

# ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ

---

## 6.3.1. Τεχνοοικονομική αξιολόγηση

31.10.2023





ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ



ΚΥΠΡΙΑΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ



**Η Πράξη συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Τ.Π.Α.) και από εθνικούς πόρους της Ελλάδας και της Κύπρου στο πλαίσιο του Προγράμματος Συνεργασίας INTERREG V-A Ελλάδα-Κύπρος 2014-2020**



**ΕΛΛΗΝΙΚΟ  
ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ**

**Ηράκλειο, 31.10.2023**

**ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ**

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
2.	ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΑΚΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ .....	5
2.1	Τεχνικά χαρακτηριστικά.....	5
2.1.1	Περιγραφή λειτουργίας πιλοτικής μονάδας.....	5
2.1.2	Καταναλωτές- Όργανα .....	7
2.1.3	ΜΟΝΑΔΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΑΝΑΕΡΟΒΙΟΥ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑ.....	10
2.1.3.1	Αντλία 01-PCS-01 Τροφοδοσίας Δοχείου 01-ΤΚΝ-01 .....	11
2.1.3.2	Δικλείδα 01-VBM-02 καθαρισμού φίλτρου εισόδου.....	11
2.1.3.3	Αντλία 01-PPC-02 τροφοδοσίας αναερόβιου αντιδραστήρα 02-TNK-01 .....	12
2.1.3.4	Ηλεκτρομαγνητικός μετρητής παροχής Υγρών Αποβλήτων (01-FIT-01) .....	12
2.1.4	ΜΟΝΑΔΑ ΑΝΑΕΡΟΒΙΟΥ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑ .....	12
2.1.4.1	Αναδευτήρας Αργής Ανάμιξης στη Δεξαμενή 02-TNK-02 (02-MAG-01).....	13
2.1.4.2	Μετρητής pH /T δεξαμενής 02-TNK-02 (02-NIT-01, 02-TT-01).....	14
2.1.4.3	Σύστημα θέρμανσης/ψύξης αναερόβιου αντιδραστήρα.....	14
2.1.4.4	Υδροστατικός μετρητής στάθμης (02-LT-01).....	14
2.1.4.5	Δοσιμετρική αντλία υδροξειδίου του νατρίου (02-PDD-01).....	15
2.1.5	ΣΥΣΤΗΜΑ ΥΠΕΡΔΙΗΘΗΣΗΣ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ (AnMBR) .....	15
2.1.5.1	Αντλία τροφοδοσίας μεμβρανών (03-PCD-01).....	17
2.1.5.2	Αντλία ανακυκλοφορίας μεμβρανών (03-PCD-02).....	17
2.1.5.3	Αντλία CIP (03-PCD-03).....	18
2.1.5.4	Μετρητές παροχής και μετρητής θερμοκρασίας (03-FIT-01, 03-FIT-02, 03-FIT-03)Η αντλία	18
2.1.5.5	Μετρητές πίεσης (03-PT-01, 03-PT-02, 03-PT-03) - Διαμεμβρανική πίεση TMP.....	18
2.1.5.6	Απόρριψη λύος.....	18
2.1.6	ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ (MBBR) & ΛΕΚΑΝΩΝ Lemna Minor .....	19
2.1.6.1	Φουσητήρας αερισμού δεξαμενής MBBR (04-BSC-01).....	20
2.1.6.2	Αντλία μεταφοράς νερού από τις δεξαμενές Lemna Minor προς την μονάδα AOP..	20
2.1.6.3	Αντλία Ανακυκλοφορίας Lemna minor (04-PCD-02).....	20
2.1.7	ΣΥΣΤΗΜΑ Advanced Oxidation Process (AOP) .....	20

2.1.7.1	Ηλεκτρομαγνητικός μετρητής παροχής Υγρών Αποβλήτων (05-FIT-01) .....	21
2.1.7.2	Αντλία Ανακυκλοφορίας UV (05-PCD-01).....	22
2.1.7.3	Δοσομετρική Αντλία Υπεροξειδίου του Υδρογόνου (05-PDD-01).....	22
2.1.7.4	Μονάδα UV (UV) .....	22
2.1.8	Συγκεντρωτικά τεχνικά χαρακτηριστικά πιλοτικής μονάδας ΠΑΓΝΗ .....	23
2.2	ΒΕΛΤΙΣΤΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ .....	26
3.	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ- ΟΦΕΛΟΥΣ .....	28
3.1	Καθορισμός των στόχων του έργου / της επένδυσης.....	28
3.1.1	Εκροές του έργου .....	31
3.1.2	Άμεσα αποτελέσματα του έργου.....	31
3.2	Εντοπισμός εναλλακτικών έργων/επενδύσεων .....	32
3.3	Καθορισμός των εμπλεκομένων .....	34
3.4	Μέτρηση των μεγεθών κόστους και κέρδους.....	35
3.4.1	Στοιχεία κόστους εξοπλισμού.....	35
3.4.2	Λειτουργικά κόστη .....	37
3.4.2.1	Ηλεκτρική ενέργεια.....	37
3.4.2.2	Κόστος χημικών επεξεργασίας .....	39
3.4.2.3	Κόστος συντήρησης .....	40
3.4.2.4	Κόστος προσωπικού Λειτουργίας και Συντήρησης.....	41
3.4.2.5	Συνολικό λειτουργικό κόστος.....	42
3.4.2.6	Εξοικονόμηση ενέργειας από την παραγωγή βιοαερίου.....	43
3.4.2.7	Εξοικονόμηση ενέργειας από την παραγωγή φυτικής βιομάζας.....	43
3.4.3	Στοιχεία κέρδους .....	44
3.5	Πρόβλεψη του κόστους και κέρδους για ένα προκαθορισμένο διάστημα και μετατροπή των μεγεθών κόστους και κέρδους σε κοινή νομισματική μονάδα .....	45
3.6	Υπολογισμός της καθαρής αξίας των εναλλακτικών .....	49
3.7	Διεξαγωγή ανάλυσης ευαισθησίας.....	51
3.8	SWOT ANALYSIS.....	53
4.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	55
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	56

## 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το παρόν παραδοτέο **6.3.1. Τεχνοοικονομική αξιολόγηση** πραγματοποιήθηκε από το Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο (ΕΛΜΕΠΑ) στο πλαίσιο του Πακέτου Εργασίας (ΠΕ) **06: Τεχνική, Περιβαλλοντική και Οικονομική Αξιολόγηση** του έργου με ακρωνύμιο *Treatment for Hospitals «T4H»* και με τίτλο πράξης: **«Επιτόπια Διαχείριση Νοσοκομειακών Υγρών Αποβλήτων με Στόχο τη Βελτίωση της Απόδοσης των Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων και της Αξιοποίησης των Εκροών»**, το οποίο συγχρηματοδοτείται από το Πρόγραμμα Συνεργασίας **Interreg V -A «Ελλάδα-Κύπρος 2014-2020»**.

Το συγκεκριμένο παραδοτέο περιλαμβάνει την ανάπτυξη μεθοδολογίας **α)** για την αποσαφήνιση των τεχνικών χαρακτηριστικών των μονάδων επεξεργασίας και των βέλτιστων συνθηκών λειτουργίας και **β)** την ανάλυση κόστους-οφέλους από την προτεινόμενη τεχνολογία για την Πιλοτική μονάδα που έχει εγκατασταθεί στο Ηράκλειο. Τα απαιτούμενα στοιχεία για την υλοποίηση της τεχνο-οικονομικής αξιολόγηση έχουν συλλεχθεί από τους εταίρους για τις μονάδες που έχουν αρμοδιότητα σύμφωνα με τα προηγούμενα παραδοτέα.

## 2. ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΑΚΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

### 2.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά

#### 2.1.1 Περιγραφή λειτουργίας πιλοτικής μονάδας

Η πιλοτική μονάδα επεξεργασίας των νοσοκομειακών υγρών αποβλήτων που έχει εγκατασταθεί στο Πανεπιστημιακό Γενικό Νοσοκομείο Ηρακλείου (ΠΑΓΝΗ) ελέγχεται από τον κεντρικό πίνακα. Ο έλεγχος επιτυγχάνεται μέσω του **PLC S7-1200** της Siemens, τοποθετημένο εντός του πίνακα. Μία οθόνη Siemens 7" έχει εγκατασταθεί στην πρόσοψη του πίνακα για να επιτρέψει το χειρισμό του συστήματος.

Στην πρόσοψη του πίνακα ακόμα υπάρχουν 3 επιλογικοί διακόπτες τριών θέσεων **MANUAL-OFF-AUTO** για την επιλογή λειτουργίας αντίστοιχων μονάδων καταναλωτών, ως εξής:

- **Θέση MANUAL:** Οι καταναλωτές της μονάδας θα εκκινούν ανεξάρτητα, με χειρισμό από την οθόνη αφής.
- **Θέση OFF:** Κανένας καταναλωτής της μονάδας δεν επιτρέπεται να λειτουργήσει.
- **Θέση AUTO:** Οι καταναλωτές της μονάδας λειτουργούν αυτόματα.

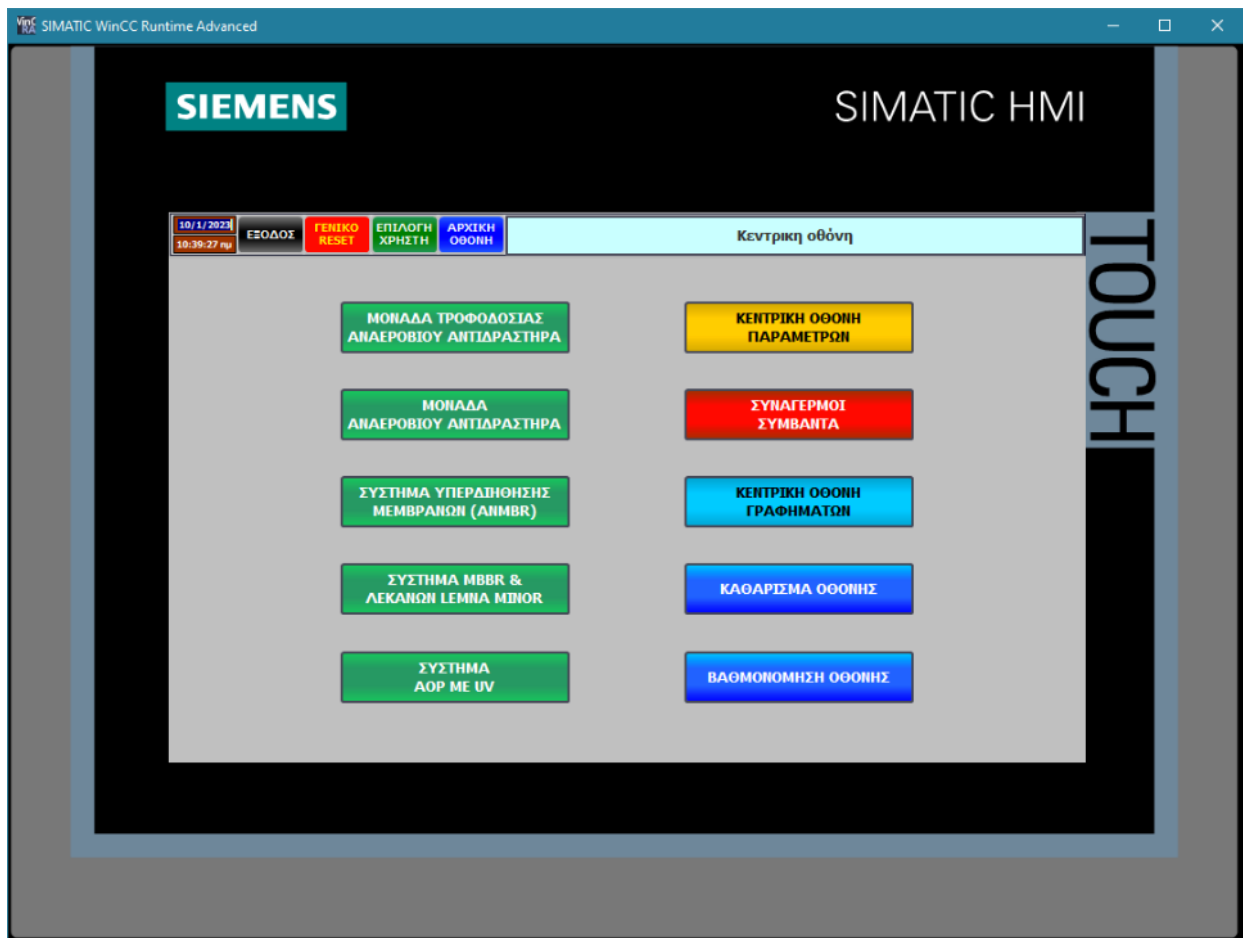
Όταν ο αντίστοιχος επιλογικός διακόπτης στον ηλεκτρολογικό πίνακα είναι στη θέση **MANUAL**, τότε όλος ο εξοπλισμός (αντλίες, δικλείδες, κτλ) μπορούν να επιλεχθούν και να ρυθμίσουν με

χειροκίνητα καθορισμένο σημείο λειτουργίας (setpoint), αν και πολλές από τις λειτουργίες είναι αλληλοσυνδεμένες με σκοπό την προστασία του εξοπλισμού.

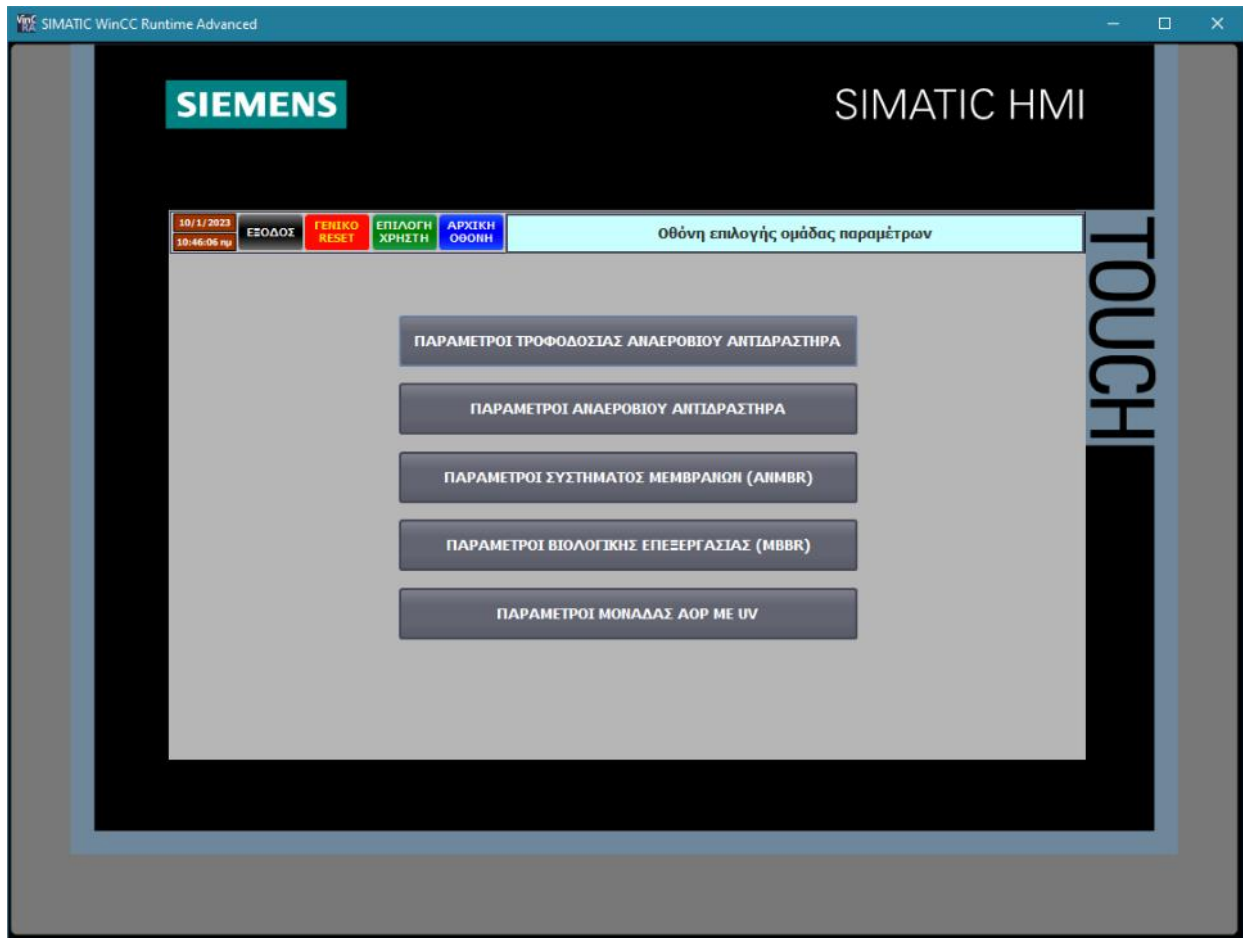
Όταν ο επιλογικός βρίσκεται στη θέση AUTO, τότε ο αντίστοιχος εξοπλισμός ελέγχεται από ένα προκαθορισμένο σύνολο ενεργειών, το οποίο περιγράφεται παρακάτω.

Οι καταναλωτές χωρίζονται στις εξής ομάδες:

- Μονάδα Τροφοδοσίας Αναερόβιου Αντιδραστήρα (Feed Unit – Area 01)
- Μονάδα Αναερόβιου αντιδραστήρα (AnMBR Unit – Area 02)
- Μονάδα Συστήματος Μεμβρανών (AnMBR Unit – Area 03)
- Μονάδα MBBR (MBBR Unit – Area 04)
- Μονάδα AOP με UV (AOP Unit – Area 05)



**Εικόνα 01:** Κεντρική οθόνη



Εικόνα 02: . Οθόνη επιλογής παραμέτρων

### 2.1.2 Καταναλωτές- Όργανα

Η πιλοτική μονάδα επεξεργασίας των νοσοκομειακών υγρών αποβλήτων που έχει εγκατασταθεί στο Πανεπιστημιακό Γενικό Νοσοκομείο Ηρακλείου (ΠΑΓΝΗ) αποτελείται από τους ακόλουθους ηλεκτρικούς καταναλωτές:

No	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΚΩΔΙΚΟΣ
1	Αντλία τροφοδοσίας δοχείου 01-TNK-01	01-PCS-01
2	Δικλείδα καθαρισμού λεπτοεσχάρωσης	01-VBM-02
3	Αντλία Τροφοδοσίας Αναερόβιου Αντιδραστήρα	01-PPC-02
4	Αναδευτήρας Αργής Ανάμιξης στη Δεξαμενή 02-TNK-02	02-MAG-01
5	Κυκλοφορητής ζεστού νερού	02-PCD-01
6	Θερμαντήρας νερού	02-HPR-01

7	Δικλείδα τροφοδοσίας νερού στο κύκλωμα θέρμανσης/ψύξης του αντιδραστήρα - NC	02-VDS-01
8	Δοσομετρική αντλία NaOH	02-PDD-01
9	Αντλία τροφοδοσίας AnMBR	03-PCD-01
10	Αντλία CIP	03-PCD-03
11	Αναλογική δικλείδα ρύθμισης παροχής διηθήματος	03-VFR-02
12	Αντλία ανακυκλοφορίας AnMBR	03-PCD-02
13	Δικλείδα τροφοδοσίας ζεστού νερού δοχείου CIP	03-VDS-01
14	Δικλείδα εκκένωσης	03-VBM-09
15	Αναλογική δικλείδα ρύθμισης παροχής ανακυκλοφορίας στον αντιδραστήρα	03-VFR-21
16	Δικλείδα εκκένωσης δοχείου CIP	03-VBM-31
17	Φυσητήρας δεξαμενής αερισμού βιολογικής επεξεργασίας - MBBR 04-TNK-01	04-BSC-01
18	Αντλία μεταφοράς από Lemna minor σε AOP	04-SLU-01
19	Αντλία / κυκλοφορητής σε Lemna minor	04-PCD-02
20	Αντλία / κυκλοφορητής UV	05-PCD-01
21	Δοσομετρική αντλία H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	05-PDD-01
22	Μονάδα UV (διαθέτει ηλεκτρικό πίνακα ελέγχου)	05-UV-01

Το σύστημα είναι επίσης εξοπλισμένο με τα ακόλουθα όργανα:

No	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΚΩΔΙΚΟΣ
1	Διακόπτες στάθμης στη Δεξαμενή 01-TNK-01	01-LSH-01 01-LSL-01 01-LSLL-01
2	Ηλεκτρομαγνητικός μετρητής παροχής τροφοδοσίας αναερόβιου αντιδραστήρα 02-TNK-01	01-FIT-01
3	Inverter για την αντλία 01-PPC-02	01-SIC-01

No	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΚΩΔΙΚΟΣ
4	Μετρητής pH	02-NIT-01
5	Μετρητής T	02-TT-01
6	Inverter για τον αναδευτήρα 02-MAG-01	02-SIC-01
7	Ελεγκτής για τα όργανα μέτρησης pH και T	02-CON-01
8	Μετρητής στάθμης υδροστατικής πίεσης στην δεξαμενή οξικογέννησης	02-LT-01
9	Ελεγκτής για το θερμοστοιχείο μέτρησης θερμοκρασίας νερού ανακυκλοφορίας	02-CON-02
10	Θερμοστοιχείο PT100	02-TSLH-01
11	Gas Meter	02-GFIT-01
12	Ηλεκτρομαγνητικός μετρητής παροχής τροφοδοσίας από τον αναερόβιο αντιδραστήρα στο σύστημα "AnMBR"	03-FIT-01
13	Inverter για την αντλία ανακυκλοφορίας 03-PCD-02	03-SIC-01
14	Μετρητής πίεσης γραμμής ανακυκλοφορίας μεμβρανών πριν τις μεμβράνες	03-PT-01
15	Ηλεκτρομαγνητικός μετρητής παροχής ανακυκλοφορίας στις μεμβράνες	03-FIT-02
16	Μετρητής θερμοκρασίας γραμμής ανακυκλοφορίας - ενσωματωμένο στον ηλεκτρομαγνητικό μετρητή παροχής 03-FIT-02	03-TT-02
17	Μετρητής πίεσης γραμμής ανακυκλοφορίας μεμβρανών μετά τις μεμβράνες	03-PT-02
18	Μετρητής πίεσης γραμμής διηθήματος	03-PT-03
19	Ηλεκτρομαγνητικός μετρητής παροχής διηθήματος	03-FIT-03
20	Διακόπτες στάθμης στη Δεξαμενή CIP - 03-TNK-01	03-LSH-01 03-LSLL-01
21	Διακόπτης στάθμης στην δεξαμενή Lemna minor	04-LSLL-01
22	Διακόπτης στάθμης Δοχείου AOP	05-LSL-01

No	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΚΩΔΙΚΟΣ
		05-LLSL-01
23	Ηλεκτρομαγνητικός μετρητής παροχής UV	05-FIT-01

### 2.1.3 ΜΟΝΑΔΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΑΝΑΕΡΟΒΙΟΥ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑ

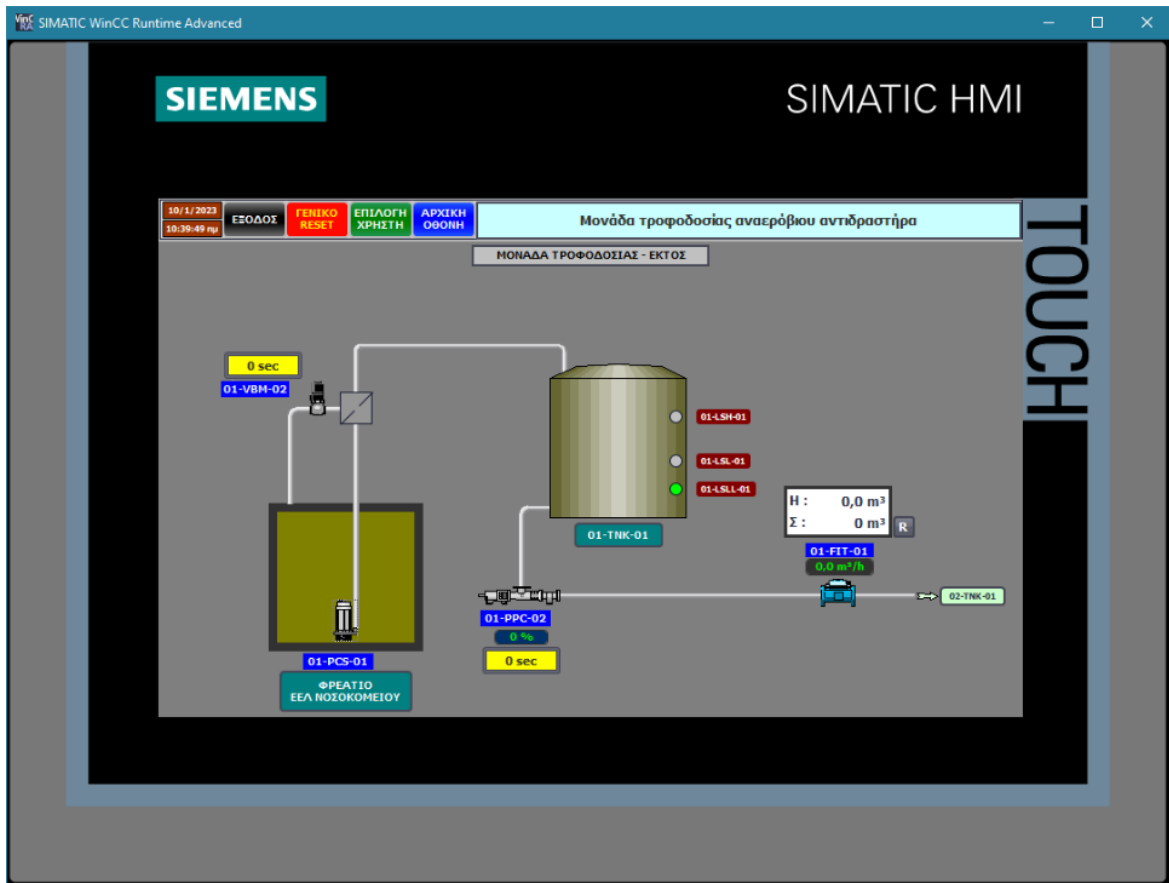
Η Μονάδα Τροφοδοσίας Αναερόβιου Αντιδραστήρα (Feed Unit – Area 01) περιλαμβάνει τους εξής καταναλωτές και όργανα:

#### Καταναλωτές

Αντλία τροφοδοσίας δοχείου 01-TNK-01	01-PCS-01
Δικλείδα καθαρισμού λεπτοεσχάρωσης	01-VBM-02
Αντλία Τροφοδοσίας Αναερόβιου Αντιδραστήρα	01-PPC-02

#### Όργανα

Διακόπτες στάθμης στη Δεξαμενή 01-TNK-01	01-LSH-01 01-LSL-01 01-LSLL-01
Ηλεκτρομαγνητικός μετρητής παροχής τροφοδοσίας αναερόβιου αντιδραστήρα 02-TNK-01	01-FIT-01
Inverter για την αντλία 01-PPC-02	01-SIC-01



**Εικόνα 03:** . Μονάδα Τροφοδοσίας Αναερόβιου Αντιδραστήρα

### 2.1.3.1 Αντλία 01-PCS-01 Τροφοδοσίας Δοχείου 01-TKN-01

Η αντλία 01-PCS-01 τροφοδοσίας του δοχείου 01-TKN-01 μεταφέρει τα υγρά απόβλητα από το αντλιοστάσιο τροφοδοσίας στη δεξαμενή τροφοδοσίας 01-TKN-01 του αντιδραστήρα 02-TNK-01. Η αντλία δεν επιτρέπεται να εκκινήσει και σταματά άμεσα τη λειτουργία της όταν η στάθμη στη Δεξαμενή 01-TNK-01 ανέβει πάνω από το διακόπτη 01-LSH-01. Η αντλία μπορεί να εκκινήσει εκ νέου όταν η στάθμη στη δεξαμενή 01-TNK-01 κατέβει κάτω από το διακόπτη 01-LSL-01.

### 2.1.3.2 Δικλείδα 01-VBM-02 καθαρισμού φίλτρου εισόδου

Η αυτόματη δικλείδα 01-VBM-02 είναι NC και ανοίγει για χρόνο 01-TM-02 όταν:

- Λειτουργεί η αντλία 01-PCS-01 και
- Έχει περάσει 01-TM-03 χρόνος λειτουργίας της αντλίας ή
- Έχει οριστεί χρονοπρόγραμμα ανοίγματος μετά από χρόνο κλεισίματος 01-TM-04
- Έχει ενεργοποιηθεί "Warning - Έμφραξη φίλτρου εισόδου ή αντλίας τροφοδοσίας"

### 2.1.3.3 Αντλία 01-PPC-02 τροφοδοσίας αναερόβιου αντιδραστήρα 02-TNK-01

Η αντλία τροφοδοσίας αναερόβιου αντιδραστήρα 01-PPC-02 μεταφέρει τα υγρά απόβλητα από τη δεξαμενή 01-TNK-01 στη δεξαμενή αναερόβιου αντιδραστήρα 02-TNK-01. Η αντλία δεν επιτρέπεται να εκκινήσει και σταματά άμεσα τη λειτουργία της όταν η στάθμη στη δεξαμενή 01-TNK-01 πέσει κάτω από το διακόπτη 01-LSLL-01. Η αντλία μπορεί να εκκινήσει εκ νέου όταν η στάθμη στη δεξαμενή 01-TNK-01 ανέβει πάνω από το διακόπτη 01-LSL-01.

Η αντλία είναι συνδεδεμένη με inverter (01-SIC-01) εγκατεστημένο εντός του ηλεκτρολογικού πίνακα για τη ρύθμιση των στροφών του. Η ρύθμιση των στροφών της αντλίας γίνεται χειροκίνητα.

### 2.1.3.4 Ηλεκτρομαγνητικός μετρητής παροχής Υγρών Αποβλήτων (01-FIT-01)

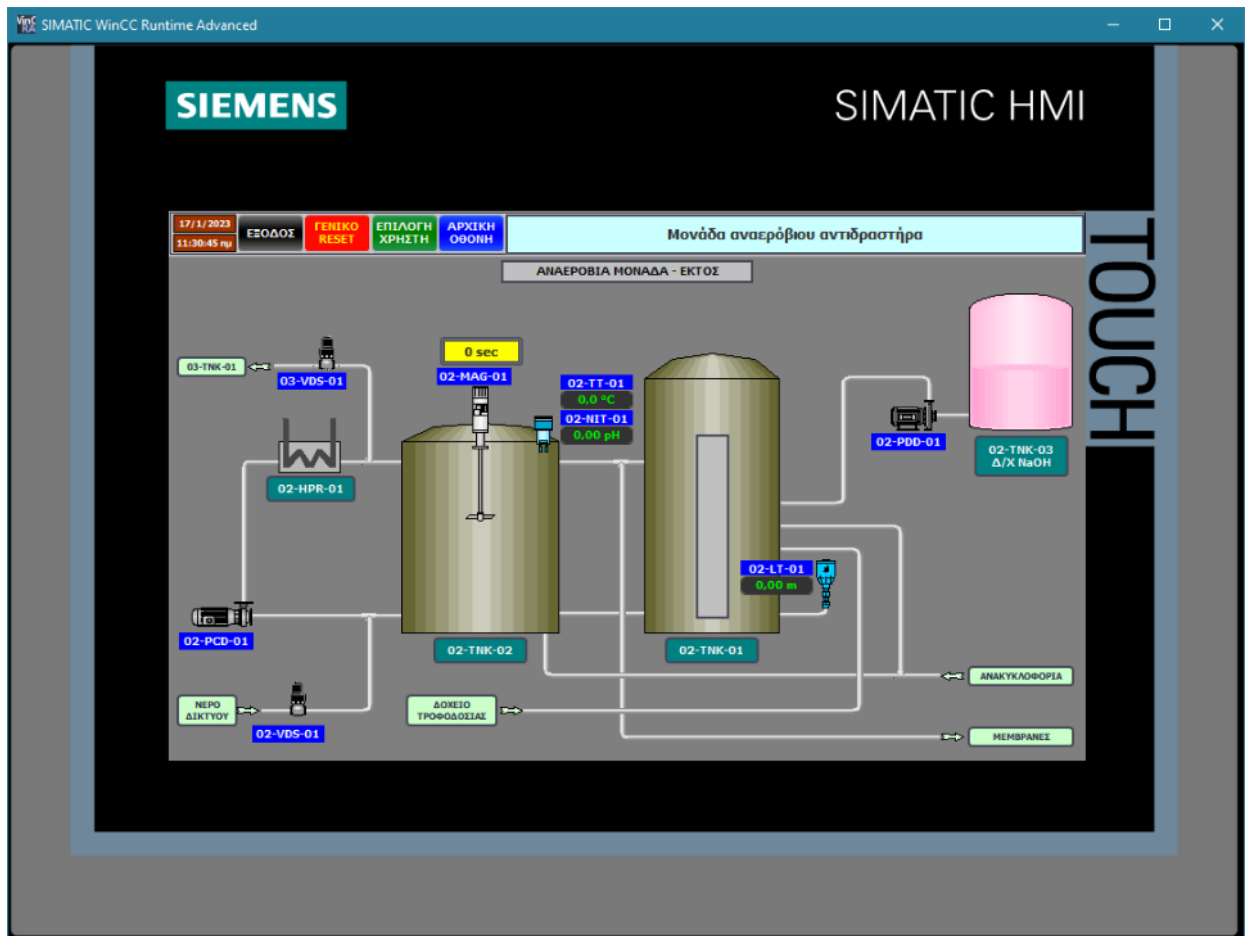
Ο ηλεκτρομαγνητικός μετρητή παροχής 01-FIT-01 στη γραμμή μεταφοράς υγρών αποβλήτων από τη δεξαμενή 01-TNK-01 στον αναερόβιο αντιδραστήρα 02-TNK-01 χρησιμοποιείται μόνο για τοπική ένδειξη και για ένδειξη στην οθόνη.

## 2.1.4 ΜΟΝΑΔΑ ΑΝΑΕΡΟΒΙΟΥ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑ

Η Μονάδα Αναερόβιου αντιδραστήρα (AnMBR Unit – Area 02) περιλαμβάνει τους εξής καταναλωτές και όργανα:

<b>Καταναλωτές</b>	
Αναδευτήρας Αργής Ανάμιξης στη Δεξαμενή 02-TNK-02	02-MAG-01
Κυκλοφορητής ζεστού νερού	02-PCD-01
Θερμαντήρας νερού	02-HPR-01
Δικλείδα τροφοδοσίας νερού στο κύκλωμα θέρμανσης/ψύξης του αντιδραστήρα - NC	02-VDS-01
Δοσομετρική αντλία NaOH	02-PDD-01
<b>Όργανα</b>	
Μετρητής pH	02-NIT-01
Μετρητής T	02-TT-01
Inverter για τον αναδευτήρα 02-MAG-01	02-SIC-01

Ελεγκτής για τα όργανα μέτρησης pH και T	02-CON-01
Μετρητής στάθμης υδροστατικής πίεσης στην δεξαμενή οξικογέννησης	02-LT-01
Ελεγκτής για το θερμοστοιχείο μέτρησης θερμοκρασίας νερού ανακυκλοφορίας	02-CON-02
Θερμοστοιχείο PT100	02-TSLH-01
Gas Meter	02-GFIT-01



Εικόνα 04: . Οθόνη ελέγχου αναερόβιου αντιδραστήρα

#### 2.1.4.1 Αναδευτήρας Αργής Ανάμιξης στη Δεξαμενή 02-TNK-02 (02-MAG-01)

Ο αναδευτήρας αργής ανάμιξης στη Δεξαμενή 02-TNK-02 (αναερόβιος αντιδραστήρας) 02-MAG-01 λειτουργεί με χρονοπρόγραμμα, ώστε να επιτευχθεί η διαφυγή του βιοαερίου. Ο αναδευτήρας λειτουργεί για χρόνο 02-TM-01 και περιμένει για χρόνο 02-TM-02.

Ο αναδευτήρας είναι συνδεδεμένος με inverter (02-SIC-01) εγκατεστημένο εντός του ηλεκτρολογικού πίνακα για τη ρύθμιση των στροφών του. Η ρύθμιση των στροφών του αναδευτήρα γίνεται χειροκίνητα.

#### 2.1.4.2 Μετρητής pH /Τ δεξαμενής 02-TNK-02 (02-NIT-01, 02-TT-01)

Το αισθητήριο μέτρησης pH (02-NIT-01) και θερμοκρασίας T (02-TT-01) του αναερόβιου αντιδραστήρα είναι συνδεδεμένο στον ελεγκτή 02-CON-01, όπου καταγράφεται η ένδειξη του αισθητηρίου. Ο χειριστής μπορεί από την οθόνη του εκλεκτή να ρυθμίσει, να βαθμονομήσει και να ελέγξει το μετρητή pH.

Οι τιμές των αισθητηρίων θα εμφανίζονται στην οθόνη αφής του συστήματος

Όταν η τιμή της θερμοκρασίας 02-TT-01 είναι μεγαλύτερη από την προκαθορισμένη τιμή 02-TT-01-H, τότε σταματάει την λειτουργία του παρακάτω θερμαντικού στοιχείου 02-HPR-01 ανεξάρτητα της ένδειξης του 02-TSLH-01. Σε αυτή την περίπτωση συνεχίζει την λειτουργία του ο κυκλοφορητής 02-PCD-01.

#### 2.1.4.3 Σύστημα θέρμανσης/ψύξης αναερόβιου αντιδραστήρα

Το σύστημα θέρμανσης του αναερόβιου αντιδραστήρα (δεξαμενή 02-TNK-02) περιλαμβάνει το θερμαντήρα (θερμοσίφωνα 02-HPR-01, τον κυκλοφορητή 02-PCD-01 και το θερμοστοιχείο 02-TSLH-01 – Ο θερμοστάτης του θερμοσίφωνα συνδέεται ηλεκτρολογικά αλλά λειτουργικά είναι μόνο για ασφάλεια του συστήματος θέρμανσης). Το σύστημα θέρμανσης λειτουργεί ως ανεξάρτητο κλειστό κύκλωμα ανακυκλοφορίας νερού θέρμανσης της δεξαμενής 02-TNK-02, το οποίο εκκινεί και ρυθμίζεται μόνο τοπικά, χωρίς να λαμβάνει εντολές από το PLC ή την οθόνη αφής.

#### 2.1.4.4 Υδροστατικός μετρητής στάθμης (02-LT-01)

Ο υδροστατικός μετρητής στάθμης 02-LT-01 βρίσκεται εγκατεστημένος στη Δεξαμενή 02-TNK-01 για τον έλεγχο της στάθμης στον αναερόβιο αντιδραστήρα και την λειτουργία του συστήματος AnMBR και της διαδικασίας φίλτρανσης. Ορίζονται οι παρακάτω στάθμες:

02-LT-01-LL	Πολύ Χαμηλή Στάθμη στη Δεξαμενή 02-TNK-01 – Critical Stop Filtration-> Ενεργοποίηση κύκλου “standard flushing”
02-LT-01-L	Χαμηλή Στάθμη στη Δεξαμενή 02-TNK-01. Διακοπή φίλτρανσης. Η αντλία ανακυκλοφορίας 03-PCD-02 δεν επιτρέπεται να λειτουργήσει (διακοπή της λειτουργίας της με ράμπα διακοπής λειτουργίας).

	<p>Η αντλία τροφοδοσίας 03-PCD-01 δεν επιτρέπεται να λειτουργήσει - <b>Κατάσταση Standby</b></p> <p>Κλείσιμο της βάνας 03-VFR-21</p>
02-LT-01-H	<p>Υψηλή Στάθμη στη Δεξαμενή 02-TNK-01. Επανεκκίνηση Φίλτρασης μετά από Standby λειτουργία.</p> <p>Άνοιγμα της βάνας 03-VFR-21 στην επιλεγμένη θέση</p> <p>Εκκίνηση της αντλίας τροφοδοσίας 03-PCD-01</p> <p>Εκκίνηση της αντλίας ανακυκλοφορίας 03-PCD-02 (εκκίνηση της αντλίας με ράμπα εκκίνησης λειτουργίας).</p>
02-LT-01-HH	<p>Πολύ Υψηλή Στάθμη στη Δεξαμενή 02-TNK-01. Διακοπή λειτουργίας αντλίας τροφοδοσίας 01-PPC-02 - Προειδοποίηση</p>
02-LT-01-H1	<p>Διακοπή λειτουργίας αντλίας τροφοδοσίας 01-PPC-02</p>
02-LT-01-L1	<p>Εκκίνηση λειτουργίας αντλίας τροφοδοσίας 01-PPC-02</p>

#### 2.1.4.5 Δοσιμετρική αντλία υδροξειδίου του νατρίου (02-PDD-01)

Η αντλία 02-PDD-01 δοσιμετρεί διάλυμα NaOH στη δεξαμενή 02-TNK-01. Η αντλία λειτουργεί όσο λειτουργεί και η αντλία τροφοδοσίας 03-PCD-01 (σε κατάσταση κανονικής λειτουργίας και όχι σε CIP) και εφόσον η τιμή του pH είναι κάτω από την τιμή αναφοράς και εφόσον η στάθμη στη δεξαμενή του NaOH είναι πάνω από το διακόπτη της δοσιμετρικής αντλίας.

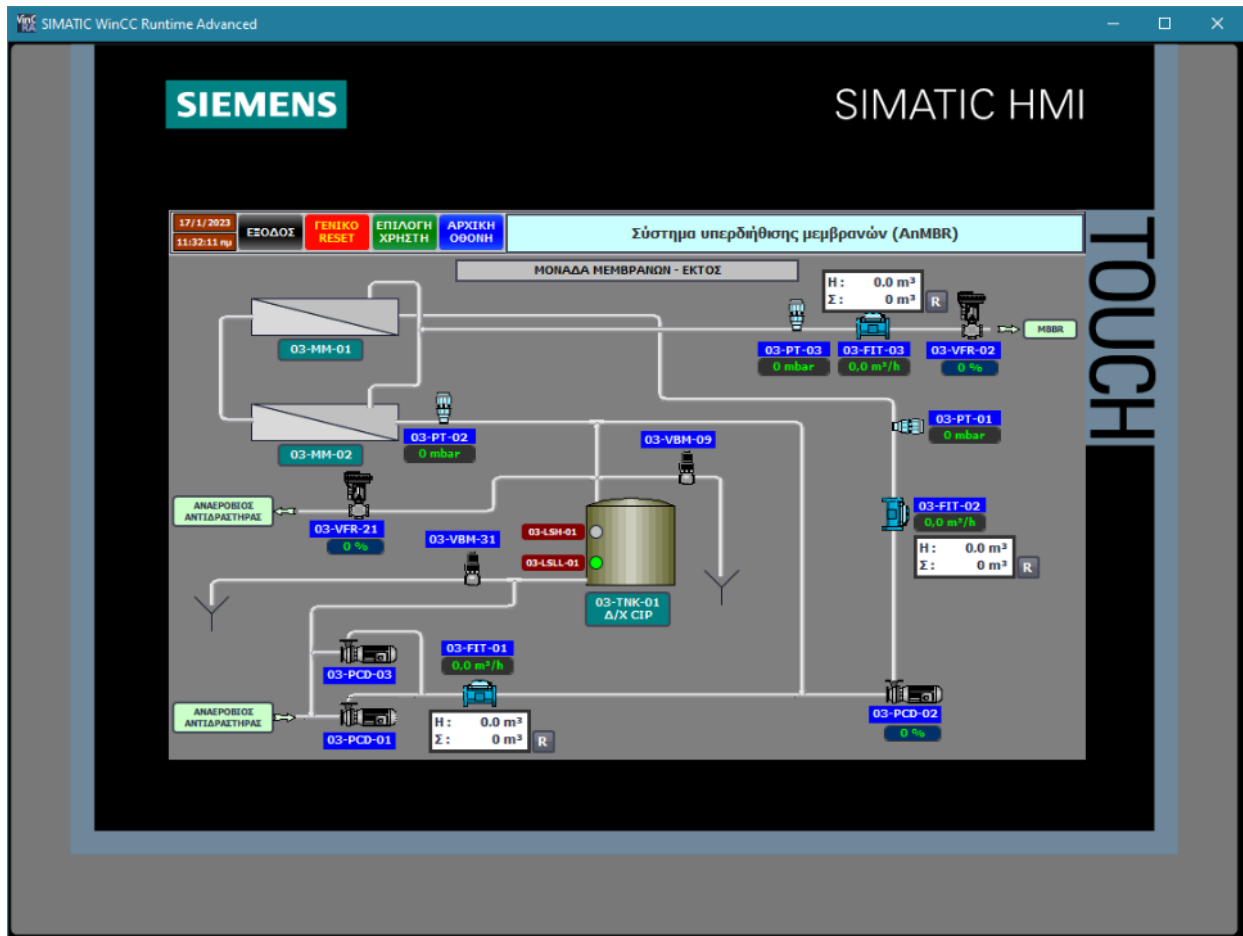
#### 2.1.5 ΣΥΣΤΗΜΑ ΥΠΕΡΔΙΗΘΗΣΗΣ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ (AnMBR)

Η Μονάδα Συστήματος Μεμβρανών (AnMBR Unit – Area 03) περιλαμβάνει τους εξής καταναλωτές και όργανα:

##### Καταναλωτές

Αντλία τροφοδοσίας AnMBR	03-PCD-01
Αντλία CIP	03-PCD-03
Αναλογική δικλείδα ρύθμισης παροχής διηθήματος	03-VFR-02
Αντλία ανακυκλοφορίας AnMBR	03-PCD-02
Δικλείδα τροφοδοσίας ζεστού νερού δοχείου CIP	03-VDS-01
Δικλείδα εκκένωσης	03-VBM-09

Αναλογική δικλείδα ρύθμισης παροχής ανακυκλοφορίας στον αντιδραστήρα	03-VFR-21
Δικλείδα εκκένωσης δοχείου CIP	03-VBM-31
<b>Όργανα</b>	
Ηλεκτρομαγνητικός μετρητής παροχής τροφοδοσίας από τον αναερόβιο αντιδραστήρα στο σύστημα "AnMBR"	03-FIT-01
Inverter για την αντλία ανακυκλοφορίας	03-SIC-01
Μετρητής πίεσης γραμμής ανακυκλοφορίας μεμβρανών πριν τις μεμβράνες	03-PT-01
Ηλεκτρομαγνητικός μετρητής παροχής ανακυκλοφορίας στις μεμβράνες	03-FIT-02
Μετρητής θερμοκρασίας γραμμής ανακυκλοφορίας - ενσωματωμένο στον ηλεκτρομαγνητικό μετρητή παροχής	03-TT-02
Μετρητής πίεσης γραμμής ανακυκλοφορίας μεμβρανών μετά τις μεμβράνες	03-PT-02
Μετρητής πίεσης γραμμής διηθήματος	03-PT-03
Ηλεκτρομαγνητικός μετρητής παροχής διηθήματος	03-FIT-03
Διακόπτες στάθμης στη Δεξαμενή CIP –	03-TNK-01
	03-LSH-01
	03-LSSL-01



Εικόνα 05: . Οθόνη ελέγχου συστήματος AnMBR

### 2.1.5.1 Αντλία τροφοδοσίας μεμβρανών (03-PCD-01)

Η αντλία τροφοδοσίας 03-PDC-01 λειτουργεί σε κανονικό κύκλο με βάσει τον αυτοματισμό για το στάδιο της φίλτρανσης και κατά περίπτωση ταυτόχρονα με την αντλία 03-PCD-03 για τον κύκλο του CIP.

### 2.1.5.2 Αντλία ανακυκλοφορίας μεμβρανών (03-PCD-02)

Η αντλία ανακυκλοφορίας μεμβρανών λειτουργεί στην φάση του Filtration, του flushing και του CIP και του Conservation.

Στις φάσεις Flushing, CIP και Conservation η αντλία λειτουργεί με χαμηλότερες στροφές (επιλογή Hz) προκειμένου η ταχύτητα στις μεμβράνες να είναι 2 m/s, σε αντίθεση με την ταχύτητα κατά το filtration όπου είναι 4 m/s. Για τον λόγο αυτό η αντλία τροφοδοσίας θα λειτουργεί με μετατροπέα στροφών SIC-203-1.

### 2.1.5.3 Αντλία CIP (03-PCD-03)

Η αντλία CIP 03-PCD-03 λειτουργεί στην φάση του Flushing, του CIP και του Conservation.

### 2.1.5.4 Μετρητές παροχής και μετρητής θερμοκρασίας (03-FIT-01, 03-FIT-02, 03-FIT-03) Η αντλία

Οι ηλεκτρομαγνητικοί μετρητές παροχής και το θερμόμετρο χρησιμοποιούνται για την μέτρηση της παροχής και της θερμοκρασίας της στο σύστημα μεμβρανών.

### 2.1.5.5 Μετρητές πίεσης (03-PT-01, 03-PT-02, 03-PT-03) - Διαμεμβρανική πίεση TMP

Οι αναλογικοί μετρητές πίεσης έχουν ως ρόλο την συνεχόμενη μέτρηση της πίεσης σε διάφορα σημεία του κυκλώματος των μεμβρανών.

03-PT-01	Μετρητής πίεσης γραμμής ανακυκλοφορίας μεμβρανών πριν τις μεμβράνες
03-PT-02	Μετρητής πίεσης γραμμής ανακυκλοφορίας μεμβρανών μετά τις μεμβράνες
03-PT-03	Μετρητής πίεσης γραμμής διηθήματος

### 2.1.5.6 Απόρριψη ιλύος

Η απόρριψη περίσσειας ιλύος γίνεται αυτόματα μέσω του PLC και της αυτόματης δικλείδας 03-VBM-09 η οποία ανοιγοκλείνει με χρονοπρόγραμμα που ορίζεται χειροκίνητα.

Η διαδικασία γίνεται μόνο μετά το STOP FILTRATION και αφού θα είναι κλειστές οι δικλείδες 03-VFR-21 και 03-VFR-02. Τότε θα μπορεί να ενεργοποιηθεί η λειτουργία απόρριψης της λάσπης για προκαθορισμένο χρόνο.

Στην φάση αυτής της διαδικασίας σταματάει η τροφοδοσία του αναερόβιου αντιδραστήρα μέσω της αντλίας 01-PPC-02, και γίνεται η αθροιστική καταγραφή της απορριπτόμενης ποσότητας λάσπης μέσω του μετρητή στάθμης 02-LT-01.

### 2.1.6 ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ (MBBR) & ΛΕΚΑΝΩΝ Lemna Minor

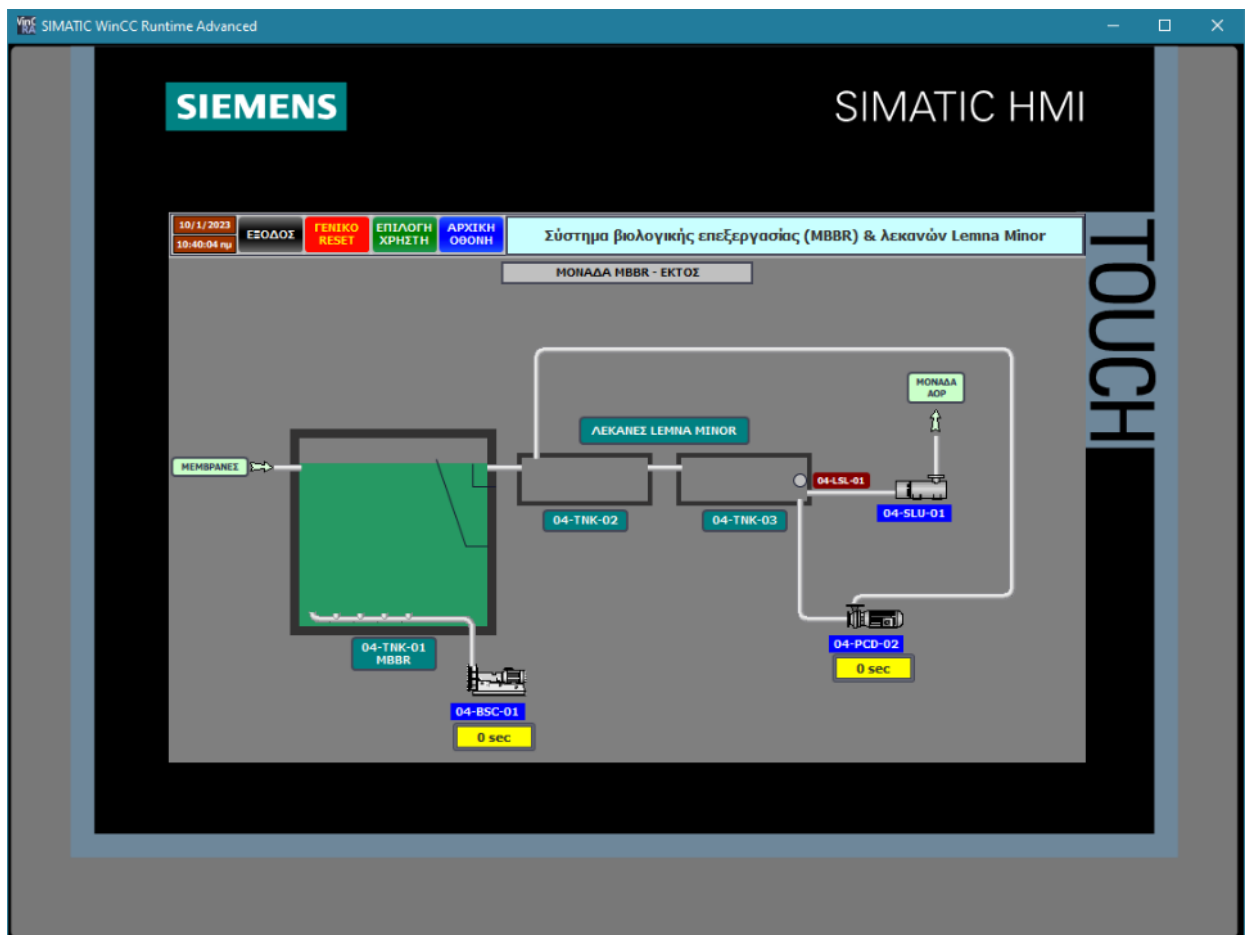
Η Μονάδα βιολογικής επεξεργασίας και λεκανών Lemna Minor (MBBR Unit – Area 04) περιλαμβάνει τους εξής καταναλωτές και όργανα:

#### Καταναλωτές

Φυσητήρας δεξαμενής αερισμού βιολογικής επεξεργασίας - MBBR 04-TNK-01	04-BSC-01
Αντλία μεταφοράς από Lemna minor σε AOP	04-SLU-01
Αντλία / κυκλοφορητής σε Lemna minor	04-PCD-02

#### Όργανα

Διακόπτης στάθμης στην δεξαμενή Lemna minor	04-LSLL-01
---	------------



**Εικόνα 06:** . Οθόνη ελέγχου βιολογικής επεξεργασίας και λεκανών Lemna minor

### 2.1.6.1 Φυσητήρας αερισμού δεξαμενής MBBR (04-BSC-01)

Ο φυσητήρας 04-BSC-01 παρέχει αέρα στην μονάδα βιολογικής επεξεργασίας. Ο φυσητήρας λειτουργεί με χρονοπρόγραμμα. Λειτουργεί για χρόνο 04-TM-70 και περιμένει για χρόνο 04-TM-71. Σε περίπτωση που ο φυσητήρας σταματήσει λόγω βλάβης, τα χρονικά 04-TM-70 και 04-TM-71 δεν μηδενίζονται. Όταν αποκατασταθεί η βλάβη και πληρούνται όλες οι συνθήκες ενεργοποίησης της αντλίας, τα χρονικά συνεχίζουν να μετρούν από το χρόνο που σταμάτησαν. Για να μηδενίσουν τα χρονικά θα πρέπει ο επιλογικός διακόπτης της Μονάδας Τροφοδοσίας Αναερόβιου που βρίσκεται στην πρόσοψη του πίνακα να μπει στη θέση "OFF" και μετά στη θέση "AUTO".

### 2.1.6.2 Αντλία μεταφοράς νερού από τις δεξαμενές Lemna Minor προς την μονάδα AOP

Η αντλία λειτουργεί ανεξάρτητα με ενσωματωμένο floter. Λειτουργεί όταν έχει νερό να μεταφέρει.

### 2.1.6.3 Αντλία Ανακυκλοφορίας Lemna minor (04-PCD-02)

Η αντλία 04-PCD-02 ανακυκλοφορεί το επεξεργασμένο υγρό απόβλητο μετά το MBBR στις λεκάνες Lemna Minor 04-TNK-02, 04-TNK-03. Η αντλία λειτουργεί εφόσον η στάθμη στη δεξαμενή 04-TNK-03 είναι πάνω από το διακόπτη 04-LSLL-01. Όταν η στάθμη είναι κάτω από το διακόπτη 04-LSLL-01 η αντλία δεν εκκινεί.

Η αντλία 04-PCD-02, λειτουργεί για χρόνο 04-TM-80 και περιμένει για χρόνο 04-TM-81. Σε περίπτωση που η αντλία σταματήσει λόγω βλάβης ή λόγω στάθμης, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα χρονικά 04-TM-80 και 04-TM-81 δεν μηδενίζονται. Όταν αποκατασταθεί η βλάβη και πληρούνται όλες οι συνθήκες ενεργοποίησης της αντλίας, τα χρονικά συνεχίζουν να μετρούν από το χρόνο που σταμάτησαν. Για να μηδενίσουν τα χρονικά θα πρέπει ο επιλογικός διακόπτης της Μονάδας Τροφοδοσίας Αναερόβιου που βρίσκεται στην πρόσοψη του πίνακα να μπει στη θέση "OFF" και μετά στη θέση "AUTO".

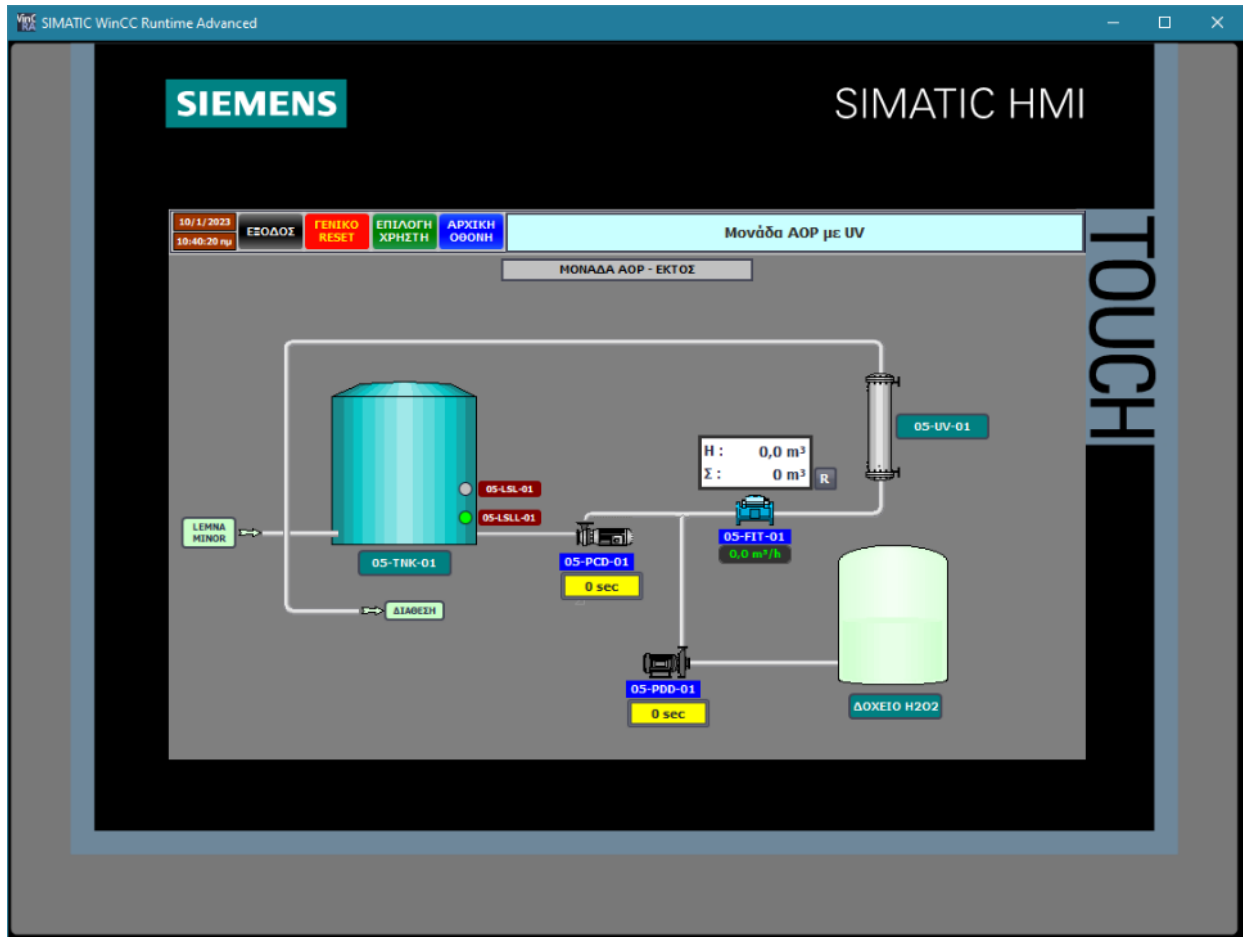
### 2.1.7 ΣΥΣΤΗΜΑ Advanced Oxidation Process (AOP)

Η Μονάδα προχωρημένης οξείδωσης (AOP) (AOP Unit – Area 05) περιλαμβάνει τους εξής καταναλωτές και όργανα:

Καταναλωτές	
Αντλία / κυκλοφορητής UV	05-PCD-01
Δοσομετρική αντλία H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	05-PDD-01
Μονάδα UV (διαθέτει ηλεκτρικό πίνακα ελέγχου)	05-UV-01

## Όργανα

Διακόπτης στάθμης Δοχείου AOP	05-LSL-01
	05-LLSL-01
Ηλεκτρομαγνητικός μετρητής παροχής UV	05-FIT-01



Εικόνα 07: Οθόνη ελέγχου λειτουργίας μονάδας AOP

### 2.1.7.1 Ηλεκτρομαγνητικός μετρητής παροχής Υγρών Αποβλήτων (05-FIT-01)

Ο ηλεκτρομαγνητικός μετρητή παροχής 05-FIT-01 στη γραμμή ανακυκλοφορίας των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων από τη δεξαμενή 05-TNK-01 στο UV χρησιμοποιείται μόνο για τοπική ένδειξη και για ένδειξη στην οθόνη. Υπάρχει και αθροιστής ροής όπου έχει δυνατότητα να μηδενίζεται.

### 2.1.7.2 Αντλία Ανακυκλοφορίας UV (05-PCD-01)

Η αντλία 05-PCD-01 ανακυκλοφορεί το επεξεργασμένο υγρό απόβλητο μέσω του συστήματος UV στη δεξαμενή 05-TNK-01. Η αντλία λειτουργεί εφόσον η στάθμη στη δεξαμενή 05-TNK-01 είναι πάνω από το διακόπτη 05-LSL-01. Όταν η στάθμη είναι κάτω από το διακόπτη 05-LSLL-01 η αντλία δεν εκκινεί ή διακόπτει τη λειτουργία της μέχρι η στάθμη στη δεξαμενή ανέρθει πάνω από το διακόπτη 05-LSL-01.

Η αντλία 05-PCD-01, λειτουργεί για χρόνο TM-180-1 και περιμένει για χρόνο TM-181-1. Σε περίπτωση που η αντλία σταματήσει λόγω βλάβης ή λόγω στάθμης, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα χρονικά TM-180-1 και TM-181-1 δεν μηδενίζονται. Όταν αποκατασταθεί η βλάβη και πληρούνται όλες οι συνθήκες ενεργοποίησης της αντλίας, τα χρονικά συνεχίζουν να μετρούν από το χρόνο που σταμάτησαν. Για να μηδενίσουν τα χρονικά θα πρέπει ο επιλογικός διακόπτης της Μονάδας Τροφοδοσίας Αναερόβιου που βρίσκεται στην πρόσοψη του πίνακα να μπει στη θέση "OFF" και μετά στη θέση "AUTO".

### 2.1.7.3 Δοσομετρική Αντλία Υπεροξειδίου του Υδρογόνου (05-PDD-01)

Η αντλία 05-PDD-01 δοσομετρεί διάλυμα Υπεροξειδίου του Υδρογόνου στη δεξαμενή 05-TNK-01. Η αντλία λειτουργεί όσο λειτουργεί και η αντλία ανακυκλοφορίας 05-PCD-01 εφόσον η στάθμη στη δεξαμενή του H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> είναι πάνω από το ενσωματωμένο floter της αντλίας.

Η αντλία H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 05-PDD-01, λειτουργεί για χρόνο 05-TM-90 και περιμένει για χρόνο 05-TM-91. Σε περίπτωση που η αντλία σταματήσει λόγω βλάβης ή λόγω στάθμης, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα χρονικά δεν μηδενίζονται. Όταν αποκατασταθεί η βλάβη και πληρούνται όλες οι συνθήκες ενεργοποίησης της αντλίας, τα χρονικά συνεχίζουν να μετρούν από το χρόνο που σταμάτησαν. Για να μηδενίσουν τα χρονικά θα πρέπει ο επιλογικός διακόπτης της Μονάδας Τροφοδοσίας Αναερόβιου που βρίσκεται στην πρόσοψη του πίνακα να μπει στη θέση "OFF" και μετά στη θέση "AUTO".

### 2.1.7.4 Μονάδα UV (UV)

Η μονάδα UV λειτουργεί ανεξάρτητα

- Enable to run με προϋπόθεση στην αυτόματη λειτουργία την λειτουργία της αντλίας 05-PCD-01
- Χρονικό delay στην περίπτωση διακοπής λειτουργίας της αντλίας 05-PCD-01
- Χρονικό delay ενεργοποίησης μετά από διακοπή λειτουργίας του UV.

## 2.1.8 Συγκεντρωτικά τεχνικά χαρακτηριστικά πιλοτικής μονάδας ΠΑΓΝΗ

A/A	Περιγραφή	Τεμάχια	Προμηθευτής	Μοντέλο	ΙΔΙΑΙΤΕΡΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	MANUFACTURE CODE	SERIAL NUMBER
<b>1</b>	<b>Προμήθεια και εγκατάσταση Αναερόβιου Βιοαντιδραστήρα Μεμβρανών Υπερδιήθησης</b>						
<b>1.1</b>	<b>Σύστημα Τροφοδοσίας λυμάτων</b>						
1.1.1	Αντλία αρχικής τροφοδοσίας,	1	Lowara	Lowara DIWA 5 GT	Υποβρύχια αντλία αποστράγγισης με μαγνητικό φλοτέρ Ηλεκτρική σύνδεση: 1~230V/50 Hz, Ονομαστική ισχύς: 0,55 kW Ονομαστική ταχύτητα: 2900 1/min	107680160	2450
1.1.2	Δεξαμενή τροφοδοσίας	1	ROTOSAL	SAL.25005018	Κατακόρυφο κυλινδρικό, V=500lt, PE, μαύρο		
1.1.3	Αντλία τροφοδοσίας αναερόβιου αντιδραστήρα	1	AlphaDynamic Pumps SA	ATLAS DOS 12.2-B01-0.25-5.47-1400-63-A-N	Q.MAX=135 l/h , 90C , 250 RPM, 12 BAR	5994-60111-N	52382
1.1.4	Ηλεκτρομαγνητικός μετρητής παροχής	1	Endress+Hauser	Picomag, DMA20	50 lpm/13 gpm	FKM/G/3/4"	T89C619000
<b>1.2</b>	<b>Μονάδα αναερόβιου βιο αντιδραστήρα με μεμβράνες διαχωρισμού</b>						
1.2.1	Αναερόβια Δεξαμενή οξεογένεσης	1	WWTP ENV P.C.	-	AISI 304L, V=53,40l		
1.2.2	Κεντρικός Αναερόβιος Αντιδραστήρας	1	WWTP ENV P.C.	-	AISI 304L, V=465 l		
1.2.3	Μετρητής pH και θερμοκρασίας	1	Endress+Hauser	Liquiline CM14 +Digital pH sensor Orbipac CPF81D+Meas. cable CYK10 Memosens		TRANSMITTER: CM14-AAM SENSOR: T608A017W00 cable: CYK10-A101	TRANSMITTER: T9008005G10 SENSOR: 70112040 CABLE: T9113A05K0
1.2.4	Μετρητής Στάθμης	3	Endress+Hauser	Cerabar PMP21		71239740	
1.2.5	Δοσομετρική αντλία διαλύματος NaOH	1	TEKNA AKL	SEKO AKL 603	SEKO AKL 603 + Φλοτεροδιακόπτης δοσομετρικών SEKO Μαγνητικού τύπου	AKL603NHH1000	6FCD058C6
1.2.6	Δοχείο αποθήκευσης διαλύματος NaOH	1	ROTOSAL	SAL.25001006	Κατακόρυφο κυλινδρικό, V=100lt, PE, μαύρο		
1.2.7	Αντλία ανακυκλοφορίας ζεστού νερού	1	Wilo	Stratos PICO Z 20/1-4	Υδρολίπαντος κυκλοφορητής ζεστού νερού χρήσης	20/1-4 NO. 421 6470	ZH790 365/21
1.2.8	Θέρμανση χωνευτή	1	UTEKO SA + ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΑ	Προγραμματιζόμενος ελεγκτής 702031/8-0000-23 QUANTROL LC100 + ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΟ SERIES BMR21 1XPT100 8.0/100mm (under the thread) AISI-316 G ½ (M)	Adjust. 0-200c	JUMO: 702031/8- 000023 UTEKO:4001778	JUMO: 00605304 UTEKO: 22.07.1.30604
1.2.9	Μεμβράνες Υπερδιήθησης	2	Berghof Membranes GmbH - UF Membranes	MO 315G 66.03 i8	UltraFiltration Module, επιφάνειας= 2.1m <sup>2</sup> , παροχής 3", 1.5mtr	3007312	#1:4000322284 #2:4000322285
1.2.10	Αντλία τροφοδοσίας μεμβρανών / Ανακυκλοφορίας στον αντιδραστήρα	1	Lowara	CEA 120/3	P2 nom 0,55 kW / 400 V / 50 Hz / 2850 rpm / DoL	107330160	03488-03490
1.2.11	Αντλία ανακυκλοφορίας μεμβράνης	1	Lowara	NSCS 65-200 / 40 / P45VCC4	P2 nom 4 kW / 400 V / 50 Hz / 1450 rpm / DoL	101844750	
1.2.12	Δοχείο CIP	1	ROTOSAL	SAL.25005010	Κατακόρυφο κυλινδρικό, V=200lt, PE, λευκό		
1.2.13	Μετρητές Πίεσης	1	Endress+Hauser	Cerabar PMP21-AA1U1QBWB		PMP51-LPV5/0	T909F701129

1.2.14	Ηλεκτρομαγνητικός μετρητής παροχής διηθήματος	1	Endress+Hauser	Picomag, DMA20	50 lpm/13 gpm	FKM/G/3/4"	#1: T829C719000
1.2.15	Ηλεκτρομαγνητικός μετρητής παροχής ανακυκλοφορίας	2	Endress+Hauser	Picomag, DMA50	750 lpm/198 gpm	FKM/G2"	#1:T9205219000 #2: T9204219000
<b>2</b>	<b>Προμήθεια και εγκατάσταση Αερόβιου Αντιδραστήρα MBBR</b>						
2.1.1	Αντιδραστήρας Αερόβιου MBBR	1	WWTP ENV P.C.	-	AISI 304L, V= 2.600l		
2.1.2	Φυσητήρας αερισμού πλευρικών καναλιών με φίλτρο αναρροφησης	1	Mapro International	CL 2R22 0.81kW 3phase	2900rpm/3phase/0.81kW/50Hz		211028 13/64
2.1.3	Σύστημα διάχυσης αέρα	6	SUPRATEC	Oxyflex-MT300	Με μεμβράνη από EPDM και στόμιο σύνδεσης 1" αρσενικό, συνιστώμενης παροχής λειτουργίας 5±2 Nm <sup>3</sup> /h, διαμέτρου μεμβράνης Φ300 mm και διαχυτικής επιφάνειας 0.07m		
2.1.4	Ηλεκτρομαγνητικός μετρητής παροχής διηθήματος	1	Endress+Hauser	Picomag, DMA20	50 lpm/13 gpm	FKM/G/3/4"	#1: T829C419000
2.1.5	Βιοφορείς	1	Christian Stohr	HXF14KLL	Ειδικής επιφάνειας 644 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> , υλικό κατασκευής πολυαιθυλένιο, διάμετρος 14 mm, μήκος 14 mm, συνολική επιφάνεια 767 m <sup>2</sup> . V=760lt		
<b>3</b>	<b>Προμήθεια και εγκατάσταση συστήματος Φυσικής Επεξεργασίας με Lemna minor</b>						
3.1.1	Λεκάνες ανάπτυξης των φυτών Lemna minor	2	IPS	-	Κατασκευασμένες απο πάνελ συμπολυμερούς πολυπροπυλενίου (PP-Coro), ολικού πάχους 50 mm, με εξαιρετική αντοχή σε διαβρωτικούς παράγοντες, ειδικά ενισχυμένα για αντίσταση στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV-resistant). Η κάθε δεξαμενή θα φέρει δύο αναμονές DN50 με φλάντζα. V = 2.000l		
3.1.2	Αντλία ανακυκλοφορίας	1	Wilo	Stratos PICO Z 20/1-4	Υδρολίπαντος κυκλοφορητής	20/1-4 NO. 421 6470	ZH790 365/21
3.1.3	Δεξαμενή Εξόδου / Ανακυκλοφορίας	1	Wilo	HiSewlift 3-35	αυτόματο συγκρότημα άντλησης λυμάτων κατά EN 12050-3, γλικό δοχείου: PP		
<b>4</b>	<b>Προμήθεια και εγκατάσταση συστήματος Χημικής Φωτο - οξείδωσης</b>						
4.1.1	Δοχείο Τροφοδοσίας / Ανακυκλοφορίας	1	ROTOSAL	SAL.25005018	Κατακόρυφο κυλινδρικό, V=500lt, PE, μαύρο		
4.1.2	Δοχείο αποθήκευσης διαλύματος H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1	ROTOSAL	SAL.25001006	Κατακόρυφο κυλινδρικό, V=100lt, PE, λευκό		
4.1.3	Δοσομετρική αντλία διαλύματος H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1	TEKNA AKL	SEKO AKL 603	SEKO AKL 603 + Φλοτεροδιακόπτης δοσομετρικών SEKO Μαγνητικού τύπου	AKL603NHH0000	17E62362C
4.1.4	Αντλία ανακυκλοφορίας	1	Wilo	Stratos PICO Z 20/1-4	Υδρολίπαντος κυκλοφορητής	20/1-4 NO. 421 6470	ZH790 365/21
4.1.5	Ηλεκτρομαγνητικός μετρητής παροχής διηθήματος	1	Endress+Hauser	Picomag, DMA20	50 lpm/13 gpm	FKM/G/3/4"	#1: T829C719000

4.1.6	Συστημα UV	1	BIO-UV	PIBP006471UNM-001IBP 5 AM +UV SENSOR PRO3			407465
<b>5</b>	<b>Προμήθεια και εγκατάσταση Ηλεκτρικού Πίνακα και συστήματος Αυτοματισμού</b>						
5.1.1	Ηλεκτρολογικός Πίνακας Ισχύος και Αυτοματισμού		ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ				
<b>6</b>	<b>Προμήθεια και εγκατάσταση συστήματος Αυτόματου Δειγματολήπτη</b>						
6.1.1	Φορητός Δειγματολήπτης	1	Hach-Lange	AS950 Portable	Compact μονάδα, με δοχείο 1x10LPE	ASP.CXXXC121XX	#1: 8753500EU
<b>7</b>	<b>Προμήθεια και εγκατάσταση υπόστεγου εγκατάστασης πιλοτικής μονάδας επί εδαφόπλακας</b>						
7.1.1	Μεταλλικό υπόστεγο	1	WWTP ENV P.C.				
<b>8</b>	<b>Θέση σε λειτουργία πιλοτικής μονάδας</b>						
8.1.1	Εγκατάσταση του συστήματος και θέση σε λειτουργία -εκπαίδευση προσωπικού	1	WWTP ENV P.C.				

## 2.2 ΒΕΛΤΙΣΤΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Οι συνθήκες λειτουργίας της πιλοτικής μονάδας, ανά μονάδα επεξεργασίας, η οποία έχει εγκατασταθεί και λειτουργεί στο ΠΑΓΝΗ, αποτυπώνονται στον Πίνακα που ακολουθεί.

A/A	Μήνας	AnMBR							MBBR			Lemna minor	UV
		Q <sub>in</sub>	Q <sub>total</sub>	H	pH <sub>min</sub>	pH <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>average</sub>	Q <sub>in</sub>	Q <sub>total</sub>	H	Q <sub>r</sub>	Q <sub>r</sub>
		m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /month	h			°C	°C	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /month	h	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h
1	Απρίλιος 2023	1.29	20.62	8.94	6.24	6.61	16.5	34.51	1.26	21.5	37.95	0.5	0.5
2	Μάιος 2023	1.39	43.13	8.28	6.44	6.63	32.23	35.25	1.37	42.52	35	1	1.9
3	Ιούνιος 2023	1.74	43.62	6.6	6.59	6.77	24.52	34.24	1.73	43.14	27.82	1	1.9
4	Ιούλιος 2023	2.1	56.77	5.48	6.34	6.72	29.67	37.08	2.07	55.94	23.17	1	1.9
5	Αύγουστος 2023	2.02	62.73	5.69	6.49	6.66	35.29	38.95	1.99	61.7	24.12	1	1.9
6	Σεπτέμβριος 2023	1.41	33.88	8.16	5.16	6.71	27.51	34.47	1.25	25	38.4	1	1.9
	Μέση τιμή	1.66	43.46	7.19	6.21	6.68	27.62	35.75	1.61	41.63	31.08	0.92	1.67

Στον προαναφερόμενο πίνακα, οι παράμετροι λειτουργίας είναι οι εξής:

- ➔ **Q<sub>in</sub> AnMBR**: ημερήσια παροχή τροφοδοσίας στον αναερόβιο αντιδραστήρα
- ➔ **Q<sub>total</sub> AnMBR**: συνολικός όγκος υγρών αποβλήτων προς επεξεργασία ανά μήνα
- ➔ **H AnMBR**: μέσος χρόνος παραμονής στο σύστημα AnMBR
- ➔ **pH<sub>min</sub> AnMBR**: ελάχιστη τιμή pH στον αναερόβιο αντιδραστήρα
- ➔ **pH<sub>max</sub> AnMBR**: μέγιστη τιμή pH στον αναερόβιο αντιδραστήρα
- ➔ **T<sub>min</sub> AnMBR**: ελάχιστη θερμοκρασία εντός του αναερόβιου αντιδραστήρα
- ➔ **T<sub>average</sub> AnMBR**: μέση θερμοκρασία εντός του αναερόβιου αντιδραστήρα
- ➔ **Q<sub>in</sub> MBBR**: μέση ημερήσια τιμή τροφοδοσίας διηθήματος από το AnMBR στον αερόβιο αντιδραστήρα MBBR
- ➔ **Q<sub>total</sub> MBBR**: συνολικός όγκος διηθήματος που τροφοδοτήθηκε στον αερόβιο αντιδραστήρα MBBR ανά μήνα
- ➔ **H MBBR**: μέσος χρόνος παραμονής εντός του αερόβιου αντιδραστήρα
- ➔ **Q<sub>r</sub> Lemna Minor**: παροχή ανακυκλοφορίας στις δεξαμενές Lemna Minor
- ➔ **Q<sub>r</sub> UV**: παροχή ανακυκλοφορίας στη μονάδα UV

Οι βέλτιστες συνθήκες λειτουργίας της πιλοτικής μονάδας που έχει εγκατασταθεί και λειτουργεί στο ΠΑΓΝΗ, ανά μονάδα επεξεργασίας, αποτυπώνονται στον Πίνακα 01 που ακολουθεί.

**Πίνακας 01:** Βέλτιστες συνθήκες λειτουργίας

Παράμετρος	Μέση τιμή
Μέση παροχή	1.2-1.4 m <sup>3</sup> /d
Μέσος χρόνος παραμονής στον AnMBR	8-9 h
Μέση θερμοκρασία AnMBR	34-35 °C
Μέση ποσότητα διηθήματος	1.1-1.3 m <sup>3</sup> /d
Παροχή ανακυκλοφορίας στις λεκάνες Lemna Minor	0.5-1.0 m <sup>3</sup> /d
Παραγωγή βιοαερίου	0-60 L/L/d
Ποσότητα συλλογής Lemna minor	0-50 g/d

### 3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ- ΟΦΕΛΟΥΣ

Η ανάλυση κόστους-ωφέλειας (ΑΚΩ) είναι ένα σύνολο μεθόδων και διαδικασιών για την αξιολόγηση ενός έργου ή μίας επένδυσης. Περιλαμβάνει την ποσοτικοποίηση του κόστους και την εκτίμηση του κέρδους του έργου/επένδυσης.

Η παρακάτω μεθοδολογία αποτελεί ένα γενικό διάγραμμα της ανάλυσης κόστους-ωφέλειας:

- ➔ Καθορισμός των στόχων του έργου / της επένδυσης
- ➔ Εντοπισμός εναλλακτικών έργων/επενδύσεων
- ➔ Καθορισμός των εμπλεκόμενων
- ➔ Μέτρηση των μεγεθών κόστους<sup>1</sup> και κέρδους
- ➔ Πρόβλεψη του κόστους και κέρδους για ένα προκαθορισμένο διάστημα
- ➔ Μετατροπή των μεγεθών κόστους και κέρδους σε κοινή νομισματική μονάδα<sup>2</sup>
- ➔ Υπολογισμός της καθαρής αξίας<sup>3</sup> των εναλλακτικών
- ➔ Διεξαγωγή ανάλυσης ευαισθησίας, που εξετάζει την επίδραση αστάθμητων μεταβλητών στο αποτέλεσμα των μετρήσεων
- ➔ Λήψη απόφασης

#### 3.1 Καθορισμός των στόχων του έργου / της επένδυσης

Τα τελευταία χρόνια, πολλές επιστημονικές δημοσιεύσεις αναφέρουν ότι τα φάρμακα, οι ιοί, τα ανθεκτικά στα αντιβιοτικά βακτήρια και τα γονίδια ανθεκτικότητας (ARB & ARGs) μπορούν να βρεθούν σε διάφορα οικοσυστήματα, είτε ως άμεσο αποτέλεσμα άρδευσης με ανακυκλωμένο νερό, είτε ως έμμεση δευτερεύουσα επίδραση μιας εγκατάστασης επεξεργασίας αστικών λυμάτων (ΕΕΛ) και την τελική διάθεση των αποβλήτων σε έναν υδάτινο αποδέκτη.

<sup>1</sup> Το κόστος είναι ένα αριθμητικό μέγεθος που αντιπροσωπεύει τα ποσά που επενδύθηκαν για την απόκτηση υλικών ή άυλων αγαθών και υπηρεσιών με σκοπό τη χρησιμοποίησή τους για την πραγματοποίηση εσόδων από πωλήσεις ή για την κάλυψη κοινωνικών αναγκών.

<sup>2</sup> Νομισματική μονάδα (Αγγλικά: *Currency*) είναι το μέγεθος εκείνο βάσει του οποίου υπολογίζονται ή εκφράζονται οικονομικές αξίες. Χρησιμοποιείται ευρέως κατά την διαδικασία των συναλλαγών, των αποτιμήσεων αγαθών, υπηρεσιών ή την έκφραση άλλων οικονομικών μεγεθών.

<sup>3</sup> Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) είναι το άθροισμα των παρούσων αξιών των εισερχόμενων και εξερχόμενων ταμειακών ροών κατά τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου. Μετράει το πλεόνασμα ή την έλλειψη ταμειακών ροών, σε όρους παρούσας αξίας, σε σχέση με το κόστος κεφαλαίων (*cost of funds*) που χρησιμοποιήθηκαν για μια επένδυση. Η Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) είναι ένα χρήσιμο εργαλείο που χρησιμοποιείται στην οικονομική επιστήμη (*economics*), στα χρηματοοικονομικά (*finance*) και στη λογιστική (*accounting*) για να καθοριστεί αν μια επένδυση ή ένα έργο κρίνεται συμφέρον για να χρηματοδοτηθεί ή όχι.

Οι λίμνες, τα ποτάμια και οι θάλασσες στις οποίες καταλήγουν επεξεργασμένα αστικά λύματα, θα μπορούσαν ενδεχομένως να μολυνθούν με **ρύπους αναδύομένου ενδιαφέροντος** (*Contaminants of Emerging Concern* ή *CECs*), εκθέτοντας σε πιθανό κίνδυνο τους χρήστες και τους καταναλωτές αυτών των υδάτων. Όσο μεγαλύτερη είναι η αστική περιοχή από την οποία παράγονται αυτά τα απόβλητα, τόσο μεγαλύτερος είναι και ο κίνδυνος για τα οικοσυστήματα αποδέκτες, συνεισφέροντας στην ανάπτυξη και επέκταση του φαινομένου της αντιμικροβιακής αντοχής (*antimicrobial resistance* ή *AMR*), η οποία είναι υπεύθυνη για περισσότερους από 33.000 θανάτους ετησίως στην Ευρώπη.

Πιθανή απάντηση σε αυτό το πρόβλημα είναι:

- ➔ **α)** πρόσθετες τεχνολογίες στις ΕΕΛ, οι οποίες όμως πρέπει να σχεδιαστούν ώστε να είναι αποτελεσματικές, έναντι των μικρών συγκεντρώσεων των CECs και επίσης, να μπορούν να διαχειριστούν το σύνολο των τεράστιων όγκων λυμάτων που απαιτείται από μια κεντρική επεξεργασία ή
- ➔ **β)** επιτόπου επεξεργασία των αποβλήτων που περιέχουν μεγάλες ποσότητες/συγκεντρώσεις CECs, όπως αυτές που προέρχονται από μονάδες παροχής υπηρεσιών υγείας (π.χ. νοσοκομεία), πριν από την είσοδό τους στο κεντρικό σύστημα αποχέτευσης. Για ορισμένες από τις CECs, η συγκέντρωση στα νοσοκομειακά απόβλητα είναι περισσότερο από 10 φορές μεγαλύτερη από αυτή στα εισερχόμενα αστικά λύματα, στις αντίστοιχες ΕΕΛ.

Μεταξύ των προαναφερθέντων εναλλακτικών λύσεων, η επιτόπια επεξεργασία των ακατέργαστων αποβλήτων του νοσοκομείου είναι η πιο ελπιδοφόρα λύση, δημιουργώντας ένα νέο πεδίο έρευνας και καινοτομίας, με σημαντική εμπορική εφαρμογή και ευκαιρίες για δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.

Το έργο που έχει διεξαχθεί μέχρι σήμερα, οδήγησε σε μια σειρά τεχνολογιών που δοκιμάστηκαν κυρίως σε εργαστηριακή κλίμακα, μερικές επαληθεύτηκαν με πραγματικά νοσοκομειακά λύματα, ενώ πολύ λίγες φορές οι δοκιμές έφτασαν σε πιλοτική κλίμακα, με ποικίλα αποτελέσματα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, το πραγματικό πρόβλημα με τα φαρμακευτικά προϊόντα είναι η τεράστια διακύμανση που αφορά στην ποιότητα και στην ποσότητά τους, η οποία σχετίζεται με μια σειρά παραμέτρων, μεταξύ των οποίων, ιδίως στις τουριστικές περιοχές, αλλαγές στον αριθμό και στο προφίλ του εξυπηρετούμενου πληθυσμού. Επιπλέον, μια ΕΕΛ που έχει σχεδιαστεί και εγκατασταθεί θα πρέπει να είναι σε θέση στη διάρκεια της λειτουργικής της ζωής, να αντιμετωπίσει διαφορετικές ομάδες φαρμάκων, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που δεν είναι ακόμη εμπορικά διαθέσιμες, γεγονός που δείχνει ότι μία επιλογή μιας και μόνο τεχνολογίας επεξεργασίας μπορεί να μην είναι επαρκής.

Η αποδοτικότητα είναι επίσης μια παράμετρος που σχετίζεται με το κόστος, την κατανάλωση ενέργειας, τα εκπεμπόμενα αέρια θερμοκηπίου, την ανάγκη συντήρησης, την πιθανή ανάγκη για επεξεργασία υποπροϊόντων και προϊόντων μεταποίησης και την τελική διάθεση των αποβλήτων

ΕΕΛ. Η επαναχρησιμοποίηση, μια αναγκαιότητα σε περιοχές όπου υπάρχει έλλειψη νερού, όπως και η περιοχή της Μεσογείου και ειδικά η Κρήτη και η Κύπρος, απαιτεί την καλύτερη δυνατή επεξεργασία, προκειμένου να διαφυλαχθεί το γεωργικό περιβάλλον και η υγεία των τελικών χρηστών. Δεν μπορεί να θεωρείται αποδοτική μια χρήση που καλύπτει τις ποσοτικές ανάγκες αλλά αγνοεί τις ποιοτικές προϋποθέσεις και την ασφάλεια χρηστών και καταναλωτών.

Εν κατακλείδι, το πρόβλημα που επιδιώκει να επιλύσει το παρόν έργο, είναι η ανάγκη για αποτελεσματική απομάκρυνση των χημικών και βιολογικών CECs που σχετίζονται με τη φαρμακευτική αγωγή. Προκειμένου να αντιμετωπιστούν όλες οι πλευρές αυτού του προβλήματος (επαρκής απομάκρυνση, συνολική περιβαλλοντική και οικονομική απόδοση, προσαρμογή στις αλλαγές και νέες ουσίες), το έργο προτείνει την επιτόπια (εντός των εκτάσεων του νοσοκομείου) δοκιμή ενός συνδυασμού τεσσάρων τεχνολογιών, που εφαρμόζουν βιολογική, μηχανική (φυσική) και χημική επεξεργασία. **Στόχος είναι η κατά 95% μείωση των CECs στην τελική εκροή των ΕΕΛ, ώστε να εξασφαλιστεί η ασφαλής επαναχρησιμοποίηση, για μια ποικιλία σκοπών.**

**Κύριος στόχος** του έργου είναι να προσδιοριστεί εάν και πώς (βέλτιστος τρόπος λειτουργίας) μπορεί να επιτευχθεί η απομάκρυνση επιλεγμένων CECs μέσω της επιτόπιας επεξεργασίας των νοσοκομειακών λυμάτων, πριν από την απόρριψή τους στο κεντρικό σύστημα αποχέτευσης, μέσα από συνδυασμό καινοτόμων οικολογικών τεχνολογιών επεξεργασίας σε πιλοτική κλίμακα, που έχουν δείξει υψηλή απόδοση στις αντίστοιχες πειραματικές δοκιμές. Ένας, **επιπλέον, στόχος** του έργου είναι ο προσδιορισμός της επίδρασης που μπορούν να έχουν οι τεχνολογίες αυτές στην ποιότητα των τελικών εκροών των ΕΕΛ, όσον αφορά στην παρουσία φαρμακευτικών ουσιών, ARB & ARGs, εάν αυτές αναπτυχθούν σε πλήρη κλίμακα στα αντίστοιχα νοσοκομεία. Αυτό θα βασιστεί στην παρακολούθηση των CECs στην εισροή και εκροή των ΕΕΛ, στη συμβολή των αποβλήτων των νοσοκομείων στα φορτία αυτά και στην απομάκρυνση που επιτυγχάνεται από την πιλοτική μονάδα (ισοζύγιο μάζας).

Μέχρι σήμερα, η λέξη αποδοτικότητα σχετιζόταν κυρίως με τη διαθεσιμότητα ποσοτήτων για την κάλυψη αναγκών, που στην περίπτωση των επεξεργασμένων λυμάτων αφορά σχεδόν αποκλειστικά στην άρδευση (κυρίως καλλιεργειών). Τόσο η Κύπρος, όσο και η Ελλάδα, διαθέτουν νομοθετικά πλαίσια που διέπουν την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων. Όμως, και τα δύο κείμενα φαίνεται να αγνοούν το θέμα των CECs, ARB & ARGs, που είχε αναδειχθεί μεταγενέστερα. Με τον κίνδυνο του φαινομένου της AMR να πλανάται, επιβάλλοντας τη λήψη μέτρων, όπως την αντιμετώπιση των υπολειμμάτων φαρμακευτικών σκευασμάτων στα λύματα, σύντομα θα επιβληθεί. Έτσι, η βελτίωση της αποδοτικότητας θα μετακινηθεί προς τη βελτίωση της ποιότητας της εκροής, που θα εξασφαλίζει την υγεία και ασφάλεια χρηστών/ καταναλωτών. Εάν η επεξεργασία σε χώρους με υψηλή συγκέντρωση των ουσιών αυτών δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα και έχει την επίδραση που εκτιμάται, τότε το έργο θα έχει συνεισφέρει σημαντικά στη βελτίωση της αποδοτικότητας.

### 3.1.1 Εκροές του έργου

Οι αναμενόμενες εκροές του έργου, τα απτά και ορατά αποτελέσματα δηλαδή του έργου, τα οποία σχετίζονται με τις ενέργειες του έργου, είναι τα κάτωθι:

1. Απόκτηση και τοποθέτηση σε δύο νοσοκομεία (Ηράκλειο και Λάρνακα) πιλοτικών μονάδων επεξεργασίας λυμάτων δυναμικότητας 1 m<sup>3</sup>/d. Οι μονάδες θα αποτελούνται από: αναερόβιο MBR, αερόβιο MBBR, φυτοεξυγίανση μέσω Lemna minor, μονάδα υπεριώδους ακτινοβολίας σε συνδυασμό με υπεροξείδιο του υδρογόνου.
2. Απόκτηση και τοποθέτηση αυτόματων δειγματοληπτών στις ΕΕΛ σε Ηράκλειο και Λάρνακα (μια σε κάθε ΕΕΛ).
3. Εκτίμηση της δυνατότητας των προτεινόμενων συστημάτων επεξεργασίας, να απομακρύνουν περισσότερο από το 95 % των CECs, από την εκροή των νοσοκομειακών λυμάτων, όταν αναπτυχθούν σε πιλοτικό επίπεδο, όπως έχουν αντίστοιχα καταφέρει στην πειραματική κλίμακα.
4. Πλήρης οικονομική και περιβαλλοντική αξιολόγηση της λειτουργίας των πιλοτικών μονάδων και ανάπτυξη οδηγιών (guidelines) και σχεδιαστικών μοντέλων, για πλήρη εφαρμογή στο σύνολο της εκροής των νοσοκομειακών μονάδων, τόσο στα συμμετέχοντα νοσοκομεία (scale up), όσο και σε άλλα νοσοκομεία άλλων περιοχών (transferability and replicability).
5. Ένα ολοκληρωμένο σχέδιο διάχυσης των αποτελεσμάτων και δημοσιότητας, με τη χρήση συμβατικών αλλά και ηλεκτρονικών μέσων επικοινωνίας και ενημέρωσης, με στόχο να αναδειχθεί, τόσο το πρόβλημα, όσο και η λύση.
6. Ακριβής και συγκεκριμένος προσδιορισμός της συνεισφοράς (ποσοτικής και ποιοτικής) των εκροών των νοσοκομείων, στις συγκεντρώσεις των φαρμακευτικών ουσιών, των ιών, των ανθεκτικών στα αντιβιοτικά βακτηρίων και γονιδίων ανθεκτικότητας (ARB & ARGs) που καταγράφονται, τόσο στην εισροή (influent), όσο και στην εκροή (effluent) των ΕΕΛ που οδηγούνται προς αξιοποίηση (επαναχρησιμοποίηση μέσω άρδευσης).

### 3.1.2 Άμεσα αποτελέσματα του έργου

Τα άμεσα αποτελέσματα του έργου είναι:

1. Μια τεχνολογία που με ικανοποιητικό και συστηματικό τρόπο, μπορεί να απομακρύνει φαρμακευτικές ουσίες και άλλους ρύπους ενδιαφέροντος από νοσοκομειακά λύματα, μειώνοντας έτσι αντίστοιχα με ικανοποιητικό και συστηματικό τρόπο τον περιβαλλοντικό κίνδυνο και κίνδυνο για τη δημόσια υγεία από τη διάθεση των εκροών κεντρικών εγκαταστάσεων επεξεργασία λυμάτων.

2. Μια νέα αγορά που θα δημιουργηθεί πάνω στην επιβεβαίωση της εκτίμησης ότι τεχνολογίες που μπορούν να επεξεργαστούν του ρύπους αυτούς, στους χώρους των νοσοκομείων, επιφέρουν σημαντικό αποτέλεσμα στην ποιότητα της τελικής εκροής. Περισσότερα από 5.000 πιθανά σημεία εφαρμογής αντίστοιχων τεχνολογιών, συνολικής αξίας εκατοντάδων εκατομμυρίων Ευρώ συναντώνται στην Ευρώπη μόνο, με τα νούμερα αυτά να 10πλασιάζονται σε παγκόσμια κλίμακα.
3. Σχέδια και εκτιμήσεις κόστους άμεσης επέκτασης των πιλοτικών μονάδων για το σύνολο των εκροών των εμπλεκόμενων νοσοκομείων, ώστε να υπάρχει άμεση και μετρήσιμη επίδραση στα ποιοτικά στοιχεία των εκροών των ΕΕΛ των φορέων διαχείρισης λυμάτων που εμπλέκονται στο έργο.
4. Συστήματα που θα επιτρέψουν σε φορείς έξω από το έργο να εκτιμήσουν τόσο τη σημασία της εφαρμογής των αποτελεσμάτων του έργου στην περίπτωση τους, αλλά και να εκτιμήσουν το κόστος της απόφασης αυτής και ταυτόχρονα την αναμενόμενη αποτελεσματικότητα.
5. Την επιβεβαίωση του σημαντικού ρόλου των εμπλεκόμενων φορέων Έρευνας στη διαχείριση και επεξεργασία λυμάτων και αποβλήτων, ειδικά σε μια δράση με έντονα στοιχεία καινοτομίας και πιθανές εμπορικές εφαρμογές.

### 3.2 Εντοπισμός εναλλακτικών έργων/επενδύσεων

Όπως προαναφέρθηκε, οι εναλλακτικές λύσεις που υπάρχουν για τη βέλτιστη επεξεργασία των νοσοκομειακών υγρών αποβλήτων, είναι:

- ➔ **α)** πρόσθετες τεχνολογίες στις ΕΕΛ, οι οποίες όμως πρέπει να σχεδιαστούν ώστε να είναι αποτελεσματικές, έναντι των μικρών συγκεντρώσεων των CECs και επίσης, να μπορούν να διαχειριστούν το σύνολο των τεράστιων όγκων λυμάτων που απαιτείται από μια κεντρική επεξεργασία ή
- ➔ **β)** επιτόπου επεξεργασία των αποβλήτων που περιέχουν μεγάλες ποσότητες/ συγκεντρώσεις CECs, όπως αυτές που προέρχονται από μονάδες παροχής υπηρεσιών υγείας (π.χ. νοσοκομεία), πριν από την είσοδό τους στο κεντρικό σύστημα αποχέτευσης. Για ορισμένες από τις CECs, η συγκέντρωση στα νοσοκομειακά απόβλητα είναι περισσότερο από 10 φορές μεγαλύτερη από αυτή στα εισερχόμενα αστικά λύματα, στις αντίστοιχες ΕΕΛ.

Μεταξύ των προαναφερθέντων εναλλακτικών λύσεων, η επιτόπια επεξεργασία των ακατέργαστων αποβλήτων του νοσοκομείου είναι η πιο ελπιδοφόρα λύση, δημιουργώντας ένα νέο πεδίο έρευνας και καινοτομίας, με σημαντική εμπορική εφαρμογή και ευκαιρίες για δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.

Ωστόσο, η νέα πρόταση της Ευρωπαϊκής επιτροπής για την αναθεώρηση της **Οδηγίας 91/271** για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων αναμένεται να επιφέρει σημαντικές αλλαγές στον τρόπο

επεξεργασίας και διαχείρισης των αστικών λυμάτων. Μεταξύ άλλων, η πρόταση επεκτείνει την υποχρεωτική κατασκευή δικτύων και εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων από το όριο των 2.000 ισοδύναμων κατοίκων της ισχύουσας νομοθεσίας στο όριο των **1.000 ισοδύναμων κατοίκων**. Επιπλέον, εισάγει τον δεσμευτικό στόχο της επίτευξης **ενεργειακά ουδέτερων εγκαταστάσεων** επεξεργασίας λυμάτων σε επίπεδο κράτους έως το 2040. Αυτό προϋποθέτει την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης στις εγκαταστάσεις και την **μέγιστη αξιοποίηση του οργανικού φορτίου** των λυμάτων για την παραγωγή βιοαερίου μέσω **αναερόβιας βιολογικής επεξεργασίας**. Πιθανόν, για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών να απαιτηθεί και η εγκατάσταση άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις μονάδες όπως αιολική και ηλιακή.

Μια άλλη σημαντική αλλαγή που προτείνει η Ευρωπαϊκή επιτροπή αφορά την απαίτηση για **τεταρτοβάθμια επεξεργασία των αστικών λυμάτων** για πόλεις με πληθυσμό άνω των 100.000 κατοίκων έως το 2035 και η διερεύνηση πιθανών κινδύνων για πόλεις με πληθυσμό μεταξύ 10.000 και 100.000 κατοίκων έως το 2030 με σκοπό την εφαρμογή της και σε αυτούς μέχρι το 2040. Στόχος της τεταρτοβάθμιας επεξεργασίας είναι η απομάκρυνση διαφόρων μικρορύπων μεταξύ των οποίων κυρίως φαρμακευτικές ενώσεις όπως το αντιβιοτικό κλαριθρομυκίνη, το αντικαταθλιπτικό σιταλοπράμη, το αντιυπερτασικό ιβερσατάνη, το αντιεπιληπτικό καρβαμαζεπίνη και το αντιφλεγμονώδες διχλωφενάκη.

Συνολικά **η λίστα περιλαμβάνει 12 μικρορύπους από τους οποίους θα πρέπει να επιλεγούν 6 για παρακολούθηση**. Οι έξι επιλεγμένες ουσίες θα πρέπει να απομακρύνονται τουλάχιστον **κατά 80%** στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων.

Επιπρόσθετα, στην Ευρωπαϊκή οδηγία προτείνεται να εφαρμοστεί η αρχή του **«ο ρυπαίνων πληρώνει»**. Συγκεκριμένα, οι παραγωγοί φαρμακευτικών και καλλυντικών προϊόντων θα υποχρεούνται να πληρώνουν για το κόστος της απομάκρυνσης μικρορύπων που προέρχονται από τα προϊόντα τους και καταλήγουν στα λύματα.

Προλαβαίνοντας την αναθεωρημένη οδηγία, το έργο **T4H: «Επιτόπια Διαχείριση Νοσοκομειακών Υγρών Αποβλήτων με Στόχο τη Βελτίωση της Απόδοσης των Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων και της Αξιοποίησης των Εκροών»**, εγκατέστησε και λειτουργεί στο **Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο Ηρακλείου (ΠΑΓΝΗ)** καινοτόμα πιλοτική μονάδα τεταρτοβάθμιας επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων του Νοσοκομείου με σκοπό την απομάκρυνση των φαρμακευτικών ουσιών πριν αυτές καταλήξουν στην κεντρική μονάδα επεξεργασίας λυμάτων του Δήμου Ηρακλείου. Τα αποτελέσματα είναι πολύ ενθαρρυντικά καθώς πράγματι διαπιστώθηκε ότι είναι εφικτή η απομάκρυνση του συνόλου των φαρμακευτικών ουσιών σε ποσοστό μεγαλύτερο του 80%.

Με βάση και τα προαναφερόμενα αναφορικά με τη νέα πρόταση της Ευρωπαϊκής επιτροπής για την αναθεώρηση της Οδηγίας 91/271 για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, **η εναλλακτική λύση** που εξετάσθηκε στην παρούσα τεchnο- οικονομική αξιολόγηση είναι:

- ➔ η επεξεργασία του συνόλου των παραγόμενων νοσοκομειακών υγρών αποβλήτων στο ΠΑΓΝΗ χρησιμοποιώντας full scale αντίστοιχη με την πιλοτική μονάδα επεξεργασίας των νοσοκομειακών υγρών αποβλήτων, εξοικονομώντας πόρους από:
  - την επαναχρησιμοποίηση της εκροής της full scale μονάδας για άρδευση των χώρων πρασίνου,
  - την εξοικονόμηση ενέργειας από την παραγωγή βιοαερίου,
  - την εξοικονόμηση ενέργειας από την παραγόμενη φυτική βιομάζα από το χρησιμοποιούμενο φυτό Lemna minor,
  - την εξοικονόμηση πόρους από την εφαρμογή **«ο ρυπαίνων πληρώνει»**, **βάσει της οποίας** οι παραγωγοί φαρμακευτικών και καλλυντικών προϊόντων θα υποχρεούνται να πληρώνουν για το κόστος της απομάκρυνσης μικρορύπων που προέρχονται από τα προϊόντα τους και καταλήγουν στα λύματα.

### 3.3 Καθορισμός των εμπλεκομένων

Οι εμπλεκόμενοι φορείς στην επεξεργασία των νοσοκομειακών υγρών αποβλήτων ειδικά σε μια δράση, όπως το εν λόγω έργο, με έντονα στοιχεία καινοτομίας και πιθανές εμπορικές εφαρμογές, είναι:

- ➔ Νοσοκομεία (ιδιωτικά και δημόσια),
- ➔ δημόσια και ιδιωτικά ιδρύματα που παρέχουν εξειδικευμένες διαγνωστικές, νοσηλευτικές και θεραπευτικές υπηρεσίες,
- ➔ Κέντρα φροντίδας και περίθαλψης,
- ➔ Δημοτικές Επιχειρήσεις Ύδρευσης- Αποχέτευσης,
- ➔ Ιδιωτικές επιχειρήσεις διαχείρισης νοσοκομειακών λυμάτων και αποβλήτων,
- ➔ Φορείς έρευνας στη διαχείριση και επεξεργασία λυμάτων και αποβλήτων, κ.ά.

### 3.4 Μέτρηση των μεγεθών κόστους<sup>4</sup> και κέρδους

#### 3.4.1 Στοιχεία κόστους εξοπλισμού

Το κόστος της πιλοτικής μονάδας που έχει σχεδιασθεί, κατασκευασθεί και λειτουργεί στο ΠΑΓΝΗ, ανέρχεται στις: **178.200,00 €** (χωρίς ΦΠΑ) και το κόστος αναλυτικά, ανά μονάδα επεξεργασίας, αποτυπώνεται στον Πίνακα 02 που ακολουθεί.

**Πίνακας 02:** Κόστος εξοπλισμού πιλοτικής μονάδας

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ
1	Προμήθεια και εγκατάσταση Αναερόβιου Βιοαντιδραστήρα Μεμβρανών Υπερδιήθησης	1	49,500.00 €
2	Προμήθεια και εγκατάσταση Αερόβιου Αντιδραστήρα MBBR	1	29,700.00 €
3	Προμήθεια και εγκατάσταση συστήματος Φυσικής Επεξεργασίας με lemna minor	1	21,780.00 €
4	Προμήθεια και εγκατάσταση συστήματος Χημικής Φωτο - οξειδωσης	1	29,700.00 €
5	Προμήθεια και εγκατάσταση Ηλεκτρικού Πίνακα και συστήματος Αυτοματισμού	1	14,850.00 €
6	Προμήθεια και εγκατάσταση συστήματος Αυτόματου Δειγματολήπτη	1	14,850.00 €
7	Προμήθεια και εγκατάσταση υπόστεγου εγκατάστασης πιλοτικής μονάδας επί εδαφόπλακας	1	14,850.00 €
8	Θέση σε λειτουργία πιλοτικής μονάδας	1	2,970.00 €
<b>ΣΥΝΟΛΟ Α</b>			<b>178,200.00 €</b>
<b>ΦΠΑ (24%)</b>			<b>42,768.00 €</b>
<b>ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>220,968.00 €</b>

Το κόστος της αντίστοιχης μονάδας επεξεργασίας νοσοκομειακών υγρών αποβλήτων σε πλήρη κλίμακα, εκτιμάται στα: **1.333.460,00 €** (χωρίς ΦΠΑ) και το κόστος αναλυτικά, ανά μονάδα επεξεργασίας, αποτυπώνεται στον Πίνακα 03 που ακολουθεί.

**Πίνακας 03:** Κόστος εξοπλισμού μονάδας πλήρους εφαρμογής

α/α	Περιγραφή Εξοπλισμού	Τεμάχια	Τιμή / τμχ	Προϋπολογισμός
1	Δίδυμο αντλιοστάσιο τροφοδοσίας συστήματος	1	12.000,00 €	12.000,00 €
2	Δεξαμενή εξομοίωσης με ανάδευση (5m <sup>3</sup> )	1	8.500,00 €	8.500,00 €

<sup>4</sup> Το κόστος είναι ένα αριθμητικό μέγεθος που αντιπροσωπεύει τα ποσά που επενδύθηκαν για την απόκτηση υλικών ή άυλων αγαθών και υπηρεσιών με σκοπό τη χρησιμοποίησή τους για την πραγματοποίηση εσόδων από πωλήσεις ή για την κάλυψη κοινωνικών αναγκών.

α/α	Περιγραφή Εξοπλισμού	Τεμάχια	Τιμή / τμχ	Προϋπολογισμός
3	Δίδυμο αντλιοστάσιο τροφοδοσίας αναερόβιου αντιδραστήρα	1	14.500,00 €	14.500,00 €
4	Μονάδα λεπτοεσχάρωσης με συμπίεστικό κοχλία αφαίρεσης εσχαρισμάτων	1	38.000,00 €	38.000,00 €
5	Θερμαινόμενος αντιδραστήρας αναερόβιας χώνευσης (AnMBBR), (120m <sup>3</sup> )	1	145.000,00 €	145.000,00 €
6	Αναδευτήρες AnMBR	1	28.000,00 €	28.000,00 €
7	Αποθήκευση Βιοαερίου (μπαλόνη)	1	42.000,00 €	42.000,00 €
8	Αφυγραση Βιοαερίου	1	16.500,00 €	16.500,00 €
9	Booster Βιοαερίου	2	9.580,00 €	19.160,00 €
10	Λέβητας - καυστήρας βιοαερίου / πετρελαίου - Σύστημα θέρμανσης	1	32.000,00 €	32.000,00 €
11	Σύστημα Μembranών AnMBR	1	58.000,00 €	58.000,00 €
12	Αντλίες Τροφοδοσίας	2	9.200,00 €	18.400,00 €
13	Αντλίες Ανακυκλοφορίας	2	12.000,00 €	24.000,00 €
14	Αντλίες CIP	2	9.200,00 €	18.400,00 €
15	Μετρητικά όργανα AnMBR	1	22.000,00 €	22.000,00 €
16	Φυσητήρας Αερισμού	2	9.500,00 €	19.000,00 €
17	Βιοφορείς AnMBBR (40m <sup>3</sup> )	1	20.000,00 €	20.000,00 €
18	Δίκτυο Αερισμού	1	11.000,00 €	11.000,00 €
19	Εξοπλισμός καθίζησης MBBR	2	24.500,00 €	49.000,00 €
20	Φυσητήρας MBBR	2	7.500,00 €	15.000,00 €
21	UV φωτοοξειδωσης	1	16.000,00 €	16.000,00 €
22	Σύστημα φωτοοξειδωσης και χλωρίωσης	1	24.000,00 €	24.000,00 €
23	Μηχανοστάσιο συστήματος (Container)	3	21.000,00 €	63.000,00 €
24	Ηλεκτρικός Πίνακας - Αυτοματισμοί - Ηλεκτρολογικά	1	65.000,00 €	65.000,00 €
25	Εργασίες Υδραυλικής Εγκατάστασης	1	75.000,00 €	75.000,00 €
26	Εργασίες Ηλεκτρολογικής Εγκατάστασης	1	45.000,00 €	45.000,00 €

α/α	Περιγραφή Εξοπλισμού	Τεμάχια	Τιμή / τμχ	Προϋπολογισμός
27	Εργασίες έργων πολιτικού μηχανικού (Βάση έδρασης, υπόγειο αντλιοστάσιο και δεξαμενές υπόστεγο κλπ)	1	365.000,00 €	365.000,00 €
28	Κόστη μελετών / σχεδιασμού	1	70.000,00 €	70.000,00 €
	<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>1.333.460,00 €</b>

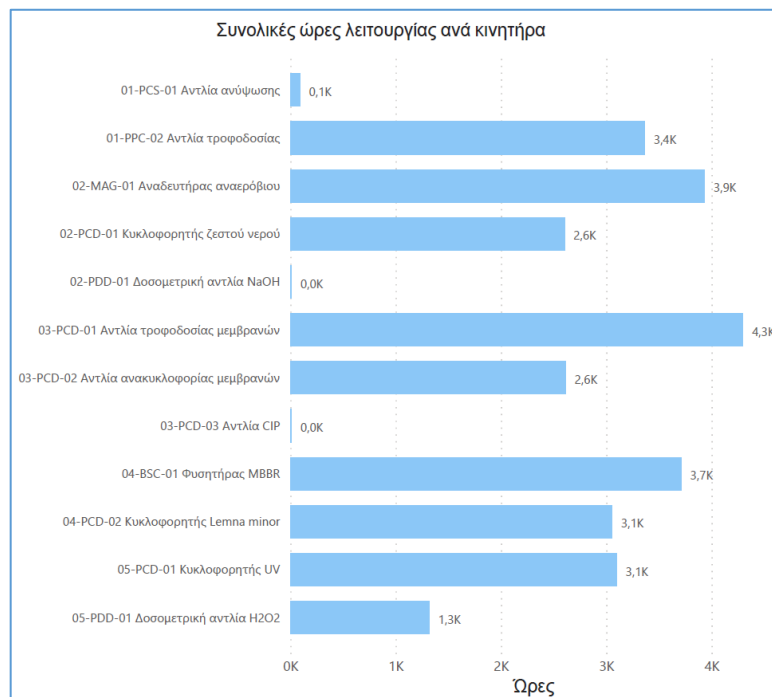
### 3.4.2 Λειτουργικά κόστη

Το κόστος λειτουργίας της Πιλοτικής Μονάδας επεξεργασίας των Νοσοκομειακών Αποβλήτων που έχει σχεδιασθεί, εγκατασταθεί και λειτουργεί στο Πανεπιστημιακό Γενικό Νοσοκομείο Ηρακλείου (ΠΑΓΝΗ) επιμερίζεται στους παρακάτω τομείς:

- ➔ Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας
- ➔ Κόστος Αναλώσιμων Χημικών επεξεργασίας
- ➔ Κόστος Ανταλλακτικών / Συντηρήσεων
- ➔ Κόστος προσωπικού Λειτουργίας και Συντήρησης

#### 3.4.2.1 Ηλεκτρική ενέργεια

Σύμφωνα με τα στοιχεία λειτουργίας, οι ώρες λειτουργίας του τεχνικού εξοπλισμού της πιλοτικής μονάδας που έχει εγκατασταθεί και λειτουργεί στο ΠΑΓΝΗ για τους έξι (6) πρώτους μήνες λειτουργίας της, αποτυπώνονται στο Διάγραμμα που ακολουθεί.



**Διάγραμμα 01:** Όρες λειτουργίας εξοπλισμού πιλοτικής μονάδας

Με βάση τις ώρες (h) λειτουργίας του τεχνικού εξοπλισμού και την ισχύς του (kW) υπολογίζεται το ετήσιο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας της πιλοτικής μονάδας με θεώρηση της τιμής € ανά kWh, ίση

με: **0,15 €/kWh**, όπως αποτυπώνεται στον Πίνακα 04 που ακολουθεί. Στην εξέλιξη του κόστους υπολογίζεται αύξηση κατά **+2% ετησίως**.

**Πίνακας 04:** Ετήσιο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας πιλοτικής μονάδας

A/A	Code	Περιγραφή	Τεμάχια	Εγκατεστημένη Ισχύς (kW)	Ημερήσιες Ώρες Λειτουργίας (hrs)	Ημερήσια Κατανάλωση Ενέργειας (kW_hrs)
1	01-PCS01	Αντλία Αρχικής Ανύψωσης	1	0,55	1	0.55
2	01-PPC-02	Αντλία τροφοδοσίας	1	0,25	18	4.5
3	02-MAG-1	Αναδευτήρας αναερόβιου	1	0,18	20	3.6
4	02-PCD-01	Κυκλοφορητής ζεστού νερού	1	0,02	14	0.28
5	02-PDD-01	Δοσομετρική Αντλία NaOH	1	0,028	0	0
6	03-PCD-01	Αντλία τροφοδοσίας μεμβρανών	1	0,55	23,6	12.98
7	03-PCD-02	Αντλία ανακυκλοφορίας μεμβρανών	1	4	16	64
8	03-PCD-03	Αντλία καθαρισμού CIP	1	0,55	0,1	0.055
9	04-BSC-01	Φυσητήρας MBBR	1	0,81	16	12.96
10	04-PCD-02	Κυκλοφορητής lemna minor	1	0,02	20	0.4
11	05-PCD-01	Κυκλοφορητής AOP	1	0,02	20	0.4
12	05-PDD-01	Δοσομετρική Αντλία H2O2	1	0,028	20	0.56
<b>ΗΜΕΡΗΣΙΟ ΣΥΝΟΛΟ (kWh)</b>						<b>100.29</b>
<b>ΜΗΝΙΑΙΟ ΣΥΝΟΛΟ (kWh)</b>						<b>3008.55</b>
<b>Κόστος kWh (€/kWh)</b>						<b>0.15</b>
<b>Μηνιαίο Κόστος (€)</b>						<b>451.28</b>
<b>Ετήσιο Κόστος (€)</b>						<b>5415.39</b>

Το ετήσιο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας για την αντίστοιχη full scale μονάδα επεξεργασίας νοσοκομειακών υγρών αποβλήτων εκτιμάται στα: **50.000 €**.

### 3.4.2.2 Κόστος χημικών επεξεργασίας

Το κόστος των Χημικών για την λειτουργία όπως πιλοτικής εγκατάστασης του ΠΑΓΝΗ επιμερίζεται στα παρακάτω χημικά:

- Κόστος υπεροξειδίου του Υδρογόνου (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) για την χημική φωτοοξείδωση
- Κόστος NaOH για την ρύθμιση του pH
- Κόστος NaOCl και Κιτρικού Οξέως για τον καθαρισμό των μεμβρανών υπερδιήθησης.

Η δοσολογία του **H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (30% w/w)** όπως εξετάστηκε εργαστηριακά με πειράματα από το ΕΛΜΕΠΑ υπέδειξε εύρος τιμών από 0.8–3 ml/L αποβλήτου. Για την λειτουργία όπως εγκατάστασης χρησιμοποιήθηκε μέση τιμή όπως τάξης των **2,0ml/L αποβλήτου**.

Ο μέσος όρος ημερήσιας παροχής επεξεργασίας κατά όπως μήνες λειτουργίας όπως εγκατάστασης ανέρχεται σε **1,65m<sup>3</sup>/day**.

- ➔ Η ημερήσια κατανάλωση του H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ανέρχεται σε 2ml/lit x 1650lit = 3,3lit

- Η μηνιαία κατανάλωση του  $H_2O_2$  ανέρχεται σε 99lt  $H_2O_2$  (30%) / month
- Το κόστος του διαλύματος  $H_2O_2$  (30%) ανέρχεται σε 14 Ευρώ/lt και επομένως το μηνιαίο κόστος όπως εγκατάστασης ανέρχεται σε 99lt  $H_2O_2$  (30%) x 14 Ευρώ/lt = **1.386 Ευρώ/month**

Το κόστος του **NaOH** για την ρύθμιση του pH στον αναερόβιο χωνευτή ανέρχεται σε **ΜΗΔΕΝ Ευρώ** αφού κατά την λειτουργία του συστήματος δεν απαιτήθηκε ποτέ η δοσομέτρηση διαλύματος NaOH αφού το pH κυμαινόταν εντός των κανονικών τιμών.

Το ετήσιο κόστος **χημικών για τον καθαρισμό των μεμβρανών υπερδιήθησης** όπως πιλοτικής μονάδας του ΠΑΓΝΗ ανέρχεται σε **350 €/ year**.

Το συνολικό ετήσιο κόστος χημικών επεξεργασίας ανέρχεται στα: **16.982 €**. Στην εξέλιξη του κόστους υπολογίζεται αύξηση κατά **+2% ετησίως**.

Το ετήσιο κόστος χημικών επεξεργασίας για την αντίστοιχη full scale μονάδα επεξεργασίας νοσοκομειακών υγρών αποβλήτων εκτιμάται στα: **400.000 €**.

### 3.4.2.3 Κόστος συντήρησης

Το ετήσιο κόστος συντήρησης και ανταλλακτικών σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων για τα πρώτα χρόνια λειτουργίας όπως ανέρχεται σε 5% όσο αφορά τα έργα ΗΜ και σε 2% για τα έργα ΠΜ.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται το εκτιμώμενο κόστος συντήρησης όπως πιλοτικής μονάδας στο ΠΑΓΝΗ λαμβάνοντας υπόψη τα κόστη από την Προμήθεια και Εγκατάσταση όπως Πιλοτικής μονάδας όπως προέκυψε από ανοικτό διαγωνισμό που διενέργησε η ΔΕΥΑΗ.

**Πίνακας 05:** Κόστος συντήρησης πιλοτικής μονάδας

A.T.	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΡΘΡΟΥ	ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ & ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ
1	Προμήθεια και εγκατάσταση Αναερόβιου Βιοαντιδραστήρα Μembranών Υπερδιήθησης	49.500,00 €	5%	2.475,00 €
2	Προμήθεια και εγκατάσταση Αερόβιου Αντιδραστήρας MBBR	29.700,00 €	5%	1.485,00 €
3	Προμήθεια και εγκατάσταση συστήματος Φυσικής Επεξεργασίας με lemna minor	21.780,00 €	5%	1.089,00 €
4	Προμήθεια και εγκατάσταση συστήματος Χημικής Φωτο - οξειδωσης	29.700,00 €	5%	1.485,00 €
5	Προμήθεια και εγκατάσταση Ηλεκτρικού Πίνακα και συστήματος Αυτοματισμού	14.850,00 €	5%	742,50 €
6	Προμήθεια και εγκατάσταση συστήματος Αυτόματου Δειγματολήπτη	14.850,00 €	5%	742,50 €
7	Προμήθεια και εγκατάσταση υπόστεγου εγκατάστασης πιλοτικής μονάδας επί εδαφόπλακας	14.850,00 €	2%	297,00 €
			<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>8.316,00 €</b>

Το κόστος συντήρησης ετησίως ανέρχεται στα: **8.316 Ευρώ €**. Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, θεωρούμε ότι το κόστος συντήρησης αποτελεί σταθερό κόστος με αύξηση **+2% ετησίως** λόγω παλαιότητας του εξοπλισμού.

Το ετήσιο κόστος συντήρησης για την αντίστοιχη full scale μονάδα επεξεργασίας νοσοκομειακών υγρών αποβλήτων εκτιμάται στα: **67.000 €**.

#### 3.4.2.4 Κόστος προσωπικού Λειτουργίας και Συντήρησης

Για την ορθή λειτουργία της πιλοτικής μονάδας επεξεργασίας των νοσοκομειακών αποβλήτων του ΠΑΓΝΗ υπάρχει απαίτηση ενός επιβλέποντος Μηχανικού (Μηχανολόγος, Χημικός ή Μηχανικός Περιβάλλοντος) ο οποίος θα είναι ο κατά νόμο Υπεύθυνος της Λειτουργίας και Συντήρησης της εγκατάστασης.

Ο παραπάνω μηχανικός θα απασχολείται (part time) στην λειτουργία της εγκατάστασης ενώ θα είναι υπεύθυνος για τις απαραίτητες μηνιαίες εκθέσεις λειτουργίας.

- ➔ Το μηνιαίο κόστος απασχόλησης του Μηχανικού Επίβλεψης ανέρχεται σε **1.000 Ευρώ**.

Εκτός από τον Υπεύθυνο Μηχανικό της εγκατάστασης θα απαιτηθεί καθημερινά η επίβλεψη και λειτουργία της εγκατάστασης από εξειδικευμένο τεχνικό (μηχανοτεχνίτης, υδραυλικός ή ηλεκτρολόγος) ο οποίος θα απασχολείται με πενθήμερη δίωρη εργασία.

- ➔ Το μηνιαίο κόστος του Τεχνικού Λειτουργίας και Συντήρησης ανέρχεται λαμβάνοντας υπόψη τις ασφαλιστικές εισφορές του ανέρχεται σε **500 Ευρώ**.

Το κόστος προσωπικού λειτουργίας και συντήρησης ετησίως ανέρχεται στα: **18.000 Ευρώ €**. Στην εξέλιξη του κόστους προσωπικού υπολογίζεται αύξηση κατά **+2% ετησίως**, για να καλυφθούν τυχόν αυξήσεις.

Το ετήσιο κόστος προσωπικού για την αντίστοιχη full scale μονάδα επεξεργασίας νοσοκομειακών υγρών αποβλήτων εκτιμάται στα: **50.000 €**.

#### **3.4.2.5 Συνολικό λειτουργικό κόστος**

Σύμφωνα με τα στοιχεία των προηγούμενων παραγράφων παρουσιάζεται το συνολικό ετήσιο κόστος της πιλοτικής μονάδας επεξεργασίας νοσοκομειακών υγρών αποβλήτων που έχει εγκατασταθεί και λειτουργεί στο ΠΑΓΝΗ στον παρακάτω Πίνακα 06.

**Πίνακας 06:** Συνολικό λειτουργικό κόστος πιλοτικής μονάδας

A/A	Περιγραφή ετήσιου κόστους	Μονάδα	Ετήσιο κόστος
1	Ηλεκτρικής ενέργειας	€	5,415.39 €
2	Χημικών επεξεργασίας	€	16,982.00 €
3	Συντήρησης	€	8,316.00 €
4	Προσωπικού	€	18,000.00 €
Σύνολο:			<b>48,713.39 €</b>

Το ετήσιο συνολικό κόστος για την αντίστοιχη full scale μονάδα επεξεργασίας νοσοκομειακών υγρών αποβλήτων εκτιμάται στα: **567.000 €**.

#### 3.4.2.6 Εξοικονόμηση ενέργειας από την παραγωγή βιοαερίου

Η παραγωγή βιοαερίου στην πιλοτική μονάδα επεξεργασίας νοσοκομειακών υγρών αποβλήτων στο ΠΑΓΝΗ ήταν μικρή και ασταθείς και για αυτό το λόγο δεν λαμβάνεται υπόψη στην ανάλυση κόστους οφέλους.

Το ετήσιο συνολικό ποσό από την εξοικονόμηση ενέργειας (15%) από την παραγωγή βιοαερίου (60L/L/d) για την αντίστοιχη full scale μονάδα επεξεργασίας νοσοκομειακών υγρών αποβλήτων εκτιμάται στα: **7.500 €**.

#### 3.4.2.7 Εξοικονόμηση ενέργειας από την παραγωγή φυτικής βιομάζας

Η παραγόμενη ποσότητα βιομάζας Lemna minor στην πιλοτική εγκατάσταση επεξεργασίας νοσοκομειακών υγρών αποβλήτων στο ΠΑΓΝΗ ήταν μικρή και ασταθείς και για αυτό το λόγο δεν λαμβάνεται υπόψη στην ανάλυση κόστους οφέλους. Ωστόσο, μετρήθηκε η θερμογόνο δύναμη αυτής και βρέθηκε ίση με: **16.5 MJ/Kg**

Για τον προσδιορισμό της θερμογόνου δύναμης της βιομάζας Lemna minor χρησιμοποιήθηκε θερμιδόμετρο βόμβας οξυγόνου Parr 6400. Εν συντομία, μικρές ποσότητες αποξηραμένων δειγμάτων βιομάζας Lemna minor, τα οποία είχαν τεθεί σε θερμοκρασία 105 °C για 48 ώρες, τοποθετήθηκαν στον κάδο του θερμιδόμετρου και κάηκαν χωρίς να σφαιροποιηθούν (pelleted). Όλα τα δείγματα εξετάστηκαν εις τριπλούν.

Το ετήσιο συνολικό ποσό από την εξοικονόμηση ενέργειας (5%) από την παραγωγή φυτικής βιομάζας Lemna minor (50 g/d) για την αντίστοιχη full scale μονάδα επεξεργασίας νοσοκομειακών υγρών αποβλήτων εκτιμάται στα: **2.500 €**.

### 3.4.3 Στοιχεία κέρδους

Όπως έχει προαναφερθεί, η **εναλλακτική λύση** που εξετάστηκε στην παρούσα τεchnο- οικονομική αξιολόγηση είναι:

- η επεξεργασία του συνόλου των παραγόμενων νοσοκομειακών υγρών αποβλήτων στο ΠΑΓΝΗ χρησιμοποιώντας full scale αντίστοιχη με την πιλοτική μονάδα επεξεργασίας των νοσοκομειακών υγρών αποβλήτων, εξοικονομώντας πόρους από:

  - την **επαναχρησιμοποίηση της εκροής της full scale μονάδας για άρδευση των χώρων πρασίνου**: σύμφωνα με στοιχεία από τη ΔΕΥΑΗ, το ετήσιο κόστος στο ΠΑΓΝΗ για διοχέτευση των παραγόμενων αποβλήτων προς επεξεργασία στην κεντρική ΕΕΛ Ηρακλείου, ανέρχεται στα: **170.000 €/ έτος**. Το κόστος αυτό, δεδομένης της επαναχρησιμοποίησης της εκροής της full scale μονάδας, θεωρούμε ότι εξοικονομείται.
  - την **εξοικονόμηση ενέργειας από την παραγωγή βιοαερίου**: το κόστος αυτό εκτιμάται ως ποσοστό (15%) επί του κόστους της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (50.000 €/ έτος), ήτοι: **7.500 €/ έτος**,
  - την **εξοικονόμηση ενέργειας από την παραγόμενη φυτική βιομάζα** από το χρησιμοποιούμενο φυτό Lemna minor: το κόστος αυτό εκτιμάται ως ποσοστό (5%) επί του κόστους της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (50.000 €/ έτος), ήτοι: **2.500 €/ έτος**,
  - την εξοικονόμηση πόρους από την εφαρμογή **«ο ρυπαίνων πληρώνει»**, βάσει της οποίας οι παραγωγοί φαρμακευτικών και καλλυντικών προϊόντων θα υποχρεούνται να πληρώνουν για το κόστος της απομάκρυνσης μικρορύπων που προέρχονται από τα προϊόντα τους και καταλήγουν στα λύματα. Στην παρούσα φάση, σύμφωνα με στοιχεία από τη ΔΕΥΑΗ, το κόστος για τη διοχέτευση των νοσοκομειακών υγρών αποβλήτων προς επεξεργασία στην κεντρική ΕΕΛ Ηρακλείου ανέρχεται σε: 1,08 €/m<sup>3</sup>. Στην περίπτωση εφαρμογής της νέας Ευρωπαϊκής Οδηγίας με βάση την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει», το κόστος επεξεργασίας των νοσοκομειακών υγρών αποβλήτων του ΠΑΓΝΗ από τη ΔΕΥΑΗ εκτιμάται ότι θα τριπλασιαστεί και θα ανέρχεται περίπου στα 3 €/m<sup>3</sup>, οπότε το κόστος αυτό εξοικονομείται και ανέρχεται στα: 365 m<sup>3</sup>/d x 365 d x 3 €/m<sup>3</sup> ≈ **400.000 €/ έτος**.

### **3.5 Πρόβλεψη του κόστους και κέρδους για ένα προκαθορισμένο διάστημα και μετατροπή των μεγεθών κόστους και κέρδους σε κοινή νομισματική μονάδα**

Η πρόβλεψη του κόστους της Πιλοτικής Μονάδας, για ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα **δέκα (10) ετών**, σε νομισματική μονάδα **ευρώ (€)**, αποτυπώνεται στον Πίνακα 07 που ακολουθεί.

**Πίνακας 07:** 10ετής πρόβλεψη κόστους λειτουργίας πιλοτικής μονάδας

Α/Α	Κατηγορία κόστους	Έτος Αναφοράς									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Ηλ. Ενέργεια	5,415.39 €	5,523.70 €	5,634.17 €	5,746.86 €	5,861.79 €	5,979.03 €	6,098.61 €	6,220.58 €	6,344.99 €	6,471.89 €
2	Χημικά επεξεργασίας	16,982.00 €	17,321.64 €	17,668.07 €	18,021.43 €	18,381.86 €	18,749.50 €	19,124.49 €	19,506.98 €	19,897.12 €	20,295.06 €
3	Συντήρηση	8,316.00 €	8,482.32 €	8,651.97 €	8,825.01 €	9,001.51 €	9,181.54 €	9,365.17 €	9,552.47 €	9,743.52 €	9,938.39 €
4	Προσωπικό	18,000.00 €	18,360.00 €	18,727.20 €	19,101.74 €	19,483.78 €	19,873.45 €	20,270.92 €	20,676.34 €	21,089.87 €	21,511.67 €
		<b>48,713.39 €</b>	<b>49,687.66 €</b>	<b>50,681.41 €</b>	<b>51,695.04 €</b>	<b>52,728.94 €</b>	<b>53,783.52 €</b>	<b>54,859.19 €</b>	<b>55,956.37 €</b>	<b>57,075.50 €</b>	<b>58,217.01 €</b>

Η πρόβλεψη του κόστους της αντίστοιχη full scale μονάδα επεξεργασίας νοσοκομειακών υγρών αποβλήτων, για ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα **τριάντα (30) ετών**, σε νομισματική μονάδα **ευρώ (€)**, αποτυπώνεται στον Πίνακα 08 που ακολουθεί.

Τα **τριάντα (30)** έτη επιλέχθηκαν, σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές σχετικά με τη μεθοδολογία για τη διενέργεια ανάλυσης κόστους- οφέλους της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, για τα έργα περιβάλλοντος.

Πίνακας 08: Χρηματοοικονομική ανάλυση μονάδας πλήρους εφαρμογής ΠΑΓΝΗ

Α/Α	Κατηγορία κόστους	Έτος Αναφοράς														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Ηλ. Ενέργεια	50,000.00 €	51,000.00 €	52,020.00 €	53,060.40 €	54,121.61 €	55,204.04 €	56,308.12 €	57,434.28 €	58,582.97 €	59,754.63 €	60,949.72 €	62,168.72 €	63,412.09 €	64,680.33 €	65,973.94 €
2	Χημικά επεξεργασίας	400,000.00 €	408,000.00 €	416,160.00 €	424,483.20 €	432,972.86 €	441,632.32 €	450,464.97 €	459,474.27 €	468,663.75 €	478,037.03 €	487,597.77 €	497,349.72 €	507,296.72 €	517,442.65 €	527,791.51 €
3	Συντήρηση	67,000.00 €	68,340.00 €	69,706.80 €	71,100.94 €	72,522.95 €	73,973.41 €	75,452.88 €	76,961.94 €	78,501.18 €	80,071.20 €	81,672.63 €	83,306.08 €	84,972.20 €	86,671.64 €	88,405.08 €
4	Προσωπικό	50,000.00 €	51,000.00 €	52,020.00 €	53,060.40 €	54,121.61 €	55,204.04 €	56,308.12 €	57,434.28 €	58,582.97 €	59,754.63 €	60,949.72 €	62,168.72 €	63,412.09 €	64,680.33 €	65,973.94 €
		<b>567,000.00 €</b>	<b>578,340.00 €</b>	<b>589,906.80 €</b>	<b>601,704.94 €</b>	<b>613,739.03 €</b>	<b>626,013.82 €</b>	<b>638,534.09 €</b>	<b>651,304.77 €</b>	<b>664,330.87 €</b>	<b>677,617.49 €</b>	<b>691,169.84 €</b>	<b>704,993.23 €</b>	<b>719,093.10 €</b>	<b>733,474.96 €</b>	<b>748,144.46 €</b>
1	Απόσβεση εξοπλισμού	44,448.67 €	44,448.67 €	44,448.67 €	44,448.67 €	44,448.67 €	44,448.67 €	44,448.67 €	44,448.67 €	44,448.67 €	44,448.67 €	44,448.67 €	44,448.67 €	44,448.67 €	44,448.67 €	44,448.67 €
Α/Α	Κατηγορία εξοικονόμησης πόρων	Έτος Αναφοράς														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Νερό άρδευσης	170,000.00 €	173,400.00 €	176,868.00 €	180,405.36 €	184,013.47 €	187,693.74 €	191,447.61 €	195,276.56 €	199,182.09 €	203,165.74 €	207,229.05 €	211,373.63 €	215,601.11 €	219,913.13 €	224,311.39 €
2	Βιοαέριο	7,500.00 €	7,650.00 €	7,803.00 €	7,959.06 €	8,118.24 €	8,280.61 €	8,446.22 €	8,615.14 €	8,787.45 €	8,963.19 €	9,142.46 €	9,325.31 €	9,511.81 €	9,702.05 €	9,896.09 €
3	Βιομάζα	2,500.00 €	2,550.00 €	2,601.00 €	2,653.02 €	2,706.08 €	2,760.20 €	2,815.41 €	2,871.71 €	2,929.15 €	2,987.73 €	3,047.49 €	3,108.44 €	3,170.60 €	3,234.02 €	3,298.70 €
4	Pharmaceuticals	440,000.00 €	448,800.00 €	457,776.00 €	466,931.52 €	476,270.15 €	485,795.55 €	495,511.46 €	505,421.69 €	515,530.13 €	525,840.73 €	536,357.54 €	547,084.70 €	558,026.39 €	569,186.92 €	580,570.66 €
		<b>620,000.00 €</b>	<b>632,400.00 €</b>	<b>645,048.00 €</b>	<b>657,948.96 €</b>	<b>671,107.94 €</b>	<b>684,530.10 €</b>	<b>698,220.70 €</b>	<b>712,185.11 €</b>	<b>726,428.82 €</b>	<b>740,957.39 €</b>	<b>755,776.54 €</b>	<b>770,892.07 €</b>	<b>786,309.91 €</b>	<b>802,036.11 €</b>	<b>818,076.83 €</b>
1	Ισοζύγιο= εξοικ. Πόρων-κόστη-αποσβέσεις	8,551.33 €	9,611.33 €	10,692.53 €	11,795.36 €	12,920.24 €	14,067.62 €	15,237.94 €	16,431.67 €	17,649.28 €	18,891.24 €	20,158.04 €	21,450.17 €	22,768.15 €	24,112.48 €	25,483.71 €
2	Ετήσιες Ταμειακές Εισροές= Εξοικ. πόρων- κόστη	53,000.00 €	54,060.00 €	55,141.20 €	56,244.02 €	57,368.90 €	58,516.28 €	59,686.61 €	60,880.34 €	62,097.95 €	63,339.91 €	64,606.70 €	65,898.84 €	67,216.82 €	68,561.15 €	69,932.37 €
1	<b>ΚΠΑ, r=5%, t=1-30 έτη, Αρχ. επένδ.= 1.333.460 €</b>															
	(1+r) <sup>t</sup>	1.05	1.10	1.16	1.22	1.28	1.34	1.41	1.48	1.55	1.63	1.71	1.80	1.89	1.98	2.08
	Ταμειακές ροές/ (1+r) <sup>t</sup>	50,476.19	49,034.01	47,633.04	46,272.10	44,950.04	43,665.75	42,418.16	41,206.21	40,028.89	38,885.21	37,774.20	36,694.94	35,646.51	34,628.04	33,638.67
	Σ(Ταμειακές ροές/ (1+r) <sup>t</sup> )-αρχ. Επένδ.	-1,282,983.81	-1,233,949.80	-1,186,316.75	-1,140,044.66	-1,095,094.62	-1,051,428.87	-1,009,010.71	-967,804.50	-927,775.61	-888,890.40	-851,116.20	-814,421.26	-778,774.75	-744,146.71	-710,508.04
2	<b>ΚΠΑ, r=1%, t=1-30 έτη, Αρχ. επένδ.= 1.333.460 €</b>															
	(1+r) <sup>t</sup>	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09	1.10	1.12	1.13	1.14	1.15	1.16
	Ταμειακές ροές/ (1+r) <sup>t</sup>	52,475.25	52,994.80	53,519.51	54,049.40	54,584.54	55,124.99	55,670.78	56,221.97	56,778.63	57,340.79	57,908.52	58,481.87	59,060.90	59,645.66	60,236.21
	Σ(Ταμειακές ροές/ (1+r) <sup>t</sup> )-αρχ. Επένδ.	-1,280,984.75	-1,227,989.95	-1,174,470.44	-1,120,421.04	-1,065,836.50	-1,010,711.51	-955,040.73	-898,818.76	-842,040.14	-784,699.34	-726,790.82	-668,308.95	-609,248.05	-549,602.39	-489,366.17
3	<b>ΚΠΑ, r=10%, t=1-30 έτη, Αρχ. επένδ.= 1.333.460 €</b>															
	(1+r) <sup>t</sup>	1.10	1.21	1.33	1.46	1.61	1.77	1.95	2.14	2.36	2.59	2.85	3.14	3.45	3.80	4.18
	Ταμειακές ροές/ (1+r) <sup>t</sup>	48,181.82	44,677.69	41,428.40	38,415.43	35,621.58	33,030.92	30,628.67	28,401.13	26,335.59	24,420.28	22,644.26	20,997.40	19,470.32	18,054.29	16,741.25
	Σ(Ταμειακές ροές/ (1+r) <sup>t</sup> )-αρχ. Επένδ.	-1,285,278.18	-1,240,600.50	-1,199,172.10	-1,160,756.67	-1,125,135.09	-1,092,104.18	-1,061,475.51	-1,033,074.38	-1,006,738.79	-982,318.52	-959,674.26	-938,676.86	-919,206.54	-901,152.25	-884,410.99

Α/Α	Κατηγορία κόστους	Έτος Αναφοράς														
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Ηλ. Ενέργεια	67,293.42 €	68,639.29 €	70,012.07 €	71,412.31 €	72,840.56 €	74,297.37 €	75,783.32 €	77,298.98 €	78,844.96 €	80,421.86 €	82,030.30 €	83,670.91 €	85,344.32 €	87,051.21 €	88,792.23 €
2	Χημικά επεξεργασίας	538,347.34 €	549,114.28 €	560,096.57 €	571,298.50 €	582,724.47 €	594,378.96 €	606,266.54 €	618,391.87 €	630,759.71 €	643,374.90 €	656,242.40 €	669,367.25 €	682,754.59 €	696,409.68 €	710,337.88 €
3	Συντήρηση	90,173.18 €	91,976.64 €	93,816.18 €	95,692.50 €	97,606.35 €	99,558.48 €	101,549.65 €	103,580.64 €	105,652.25 €	107,765.30 €	109,920.60 €	112,119.01 €	114,361.39 €	116,648.62 €	118,981.59 €
4	Προσωπικό	67,293.42 €	68,639.29 €	70,012.07 €	71,412.31 €	72,840.56 €	74,297.37 €	75,783.32 €	77,298.98 €	78,844.96 €	80,421.86 €	82,030.30 €	83,670.91 €	85,344.32 €	87,051.21 €	88,792.23 €
		<b>763,107.35 €</b>	<b>778,369.49 €</b>	<b>793,936.88 €</b>	<b>809,815.62 €</b>	<b>826,011.93 €</b>	<b>842,532.17 €</b>	<b>859,382.82 €</b>	<b>876,570.47 €</b>	<b>894,101.88 €</b>	<b>911,983.92 €</b>	<b>930,223.60 €</b>	<b>948,828.07 €</b>	<b>967,804.63 €</b>	<b>987,160.72 €</b>	<b>1,006,903.94 €</b>
1	Απόσβεση εξοπλισμού	44,448.67 €	44,448.67 €	44,448.67 €	44,448.67 €	44,448.67 €	44,448.67 €	44,448.67 €	44,448.67 €	44,448.67 €	44,448.67 €	44,448.67 €	44,448.67 €	44,448.67 €	44,448.67 €	44,448.67 €
Α/Α	Κατηγορία εξοικονόμησης πόρων	Έτος Αναφοράς														
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Νερό άρδευσης	228,797.62 €	233,373.57 €	238,041.04 €	242,801.86 €	247,657.90 €	252,611.06 €	257,663.28 €	262,816.54 €	268,072.87 €	273,434.33 €	278,903.02 €	284,481.08 €	290,170.70 €	295,974.12 €	301,893.60 €
2	Βιοαέριο	10,094.01 €	10,295.89 €	10,501.81 €	10,711.85 €	10,926.08 €	11,144.61 €	11,367.50 €	11,594.85 €	11,826.74 €	12,063.28 €	12,304.54 €	12,550.64 €	12,801.65 €	13,057.68 €	13,318.84 €
3	Βιομάζα	3,364.67 €	3,431.96 €	3,500.60 €	3,570.62 €	3,642.03 €	3,714.87 €	3,789.17 €	3,864.95 €	3,942.25 €	4,021.09 €	4,101.51 €	4,183.55 €	4,267.22 €	4,352.56 €	4,439.61 €
4	Pharmaceuticals	592,182.07 €	604,025.71 €	616,106.22 €	628,428.35 €	640,996.92 €	653,816.85 €	666,893.19 €	680,231.06 €	693,835.68 €	707,712.39 €	721,866.64 €	736,303.97 €	751,030.05 €	766,050.65 €	781,371.66 €
		<b>834,438.37 €</b>	<b>851,127.14 €</b>	<b>868,149.68 €</b>	<b>885,512.67 €</b>	<b>903,222.93 €</b>	<b>921,287.39 €</b>	<b>939,713.13 €</b>	<b>958,507.40 €</b>	<b>977,677.54 €</b>	<b>997,231.09 €</b>	<b>1,017,175.72 €</b>	<b>1,037,519.23 €</b>	<b>1,058,269.62 €</b>	<b>1,079,435.01 €</b>	<b>1,101,023.71 €</b>
1	Ισοζύγιο= εξοικ. Πόρων-κόστη-αποσβέσεις	26,882.36 €	28,308.98 €	29,764.13 €	31,248.38 €	32,762.33 €	34,306.55 €	35,881.65 €	37,488.26 €	39,126.99 €	40,798.51 €	42,503.45 €	44,242.49 €	46,016.32 €	47,825.62 €	49,671.10 €
2	Ετήσιες Ταμειακές Εισροές= Εξοικ. πόρων- κόστη	71,331.02 €	72,757.64 €	74,212.80 €	75,697.05 €	77,210.99 €	78,755.21 €	80,330.32 €	81,936.92 €	83,575.66 €	85,247.17 €	86,952.12 €	88,691.16 €	90,464.98 €	92,274.28 €	94,119.77 €
1	<b>ΚΠΑ, r=5%, t=1-30 έτη, Αρχ. επένδ.= 1.333.460 €</b>															
	(1+r) <sup>t</sup>	2.18	2.29	2.41	2.53	2.65	2.79	2.93	3.07	3.23	3.39	3.56	3.73	3.92	4.12	4.32
	Ταμειακές ροές/ (1+r) <sup>t</sup>	32,677.56	31,743.92	30,836.95	29,955.89	29,100.01	28,268.58	27,460.91	26,676.31	25,914.13	25,173.73	24,454.48	23,755.78	23,077.04	22,417.70	21,777.19
	Σ(Ταμειακές ροές/ (1+r) <sup>t</sup> )-αρχ. Επένδ.	-677,830.48	-646,086.56	-615,249.61	-585,293.71	-556,193.70	-527,925.12	-500,464.21	-473,787.90	-447,873.77	-422,700.05	-398,245.57	-374,489.79	-351,412.75	-328,995.05	-307,217.86
2	<b>ΚΠΑ, r=1%, t=1-30 έτη, Αρχ. επένδ.= 1.333.460 €</b>															
	(1+r) <sup>t</sup>	1.17	1.18	1.20	1.21	1.22	1.23	1.24	1.26	1.27	1.28	1.30	1.31	1.32	1.33	1.35
	Ταμειακές ροές/ (1+r) <sup>t</sup>	60,832.61	61,434.92	62,043.18	62,657.47	63,277.84	63,904.35	64,537.07	65,176.05	65,821.36	66,473.06	67,131.21	67,795.87	68,467.12	69,145.01	69,829.61
	Σ(Ταμειακές ροές/ (1+r) <sup>t</sup> )-αρχ. Επένδ.	-428,533.56	-367,098.64	-305,055.46	-242,397.99	-179,120.15	-115,215.80	-50,678.72	14,497.33	80,318.69	146,791.74	213,922.95	281,718.82	350,185.94	419,330.95	489,160.56
3	<b>ΚΠΑ, r=10%, t=1-30 έτη, Αρχ. επένδ.= 1.333.460 €</b>															
	(1+r) <sup>t</sup>	4.59	5.05	5.56	6.12	6.73	7.40	8.14	8.95	9.85	10.83	11.92	13.11	14.42	15.86	17.45
	Ταμειακές ροές/ (1+r) <sup>t</sup>	15,523.71	14,394.71	13,347.82	12,377.07	11,476.92	10,642.24	9,868.26	9,150.56	8,485.07	7,867.97	7,295.76	6,765.16	6,273.14	5,816.92	5,393.87
	Σ(Ταμειακές ροές/ (1+r) <sup>t</sup> )-αρχ. Επένδ.	-868,887.29	-854,492.57	-841,144.75	-828,767.68	-817,290.76	-806,648.52	-796,780.26	-787,629.70	-779,144.63	-771,276.66	-763,980.90	-757,215.74	-750,942.60	-745,125.68	-739,731.81

### 3.6 Υπολογισμός της καθαρής αξίας των εναλλακτικών

**Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)** είναι το άθροισμα των παρούσων αξιών των εισερχόμενων και εξερχόμενων ταμειακών ροών κατά τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου. Μετράει το πλεόνασμα ή την έλλειψη ταμειακών ροών, σε όρους παρούσας αξίας, σε σχέση με το κόστος κεφαλαίων (*cost of funds*) που χρησιμοποιήθηκαν για μια επένδυση.

Η Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) είναι ένα χρήσιμο εργαλείο που χρησιμοποιείται στην οικονομική επιστήμη (*economics*), στα χρηματοοικονομικά (*finance*) και στη λογιστική (*accounting*) για να καθοριστεί αν μια επένδυση ή ένα έργο κρίνεται συμφέρον για να χρηματοδοτηθεί ή όχι.

Η παρούσα αξία των αναμενόμενων ταμειακών ροών υπολογίζεται με την προεξόφληση τους χρησιμοποιώντας το κατάλληλο **προεξοφλητικό επιτόκιο**<sup>5</sup> (*discount rate*)

#### ➤ Καθαρή Παρούσα Αξία = Παρούσα Αξία - Κόστος επένδυσης

- ➔ μηδενική καθαρή παρούσα αξία (**ΚΠΑ = 0**) σημαίνει ότι τα έσοδα από το έργο αποπληρώνουν την αρχική επένδυση, χωρίς όφελος ή ζημιά για τον επενδυτή
- ➔ θετική καθαρή παρούσα αξία (**ΚΠΑ > 0**) σημαίνει ότι η επένδυση είναι κερδοφόρα
- ➔ αρνητική καθαρή παρούσα αξία (**ΚΠΑ < 0**) σημαίνει ότι η επένδυση καταλήγει σε ζημιά.

Η ΚΠΑ είναι μία από τις δύο τεχνικές προεξόφλησης ταμειακών ροών (η άλλη είναι ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης) που χρησιμοποιούνται στη συγκριτική αξιολόγηση επενδυτικών προτάσεων, όπου η ροή του εισοδήματος διαφέρει στην πάροδο του χρόνου.

Αποτελεί μια τυποποιημένη μέθοδο που χρησιμοποιεί την έννοια της χρονικής αξίας του χρήματος για την εκτίμηση μακροπρόθεσμων επενδύσεων. Η χρονική αξία του χρήματος στα χρηματοοικονομικά, υπαγορεύει ότι ο χρόνος έχει επιπτώσεις στην αξία των ταμειακών ροών.

Αν, για παράδειγμα, υπάρχει μία χρονική περίοδος πανομοιότυπων ταμειακών ροών ίσης ονομαστικής αξίας, οι ταμειακές ροές στο παρόν έχουν μεγαλύτερη πραγματική αξία από ταμειακές ροές ίσης ονομαστικής στο μέλλον, με κάθε μελλοντική ταμειακή ροή να γίνεται όλο και λιγότερο πολύτιμη από τις προηγούμενες.

Συνεπώς, μεταξύ δυο όμοιων επενδύσεων, υψηλότερο κίνδυνο έχει αυτή με την μεγαλύτερη διάρκεια. Για κάθε επιπλέον χρονική περίοδο, η παρούσα αξία των μεταγενέστερων μελλοντικών

<sup>5</sup> Προεξοφλητικό επιτόκιο είναι το επιτόκιο που η Κεντρική Τράπεζα χρεώνει τις τράπεζες για δάνεια.

- ➔ Μια αύξηση του προεξοφλητικού επιτοκίου μειώνει την προσφορά χρήματος.
- ➔ Μια μείωση του προεξοφλητικού επιτοκίου αυξάνει την προσφορά χρήματος.

ταμειακών ροών μειώνεται, καθώς ο κίνδυνος αυτής της επένδυσης αυξάνεται, ως αποτέλεσμα της μεγαλύτερης αβεβαιότητας και κινδύνου που υπάρχει για την τελική ολοκλήρωση του έργου/επένδυσης.

Ο προσδιορισμός της αξίας ενός σχεδίου είναι δύσκολη, επειδή υπάρχουν διάφοροι τρόποι για τη μέτρηση της αξίας των μελλοντικών ταμειακών ροών. Λόγω της χρονικής αξίας του χρήματος, ένα ευρώ στο μέλλον αξίζει λιγότερο από όσο ένα ευρώ σήμερα. Το προεξοφλητικό επιτόκιο στον τύπο ΚΠΑ είναι ένας τρόπος για να μετρηθεί ακριβώς αυτό.

Ο τύπος υπολογισμού της Καθαρής Παρούσας Αξίας μιας σειράς ταμειακών ροών, δέχεται ως μεταβλητές τις ταμειακές ροές και ένα προεξοφλητικό επιτόκιο και έχει ως αποτέλεσμα μια τιμή.

Η αντίστροφη διαδικασία, που δέχεται ως μεταβλητές μια σειρά ταμειακών ροών και την ΚΠΑ και βγάζει ως αποτέλεσμα το προεξοφλητικό επιτόκιο, ονομάζεται απόδοση και χρησιμοποιείται ευρέως στις συναλλαγές ομολόγων.

Τα βήματα για τον υπολογισμό της ΚΠΑ είναι:

- ➔ Καθορισμός όλων των ταμειακών ροών που συνδέονται με ένα έργο ή μια επένδυση καθώς και το χρονικό διάστημα κατά το οποίο αυτές θα προκύψουν. Οι ταμειακές ροές μπορεί να είναι είτε θετικές (εισορή χρημάτων), είτε αρνητικές (εκροές χρημάτων/δαπάνες).
- ➔ Καθορισμός του κατάλληλου προεξοφλητικού επιτοκίου, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της Παρούσας Αξίας των μελλοντικών ταμειακών ροών.
- ➔ Άθροισμα της Παρούσας Αξίας όλων των ταμειακών ροών, τόσο θετικών όσο και αρνητικών για τον υπολογισμό της ΚΠΑ και κατ' επέκταση της κερδοφορίας της επένδυσης.

$$\text{ΚΠΑ} = \sum_{t=1}^N \frac{\text{Ταμειακές Εισροές}}{(1+r)^t} - \text{Αρχική Επένδυση}$$

t = Χρονική περίοδος

N = Χρονική διάρκεια της επένδυσης

r = Προεξοφλητικό επιτόκιο

Το προεξοφλητικό επιτόκιο επιλέχθηκε σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές σχετικά με τη μεθοδολογία για τη διενέργεια ανάλυσης κόστους-οφέλους της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και ορίζεται στο **5%** και εξετάστηκαν τα σενάρια του **1%** και **10%**. Επίσης, ο χρονικός ορίζοντας της ανάλυσης ορίζεται στα **30 έτη**, όπως προτείνεται από τις κατευθυντήριες γραμμές για τα έργα περιβάλλοντος.

### 3.7 Διεξαγωγή ανάλυσης ευαισθησίας

**Ανάλυση Ευαισθησίας είναι η μελέτη των αλλαγών στις παραμέτρους ενός επενδυτικού σχεδίου και κατά πόσο αυτές οι αλλαγές επηρεάζουν την τελική λύση.** Η ανάλυση ευαισθησίας χρησιμοποιείται για να εξετάσει τη σταθερότητα της απόδοσης ενός επενδυτικού σχεδίου, καθώς γίνονται διαφορετικές παραδοχές για το μέλλον. Η ανάλυση αυτή δίνει τη δυνατότητα να αξιολογηθεί ο κίνδυνος που διατρέχει ο φορέας μιας επένδυσης, εάν η πραγματικότητα δεν δικαιώσει τον σχεδιασμό.

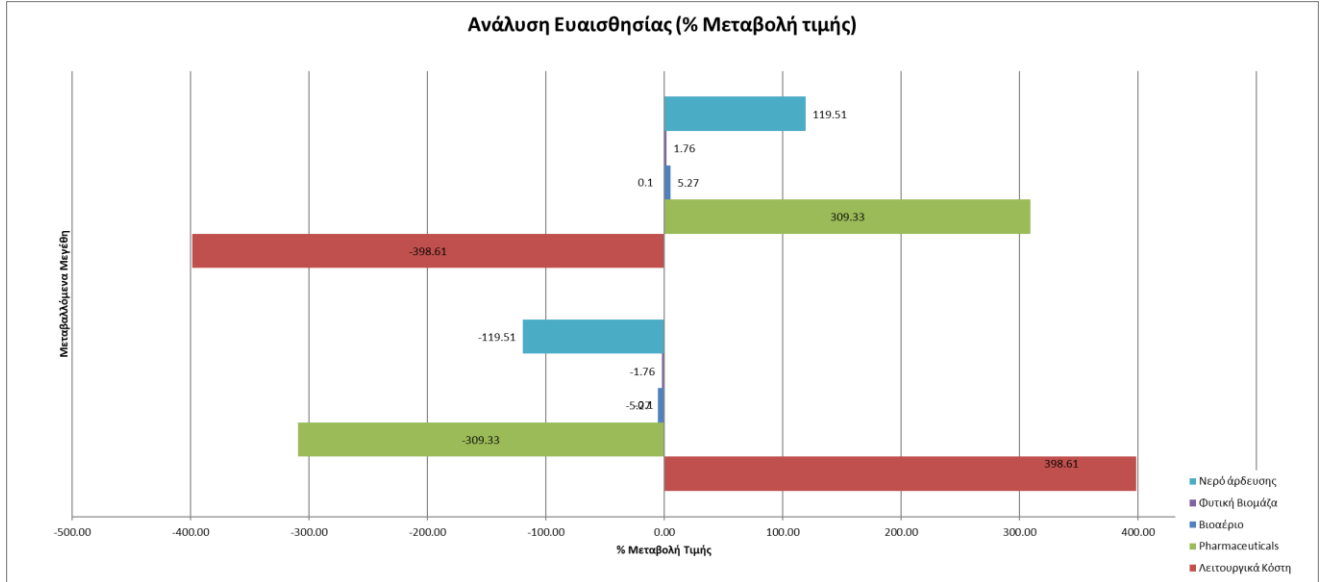
Στην χρηματοοικονομική ανάλυση, η ανάλυση ευαισθησίας αφορά:

- ➔ **αναγνώριση των μεταβλητών**, των οποίων οι τιμές είναι περισσότερο αβέβαιες, της το κόστος λειτουργίας, η εξοικονόμηση πόρων από την εφαρμογή της νομοθεσίας ο «ρυπαίνων πληρώνει», η εξοικονόμηση πόρων από την παραγωγή βιοαερίου, η εξοικονόμηση πόρων από την παραγωγή φυτικής βιομάζας και η εξοικονόμηση πόρων από την επαναχρησιμοποίηση της εκροής ως νερό άρδευσης,
- ➔ **εκτίμηση του πιο πιθανού εύρους αυτών των τιμών**: έχουν υπολογιστεί μεταβολές της τάξης του -10% έως και +10% για της της μεταβλητές. Σε αυτό το εύρος ορίζεται ικανοποιητικά η τάση ευαισθησίας της αποδοτικότητας του έργου,
- ➔ **Υπολογισμός του πόσο ευαίσθητα είναι τα αποτελέσματα στην χρηματοοικονομική ανάλυση** μέσω υπολογισμών βασισμένων στο συγκεκριμένο εύρος τιμών για κάθε περίπτωση.

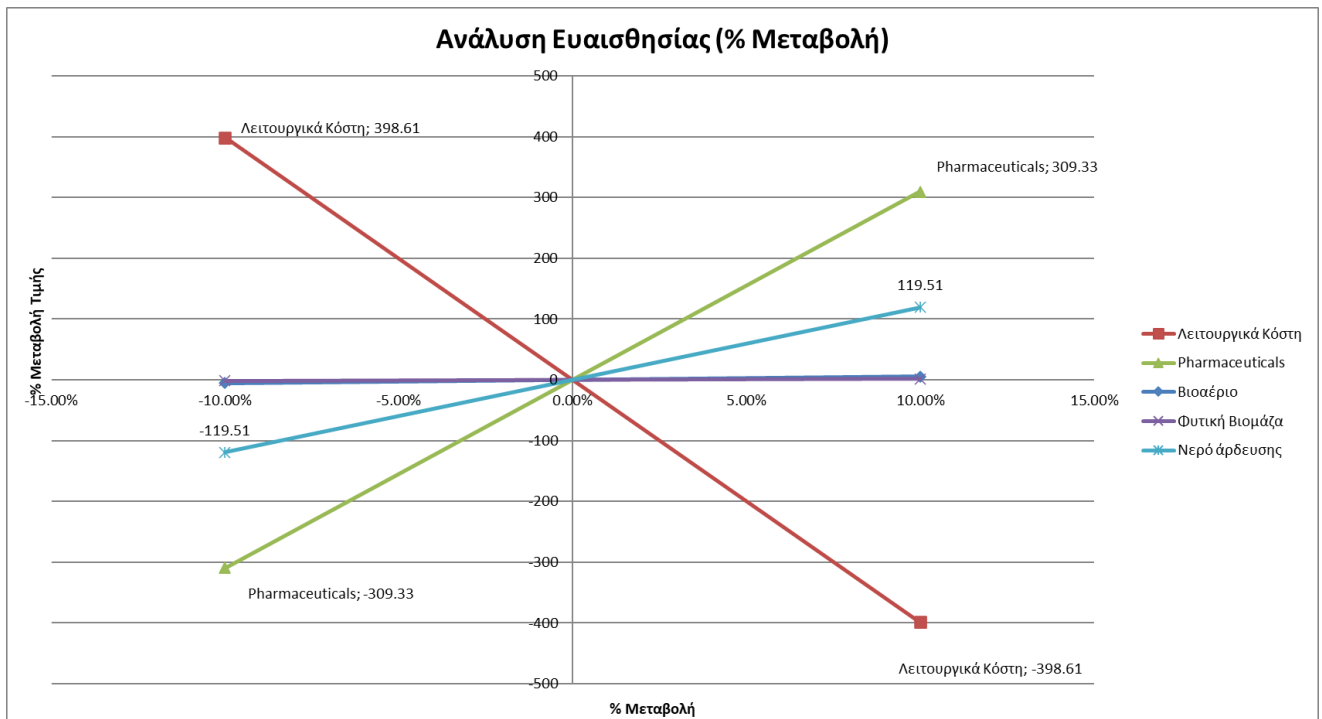
**Πίνακας 09:** Ανάλυση Ευαισθησίας

Μεταβλητή	% Μεταβολή της μεταβλητής	% Μεταβολή της τιμής
Λειτουργικά Κόστη	-10.00%	398.61
	10.00%	-398.61
Pharmaceuticals	-10.00%	-309.33
	10.00%	309.33
Βιοαέριο	-10.00%	-5.27
	10.00%	5.27
Φυτική Βιομάζα	-10.00%	-1.76
	10.00%	1.76
Νερό άρδευσης	-10.00%	-119.51
	10.00%	119.51

Στο πλαίσιο της χρηματοοικονομικής ανάλυσης παρατίθενται τα παρακάτω διαγράμματα ανάλυσης ευαισθησίας. Έτσι παρουσιάζεται γραφικά η % μεταβολή της ΚΠΑ κατά το 30<sup>ο</sup> έτος, για μεταβολές των μεταβλητών +10% και -10%.



Διάγραμμα 01: Ανάλυση ευαισθησίας (1/2)



Διάγραμμα 02: Ανάλυση ευαισθησίας (2/2)

Η ανάλυση ευαισθησίας που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα χρηματοοικονομική ανάλυση για τις προαναφερόμενες παραμέτρους έδειξε ότι μια μείωση της τάξης του -10% ή μια αύξηση της τάξης +10% επηρεάζεται η ΚΠΑ κατά το 30<sup>ο</sup> έτος με αύξουσα σειρά ανά μεταβλητή, ως εξής:

- ↳ **Λειτουργικά κόστη** (±398,61%) > **Pharmaceuticals** (±309,33%) > **Νερό άρδευσης** (±119,51%) > **Βιοαέριο** (±5,27%) > **Φυτική Βιομάζα** (±1,76%)

### 3.8 SWOT ANALYSIS



Η **Ανάλυση SWOT** είναι ένα εργαλείο στρατηγικού σχεδιασμού και εξετάζει τα **Ισχυρά** (*Strengths*) και **Αδύναμα σημεία** (*Weaknesses*) μιας επιχείρησης ή ενός επιχειρηματικού σχεδίου, τις **Ευκαιρίες** (*Opportunities*) και **Απειλές** (*Threats*) από το περιβάλλον που δραστηριοποιείται. Χρησιμοποιείτε από πολλές επιχειρήσεις προκειμένου να αξιολογήσουν την κατάσταση που βρίσκονται σήμερα με σκοπό να πάρουν αποφάσεις και να διαμορφώσουν έτσι την μελλοντική στρατηγική τους.

Η **Ανάλυση SWOT** χωρίζεται σε δύο βασικά μέρη. Στην ανάλυση του **εσωτερικού περιβάλλοντος** της επιχείρησης που είναι τα Δυνατά (*Strengths*) και Αδύναμα (*Weaknesses*) σημεία, και στην ανάλυση του **εξωτερικού περιβάλλοντος** της επιχείρησης που είναι οι Ευκαιρίες (*Opportunities*) και οι απειλές (*Threats*).

Η ανάλυση SWOT για την πιλοτική μονάδα επεξεργασίας νοσοκομειακών υγρών αποβλήτων, παρουσιάζεται στον Πίνακα 10 που ακολουθεί.

Πίνακας 10: SWOT Ανάλυση

Swot Analysis	
<p style="text-align: center;"><b>Δυνατά σημεία</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Αναπτυσσόμενη αγορά χωρίς αντίστοιχους ανταγωνιστές</li> <li>➤ Οικονομικό κόστος παραγωγής και λειτουργικό κόστος</li> <li>➤ Καινοτόμο προϊόν</li> <li>➤ Εξοικονόμηση νερού μέσω της επαναχρησιμοποίησης</li> <li>➤ Προστασία του περιβάλλοντος</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Αδυναμίες</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Πιλοτική εφαρμογή</li> <li>➤ Καθημερινή παρακολούθηση λειτουργίας</li> <li>➤ Βραχυχρόνια υψηλό κόστος κτήσης</li> <li>➤ Υψηλό κόστος αναλύσεων</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Ευκαιρίες</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Νέες θέσεις εργασίας</li> <li>➤ Δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης εκροής ΕΕΛ</li> <li>➤ Νομοθετικό πλαίσιο επαναχρησιμοποίησης εκροής</li> <li>➤ Νέα πρόταση της Ευρωπαϊκής επιτροπής για την αναθεώρηση της Οδηγίας 91/271 για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων</li> <li>➤ Οικολογική συνείδηση</li> <li>➤ Ενεργειακή κρίση</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Απειλές</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Οικονομική κρίση</li> <li>➤ Έλλειψη ενημέρωσης κοινού για επαναχρησιμοποίηση αποβλήτων</li> <li>➤ Δυνατότητα ανταπόκρισης δημόσιων φορέων</li> <li>➤ Έλλειψη προσωπικού στα δημόσια νοσοκομεία</li> </ul>

## 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η τεχνο- οικονομική αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων που εξετάστηκαν για τη μονάδα επεξεργασίας των νοσοκομειακών υγρών αποβλήτων του ΠΑΓΝΗ, υποδεικνύει τα εξής:

- ➔ Η εξοικονόμηση πόρων από τη λειτουργία της μονάδας επεξεργασίας νοσοκομειακών υγρών αποβλήτων είναι πολύ υψηλή.
- ➔ Αυτό οφείλεται κυρίως στην εφαρμογή της νομοθεσίας «ο ρυπαίνων πληρώνει» και στην επαναχρησιμοποίηση του νερού άρδευσης.
- ➔ Λαμβάνοντας υπόψη ακόμη και τις ετήσιες αποσβέσεις του εξοπλισμού: 1.333.460 € / 30 έτη, ήτοι: 44.448,67 €/ έτος, η επένδυση της επεξεργασίας των νοσοκομειακών υγρών αποβλήτων είναι βιώσιμη, καθώς το ισοζύγιο:

**[εξοικονόμηση πόρων από λειτουργία μονάδας]- [λειτουργικά κόστη] - [αποσβέσεις] > 0**, είναι θετικό από το 1<sup>ο</sup> έτος εφαρμογής του επενδυτικού σχεδίου και έως το 30<sup>ο</sup> έτος υλοποίησής του.

- ➔ Λαμβάνοντας υπόψη την **ΚΠΑ της επένδυσης**, για τιμή προεξοφλητικού επιτοκίου ίση με 1%, **r=1%**, **t=1-30 έτη**, με αρχικό ύψος επένδυσης ίσο με: **1.333.460 €**, η μονάδα επεξεργασίας των νοσοκομειακών υγρών αποβλήτων του ΠΑΓΝΗ σε full scale ανάπτυξη, εμφανίζει θετική τιμή της ΚΠΑ > 0 από το **17<sup>ο</sup> έτος υλοποίησης** του προαναφερόμενου επενδυτικού σχεδίου, το οποίο σημαίνει ότι **η επένδυση είναι κερδοφόρα**.
- ➔ Λαμβάνοντας υπόψη την ανάλυση ευαισθησίας που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα χρηματοοικονομική ανάλυση για τις κύριες μεταβλητές που δύναται να επηρεάσουν την ΚΠΑ κατά το 30<sup>ο</sup> έτος εφαρμογής του επενδυτικού σχεδίου, εξάγεται το συμπέρασμα ότι, μια μείωση της τάξης του -10% ή μια αύξηση της τάξης +10% επηρεάζεται η ΚΠΑ κατά το 30<sup>ο</sup> έτος με αύξουσα σειρά ανά μεταβλητή, ως εξής:

**Λειτουργικά κόστη** (±398,61%) > **Pharmaceuticals** (±309,33%) > **Νερό άρδευσης** (±119,51%) > **Βιοαέριο** (±5,27%) > **Φυτική Βιομάζα** (±1,76%).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Verlicchi (2018) Hospital wastewater: Characteristics, Management, Treatment and Environmental Risks. Springer International Publishing.
- Al Aukidy et al. (2014) A framework for the assessment of the environmental risk posed by pharmaceuticals originating from hospital effluents. *Sci. Total Environ.* 493, 54-64.
- Carraro et al. (2016) Hospital effluents management: risks and legislation in different countries. *J. Environ. Manag.* 168, 185-199.
- Kovalova et al. (2012) Hospital wastewater treatment by membrane bioreactor: Performance and efficiency for organic micropollutant elimination. *Environmental Science and Technology* 46(3), pp. 1536-1545
- Kovalova et al. (2013). Elimination of micropollutants during posttreatment of hospital wastewater with powdered activated carbon, ozone, and UV. *Environ. Sci. Technol.* 47, 7899-7908.
- Hansen et al. (2016) Ozonation for source treatment of pharmaceuticals in hospital wastewater. *Chemical Engineering Journal* 290, pp. 507-514.
- Tang et al. (2019) Removal of pharmaceuticals, toxicity and natural fluorescence through the ozonation of biologically-treated hospital wastewater, with further polishing via a suspended biofilm. *Chemical Engineering Journal* pp. 321-330.
- Gu et al. (2017) An integrated AMBBR and IFAS-SBR process for municipal wastewater treatment towards enhanced energy recovery, reduced energy consumption and sludge production, *Water Res.* 110 (2017) 262-269.

### Διαδικτυακοί Ιστότοποι

- <https://www.pagni.gr/>
- <https://www.t4h-project.eu/>