστήρα μεθανογένεσης	TR33 Miniature resistance thermometer [Wika Corporate, Γερμανία]
Δίκτυο απομάκρυνσης βιοαερίου	Μεταφορά βιοαερίου προς σημείο καύσης	N/A*

*N/A: Not applicable

Πίνακας 4-3: Διαστάσεις αντιδραστήρων που απαρτίζουν την αναερόβια επεξεργασία (AnMBR) στην μονάδα με ικανότητα ημερήσιας επεξεργασίας 90 m³/ημέρα υγρών νοσοκομειακών αποβλήτων για το Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας

Τμήμα επεξεργασίας	Διάμετρος (m)	Ύψος (m)
Αντιδραστήρας οξεογένεσης	1,1	3,0
Αναερόβιος αντιδραστήρας	4,0	4,0

4.1.2 Αερόβια μονάδα ρευστοποιημένης κλίνης (Moving Bed BioReactor – MBBR)

Η αερόβια επεξεργασία μέσω ρευστοποιημένης κλίνης (MBBR) στοχεύει στην περαιτέρω μείωση του οργανικού φορτίου καθώς και στη μείωση θρεπτικών συστατικών (π.χ. Ολικό Φώσφορο, Ολικό Άζωτο) των οποίων οι συγκεντρώσεις είτε παραμένουν σταθερές είτε αυξάνονται κατά την έξοδο του αποβλήτου από τον αναερόβιο αντιδραστήρα. Η αερόβια διεργασία περιλαμβάνει ορθογώνιο αντιδραστήρα κατασκευασμένο από ανοξείδωτο χάλυβα τύπου AISI 304 με δύο διακριτά διαμερίσματα. Το πρώτο διαμέρισμα εξυπηρετεί την οξείδωση του υπολειμματικού οργανικού άνθρακα από την αναερόβια επεξεργασία και το δεύτερο διαμέρισμα εξυπηρετεί στην οξείδωση των θρεπτικών συστατικών. Εντός των διαμερισμάτων τοποθετείται ποσότητα πλαστικών βιοφορέων (biomedia) οι οποίοι βρίσκονται σε αιώρηση εντός του υγρού και πάνω τους αναπτύσσεται αερόβια βιομάζα για την αποικοδόμηση του υπολειμματικού ρυπαντικού φορτίου μετά την αναερόβια επεξεργασία. Επιπλέον, υπάρχει σύστημα τροφοδοσίας αέρα μέσω φυσητήρων, σωληνώσεων και σύστημα διάχυσης στον πυθμένα των διαμερισμάτων.

4.1.2.1 Αναλυτική Τεχνική Περιγραφή

Η αερόβια μονάδα τύπου MBBR θα έχει συνολικό υγρό ωφέλιμο όγκο 85 m³ και θα αποτελείται από δύο διαμερίσματα ωφέλιμου όγκου 33,5 m³ και 51,5 m³ έκαστο. Στα δύο διαμερίσματα θα τοποθετηθεί συνολικός όγκος πληρωτικού υλικού 24 m³ που θα δρα ως βιοφορέας. Οι βιοφορείς θα είναι κατασκευασμένοι από υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο (High Density Polyethylene – HDPE) με ειδική επιφάνεια 500 m²/m³ και ειδικό βάρος 0,95 (± 0.02) kg/L. Στο παρόν στάδιο ο αερισμός του αντιδραστήρα αποτελεί βασικό παράγοντα σωστής λειτουργίας και κατάλληλης επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων και έτσι θα πραγματοποιείται μέσω συστήματος αερισμού με φυσητήρες αέρος (JDK- 120 (Bibus, Αγγλία)), των οποίων η λειτουργία εναλλάσσεται ανά χρονικά διαστήματα. Οι χρονικές περίοδοι λειτουργίας μπορούν να ρυθμιστούν από το κεντρικό σύστημα αυτοματισμού και ελέγχου λειτουργίας ολόκληρης της μονάδας. Ο ενδεικτικός βοηθητικός εξοπλισμός για λειτουργία της αερόβιας επεξεργασίας καθώς και οι διαστάσεις του αντιδραστήρα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4-4 και Πίνακα 4-5, αντίστοιχα.

Πίνακας 4-4: Ενδεικτικός βοηθητικός εξοπλισμός για την εγκατάσταση της αερόβιας επεξεργασίας (MBBR) στην μονάδα με ικανότητα ημερήσιας επεξεργασίας 90 m³/ημέρα υγρών νοσοκομειακών αποβλήτων για το Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας

Είδος εξοπλισμού	Λειτουργία	Μοντέλο/Χαρακτηριστικά
Φυσητήρες αέρος	Παροχή αερισμού στον αντιδραστήρα	JDK-120 [Bibus-UK]

Πίνακας 4-5: Διαστάσεις τμημάτων αερόβιου αντιδραστήρα (MBBR) στην μονάδα με ικανότητα ημερήσιας επεξεργασίας 90 m³/ημέρα υγρών νοσοκομειακών αποβλήτων για το Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας

Τμήμα επεξεργασίας	Μήκος (m)	Πλάτος (m)	Ύψος (m)
1 ^ο διαμέρισμα συνολικού όγκου 33,5 m ³	3,0	3,0	3,8
2 ^ο διαμέρισμα συνολικού όγκου 51,5 m ³	4,7	3,0	3,8
Αερόβιος αντιδραστήρας ως σύνολο (85 m ³)	7,7	3,0	3,8

4.1.3 Φυτοεξυγίανση με φυτά *Lemna minor*

Η επεξεργασία φυτοεξυγίανσης με φυτά *Lemna minor* αποσκοπεί στην απομάκρυνση του οργανικού φορτίου και των θρεπτικών συστατικών. Στην πιλοτική μονάδα η τεχνολογία αυτή αποτελείτο από 24 λεκάνες, κατασκευασμένες από πολυαιθυλένιο ανθεκτικό στην κόπωση από την ηλιακή ακτινοβολία, οι οποίες συνδέονταν μεταξύ τους με πλαστικές σωληνώσεις και εξαρτήματα που διασφαλίζουν την ομαλή ροή του υγρού μέσα από τις λεκάνες και την αποφυγή σημείων στασιμότητας. Ο συνολικός ωφέλιμος υγρός όγκος των λεκανών ήταν 3 m³ με τη στάθμη του υγρού αποβλήτου εντός των λεκανών να μην υπερβαίνει τα 15 cm. Επίσης, προνοήθηκε όπως η παραγόμενη φυτική βιομάζα να συλλέγεται και να ξηραίνεται για χρήση ως στερεό καύσιμο. Σημαντική επισήμανση ήταν η τοποθέτηση ειδικών ανθεκτικών διχτυών ώστε να επιτρέπεται η επαφή με την ηλιακή ακτινοβολία αλλά να αποφεύγεται η πρόσβαση πτηνών και εντόμων οδηγώντας σε τυχόν επιμόλυνση των φυτών και του επεξεργασμένου υγρού αποβλήτου.

4.1.3.1 Αναλυτική Τεχνική Περιγραφή

Στη περίπτωση της μονάδας που θα αναπτυχθεί σε πλήρη κλίμακα το στάδιο φυτοεξυγίανσης με τα φυτά *Lemna minor* δεν θα πραγματοποιείται σε διαδοχικές λεκάνες αλλά θα κατασκευαστεί ορθογώνια δεξαμενή από οπλισμένο σκυρόδεμα. Γνωρίζοντας τον ωφέλιμο όγκο των 3 m³ για την επεξεργασία 1 m³/ημέρα υγρών αποβλήτων αναλογικά καταλήγουμε στον απαιτούμενο όγκο των 270 m³ για την επεξεργασία του συνολικού ημερήσιου όγκου των νοσοκομειακών αποβλήτων (90 m³/ημέρα). Η δεξαμενή που προκύπτει κρατώντας το ύψος της στο 1 m έχει διαστάσεις 25 m μήκος και 10,8 m πλάτος. Η μορφή της θα είναι μαιανδρική παρομοιάζουσα τις δεξαμενές χλωρίωσης που υπάρχουν ευρέως σε σταθμούς επεξεργασίας λυμάτων και βοηθούν επίσης στην εξοικονόμηση χώρου. Σημαντικός παράγοντας στην

διεργασία φυτοεξυγίανσης είναι η ύπαρξη προστατευτικού σκέπαστρου πάνω από τη δεξαμενή που να επιτρέπει την επαφή των φυτών με την ηλιακή ακτινοβολία και την ελεύθερη παροχή οξυγόνου αλλά ταυτόχρονα να εμποδίζεται η πρόσβαση εντόμων και πτηνών για αποφυγή τυχόν επιμολύνσεων. Ο ρυθμός παροχής των υγρών αποβλήτων στη δεξαμενή θα ρυθμίζεται με χρήση αντλίας και αισθητήρων ροής. Η ροή εξόδου της δεξαμενής θα καταλήγει σε ειδικό θάλαμο ο οποίος περιέχει λεπτό κόσκινο για απομάκρυνση τυχόν σωματιδίων πριν μεταφερθούν στο στάδιο προχωρημένης οξειδωσης. Μέρος των επεξεργασμένων από τα φυτά υγρών αποβλήτων επιστρέφει στη δεξαμενή μέσω φυγοκεντρικής αντλίας ανακυκλοφορίας (MAGNA1 25-60 180 (Grundfos, Δανία)) για ενίσχυση της ανάμιξης και της οξυγόνωσης ενώ το υπόλοιπο μεταφέρεται μέσω βαρύτητας στο στάδιο προχωρημένης οξειδωσης. Οι συνθήκες λειτουργίας των αντλιών θα μπορούν να ρυθμιστούν από το κεντρικό σύστημα αυτοματισμού και ελέγχου λειτουργίας ολόκληρης της μονάδας. Ο ενδεικτικός βοηθητικός εξοπλισμός για λειτουργία της φυτοεξυγίανσης με φυτά *Lemna minor* καθώς και οι διαστάσεις των τμημάτων της διεργασίας παρουσιάζονται στον Πίνακα 4-6 και Πίνακα 4-7, αντίστοιχα.

Πίνακας 4-6: Ενδεικτικός βοηθητικός εξοπλισμός για την εγκατάσταση της φυτοεξυγίανσης με φυτά *Lemna minor* στην μονάδα με ικανότητα ημερήσιας επεξεργασίας 90 m³/ημέρα υγρών νοσοκομειακών αποβλήτων για το Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας

Είδος εξοπλισμού	Λειτουργία	Μοντέλο/Χαρακτηριστικά
Αντλίες	Αντλίες για ρύθμιση της παροχής ροής υγρών αποβλήτων στη δεξαμενή	N/A*
Αισθητήρες ροής	Παρακολούθηση και ρύθμιση της ροής εισόδου στη δεξαμενή	N/A*
Φυγοκεντρική αντλία ανακυκλοφορίας	Ανακυκλοφορία επεξεργασμένων από τα φυτά υγρών αποβλήτων στη δεξαμενή	MAGNA1 25-60 180 [Grundfos, Δανία]
Προστατευτικό κάλυμμα	Εμπόδιση εντόμων/πτηνών από την επαφή τους με τα υγρά απόβλητα	N/A*

*N/A: Not applicable

Πίνακας 4-7: Διαστάσεις δεξαμενής φυτοεξυγίανσης με φυτά *Lemna minor* στην μονάδα με ικανότητα ημερήσιας επεξεργασίας 90 m³/ημέρα υγρών νοσοκομειακών αποβλήτων για το Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας

Τμήμα επεξεργασίας	Ύψος (m)	Πλάτος (m)	Μήκος (m)
Δεξαμενή με φυτά <i>Lemna minor</i>	1,0	10,8	25,0

Σημείωση: Σε περίπτωση χρήσης αντίστοιχων λεκανών με την περίπτωση της πιλοτικής μονάδας θα χρειάζονταν συνολικά 2160 λεκάνες με το συνολικό κόστος προμήθειας και εξοπλισμού να ανέρχεται στις 130000 €. Πέραν από τη χωρική επιβάρυνση που προκαλεί η χρήση 2160 λεκανών υπάρχει και επιπλέον οικονομική επιβάρυνση αφού το κόστος κατασκευής δεξαμενής από σκυρόδεμα αντιστοιχεί στις 100000 € (Πίνακας 4-10).

4.1.4 Απολύμανση με τεχνολογία προηγμένης οξειδωσης (UV-C/H₂O₂)

Το στάδιο της απολύμανσης στοχεύει στην αδρανοποίηση ή καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών. Παράλληλα λόγω της οξειδωτικής του ικανότητας με το υπεροξειδίο του υδρογόνου υπάρχει το ενδεχόμενο οξειδωσης οργανικού φορτίου. Η μονάδα απολύμανσης αποτελείται από συνδυασμό συστήματος υπεριώδους ακτινοβολίας με παρουσία υπεροξειδίου του υδρογόνου (H₂O₂). Η απολύμανση γίνεται μέσα σε αντιδραστήρα από ανοξείδωτο χάλυβα τύπου AISI 304 όπου είναι εγκατεστημένος λαμπτήρας UV με δυνατότητα ελάχιστου χρόνου επαφής τριών (3) λεπτών. Ο λαμπτήρας UV είναι κλειστού τύπου με ακτινοβολία μήκους κύματος 200-400 nm με ένταση στα 254 nm όπου επιτυγχάνεται η μέγιστη αποτελεσματικότητα απολύμανσης. Η ένταση της ακτινοβολίας θα πρέπει να είναι >400J/m² (Aquada 10 (Xylem – Αγγλία)). Μέσω δοσομετρικού συστήματος επιτρέπεται ο έλεγχος της δοσολογίας του αραιού διαλύματος υπεροξειδίου υδρογόνου (3-3,5%) όπου στόχος ήταν η συγκέντρωση να ανέρχεται στα 30-40 mg/L.

4.1.4.1 Αναλυτική Τεχνική Περιγραφή

Το τελευταίο στάδιο της μονάδας πριν την απόρριψη των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στο δίκτυο αποχέτευσης του ΣΑΛ είναι η τεχνολογία προηγμένης οξειδωσης και απολύμανσης (UV-C/H₂O₂). Μέσω δοσομετρικού συστήματος επιτυγχάνεται ο έλεγχος της δοσολογίας του αραιού διαλύματος υπεροξειδίου υδρογόνου στην είσοδο του αντιδραστήρα με δύο δοσομετρικές αντλίες (AKL603NAH0000 (Seko Spa, Κύπρος)), μία σε λειτουργία και μία εφεδρική). Για ενίσχυση της διαδικασίας απολύμανσης και οξειδωσης θα εγκατασταθεί φυγοκεντρική αντλία ανακυκλοφορίας η οποία θα συνδέει την είσοδο με την έξοδο του συστήματος προηγμένης οξειδωσης για ανακυκλοφορία του υγρού αποβλήτου. Η αντλία θα έχει την δυνατότητα ελέγχου στροφών που διευκολύνουν την προσαρμογή της απόδοσης της αντλίας στις βέλτιστες συνθήκες. Τέλος, τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα απορρίπτονται πίσω στο αποχετευτικό δίκτυο της Λάρνακας με χρήση αντλίας. Τα χρονικά διαστήματα λειτουργίας των αντλιών ελέγχονται από το κεντρικό σύστημα αυτοματισμού και ελέγχου λειτουργίας ολόκληρης της μονάδας. Ακολουθεί ο ενδεικτικός βοηθητικός εξοπλισμός για λειτουργία προηγμένης οξειδωσης και απολύμανσης (UV-C/H₂O₂) καθώς και οι διαστάσεις των τμημάτων της διεργασίας στον Πίνακα 4-8 και Πίνακα 4-9, αντίστοιχα.

Πίνακας 4-8: Ενδεικτικός βοηθητικός εξοπλισμός για την εγκατάσταση της τεχνολογίας προηγμένης οξειδωσης και απολύμανσης (UV-C/H₂O₂) στην μονάδα με ικανότητα ημερήσιας επεξεργασίας 90 m³/ημέρα υγρών νοσοκομειακών αποβλήτων για το Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας

Είδος εξοπλισμού	Λειτουργία	Μοντέλο/Χαρακτηριστικά
Λαμπτήρας UV	Υπεριώδης ακτινοβολία	Aquada 10 [Xylem – Αγγλία]

Δύο δοσομετρικές αντλίες (μια σε λειτουργία και μια εφεδρική)	Αντλίες για μεταφορά ποσότητας αραιού διαλύματος υπεροξειδίου υδρογόνου στον αντιδραστήρα προχωρημένης οξείδωσης	AKL603NAH0000 [Seko Spa, Κύπρος]
Φυγοκεντρική αντλία ανακυκλοφορίας	Ανακυκλοφορία επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στον αντιδραστήρα	N/A*

*N/A: Not applicable

Πίνακας 4-9: Διαστάσεις αντιδραστήρα προηγμένης οξείδωσης και απολύμανσης (UV-C/H₂O₂) στην μονάδα με ικανότητα ημερήσιας επεξεργασίας 90 m³/ημέρα υγρών νοσοκομειακών αποβλήτων για το Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας

Τμήμα επεξεργασίας	Ύψος (m)	Πλάτος (m)	Μήκος (m)
Αντιδραστήρας προηγμένης οξείδωσης και απολύμανσης (UV-C/H ₂ O ₂)	1,5	0,5	0,5

4.2 Κόστος κατασκευής

Το συνολικό κόστος κατασκευής της μονάδας με ικανότητα επεξεργασίας 90 m³ ανά ημέρα προέκυψε από υπολογισμούς της ανάδοχης εταιρείας η οποία έχει μακροχρόνια πείρα στο σχεδιασμό, στην εγκατάσταση και λειτουργία μονάδων (πιλοτικής και πλήρους κλίμακας) επεξεργασίας αποβλήτων. Συγκεκριμένα, πέραν από τον υπολογισμό του κόστους ανά διεργασία υπολογίστηκαν και το κόστος επιπλέον εξοπλισμού (π.χ. αντλιοστάσια, αυτοματοποιημένα συστήματα) προκύπτοντας έτσι τα δεδομένα του Πίνακας 4-10. Ο εκτιμώμενος προϋπολογισμός για την προμήθεια και εγκατάσταση του ολικού εξοπλισμού για μονάδα ικανότητας ημερήσιας επεξεργασίας 90 m³ ανέρχεται στις 751700 € εξαιρουμένου του φόρου προστιθέμενης αξίας.

Πίνακας 4-10: Κόστη προμήθειας και εγκατάστασης εξοπλισμού και διεργασιών στην μονάδα με ικανότητα ημερήσιας επεξεργασίας 90 m³/ημέρα υγρών νοσοκομειακών αποβλήτων για το Γενικό Νοσοκομείο Λάρνακας

A/A	Περιγραφή σταδίου επεξεργασίας	Κόστος (χωρίς ΦΠΑ)
1	Κεντρικό αντλιοστάσιο συγκέντρωσης / ανύψωσης	7950 €
2	Σύστημα προεπεξεργασίας (screen & grit removal)	16000 €
3	Δεξαμενή εξισορρόπησης που περιλαμβάνει αντλητικό σύστημα, σύστημα ανάδευσης, ροομετρητή και άλλο βοηθητικό εξοπλισμό	23750 €
4	Μονάδας αναερόβιου αντιδραστήρα τύπου AnMBR (περιλαμβάνει αντιδραστήρες, σύστημα ανακυκλοφορίας, σύστημα μέτρησης κα ελέγχου pH, σύστημα θερμικής αντίστασης, μετρητή βιοαερίου, παγίδα σταγονιδίων, μεμβράνη υπερδιήθησης	247500 €

5	Προκατασκευασμένη μονάδα αερόβιας μονάδας τύπου MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor). Στην αξία περιλαμβάνεται ο αντιδραστήρας, φυσητήρες αέρος, σύστημα αερισμού, biomedια κλπ	47500 €
7	Δεξαμενή φυτοεξυγίανσης μέσω των φυτών <i>Lemna minor</i> με προστατευτικό σκέπαστρο	100000€
8	Μονάδας απολύμανσης με τεχνολογία προηγμένης οξειδωσης	15000 €
9	Κεντρικός ηλεκτρικός πίνακας αυτοματισμού και ελέγχου λειτουργίας	24000 €
10	Εργασίες Υδραυλικών Εγκαταστάσεων	55000 €
11	Εργασίες Ηλεκτρολογικών Εγκαταστάσεων	45000 €
12	Εργασίες Πολιτικού Μηχανικού (Εργασίες και υπολογισμοί υποδομών)	120000 €
13	Τροποποιητικά μελέτες/σχέδια	50000 €
Συνολικό κόστος προμήθειας και εγκατάστασης		751700 €

5 Σχολιασμός

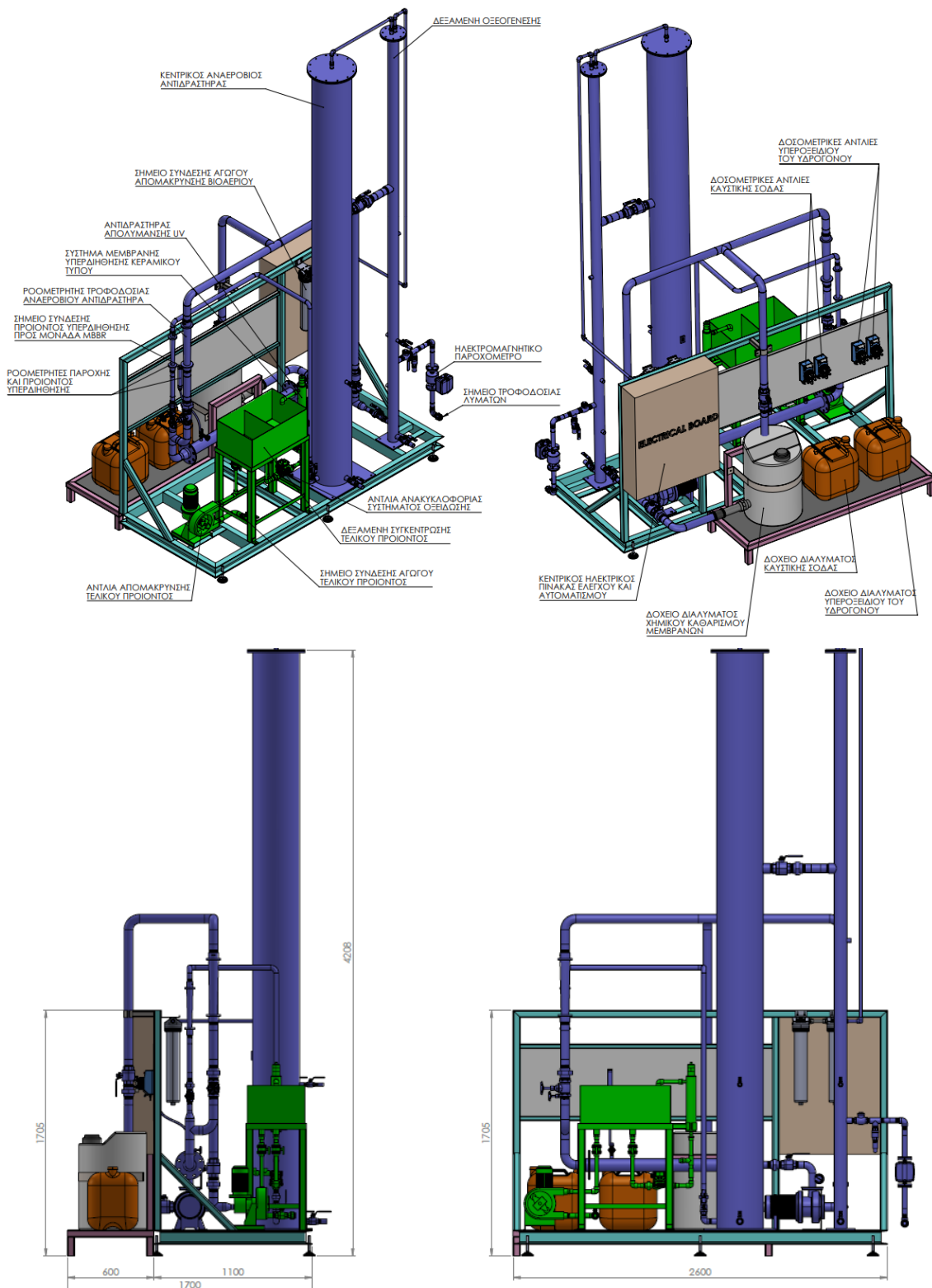
Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις αναλύσεις φυσικοχημικών, φαρμακευτικών και μικροβιολογικών παραγόντων που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια του έργου T4H δείχνουν την αποτελεσματικότητα της πιλοτικής μονάδας στη μείωση του εν λόγω ρυπογόνου φορτίου που εν τέλει καταλήγει στον κεντρικό σταθμό επεξεργασίας λυμάτων. Ενδεικτικά, στις φυσικοχημικές παραμέτρους επιτεύχθηκαν ποσοστιαίες απομακρύνσεις κοντά στο 50% για το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο και 80% για τον διαλυτό οργανικό άνθρακα. Στην περίπτωση των φαρμακευτικών ενώσεων ποσοτικοποιήθηκαν 33 από τις 90 ενώσεις από τις οποίες οι πλείστες είχαν μείωση (>40%) με μερικές να απομακρύνονται πλήρως. Αντίστοιχα, από τις μικροβιολογικές αναλύσεις προέκυψαν μειώσεις 2-3 log στην περίπτωση των εξεταζόμενων βακτηρίων και 1 log στις συγκεντρώσεις των γονιδίων.

Από τα παραπάνω δεδομένα προκύπτει ότι η ύπαρξη μονάδας σε νοσοκομειακές εγκαταστάσεις συμβάλλει στη μείωση του δύσκολου ρυπογόνου φορτίου (π.χ. φαρμακευτικές ουσίες και παθογόνα βακτήρια) και άρα στην αποφόρτιση του φορτίου που καλούνται να επεξεργαστούν οι κεντρικοί σταθμοί επεξεργασίας λυμάτων. Το γεγονός αυτό επιφέρει μακροπρόθεσμα ωφέληματα στη διαχείριση των υγρών αποβλήτων αλλά και στην δημόσια υγεία. Επιπρόσθετα, η ένταξη ανάλογων μονάδων στη διαχείριση των νοσοκομειακών υγρών αποβλήτων αποτελεί ευκαιρία έρευνας και ανάπτυξης νέων γνώσεων με βελτιστοποίηση υπάρχοντων ή εύρεση νέων αποτελεσματικότερων διεργασιών τόσο σε τεχνικό όσο και οικονομικό επίπεδο.

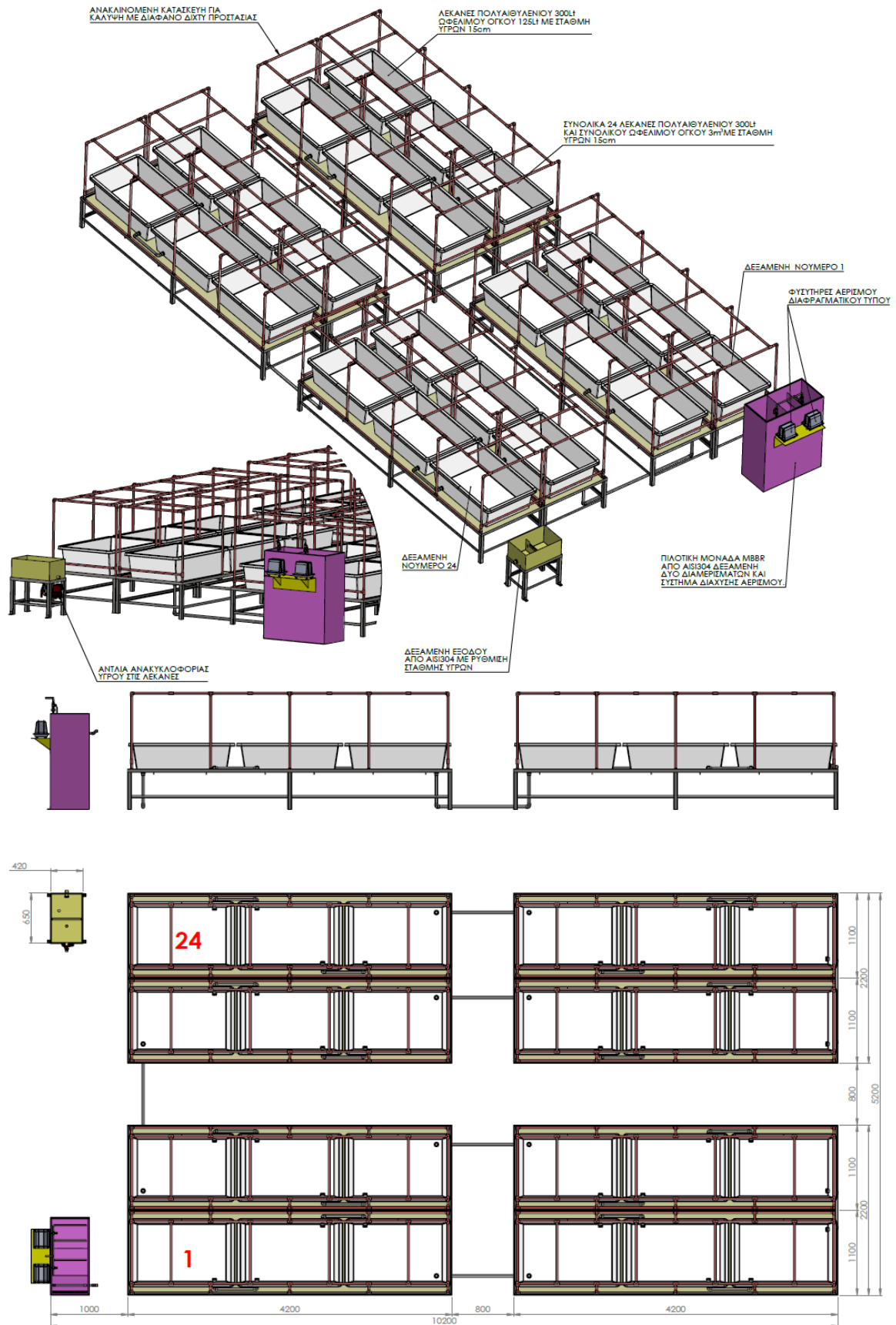
Δυστυχώς, η χωρική έκταση της μονάδας για επεξεργασία του συνόλου των νοσοκομειακών απόβλητων του Γενικού Νοσοκομείου Λάρνακας έχει υψηλές χωρικές απαιτήσεις κυρίως λόγω της διεργασίας φυτοεξυγίανσης με φυτά *Lemna minor*. Η αφαίρεση της εν λόγω διεργασίας μειώνει τις απαιτήσεις τόσο σε έκταση όσο και σε κόστος. Σημαντικός επίσης παράγοντας είναι και οι πιθανές νέες επεκτάσεις των εγκαταστάσεων του νοσοκομείου που ως αποτέλεσμα θα έχουν την αύξηση στη παραγωγή των υγρών αποβλήτων και άρα θα οδηγήσουν στην ανάγκη επεμβάσεων στη μονάδα ώστε να καλυφθούν οι νέες απαιτήσεις. Πέραν τούτου, η λειτουργία και συντήρηση της μονάδας επιφέρει οικονομικές επιβαρύνσεις στην αρμόδια διαχειριστική αρχή του νοσοκομείου καθώς και άλλα γενικά έξοδα που ενδέχεται να προκύψουν.

Λαμβάνοντας υπόψη τα όσα αναφέρθηκαν τα δεδομένα χαρακτηρίζονται ως θετικά αφού πέραν των διαφόρων προκλήσεων είτε τεχνικών είτε οικονομικών διαφαίνεται η σημαντικότητα εγκατάστασης ανάλογων μονάδων σε νοσοκομειακές μονάδες αφού μακροπρόθεσμα επιφέρουν υψίστης σημασίας ωφελήματα με κύριο δέκτη τη δημόσια υγεία.

6 Παράρτημα

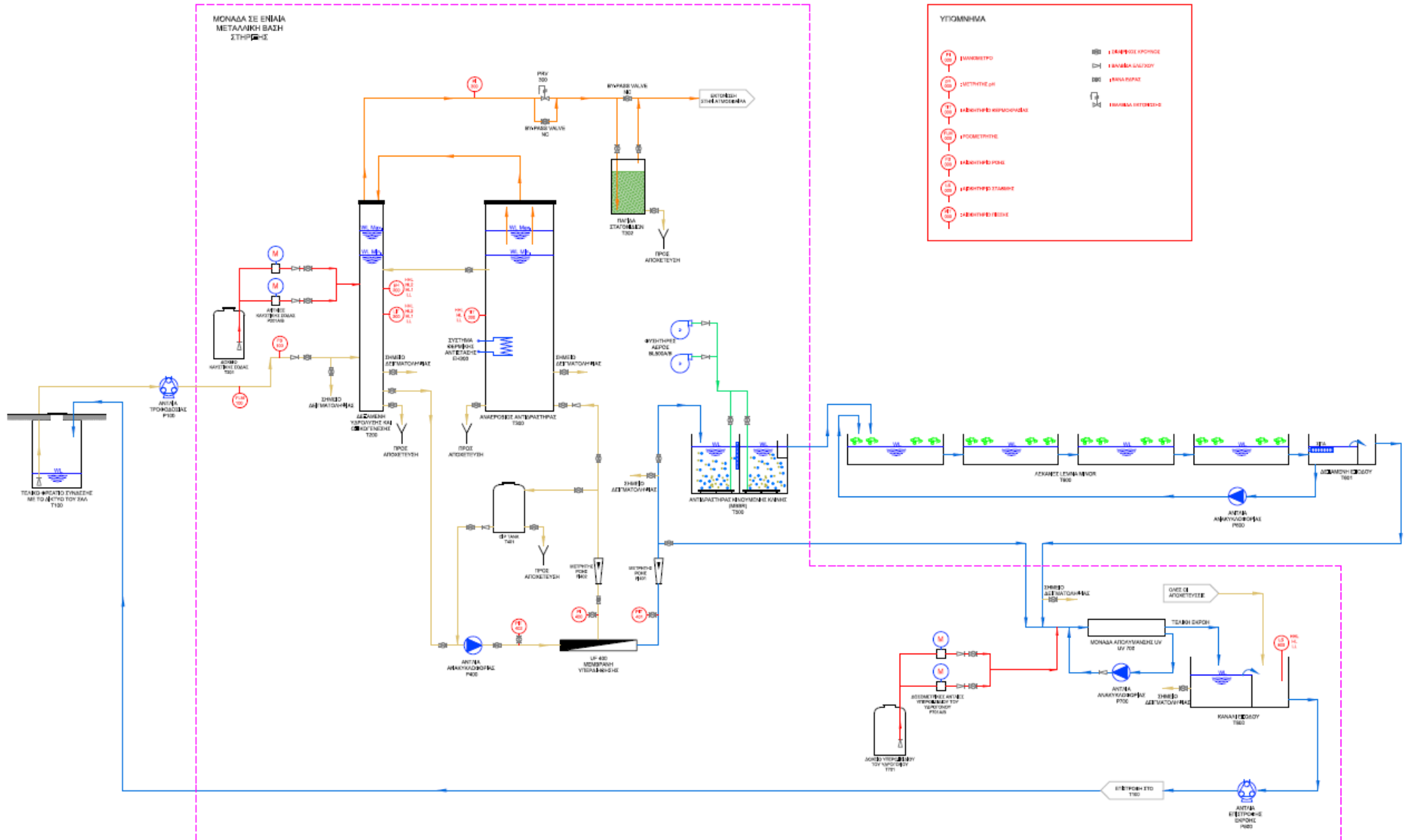


Εικόνα 6-1: Σχέδια τμήματος της πιλοτικής μονάδας που εγκαταστάθηκε στο έδαφος που περιλαμβάνει τον αναερόβιο αντιδραστήρα MBR και το στάδιο απολύμανσης με υπεριώδη ακτινοβολία σε συνδυασμό με υπεροξείδιο υδρογόνου



Εικόνα 6-2: Σχέδια τμήματος της πιλοτικής μονάδας που εγκαταστάθηκε στην οροφή που περιλαμβάνει την αερόβια μονάδα ρευστοποιημένης κλίνης και το στάδιο φυτοεξυγιάνσης με φυτά *Lemna minor*

ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΣΤΑΘΙΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ
ΥΓΡΩΝ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΑΚΩΝ ΑΠΟΒΑΝΤΩΝ



Εικόνα 6-3: Διάγραμμα ροής πιλοτικής μονάδας