



**ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΚΑΙ  
ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΣΤΟΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ  
ΚΡΗΤΗΣ**



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ:**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:**

**ΣΥΝ-ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ :**

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΗΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ**

**ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΚΑΤΣΑΡΑΚΗΣ**

**ΣΗΦΑΚΑΚΗ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΑ (ως έκτακτο  
εκπαιδευτικό προσωπικό, ΕΕΠ και στέλεχος της  
ΔΕΥΑΗ**

***ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2020***

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αυξανόμενο παγκόσμιο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην αγορά ενέργειας σε συνδυασμό με την απαιτούμενη αντικατάσταση των μονάδων με συμβατικά καύσιμα για την καλύτερη διαχείριση του περιβάλλοντος, καθώς και τη διευκόλυνση και άμεση εξυπηρέτηση της ζήτησης ενέργειας καθιστά απαραίτητη διαδικασία την έρευνα, τη μελέτη και την προσπάθεια ανάπτυξης τρόπων αξιοποίησης όλων των διαθέσιμων πόρων βιομάζας. Η βιομάζα ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας συναντάται σε πολλές διαφορετικές μορφές.

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας η οποία αποτελεί κομμάτι του προπτυχιακού κύκλου σπουδών του ιδρύματος για την απόκτηση του πτυχίου.

Η εργασία ξεκινάει με τη βιβλιογραφική επισκόπησή, μέσω της οποίας παρουσιάζονται έννοιες όπως, τι είναι λύματα, πώς γίνεται η διαχείριση αστικών αποβλήτων και από ποια στάδια αποτελείται ποιες διεργασίες και τι αποτελέσματα έχει κάθε στάδιο επεξεργασίας ουσιαστικά (τι πετυχαίνουμε σε κάθε στάδιο), τον τρόπο παραγωγής του βιοαερίου και τον τρόπο εκμετάλλευση του για παραγωγή ενέργειας.

Για να απαντηθούν τα παραπάνω ερωτήματα ως 'σημείο αναφοράς' έχουμε τον βιολογικό σταθμό Ηρακλείου ο οποίος αποτελεί ένα εν δυνάμει τέτοιο σύστημα διαχείρισης αστικών λυμάτων και παραγωγή και εκμετάλλευσης βιοαερίου. Διερευνώνται οι δυνατότητες και οι τεχνολογίες που διαθέτει η συγκεκριμένη εγκατάσταση καθώς και τα λειτουργικά και κατασκευαστικά της χαρακτηριστικά.

## Abstract

The growing global interest in the development of Renewable Energy Sources in the energy market in combination with the required replacement of units with conventional fuels for better environmental management, as well as the facilitation and immediate service of energy demand makes research, study and the effort to develop ways to utilize all available biomass resources. Biomass as a renewable energy source is found in many different forms.

The present work was prepared in the context of the dissertation which is part of the undergraduate course of the institution for obtaining the degree.

The work begins with the bibliographic review, through which concepts such as what is wastewater, how is municipal waste management done and what stages does it consist of, what processes and what results does each treatment stage have (what do we achieve in each stage), how biogas production and how it is exploited for energy production.

To answer the above questions, we have the Heraklion Biological Station as a 'reference point', which is a potentially such system for urban wastewater management and production and exploitation of biogas. The possibilities and technologies of the specific installation as well as its functional and construction characteristics are investigated.

## Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 <sup>ο</sup> .....	6
Εισαγωγικές Έννοιες .....	6
1.1 Διάρθρωση Τεχνικής Περιγραφής [31]. .....	6
1.2 Επεξεργασία και διαχείριση υγρών αποβλήτων.....	7
1.3 Η διαχρονική διαχείριση των αποβλήτων στον Ελλαδικό χώρο και ιδιαίτερα στην Κρήτη. 10	
1.4 Εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων στην Ευρώπη .....	12
1.5 Παραγωγή και επαναχρησιμοποίηση λυματολάσπης.....	15
1.6 Η παγκόσμια αγορά βιοενέργειας . .....	15
1.7 Παράμετροι και χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων .....	16
1.7.1 Φυσικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων.....	16
1.7.2 Χημικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων .....	21
1.7.3 Βιολογικά χαρακτηριστικά .....	22
1.8 Αναερόβια χώνευση της λάσπης.....	24
1.8.1 Η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης .....	25
1.8.2 Κυριότεροι τύποι αναερόβιων βιολογικών αντιδραστήρων .....	28
1.8.3 Αναερόβιες λίμνες .....	31
1.8.4 Αναερόβια φίλτρα.....	31
1.8.5 Αναερόβιοι χωνευτές πολλών σταδίων .....	32
1.8.6 Προβλήματα κατά την διεργασία της αναερόβιας χώνευσης.....	33
1.8.7 Η παραγωγή του βιοαερίου και η σύνθεσή του.....	37
1.8.8 Προβλήματα και αποκατάσταση της εύρυθμης λειτουργίας .....	38
1.8.9 Πως γίνεται αντιληπτή η αστοχία της αναερόβιας χώνευσης .....	40
1.8.10 Ποιοτικά χαρακτηριστικά της χωνεμένης λάσπης .....	40
1.8.11 Πώς παράγεται το βιοαέριο .....	41
1.8.12 Καθαρισμός βιοαερίου .....	42
1.8.13 Αποθήκευση Βιοαερίου .....	43
1.9 Συστήματα Συμπαγωγής .....	43
1.9.1 Συστήματα με μηχανές εσωτερικής καύσης.....	43
1.9.2 Συστήματα αεριοστρόβιλου .....	44
1.9.3 Συστήματα με ατμοστρόβιλο .....	45
1.9.4 Συστήματα συνδυασμένου κύκλου .....	47
1.10 Σύγχρονες Γεννήτριες.....	48

2	Κεφάλαιο 2 <sup>ο</sup> .....	51
	Περιγραφή της μονάδας επεξεργασίας αστικών λυμάτων (Μ.Ε.Λ.) του δήμου Ηρακλείου .....	51
2.1	Γραμμή υγρών .....	52
2.2	Γραμμή ιλύος.....	61
2.2.1	Διαδικασία αναερόβιας χώνευσης .....	63
2.2.2	Μονάδες αφυδάτωσης ιλύος .....	64
2.2.4	Μονάδα μηχανικής πάχυνσης ιλύος.....	68
2.2.5	Αντλιοστάσιο δευτεροβάθμιας ιλύος.....	69
2.3	Γραμμή βιοαερίου .....	70
2.3.1	Αποθήκευση βιοαερίου .....	70
2.3.2	Καθαρισμός βιοαερίου .....	72
2.3.3	Αρχή λειτουργίας βιοαντιδραστήρα .....	73
2.3.4	Διαστασιολόγηση και Περιγραφή βιοαντιδραστήρα .....	74
2.3.5	Μονάδα αφύγρανσης βιοαερίου .....	77
2.3.6	Μονάδα καθαρισμού με ενεργό άνθρακα .....	78
2.4	Συμπαγωγής θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας .....	79
2.4.1	Πίνακα Ελέγχου .....	80
2.4.2	Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα - γεννήτριας .....	80
2.4.3	Απόδοση Μηχανών Συμπαγωγής .....	82
2.4.4	Τα κύρια μέρη της μηχανής συμπαγωγής .....	82
2.5	Μονάδες περιορισμού της δυσσομίας .....	83
2.5.1	Μονάδα απόσμισης σηπτικών δεξαμενών βοθρολυμάτων (Φίλτρο ΠΑΒΕ). 85	85
2.6	Ενεργειακός συμψηφισμός.....	85
2.6.1	Πώς γίνεται ο ενεργειακός συμψηφισμός .....	88
2.7	Διαδικασία αδειοδότησης μονάδας συμπαγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από βιοαέριο.....	89
3	Επίλογος – Συμπεράσματα.....	90

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός της εργασίας είναι, η τεχνική περιγραφή της μονάδας συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων του Δήμου Ηράκλειου. Η τεχνική περιγραφή αποτελεί μέρος της διαδικασίας σύνταξης του φακέλου ο οποίος θα κατατεθεί στον αρμόδιο φορέα του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΗΔΕΕ) για την αδειοδότηση λειτουργίας της μονάδας συμπαραγωγής.

Ο μηχανικός κάθε ειδικότητας καλείται να επικοινωνήσει πολλές φορές γραπτώς με τους συνεργάτες του και με το περιβάλλον του γενικότερα. Ακόμη και ο φοιτητής μηχανικός αξιολογείται κυρίως με βάση γραπτές δοκιμασίες στη διάρκεια των σπουδών του, οι οποίες στην πραγματικότητα αποτελούν «μικρά» τεχνικά κείμενα.

Ένα τεχνικό κείμενο πρέπει να έχει μία καθορισμένη δομή ώστε να εξυπηρετεί το σκοπό για τον οποίο έχει γραφεί, Για το λόγο αυτό πρέπει να φαίνονται ξεκάθαρα τα βήματα της προσέγγισης αυτής, ώστε να γίνεται αντιληπτό από τον αναγνώστη το ταχύτερο δυνατό και όσο το δυνατόν πληρέστερα το περιεχόμενο του κειμένου.

Η εργασία αποτελείται από τρία κεφάλαια, στο πρώτο περιγράφονται οι εισαγωγικές έννοιες που θα πρέπει να γνωρίζει ο μηχανικός που θα εκπονήσει μία τέτοια τεχνική περιγραφή και αποτελεί τη βιβλιογραφική επισκόπηση της εργασίας. Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται ο εξοπλισμός και τα λειτουργικά δεδομένα της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων του Δήμου Ηράκλειου της οποίας είναι υποσύνολο η υπό μελέτη μονάδα συμπαραγωγής. Στο τρίτο κεφάλαιο παραθέτονται τα συμπεράσματα και οι προοπτικές της εργασίας και τέλος το παράρτημα αποτελεί τον «Φάκελο» με τα απαιτούμενα δικαιολογητικά για την αδειοδότηση λειτουργίας της μονάδας συμπαραγωγής και την ένταξη της παραγωγής της στην διαδικασία του ενεργειακού συμψηφισμού με τον πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας.

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες σε ορισμένους ανθρώπους των οποίων η γνώση, η εμπειρία και κυρίως η συμβολή και η συμπαράσταση τους ήταν και είναι πολύτιμη και καθοριστική τόσο στην εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής όσο και στα μαθήματα ζωής που αποκόμισα.

Η εκπόνηση της συγκεκριμένης πτυχιακής δεν θα ήταν δυνατή χωρίς την καθοδήγηση και το ενδιαφέρον της κ. Κ. Σηφακάκη Μηχανολόγος Μηχανικός της Δ.Ε.Υ.Α.Η. Την ευχαριστώ εκ βάθους για τη συνεχή κατεύθυνση των βημάτων μου και την αμέριστη προσφορά της στην προσπάθεια μου αυτή.

Ευχαριστώ τον καθηγητή κ. Ν. Κατσαράκη για την ανάθεση της παρούσας εργασίας και την βοήθεια που μου προσέφερε στη διάρκεια εκπόνησης της.

Η αφιέρωση της συγκεκριμένης Πτυχιακής στην οικογένεια μου είναι το ελάχιστο ευχαριστώ απέναντι στην ανιδιοτελή τους υποστήριξη καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

### Εισαγωγικές Έννοιες

#### 1.1 Διάρθρωση Τεχνικής Περιγραφής [31].

Ο μηχανικός κάθε ειδικότητας καλείται να επικοινωνήσει πολλές φορές γραπτώς με τους συνεργάτες του και με το περιβάλλον του γενικότερα. Παραδείγματα τέτοιας επικοινωνίας είναι η υποβολή εκθέσεων πραγματογνωμοσύνης, η υποβολή μελετών, η σύνταξη κανονισμών, η συγγραφή ανακοινώσεων και δημοσιεύσεων, η σύνταξη επιστολών κλπ. Ακόμη και ο φοιτητής μηχανικός αξιολογείται κυρίως με βάση γραπτές δοκιμασίες στη διάρκεια των σπουδών του, οι οποίες στην πραγματικότητα αποτελούν «μικρά» τεχνικά κείμενα.

Ένα τεχνικό κείμενο πρέπει να έχει μία καθορισμένη δομή ώστε να εξυπηρετεί το σκοπό για τον οποίο έχει γραφεί, την έκθεση δηλαδή της διαδικασίας προσέγγισης ενός τεχνικού προβλήματος. Για το λόγο αυτό πρέπει να φαίνονται ξεκάθαρα τα βήματα της προσέγγισης αυτής, ώστε να γίνεται αντιληπτό από τον αναγνώστη το ταχύτερο δυνατό και όσο το δυνατόν πληρέστερα το περιεχόμενο του κειμένου.

Η ανάγνωση ενός τεχνικού κειμένου δε θα πρέπει να επηρεάζει τον αναγνώστη με οποιοδήποτε τρόπο που να βλάπτει την αντικειμενικότητα. Γι' αυτό το λόγο θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από απλό ύφος και γλώσσα, να συντάσσεται πάντα σε τρίτο πρόσωπο και να αποφεύγονται οι εξεζητημένες εκφράσεις μέσω των οποίων θα μπορούσε να αποπροσανατολισθεί ο αναγνώστης του κειμένου.

Η διατύπωση των απόψεων του συγγραφέα θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από σεμνότητα και να περιορίζεται σε συγκεκριμένο κεφάλαιο (συζήτηση αποτελεσμάτων, συμπεράσματα). Τα συμπεράσματα θα πρέπει να τεκμηριώνονται επαρκώς με βάση αναφορές στη βιβλιογραφία, ενώ η μεθοδολογία προσέγγισης του θέματος θα πρέπει να αιτιολογείται επαρκώς. Στόχος των παραπάνω είναι η κατά το δυνατόν αντικειμενικότερη διαπραγμάτευση του θέματος ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί το τεχνικό κείμενο για την άντληση στοιχείων - τεκμηρίωση από όσο το δυνατόν περισσότερους ανθρώπους (ακόμη και με διαφορετικές απόψεις από αυτές του συγγραφέα).

Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν διάφορες κατηγορίες τεχνικών κειμένων τα οποία καλείται να συντάξει ο μηχανικός, εντούτοις η παρακάτω ενδεικτική δομή μπορεί να θεωρηθεί ότι καλύπτει τις περισσότερες των περιπτώσεων:

- 1) ΕΞΩΦΥΛΛΟ
  - a. ΤΙΤΛΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ.
  - b. ΟΝΟΜΑ ΚΑΙ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ (σε φθίνουσα ταξινόμηση αναλόγως την συνεισφορά του καθενός).
  - c. ΚΩΔΙΚΟΣ ΤΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ.
  - d. ΤΟ ΟΝΟΜΑ ΤΟΥ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ Η ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ ΓΙΑ ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟ ΤΗΣ ΟΠΟΙΑΣ ΕΚΠΟΝΗΘΗΚΕ ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΚΑΠΟΙΟ ΛΟΓΟΤΥΠΟ Η ΕΙΚΟΝΑ.
- 2) ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- a. ΣΥΝΟΠΤΙΚΟ ΚΕΙΜΕΝΟ ΠΟΥ ΠΕΡΙΓΡΑΦΕΙ ΤΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ.
  - b. ΝΑ ΑΝΑΦΕΡΕΙ ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΠΡΟΣ ΕΠΙΛΥΣΗ
  - c. ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ
  - d. ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΟΥ ΠΡΟΕΚΥΨΑΝ
  - e. Στις πιο συνηθισμένες περιπτώσεις δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τη μία σελίδα.
- 3) ΠΡΟΛΟΓΟ (προαιρετικός)
- a. ΘΑ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΑΝΑΦΕΡΕΤΑΙ ΣΤΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ.
  - b. ΝΑ ΑΝΑΦΕΡΕΤΑΙ Ο ΛΟΓΟΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΟΠΟΙΟ ΣΥΝΤΑΧΘΗΚΕ Η ΑΝΑΦΟΡΑ.
  - c. ΝΑ ΑΝΑΦΕΡΕΤΑΙ Η ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ Η ΤΟ ΙΔΡΥΜΑ ΣΤΟ ΟΠΟΙΟ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΟΙ ΑΝΑΓΚΑΙΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ.
  - d. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ ΠΡΟΣ ΑΤΟΜΑ Η ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ ΠΟΥ ΒΟΗΘΗΣΑΝ ΣΤΗΝ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ.
- 4) ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ
- a. Ο ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ ΑΠΑΡΙΘΜΕΙ ΤΙΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΤΙΣ ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΚΥΡΙΩΣ ΚΕΙΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΜΑΖΙ ΜΕ ΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΣΕΛΙΔΑΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΟΠΟΙΟ ΞΕΚΙΝΟΥΝ. (δεν εμφανίζονται στα περιεχόμενα το εξώφυλλο, η περίληψη και ο πρόλογος μιας και προηγούνται του πίνακα περιεχομένων).
- 5) ΚΥΡΙΟΣ ΚΕΙΜΕΝΟ
- a. ΑΠΟΤΕΛΕΙ ΤΗΝ ΕΝΑΡΞΗ ΤΗΝ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΘΑ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΟΡΓΑΝΟΜΕΝΟ ΚΑΙ ΧΩΡΙΣΜΕΝΟ ΣΕ ΕΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΕΣ ΠΟΥ ΘΑ ΣΥΝΔΕΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΟΝ ΠΙΝΑΚΑ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.
- 6) ΑΝΑΦΟΡΕΣ
- a. Η ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΗΓΩΝ ΓΙΑ ΟΣΑ ΑΝΑΓΡΑΦΟΝΤΑΙ ΣΤΟ ΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ.
- 7) ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ (προαιρετικά)
- a. ΣΤΟ ΤΕΛΟΣ ΤΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΜΠΟΡΟΥΜΕ ΝΑ ΠΡΟΣΘΕΣΟΥΜΕ ΠΡΟΑΙΡΕΤΙΚΑ ΚΑΠΟΙΑ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΥΝ ΥΛΙΚΟ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑΣ ΣΗΜΑΣΙΑΣ ΟΠΩΣ ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ , ΠΗΓΑΙΟ ΚΩΔΙΚΑ Κ.Τ.Λ. [28]

## 1.2 Επεξεργασία και διαχείριση υγρών αποβλήτων

Ο σύγχρονος άνθρωπος έρχεται καθημερινά αντιμέτωπος με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκλήθηκαν από την επέμβασή του στο φυσικό περιβάλλον. Σε κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα παράγονται απόβλητα, η έκθεση σε πολλά από τα οποία μπορεί να είναι επικίνδυνη για την υγεία του ανθρώπου. Είναι λοιπόν απαραίτητη η επεξεργασία των αποβλήτων πριν τη διάθεσή του σε κάποιον αποδέκτη (έδαφος, νερό, αέρα).

Απόβλητα ονομάζουμε τα "παραπροϊόντα" της ανθρώπινης δραστηριότητα, τα οποία μιας δεν έχουν πλέον χρησιμότητα για τον άνθρωπο και πρέπει να διατεθούν άμεσα στο φυσικό περιβάλλον. Τα απόβλητα διαχωρίζονται σε υγρά και στερεά, ανάλογα με την βασική τους φάση (υγρή ή στερεή).

Τα υγρά απόβλητα ανάλογα από όπου προήλθαν, κατατάσσονται σύμφωνα στις παρακάτω κατηγορίες: [1]

- **Οικιακά υγρά απόβλητα**, απόβλητα που παράγονται από τις διάφορες ατομικές δραστηριότητες όπως είναι το μπάνιο και τα απόνερα τόσο σε οικιακό και ξενοδοχειακό επίπεδο όσο και σε εμπορικό, για παράδειγμα υγρά απόβλητα αεροδρομίων και εμπορικών καταστημάτων.
- **Βιομηχανικά υγρά απόβλητα**, απόβλητα που παράγονται από οποιαδήποτε επαγγελματική δραστηριότητα και τα οποία δεν είναι οικιακά λύματα ή όμβρια ύδατα.
- **Αστικά λύματα**, τα οικιακά λύματα ή το μίγμα οικιακών λυμάτων με βιομηχανικά υγρά απόβλητα ή και όμβρια ύδατα.

Η ολοκληρωμένη διαχείριση των υγρών αποβλήτων περιλαμβάνει έργα για τη συλλογή, την επεξεργασία και τη διάθεσή τους. Τα υγρά απόβλητα μιας πόλης συλλέγονται με το σύστημα αποχέτευσης, το οποίο είναι δυνατόν να είναι χωριστικό, όταν δεν δέχεται όμβρια ύδατα, ή παντοροϊκό, όταν δέχεται και όμβρια ύδατα), ή και μερικά χωριστικό, όταν μόνο μερικά τμήματα του δικτύου αποχέτευσης δέχονται όμβρια ύδατα και μερικά δεν δέχονται. Το δίκτυο αποχέτευσης συμβάλλει σε έναν Κεντρικό Αποχετευτικό Αγωγό (Κ.Α.Α.) ο οποίος καταλήγει σε μια Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων (Ε.Ε.Λ.) όπου τα λύματα υφίστανται επεξεργασία με σκοπό τη δέσμευση και την εξουδετέρωση των ανεπιθύμητων συστατικών τους.[1]

Πολλές φορές στις Ε.Ε.Λ. καταλήγουν και βοθρολύματα με τη βοήθεια βυτιοφόρων οχημάτων, αφού ακόμα και σήμερα ένα σημαντικό ποσοστό του πληθυσμού, δεν είναι συνδεδεμένο σε κάποιο δίκτυο αποχέτευσης και εξυπηρετείται με σηπτικούς κυρίως βόθρους. Οι σηπτικοί βόθροι είναι στεγανές δεξαμενές όπου οδηγούνται τα λύματα για καθίζηση και κατακράτηση των αιωρούμενων συστατικών καθώς επίσης και μερική αποικοδόμηση του οργανικού φορτίου. Τα βοθρολύματα που προέρχονται από την εκροή μιας σηπτικής δεξαμενής διαφέρουν σημαντικά από τα «φρέσκα» αστικά λύματα και ότι τυγχάνουν ιδιαίτερης φροντίδας. [1]

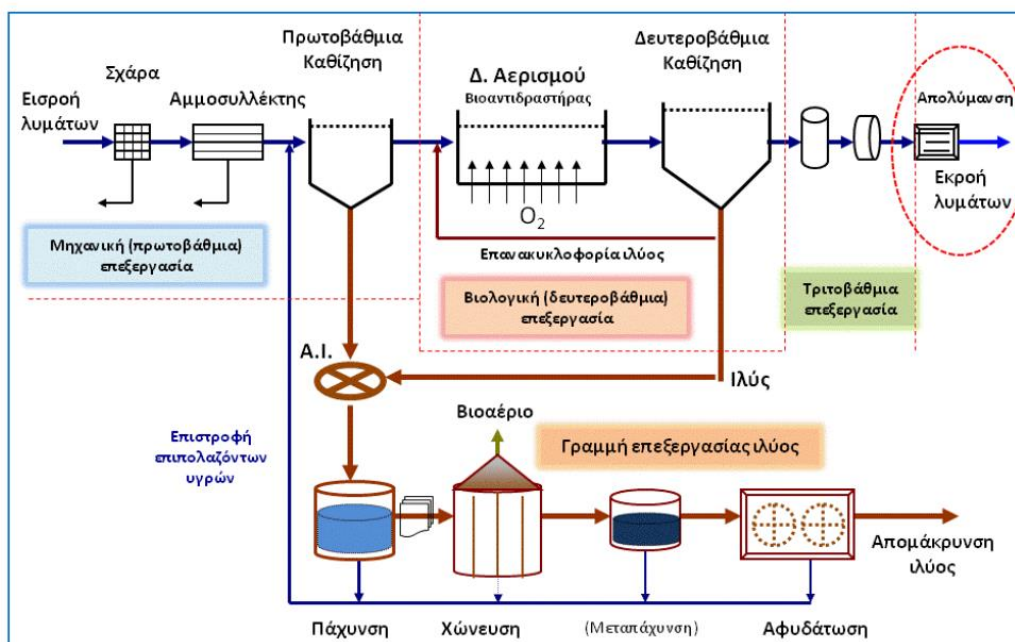
Η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων πριν από τη διάθεσή τους μειώνει τις δυσμενείς επιπτώσεις στους αποδέκτες, διαφυλάσσει την οικολογική ισορροπία και προστατεύει το περιβάλλον. Οι μέθοδοι επεξεργασίας με φυσικές δυνάμεις είναι γνωστές ως φυσικές διεργασίες, ενώ οι μέθοδοι κατά τις οποίες η απομάκρυνση των ρυπογόνων ουσιών επιτυγχάνεται με χημικές και βιολογικές αντιδράσεις είναι γνωστές ως χημικές και βιολογικές διεργασίες. Το βασικό τρίπτυχο που ενδιαφέρει στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων είναι οι μικροοργανισμοί, η περιεχόμενη οργανική ύλη η οποία αποτελεί την τροφή των μικροοργανισμών και το οξυγόνο το οποίο είναι απαραίτητο για την ενέργεια και την επιβίωση των μικροοργανισμών. [1]

Τα κύρια στάδια της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων είναι τα εξής [1] :

- **Προεπεξεργασία**, κατά την οποία απομακρύνονται υλικά όπως πανιά, χαλίκια, άμμος, μικρά τεμάχια ξύλου και πλαστικού, λάδια, λίπη κ.λ.π. τα οποία συνήθως προκαλούν ζημιές στο μηχανολογικό εξοπλισμό και προβλήματα στη συντήρηση και τη λειτουργία της Ε.Ε.Λ.



- **Πρωτοβάθμια επεξεργασία**, κατά την οποία απομακρύνεται ένα μέρος των αιωρούμενων στερεών και ένα μέρος των οργανικών ουσιών. Αυτό επιτυγχάνεται με το φυσικό φαινόμενο της καθίζησης. – **Δευτεροβάθμια επεξεργασία**, κατά την οποία απομακρύνονται οι βιοαποικοδομήσιμες οργανικές ουσίες και τα αιωρούμενα στερεά με τη χρήση βιολογικών και χημικών διεργασιών. Σημειώνεται ότι και η απολύμανση περιλαμβάνεται στον τυπικό ορισμό της συμβατικής δευτεροβάθμιας επεξεργασίας.
- **Δευτεροβάθμια επεξεργασία** με απομάκρυνση των θρεπτικών ουσιών, κατά την οποία απομακρύνονται οι βιοαποικοδομήσιμες οργανικές ουσίες, τα αιωρούμενα στερεά και οι θρεπτικές ουσίες του αζώτου και του φωσφόρου και πάλι με τη χρήση βιολογικών και χημικών διεργασιών.
- **Τριτοβάθμια επεξεργασία**, κατά την οποία απομακρύνονται οι εναπομείνουσες από την δευτεροβάθμια επεξεργασία αιωρούμενες ουσίες, συνήθως με χρήση μέσου διήθησης.
- **Προχωρημένη επεξεργασία**, για την απομάκρυνση των αιωρούμενων αλλά και των διαλυμένων ουσιών που παραμένουν στα απόβλητα μετά τη συνηθισμένη βιολογική επεξεργασία, όταν αυτή απαιτείται σε διάφορες εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης του νερού. Η επεξεργασία αυτή επιτυγχάνεται με συνδυασμό φυσικών, βιολογικών και χημικών διεργασιών και συνήθως περιλαμβάνει διήθηση, χρήση μεμβρανών, αντίστροφη ώσμωση, προσρόφηση σε ενεργό άνθρακα, ιοντοεναλλαγή κ.ά.



Σχήμα: 1 Τυπικό διάγραμμα ροής Ε.Ε.Λ με τη μέθοδο της ενεργού υλός [1]

Ένα σύστημα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων περιλαμβάνει διάφορα στάδια επεξεργασίας και σχεδιάζεται με σκοπό να δεσμεύσει και να απομακρύνει από τα απόβλητα το οργανικό φορτίο, ανόργανες ουσίες όπως τα θρεπτικά άλατα (N και P), τα αιωρούμενα (SS) και διαλυμένα (DS) στερεά, τους επικίνδυνους μικροοργανισμούς και διάφορους άλλους ρυπαντές. Αυτό επιτυγχάνεται με συνδυασμό φυσικών, χημικών, φυσικοχημικών και

βιολογικών διεργασιών. Το σύνολο αυτών των διεργασιών αποτελεί τη διαδικασία της επεξεργασίας, κύρια επιδίωξη της οποίας είναι η απαλλαγή της μάζας των αποβλήτων από τους ρύπους και δευτερεύουσα επιδίωξη η εξουδετέρωση των ρύπων. Στο Σχήμα: 1 δίνεται ένα απλό σκαρίφημα (διάγραμμα ροής) μιας μεγάλης εγκατάστασης βιολογικής επεξεργασίας αστικών λυμάτων με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος. [1]

### 1.3 Η διαχρονική διαχείριση των αποβλήτων στον Ελλαδικό χώρο και ιδιαίτερα στην Κρήτη.

Στην αρχαία Ελλάδα πίστευαν ότι το νερό ήταν δώρο από τους θεούς. Αυτό μπορούμε να το συμπεράνουμε από την ετυμολογία της λέξης ύδωρ που προέρχεται από τις δύο λέξεις υγρό δώρο (Strataridaki et al., 2006).[2]

Ενώ η αποχέτευση στους δρόμους είναι γνωστή στο βασίλειο της Μεσοποταμίας στο Ιράκ από το 4.000 π.Χ. όμως καλά οργανωμένο αποχετευτικό δίκτυο συναντάμε για πρώτη φορά στην ιστορία του ανθρώπινου γένους στην Κρήτη το 3.000 π.Χ. στην Μινωική εποχή καθώς και στον πολιτισμό της κοιλάδας του Ινδού – ή χαράπειο πολιτισμό την ίδια εποχή. Οι Μίνωες και οι Ινδοί θεωρούνται οι πρωτοπόροι στον σχεδιασμό και στην κατασκευή αποχετευτικών δικτύων. Στην μινωική εποχή αναπτύχθηκε σταδιακά τεχνολογία σχετικά με την διαχείριση του νερού και την κατασκευή κλειστών υδροδοτικών δικτύων από πηλό και ανοικτών κυρίως πέτρινων αποχετευτικών δικτύων. Γινόταν ευρεία συλλογή και αξιοποίηση του βρόχινου νερού ενώ υπάρχουν ενδείξεις για την αξιοποίηση των αποβλήτων για την λίπανση των αγροτικών εκτάσεων. [3]

Η Κρήτη είναι γνωστό ότι κατοικείται από τη νεολιθική εποχή. Οι κάτοικοι αρχικά ζούσαν κυρίως στις σπηλιές αλλά και σε μικρά οργανωμένα κέντρα. Το 3.000 π.Χ. είχαμε άφιξη νέων κατοίκων με πιθανή καταγωγή από την Ασία. Από αυτή την χρονική περίοδο είχαμε πληθυσμιακή αύξηση καθώς και πολιτιστική, οικονομική, εμπορική, βιομηχανική και τεχνολογική ανάπτυξη. Η χρυσή εποχή της ανάπτυξης αυτής έγινε την περίοδο από το 2.100 π.Χ. έως το 1.600 π.Χ. Την εποχή αυτή έγινε η ανάπτυξη μεγάλων αστικών κέντρων στα οποία χτίστηκαν σημαντικά ανάκτορα. Είχαμε ανάπτυξη της σιδηρουργίας, της αγγειοπλαστικής, της ναυσιπλοΐας, της γεωργίας και του εμπορίου και γενικά είχαμε την ανάπτυξη μιας κοινωνίας άριστα οργανωμένης με υψηλό επίπεδο ζωής. Συμβαδίζοντας με το επίπεδο της ζωής αυτής της εποχής είχαμε την κατασκευή ενός άριστου δικτύου αποχέτευσης ομβρίων υδάτων και αστικών αποβλήτων καθώς και σημαντικών εγκαταστάσεων υγιεινής.[3]

Στην Μινωική Κρήτη είχαν σχεδιαστεί και κατασκευαστεί δίκτυα αποχέτευσης όμβριων υδάτων καθώς και αποχετευτικά δίκτυα αστικών αποβλήτων με σκοπό να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες του αστικού πληθυσμού. Σε πολλές πόλεις τα αποχετευτικά δίκτυα ήταν καλυμμένα με πέτρα και αποχέτευαν τα υγρά απόβλητα μαζί με το νερό της βροχής. (Γκολφινόπουλος Αριστείδης)[3], Η διαχρονική διαχείριση των αποβλήτων στην αρχαιότητα στον Ελλαδικό χώρο Σε πολλές πόλεις το νερό της βροχής συλλεγόταν από οροφές των κτηρίων σε μικρές δεξαμενές και μια από τις χρήσεις του ήταν ο καθαρισμός των αγωγών αποχέτευσης και των τουαλετών (Angelakis et al.,2005[6]).

Στα μινωικά παλάτια κάθε τομέας του παλατιού είχε αποχετευτικό σύστημα που συνδεόταν με ένα κεντρικό. Το αποχετευτικό δίκτυο είχε και κατακόρυφους άξονες με πολλαπλή λειτουργία. Η μια λειτουργία τους ήταν να συλλέγουν και να αποχετεύουν τα όμβρια ενώ η άλλη ήταν να επιτρέπουν τον αερισμό του δικτύου. Η διοχέτευση των βρόχινων

νερών είχε ως αποτέλεσμα στην περίπτωση έντονων βροχών, χαρακτηριστικό της εποχής και της περιοχής αυτής τον καλό καθαρισμό του δικτύου. Σαν γενικό συμπέρασμα οι τεχνικές αυτές είχαν ως αποτέλεσμα την λειτουργία ενός αποτελεσματικού αποχετευτικού δικτύου με καλές συνθήκες υγιεινής γεγονός που μας δείχνει ότι ο πληθυσμός αυτός είχε προχωρημένες γνώσεις υδραυλικής, αξιοποίησης του νερού καθώς και γνώσεις υγιεινής (Gray, 1940).

Το ανάκτορο της Κνωσού ήταν το μεγαλύτερο ανάκτορο της Μινωικής Κρήτης. Η έκταση του έφτανε τα 22000 m<sup>2</sup>. Αποτελούνταν από βασιλικές αίθουσες, λουτρά, αίθουσες συμποσίων και τελετών, εργαστήρια, αποθήκες, κλιμακοστάσια. Στο παλάτι της Κνωσού το συνολικό μήκος του αποχετευτικού συστήματος ξεπερνούσε τα 150m. Από το κεντρικό διοικητήριο του ανακτόρου συλλεγόταν τα απόβλητα από ένα μεγάλο πέτρινο υπόγειο τούνελ το οποίο ήταν κατασκευασμένο κάτω από τον διάδρομο που οδηγούσε στην βόρεια είσοδο και το οποίο συγκέντρωνε τα υγρά απόβλητα πολλών συνοικιών. Το πιο εξερευνημένο είναι το τμήμα κάτω από τα ανάκτορα. Εκεί το αποχετευτικό σχημάτιζε ένα κύκλο και το υψηλότερο σημείο ήταν χωροθετημένο κάτω από την δεξαμενή αποθήκευσης δίπλα στην μεγάλη σκάλα ανατολικά του ανακτόρου. Στο τμήμα της αίθουσας των διπλών πελέκεων και της αίθουσας της βασίλισσας με τα διπλανά διαμερίσματα η αποχέτευση γινόταν δια μέσου πέντε φρεατίων. Το σύστημα αποχέτευε και τα όμβρια από τις στέγες και συνδεόταν με τις τουαλέτες στους πάνω ορόφους. Οι αγωγοί ήταν κτισμένοι από πέτρες και επιχρισμένοι με κονίαμα. Ο κεντρικός αγωγός ήταν αρκετά μεγάλος για να επιτρέψει καθαρισμό. Οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες και οι Γκολφινόπουλος Αριστείδης, Η διαχρονική διαχείριση των αποβλήτων στην αρχαιότητα στον Ελλαδικό χώρο δείχνουν μεγάλη γνώση των υδραυλικών θεμάτων (Angelakis et al.,2005[6]).

Η υδραυλική τεχνολογία της εποχής αυτής ήταν τόσο εξελιγμένη έτσι ώστε το αποχετευτικό δίκτυο της Κνωσού διέθετε επίσης φρεάτια επίσκεψης για τον έλεγχο της λειτουργίας του και τη συντήρησή του (Κουτσογιάννης, 2011). Και σε άλλες Μινωικές πόλεις υπήρχαν εξελιγμένα αποχετευτικά συστήματα όπως στην Φαιστό παλάτι με έκταση 9000 m<sup>2</sup> καθώς και στην Ζάκρο. Σε αυτές τις πόλεις το αποχετευτικό ήταν πέτρινο μεγάλης διατομής ώστε να επιτρέψει την αποτελεσματική συλλογή των αποβλήτων και τον καθαρισμό του. Οι μικρότερης διατομής αποχετευτικοί αγωγοί ήταν κεραμικοί. Υπάρχουν ενδείξεις ότι σε περίπτωση μεγάλων βροχοπτώσεων το αποχετευτικό δεν ήταν αποτελεσματικό στην απομάκρυνση όμβριων υδάτων (Angelakis et al.,2005[6]) [3]

Οι υδραυλικές εγκαταστάσεις και ειδικά οι αγωγοί αποχέτευσης και μεταφοράς νερού στις Μινωικές πόλεις ήταν σχεδιασμένοι «τέλεια». Είναι αποδεδειγμένο ότι σε πολλές πόλεις τα αποχετευτικά συστήματα, καλυμμένα με πέτρα ή κτισμένα από μάρμαρο, αποχέτευαν τα υγρά απόβλητα μαζί με τα νερά της βροχής. Επίσης, νερό της βροχής συλλεγόταν από οροφές κτιρίων σε δεξαμενές αποθήκευσης και χρησιμοποιούνταν για να καθαρίζουν αγωγούς αποχέτευσης και τουαλέτες.[5]

Στην αρχαία Κρήτη την Μινωική εποχή όχι μόνο είχαν υδραυλικές γνώσεις για την μεταφορά και την διαχείριση του νερού αλλά είχαν γνώσεις και έκαναν κατασκευές για την βελτίωση της ποιότητας του νερού. Εκτός από την δημιουργία μικρών στερνών πριν την κύρια δεξαμενή για την εξυγίανση του νερού με καθίζηση που βρέθηκε στην Κνωσό είχαν επινοήσει και κατασκευάσει φίλτρα από πηλό. Τέτοιες πήλινες κατασκευές γεμισμένες με ξυλάνθρακα κάτι σαν φίλτρο άνθρακα βρέθηκαν στις πηγές του Αγίου Μάμα (Sklivaniotis et al., 2006[4]).[3]

## 1.4 Εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων στην Ευρώπη

Η οδηγία 91/271/EOK [10] για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων είναι ένα από τα βασικά μέσα πολιτικής στο πλαίσιο του ενωσιακού κεκτημένου για το νερό, με σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας. Η πρόοδος που έχει συντελεστεί όσον αφορά την εφαρμογή της εν λόγω οδηγίας την τελευταία 25ετία συνέβαλε με ουσιαστικό τρόπο στη βελτίωση της ποιότητας των υδάτων σε ποταμούς, λίμνες και θάλασσες της ΕΕ. [10]

Η οδηγία 91/271/EOK [10] για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων έθεσε ως στόχο της βιώσιμης ανάπτυξης τη «Διασφάλιση της πρόσβασης σε ύδρευση και αποχέτευση για όλους». Σε παγκόσμιο επίπεδο το έτος 2014, 2,4 δισεκατομμύρια άτομα δεν έχουν πρόσβαση σε βελτιωμένες εγκαταστάσεις υγιεινής, και περίπου 10 εκατομμύρια άτομα εξακολουθούν να βρίσκονται σ' αυτήν την κατάσταση σε επίπεδο ΕΕ. Ο στόχος βιώσιμης ανάπτυξης ανανεώνει τις ελπίδες για βελτίωση της υγείας και του περιβάλλοντος για όλους. Επίσης, δίνει την ευκαιρία για επενδύσεις και δραστηριότητες στον τομέα των υδάτων. [10]

Το 2014, περισσότερα από 25 χρόνια μετά την έκδοση της οδηγίας για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, επιτεύχθηκε σημαντική πρόοδος ως προς την πλήρη εφαρμογή. Αυτό οδήγησε σε σταδιακή αλλά σημαντική βελτίωση όσον αφορά την ποιότητα των ευρωπαϊκών υδάτων. Ωστόσο, παρά το υψηλό —κατά κανόνα— επίπεδο εφαρμογής της οδηγίας για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, εξακολουθούν να υπάρχουν ορισμένες δυσκολίες, όπως:

- Περαιτέρω επενδύσεις στον τομέα των λυμάτων για να αυξηθούν ή να διατηρηθούν τα ποσοστά εφαρμογής. Πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση σε ορισμένα κράτη μέλη που εξακολουθούν να καταγράφουν χαμηλά ποσοστά εφαρμογής και, γενικότερα, στην αυστηρότερη επεξεργασία, σε συνδυασμό με την ανάγκη να εξασφαλιστεί η καλή λειτουργία και η συντήρηση των υποδομών.
- Συλλογή επιπλέον στοιχείων σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας των IAS.
- Βελτίωση της ποιότητας και της ανάκτησης της λυματολάσπης.
- Μείωση των επιπτώσεων που έχουν οι υπερχειλίσεις ομβρίων υδάτων που ρυπαίνουν τα υδατικά συστήματα με μη επεξεργασμένα λύματα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τα εξής μέτρα:
  - προώθηση συστημάτων φυσικής συγκράτησης του νερού·
  - βελτίωση της διαχείρισης των δικτύων που είναι συνδεδεμένα με τις μονάδες επεξεργασίας·
  - επιπλέον επενδύσεις
- Βελτίωση των συνδέσεων μεταξύ των βασικών απαιτήσεων της οδηγίας για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων και της οδηγίας-πλαισίου για τα ύδατα, ιδίως όταν αυτές οι απαιτήσεις δεν επαρκούν για να επιτευχθεί συμμόρφωση με τους στόχους της εν λόγω οδηγίας-πλαισίου όσον αφορά την ποιότητα του νερού.
- Αύξηση της επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων λυμάτων (σε περιπτώσεις λειψυδρίας), με παράλληλη εξασφάλιση της ενδεικνυόμενης ποιότητας των υδάτων.
- Βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας από τα συστήματα αποχέτευσης, με την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές σε επίπεδο σταθμού επεξεργασίας (π.χ. βιοαερίου), όταν αυτό είναι δυνατόν. [10]

Στον παρακάτω Πίνακα 1 παρουσιάζεται το ποσοστό του πληθυσμού που συνδέεται με τουλάχιστον δευτεροβάθμια εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων, το οποίο είναι

συνήθως ένα αποδεκτό επίπεδο προστασίας του περιβάλλοντος, εκτός εάν έχουμε ευαίσθητο αποδέκτη.

Το έτος 2017 έχουμε το ποσοστό του πληθυσμού που συνδέεται με τουλάχιστον δευτεροβάθμια μονάδα επεξεργασίας λυμάτων να είναι: για 7 κράτη μέλη, Γερμανία, Λετονία, Λουξεμβούργο, Κάτω Χώρες, Αυστρία, Σουηδία και Ηνωμένο Βασίλειο Ελβετία, πάνω από το 95%, , για 16 από τα κράτη είναι πάνω από το 80% του πληθυσμούς τους.

Στο άλλο άκρο, λιγότερα από ένα στα δύο νοικοκυριά συνδέθηκαν με τουλάχιστον δευτερεύουσες μονάδες επεξεργασίας αστικών λυμάτων στη Μάλτα, τη Ρουμανία και την Κροατία, ενώ το ίδιο ισχύει και για την Ισλανδία), την Αλβανία, τη Σερβία, τη Βοσνία και Ερζεγοβίνη και Κοσσυφοπέδιο

## Share of the population connected to at least secondary urban wastewater treatment, 2007-2017

(%)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Belgium	68.7	71.0	72.8	75.0	77.2	74.9	76.4	78.2	80.5	81.9	83.0
Bulgaria	39.6	41.3	42.7	45.1	53.7	53.9	54.6	54.8	60.7	61.8	63.2
Czechia	73.0	75.4	75.7	76.9	78.0	78.0	79.8	79.8	80.7	81.2	82.3
Denmark	.	.	89.4	88.0	88.4	88.4	90.1	91.0	90.8	91.5	91.8
Germany	91.9	.	.	95.6	95.5	95.4	95.4	95.6	95.8	96.0	.
Estonia	83.5	84.5	84.5	83.3	86.1	86.2	87.1	88.0	87.6	87.8	87.9
Ireland	59.0	.	71.0	.	63.0	58.8	59.4	60.0	60.6	61.2	61.2
Greece	85.0	.	87.4	87.4	88.2	92.0	92.9	92.9	93.4	93.4	.
Spain	.	88.0	.	93.0	.	94.8	.	92.9	.	.	.
France	.	.	.	77.7	79.8	80.1	80.0	79.0	80.0	80.0	80.0
Croatia	22.0	.	.	.	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9
Italy	.	57.5	83.0	.	.	57.6	.	.	59.6	.	.
Cyprus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Latvia	66.7	56.9	63.2	60.3	71.5	81.4	83.4	85.1	90.3	91.6	95.0
Lithuania	.	.	.	.	.	63.1	64.3	69.4	72.3	73.5	73.8
Luxembourg	.	.	.	91.3	90.9	96.1	96.3	96.6	96.6	96.9	97.0
Hungary	49.8	50.0	52.1	69.5	70.9	72.8	72.7	73.5	76.5	78.1	79.2
Malta	8.4	14.8	15.2	6.6	92.3	91.9	91.8	91.6	.	14.5	14.9
Netherlands	.	99.3	.	99.3	99.4	99.5	99.4	99.4	99.4	99.5	99.5
Austria	.	92.6	.	93.9	.	94.5	.	95.0	.	99.8	.
Poland	61.8	62.9	64.1	64.5	65.5	68.5	70.2	71.4	72.6	73.4	73.5
Portugal	51.0	52.0	55.8	.	.	.	.	.	.	.	84.6
Romania	20.4	18.2	20.7	22.7	31.7	35.3	36.1	38.2	39.7	43.8	46.5
Slovenia	48.8	51.1	52.9	51.6	54.4	53.7	55.2	55.6	57.4	63.3	67.4
Slovakia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	63.6	65.0
Finland	.	.	.	83.0	83.0	83.0	83.0	85.0	.	.	.
Sweden	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0
United Kingdom	.	96.9	97.0	99.5	.	.	.	100.0	.	.	.
Iceland	.	2.0	.	1.0	.	.	.	.	.	.	.
Norway	66.0	66.0	66.2	65.8	67.8	68.9	68.8	68.9	71.8	68.4	68.6
Switzerland	.	.	.	98.0	.	.	98.0	.	.	.	.
Albania	.	.	.	.	.	.	.	9.9	8.0	7.0	7.3
Serbia	6.9	7.5	8.9	8.6	8.9	9.0	9.4	10.0	10.8	12.5	12.6
Turkey	31.1	31.4	35.2	37.6	.	42.0	42.7	43.2	55.4	56.3	.
Bosnia and Herzegovina	10.0	10.7	10.7	10.9	11.1	11.4	11.7	11.8	11.8	29.6	29.6
Kosovo (*)	.	.	.	.	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6

Note: "." means 'not available'.

(\*) This designation is without prejudice to positions on status, and is in line with UNSCR 1244/1999 and the ICJ Opinion on the Kosovo declaration of independence.

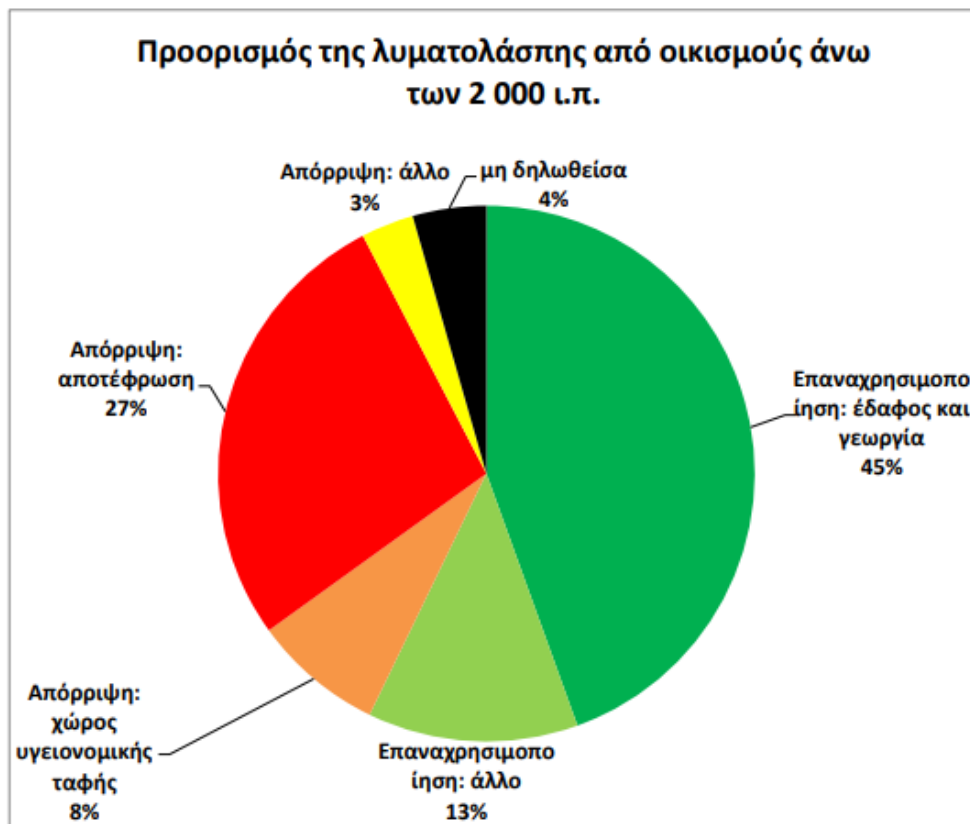
Source: Eurostat (online data code: env\_ww\_con)

eurostat 

Πίνακας 1 Ποσοστό του πληθυσμού που συνδέεται με τουλάχιστον δευτεροβάθμια εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων[13]

## 1.5 Παραγωγή και επαναχρησιμοποίηση λυματολάσπης

Με βάση τα στοιχεία του 2014, μπορούν να επισημανθούν ορισμένα πραγματικά περιστατικά και αριθμητικά στοιχεία σχετικά με τη διαχείριση της λυματολάσπης:



Σχήμα: 2: Προορισμός της λυματολάσπης από οικισμούς άνω των 2000 ι.π «Ένατη έκθεση σχετικά με την κατάσταση της εφαρμογής και τα προγράμματα για την εφαρμογή (σύμφωνα με το άρθρο 17) της οδηγίας 91/271/ΕΟΚ του Συμβουλίου για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων».[10]

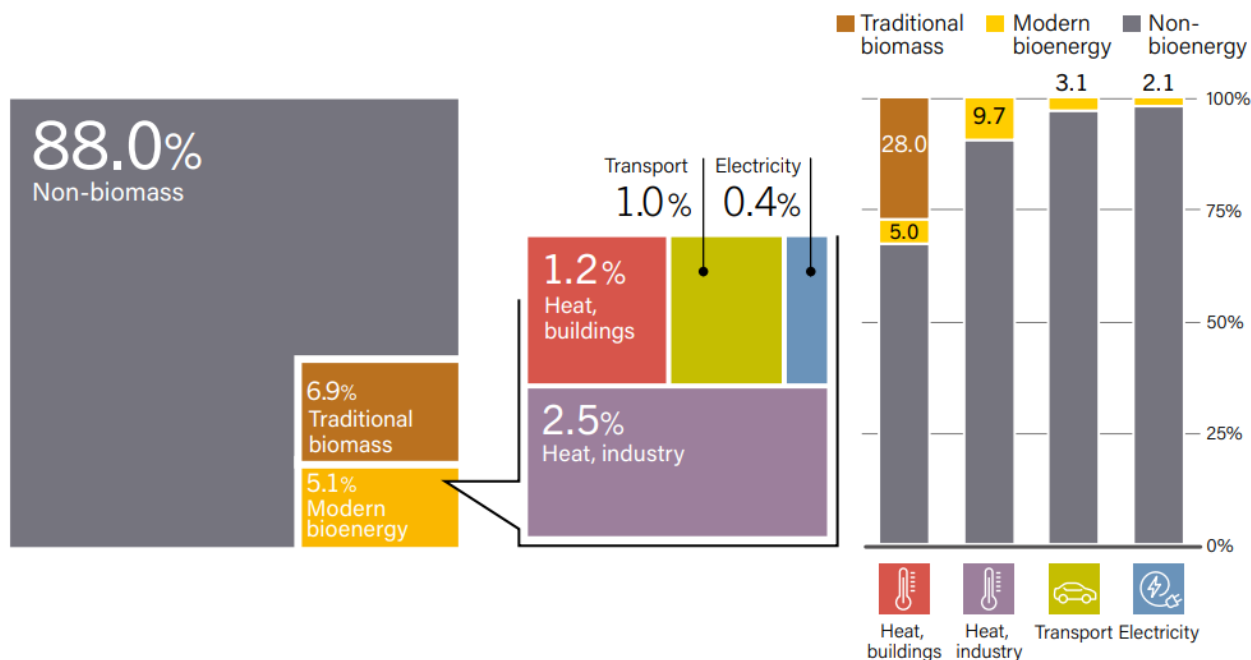
- 8,7 εκατ. τόνοι ξηρής στερεής λυματολάσπης παρήχθησαν στην ΕΕ, ποσοστό που αντιπροσωπεύει περίπου 17 kg ανά κάτοικο.
- το 58 % της παραγόμενης λυματολάσπης επαναχρησιμοποιήθηκε, κυρίως στη γεωργία.
- Ποσότητα μεγαλύτερη από το 50 % του φωσφόρου που αφαιρέθηκε από τα λύματα στις μονάδες επεξεργασίας επαναχρησιμοποιήθηκε ή ανακυκλώθηκε.
- Η ποσότητα του ανακυκλωμένου αζώτου και φωσφόρου στο έδαφος είναι 250.000 τόνοι. Η τιμή του αζώτου είναι 1 300 EUR ανά τόνο και η τιμή του πεντοξειδίου του φωσφόρου (P2O5) είναι 900 EUR ανά τόνο. Ως εκ τούτου, η συνολική αξία από την ανακύκλωση λυματολάσπης θα ανερχόταν σε 550 εκατ. EUR το 2011.
- Το 27 % της λυματολάσπης αποτεφρώνεται (πρόκειται κυρίως για λυματολάσπη που παράγεται σε αστικές περιοχές).
- Η ανάπτυξη της τεχνολογίας χώνευσης συμβάλλει στη μείωση της παραγωγής ιλύος και παράγει, ταυτόχρονα, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (βιοαέριο).

## 1.6 Η παγκόσμια αγορά βιοενέργειας .

Η βιοενέργεια είναι μια μορφή Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) που προέρχεται από την ενεργειακή αξιοποίηση οργανικών υλικών βιολογικής προέλευσης. Τα οργανικά,

αυτά, υλικά ονομάζονται γενικά βιομάζα και αποτελούν πρώτες ύλες που μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης έχουν μετατρέψει την ηλιακή ενέργεια που λαμβάνουν μέσω της ακτινοβολίας σε χημική.

Η συνεισφορά βιοενέργειας στην παγκόσμια καταναλισκόμενη ενέργεια στα τέλη του 2018, συμπεριλαμβανομένης της καύσης ξύλων, κοπριάς και γεωργικών υπολειμμάτων, εκτιμάται στο 12%. Αν εξαιρεθεί η χρήση της παραδοσιακής βιομάζας, η βιοενέργεια συνεισφέρει περίπου 5,1% στην τελική συνολική κατανάλωση ενέργειας και το 0,4% αφορά την χρήση της ως ηλεκτρική ενέργεια. (Εικόνα 1).[8]



Εικόνα 1: Συνεισφορά βιοενέργεια στην παγκόσμια καταναλισκόμενη ενέργεια στα τέλη του 2018 (REN21, 2019)[8]

Η βιοενέργεια, που είναι σήμερα η μεγαλύτερη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας της ΕΕ, αναμένεται να παραμείνει βασική συνιστώσα του ενεργειακού μίγματος το 2030 και να συμβάλει στην επίτευξη των στόχων της ΕΕ για την ανανεώσιμη ενέργεια σε ποσοστό 20 % το 2020 και τουλάχιστον 32 % το 2030. [9]

## 1.7 Παράμετροι και χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων

Τα υγρά απόβλητα μπορούν να χαρακτηριστούν από τη φυσική, χημική και βιολογική τους σύσταση.

### 1.7.1 Φυσικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων

Τα φυσικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων συμπεριλαμβάνουν την ολική περιεκτικότητα σε στερεά συστατικά, την οσμή, τη θερμοκρασία, την πυκνότητα, το χρώμα και τη θολρότητα [14].



Κατηγορία	Παράμετρος
Φυσικά	Θερμοκρασία
	Οσμή
	Χρώμα
	Πυκνότητα
	Ολική περιεκτικότητα σε στερεά συστατικά
Χημικά	Πρωτεΐνες
	Υδατάνθρακες
	Οργανικά συστατικά (N και P)
	Λίπη και έλαια
	Βαρέα μέταλλα
	Ιχνοστοιχεία
	Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο 5 ημερών (BOD5)
	Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)
	Ολικός Οργανικός άνθρακας
Βιολογικά	Κολοβακτηρίδια
	Πρωτόζωα
	Βακτήρια
	Ιοί
	Μύκητες

Πίνακας 2 Σύσταση υγρών αποβλήτων [1]

#### Ολική περιεκτικότητα σε στερεά

Τα στερεά που μπορούν να βρεθούν στα υγρά απόβλητα ποικίλουν από ξύλα, παιχνίδια και υπολείμματα ύλης μέχρι στερεά κλίμακας  $\mu\text{m}(10^{-6} \text{ m})$ . Η περιεκτικότητα των λυμάτων σε στερεά αποτελεί το σημαντικότερο φυσικό χαρακτηριστικό των υγρών αποβλήτων καθώς το σύνολο των κατηγοριών των στερεών αποτελεί το ρυπαντικό φορτίο. Αν δεν ληφθούν υπόψη τα ευμεγέθη στερεά των λυμάτων, τα στερεά διαχωρίζονται σε :

- I. Αδιάλυτα στερεά που αιωρούνται και τα οποία με την πάροδο του χρόνου είτε καθιζάνουν είτε θα επιπλεύσουν.
- II. Στερεά που βρίσκονται σε κολλοειδή μορφή, δηλαδή διεσπαρμένα σωματίδια σε μορφή μίγματος με μέγεθος από 0,001 mm έως 1.0 m. Το χαρακτηριστικό αυτό του είδους στερεών είναι ότι δεν καθιζάνουν εύκολα.
- III. Στερεά που είναι διαλυμένα. [14]

**Ολικά Στερεά (Total Solids):** Τα ολικά στερεά καταλαμβάνουν μόλις το 0,6% κατά βάρος των υγρών αποβλήτων, ενώ το υπόλοιπο είναι νερό (EPA Ireland, 1995a). Είναι το άθροισμα των αιωρούμενων στερεών (total suspended solids-TSS) και των διαλυμένων στερεών (total dissolved solids-TDS). Κάθε κατηγορία μπορεί να διαιρεθεί σε πτητικά και σταθερά στερεά. Τα ολικά στερεά είναι το υπόλειμμα υγρού δείγματος που απομένει σε ειδικό κλίβανο μετά την εξάτμιση και την ξήρανση του σε συγκεκριμένη θερμοκρασία (103-105 °C). Ο τύπος για τον υπολογισμό των ολικών στερεών είναι [14]:

$$TS = \frac{(A - B) \times 1000}{V}$$

Όπου:

TS: ολικά στερεά, mg/L

A: βάρος ξηραμένου υπολείμματος και δίσκου συμπύκνωσης, mg

B: βάρος δίσκου συμπύκνωσης, mg

V: όγκος δείγματος, ml

**Ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS)** : Τα ολικά αιωρούμενα στερεά ή τα μη-διηθημένα στερεά είναι το μέρος των ολικών στερεών ενός καλά αναμεμιγμένου υγρού δείγματος που απομένει σε μία μεμβράνη διαμέτρου 24 mm με μέγεθος πόρων 0,2 μm. Η μεμβράνη τοποθετείται σε ένα ειδικό δοχείο και το απομένον υπόλειμμα ξηραίνεται τουλάχιστον για μια ώρα σε συγκεκριμένη θερμοκρασία (103 έως 105 °C). Ο τύπος για τον υπολογισμό των ολικών αιωρούμενων στερεών είναι [[14]]:

$$TSS = \frac{(C - D) \times 1000}{V}$$

Όπου:

TSS : ολικά αιωρούμενα στερεά, mg/L

C: βάρος υπολείμματος, φίλτρου και δοχείου, mg

D: βάρος φίλτρου και δοχείου, mg

V: όγκος δείγματος, ml

**Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS)**: Τα ολικά διαλυμένα η τα διηθημένα στερεά είναι το μέρος των ολικών στερεών ενός καλά αναμεμιγμένου υγρού δείγματος που καθιζάνει σε γυάλινο φίλτρο μεγέθους πόρων 0.2 μm. Το υπόλειμμα που καθιζάνει ξεραίνεται τουλάχιστον για μια ώρα σε συγκεκριμένη θερμοκρασία (180± 2°C) Ο τύπος για τον υπολογισμό των ολικών αιωρούμενων στερεών είναι [[14]]:

$$TDS = \frac{(E - F) \times 1000}{V}$$

Όπου:

TDS: ολικά αιωρούμενα στερεά, mg/L

E: βάρος ξηρού υπολείμματος και δοχείου, mg

F: βάρος δοχείου, mg

V: όγκος δείγματος, ml

**Σταθερά και εξαερίωσα στερεά (Fixed and volatile solids)**. Τα υπολείμματα από τα ολικά αιωρούμενα και τα διαλυμένα στερεά θερμαίνονται στους 550°C. Τα στερεά τα οποία εξαερώνονται ονομάζονται εξαερώσιμα στερεά και υπολογίζονται από τον τύπο [[14]]:

$$VS = \frac{(G - H) \times 1000}{V}$$

Τα στερεά τα οποία δεν εξαερώνονται ονομάζονται σταθερά στερεά και υπολογίζονται από τον τύπο[[14]]:

$$FS = \frac{(H - I) \times 1000}{V}$$

Όπου:

VS: εξαερώσιμα στερεά, mg/L

FS: σταθερά στερεά, mg/L

G: βάρος υπολείμματος και φίλτρου πριν την καύση, mg

H: βάρος υπολείμματος και φίλτρου μετά την καύση, mg

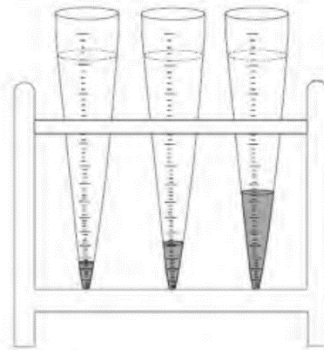
I:βάρος φίλτρου, mg

V: όγκος δείγματος, Ml

Σε γενικές γραμμές τα πτητικά στερεά θεωρείται ότι αποτελούν κυρίως από οργανικό υλικό, αν και μερικά οργανικά δεν καίγονται, ενώ υπάρχουν ορισμένα ανόργανα στερεά που καίγονται σε υψηλές θερμοκρασίες.

Για το λόγο αυτό, πολλές φορές για να οριστεί κατά προσέγγιση η περιεκτικότητα σε οργανικό υλικό χρησιμοποιείται ο λόγος πτητικών συστατικών προς σταθερών συστατικών.

Καθιζάνοντα στερεά : Ορίζονται τα στερεά (mg/l), τα οποία καθιζάνουν μετά από καθορισμένο χρόνο. Για την μέτρηση αυτών χρησιμοποιούμε κώνο Imhoff, όπου δείγμα αποβλήτου καθιζάνει λόγω της βαρύτητας σε συνθήκες ηρεμίας εντός μίας ώρας.



Εικόνα 2 Κώνος Imhoff για την μέτρηση καθιζανόντων στερεών

### Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία των υγρών αποβλήτων εξαρτάται από την προέλευση τους και τις συνθήκες στις οποίες βρίσκονται. Τα οικιακά λύματα τα οποία προκαλούνται από διαδικασίες λάτρως στο μπάνιο και στην κουζίνα βρίσκονται σε υψηλότερη θερμοκρασία από το καθαρό νερό που χρησιμοποιήθηκε για αυτές τις δραστηριότητες. Επίσης, τα βιομηχανικά απόβλητα βρίσκονται και αυτά σε υψηλότερες θερμοκρασίες από αυτή του νερού.

Αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να οδηγήσει στην ανάπτυξη μικροοργανισμών που ευνοούνται από υψηλές θερμοκρασίες

- I. Σε επιτάχυνση των βιολογικών διεργασιών
- II. Σε μείωση της διαλυτότητας των αερίων, και κυρίως του διαλυμένου οξυγόνου στην μάζα των υγρών αποβλήτων.

Είναι προφανές ότι η θερμοκρασία επηρεάζει τις βιολογικές και χημικές διεργασίες σε μία μονάδα επεξεργασίας λυμάτων και πρέπει να λαμβάνεται υπόψη. Σε διαφορετική περίπτωση έχει επιπτώσεις όπως ανάπτυξη ανεπιθύμητων υδρόβιων φυτών και μυκήτων καθώς και θάνατος ωφέλιμων οργανισμών .

Από την σχέση του Hoff-Arrhenius έχουμε μια εκτίμηση όσον αφορά το ρυθμό αντίδρασης σε εξάρτηση με την θερμοκρασία :

$$\frac{d(\ln K)}{dT} = \frac{E}{RT^2}$$

Όπου:

K= σταθερά ρυθμού αντίδρασης

T= Θερμοκρασία, K=273,15+°C

E= ένα σταθερό χαρακτηριστικό της αντίδρασης (π.χ. ενέργεια ενεργοποίησης), J/mol

R=σταθερά των ιδανικών αερίων 8,314 J/mol K.

### Οσμή

Οι οσμές στα αστικά απόβλητα αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό της κατάστασης τους. Η δυσάρεστος οσμές καθορίζονται από το αν τα απόβλητα έχουν υποστεί οργανική αποσύνθεση (σήψη) καθώς και αν περιέχουν ουσίες από βιομηχανικά απόβλητα όπως φαινόλες και χλωροφαινόλες. Στην περίπτωση αυτή οι οσμές είναι έντονες και οφείλονται στην έκλυση υδρόθειου.

### Χρώμα

Το χρώμα συνδέεται με το χρόνο παραγωγής των υγρών αποβλήτων. Τα φρέσκα απόβλητα εμφανίζουν καφέ-γκρίζο χρώμα που μεταβάλλεται σταδιακά σε σκούρο γκρι και τέλος σε μαύρο όσο παραμένουν στο δίκτυο λόγω της δημιουργίας αναερόβιων συνθηκών(κατανάλωση του διαλυμένου οξυγόνου από μικροοργανισμούς). Στην τελευταία περίπτωση το απόβλητο χαρακτηρίζεται σαν σηπτικό

### Πυκνότητα

Η πυκνότητα των υγρών αποβλήτων ορίζεται ως η μάζα τους ανά μονάδα όγκου (kg/L). Αποτελεί μια σημαντική παράμετρο διότι λόγω των ρευμάτων πυκνότητας που μπορεί να σχηματιστούν ενδέχεται να επηρεαστεί η λειτουργία των δεξαμενών καθίζησης, χλωρίωσης και άλλων μονάδων επεξεργασίας. Συχνά χρησιμοποιείται η σχετική πυκνότητα στη θέση της πυκνότητας, η οποία ορίζεται ως :

$$s_w = \frac{P_w}{P_0}$$

Όπου:

$\rho_w$  = πυκνότητα υγρών αποβλήτων

$\rho_0$  = πυκνότητα νερού

Δύο παράγοντες καθορίζουν τόσο την πυκνότητα όσο και την σχετική πυκνότητα των λυμάτων είναι η θερμοκρασία και η συγκέντρωση τους σε ολικά στερεά.

#### Θολότητα

Η θολότητα η θολερότητα είναι η απουσία διαύγειας του νερού. Προξενείτε κυρίως από αιωρούμενα σωματίδια και κυρίως από τα κολλοειδή. Όσον αφορά τα υγρά απόβλητα, η θολότητα είναι ανεπιθύμητη καθώς δυσκολεύει τον καθαρισμό των λυμάτων σε κλίνες διήθησης και τον καθιστά ακριβότερο. Επιπλέον, οι παθογόνοι μικροοργανισμοί μπορούν να προστατευθούν από τα διάφορα αιωρούμενα σωματίδια και να μην αποδεσμευτούν. Η μέτρηση της θολότητας βασίζεται στη σύγκριση της έντασης του φωτός που περνά διαμέσου ενός δείγματος σε σχέση με αυτή ενός πρότυπου αιωρήματος, κάτω από τις ίδιες συνθήκες. Μονάδα μέτρησης της θολότητας είναι η νεφελομετρική θολότητα παρόλο που δεν υπάρχει καμία μαθηματική σχέση για να εκφράσει ποσοτικά την θολότητα, μια προσεγγιστική σχέση που υπάρχει για να υποδηλώσει την θολότητα ολικών αιωρούμενων σωματιδίων εκροών μετά από δευτεροβάθμια επεξεργασία ενεργού ιλύος είναι:

$$TSS = (TSSf)(T)$$

Όπου

TSS= ολικά αιωρούμενα στερεά, mg/l

TSSf= παράγοντας που χρησιμοποιείται για την μετατροπή των μετρήσεων θολότητας σε ολικά αιωρούμενα στερεά (mg/l TSS)/NTU

T= θολότητα, NTU

Η χαμηλότερη τιμή της θολότητας που μπορεί να μετρηθεί με το νεφελόμετρο είναι 0,02 NTU.

#### 1.7.2 Χημικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων

Τα χημικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων διακρίνονται σε οργανικά συστατικά, ανόργανα συστατικά και αέρια.

#### Οργανικά συστατικά

Τα οργανικά συστατικά αποτελούν το συνηθέστερο και πιο σημαντικό ρύπο στα υγρά απόβλητα. Περίπου 75% στα απόβλητα αποτελείται από οργανικές ουσίες, σε μορφή αιωρούμενων σωματιδίων οι οποίες προέρχονται κυρίως από φυτά, ζώα και ανθρώπινες δραστηριότητες. Οι κύριες ομάδες οργανικών συστατικών που συναντώνται στη σύνθεση των αστικών αποβλήτων είναι οι πρωτεΐνες σε ποσοστό 40-60%, οι υδατανθρακές σε ποσοστό 35\_50% και τα λιπίδια σε ποσοστό 10%. Κάθε κατηγορία έχει τα εξής χαρακτηριστικά[[24]]:

#### Πρωτεΐνες

Μακρομοριακές ασταθείς και εύκολα βιοδιασπάσιμες χημικές ενώσεις, οι οποίες βρίσκονται τόσο στα αστικά όσο και στα βιομηχανικά απόβλητα. Κάποιες είναι διαλυτές στο νερό και άλλες όχι. Περιέχουν άνθρακα, υδρογόνο, οξυγόνο και μεγάλες ποσότητες αζώτου. Κατά την σήψη των πρωτεϊνών δημιουργούνται δυσάρεστες οσμές.

#### Υδατάνθρακες

Οι υδατάνθρακες αποτελούνται από άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο. Είναι βιοδιασπάσιμοι, (άμυλο, σάκχαρα, κυτταρίνη)

### Λίπη και Έλαια

Τα λιπίδια αποτελούν μια κατηγορία οργανικών συστατικών που θα μπορούσε να είναι υποσύνολο των υδρογονανθράκων, καθώς αποτελούνται κατά κύριο λόγο από υδρογονάνθρακες, αδιάλυτους στη μάζα των αποβλήτων. Βρίσκονται είτε στην ανθρώπινη τροφή είτε στα νερά των επιφανειακών απορροών από την πλύση των δρόμων. Τα κυριότερα λιπίδια είναι τα λάδια, τα πετρέλαια και τα λίπη.

### Βαρέα μέταλλα

Είναι στοιχεία, όπως ο χαλκός, το νικέλιο και ο υδράργυρος, που αντιδρούν με τα μικροβιακά ένζυμα, αναστέλλοντας ή επιβραδύνοντας το μεταβολισμό τους, γι' αυτό και σε υψηλές συγκεντρώσεις πρέπει να απομακρύνονται από τα απόβλητα γιατί γίνονται τοξικά, τερατογόνα και καρκινογόνα.

### BOD<sub>5</sub>

Όταν η οργανική ύλη αποσυντίθεται, οι μικροοργανισμοί (όπως τα βακτήρια και οι μύκητες) τρέφονται από τα υλικά της αποσύνθεσης και προκαλείται οξείδωση. Το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο, ή BOD, μετρά την ποσότητα του οξυγόνου που καταναλώνεται από τους μικροοργανισμούς στη διαδικασία αποσύνθεσης οργανικών ουσιών στο νερό. Όσο περισσότερο οξυγόνο χρησιμοποιούν οι μικροοργανισμοί, τόσο μεγαλύτερο είναι και το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο, αφήνοντας λιγότερο οξυγόνο για την υπόλοιπη υδρόβια χλωρίδα και πανίδα. Το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο 5 ημερών, BOD<sub>5</sub>, είναι η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου (mg/l) που καταναλώνεται σε πέντε ημέρες από βιολογικές διαδικασίες στους 20°C.

### COD

Το Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand-COD) εκφράζει την απαιτούμενη ποσότητα οξυγόνου για πλήρη οξείδωση της οργανικής και ανόργανης ύλης που βρίσκεται στα υδατικά απόβλητα με τη χρήση ισχυρών οξειδωτικών μέσων. Όπως και το BOD, έτσι και το COD μετράται σε mg/l. Συνήθως για τον υπολογισμό του COD, σαν οξειδωτικό μέσο χρησιμοποιείται διχρωμικό κάλιο σε θερμοκρασία βρασμού για δύο ώρες με παρουσία καταλύτη π.χ. θειούχο άργυρο. Το COD, σε αντίθεση με το BOD, εκφράζει την οξείδωση του συνόλου του οργανικού φορτίου και προσδιορίζεται σχετικά γρήγορα (περίπου σε 3 ώρες), γεγονός που δίνει τη δυνατότητα γρήγορης και άμεσης χρήσης των σχετικών πληροφοριών. Το Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο αποτελεί αξιόπιστη παράμετρο ελέγχου λειτουργίας της εγκατάστασης επεξεργασίας και ο συνδυασμός του με το BOD δίνει πληροφορίες για τη ενδεχόμενη ύπαρξη τοξικών και βιοδιασπάσιμων οργανικών ουσιών σε ένα απόβλητο.

#### 1.7.3 Βιολογικά χαρακτηριστικά

Τα βιολογικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων είναι μικροοργανισμοί που προέρχονται από τις κοπρανώδεις ουσίες. Κυριότερες κατηγορίες είναι οι μύκητες, τα βακτήρια και οι ιοί. Επίσης μπορεί να περιέχονται εντερικά παράσιτα, όπως οι αμοιβάδες ή αβγά σκουληκιών. Πολλοί από αυτούς τους μικροοργανισμούς είναι παθογόνοι και μέσω του νερού μπορεί να μεταφέρουν ασθένειες όπως χολέρα, δυσεντερία και ηπατίτιδα. Για τον έλεγχο της μικροβιακής καταλληλότητας των υγρών αποβλήτων χρησιμοποιούνται δείκτες ρύπανσης. Οι συχνότερα χρησιμοποιούμενοι σήμερα δείκτες είναι τα ολικά κολοβακτηριοειδή, τα κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή και οι κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι[[24]].

## Μύκητες

Οι μύκητες είναι ευκαρυωτικοί μονοκύτταροι ή πολυκύτταροι οργανισμοί (διαθέτουν κυτταρόπλασμα με πολυάριθμους πυρήνες). Οι περισσότεροι μύκητες αποτελούνται από απλούστερες νηματοειδείς δομές, τις υφές. Οι μύκητες παρασιτούν σε ζωντανούς οργανισμούς ή ζουν ελεύθεροι στο έδαφος, στο νερό, στον αέρα, στα τρόφιμα. Πολλοί από αυτούς πολλαπλασιάζονται μονογονικά με απλή διχοτόμηση, ενώ άλλοι πολλαπλασιάζονται με εκβλάστηση. Σ' αυτούς τους τελευταίους σχηματίζεται σε κάποιο σημείο του αρχικού κυττάρου ένα εξόγκωμα, το εκβλάστημα, το οποίο, όταν αναπτυχθεί αρκετά, είτε παραμένει ενωμένο με το γονικό οργανισμό είτε αποκόβεται από αυτόν και ζει πλέον ως αυτοτελής οργανισμός. Τα νοσήματα που προκαλούνται στον άνθρωπο από παθογόνους μύκητες ονομάζονται μυκητιάσεις όπως κολπίτιδα, στοματίτιδα κ.α. Τα δερματόφυτα αποτελούν μια ειδική κατηγορία μυκήτων που προσβάλλουν το δέρμα, ιδιαίτερα το τριχωτό μέρος της κεφαλής, αλλά και τις μεσοδακτύλιες περιοχές των ποδιών προκαλώντας ερυθρότητα και έντονο κνησμό. Οι μύκητες εμφανίζουν τεράστια ποικιλία και υπάρχουν παντού. Χρησιμοποιούν οργανικές ενώσεις ως πηγή άνθρακα και ενέργειας και παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανακύκλωση των θρεπτικών συστατικών σε εδαφικά και υδάτινα συστήματα. Αναπτύσσονται καλά κάτω από ελαφρά όξινες συνθήκες (μέχρι pH = 5). Τα πιο πολλά είδη είναι αερόβιοι μύκητες αλλά υπάρχουν και άλλα είδη (π.χ. ζύμες) που αναπτύσσονται κάτω από ανοξικές συνθήκες.

## Βακτήρια

Τα βακτήρια είναι προκαρυωτικοί οργανισμοί, δηλαδή δε διαθέτουν οργανωμένο πυρήνα. Συνήθως σχηματίζουν αθροίσματα τις αποικίες. Το σχήμα τους μπορεί να είναι ελικοειδές (σπειρούλλια), σφαιρικό (κόκκοι) ή ραβδοειδές (βάκιλοι). Το γενετικό τους υλικό (DNA) βρίσκεται κατά κανόνα σε μια συγκεκριμένη περιοχή, που ονομάζεται πυρηνική περιοχή (πυρηνοειδές). Συχνά διαθέτουν, επιπλέον, μικρότερα μόρια γενετικού υλικού, τα πλασμίδια. Η πλασματική τους μεμβράνη περιβάλλεται από κυτταρικό τοίχωμα. Ορισμένα βακτήρια διαθέτουν και ένα επιπλέον περίβλημα, την κάψα. Δεν έχουν μεμβρανώδη οργανίδια, έχουν όμως ριβοσώματα στα οποία γίνεται η σύνθεση των πρωτεϊνών τους. Τα βακτήρια αναπαράγονται κυρίως μονογονικά με απλή διχοτόμηση. Η αναπαραγωγή τους διαρκεί μικρό χρονικό διάστημα. Ορισμένα βακτήρια, σε ευνοϊκές γι' αυτά συνθήκες, διαιρούνται κάθε 20 λεπτά. Σε αντίξοες συνθήκες, όπως σε ακραίες θερμοκρασίες ή υπό τη δράση ακτινοβολιών, πολλά βακτήρια μετατρέπονται σε ανθεκτικές μορφές, τα ενδοσπόρια. Τα ενδοσπόρια είναι αφυδατωμένα κύτταρα με ανθεκτικά τοιχώματα και χαμηλούς μεταβολικούς ρυθμούς. Όταν οι συνθήκες του περιβάλλοντος ξαναγίνουν ευνοϊκές, τα ενδοσπόρια βλαστάνουν δίνοντας το καθένα ένα βακτήριο. Λόγω του μικρού μεγέθους τους, τα βακτήρια παρουσιάζουν αρκετά μεγάλη τιμή του λόγου επιφάνεια / όγκος που είναι μια κρίσιμη παράμετρος για την προσρόφηση οργανικού υλικού. Διάφορες, μη συνήθεις μορφές βακτηρίων, που παρουσιάζουν σημαντικό ενδιαφέρον σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων είναι τα βακτήρια με θύλακα, τα βακτήρια με βλαστούς καθώς και τα βακτήρια με άλλες μορφολογίες που αντιστοιχούν στα λεγόμενα νηματοειδή βακτήρια.

## Ιοί

Οι ιοί έχουν σχετικά απλή δομή. Αποτελούνται από ένα πρωτεϊνικό περίβλημα με χαρακτηριστική γεωμετρία, το καψίδιο, μέσα στο οποίο προφυλάσσεται το γενετικό τους υλικό. Ορισμένοι ιοί διαθέτουν και ένα επιπλέον περίβλημα, το έλυτρο, το οποίο είναι λιποπρωτεϊνικής φύσης. Το γενετικό υλικό ενός ιού μπορεί να είναι είτε DNA είτε RNA και διαθέτει πληροφορίες για τη σύνθεση των πρωτεϊνών του περιβλήματος αλλά και για τη

σύνθεση κάποιων ενζύμων απαραίτητων για τον πολλαπλασιασμό του. Οι ιοί εξασφαλίζουν από τον ξενιστή τους μηχανισμούς αντιγραφής, μεταγραφής και μετάφρασης, καθώς και τα περισσότερα ένζυμα που τους είναι απαραίτητα για τις λειτουργίες αυτές. Για το λόγο αυτό χαρακτηρίζονται ως υποχρεωτικά κυτταρικά παράσιτα. Ως προς το είδος του ξενιστή που προσβάλλουν, οι ιοί διακρίνονται σε ιούς βακτηρίων, ιούς φυτών και ιούς ζώων. Η εξειδίκευση όμως των ιών δεν αφορά μόνο το είδος του οργανισμού αλλά και το είδος του κυττάρου ή του ιστού στον οποίο παρασιτούν. Για παράδειγμα, ο ιός της πολιομυελίτιδας στον άνθρωπο προσβάλλει τα νευρικά κύτταρα του νωτιαίου μυελού, ενώ ο ιός της γρίπης τα επιθηλιακά κύτταρα της αναπνευστικής οδού.

## 1.8 Αναερόβια χώνευση της λάσπης

Οι αρχικές προσπάθειες για την αναερόβια χώνευση της λάσπης έγιναν στα μέσα του 19ου αιώνα, όταν αναπτύχθηκε ο πρώτος τύπος δεξαμενής για το διαχωρισμό και συγκράτηση των στερεών. Η πρώτη μονάδα για την επεξεργασία των στερεών της λάσπης καθιζήσεως κατασκευάστηκε γύρω στα 1860 στη Γαλλία από το Louis Mourais, ενώ η επισήμανση ότι κατά τη χώνευση των στερεών των λυμάτων παράγεται καύσιμο αέριο, που περιέχει μεθάνιο έγινε από τον Donald Cameron, που κατασκεύασε την πρώτη σηπτική δεξαμενή στην πόλη Exeter, Αγγλία το 1895 και χρησιμοποίησε το αέριο για φωτισμό [[17]].

Τέλος, το 1904 απονεμήθηκε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας στο Karl Imhoff, Γερμανία για την ομώνυμη δεξαμενή (καθιζήσεως και χωνεύσεως) και κατασκευάστηκε στο Hampton, Αγγλία, η πρώτη διπλή δεξαμενή με καθίζηση και χώνευση της λάσπης.

Στη συνέχεια (1920-1935) μελετήθηκε συστηματικά ο μηχανισμός της αναερόβιας χωνεύσεως της λάσπης, ώστε σήμερα να ακολουθούνται οι ίδιες βασικές αρχές αλλά με σαφέστερη γνώση του θέματος του τρόπου ελέγχου της λειτουργίας και του σχεδιασμού και υπολογισμού των μονάδων επεξεργασίας της λάσπης καθώς και του εξοπλισμού τους.

Η αναερόβια χώνευση της λάσπης γίνεται μέσα σε κάποιες δεξαμενές που λέγονται χωνευτές, μέσα στους χωνευτές λαμβάνουν κάποιες διαδικασίες οι διαδικασίες αυτές χωρίζονται σε δυο στάδια .

Στο πρώτο στάδιο, πολύπλοκες ενώσεις (πρωτεΐνες, λίπη και υδατάνθρακες) υδρολύονται σε μικρότερες μοριακές μονάδες, οι οποίες ακολούθως μετατρέπονται σε οργανικά οξέα μικρής αλυσίδας, όπως οξικό οξύ, προπιονικό και βουτυρικό οξύ. Τα οργανικά αυτά οξέα ονομάζονται πτητικά οξέα. Τα πτητικά οξέα χρησιμοποιούνται από τα βακτήρια του δεύτερου σταδίου σαν τροφή, για την παραγωγή του μείγματος μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα που ονομάζεται βιοαέριο. Τα βακτήρια του δεύτερου σταδίου είναι αυστηρά αναερόβια και καλούνται μεθανογόνα.

Η βιολογική διεργασία του πρώτου σταδίου είναι πολύ ταχύτερη από εκείνη του δεύτερου σταδίου, το οποίο αποτελεί και το βραδύτερο στάδιο της χώνευσης. Τα μεθανογόνα βακτήρια είναι υπεύθυνα για τη σταθεροποίηση των λασπών, καταναλίσκουν τα πτητικά οξέα και αναπτύσσονται πάρα πολύ αργά. Αν η συγκέντρωση των πτητικών οξέων είναι πάρα πολύ μεγάλη, τότε το μη ιονισμένο μόριο του οξέος εμφανίζει τοξικότητα προς τα μεθανογόνα βακτήρια.

Έτσι, πρέπει να υπάρχει ισορροπία μεταξύ των παραγόμενων οξέων με το πρώτο στάδιο και των αναλικομένων με το δεύτερο. Αν παραχθούν πτητικά οξέα περισσότερα από

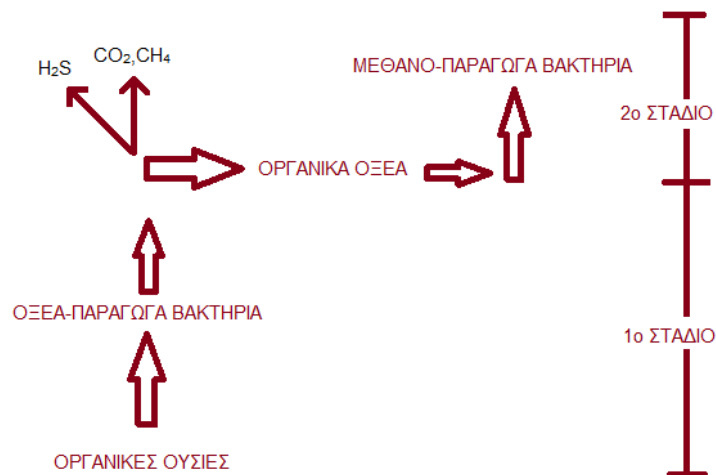


ότι μπορούν να αναλώσουν τα μεθανογόνα βακτήρια, τότε η ισορροπία καταστρέφεται και η όλη διεργασία σταματά.

Τα μεθανοβακτήρια είναι αυστηρά αναερόβια και ιδιαίτερα ευαίσθητα στις συνθήκες περιβάλλοντος, επηρεάζονται δυσμενώς από αύξηση των οξειδωμένων ουσιών, από πτητικά οξέα, διαλυμένα άλατα και κατιόντα μετάλλων και έχουν εξειδικευμένη προτίμηση σε ορισμένο θρεπτικό υπόστρωμα. Κάθε είδος χρησιμοποιεί λίγες μόνο ενώσεις, κυρίως αλκοόλες και οργανικά οξέα, ενώ βασικές πηγές ενέργειας, όπως είναι οι υδατάνθρακες και τα αμινοξέα, δεν προσβάλλονται.

Η ευαισθησία των μεθανοβακτηρίων, που ολοκληρώνουν το δεύτερο στάδιο της χωνεύσεως, μπορεί να κλονίσει εύκολα την ισορροπία του βιολογικού συστήματος και τον κανονικό ρυθμό αποδημήσεως της λάσπης. Οποιαδήποτε δυσμενής μεταβολή του περιβάλλοντος (θερμοκρασία, ΡΗ, τοξικά μέταλλα κλπ.) προκαλεί ελάττωση του πληθυσμού των μεθανοβακτηρίων με αποτέλεσμα τη συσσώρευση των παραγομένων οργανικών οξέων από τα ανθεκτικά οξυβακτήρια και την πιο πέρα ελάττωση των μεθανοβακτηρίων με τελική συνέπεια την αστοχία του συστήματος[17].

Τα παραπάνω στάδια φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί:



Εικόνα 3 Διαδικασία αναερόβιας χώνευσης [17]

### 1.8.1 Η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης

Η Αναερόβια Χώνευση είναι μια βιοχημική διεργασία κατά τη διάρκεια της οποίας σύνθετα οργανικά στοιχεία αποσυντίθενται απουσία οξυγόνου, από διάφορους τύπους αναερόβιων μικροοργανισμών. Σε μία εγκατάσταση βιοαερίου, το αποτέλεσμα της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης είναι το βιοαέριο, αέριο καύσιμο μίγμα διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και μεθανίου (CH<sub>4</sub>), και η χωνεμένη ιλύς, το αποσυντιθέμενο υπόστρωμα της χώνευσης, πλούσιο σε άζωτο. Η ενέργεια, που είναι χημικά δεσμευμένη μέσα στο υπόστρωμα, παραμένει κυρίως στο παραγόμενο βιοαέριο με τη μορφή μεθανίου. Η διεργασία σχηματισμού του βιοαερίου είναι ένα αποτέλεσμα συνδυαστικών βημάτων, στα οποία το αρχικό υλικό συνεχώς διασπάται σε μικρότερα στοιχεία. Ειδικές ομάδες μικροοργανισμών εμπλέκονται σε καθένα από τα μεμονωμένα βήματα. Αυτοί οι οργανισμοί αποσυνθέτουν διαδοχικά τα προϊόντα των προηγούμενων βημάτων. Ένα

απλουστευμένο διάγραμμα της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα 3, όπου διακρίνονται τα τέσσερα κύρια στάδια της διεργασίας: η υδρόλυση, η οξικογένεση, και η μεθανογένεση. Τα στάδια της διεργασίας που αναφέρονται στην εικόνα λαμβάνουν χώρα παράλληλα στο χώρο και το χρόνο, στη δεξαμενή χώνευσης. Η παραγωγή βιοαερίου φθάνει στην αιχμή της κατά την μεθανογένεση. Κατά το πρώτο στάδιο της αναερόβιας χώνευσης, λαμβάνει μέρος η υδρόλυση κατά την οποία αποσυντίθενται τα οργανικά πολυμερή σε μικρότερα στοιχεία, μονό ή ολιγομερή, από μια ποικιλία υδρολυτικών μικροοργανισμών. Τα προϊόντα της υδρόλυσης μετατρέπονται εν συνεχεία από οξεογενή βακτηρίδια σε μεθανογενή υποστρώματα κατά τη φάση της οξικογένεσης. Κατά τη διάρκεια της οξικογένεσης τα πτητικά λιπαρά οξέα και οι αλκοόλες οξειδώνονται σε μεθανογενή υποστρώματα, όπως οξικό οξύ, υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα. Κατά τη διάρκεια της μεθανογένεσης, το υδρογόνο μετατρέπεται σε μεθάνιο. Το 70% του διαμορφωμένου μεθανίου προέρχεται από οξικό άλας, ενώ το υπόλοιπο 30% παράγεται από τη μετατροπή του υδρογόνου και του CO<sub>2</sub>. Η οξικογένεση και η μεθανογένεση συνήθως λαμβάνουν χώρα παράλληλα, ως συμβίωση δύο ομάδων οργανισμών, όπως φαίνεται και στην (Εικόνα 4).



Εικόνα 4 Τα κύρια βήματα της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης

Η παραγωγή του μεθανίου και του διοξειδίου του άνθρακα από ενδιάμεσα προϊόντα πραγματοποιείται από τα μεθανογενή βακτήρια. Η μεθανογένεση είναι ένα κρίσιμο βήμα σε ολόκληρη τη διεργασία της χώνευσης, δεδομένου ότι είναι η πιο αργή βιοχημική αντίδραση της διεργασίας. Η μεθανογένεση επηρεάζεται από τις συνθήκες λειτουργίας (σύνθεση της πρώτης ύλης, ρυθμός τροφοδοσίας, θερμοκρασία, pH). Ανασταλτικοί παράγοντες για την παραγωγή μεθανίου αποτελούν η υπερπλήρωση του χωνευτή, οι αλλαγές θερμοκρασίας και η παρουσία οξυγόνου. Τα βακτήρια μεθανίου είναι δύσκολοι αναερόβιοι οργανισμοί, οπότε πρέπει να αποφεύγεται αυστηρά η παρουσία οξυγόνου στη διεργασία της χώνευσης.

Η διαδικασία της αναεροβιας χωνεύσεως επηρεάζεται μεταξύ άλλων σημαντικά και από τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της εγκαταστάσεως. Συνήθως διακρίνονται δύο ρυθμοί χωνεύσεως, ο συμβατικός (Standard-rate or medium-rate) και ο ταχύρρυθμος (High-rate digestion). Εξάλλου η χώνευση μπορεί να γίνει σε ένα ή σε δύο στάδια με χρησιμοποίηση μιας ή δύο δεξαμενών αντίστοιχα.

Τελικά είναι δυνατοί τέσσερις συνδυασμοί χωνεύσεως:

- Συμβατικός ρυθμός σε ένα ή δύο στάδια και
- Ταχύρρυθμη χώνευση σε ένα ή δύο στάδια.

Συνήθως η ταχύρρυθμη χώνευση γίνεται σε δύο στάδια και φέρει λίγο μεγαλύτερο φορτίο στερεών και βαθμό αναμίξεως από τη συμβατική σε δύο επίσης στάδια.

Η χώνευση με συμβατικό ρυθμό μπορεί να γίνει σε ένα ή σε δύο στάδια. Η λάσπη θερμαίνεται, είτε με ελικοειδή σωλήνωση στο εσωτερικό της δεξαμενής, όπου κυκλοφορεί ατμός ή ζεστό νερό, είτε με ανακυκλοφορία λάσπης σε εξωτερικό εναλλάκτη θερμότητας.

Στη δεξαμενή ενός σταδίου οι βασικές λειτουργίες, που περιλαμβάνουν είναι (α) χώνευση της λάσπης, (β) πύκνωση με βαρύτητα και (γ) διαχωρισμό του υπερκείμενου υγρού γίνονται ταυτόχρονα σε διάφορα επίπεδα και η δεξαμενή είναι στρωματωμένη. Η εισαγωγή της νωπής λάσπης γίνεται κατά προτίμηση στην περιοχή της έντονης χωνεύσεως. Τα παραγόμενα αέρια, που ανέρχονται στην επιφάνεια, παρασύρουν μόρια ύλης και λύπη, που σχηματίζουν τελικά συμπαγή επίστρωμα.

Λόγω της στρωματώσεως και της ελλείψεως εσωτερικού μηχανισμού αναμίξεως ο όγκος της δεξαμενής χωνεύσεως ενός σταδίου δεν αξιοποιείται περισσότερο από 50%. Για την αντιμετώπιση αυτού του μειονεκτήματος οι μεγαλύτερες συμβατικές μονάδες χωνεύσεως (π.χ. σ' εγκαταστάσεις με παροχή  $Q \geq 5000 \text{ m}^3/\text{d.}$ ) εφαρμόζουν διαδικασία επεξεργασίας της λάσπης σε δύο στάδια.

Κατά τη μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται δύο χωριστές δεξαμενές. Στην πρώτη δεξαμενή, που διαθέτει σύστημα θερμάνσεως και μηχανισμό πλήρους αναμίξεως, γίνεται η χώνευση της λάσπης σ' ολόκληρο το διαθέσιμο όγκο, ενώ στη δεύτερη γίνεται η συνέχεια αποθήκευση της χωνευμένης λάσπης, πύκνωση και διαχωρισμός των υγρών.

Τα υπερκείμενα υγρά, που διαχωρίζονται, έχουν ψηλό οργανικό φορτίο ( $BODs = 500-3000 \text{ mg/l}$  και αιωρούμενα στερεά. Για αυτό πρέπει να οδηγούνται στην αρχή της εγκαταστάσεως, προκειμένου να υποβληθούν σε κανονική επεξεργασία.

Η ανάμιξη στην πρώτη δεξαμενή μπορεί να γίνει, είτε με μηχανικό αναμικτήρα, είτε με αντλία ανακυκλοφορίας λάσπης, είτε τέλος με ανακυκλοφορία πιεσμένου αερίου, που

τροφοδοτεί σειρά από σωλήνες διαχύσεως ή κεντρικό σωλήνα δημιουργίας ρεύματος ή τέλος σύστημα διαχύσεως τοποθετημένο στον πυθμένα ή και ψηλότερα με ρυθμό συνήθως 0,8 m<sup>3</sup>/h.

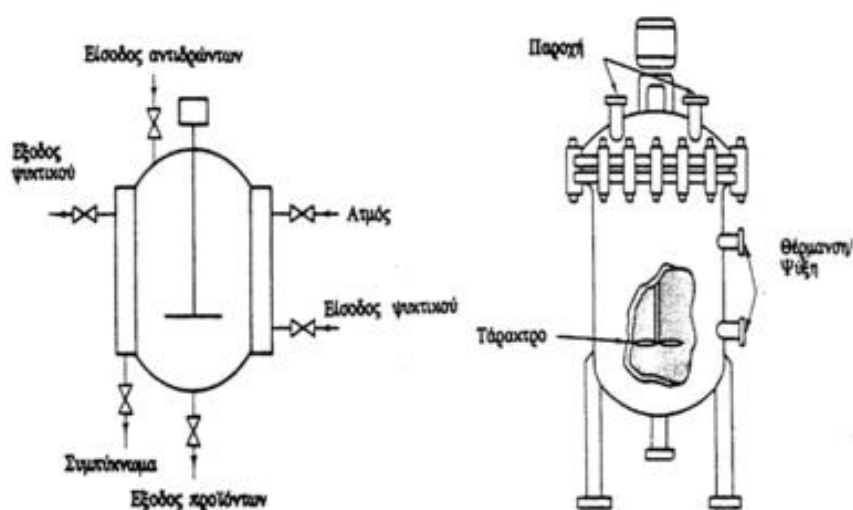
Συχνά οι δεξαμενές των δύο σταδίων κατασκευάζονται όμοιες και με κατάλληλη ρύθμιση μπορεί να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικά. Σε άλλες περιπτώσεις η δεύτερη δεξαμενή μπορεί να είναι ανοικτή ή χωρίς θέρμανση ή ακόμη και δεξαμενή συγκεντρώσεως λάσπης. Τέλος οι δεξαμενές μπορεί να έχουν σταθερή οροφή ή πλωτό κάλυμμα.

### 1.8.2 Κυριότεροι τύποι αναερόβιων βιολογικών αντιδραστήρων

Για να είναι δυνατή η παραγωγή βιοαερίου από τους αναερόβιους αντιδραστήρες πρέπει να πληρούνται δύο βασικές προϋποθέσεις. Αυτές είναι η συγκράτηση του οξυγόνου εκτός του αντιδραστήρα και η δημιουργία συνθηκών επαφής μεταξύ των μικροοργανισμών και της οργανικής ύλης. Τα κυριότερα συστήματα αναερόβιων αντιδραστήρων περιγράφονται παρακάτω.

#### Αντιδραστήρες διαλείποντος έργου (Batch reactors)

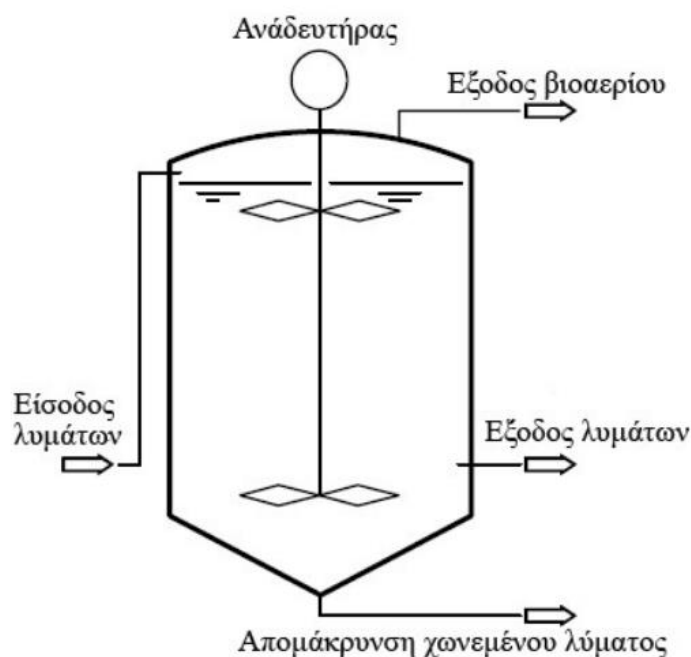
Οι αντιδραστήρες διαλείποντος έργου (Εικόνα 5) έργου αποτελούνται από ένα κύριο σώμα, το οποίο είναι αεροστεγώς κλεισμένο. Η λειτουργία τους είναι απλή καθώς μετά την εισαγωγή της οργανικής ύλης δημιουργείται αναερόβιο περιβάλλον και αρχίζει η αναερόβια αποικοδόμησή της. Ο όγκος των αντιδραστήρων μπορεί να είναι από λίγα ml, για αντιδραστήρες που χρησιμοποιούνται σε εργαστηριακή κλίμακα, έως βιομηχανικά συστήματα πολλών m<sup>3</sup>. Οι αντιδραστήρες διαλείποντος έργου χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε εργαστηριακό επίπεδο για την εύρεση της ποσότητας βιοαερίου που παράγεται από δεδομένη ποσότητα οργανικής ύλης, σε ορισμένο χρονικό διάστημα. Η βιομηχανική χρήση των συστημάτων διαλείποντος έργου αποφεύγεται στις χώρες του δυτικού κόσμου αλλά συνήθίζεται σε υποανάπτυκτες χώρες. Αυτό συμβαίνει λόγω του χαμηλού κόστους κατασκευής και συντήρησής τους αλλά και επειδή η ποιότητα του τελικού προϊόντος δεν αποτελεί βασικό παράγοντα της μεθόδου επιλογής διαχείρισης των αποβλήτων[18]



Εικόνα 5 Αντιδραστήρας διαλείποντος έργου [18].

### Αντιδραστήρες συνεχούς λειτουργίας (CSTR: Continuous Stirred Tank Reactor)

Οι αντιδραστήρες CSTR αποτελούνται από το κύριο σώμα, το οποίο είναι μια αεροστεγής δεξαμενή διαφόρων διαστάσεων, από μία δικλείδα εισαγωγής λυμάτων, από μια δικλείδα εξαγωγής του χωνεμένου λύματος και από μια δικλείδα εξαγωγής του βιοαερίου. Στους αντιδραστήρες CSTR τα λύματα εισάγονται με τη βοήθεια περισταλτικής αντλίας με παράλληλη εξαγωγή ποσότητας χωνεμένου λύματος. Η παρουσία αναδευτήρα είναι απαραίτητη για την εξασφάλιση της ορθής ανάμιξης των λυμάτων. Είναι ο συνηθέστερος τύπος αντιδραστήρων που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία ακάθαρτων υδάτων και αγροτοβιομηχανικών αποβλήτων με ολικά στερεά πάνω από 3%. Η θέρμανση του αντιδραστήρα γίνεται ταυτόχρονα με την ανάμιξη. Στους αντιδραστήρες συνεχούς λειτουργίας ο μέσος χρόνος παραμονής των λυμάτων είναι ίσος με τον υδραυλικό χρόνο παραμονής. Τα μειονεκτήματα χρήσης του συγκεκριμένου αντιδραστήρα είναι το μεγάλο κόστος μίξης και θέρμανσης, ιδίως όταν χρησιμοποιούνται θερμοφίλες συνθήκες εντός του αντιδραστήρα και η δυσκολία συγκράτησης μέσα σε αυτόν, των βακτηρίων που συντελούν στην αναερόβια ζύμωση. Παρόλα αυτά, οι αντιδραστήρες συνεχούς λειτουργίας παρουσιάζουν τα πλεονεκτήματα ότι απαιτούν χαμηλό κόστος κατασκευής και συντήρησης και ταυτόχρονα υπάρχει ευκολία στον τρόπο που μπορεί να συλλεχθεί το παραγόμενο βιοαέριο. Επίσης, πλεονεκτούν στο ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για συγχώνευση αποβλήτων χωρίς ιδιαίτερη προετοιμασία και μπορούν να δεχθούν μεγάλα οργανικά φορτία χωρίς να μεταβάλλεται αρκετά η ποιότητα του τελικού προϊόντος.[19]

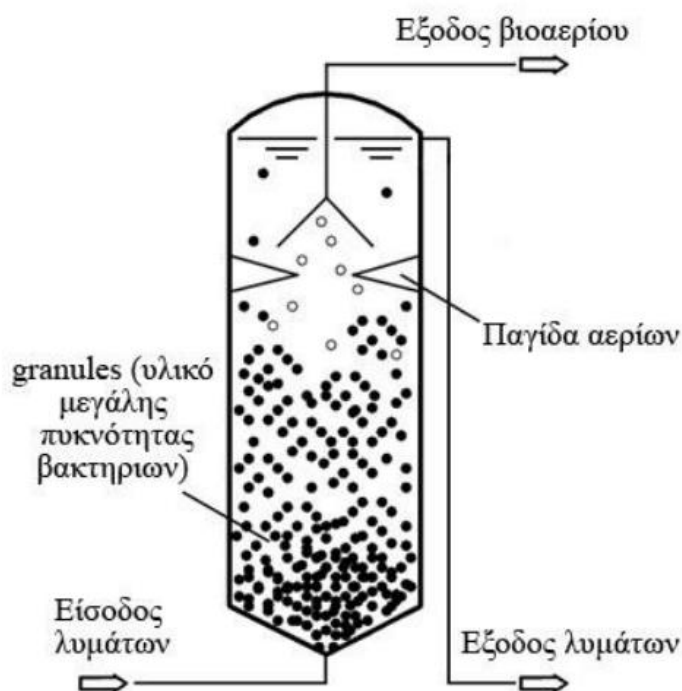


Εικόνα 6 Αναερόβιος χωνευτής πλήρους ανάμιξης (CSTR) [[19]]

### Αντιδραστήρες ανοδικής ροής (UASB: Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor)

Οι αντιδραστήρες UASB αποτελούνται από τέσσερα τμήματα: α) μία κυρίως κυλινδρική δεξαμενή, β) μία παγίδα των αερίων που λειτουργεί ως διαχωριστής στερεών και αερίου, γ) μία έξοδο του παραγόμενου βιοαερίου και δ) μία είσοδο των λυμάτων που είναι

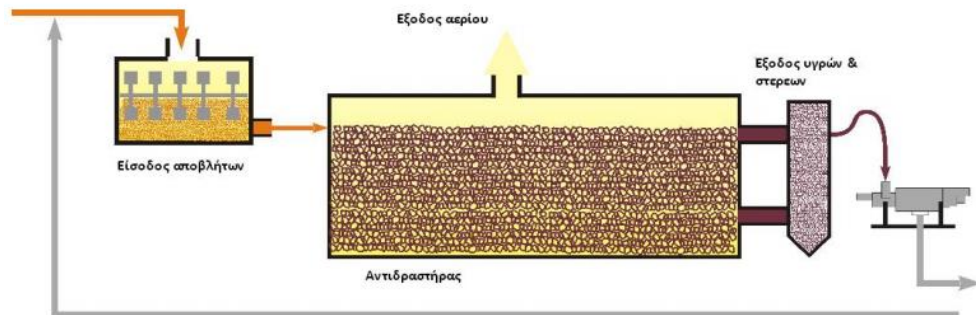
τοποθετημένη στη βάση του αντιδραστήρα. Ο υψηλός βαθμός απόδοσής τους καθώς και η αξιοπιστία στην αδιάκοπη λειτουργία τους, τους κατατάσσουν στην υψηλότερη θέση προτίμησης ανάμεσα στα αναερόβια συστήματα επεξεργασίας λυμάτων. Η βασική ιδέα της διεργασίας είναι ότι το απόβλητο εισέρχεται μέσα στον αντιδραστήρα από τον πυθμένα και τον εγκαταλείπει από την κορυφή με τη χρήση ενός διαχωριστή φάσεων. Κατά την ανοδική ροή του, το υγρό απόβλητο διαπερνά ένα στρώμα βιολογικής κοκκώδους λάσπης η οποία βρίσκεται σε αιώρηση και καταναλώνει τις βιοαποδομήσιμες ενώσεις του αποβλήτου, οι οποίες στη συνέχεια μετατρέπονται σε βιοαέριο. Οι αντιδραστήρες ανοδικής ροής παρουσιάζουν το πλεονέκτημα της καλής μίξης και σωστής διάχυσης του εισερχόμενου ρεύματος ενώ ταυτόχρονα εμφανίζουν μεγάλη σταθερότητα και απαιτούν μικρό όγκο δεξαμενών λόγω του μειωμένου χρόνου παραμονής των αποβλήτων μέσα σε αυτούς. Στα αρνητικά της χρήσης αυτών των αντιδραστήρων συγκαταλέγεται η ανικανότητα του συστήματος να ανταπεξέλθει σε συνθήκες αυξημένων συγκεντρώσεων στερεών, καθιστώντας απαραίτητη την απομάκρυνσή τους πριν την εισαγωγή τους στο σύστημα. Έτσι αυξάνεται κατά πολύ το κόστος συντήρησης και επεξεργασίας.



Εικόνα 7 Αντιδραστήρας ανοδικής ροής αποβλήτων (UASB) [19]

#### Αντιδραστήρες εμβολικής ροής (PFR: Plug Flow Reactors)

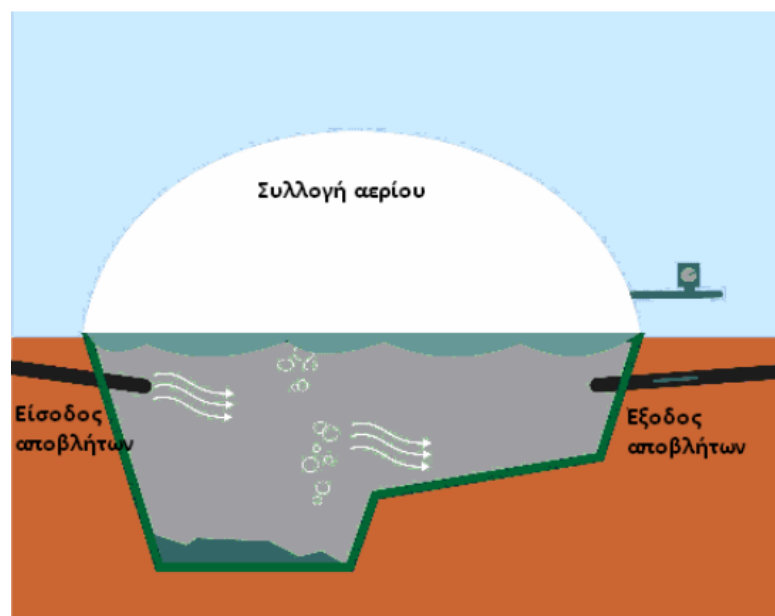
Πρόκειται για ένα από τα απλούστερα συστήματα αναερόβιων αντιδραστήρων. Τα λύματα εισέρχονται από τη μία μεριά του αντιδραστήρα και ρέουν αξονικά μέσα σε αυτόν. Η απόρριψη γίνεται από την αντίθετη μεριά του αντιδραστήρα ενώ κατά μήκος αυτού αναπτύσσονται οι αναερόβιοι μικροοργανισμοί, οι οποίοι έρχονται σε επαφή με τα λύματα. Η θέρμανση του συστήματος γίνεται μέσω αυλών που υπάρχουν κατά μήκος του αντιδραστήρα. Στους αντιδραστήρες εμβολικής ροής, λόγω της απουσίας ανάμιξης δημιουργούνται προβλήματα καθίζησης αδρανών υλικών όταν χρησιμοποιούνται απόβλητα με υψηλή οργανική φόρτιση.



Εικόνα 8 Αναερόβιος αντιδραστήρας εμβολικής ροής (PFR)

### 1.8.3 Αναερόβιες λίμνες

Οι αναερόβιες λίμνες χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση αποβλήτων από ένα μεγάλο αριθμό κτηνοτρόφων στην Ελλάδα λόγω του μικρού κόστους κατασκευής και της μικρής ανάγκης συντήρησης. Οι αναερόβιες λίμνες είναι συνήθως ορθογώνιες χωμάτινες δεξαμενές καλυμμένες με ένα υλικό κάλυψης που συνήθως είναι μια πλαστική μεμβράνη, η οποία πρωτίστως δεν επιτρέπει στο οξυγόνο να εισέλθει στη δεξαμενή, ενώ παράλληλα συγκρατεί το βιοαέριο το οποίο μπορεί αργότερα να χρησιμοποιηθεί για καύση και παραγωγή ενέργειας. Στις αναερόβιες λίμνες το απόβλητο εισέρχεται από τη μια πλευρά της δεξαμενής και εκρέει από την απέναντι. Θέρμανση ή ανάμιξη δε χρησιμοποιείται και έτσι όλη η διαδικασία είναι ιδιαίτερα αργή αυξάνοντας έτσι το μέγεθος της δεξαμενής. Στις δεξαμενές αυτές μπορεί να χρησιμοποιείται ανακυκλοφορία της ιλύος που περιέχει μικροοργανισμούς, συντηρώντας έτσι ένα θετικό ισοζύγιο για αυτούς[[20]].

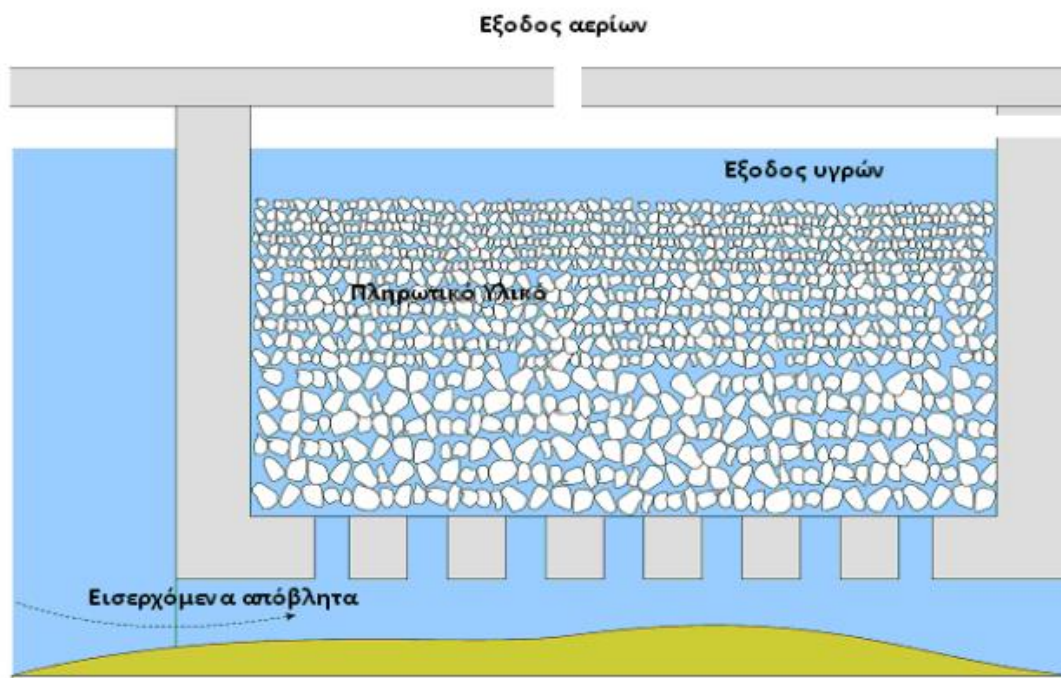


Εικόνα 9 Αναερόβιο σύστημα λίμνης – λεκάνης [20]

### 1.8.4 Αναερόβια φίλτρα

Στα αναερόβια φίλτρα τα προς επεξεργασία υλικά, είτε ανέρχονται, είτε κατέρχονται μέσω μιας δεξαμενής πληρωμένης με κάποιο αδρανές πληρωτικό υλικό το οποίο μπορεί να

είναι πέτρωμα, πολυμερές ή γυαλί. Το πληρωτικό υλικό είναι έτσι τοποθετημένο, ούτως ώστε να επιτρέπει την προσκόλληση, παραμονή και ανάπτυξη των μικροοργανισμών επάνω σε αυτό. Με την εισαγωγή των προς επεξεργασία αποβλήτων, αυτά έρχονται σε επαφή με τους ακινητοποιημένους μικροοργανισμούς, οι οποίοι καταναλώνουν το οργανικό φορτίο του εισερχόμενου ρεύματος. Πιο αποδοτικά είναι τα φίλτρα καθοδικής ροής γιατί μειώνουν την περίπτωση απομάκρυνσης της βιομάζας κατά τη διαδικασία απομάκρυνσης του επεξεργασμένου ρεύματος. Συνήθεις υδραυλικοί χρόνοι παραμονής κυμαίνονται μεταξύ 0.5 και 1.5 ημερών με αποτέλεσμα την απομάκρυνση του 50-70% του οργανικού φορτίου. Τα θετικά της μεθόδου είναι η αποδοχή μεγάλων οργανικών φορτίων, η μη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, το μικρό κόστος συντήρησης και χρήσης, αλλά και η αρκετά μεγάλη απομάκρυνση του οργανικού φορτίου. Αρνητικά της μεθόδου είναι η ανάγκη αραίωσης με παράλληλη αύξηση του όγκου του αποβλήτου, η μικρή απομάκρυνση παθογόνων μικροοργανισμών, ο μεγάλος χρόνος που χρειάζεται για να επιτευχθεί η σταθεροποίηση του συστήματος και η συσσώρευση βιομάζας στα στελέχη του βιοφίλτρου, κάτι το οποίο έχει αρνητικές συνέπειες στο δυναμικό του συστήματος[21].



Εικόνα 10 Αναερόβιο φίλτρο ανοδικής ροής πηγής: [21]

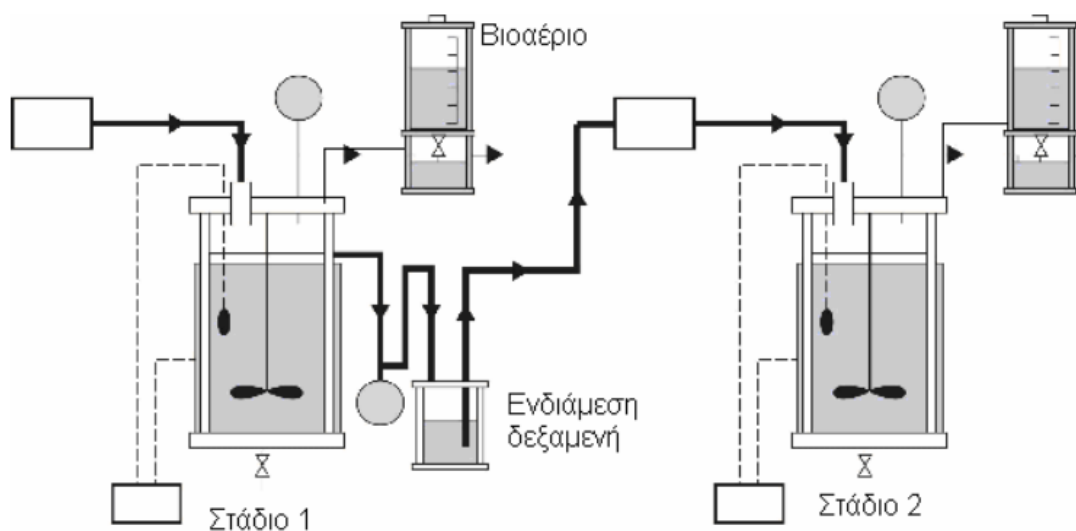
#### 1.8.5 Αναερόβιοι χώνευτες πολλών σταδίων

Κατά την αναερόβια χώνευση πολλών σταδίων οι φυσικές διεργασίες της χώνευσης διαχωρίζονται και λαμβάνουν χώρα σε διαφορετικές δεξαμενές όπου εξειδικευμένοι πλέον μικροοργανισμοί αναλαμβάνουν την αποδόμηση της οργανικής ύλης. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η χώνευση είναι απόρροια συμβιωτικών σχέσεων που σχηματίζονται μεταξύ των μικροοργανισμών όπου τα προϊόντα προηγούμενων φάσεων καταναλώνονται ως υπόστρωμα από τους μικροοργανισμούς επόμενων φάσεων, έως την παραγωγή των τελικών προϊόντων (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>). Στη συγκεκριμένη περίπτωση τα μεθανιογόνα βακτήρια είναι υπεύθυνα για τη μείωση παρεμποδιστικών προϊόντων, τα οποία παρεμποδίζουν τις διεργασίες των μικροοργανισμών στις πρώτες κυρίως φάσεις (H<sub>2</sub>). Τα βακτήρια των πρώτων φάσεων είναι υπεύθυνα για την προετοιμασία του τροφικού υποστρώματος για τα μεθανιογόνα βακτήρια, τα οποία καθορίζουν την ταχύτητα της διεργασίας λόγω της



ευπάθειας και του αργού χρόνου με τον οποίο μετατρέπουν το υπόστρωμα σε CH<sub>4</sub> και CO<sub>2</sub>[22].

Οι χωνευτές πολλών σταδίων καλύπτουν αυτήν την καθυστέρηση, καθώς επιτρέπουν την εξειδίκευση των μικροοργανισμών στις διάφορες φάσεις χωρίς να απαιτούν τη φυσική συνύπαρξη των διεργασιών στον ίδιο χώρο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του χρόνου παραμονής των αποβλήτων στις δεξαμενές, την επίτευξη καλύτερης ποιότητας τελικού προϊόντος και την αύξηση της ποιότητας στο παραγόμενο βιοαέριο. Πέραν των παραπάνω, η εξειδίκευση αυτή των μικροοργανισμών έχει ως αποτέλεσμα την κατασκευή σταθερότερων συστημάτων χώνευσης χωρίς τον κίνδυνο ολικής καταστροφής του συστήματος λόγω αργής απόκρισης των μεθανιογόνων μικροοργανισμών και τη μειωμένη παραγωγή αφρού. Τα αρνητικά των συστημάτων πολλών φάσεων είναι κυρίως το υψηλό κόστος κατασκευής και συντήρησης λόγω της ανάγκης εξειδικευμένων συστημάτων διαχείρισης και της απώλειας της ικανότητας παραγωγής μεθανίου κατά τη διάρκεια των πρώτων φάσεων, λόγω μη ύπαρξης των κατάλληλων μικροοργανισμών[23].



Σύστημα αναερόβιας χώνευσης πολλών σταδίων [23]

#### 1.8.6 Προβλήματα κατά την διεργασία της αναερόβιας χώνευσης

Παράγοντες που επηρεάζουν τα μεθανογόνα βακτήρια [16]:

- Η φόρτιση στερεών του χωνευτή
- Η ανάμιξη του περιεχομένου ενός χωνευτή
- Η θερμοκρασία
- Η Αλκαλικότητα
- Τα πτητικά οξέα
- Θρεπτικά συστατικά και ιχνοστοιχεία
- Τοξικότητα των λασπών

### *Η φόρτιση στερεών στους χωνευτές*

Εδώ θα γίνει αναφορά σε δύο επιμέρους παράγοντες:

- Τον χρόνο παραμονής των λασπών στον χωνευτή ο οποίος εξαρτάται από την υδραυλική φόρτιση του χωνευτή και ο οποίος επηρεάζει τον βαθμό σταθεροποίησης των λασπών.
- Τη φόρτιση πτητικών στερεών ανά μονάδα πτητικών στερεών στον χωνευτή και ανά ημέρα. Υπερβολική φόρτιση δημιουργεί μεγάλη ποσότητα πτητικών οξέων τα οποία είναι τοξικά για τα μεθανογόνα.

Η φόρτιση πρέπει να είναι τόση, ώστε να συντελεί στη θεμελιώδη ισορροπία του συστήματος η οποία επιτυγχάνεται όταν τα μεθανογόνα είναι ικανά να αναλώσουν τα παραγόμενα πτητικά οξέα.

Η ανάμειξη του περιεχομένου ενός χωνευτή έχει μεγάλη σημασία διότι:

- Συντελεί στην ομοιόμορφη θέρμανση.
- Κατανέμει ομοιόμορφα τις λάσπες (τροφή) προς όλα τα βακτήρια.
- Βοηθά στην απομάκρυνση των μεταβολικών προϊόντων των βακτηρίων.
- Αποτρέπει την κατακάθιση άμμου και άλλων στερεών στον πυθμένα του χωνευτή και επιτρέπει τη σωστή έξοδο τους από αυτόν.

### *Η θερμοκρασία*

Τα βακτήρια είναι ευαίσθητα στη θερμοκρασία. Αναλίσκουν ρύπους και αναπτύσσονται ταχύτερα σε υψηλότερες θερμοκρασίες πράγμα που επιτρέπει την αύξηση της φόρτισης του χωνευτή, την καλύτερη σταθεροποίηση της λάσπης και μεγαλύτερη παραγωγή βιοαερίου. Η μεσόφιλη περιοχή για την αναερόβια χώνευση είναι 35-36°C .

Η θερμοκρασία πρέπει να παραμένει σταθερή. Κάθε είδους μεθανογόνου βακτηρίου έχει μια άριστη θερμοκρασία για ανάπτυξη, έτσι αν η θερμοκρασία μεταβάλλεται συνεχώς δεν είναι δυνατόν να διατηρηθεί μεγάλος πληθυσμός από κάποια είδη μεθανογόνων με συνέπεια τη μείωση της δυναμικότητας της διεργασίας. Θερμοκρασιακή σταθερότητα επιτυγχάνεται όταν έχουμε θερμοκρασία γύρο στους 36°C.

Αν η θερμοκρασία πέσει για παράδειγμα κατά 2°C και δεν μπορούμε να την επαναφέρουμε ταχύτατα και να την διατηρήσουμε σταθερή τότε είναι προτιμότερο να σταθεροποιήσουμε στην νέα αυτή κατώτερη θερμοκρασία.

Η θερμοκρασία επιλέγεται από τον χειριστή και είναι καλό να διατηρείται σταθερή

Η σταθερότητα της θερμοκρασίας επιτυγχάνεται με :

- καλή ανάμειξη του χωνευτή
- αξιόπιστο σύστημα θέρμανσης
- ομοιόμορφη τροφοδοσία
- στενή παρακολούθηση με μετρήσεις
- ύπαρξη στην αποθήκη ανταλλακτικών του εξοπλισμού θέρμανσης

### *PH, πτητικά οξέα και αλκαλικότητα*

Το PH πρέπει να είναι μεταξύ 6,8 και 7,2. Όσο το PH μειώνεται τόσο αυξάνεται η συγκέντρωση του μη ιονισμένου μορίου των πτητικών οξέων, αλλά η μη ιονισμένη μορφή του πτητικού οξέος (RCOOH) αν ξεπεράσει μια τιμή συγκέντρωσης, δρα τοξικά στα μεθανογόνα βακτήρια. Η τιμή αυτή είναι γύρω στα 10 mg/l σαν οξικό οξύ. Οι χωνευτές πρέπει να έχουν επαρκή αλκαλικότητα, ώστε να εξουδετερώνεται το μη ιονισμένο πτητικό οξύ.

Συνήθως μετράται η ολική αλκαλικότητα (TAC), ενώ η διτανθρακική (BA) εκτιμάται από τη σχέση  $BA = TAC - 0,71 VA$

όπου VA η συγκέντρωση των πτητικών οξέων σε mg/l οξικού οξέος. Η συγκέντρωση των VA ενός υγειούς χωνευτή κυμαίνεται από 50 έως 300 mg/l, ενώ η αλκαλικότητα από 2000 έως 2500 mg/l (σαν CaCO<sub>3</sub>).

Εκείνο που παρακολουθείται στενά κατά τη λειτουργία είναι ο λόγος VA/TAC. Όσο πιο μικρή είναι η τιμή του λόγου αυτού τόσο σταθερότερος είναι ο χωνευτής.

Όταν η τιμή VA/TAC ξεπεράσει το 0,3 τότε ο χωνευτής έχει περιέλθει σε επικίνδυνη κατάσταση με κίνδυνο να τεθεί εκτός, δηλαδή να παύσει παντελώς κάθε βιολογική δράση μέσα σε αυτόν και να νεκρωθεί.

Ασφαλής τιμή του λόγου VA/TAC είναι 0,15. Επειδή το υγρό του χωνευτή έχει μεγάλη ικανότητα buffering, μπορεί τα VA να αυξάνονται χωρίς να μειώνεται το PH. Έτσι είναι δυνατόν, ο χωνευτής να πάρει το δρόμο για να τεθεί εκτός, χωρίς να φαίνεται τίποτα μέσω του PH. Αντίθετα η απόλυτη τιμή του VA δείχνει ξεκάθαρα τις τάσεις του χωνευτή.

Το PH δεν μπορεί να δείξει μία επικείμενη επικίνδυνη κατάσταση για τον χωνευτή, επειδή το υγρό έχει την ιδιότητα να κρατά το PH σταθερό (buffering). Το PH μειώνεται όταν ήδη ο χωνευτής είναι σχεδόν εκτός. Η ολική αλκαλικότητα (TAC) πρέπει να μετράται παράλληλα με τα VA. Το TAC μειώνεται όταν τα VA αυξάνουν. Αλλά, πολλές φορές λόγω σφαλμάτων στις μετρήσεις των VA και TAC, είναι δυνατόν το TAC να μην παρακολουθεί στενά τις μεταβολές των VA. Για το λόγο αυτό, ο λόγος VA/TAC δεν θεωρείται τόσο σίγουρος για τον έλεγχο του χωνευτή όσο τα VA.[16]

### *Θρεπτικά συστατικά και ιχνοστοιχεία*

Όπως όλες οι βιολογικές διεργασίες, έτσι και η αναερόβια χώνευση, για να λάβει χώρα, απαιτεί θρεπτικά συστατικά τα οποία είναι κυρίως το N και ο P. Επίσης απαιτούνται οι απαραίτητες μικροποσότητες μετάλλων όπως, σίδηρος, χαλκός μαγγάνιο, ψευδάργυρος, μολυβδαίνιο και βανάδιο. Λόγω των μικρών απαιτήσεων, τα στοιχεία που ευρίσκονται στις λάσπες των βιολογικών αστικών λυμάτων, είναι υπεραρκετά για την αναερόβια χώνευση των λασπών αυτών.[16]

### *Τοξικότητα*

Τα βακτήρια πρέπει να βρίσκονται σε περιβάλλον χωρίς τοξικές ουσίες. Τοξικές ουσίες είναι :

- Το οξυγόνο
- Υπερβολική ποσότητα VA
- Υπερβολική ποσότητα θειούχων

- Βαρέα μέταλλα
- Η αμμωνία
- Χλωριωμένες οργανικές ενώσεις

#### *Οι παράμετροι Λειτουργείας*

Οι παράμετροι που καθορίζονται και μετρούνται από τον χειριστή είναι:

- ο υδραυλικός χρόνος παραμονής των λασπών
- η φόρτιση πτητικών στερεών του χωνευτή
- η θερμοκρασία

Τα μεγέθη που μετρούνται και παρακολουθούνται στενά είναι:

- τα πτητικά οξέα (VA)
- ολική αλκαλικότητα (TAC)
- το PH
- παραγωγή αερίου και λόγος CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub>

#### *Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής*

Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής είναι  $t = V / Q$ , μετρούμενος σε ημέρες, όπου  $v$  ο όγκος του χωνευτή σε και  $Q$  η παροχή της τροφοδοσίας σε /μέρα. .

Ο χρόνος  $t$  πρέπει πάντοτε να είναι μικρότερος του  $t_{min}$ , όπου  $t_{min}$  ο ελάχιστος επιτρεπόμενος χρόνος παραμονής των λασπών στο χωνευτή.

Ο χρόνος  $t_{min}$  εξαρτάται από τον τύπο των λασπών και από τη θερμοκρασία λειτουργίας.

Για χώνευση λασπών από αστικά λύματα, συνιστάται ένας χρόνος παραμονής 15 έως 20 ημέρες.

Αλλά εάν οι συνθήκες το επιτρέπουν, δηλαδή η τροφοδοσία εμφανίζει αξιόπιστη σταθερότητα, όσον αφορά την ποιότητα και την ποσότητα, υπάρχει αξιόπιστο σύστημα ανάμειξης και θέρμανσης, δεν υπάρχουν τοξικά στην είσοδο τότε, ο χρόνος παραμονής μπορεί να κατέβει και μέχρι 10 ημέρες. Η επιλογή του χρόνου λειτουργίας  $t$  γίνεται με τη ρύθμιση της παροχής του παχυντή  $Q$ .

Η τροφοδοσία του χωνευτή ρυθμίζεται ώστε , να είναι χρονικά σταθερή και ομοιόμορφη να γίνεται όσο το δυνατόν περισσότερες φορές και από λίγο. Η ασταθής και ανομοιόμορφη τροφοδοσία θέτει τον χωνευτή, χωρίς λόγο, σε επικίνδυνες καταστάσεις μετατόπισης από την ισορροπία.

#### *Η φόρτιση πτητικών στερεών του χωνευτή*

Η φόρτιση πτητικών του χωνευτή εκφράζεται σαν kg VSS εισόδου στο χωνευτή ανά kg VSS που ευρίσκεται στο χωνευτή και ανά ημέρα. Η φόρτιση αυτή συνήθως δεν πρέπει να ξεπερνά το 8%. Αλλά το 8 % μπορεί να ξεπεραστεί για λίγες ημέρες, όχι όμως συνεχώς. Επειδή ο χειριστής δεν μπορεί να ελέγξει και να καθορίσει επακριβώς τη συγκέντρωση των στερεών στην έξοδο από τον παχυντή, πρέπει πάντοτε να προσέχει το πόσα στερεά βάζει μέσα στο χωνευτή.

Αυτό το επιτυγχάνει μόνο εάν κάνει καθημερινά μετρήσεις των, VSS στον παχυντή και χωνευτή και παρακολουθεί και ρυθμίζει την αντλία του παχυντή.

Οι παρακάτω κανόνες είναι ανεκτίμητοι για την αδιάλειπτη και ασφαλή λειτουργία ενός χωνευτή.

Με την αντλία τροφοδοσίας του χωνευτή δεν παίζουμε ποτέ, οι μεταβολές στην τροφοδοσία του χωνευτή θα καθορίζονται μόνο από τον υπεύθυνο λειτουργίας και αν επιθυμείτε η αύξηση της φόρτισης του χωνευτή τότε αυτή πρέπει να γίνει με ρυθμό 5% ανά 2 ημέρες και με συνεχή έλεγχο των πτητικών οξέων (VA) του χωνευτή.

#### Τα πτητικά οξέα

Η λειτουργική κατάσταση του χωνευτή μπορεί να ελεγχθεί αποτελεσματικά με 2 τρόπους.

Ο ένας αφορά την παρακολούθηση με τη μέτρηση των πτητικών οξέων και ο άλλος παρακολουθώντας την παραγωγή βιοαερίου και τη σύνθεση αυτού. Ο τρόπος με τη μέτρηση των VA είναι αποτελεσματικός και ο πιο φθηνός, διότι η παρακολούθηση με την παραγωγή του βιοαερίου προϋποθέτει ύπαρξη παροχομέτρου στη γραμμή του βιοαερίου.

Η παρακολούθηση με τα VA πρέπει να γίνεται με τους εξής κανόνες:

Μετράμε καθημερινά τα VA και το TAC, η συχνότητα αυτή εξαρτάται από τις διακυμάνσεις στην ποιότητα της λάσπης τροφοδοσίας.

Ευρίσκουμε το λόγο VA/TAC ο οποίος πρέπει να είναι μικρός,  $VA / TAC < 0,3$  όσο ο λόγος αυτός είναι μικρότερος, τόσο ο χωνευτής παραμένει σταθερός.

Κριτήριο σταθερότητας αποτελεί η απόλυτος τιμή των VA γι' αυτό παρακολουθούμε την απόλυτη τιμή των πτητικών οξέων VA η οποία πρέπει να είναι σταθερή. Ενώ μεταβολή 5-10% πρέπει να σημαίνει εγρήγορση του προσωπικού, για εξακρίβωση της μεταβολής αυτής και λήψη μέτρων για την προστασία του χωνευτή.

Η μεγάλη τιμή του TAC σχετικά με τα VA, δεν μπορεί να προστατεύσει αποτελεσματικά τον χωνευτή, διότι η αύξηση των VA δηλώνει είτε αδυναμία των μεθανογόνων να αναλώσουν τα VA η οποία μπορεί να οφείλεται σε πολλούς λόγους είτε υπερφόρτιση του χωνευτή.

#### 1.8.7 Η παραγωγή του βιοαερίου και η σύνθεσή του

Η παραγωγή του αερίου είναι μία απευθείας ένδειξη της βιολογικής δράσης των βακτηρίων. Η παραγωγή όμως αυτή είναι και ευθέως ανάλογη της τροφοδοσίας του χωνευτή με πτητικά στερεά (VSS). Έτσι, εάν η τροφοδοσία παραμένει ποσοτικά και ποιοτικά σταθερή και η παραγωγή βιοαερίου αρχίζει να μειώνεται τότε έχουμε σαφή ένδειξη ότι υπάρχει πρόβλημα.

Εάν, όμως η παραγωγή αυξομειώνεται σύμφωνα με την είσοδο των VSS στον χωνευτή, τότε η απόκριση του χωνευτή είναι φυσιολογική. Η παραγωγή του βιοαερίου είναι δυνατόν να αποτελέσει εργαλείο ελέγχου της λειτουργίας του χωνευτή, όταν υπάρχουν παροχόμετρα βιοαερίου σε κάθε χωνευτή, επίσης όταν υπάρχει σύστημα μέτρησης των VSS που εισάγονται στον χωνευτή και η σύνθεση του βιοαερίου είναι ένα χρήσιμο μέγεθος για την εξακρίβωση ενός προβλήματος.

Συνήθως σε οποιαδήποτε μετατόπιση ισορροπίας ή ανωμαλίας που επηρεάζει δυσμενώς τα μεθανογόνα, η παραγωγή μεθανίου ( $CH_4$ ) μειώνεται. Ενδεχομένως η συνολική παραγωγή του βιοαερίου να παραμείνει η ίδια, παρ' όλη τη μείωση της παραγωγής του μεθανίου, λόγω ταυτόχρονης αύξησης της παραγωγής του διοξειδίου του άνθρακα ( $CO_2$ ). Στην περίπτωση αυτή αυξάνει ο λόγος  $CO_2 / CH_4$ .

Η απόκριση του χωνευτή σε διάφορες διαταραχές είναι η ακόλουθη σε είσοδο τοξικών η παραγωγή μεθανίου μειώνεται απότομα, σε υδραυλική ή οργανική υπερφόρτιση η παραγωγή μεθανίου μειώνεται προοδευτικά και σε οργανική υπερφόρτιση ενδεχόμενα το μεθάνιο πρώτα να αυξηθεί και μετά να μειωθεί.

#### 1.8.8 Προβλήματα και αποκατάσταση της εύρυθμης λειτουργίας

Σκοπός όμως είναι να παρουσιάσουμε τη φιλοσοφία αντιμετώπισης αυτών των προβλημάτων. Θα αναφερθούμε σε :

- Πτώση του PH
- Αύξηση των πτητικών οξέων
- Απότομη αύξηση της θερμοκρασίας
- Απότομη μείωση της φυσιολογικής δράσης
- Στον χωνευτή έχει παύσει κάθε βιολογική δράση (νεκρός χωνευτής)

##### *Η πτώση του PH*

Συχνά παρατηρείται πτώση του PH. Αυτή μπορεί να οφείλεται είτε σε αύξηση των πτητικών οξέων, είτε σε σφάλμα του ηλεκτροδίου του πεχάμετρου. Αν η χωνεμένη λάσπη έχει ευχάριστη οσμή, τότε δεν μπαίνουμε καν στον κόπο να μετρήσουμε τα πτητικά οξέα. Κάνουμε αμέσως έλεγχο στο ηλεκτρόδιο του πεχάμετρου.

Τα ηλεκτρόδια αφενός μεν υφίστανται μια γήρανση και δεν μετρούν σωστά αφ' ετέρου λερώνονται από τη λάσπη. λίπη και άλλα υλικά επικάθονται στο ηλεκτρόδιο, με αποτέλεσμα εσφαλμένες μετρήσεις. Καθαρίζουμε αμέσως το ηλεκτρόδιο ρυθμίζουμε τη λειτουργία του πεχάμετρου και ξανά μετράμε το PH. Αν το PH που μετράμε εκ νέου είναι χαμηλό, αρχίζουμε την εξέταση όλων των λειτουργικών δεδομένων.

##### *Αύξηση των πτητικών οξέων*

Αν η αύξηση είναι απότομη και λαμβάνει χώρα μέσα σε λίγες ώρες, τότε αναζητούμε την αιτία σε είσοδο τοξικών. Αν η αύξηση δεν είναι απότομη, τότε ελέγχουμε :

Αν η θερμοκρασία του χωνευτή έχει πέσει προοδευτικά για κάποιο λόγο, προσπαθούμε:

- να την επαναφέρουμε, εφόσον αυτό μπορεί να γίνει ταχύτατα, μέσα σε λίγες ώρες.
- να την κρατήσουμε σε χαμηλότερο σημείο, αλλά όμως σταθερή
- ελέγχουμε μη τυχόν συνέβη παράλληλα υπερφόρτιση οργανικού φορτίου
- ανάλογα με τη μεταβολή των VA ενδεχόμενα να μειώσουμε την τροφοδοσία

Αν η θερμοκρασία είναι αμετάβλητη, τότε ελέγχουμε μήπως συνέβη

- υπερφόρτιση οργανικού φορτίου
- υδραυλική υπερφόρτιση
- προοδευτική είσοδος τοξικών υπερφόρτιση οργανικών

Ψάχνουμε 2 σημεία:

#### 1. Την αντλία τροφοδοσίας

Μήπως συνέβη ατυχώς αυξημένη τροφοδοσία του χωνευτή μπορεί να συμβεί:

- από σφάλμα του χρονοδιακόπτη της αντλίας
- από απορρύθμιση στροφών της αντλίας
- από άλλη απροσεξία χειρισμού

2. Τυχόν απότομη αύξηση των στερεών του παχυντή συμβαίνει όταν υπερφορτίζεται με στερεά ο παχυντής. Αν η μείωση των VA είναι χαμηλή τότε η μυρωδιά της χωνευμένης λάσπης ίσως έχει αλλάξει προς το δυσάρεστο, που σημαίνει υπερφόρτιση οργανικών, ελέγχουμε την υδραυλική υπερφόρτιση.

Όταν έχουμε υδραυλική υπερφόρτιση εννοούμε την κατάσταση, που η τροφοδοσία του χωνευτή έχει αυξηθεί τόσο πολύ, που έχει ξεπεράσει τον ελάχιστο επιτρεπόμενο χρόνο παραμονής των λασπών στον χωνευτή. Ο έλεγχος γίνεται πάλι στην αντλία τροφοδοσίας, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως. Αν δεν συνέβη υδραυλική υπερφόρτιση, εξετάζουμε την προοδευτική είσοδο τοξικών. Σαν τοξικά, πρέπει να αναζητήσουμε και την πιθανή είσοδο αέρα στον χωνευτή. Αέρας μπορεί να εισέλθει από το κύκλωμα ανάμειξης του χωνευτή με

βιοαέριο, από ενδεχόμενη μείωση της πίεσης στο χώρο του βιοαερίου και είσοδο αέρα από τις ασφαλιστικές βαλβίδες. Προοδευτική είσοδος τοξικών συμβαίνει με την είσοδο υπόπτων βοθρολυμάτων ή βιομηχανικών αποβλήτων στο αποχετευτικό δίκτυο της πόλης.

Όταν συμβεί αύξηση των πτητικών οξέων πρέπει να μειωθεί η τροφοδοσία η να σταματήσει παντελώς μέχρι επίτευξης νέας ισορροπίας του χωνευτή.

#### *Απότομη αύξηση της θερμοκρασίας*

Απότομη αύξηση της θερμοκρασίας, με τον εξοπλισμό θέρμανσης εκτός λειτουργίας, συμβαίνει μόνο σε είσοδο μεγάλης ποσότητας αέρα στο υγρό του χωνευτή. Με την είσοδο αέρα συμβαίνουν οξειδώσεις οι οποίες εκλύουν θερμότητα. Η είσοδος αυτή, είναι δυνατόν να συμβεί σε εγκαταστάσεις στις οποίες η ανάδευση του χωνευτή γίνεται με το βιοαέριο, στις σωληνώσεις του οποίου υπάρχουν σημεία με υποπίεση, ή στις ίδιες εγκαταστάσεις σε περίπτωση που δημιουργηθεί υποπίεση στο χώρο του βιοαερίου και ανοίξουν οι ασφαλιστικές βαλβίδες για να εισέλθει στο χώρο του βιοαερίου αέρας.

#### *Απότομη μείωση της βιολογικής δραστηριότητας*

Όταν συμβεί μείωση η παύση της βιολογικής δραστηριότητας, τότε τα πτητικά οξέα (VA) αυξάνονται πάρα πολύ και η παραγωγή μεθανίου και βιοαερίου μειώνεται.

Τέτοια μείωση μπορεί να λάβει χώρα με :

- απότομη είσοδο τοξικών
- απότομη υπερφόρτιση οργανικών σε τέτοιο βαθμό που τα πτητικά οξέα να αυξηθούν ώστε  $VA/TAC = 0,8$

#### *Ο χωνευτής είναι νεκρός - διαδικασία ανάκτησης*

Όταν ο χωνευτής χάσει παντελώς τη βιολογική δράση και η παραγωγή του βιοαερίου είναι μηδενική, τότε:

- Σταματάμε την τροφοδοσία του
- Κρατάμε σταθερή θερμοκρασία
- Διορθώνουμε το PH με αλκάλια (αποφεύγουμε τον ασβέστη, το καυστικό κάλιο, το κάλιο βοηθά την δραστηριοποίηση των μεθανογόνων).
- Κρατάμε το PH γύρω στο 7,8.
- Εξαλείφουμε την αιτία της καταστροφής.
- Περιμένουμε επαναδραστηριοποίηση του χωνευτή.

### 1.8.9 Πως γίνεται αντιληπτή η αστοχία της αναερόβιας χώνευσης

Η επικείμενη αστοχία της αναερόβιας χωνεύσεως γίνεται αντιληπτή από την ελάττωση γενικά των παραγόμενων αερίων, τη μείωση του ποσοστού του μεθανίου, την αύξηση της συγκεντρώσεως των οργανικών οξέων και τελικά την πτώση του pH, όταν υπερνικηθεί η αντισταθμιστική ικανότητα που αναπτύσσεται από το διττανθρακικό αμμώνιο σε διάλυση. Η αστοχία της χωνεύσεως μπορεί να οφείλεται σε ουσιώδη αύξηση του οργανικού φορτίου, πολύ μεγάλη ελάττωση του όγκου της λάσπης που χωνεύει, απότομη αύξηση της θερμοκρασίας ή συσσώρευση τοξικής ή ανασταλτικής ουσίας. Ο ρυθμός της χωνεύσεως επηρεάζεται μεταξύ των άλλων σημαντικά και από τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της εγκαταστάσεως. Συνήθως διακρίνονται δύο ρυθμοί χωνεύσεως ο συμβατικός και ο ταχύρρυθμος.

Η δραστική λάσπη και η αναερόβια χώνευση, που είναι οι βασικές διαδικασίες σταθεροποίησης παρουσιάζουν τα μεγαλύτερα ποσοστά ροής θερμότητας. Περίπου τα 2/3 από την εισαγωγή αποβλήτων επεξεργάζονται αφού περάσουν από το στάδιο της δραστικής λάσπης. Στο σημείο αυτό γίνεται το μεγαλύτερο μέρος της σταθεροποίησης μέσω της οξείδωσης των οργανικών στοιχείων, η οποία τελικά χάνεται σαν θερμότητα προς το υδάτινο τμήμα του συστήματος και το περιβάλλον.

Το μεγαλύτερο ποσό ενέργειας που χρησιμοποιείται από την μονάδα καταναλώνεται για την διαδικασία της δραστικής λάσπης και την άντληση των αποβλήτων. Η κατανάλωση ενέργειας από την μονάδα έχει προσαρμοσθεί ανάλογα για τις απώλειες που παρουσιάζονται από την μετατροπή σε ηλεκτρική ενέργεια. Η ποσότητα της ενέργειας στο βιοαέριο του χωνευτή ισούται περίπου με την ποσότητα που απαιτείται για την επεξεργασία της δραστικής λάσπης και συνεπώς θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί για το σκοπό αυτό.

Η αναερόβια διαδικασία έχει τη δυνατότητα να ανακτά περίπου το 80-90% του δυναμικού της βιοχημικής ενέργειας των οργανικών συστατικών με την μορφή του βιοαερίου. Η ενεργειακή αξία του αερίου είναι υψηλή και μπορεί και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες εφαρμογές, λόγω των διάφορων συστατικών που περιλαμβάνει περιορίζονται οι πιθανές εφαρμογές του. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να γίνει κάποια επεξεργασία του αερίου ώστε να αφαιρεθούν τα ξένα συστατικά όπως υδρατμοί, σωματίδια, H<sub>2</sub>S και CO<sub>2</sub>.

### 1.8.10 Ποιοτικά χαρακτηριστικά της χωνεμένης λάσπης

Η χωνεμένη αναερόβια λάσπη μετά τα δυο στάδια είναι πυκνόρρευση, σκουρόχρωμη και περιέχει πολλά αέρια, κυρίως CO<sub>2</sub> και CH<sub>4</sub>. Όταν έχει χωνέψει καλά δεν αναδίδει ενοχλητική μυρωδιά. Μοιάζει με ζεστή πίσσα, Καμμένο λάστιχο. Αφυδατώνεται εύκολα σε αμμοκλίνη και σχηματίζει επιφάνεια γεμάτη με ρήγματα, μυρίζει σαν το χώμα του κήπου. Το ξερό υπόλειμμα είναι κατά 30-60% πτητικό[17].



Συστατικά	Νωπή 1βάθμια λάσπη		Χωνευμένη λάσπη	
	Διακύμανση	Συνηθισμένο	Διακύμανση	Συνηθισμένο
Ολικά ξερά υλικά, (TS), %	2,0-7,0	4,0	6,0-12,0	10,0
Πτητικά στερεά (VS, % TS)	60-80	65	30-60	40
Λίπη (%TS) (διαλυτά στον αιθέρα)	6,0-30,0	-	5,0-20,0	-
Πρωτεΐνες (% TS)	20-30	25	15-20	18
Άζωτο (N, % TS)	1,5-4,0	2,5	1,6-6,0	3,0
Φωσφόρος (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % TS)	0,8-2,8	1,6	1,5-4,0	2,5
Κάλιο (K <sub>2</sub> O, % TS)	0,0-1,0	0,4	0,0-3,0	1,0
Κυτταρίνη (% TS)	8,0-15,0	10,0	8,0-15,0	10,0
Σίδηρος (%TS) (όχι σαν θειούχος)	2,0-4,0	2,5	3,0-8,0	4,0
Πυριτία (SiO <sub>2</sub> , %, TS)	15,0-20,0	-	10,0-20,0	-
pH	5,0-8,0	6,0	6,5-7,5	7,0
Αλκαλικότητα (mg/l, CaCO <sub>3</sub> )	500-1500	600	2500-3500	3000
Οργανικά οξέα (mg/l, HAc)	200-2000	500	100-600	200
Θερμογόνος-ισχύς (Kcal/kg)	3780-5560	4225*	1500-3780	2225**
Με βάση 65% πτητικά στερεά Με βάση 40% πτητικά στερεά				

Πίνακας 3 Τυπική χημική σύνθεση νωπής και χωνευμένης λάσπης [17]

#### 1.8.11 Πώς παράγεται το βιοαέριο

Κατά την αναερόβια αποσύνθεση των οργανικών ουσιών παράγεται αέριο που λέγεται λυματαέριο ή το γνωστό βιοαέριο και συναντάται σχεδόν σε όλες τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα επίσης ελάχιστες ποσότητες άλλων αερίων όπως άζωτο, υδρογόνο, αμμωνία και υδρόθειο. Τα ποσοστά των αερίων αυτών είναι τα εξής:

Μεθάνιο	(CH <sub>4</sub> )	50-75%
Διοξείδιο του άνθρακα	(CO <sub>2</sub> )	25-50%
Άζωτο	(N <sub>2</sub> )	0-1%
Υδρογονάνθρακες	(HC)	0,1-0,5%
Οξυγόνο	(O <sub>2</sub> )	0-0,5%
Υδρόθειο, υδρογόνο κ.λ.π		Μικρές ποσότητες

Πίνακας 4 Ποσοστά ουσιών στο παραγόμενο αέριο [[26]]

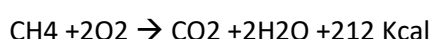
Το βιοαέριο είναι άοσμο, συνεπώς μειώνεται σημαντικά το πρόβλημα της δυσσομίας από την μονάδα επεξεργασίας των αποβλήτων. Μόνο κατά τα πρώτα στάδια της λειτουργίας της δεξαμενής παράγονται δύσοσμα αέρια λόγω της έντονης παρουσίας του μεθανίου. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας που θα καλύπτει τις ανάγκες επεξεργασίας της μονάδας ή εάν η ποσότητα είναι αρκετή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν μονάδα παραγωγής ενέργειας για άλλες χρήσεις.

Ανάλογα με την στοιχειομετρία των προϊόντων, η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την πλήρη χημική οξείδωση των οργανικών συστατικών των αποβλήτων από ισχυρό οξειδωτικό μέσο σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό για το μεθάνιο είναι 0,23 kg

COD/kg μεθανίου. Αυτό μεταφράζεται σε ένα ενεργειακό ισοδύναμο 13,96 Mj/kg COD σαν μεθάνιο.

Το βιοαέριο περιέχει διάφορα αέρια, σε διαφορετικές αναλογίες, ανάλογα με την ουσία από την οποία προέρχεται και τις συνθήκες διεργασίας. Αν η μονάδα παραγωγής δεν έχει σύστημα ελέγχου θερμοκρασίας να εξομαλύνει τις μεταβολές θερμοκρασίας σε 24ωρη βάση, το ποσό του παραγόμενου βιοαερίου διαφέρει ανάλογα με τις διακυμάνσεις της εξωτερικής θερμοκρασίας. Είναι καταναλώσιμο μόνο κατά τα 2/3. Έχει μοριακό βάρος 16,04. Σημείο βρασμού 16,15 οC και έχει ελάχιστη θερμογόνο δύναμη ισχύ 8570 Kcal/Nm<sup>3</sup>. Το μεθάνιο είναι πιο ελαφρύ από τον αέρα και τείνει να μη συσσωρεύεται στο έδαφος, το οποίο μειώνει τον κίνδυνο της έκρηξης. Το μεθάνιο είναι άοσμο, άχρωμο, μη τοξικό, δύσκολα ορατό και έχει καθαρή μπλε και πολύ θερμή φλόγα.

Η αντίδραση καύσης είναι η εξής:



Το σημείο ανάφλεξης είναι στους 715 ° C ενώ η θερμοκρασία καύσης του κυμαίνεται μεταξύ 1500 και 2000 OC. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι πολύ σημαντικά για τον προσδιορισμό των βέλτιστων συνθηκών καύσης του μεθανίου και των συνθηκών ασφάλειας της εγκατάστασης χώνευσης. Θα πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι το μίγμα 1 μέρος όγκου μεθανίου με 10 μέρη όγκου αέρα, αν εκτεθεί κοντά σε πηγή θερμότητας είναι πολύ εκρηκτικό. Για την καύση το βιοαέριο έχει μικρότερη απόδοση από το μεθάνιο. Ιδιαίτερα το θερμικό περιεχόμενο κυμαίνεται μεταξύ 4500 και 6000 kcal/Nm<sup>3</sup>, ανάλογα με την περιεκτικότητα του σε CO<sub>2</sub>. Η παρουσία CO<sub>2</sub> επιβραδύνει την ταχύτητα καύσης και το μίγμα με ισοδύναμο αέρα έχει 14% αέρα και 86% βιοαέριο. Για την αποφυγή αναφλέξεων, η βέλτιστη αναλογία του μίγματος πρέπει να είναι περίπου 7% αέρα και 93% βιοαερίου. [[26]]

#### 1.8.12 Καθαρισμός βιοαερίου

Το πρόβλημα που εμφανίζεται εδώ είναι η απομάκρυνση από το βιοαέριο, των τριών συστατικών που μειώνουν τη θερμική απόδοσή του δηλαδή των υδρατμών, του διοξειδίου του άνθρακα και του υδρόθειου. Ο καθαρισμός θα πρέπει να γίνεται όταν το διαθέσιμο ποσό του βιοαερίου αποσβένει το κόστος της εγκατάστασης. Το ακατέργαστο βιοαέριο μπορεί να περιέχει μεθάνιο σε συγκέντρωση 95%, το οποίο μπορεί να θεωρηθεί στην καύση του ισοδύναμο με το φυσικό αέριο.

Οι υδρατμοί μπορούν να απομακρυνθούν με ψύξη, τοποθετώντας συσκευές συλλογής του συμπυκνώματος στο κατώτερο μέρος των σωλήνων ή με την παροχή σε μια κλίση κατακράτησης της υγρασίας (CaCl<sub>2</sub> ή CaO). Το διοξείδιο του άνθρακα μπορεί να απομακρυνθεί διοχετεύοντας τη ροή του βιοαερίου σε μία στήλη η οποία έρχεται σε επαφή με νερό ή διάλυμα υδροξειδίου του ασβεστίου (Ca(OH)<sub>2</sub>). Για την ολική απομάκρυνση του CO<sub>2</sub> υπάρχουν μερικές λίγο πιο ακριβές αλλά και πιο αξιόπιστες μέθοδοι όπως η απορρόφηση του από δι- ή τρι-αιθανολαμίνη ή μονοαιθανολαμίνη οι οποίες αντιδρούν ισχυρά με το CO<sub>2</sub>.

Το υδρόθειο (H<sub>2</sub>S) θα, πρέπει να απομακρυνθεί αμέσως από τον αντιδραστήρα, γιατί είναι πολύ διαβρωτικό και δεν πρέπει να φτάσει στα όργανα μέτρησης. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται "παγίδες" H<sub>2</sub>S. Η "παγίδα" H<sub>2</sub>S μπορεί να είναι μια απορροφητική επιφάνεια ενεργού άνθρακα τοποθετημένη στη ροή του βιοαερίου. Μία πιο οικονομική λύση είναι ένα στρώμα από υδροξείδιο του σιδήρου ανακατεμένο με υγρά πριονίδια. Οι

παραπάνω αναφερόμενες μέθοδοι καθαρισμού είναι ικανοποιητικές για μικρές ποσότητες H<sub>2</sub>S, όπως την περίπτωση του βιοαερίου. Αν το ποσό του H<sub>2</sub>S που πρέπει να απομακρυνθεί είναι μεγάλο, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν χημικοί απορροφητές οι οποίοι μπορούν να είναι οι ίδιοι που χρησιμοποιούν για το CO<sub>2</sub>. Το ξηρό διάλυμα είναι προτιμότερο, γιατί οι παγίδες μπορούν να αναγεννηθούν με απλή έκθεση στον αέρα. Η μάζα καθαρισμού μπορεί να ανακτήσει μέχρι 40% του βάρους του σε θείο έως την επόμενη αναγέννηση του. [[17]]

### 1.8.13 Αποθήκευση Βιοαερίου

Η εκλογή των συσκευών που προορίζονται για την αποθήκευση του βιοαερίου, εξαρτάται από την πίεση αποθήκευσης. Η αποθήκευση των αερίων καυσίμων, πάντοτε υπό πίεση πρέπει να γίνει με προσοχή εξαιτίας των κινδύνων έκρηξης και πυρκαγιάς που μπορεί να προκληθούν. Οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης του αερίου υπόκεινται σε νόμιμες διακηρύξεις και αυστηρούς κανονισμούς. Χρησιμοποιούν είτε αεροφυλάκια εύκαμπτα σε πίεση 15-20 mb, ή αεροφυλάκια κώδωνος σε πίεση 50 mb [10].

## 1.9 Συστήματα Συμπαραγωγής

### 1.9.1 Συστήματα με μηχανές εσωτερικής καύσης.

Οι πιο ευρέως διαδομένες και περισσότερο αποδοτικές διατάξεις ενέργειας για συμπαγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας είναι οι παλινδρομικές μηχανές ή μηχανές εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ). Διάφοροι τύποι αυτών των μηχανών είναι εμπορικά διαθέσιμοι, αλλά δύο από αυτούς έχουν περισσότερη σημασία σε στατικές εφαρμογές ηλεκτροπαραγωγής. Αυτοί οι δύο τύποι είναι οι τετράχρονες μηχανές με σπινθηριστή (κύκλος Otto) και οι μηχανές ανάφλεξης με συμπίεση (κύκλος Diesel). Τα κύρια μηχανικά μέρη αυτών των μηχανών είναι τα ίδια, καθώς και οι δύο χρησιμοποιούν ένα κυλινδρικό θάλαμο καύσης κατά μήκος του οποίου κινείται ένα κατάλληλα εφαρμοσμένο έμβολο.

Το έμβολο συνδέεται σε έναν στροφαλοφόρο άξονα που μετασχηματίζει τη γραμμική κίνηση του εμβόλου, μέσα στον κύλινδρο, σε περιστροφική κίνηση στο στροφαλοφόρο άξονα. Οι περισσότερες μηχανές διαθέτουν πολλαπλούς κυλίνδρους που κινούν ένα κοινό στροφαλοφόρο άξονα. Τόσο οι μηχανές κύκλου Otto, όσο και οι μηχανές Diesel, ολοκληρώνουν έναν κύκλο λειτουργίας σε τέσσερις κινήσεις του εμβόλου μέσα στον κύλινδρο. Οι κινήσεις αυτές περιλαμβάνουν:

1. εισαγωγή του αέρα (ή του μίγματος αέρα-καυσίμου) στον κύλινδρο,
2. συμπίεση με καύση του καυσίμου,
3. επιτάχυνση του εμβόλου από τη δύναμη της καύσης (κίνηση ισχύος) και
4. αποβολή των προϊόντων της καύσης από τον κύλινδρο.

Τα συστήματα ΣΗΘ με κινητήρα Otto έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- κατασκευάζονται για ισχύ από 15 έως 1300 kW, παρουσιάζουν ηλεκτρικό βαθμό απόδοσης 32-35%, θερμικό βαθμό απόδοσης 50-60% και ολικό βαθμό απόδοσης 80 - 85%,
- ο λόγος της παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος προς την παραγόμενη θερμική ισχύ είναι 0,5÷0,8 και ο μέσος χρόνος ζωής είναι περίπου 10 έτη.

Από την άλλη μεριά, τα συστήματα ΣΗΘ με κινητήρα Diesel:

- κατασκευάζονται για ισχύ από 100 έως και λίγο μεγαλύτερη των 20000 kW,
- παρουσιάζουν ηλεκτρικό βαθμό απόδοσης 35-45%, θερμικό βαθμό απόδοσης 40-45% και ολικό βαθμό απόδοσης 70 - 80%,
- ο λόγος της παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος προς την παραγόμενη θερμική ισχύ είναι  $0,70 \div 0,90$  και ο μέσος χρόνος ζωής είναι περίπου 15 - 20 έτη.

### 1.9.2 Συστήματα αεριοστρόβιλου

Διακρίνονται δύο βασικοί τύποι συστημάτων ΣΗΘ με αεριοστρόβιλο, οι ανοιχτού και κλειστού τύπου. Το χρησιμοποιούμενο καύσιμο είναι συνήθως φυσικό αέριο, υγραέριο και ελαφρύ πετρέλαιο.

#### *Συστήματα συμπαραγωγής με αεριοστρόβιλο ανοιχτού κύκλου*

Οι αεριοστρόβιλοι ανοιχτού κύκλου είναι οι κλασικοί αεριοστρόβιλοι. Η αρχή λειτουργίας του ανοικτού κύκλου είναι η εξής: αέρας αναρροφάται από την ατμόσφαιρα, συμπιέζεται και οδηγείται στο θάλαμο καύσεως. Στη συνέχεια, τα καυσαέρια οδηγούνται στον αεριοστρόβιλο, όπου εκτονώνονται, απελευθερώνοντας ενέργεια, με την οποία κινείται η ηλεκτρογεννήτρια, και διαφεύγουν από αυτόν σε θερμοκρασία 300 – 600°C.

Η σημαντική ισχύς που απαιτείται για την κίνηση του συμπιεστή και η υψηλή θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων είναι οι κύριες αιτίες του μικρού βαθμού απόδοσης ενός τέτοιου συστήματος ηλεκτροπαραγωγής (25-35% και σε σύγχρονες προηγμένες μονάδες 40%). Η υψηλή θερμοκρασία των καυσαερίων κάνει τις μονάδες αυτές ιδανικές για συμπαραγωγή, με αντίστοιχη αύξηση του βαθμού απόδοσης στο 60-80%.

Η αξιοποίηση της απορριπτόμενης θερμότητας των καυσαερίων σε ένα σύστημα συμπαραγωγής μπορεί να γίνει με δύο τρόπους:

Με άμεση χρήση τους σε θερμικές διεργασίες (θέρμανση, ξήρανση κλπ.).

Με διοχέτευσή τους σε μονάδες ανακτήσεως θερμότητας, οι οποίες ονομάζονται λέβητες ανάκτησης θερμότητας ή απλώς λέβητες καυσαερίων. Σ' αυτούς παράγεται ατμός υψηλής ενθαλπίας, ο οποίος είναι κατάλληλος για παραγωγικές διεργασίες, όπως θερμικές, αλλά και για κίνηση ατμοστρόβιλου, συνδεδεμένου με γεννήτρια ή κάποιο άλλο μηχάνημα. Στην τελευταία περίπτωση, πρόκειται για την κλασική περίπτωση συνδυασμένου κύκλου. Και στους δύο τρόπους, είναι δυνατή η αύξηση του θερμικού περιεχομένου (δηλ. της θερμοκρασίας) των καυσαερίων, και επομένως της αποδιδόμενης θερμότητας, όταν απαιτείται. Αυτό επιτυγχάνεται χάρη στην υψηλή περιεκτικότητα οξυγόνου, των καυσαερίων. Υπάρχει, επίσης, η δυνατότητα να λειτουργήσουν καυστήρες τοποθετημένοι μετά τον αεριοστρόβιλο, οι οποίοι θα χρησιμοποιούν τα καυσαέρια για την καύση πρόσθετου καυσίμου.

Τα συστήματα συμπαραγωγής με αεριοστρόβιλο, για εφαρμογές μεσαίου μεγέθους εγκαταστημένης ισχύος (~10MW), συναγωνίζονται τις μεγάλες μηχανές εσωτερικής καύσεως και τους ατμοστρόβιλους. Λειτουργούν, συνήθως, με φυσικό αέριο ή ελαφρά αποστάγματα πετρελαίου (π.χ. καύσιμο Diesel). Μπορούν, επίσης, να χρησιμοποιηθούν αέρια καύσιμα, που παράγονται, π.χ. κατά την καταλυτική πυρόλυση υδρογονανθράκων σε διυλιστήρια πετρελαίου.

Τα συστήματα αεριοστρόβιλου ανοιχτού κύκλου, έχουν το μειονέκτημα του μικρού βαθμού απόδοσης στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (25 – 35%), διότι απαιτείται σημαντική ισχύς για την κίνηση του συμπιεστή, ενώ η θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων

είναι υψηλή. Λόγω, όμως, αυτής ακριβώς της υψηλής θερμοκρασίας των καυσαερίων, οι αεριοστρόβιλοι ανοιχτού κύκλου καθίστανται ιδανικοί για συμπαραγωγή, καθώς με την συγκεκριμένη διαδικασία ο ολικός βαθμός απόδοσης αυξάνεται στο 70 – 85%. [[24]]

Τέλος, η ωφέλιμη διάρκεια ζωής ενός συστήματος αεριοστρόβιλου είναι 15 – 20 έτη, υπάρχει, όμως, ο κίνδυνος να μειωθεί δραστικά με τη χρήση καυσίμου κακής ποιότητας ή την ανεπαρκή συντήρηση.

#### *Συστήματα συμπαραγωγής με αεριοστρόβιλο κλειστού κύκλου*

Στα συστήματα κλειστού κύκλου, το εργαζόμενο ρευστό (συνήθως ήλιο ή αέρας) κυκλοφορεί σε κλειστό κύκλωμα. Θερμαίνεται μέχρι την κατάλληλη θερμοκρασία σε εναλλάκτη θερμότητας, πριν από την είσοδο στον αεριοστρόβιλο, και ψύχεται μετά την έξοδό του από αυτόν. Καθώς το ρευστό δεν συμμετέχει στην καύση, διατηρείται καθαρό και έτσι αποφεύγεται η μηχανική και η χημική διάβρωση του αεριοστρόβιλου από τα προϊόντα της καύσης. Η εξωτερική καύση (πηγή θερμότητας) επιτρέπει τη χρήση οποιουδήποτε καυσίμου στα συστήματα αυτά: άνθρακα, απόβλητα βιομηχανιών ή πόλεων, βιομάζα, υγρά ή αέρια καύσιμα παραγόμενα από βιομάζα, κ.λπ. Πυρηνική ή ηλιακή ενέργεια μπορούν επίσης να αποτελέσουν την πηγή θερμότητας.

Οι αεριοστρόβιλοι κλειστού κύκλου παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τους αεριοστρόβιλους ανοιχτού τύπου, όπως:

υψηλότερη διαθεσιμότητα χάρη στις μικρότερες απαιτήσεις συντηρήσεως, λόγω της καθαρότητας του εργαζόμενου ρευστού

ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης δύναται να αυξηθεί με την ύπαρξη αναγεννητικής προθερμάνσεως του εργαζόμενου μέσου. [24]

#### 1.9.3 Συστήματα με ατμοστρόβιλο

Τα συστήματα ΣΗΘ με ατμοστρόβιλο είναι τα πλέον διαδεδομένα, κατάλληλα για απαιτήσεις ισχύος από 500kW έως 100.000kW. Το συγκριτικό πλεονέκτημα, που εμφανίζουν ως προς τις άλλες διαθέσιμες τεχνολογίες, είναι η δυνατότητα καύσης οποιουδήποτε καυσίμου, ακόμη και στερεά απόβλητα τα οποία καίγονται σε ειδικούς λέβητες, εφοδιασμένους με συστήματα κατακρατήσεως ή και εξουδετερώσεως ρύπων και τοξικών ουσιών, που δημιουργούνται κατά την καύση.

Ο ολικός βαθμός απόδοσης συμπαραγωγής με συστήματα ατμοστρόβιλων είναι σχετικά υψηλός και φθάνει το 60 – 85%, ενώ δεν παρουσιάζεται έντονη πτώση κατά την λειτουργία του σε μερικό φορτίο. Στα αρνητικά χαρακτηριστικά της λειτουργίας των συστημάτων ατμοστρόβιλων είναι ο σχετικά χαμηλός βαθμός απόδοσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος, ο οποίος διαμορφώνεται στο 15 – 20%, χαρακτηριστικό που οδηγεί σε μικρό λόγο ηλεκτρισμού προς θερμότητα. Αύξηση του ηλεκτρικού βαθμού απόδοσης μπορεί να επιτευχθεί μέχρις ενός σημείου με αύξηση της πίεσεως και της θερμοκρασίας του ατμού στην είσοδο του ατμοστρόβιλου.

Τα συστήματα ατμοστρόβιλου έχουν υψηλή αξιοπιστία, που φθάνει το 95%, υψηλή διαθεσιμότητα, της τάξεως του 90 – 95% και μεγάλη διάρκεια ζωής (25 – 35 έτη). Ως αξιοπιστία ορίζεται η πιθανότητα να λειτουργεί ικανοποιητικώς ένα σύστημα για δεδομένο χρονικό διάστημα και με προκαθορισμένες συνθήκες. Αντίστοιχα, με τον όρο διαθεσιμότητα

ορίζεται η πιθανότητα να λειτουργεί ικανοποιητικώς ένα σύστημα σε τυχαία χρονική στιγμή εντός μιας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου (π.χ. ετήσια).

Οι τρεις βασικές διατάξεις ατμοστρόβιλων είναι οι ακόλουθες:

#### *Συστήματα συμπαραγωγής με ατμοστρόβιλο αντίθλιψης*

Σε ένα σύστημα συμπαραγωγής με ατμοστρόβιλο αντίθλιψης, ατμός υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας (20-100 bar και 480-540°C) παράγεται σε λέβητα με κατανάλωση καυσίμου και χρησιμοποιείται για την κίνηση ατμοστρόβιλου, στον άξονα του οποίου είναι συνδεδεμένη ηλεκτρογεννήτρια. Ο ατμός εξέρχεται από το στρόβιλο σε πίεση και θερμοκρασία κατάλληλη για τις θερμικές διεργασίες. Ο όρος «αντίθλιψη» οφείλεται στο ότι η πίεση αυτή είναι μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής (3-20 bar). Επιπλέον, είναι δυνατή η εξαγωγή μέρους του ατμού στις επιθυμητές πιέσεις, από ενδιάμεσες βαθμίδες του στρόβιλου.

Τα συστήματα συμπαραγωγής με ατμοστρόβιλο αντίθλιψης παρουσιάζουν, σε σχέση με αυτά του ατμοστρόβιλου απομαστεύσεως που θα παρουσιαστούν παρακάτω, τα εξής πλεονεκτήματα:

- απλή μορφή
- μικρότερο κόστος κατασκευής και εγκατάστασης
- μειωμένη ή και καθόλου ανάγκη σε ψυκτικό υγρό
- υψηλότερο ολικό βαθμό απόδοσης (περίπου 85%), κυρίως λόγω του ότι δεν αποβάλλεται θερμότητα στο περιβάλλον μέσω ψηκτρών.

Από την άλλη μεριά, παρουσιάζουν το σημαντικό μειονέκτημα ότι η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την απαιτούμενη θερμότητα. Κατά συνέπεια:

είναι αδύνατη η ανεξάρτητη λειτουργία του ατμοηλεκτρικού σταθμού από το δίκτυο θέρμανσης και είναι αναγκαία η αμφίδρομη σύνδεση με το εθνικό δίκτυο ηλεκτρισμού για την κάλυψη πρόσθετων αναγκών ή για τη διοχέτευση περίσσειας ηλεκτρικής ενέργειας.

Η τιμή του λόγου ηλεκτρισμού προς θερμότητα παραμένει περίπου σταθερή κατά τη μεταβολή του φορτίου.[24]

#### *Συστήματα παραγωγής με ατμοστρόβιλο απομαστεύσεως*

Σε ένα σύστημα συμπαραγωγής με ατμοστρόβιλο απομάστευσης, μέρος του ατμού απομαστεύεται (εξάγεται) από μία ή περισσότερες ενδιάμεσες βαθμίδες του στρόβιλου, η οποία χρησιμεύει για την προθέρμανση του τροφοδοτικού νερού και, συγχρόνως, παρέχεται θερμική ισχύς στον εναλλάκτη, ενώ ο υπόλοιπος ατμός εκτονώνεται μέχρι την πίεση του συμπυκνωτή της τάξης των 0,05 – 0,10 bar.

Τα συστήματα απομαστεύσεως μειονεκτούν σε σχέση με τα συστήματα αντίθλιψης στο ότι είναι ακριβότερα και έχουν μικρότερο ολικό βαθμό απόδοσης (περίπου 80 %), λόγω της αποβολής θερμότητας στο συμπυκνωτή ατμού. Από την άλλη μεριά, εμφανίζουν συγκριτικό πλεονέκτημα λόγω της δυνατότητας ανεξάρτητης (εντός ορισμένων ορίων) ρυθμίσεως της ηλεκτρικής και θερμικής ισχύος και, συνεπώς, της μεταβλητής τιμής του λόγου ηλεκτρισμού προς θερμότητα. Αυτό επιτυγχάνεται με ρύθμιση της ολικής παροχής ατμού και, συνεπώς, της παροχής ατμού προς το συμπυκνωτή.[[24]]

#### *Συστήματα συμπαραγωγής με ατμοστρόβιλο σε κύκλο βάσης.*

Τα συστήματα συμπαραγωγής με ατμοστρόβιλο σε κύκλο βάσης προέκυψαν από τις βιομηχανίες (π.χ. χαλυβουργεία, υαλουργεία, κεραμουργεία, εργοστάσια τσιμέντου, εργοστάσια αλουμινίου, διυλιστήρια πετρελαίου, κ.λπ.) που παράγουν αέρια απόβλητα υψηλής θερμοκρασίας. Μετά τη θερμική διεργασία, τα αέρια αυτά μπορούν να περάσουν μέσα από λέβητα ανακομιδής θερμότητας (recuperator), όπου παράγεται ατμός που κινεί μια ατμοστροβιλογεννήτρια. Έτσι, η μονάδα παραγωγής θερμότητας μετατρέπεται σε σύστημα συμπαραγωγής με κύκλο βάσης ατμού.

Τυπική περιοχή τιμών του ηλεκτρικού βαθμού απόδοσης είναι 5 - 15%, ο οποίος είναι αρκετά μικρός. Επισημαίνεται, όμως, ότι ο παραγόμενος ηλεκτρισμός προέρχεται από θερμότητα που διαφορετικά θα χανόταν, κι επομένως δεν συνεπάγεται πρόσθετη κατανάλωση καυσίμου.[24]

#### 1.9.4 Συστήματα συνδυασμένου κύκλου

Ο όρος «συνδυασμένος κύκλος» αναφέρεται σε συστήματα με δύο θερμοδυναμικούς κύκλους, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με κάποιο εργαζόμενο ρευστό και λειτουργούν σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Ο κύκλος υψηλής θερμοκρασίας (κορυφής) αποβάλλει θερμότητα, που ανακτάται και χρησιμοποιείται από τον κύκλο χαμηλής θερμοκρασίας (βάσης) για την παραγωγή πρόσθετης ηλεκτρικής ή μηχανικής ενέργειας, αυξάνοντας έτσι τον βαθμό απόδοσης. Τα πιο διαδεδομένα συστήματα συνδυασμένου κύκλου είναι εκείνα με συνδυασμό αεριοστρόβιλου - ατμοστρόβιλου (κύκλοι Joule - Rankine).

Η τεχνική συμπαραγωγής με το σύστημα συνδυασμένου κύκλου, αποτελεί μία παραλλαγή αυτής του αεριοστρόβιλου, που βρίσκει εφαρμογή στις μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Η διαφορά της συνίσταται στο ότι ο ατμός που παράγεται στη μονάδα ανακτήσεως τροφοδοτείται σε ατμοστρόβιλο και με τον τρόπο αυτόν παράγεται επιπρόσθετη ηλεκτρική ισχύς, ενώ τα θερμικά φορτία που απομένουν, στην έξοδο του ατμοστρόβιλου, και τα οποία βρίσκονται με τη μορφή ατμού χαμηλής πίεσεως, είναι κατάλληλα για ορισμένες διεργασίες.

Η ολική απόδοση των συστημάτων συνδυασμένου κύκλου υπερέχει αισθητά των αποδόσεων των συστημάτων ηλεκτροπαραγωγής που χρησιμοποιούν συμβατικές τεχνολογίες, καθώς η ισχύς τους κυμαίνεται συνήθως στην περιοχή 20 - 400 MW. Ο ολικός βαθμός απόδοσης είναι 70 - 85%, ενώ ο ηλεκτρικός βρίσκεται συνήθως στην περιοχή του 35 - 45%.

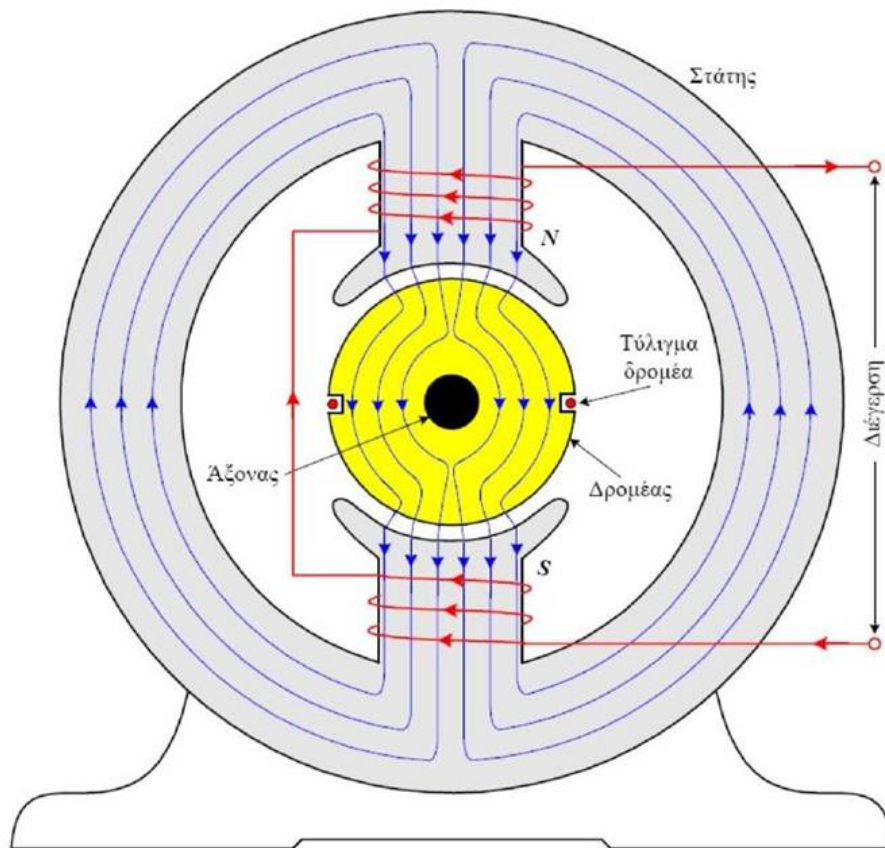
Η λειτουργία σε μερικό φορτίο έχει αρνητική επίδραση στο βαθμό απόδοσης του συστήματος. Η υψηλή περιεκτικότητα οξυγόνου στα καυσαέρια του αεριοστρόβιλου (~ 17%) επιτρέπει την καύση συμπληρωματικού καυσίμου στο λέβητα καυσαερίων, εάν κριθεί αναγκαία, για την αύξηση της ισχύος του συστήματος. Η συμπληρωματική καύση αυξάνει το βαθμό ισχύος του συστήματος κατά τη λειτουργία σε μερικό φορτίο, αλλά κάνει την εγκατάσταση σημαντικά πιο περίπλοκη.

Ο χρόνος εγκατάστασης ενός συστήματος συνδυασμένου κύκλου είναι 2-3 έτη. Η ολοκλήρωση της εγκατάστασης είναι δυνατή σε δύο πεδία: Αρχικά, εγκαθίσταται η μονάδα αεριοστρόβιλου, η οποία μπορεί να είναι έτοιμη για λειτουργία σε 12-18 μήνες, και ενώ αυτή λειτουργεί, το σύστημα μπορεί να συμπληρωθεί με τη μονάδα του ατμοστρόβιλου. Η





άξονα. Σε δύο αυλακώσεις στην επιφάνεια του κυλίνδρου, είναι συμμετρικά τοποθετημένοι οι αγωγοί ενός πλαισίου. Το πλαίσιο αυτό ονομάζεται, τύλιγμα του δρομέα. Τα άκρα του τυλίγματος του δρομέα συνδέονται σε δύο δακτυλίους, με τους οποίους εφάπτονται οι ψήκτρες (brushes). Μέσω των δακτυλίων και των ψηκτρών το τύλιγμα του δρομέα είναι διαθέσιμο στο στάτη. Μεταξύ των πόλων του στάτη και του κυλινδρικού δρομέα, υπάρχει ένα διάκενο αέρα με σταθερό πλάτος. Οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου του στάτη, στη διαδρομή τους από το βόρειο προς το νότιο πόλο, διέρχονται μέσω του δρομέα και του διακένου. Επειδή η μαγνητική διαπερατότητα του αέρα είναι πολύ μικρότερη από εκείνη του δρομέα, οι δυναμικές γραμμές είναι κάθετες στην επιφάνεια του δρομέα όπως φαίνεται παρακάτω. Έτσι, η διαδρομή της μαγνητικής ροής στο διάκενο με τη μεγάλη μαγνητική αντίσταση είναι ελάχιστη. Επιπλέον, η μαγνητική ροή που διέρχεται από το τύλιγμα του δρομέα μεταβάλλεται περίπου γραμμικά, καθώς ο δρομέας στρέφεται [30].



Εγκάρσια τομή στοιχειώδη ηλεκτρική μηχανή. Δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου, όπου διακρίνεται ο στάτης. Οι μαγνητικές γραμμές είναι κάθετες στην επιφάνεια του δρομέα.[30]

Οι

γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος είναι δύο ειδών:

- οι σύγχρονες γεννήτριες ή εναλλακτήρες και

- οι ασύγχρονες γεννήτριες

Οι σύγχρονες γεννήτριες παράγουν εναλλασσόμενο ρεύμα με συχνότητα ανάλογη της ταχύτητας περιστροφής της μηχανής ενώ η διέγερσή τους τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα. Οι ασύγχρονες γεννήτριες παράγουν εναλλασσόμενο ρεύμα του οποίου η συχνότητα είναι ανεξάρτητη της ταχύτητας περιστροφής και η διέγερσή τους τροφοδοτείται με εναλλασσόμενο ρεύμα. Στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται πάντοτε σύγχρονες γεννήτριες ενώ οι ασύγχρονες χρησιμοποιούνται σπάνια.[30]

## 2 Κεφάλαιο 2°

### Περιγραφή της μονάδας επεξεργασίας αστικών λυμάτων (Μ.Ε.Λ.) του δήμου Ηρακλείου

Η μονάδα επεξεργασίας αστικών λυμάτων (Μ.Ε.Λ.) Ηρακλείου (Εικόνα 11) αποτελεί το μεγαλύτερο έργο διαχείρισης λυμάτων στην Κρήτη. Έχει κατασκευαστεί στη θέση Λούτι-Πέραμα της περιοχής Φοινικιάς σε έκταση 80 στρεμμάτων. Εντάσσεται μέσα στο σύστημα ολοκληρωμένης διαχείρισης λυμάτων της ευρύτερης περιοχής Ηρακλείου, το οποίο περιλαμβάνει:

- Χωριστικούς κεντρικούς και δευτερεύοντες αποχετευτικούς αγωγούς και αντλιοστάσια
- Το Βιολογικό Καθαρισμό Ηρακλείου
- Τον αγωγό διάθεσης της εκροής (χερσαίο και υποθαλάσσιο)

Το έργο της εγκατάστασης της Μ.Ε.Λ Ηρακλείου δημοπρατήθηκε το 1990 και ανατέθηκε στην κοινοπραξία Ι. Kruger AS- Αντ. Ζαχαρόπουλος. Η δοκιμαστική λειτουργία της ξεκίνησε στις 22/4/96 με βοθρολύματα και με λύματα στις 10/9/96.

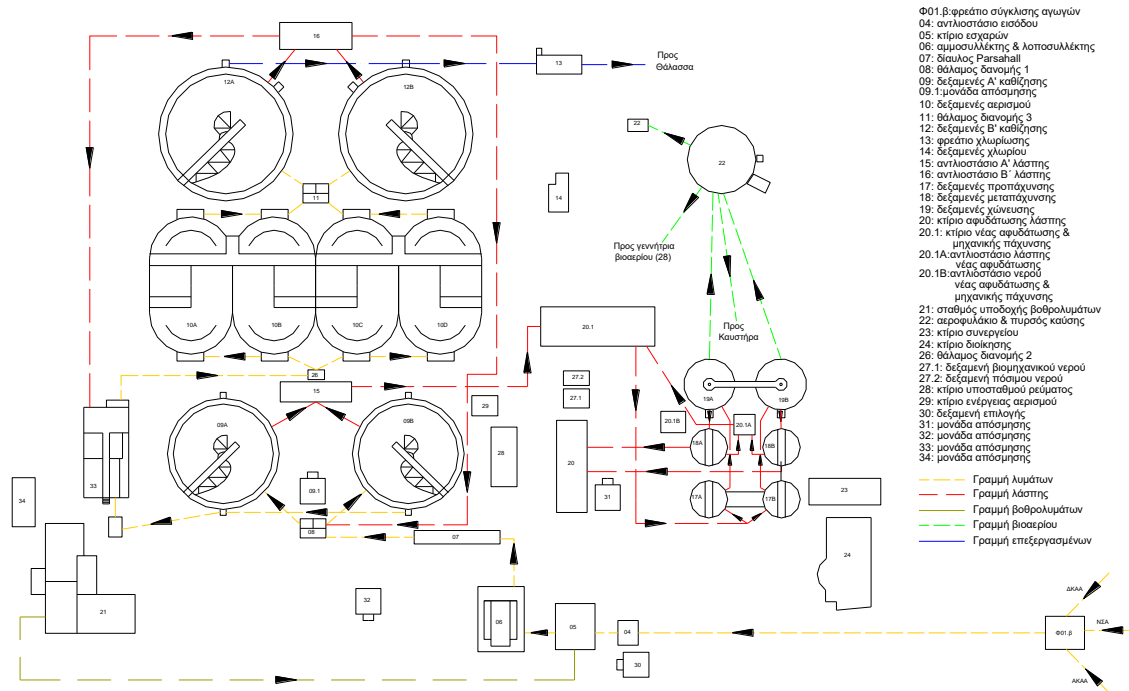


Εικόνα 11 Αεροφωτογραφία μονάδας επεξεργασίας αστικών λυμάτων Δήμου Ηρακλείου (Πηγή ΔΕΥΑΗ)

Η ΜΕΛ Ηρακλείου σχεδιάστηκε για να καλύψει τις ανάγκες της ευρύτερης περιοχής του πολεοδομικού συγκροτήματος Ηρακλείου συμπεριλαμβανομένων και των λυμάτων των περιοχών των Δήμων Ν. Αλικαρνασσού και Γαζίου. Έχει σχεδιαστεί να επεξεργάζεται τα λύματα 164.000 ισοδύναμων κατοίκων περίπου (λύματα έως 30.500 m<sup>3</sup>/ημέρα και βοθρολύματα έως 1500 m<sup>3</sup>/ημέρα). Ενώ η μέση ημερήσια παροχή για το έτος 2008 ήταν 28.100 m<sup>3</sup>/day.

Στη ΜΕΛ Ηρακλείου χρησιμοποιείται σύστημα ενεργής βιομάζας σε αιώρηση και περιλαμβάνει τις παρακάτω γραμμές επεξεργασίας (Εικόνα 12):

- Γραμμή υγρών
- Γραμμή ιλύος
- Γραμμή βιοαερίου



Εικόνα 12 Κάτοψη βιολογικού καθαρισμού Ηρακλείου

## 2.1 Γραμμή υγρών

Τα λύματα εισέρχονται στην εγκατάσταση από τον πλακοσκεπή αγωγό καθαρού πλάτους 1,80 m και βάθους 1,80 m στο αντλιοστάσιο αρχικής ανύψωσης (Εικόνα 14). Στο αντλιοστάσιο αρχικής ανύψωσης βρίσκονται τοποθετημένες 6 υποβρύχιες αντλίες (Εικόνα 13), οι δύο εκ των οποίων είναι εφεδρικές, δυναμικότητας 232 lt/s έκαστη. Οι εξωτερικές διαστάσεις του αντλιοστασίου είναι 8,6 x 4,35 m. Σε φρεάτιο πριν από το αντλιοστάσιο αρχικής ανύψωσης, όπου σμίγουν οι τρεις κεντρικοί αποχετευτικοί αγωγοί ξεκινά ο παρακαμπτήριος αγωγός.



Εικόνα 14 Αντλιοστάσιο αρχικής ανύψωσης Πηγή: ΔΕΥΑΗ



Εικόνα 13 υποβρύχια αντλία Πηγή: ΔΕΥΑΗ

Η εγκατάσταση δέχεται και βοθρολύματα, τα έργα υποδοχής (Εικόνα 15) των οποίων αποτελούνται από 3 φρεάτια εκκένωσης, κανάλι συλλογής, δύο αυτοκαθαριζόμενες εσχάρες τύπου ταινίας με διάκενα εσχарισμού 6 mm(Εικόνα 16 ), σύστημα με Κοχλιομεταφορείς για τη μεταφορά των εσχαρισμάτων και μονάδα ασβεστοποίησης.



Εικόνα 15 Μονάδα υποδοχής βοθρολυμάτων ΜΕΛ Ηρακλείου πηγή ΔΕΥΑΗ



Εικόνα 16 Αυτοκαθαριζόμενες εσχάρες τύπου ταινίας Πηγή ΔΕΥΑΗ

Στη συνέχεια τα λύματα καταθλιβονται στην μονάδα εσχάρωσης (Εικόνα 17), η οποία αποτελείται από 4 αυτοκαθαριζόμενες εσχάρες τύπου ταινίας με διάκενα εσχарισμού 3mm, και μία επίσης Αυτοκαθαριζόμενη των 6mm που λειτουργεί σαν εφεδρική. Η τροφοδοσία της εφεδρικής σχάρας γίνεται με υπερχειλίση, σε περίπτωση που η στάθμη στο κανάλι τροφοδοσίας των εσχарών ανέβει πάνω από τη συνήθη μέγιστη στάθμη λειτουργίας. Για τον σκοπό αυτό στην είσοδο των καναλιών της εφεδρικής σχάρας, υπάρχει τοιχίο το οποίο στην κορυφή του φέρει υπερχειλιστή λεπτής στέψης.

Για τον έλεγχο των οσμών εντός του κτιρίου της εσχάρωσης, έχουν τοποθετηθεί σημεία αναρρόφησης οσμών πάνω από κάθε εσχάρα. Το δάπεδο στον χώρο των σχαρών είναι επιστρωμένο με αντιολισθητική πλακάκια, βιομηχανικού τύπου.

Για την συντήρηση των εσχάρων, στην οροφή του κτηρίου υπάρχει ανυψωτικός μηχανισμός που αποτελείται από χειροκίνητο βαρούλκο σε μονόραγα.



Εικόνα 16 Κτήριο εσχάρωσης ΜΕΛ Ηρακλείου Πηγή ΔΕΥΑΗ

Κατάντη της μονάδας εσχάρωσης, έχουν εγκατασταθεί δύο αυτόνομα κλειστά, αυτοκαθαριζόμενα συγκροτήματα λεπτοκοσκίνησης του 1mm, τύπου τυμπάνου, προκειμένου να συγκρατούνται και οι τρίχες – ίνες. Τα συγκροτήματα είναι δυναμικότητας 1.000 m<sup>3</sup>/hr έκαστο και έχουν εγκατασταθεί εντός κλειστού μεταλλικού κτιρίου, το οποίο έχει συνδεθεί με ένα από τα τρία ζεύγη απόσμησης (βιόφιλτρο + φίλτρο ξηρού τύπου). Το κτίριο αυτό βρίσκεται ενδιάμεσα των δύο υφιστάμενων κτιρίων εσχάρωσης και εξάμμωσης. Η υπερβάλλουσα παροχή άνω των 2.000m<sup>3</sup>/hr (στην περίπτωση της υδραυλικής αιχμής, που θα χρειαστεί να δουλέψουν και οι τέσσερις αντλίες των 750m<sup>3</sup>/hr) οδηγείται μέσω καναλιού παράκαμψης προς την εξάμμωση.

Μαζί με τα δύο συγκροτήματα λεπτοκοσκίνησης έχει εγκατασταθεί και όλος ο απαραίτητος συνοδευτικός και βοηθητικός εξοπλισμός για να είναι πλήρως λειτουργικά. Δηλαδή, οι απαραίτητοι κοχλιομεταφορείς, που οδηγούν τα κοσκινίσματα στη μονάδα ασβεστοποίησης.

Τα συγκροτήματα λεπτοκοσκίνησης με το συνοδευτικό τους εξοπλισμό είναι κατασκευασμένα από ανοξείδωτο χάλυβα τουλάχιστον 304L .

Προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι εκπομπές οσμών από τα εσχάρια, τα κοσκινίσματα και την άμμο, αλλά και για να εξυγιανθούν τα υλικά αυτά, έχει εγκατασταθεί ένα σύστημα συμπίεσης και ασβεστοποίησης τους. Το σύστημα ικανοποιεί τις μονάδες εσχάρια, λεπτοκοσκίνησης και εξάμμωσης .

Το σύστημα συμπίεσης αποτελείται από κοχλίες συμπίεσης – μεταφοράς, για τα εσχάρια, τα κοσκινίσματα και την άμμο, οι οποίοι παραλαμβάνουν τα υλικά από τα συστήματα μεταφοράς τους και τα μεταφέρουν στον αναμεικτη της ασβεστοποίησης, απ’

όπου και καταλήγουν σε ένα από τα διαθέσιμα υπό της ΔΕΥΑΗ κοντέινερ, για το οποίο έχει προβλεφθεί κατάλληλη βάση από μπετόν με απαγωγή στραγγιδίων.

Η μονάδα αβεστοποίησης είναι του κατασκευαστικού οίκου Sodimate και αποτελείται από:

- Χοάνη προσθήκης ασβέστη από σάκους με σύστημα εξαγωγής
- Κοχλίες δοσομέτρησης , μεταφοράς-ανύψωσης και έγχυσης του ασβέστη στον αναμείκτη
- Αναμείκτη του ασβέστη με τα εσχαρίσματα, τα κοσκινίσματα και την άμμο

Η χοάνη προσθήκης ασβέστη είναι χωρητικότητας τουλάχιστον 0,25m<sup>3</sup> . Είναι κωνικού σχήματος και διαθέτει καπάκι στο άνω μέρος, αισθητήρα στάθμης και ξέστρο πυθμένα στο κάτω μέρος, ώστε να επιτυγχάνεται ομοιόμορφη ροή του υλικού προς τον κοχλία δοσομέτρησης.

Το άνω μέρος της έχει εξοπλιστεί με κάλυμμα και φίλτρο αποκονίωσης , ώστε να αποφεύγεται κατά το άδειασμα των σάκων η δημιουργία σκόνης.

Έχει προβλεφθεί ευχερής τρόπος πρόσβασης των εργαζομένων μέσω σκάλας στην χοάνη , για να την γεμίζουν με τον ασβέστη.

Ο κοχλίας δοσομέτρησης του ασβέστη, με εύρος παροχής 20-100 Kg/hr, έχει τοποθετηθεί στο κάτω μέρος της χοάνης και δοσομετρεί τον ασβέστη στον κοχλία μεταφοράς-ανύψωσης που ακολουθεί.

Όλος ο παραπάνω εξοπλισμός είναι από ανοξείδωτο χάλυβα τουλάχιστον 304L.



Εικόνα 17 Σύστημα διαχείρισης εσχαρισμάτων μονάδων εσχάρωσης , λεπτοκοσκίνησης και εξάμμωσης

Στη συνέχεια τα λύματα με φυσική ροή πηγαίνουν σε δύο αεριζόμενους εξαμμωτές – απολιπαντές, όγκου 150 m<sup>3</sup> ο κάθε ένας (Εικόνα 19). Ο αερισμός των εξαμμωτών επιτυγχάνεται με τρεις φυσητήρες, ο ένας εφεδρικός, δυναμικότητας 160 m<sup>3</sup>/h ο κάθε ένας. Η καθιζάνουσα άμμος αντλείται με δύο αντλίες (μία σε κάθε δεξαμενή) δυναμικότητας 29 m<sup>3</sup>/h έκαστη προς το διαχωριστή άμμου όπου υφίσταται αποστράγγιση.



*Εικόνα 18 Αυτοκινούμενες γέφυρες μονάδας εξαμμωσης –απολίπανσης ΜΕΛ Ηρακλείου*

Τα λίπη διαχωρίζονται σε δύο θαλάμους στους οποίους επικρατούν συνθήκες «ηρεμίας» και συλλέγονται με τη βοήθεια ξέστρου τοποθετημένου πάνω σε αυτοκινούμενη γέφυρα, σε παρακείμενο φρεάτιο λιποσυλλογής. Από το φρεάτιο λιποσυλλογής τα λίπη οδηγούνται στις δεξαμενές προπάχυνσης. Οι αντλίες απομάκρυνσης του υγρού του φρεατίου λιπών, μια για κάθε φρεάτιο, είναι αντλίες θετικής εκτόπισης , ελικοειδούς ρότορα , δυναμικότητας  $5\text{m}^3/\text{h}$  στα 3 bar, όπου αναρροφούν από το αντίστοιχο φρεάτιο λιπών . (Εικόνα 19).



*Εικόνα 19 Αντλίες απομάκρυνσης λιπών μονάδας εξαμμωσης – απολιπαντές ΜΕΛ Ηρακλείου.*

Για την απομάκρυνση των λιπών από τα φρεάτια, στα οποία συλλέγονται στο κτίριο της εξαμμωσης-απολίπανσης η οποία παρουσιάζει εξαιρετικές δυσκολίες, λόγω αφενός της υφής και του ιξώδους του υλικού και αφετέρου λόγω των άμορφων συσσωματωμάτων (μαλαστούπες), που εκ των πραγμάτων δημιουργούνται και συγκεντρώνονται στα φρεάτια



αυτά έχει γίνει η εγκατάσταση ιδιοκατασκευής σε κάθε ένα από τα δύο φρεάτια λιπών, που περιλαμβάνει αγκυρωμένο (αλλά με δυνατότητα κίνησης) εύκαμπτο σωλήνα με μεταλλικό ακροσωλήνιο περίπου ενός μέτρου κατάλληλου για αναρρόφηση υγρών και στερεών (ιδίου τύπου-και ο σωλήνας και το ακροσωλήνιο- με εκείνα που φέρουν τα αποφρακτικά οχήματα της ΔΕΥΑΗ ), τα οποία είναι μόνιμα εγκατεστημένα σε αυτό, για την εύκολη προσαρμογή των σωλήνων αναρρόφησης των αποφρακτικών οχημάτων της ΔΕΥΑΗ (Εικόνα 20). Ο εύκαμπτος σωλήνας καταλήγει σε θηλυκό ακροσωλήνιο στο άλλο άκρο , στο οποίο κουμπώνει στα αποφρακτικά οχήματα και φτάνει έως την εξωτερική μεριά της μεγάλης δίφυλλης πόρτας του κτιρίου, Το σύστημα αγκύρωσης του σωλήνα μπορεί να κινείται σε όλη την επιφάνεια και σε όλο το βάθος του φρεατίου λιπών, ώστε δια του μεταλλικού ακροσωληνίου να αναρροφάται όλο το περιεχόμενο των φρεατίων. Όλα τα μεταλλικά τμήματα της ιδιοκατασκευής είναι από ανοξείδωτο χάλυβα τουλάχιστον 304L .



Εικόνα 20 Σύστημα απομάκρυνσης λιπών μονάδας εξάμμωσης – απολίπανσης ΜΕΛ Ηρακλείου

Τα δυο φρεάτια συλλογής επιπλεόντων είναι εξοπλισμένα με διαχυτές αέρα χονδρής φυσαλίδας έτσι ώστε όταν απαιτείται με την συνεχή ανάδευση να εμποδίζεται η στερεοποίηση των λιπών μέχρι την απομάκρυνση τους.

Η μονάδα εξάμμωσης – απολίπανσης είναι στεγασμένη και από τους χώρους της αναρροφάται αέρας ο οποίος καταλήγει σε μονάδα απόσμησης .



Εικόνα 21 Μετρητής παροχής τύπου Parshall ΜΕΛ Ηρακλείου

Μετά την εξάμμωση – απολίπανση τα λύματα οδεύουν προς τους δύο μετρητές παροχής τύπου Parshall (1 εφεδρικός) με πλάτος στένωσης 800 mm όπου γίνεται η μέτρηση της παροχής με τη χρήση διάταξης αισθητήρων με υπερίχους (Εικόνα 21).

Στη συνέχεια τα λύματα οδεύουν στο φρεάτιο διανομής για την κατανομή της παροχής προς τις δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης, όγκου 3.000 m<sup>3</sup>, διαμέτρου 30 m και βάθος 4,10 m(Εικόνα 22).

Επίσης, μέσω αυτού, μπορεί να παρακάμπτονται οι δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης σε περίπτωση που θέλουμε να οδηγήσουμε τα λύματα κατευθείαν στη δεξαμενή επιλογής. Σ' αυτό το φρεάτιο βάση του αρχικού σχεδιασμού οδηγείται και η περίσσεια ιλύος από το αντλιοστάσιο δευτεροβάθμιας ιλύος.

Για να ελαχιστοποιηθούν οι εκπομπές οσμών από τον μεριστή λυμάτων στις πρωτοβάθμιες καθιζήσεις και από τον διάυλο Parshall, αυτές οι μονάδες έχουν καλυφθεί πλήρως με πλαστικά καλύμματα από GRP , που διαθέτουν ανοιγόμενα παράθυρα ελέγχου και στόμια αναρρόφησης του αέρα από αυτά προς το βιόφιλτρο (της εταιρείας “Airclean” ) των καναλιών των πρωτοβάθμιων καθιζήσεων.

Τα καλύμματα από GRP των πρωτοβάθμιων καθιζήσεων έχουν στηριχθεί σε κατάλληλο περιστρεφόμενο φορέα, ο οποίος κινείται και περιστρέφεται μαζί με την κάθε γέφυρα. Το σύστημα φορέα- καλυμμάτων GRP φέρει ρόδες ολίσθησης, που κυλούν επάνω στο περιμετρικό τοίχιο των δεξαμενών και παράλληλα στηρίζεται στην κεντρική κολώνα της δεξαμενής. Τα καλύμματα έχουν τοποθετηθεί κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να ελαχιστοποιείται η διαφυγή του δύσοσμου αέρα από το εσωτερικό των δεξαμενών. Καλύπτουν το σύνολο της επιφάνειας των δεξαμενών. Το σύστημα φορέα- καλυμμάτων GRP, είναι ένα ενιαίο στιβαρό σύνολο, υψηλής μηχανικής και χημικής αντοχής, με αντοχή σε βάθος χρόνου τουλάχιστον 20 ετών και αντοχή σε πιέσεις ανέμου 11 μποφόρ, που σημειώνεται στην περιοχή. Υπάρχουν ανοίγματα επιθεώρησης και πρόσβασης προς το εσωτερικό των δεξαμενών, ενώ προβλέπεται κατά το δυνατόν ευχερής δυνατότητα αποξήλωσης και επανατοποθέτησης του συνόλου των καλυμμάτων. Τα καλύμματα είναι κατασκευασμένα από ειδικό υλικό ανθεκτικό στην ακτινοβολία UV και στο διαβρωτικό περιβάλλον των οσμηρών ουσιών των λυμάτων (υδρόθειο, μερκαπτάνες, κλπ.). Για τη σύνδεση με το σύστημα απόσμησης έχουν εγκατασταθεί 8 στόμια αναρρόφησης ανά δεξαμενή προκαθίζησης στα περιμετρικά τοιχία αυτών. Τα στόμια αναρροφούν τον αέρα που βρίσκεται παγιδευμένος εντός των καλυμμάτων και τον οδηγούν (μέσω δικτύου αναρρόφησης από σωληνώσεις HDPE) στο νέο φίλτρο απόσμησης ξηρού τύπου. Όλα τα μεταλλικά τμήματα και εξαρτήματα είναι από ανοξείδωτο χάλυβα 316 ή ανώτερης ποιότητας.



Εικόνα 22 Κάλυμμα καναλιού υπερχειλίσης πρωτοβάθμιας καθίζησης ΜΕΛ Ηρακλείου

Μετά την πρωτοβάθμια καθίζηση τα λύματα οδεύουν προς τη δεξαμενή επιλογής.

Η μονάδα έχει σχεδιαστεί για παροχή 47.000 m<sup>3</sup>/d και φόρτιση BOD 10.000 kg BOD/d (κάλυψη των αναγκών για τον αρχικό σχεδιασμό το 2002). Η δεξαμενή έχει 5 θαλάμους στους οποίους έχουν εγκατασταθεί έξι αναδευτήρες. Στους ενδιάμεσους τοίχους ανάμεσα στις δεξαμενές υπάρχουν εγκοπές ώστε να είναι δυνατή η επικοινωνία μεταξύ των δεξαμενών και να αποφεύγεται η συγκέντρωση λάσπης σε μια δεξαμενή. Ο πρώτος είναι ο ανοξικός θάλαμος στον οποίο ανακυκλοφορείται και μέρος της ιλύος από τις δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης και διαθέτει δύο αναδευτήρες με διάμετρο πτερωτής 730 mm και ισχύ 1.5 kW έκαστος. Ο ελάχιστος όγκος αυτού του θαλάμου υπολογίστηκε σε 390 m<sup>3</sup>. Οι τέσσερις θάλαμοι επιλογής υπολογίστηκαν να έχουν ελάχιστο όγκο 500 m<sup>3</sup>. Κάθε ένας εξ αυτών διαθέτει επίσης ένα αναδευτήρα. Δεν προβλέφθηκαν εφεδρικοί αναμικτήρες. Οι αναμικτήρες σε όλες τις δεξαμενές λειτουργούν συνεχώς και ελέγχονται αυτόματα. Ο ελάχιστος συνολικά απαιτούμενος όγκος εκτιμήθηκε σε 890 m<sup>3</sup>. Για μεγαλύτερη ασφάλεια και για να εξασφαλιστεί καλύτερο αποτέλεσμα στην ποιότητα της λάσπης η αναερόβια δεξαμενή επιλογής που κατασκευάστηκε έχει όγκο 1200 m<sup>3</sup>. Η διανομή των λυμάτων μεταξύ της ανοξικής δεξαμενής και των δεξαμενών επιλογής γίνεται με τη βοήθεια μιας κάθετης πλάκας διανομής που είναι τοποθετημένη στο κανάλι εισόδου. Ο λόγος διανομής είναι περίπου 10% προς 90% αλλά μπορεί να μεταβάλλεται ανάλογα με την ποιότητα των λυμάτων.(Εικόνα 23)



Εικόνα 23 Δεξαμενές επιλογής ΜΕΛ Ηρακλείου

Στη συνέχεια τα λύματα διοχετεύονται προς τη βιολογική βαθμίδα. Η βιολογική επεξεργασία αποτελείται από δύο γραμμές, στις οποίες ισοκατανέμονται τα απόβλητα στο φρεάτιο μερισμού πριν την βιολογική επεξεργασία. Κάθε γραμμή αποτελείται από δύο βιολογικές δεξαμενές (αερισμού – ανοξικές), που λειτουργούν εναλλασσόμενα με τη μέθοδο Bio – Denitro, ως δεξαμενές αερισμού ή ως ανοξικές δεξαμενές 2500 m<sup>3</sup> έκαστη (834 m<sup>2</sup> και βάθος 3,0 m) και δύο δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης όγκου 3.969 m<sup>3</sup> έκαστη με διάμετρο 38 m και βάθος 3,5 m.



Εικόνα 24 Δεξαμενές αερισμού ΜΕΛ Ηρακλείου



Εικόνα 25 Δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης ΜΕΛ Ηρακλείου

Ο συνολικός όγκος των βιολογικών δεξαμενών είναι  $10.000 \text{ m}^3$ : Κατά τη λειτουργία ως δεξαμενές αερισμού πραγματοποιείται η απομάκρυνση των οργανικών ενώσεων άνθρακα και η μετατροπή του αζώτου σε νιτρικά (νιτροποίηση). Στη συνέχεια τα νιτρικά ανακυκλοφορούνται στις βιολογικές δεξαμενές, που λειτουργούν ως ανοξικές δεξαμενές, όπου μετατρέπονται σε ελεύθερο άζωτο που απομακρύνεται. Ο αερισμός πραγματοποιείται με 12 συνολικά ρότορες, ικανότητας  $7 \text{ Kg O}_2/\text{h}$  ο καθένας και η βιολογική ανάμιξη με την περιστροφή των ροτόρων σε χαμηλές ταχύτητες και με τη χρήση βραδύστροφων αναμικτήρων (Εικόνα 26). Κατά τη λειτουργία των δεξαμενών ως ανοξικές δεξαμενές πραγματοποιείται σε αυτές η βιολογική απομάκρυνση του αζώτου με τη διαδικασία της απονιτροποίησης. Η απαραίτητη ποσότητα μικροοργανισμών στις βιολογικές δεξαμενές εξασφαλίζεται με την ανακυκλοφορία ενεργού ιλύος από τις δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης, που γίνεται μέσω του βιοεπιλογέα. Για τη σωστή λειτουργία των μονάδων πραγματοποιείται αργή ανάμιξη των αποβλήτων με την περιστροφή των ροτόρων σε χαμηλές ταχύτητες. Τα υπερχειλίζοντα λύματα από τις δεξαμενές αερισμού οδηγούνται στο φρεάτιο διανομής και απ' εκεί κατανέμονται στις δύο δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης.



Εικόνα 26 Επιφανειακός αεριστήρας τύπου βούρτσας ΜΕΛ Ηρακλείου

Στις δεξαμενές πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας καθίζησης υπάρχουν δύο φρεάτια επιπλεόντων. Από αυτά το νερό οδηγείται προς τα αντλιοστάσια στραγγιδίων που βρίσκονται ενσωματωμένα στα δύο αντλιοστάσια πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας λάσπης και από εκεί στην είσοδο της εγκατάστασης, ενώ ο αφρός αντλείται κατά καιρούς και απομακρύνεται από την εγκατάσταση.

Η απολύμανση των επεξεργασμένων υγρών πραγματοποιείται στα περιμετρικά κανάλια των δεξαμενών δευτεροβάθμιας καθίζησης με την έγχυση διαλύματος υποχλωριώδους νατρίου (15%) με τη βοήθεια τριών οδομετρικών αντλιών των οποίων η παροχή ρυθμίζεται σε συνάρτηση με το χρόνο λειτουργίας τους και της παροχής εξόδου των λυμάτων.

Οι εκροές από τις δύο δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης οδεύουν με κοινό αγωγό προς τελική διάθεση, κατά τη διαδρομή των λυμάτων από την έξοδο της εγκατάστασης μέχρι τη θάλασσα εξασφαλίζεται ο απαραίτητος στροβιλισμός και ο αναγκαίος χρόνος επαφής για την απολύμανση.

Ο αγωγός που οδηγεί τα επεξεργασμένα λύματα στη θάλασσα, σχεδιάστηκε για μέγιστη παροχή 1.600 λίτρα/δευτερόλεπτο και λόγω της θέσης των εγκαταστάσεων αποτελείται από δύο τμήματα. Το ένα τμήμα βρίσκεται στην ξηρά και το άλλο τμήμα το οποίο είναι υποθαλάσσιο τοποθετήθηκε στον πυθμένα της θάλασσας.

Το τμήμα στην ξηρά έχει μήκος 3.855 m και ξεκινά από το φρεάτιο εξόδου των εγκαταστάσεων επεξεργασίας. Το ίδιο τμήμα καταλήγει σε φρεάτιο που βρίσκεται κοντά στην ακτή και σε υψόμετρο εδάφους περίπου +4.00 m, το οποίο μπορεί να θεωρηθεί ως φρεάτιο φόρτισης του υποβρυχίου τμήματος.

## 2.2 Γραμμή ιλύος

Η βιολογική ιλύς από τις δεξαμενές πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας καθίζησης υφίστανται επεξεργασία με προπάχυνση, αναερόβια χώνευση, μεταπάχυνση και αφυδάτωση.(Εικόνα 27)



*Εικόνα 27 Δεξαμενές πάχυνσης ΜΕΛ Ηρακλείου*

Από τις δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης η λάσπη αντλείται προς τους δύο προπαχυντές με 4 αντλίες δύο για κάθε γραμμή ιλύος και δύο εφεδρικές δυναμικότητας 30 m<sup>3</sup>/h σε μέγιστη πίεση λειτουργίας 4 bar. (Εικόνα 28) Οι δεξαμενές προπάχυνσης έχουν όγκο 196,30 m<sup>3</sup> με διάμετρο 10 m και ύψος 2,5 m. Στις δεξαμενές είναι τοποθετημένο ξέστρο για την ανάμιξη και σάρωση. Στους προπαχυντές η λάσπη συμπυκνώνεται σε ποσοστό στερεών 6%.



*Εικόνα 28 Αντλίες πρωτοβάθμιας λάσπης ΜΕΛ Ηρακλείου*

Από τους προπαχυντές η λάσπη αντλείται στους δύο χωνευτές με 2 αντλίες θετικής εκτόπισης δυναμικότητας 15 m<sup>3</sup>/h έκαστη, μία εκ των οποίων εφεδρική.



Εικόνα 29 Αναερόβιοι χωνευτές λυματολάσσης ΜΕΛ Ηράκλειου

Μετά την αερόβια χώνευση η λάσπη οδηγείται προς τις δύο δεξαμενές μεταπάχυνσης ίδιας γεωμετρίας και τρόπου λειτουργίας με τις δεξαμενές προπάχυνσης. Και στις δύο δεξαμενές η πάχυνση γίνεται με βαρύτητα και επιτυγχάνεται συγκέντρωση στερεών περίπου 6%.

Στη συνέχεια η λάσπη οδηγείται προς τις δύο μονάδες αφυδάτωσης, την «Παλαιά μονάδα αφυδάτωσης» και τη «Νέα μονάδα αφυδάτωσης», στις οποίες αφυδατώνεται, φορτώνεται σε ειδικά κοντέινερ και μεταφέρεται στο ΧΥΤΑ στους πέρα Γαλήνους του νομού Ηρακλείου.

#### 2.2.1 Διαδικασία αναερόβιας χώνευσης

Στους χωνευτές σταθεροποιείται η λάσπη, έτσι ώστε να μπορεί μετά την αφυδάτωσή της να διατεθεί χωρίς ενοχλητικές οσμές. Η εγκατάσταση αποτελείται από: 2 χωνευτές, λεβητοστάσιο και μηχανοστάσιο, αεριοφυλάκιο και πυρσό καύσης για το πλεονάζον αέριο.

Η διαδικασία της χώνευσης γίνεται απουσία οξυγόνου (αναερόβιες συνθήκες) και περιλαμβάνει τη διαδικασία της όξινης χώνευσης και τη διαδικασία της αλκαλικής χώνευσης. Η διαδικασία της χώνευσης είναι ευαίσθητη στη θερμότητα. Σε θερμοκρασία περί τους 35°C και κάτω από συνθήκες λειτουργίας "υψηλής φόρτισης" η απαραίτητη περίοδος χώνευσης εκτιμάται σε 20 ημέρες περίπου. Το παραγόμενο αέριο αποτελείται από 70% περίπου μεθάνιο (CH<sub>4</sub>) και 30% περίπου διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Ανάλογα με την φύση της λάσπης και τη συγκέντρωση στερεών αναμένεται μία ποσότητα περίπου 0,35 m<sup>3</sup> αερίου ανά kg πρωτοβάθμιας και 0,20 m<sup>3</sup> ανά kg δευτεροβάθμιας λάσπης.

Κατά την προσαγωγή συμπυκνωμένης λάσπης εκτοπίζεται ένας ισοδύναμος όγκος χωνεμένης λάσπης. Η εξερχόμενη λάσπη οδηγείται σε ένα εξωτερικό θάλαμο που βρίσκεται στην κορυφή της δεξαμενής κάτω από τη στάθμη λάσπης στο χωνευτή. Η διάταξη αυτή εξασφαλίζει την αποφυγή μη ελεγχόμενης εκκένωσης του χωνευτή που θα μπορούσε να προκαλέσει ένα κενό με καταστροφικές συνέπειες. Πρέπει να είναι πάντα δυνατή η

πλήρωση του χωνευτή από το αεριοφυλάκιο με όγκο αερίου αντίστοιχο του όγκου λάσπης που απομακρύνθηκε. Η χωνευθείσα λάσπη οδηγείται με βαρύτητα στις δεξαμενές μεταπάχυνσης.

Οι χωνευτές είναι εφοδιασμένοι με κατάλληλο σύστημα ανάμιξης-ανάδευσης που εμποδίζει την μηχανική δημιουργία αφρού. Οι χωνευτές θερμαίνονται σε θερμοκρασία 35°C περίπου με την ανακυκλοφορία της μάζας της λάσπης σε δύο εναλλάκτες θερμότητας ισχύος 125 KW ο καθένας που βρίσκονται εγκατεστημένοι στο λεβητοστάσιο - μηχανοστάσιο.

Οι εναλλάκτες θερμότητας παίρνουν τη θερμότητα με την κυκλοφορία θερμού νερού από τους δύο λέβητες αερίου ισχύος 263 KW ο καθένας που χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας το αέριο μεθάνιο που παράγεται κατά τη διαδικασία της χώνευσης ή πετρέλαιο.

Η θέρμανση ελέγχεται αυτόματα με μετρήσεις της θερμοκρασίας της λάσπης στην πλευρά εισόδου του εναλλάκτη θερμότητας. Με σκοπό να εμποδιστεί η υπερθέρμανση της λάσπης, το θερμό νερό διατηρείται σε μέγιστη θερμοκρασία 60°C. Επιπλέον οι λέβητες μπορεί να εξασφαλίζουν τη θέρμανση και των άλλων κτιρίων της εγκατάστασης.

## 2.2.2 Μονάδες αφυδάτωσης ιλύος

### Παλαιά μονάδα αφυδάτωσης ιλύος

Η μονάδα παλαιάς αφυδάτωσης είναι εξοπλισμένη με τρεις αντλίες ιλύος θετικής εκποτίσεως παροχής 15 m<sup>3</sup>/hr στα 2 bar η καθεμιά, 1 ταινιοφιλτρόπρεσσοι δυναμικότητας 11-16 m<sup>3</sup>/hr, ένα σύστημα προετοιμασίας πολυμερούς, τρεις κοχλιομεταφορείς και ένα σύστημα έκπλυσης. Για την αποφυγή των οσμών από το κτίριο της παλαιάς αφυδάτωσης αναρροφάται αέρας ο οποίος οδηγείται σε μονάδα απόσμησης.



Εικόνα 30 Ταινιοφιλτρόπρεσσα μονάδας παλαιών πρεσών ΜΕΛ Ηρακλείου



Στην μονάδα αφυδάτωσης έχει εγκατασταθεί ένας φυγοκεντρικός διαχωριστήρας του κατασκευαστικού οίκου ANDRITZ τύπου D4 LC 30 C HP, δυναμικότητας 15 m<sup>3</sup>/h που αποτελείται από ένα περιστρεφόμενο τύμπανο κυλινδρο-κωνικού σχήματος και ένα ατέρμονα κοχλία που περιστρέφεται εντός του τυμπάνου με την ίδια φορά αλλά με ελαφρώς λιγότερες στροφές. (Εικόνα 31)

Η τροφοδοσία του γίνεται από το κωνικό τμήμα του τυμπάνου, διαμέσου ειδικού σωλήνα που οδηγεί την ιλύ στο μέσο περίπου του τυμπάνου. Με την περιστροφή του τυμπάνου, η ιλύς βρίσκεται υπό την επίδραση της φυγοκεντρικής δύναμης, με αποτέλεσμα τα συστατικά μέρη της να διαχωρίζονται ανάλογα με το ειδικό βάρος. Έτσι, τα στερεά συστατικά εξωθούνται προς την περιφέρεια του τυμπάνου, ενώ τα υγρά σχηματίζουν ομόκεντρους δακτυλίους.



Εικόνα 31 Φυγοκεντρικός διαχωριστήρας παλαιών πρεσών ΜΕΛ Ηρακλείου

Ο ατέρμονας κοχλίας συμπαρασύρει την αφυδατωμένη ίλη προς το κωνικό τμήμα του τυμπάνου, όπου είναι οι οπές εξόδου, ενώ τα στραγγίσματα εξέρχονται από το πίσω μέρος του τυμπάνου μέσω ρυθμιζόμενων διαφραγμάτων.

Ο φυγοκεντρικός διαχωριστήρας εδράζεται σε στιβαρό πλαίσιο, το οποίο μπορεί να παραλάβει όλα τα δυναμικά και στατικά φορτία, χωρίς παραμορφώσεις ή έντονες ταλαντώσεις.

Όλα τα μέρη του συγκροτήματος που έρχονται σε επαφή με τη ιλύ θα είναι από ανοξείδωτο χάλυβα. Τα πτερύγια του κοχλία θα έχουν προστασία με επικάλυψη από καρβίδιο βολφραμίου.

Η λειτουργία του είναι πλήρως αυτοματοποιημένη και ελέγχεται από αυτόνομο PLC το οποίο είναι εγκατεστημένο στον πίνακα του φυγόκεντρου.

### 2.2.3 Νέα μονάδα αφυδάτωσης ιλύος

Το κτίριο της νέας μονάδας αφυδάτωσης βρίσκεται στον χώρο δυτικά των χωνευτών. Το κτίριο αυτό έχει στεγάσει τη νέα ταινιοφιλτρόπρεσα (Εικόνα 32) και τράπεζα πάχυνσης, το συγκρότημα προετοιμασίας πολυηλεκτρολύτη (Εικόνα 34), το οποίο εξυπηρετεί τη νέα καθώς και τις παλαιές ταινιοφιλτρόπρεσες και τις νέες αντίστοιχες αντλίες τροφοδοσίας πολυηλεκτρολύτη (Εικόνα 33).



Εικόνα 32 Αφυδατωμένη ιλύς νέας ταινιοφιλτρόπρεσσα ΜΕΛ Ηρακλείου



Εικόνα 33 Μονάδα προετοιμασίας πολυηλεκτρολύτη ΜΕΛ Ηρακλείου



+++++++ Αντλίες για πολυηλεκτρολήτη, νέας και παλαιάς μονάδας αφυδάτωσης ΜΕΛ Ηρακλείου

Το συγκρότημα αφυδάτωσης της ιλύος αποτελείται από μηχανική τράπεζα πάχυνσης και ταινιοφιλτρόπρεσσα τύπου υψηλής πίεσης το οποίο έχει ικανότητα αφυδάτωσης της λάσπης σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από 25 %.

Το νέο συγκρότημα αφυδάτωσης λειτουργεί με ελάχιστη παροχή τροφοδοτούμενης λάσπης 30 m<sup>3</sup>/h σε συγκέντρωση στερεών 5% έως μέγιστη παροχή 50 m<sup>3</sup>/h και συγκέντρωση στερεών 3%. Η συγκέντρωση της αφυδατωμένης ιλύος είναι για μεν τη δευτεροβάθμια λάσπη περίπου 15% ενώ για τη χωνεμένη λάσπη το ποσοστό αυτό ανέρχεται στο 25%.

Για την τροφοδοσία με ιλύ του νέου συγκροτήματος αφυδάτωσης έχουν εγκατασταθεί στην περιοχή ανάμεσα στις υφιστάμενες δεξαμενές μεταπάχυνσης δύο αντλίες ελικοειδούς ρότορα, η μία εκ των οποίων είναι εφεδρική με μέγιστη παροχή λειτουργίας 50 m<sup>3</sup>/h σε μέγιστη πίεση λειτουργίας 3 bar.(Εικόνα 34)

Η απομάκρυνση της αφυδατωμένης ιλύος προς το υφιστάμενο υπόστεγο των κοντέινερ λάσπης γίνεται από σύστημα τριών μεταφορικών κοχλιών. Τα στραγγίδια που παράγονται απομακρύνονται προς το υφιστάμενο δίκτυο στραγγιδίων.



Εικόνα 34 Αντλίες τροφοδοσίας ιλύος νέας μονάδας αφυδάτωσης ΜΕΛ Ηρακλείου

Η νέα μονάδα προετοιμασίας διαλύματος πολυηλεκτρολύτη που εξυπηρετεί τις ανάγκες τόσο του νέου συγκροτήματος αφυδάτωσης, όσο και των δύο υφισταμένων ταινιοφιλτρόπρεσων έχει δυναμικότητα 3.000 l/h διαλύματος πολυηλεκτρολύτη συγκέντρωσης 0,5%.

Για τη δοσομέτρηση του διαλύματος πολυηλεκτρολύτη προς το νέο συγκρότημα αφυδάτωσης έχουν εγκατασταθεί δύο αντλίες ελικοειδούς ρότορα (mono pumps). Η μέγιστη παροχή κάθε αντλίας είναι 1.950 lt/h σε μέγιστη πίεση λειτουργίας 4 bar. Για τη δοσομέτρηση του διαλύματος πολυηλεκτρολύτη προς τις παλαιές ταινιοφιλτρόπρεσες έχουν εγκατασταθεί τρεις νέες αντλίες πολυηλεκτρολύτη από μία για κάθε ταινιοφιλτρόπρεσσα, ενώ η τρίτη αντλία βρίσκεται σε κοινή εφεδρεία. Η μέγιστη παροχή κάθε αντλίας είναι 800 lt/h σε μέγιστη πίεση λειτουργίας 4 bar.

Κοντά στις υφιστάμενες δεξαμενές πόσιμου και βιομηχανικού νερού έχει εγκατασταθεί νέο πιεστικό συγκρότημα νερού το οποίο εξυπηρετεί τις ανάγκες πλύσης τόσο του νέου συγκροτήματος αφυδάτωσης όσο και τις ανάγκες πλύσης των δύο μηχανικών παχυντών με δύο φυγοκεντρικές αντλίες συνολικής παροχής 28 m<sup>3</sup>/h σε πίεση λειτουργίας 8,8 bar.

Κατά το σχεδιασμό των έργων επέκτασης της μονάδας αφυδάτωσης εξετάστηκαν δύο εναλλακτικά σενάρια :

- Το κύριο, σύμφωνα με το οποίο μίγμα πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας λάσπης οδηγείται στις δεξαμενές προπάχυνσης, στους χωνευτές, στις δεξαμενές μεταπάχυνσης και τέλος στις ταινιοφιλτρόπρεσες αφυδάτωσης.
- Το εφεδρικό, σύμφωνα με το οποίο η πρωτοβάθμια λάσπη ακολουθεί τη διεργασία που περιγράφεται στο κύριο σενάριο ενώ η δευτεροβάθμια λάσπη οδηγείται στο νέο σύστημα μηχανικής πάχυνσης, στη μία δεξαμενή μεταπάχυνσης και στη νέα μονάδα αφυδάτωσης.

Η εγκατάσταση μπορεί να λειτουργήσει, ανάλογα με τις ανάγκες, με εφαρμογή οποιουδήποτε εκ των παραπάνω σεναρίων.

#### 2.2.4 Μονάδα μηχανικής πάχυνσης ιλύος

Εναλλακτικά και πριν η λάσπη οδηγηθεί στις δεξαμενές προπάχυνσης μπορεί να επεξεργαστεί στη μονάδα μηχανικής πάχυνσης (Εικόνα 35). Η μονάδα μηχανικής πάχυνσης αποτελείται από, δύο μηχανικούς παχυντές, το συγκρότημα προετοιμασίας του πολυηλεκτρολύτη και τις αντλίες απομάκρυνσης της παχυμένης λάσπης προς τους προπαχυντές. Κάθε ένας από τους μηχανικούς παχυντές έχει διαστασιοποιηθεί για παροχή λάσπης 30 m<sup>3</sup>/h και με συγκέντρωση εισόδου 3%, και αναμενόμενη συγκέντρωση εξόδου 6,5%. Η μεταφορά της ιλύος από τους μηχανικούς παχυντές προς τις δεξαμενές προπάχυνσης γίνεται με τρεις αντλίες τύπου ελικοειδούς ρότορα (mono pumps)-η μία εφεδρική (Εικόνα 36). Η μέγιστη παροχή κάθε αντλίας είναι 16,3 m<sup>3</sup>/h σε μέγιστη πίεση λειτουργίας 2 bar. Εντός του κτιρίου μηχανικής πάχυνσης έχει εγκατασταθεί επίσης η νέα μονάδα προετοιμασίας διαλύματος πολυηλεκτρολύτη, η οποία εξυπηρετεί τις ανάγκες των μηχανικών παχυντών. Το συγκρότημα έχει δυναμικότητα 2.000 l/h διαλύματος πολυηλεκτρολύτη συγκέντρωσης 0,5%.



Εικόνα 35 Μηχανικοί παχυντές ΜΕΛ Ηρακλείου



Εικόνα 36 Αντλίες απομάκρυνσης ιλύος μονάδας μηχανικής πάχυνσης

Τα στραγγίδια τα οποία προκύπτουν οδεύουν προς το αντλιοστάσιο στραγγιδίων των δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης.

Για τη δοσομέτρηση του διαλύματος πολυηλεκτρολύτη προς τους μηχανικούς παχυντές έχουν εγκατασταθεί τρεις αντλίες ελικοειδούς ρότορα (mono pumps) μεταβλητής παροχής, μία εφεδρική. Η μέγιστη παροχή κάθε αντλίας είναι 1.180 lt/h σε μέγιστη πίεση λειτουργίας 4 bar.

#### 2.2.5 Αντλιοστάσιο δευτεροβάθμιας ιλύος

Η ανακυκλοφορία της λάσπης που παράγεται στην δευτεροβάθμια καθίζηση γίνεται μέσω 6 αντλιών ανακυκλοφορίας, τρεις για κάθε γραμμή οι οποίες λειτουργούν κυκλικά ανά γραμμή και ανά αντλία. Είναι κατακόρυφες φυγοκεντρικές, αντιεμφραγματικές, υποβρύχιες, δυναμικότητας 835 m<sup>3</sup>/hr η καθεμιά. Ενώ η περίσσεια οδηγείται στη πρωτοβάθμια καθίζηση με 2 αντλίες παροχής 67 m<sup>3</sup>/hr η καθεμιά.

## 2.3 Γραμμή βιοαερίου

### 2.3.1 Αποθήκευση βιοαερίου

Το παραγόμενο αέριο κατά τη διάρκεια της χώνευσης οδηγείται με φυσική ροή λόγω υψομετρικής διαφοράς από τον χωνευτή σε δύο όμοια αεριοφυλάκια χωρητικότητας 400 m<sup>3</sup> (εικόνα 39) το καθένα που εξυπηρετούν τις παρακάτω λειτουργίες:

- Εξισορρόπηση αυξομειώσεων στην παραγωγή και κατανάλωση αερίου.
- Πλήρωση του χωνευτή με αέριο εάν η στάθμη του νερού μεταβάλλεται.



Εικόνα 37 Αεριοφυλάκιο ΜΕΛ Ηρακλείου

Το κάθε αεριοφυλάκιο είναι τύπου κώδωνα αποτελούμενο από καλυβδοέλασμα και βρίσκεται τοποθετημένο μέσα σε δεξαμενή νερού. Η δεξαμενή του αεριοφυλακίου είναι κατασκευασμένη από σκυρόδεμα τύπου c30/37 μόνιμου φορτίου 25,00 kN/m<sup>3</sup> με ακτίνα κυλινδρικού τμήματος 5.8 m και πάχος τοιχώματος 3 m.

Με την αναβάθμιση του βιολογικού έγινε εγκατάσταση ενός νέου αεριοφυλακίου της ίδιας δυναμικότητας με το υφιστάμενο, δηλαδή ωφέλιμου όγκου 400m<sup>3</sup> Το αεριοφυλάκιο είναι εφοδιασμένο με όλα τα επιβαλλόμενα συστήματα ασφαλείας και ρύθμισης.

Ο κώδωνας του αεριοφυλακίου είναι πλήρως αυτοστηριζόμενος, όταν βρίσκεται στην κατώτερη στάθμη και είναι άδειο και ακουμπά στον πυθμένα της δεξαμενής και είναι επίσης πλήρως υποστηριζόμενος, όταν βρίσκεται στην ανώτερη θέση του, πλήρες βιοαερίου.

Ο κώδωνας είναι κατασκευασμένος ώστε να καλύπτει τα κάτωθι φορτία και πιέσεις:

Μέγιστη εσωτερική πίεση βιοαερίου 400 mmΣ.Υ.

Φόρτιση σε χιόνι, υποπίεση και κινητό φορτίο: 240Kgr/m<sup>2</sup> τουλάχιστον

Φόρτιση ανέμου στη συνολική εκτιθέμενη επιφάνεια πάνω από το τοίχιο του αεριοφυλακίου: 75Kgr/m<sup>2</sup>.

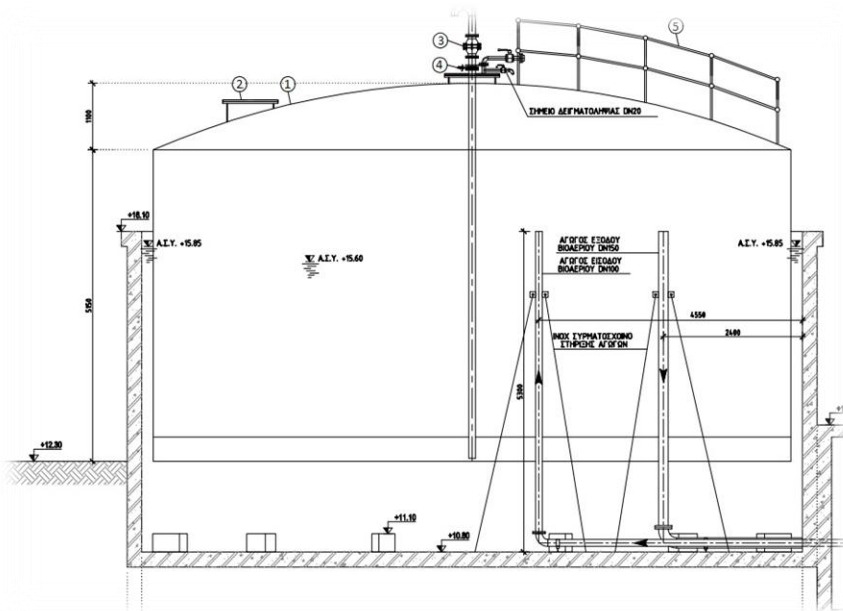
Η πίεση λειτουργίας ρυθμίζεται με κατάλληλη διάταξη με μέση τιμή στα 250mmH<sub>2</sub>O

Ο μεταλλικός κώδωνας

σχεδιάζεται ώστε τα πλευρικά τοιχώματα, ο περιμετρικός ωστικός δακτύλιος και ο κελυφοειδής τρούλος να μπορούν να παραλάβουν όλες τις καμπτικές δυνάμεις και τις πιέσεις που εξασκούνται επ' αυτών.

Η οροφή του θόλου περιλαμβάνει τα κάτωθι εξαρτήματα :

1. Κώδωνας αεριοφυλακίου Φ11000 mm.
2. Ανθρωποθυρίδα DN 600.
3. Φλογοπαγίδα DN 100.
4. Δικλείδα τύπου πεταλούδας DN80.
5. Προστατευτικό Κιγκλίδωμα.



Εικόνα 38 Αεριοφυλάκιο ΜΕΛ Ηρακλείου σε τομή

Το μέταλλο είναι ικανού πάχους για να προκύπτει η ζητούμενη πίεση στο εσωτερικό του κώδωνα και είναι βαμμένο με εποξειδικό χρώμα δύο συστατικών κατάλληλου πάχους, σε χρώμα επιλογής του κυρίου του έργου. Εξωτερικά το χρώμα φέρει τελική στρώση από επικάλυψη ανθεκτική στην ηλιακή ακτινοβολία.

Είναι εφοδιασμένο με συστήματα αφύγρανσης του εισερχόμενου και εξερχόμενου βιοαερίου, ενώ η γραμμή προς το λεβητοστάσιο φέρει φλογοπαγίδα.

Υπάρχει παράλληλη λειτουργία των δύο αεριοφυλακίων, με δυνατότητα πλήρους λειτουργικής ανεξαρτησίας του ενός από το άλλο σε περίπτωση αδυναμίας να λειτουργήσει κάποιο εκ των δύο.(Δ.Ε.Υ.Α.Η)

### 2.3.2 Καθαρισμός βιοαερίου

Για να λειτουργήσουν αποδοτικά οι μηχανές συμπαραγωγής, πρέπει το βιοαέριο, που καίνε, να είναι χαμηλής περιεκτικότητας σε υδρόθειο ( $H_2S$ ), διότι μετατρέπεται σε θειικό οξύ κατά την εκκίνηση των μηχανών και μέχρι αυτές να θερμανθούν, με αποτέλεσμα να διαβρώνονται ταχέως οι θάλαμοι καύσης του βιοαερίου. Η συγκέντρωση του βιοαερίου σε υδρόθειο φτάνει τις 3.000ppm λόγω των αναερόβιων συνθηκών στους χωνευτές και της υψηλής περιεκτικότητας του νερού σε θειικά ιόντα.

Για την μείωση της συγκέντρωσης του βιοαερίου σε  $H_2S$ , σε ανεκτό από τις μηχανές επίπεδο, έχει εγκατασταθεί, ένατη των μηχανών συμπαραγωγής, μονάδα καθαρισμού του βιοαερίου (εικόνα 39) αποτελούμενη από :

- Μονάδα αποθείωσης
- Μονάδα αφύγρανσης
- Μονάδα καθαρισμού με ενεργό άνθρακα



Εικόνα 39 Μονάδα αποθείωσης ΜΕΛ Ηρακλείου

Η μονάδα αποθείωσης είναι βιολογικού τύπου (βιόφιλτρο) του κατασκευαστικού οίκου TS GmbH , δυναμικότητας επεξεργασίας 170  $Nm^3/h$  βιοαερίου συγκέντρωσης σε  $H_2S$  3.000 ppm.

Η εν λόγω μονάδα εμποτίζεται με επιλεγμένους μικροοργανισμούς οι οποίοι συγκρατούνται στο εσωτερικό του πληρωτικού υλικού. Το πληρωτικό υλικό τοποθετείται στο εσωτερικό του πύργου από πλαστικό υλικό με επίπεδο πυθμένα και κωνική οροφή και συγκρατείται από εσχάρα συνθετικού υλικού. Το αιώρημα των μικροοργανισμών αντλείται διαρκώς και το υδρόθειο απομειώνεται από αυτούς. Οι μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται ανήκουν στη οικογένεια των *Thiobacillus*.



Ο εξοπλισμός της μονάδας βιολογικής αποθείωσης του βιοαερίου αποτελείται από τα παρακάτω μέρη:

- Πύργος από PP όγκου 29 m<sup>3</sup>.
- Φυγοκεντρική αντλία ανακυκλοφορίας SHM 50-40 παροχής 25-30 m<sup>3</sup>/h στα 1 bar -2,2 kW.
- Φυσητήρας παροχής αέρα FZP K04 δυναμικότητας 10-40 m<sup>3</sup>/h στα 80 mbar, ισχύος 0,37 kW.
- Πλήρες δίκτυο εσωτερικών σωληνώσεων πλήρωσης νερού, αν κυκλοφορίας, κλπ.
- Εξοπλισμός μετρήσεων και ρύθμισης
- Πίνακα ελέγχου εντός του θαλάμου
- Δεξαμενή 200 lit για την τροφοδοσία της τροφής των μικροοργανισμών.
- Σωληνώσεις θέρμανσης.

Το βιοαέριο αφού περάσει από την μονάδα αποθείωσης, εισέρχεται στην μονάδα αφύγρανσης και έπειτα στην μονάδα καθαρισμού με ενεργό άνθρακα. Στην συνέχεια μέσω του αεριοσυμπιεστή οδηγείται στην είσοδο της αεριομηχανής.

Η διεργασία καθαρισμού του βιοαερίου στη Δ.Ε.Υ.Α.Η ακολουθεί τα παρακάτω στάδια:

1. Απομάκρυνση των ενώσεων του θείου (που είναι και σε περισσότερη συγκέντρωση). Για να επιτευχθεί αυτό γίνεται χρήση χημικών και βιολογικών μεθόδων. Ωστόσο η βιολογική οξειδωση του θείου τείνει να εκτοπίσει τις άλλες μεθόδους γιατί συνδυάζει απλότητα και χαμηλό κόστος.
2. Απομάκρυνση των υδρατμών που γίνεται με ψύξη του βιοαερίου πετυχαίνοντας την ξήρανση του και τη μη φθορά των μηχανών συμπαραγωγής.
3. Απομάκρυνση άλλων ενώσεων (αν και μέρος από αυτές μπορεί να απομακρύνονται με τα δύο προηγούμενα στάδια), με φίλτρα ενεργού άνθρακα ή άλλων προσροφητικών μέσων που μπορούν να δεσμεύσουν μη επιθυμητές ενώσεις.

Τόσο η παρακάτω περιγραφή των βασικών αρχών της διεργασίας αποθείωσης, όσο και τα τεχνικά στοιχεία που αφορούν την εγκατάσταση και τη λειτουργία της πάρθηκαν από τα τεχνικά εγχειρίδια που παρέδωσε η Thalís S.A. στην Δ.Ε.Υ.Α.Η.

### 2.3.3 Αρχή λειτουργίας βιοαντιδραστήρα

Η διεργασία αποθείωσης είναι πλήρως ελεγχόμενη και το αποτέλεσμά της, εκτός από τη ροή του βιοαερίου και την περιεκτικότητά του σε ενώσεις του θείου, εξαρτάται από:

- Τη βιοδιασπασιμότητα των ρύπων.
- Τη συγκέντρωση των μικροοργανισμών που μειώνουν τους ρύπους.
- Την επαρκή παροχή οξυγόνου και θρεπτικών στοιχείων για τους μικροοργανισμούς.
- Τις καθορισμένες συνθήκες της διεργασίας (θερμοκρασία, pH, υγρασία κ.τ.λ),
- τη συγκέντρωση αναστολέων / τοξικών ουσιών στο υπό καθαρισμό ρεύμα βιοαερίου.

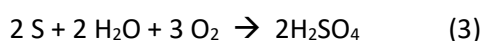
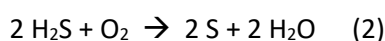
Μέσα στον βιοαντιδραστήρα, πλησίον της εισόδου του βιοαερίου, υπάρχουν συστοιχίες μπεκ οι οποίες ψεκάζουν ένα υδατικό διάλυμα. Αυτό το υδατικό διάλυμα χρησιμοποιείται αφενός ως θρεπτικό υπόστρωμα για τους μικροοργανισμούς και αφετέρου για τη διαλυτοποίηση / μεταφορά του H<sub>2</sub>S από την αέρια στην υγρή φάση, για να αποσυντεθεί με την βοήθεια των βακτηρίων. Έτσι αξιοποιούνται οι διαφορετικοί συντελεστές διαλυτότητας του νόμου του Henry, μεταξύ του CH<sub>4</sub> (που είναι 80 φορές μικρότερη) και του H<sub>2</sub>S, διασφαλίζοντας έτσι ότι σχεδόν το 100% του CH<sub>4</sub> θα εξέλθει του βιοαντιδραστήρα.

Ο αερόβιος μικροοργανισμός που έχει επιλέξει η TS Umweltanlagenbau GmbH να τοποθετήσει στον βιοαντιδραστήρα είναι του γένους Thiobacillus και έχει βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης 30-31°C και χρησιμοποιεί το CO<sub>2</sub> ως πηγή άνθρακα για να οξειδώσει το H<sub>2</sub>S σύμφωνα με τις παρακάτω χημικές αντιδράσεις:

Απευθείας οξείδωση του υδρόθειου σε θειικό οξύ



Οξείδωση του υδρόθειου με ενδιάμεσο στάδιο το στοιχειακό θείο



Οι προϋποθέσεις για να γίνουν οι αντιδράσεις (1), (2) & (3) είναι:

- Διαθεσιμότητα οξυγόνου.
- Ύπαρξη οξειδώσιμης πηγής θείου (π.χ. H<sub>2</sub>S ή οργανικά δεσμευμένο θείο).
- Διαθεσιμότητα αμμωνίας ως πηγής αζώτου.
- Διαθεσιμότητα CO<sub>2</sub> ως πηγή άνθρακα για οξείδωση των μερκαπτανών .
- Διαθεσιμότητα φωσφόρου και αζώτου.
- Συγκεκριμένο εύρος pH.

Για τους παραπάνω λόγους, το εναιώρημα των μικροοργανισμών μεταφέρεται σε συνεχή ροή (πορτοκαλί ροή σχέδιο 5.2) στον βιοαντιδραστήρα C1 μέσω μιας αντλίας ανθεκτικής σε όξινες συνθήκες. Η αντλία αυτή είναι συνδεδεμένη με ένα μετρητή ροής (με τη μορφή κώνου) έτσι ώστε αν η ροή πέσει κάτω από προκαθορισμένη ελάχιστη τιμή, για χρόνο μεγαλύτερο από 10 sec, απενεργοποιείται η λειτουργία της, με παράλληλη ένδειξη σφάλματος στον πίνακα ελέγχου. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται πιθανό φράξιμο στη γραμμή μεταφοράς του εναιωρήματος.

#### 2.3.4 Διαστασιολόγηση και Περιγραφή βιοαντιδραστήρα

Η μονάδα έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε το εξερχόμενο αέριο από την κλίνη να έχει 100% υγρασία (περισσότερο από 40g H<sub>2</sub>O / m<sup>3</sup> αερίου), θερμοκρασία μεταξύ 29-31°C και συγκέντρωση σε H<sub>2</sub>S μικρότερη από 200ppm (300mg/m<sup>3</sup>). Παράλληλα για να μειωθεί η απαίτηση σε νερό (και κατά συνέπεια να μειωθούν και τα απόβλητα της διεργασίας) ο βιοαντιδραστήρας έχει ρυθμιστεί να λειτουργεί σε pH μεταξύ 1,4 -1.6.

Η κλίνη αποθείωσης ή Βιοαντιδραστήρας (C1) είναι κατασκευασμένη από πολυπροπυλένιο (pp), ο όγκος της είναι 31m<sup>3</sup> ενώ το πληρωτικό υλικό, το οποίο εξασφαλίζει την υψηλή πυκνότητα μικροοργανισμών στην κλίνη καταλαμβάνει 24,5m<sup>3</sup> του συνολικού όγκου της δεξαμενής. Όλη η κλίνη αποθείωσης βρίσκεται υπό πίεση 0,04 bar με τη ροή του βιοαερίου να είναι από πάνω προς τα κάτω. Την ίδια ροή έχει και το υδατικό διάλυμα το οποίο μεταφέρεται σε συνεχή ροή μέσα στον βιοαντιδραστήρα, μέσω αντλίας.

Στο σημείο εισόδου του βιοαερίου (κίτρινη ροή) στην κορυφή της κλίνης, προστίθεται αέρας (μαύρη ροή/σχέδιο 5.2) η ποσότητα του οποίου εξαρτάται από: α) τη ροή του όγκου του βιοαερίου, β) τη συγκέντρωση του H<sub>2</sub>S και γ) την κατάσταση των μικροοργανισμών στην κλίνη. Γενικά ισχύει ότι η παροχή του αέρα είναι το 10-13% του συνολικού μίγματος, άρα η παροχή οξυγόνου είναι μικρότερη από 2,5%. Υπάρχουν μετρητές ροής (εικόνα 3) για τον αέρα και για το βιοαέριο (FI007 και FIC008.1 αντίστοιχα/σχέδιο 5.2) οι οποίοι μεταφέρουν τα δεδομένα των παροχών στον κεντρικό πίνακα ελέγχου, ο οποίος είναι ρυθμισμένος να σταματάει τις ροές αέρα/βιοαερίου, όταν το οξυγόνο είναι περισσότερο από 3,5%. Έτσι διασφαλίζεται ότι το ποσοστό του οξυγόνου στο μείγμα του βιοαερίου θα είναι κάτω από το κατώτερο όριο αναφλεξιμότητας του 5%.

Στον πυθμένα του βιοαντιδραστήρα υπάρχουν τέσσερις αισθητήρες στάθμης που είναι συνδεδεμένοι με την γραμμή κυκλοφορίας του εναιωρήματος (πορτοκαλί ροή/σχέδιο 5.2). Οι δύο από αυτούς βρίσκονται στην κορυφή (LA+001) και στην βάση του πυθμένα του βιοαντιδραστήρα (LA-004), οι οποίοι ενεργοποιούνται αντίστοιχα σε περίπτωση υψηλής ή χαμηλής στάθμης του εναιωρήματος, δηλαδή σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης. Οι άλλοι δύο ενδιαμέσοι αισθητήρες (LC002 και LC003) ρυθμίζουν την στάθμη του εναιωρήματος κατά τη διαδικασία της αποθείωσης. Έτσι όταν το υγρό ανέβει πάνω από τον αισθητήρα LC002 τότε γίνεται εκκένωση η οποία στραγγίζει το υγρό έως ότου αυτό φτάσει στο χαμηλότερο σημείο πλήρωσης (LC003). Όταν αυτό δεν καλύπτεται πια τότε θα εισέλθει κρύο νερό (πράσινη ροή/σχέδιο 5.2) στον βιοαντιδραστήρα μέσω της ηλεκτροβάνας SV 27, το οποίο θα ρέει μέχρι να καλυφτεί ξανά το επίπεδο πλήρωσης LC003.

#### 2.3.4.1 Ρύθμιση θερμοκρασίας και pH

Κατά τη διάρκεια λειτουργίας της μονάδας τόσο το pH όσο και η θερμοκρασία του εναιωρήματος μετράται αντίστοιχα από τους αισθητήρες QIC/TIC -006 οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι στην γραμμή κυκλοφορίας του εναιωρήματος (πορτοκαλί ροή).

Έτσι εάν η θερμοκρασία του εναιωρήματος πέσει κάτω από 29°C η αντλία θέρμανσης (P33) ξεκινά να λειτουργεί, η ηλεκτροβάνα (SV39) ανοίγει και το ζεστό νερό (κόκκινη ροή) με θερμοκρασία 65-95oC διέρχεται από τον εναλλάκτη (HE 41) και το υδατικό διάλυμα που κυκλοφορεί στην κλίνη αρχίζει να θερμαίνεται. Όταν η θερμοκρασία του ανέλθει στους 31oC (δηλαδή 1°C κάτω από τη βέλτιστη θερμοκρασία των 32°C) τότε η αντλία (P33) σταματάει, η ηλεκτροβάνα (SV39) κλείνει και σταματάει η ροή ζεστού νερού από τον εναλλάκτη. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η συνεχής διατήρηση της βέλτιστης θερμοκρασίας 28-32°C.

Το pH του υδατικού διαλύματος που ανακυκλοφορεί στην κλίνη έχει πτωτική τάση λόγω και της όξυνσής που δημιουργούν τα υποπροϊόντα της βακτηριακής δραστηριότητας (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Για να ρυθμιστεί η τιμή του σταθερά στο 1,5, όταν αυτό κατέλθει στο 1,45 τότε ρέει μέσα στο σύστημα νερό (πράσινη ροή) με pH 7-8 και έτσι η τιμή του ανέρχεται αφού αραιώνεται το διάλυμα. Αν η τιμή του pH ανέλθει σε 1,6 τότε η παροχή νερού κλείνει.

Παράλληλα λόγω της απόρριψης των υποπροϊόντων της βιολογικής διεργασίας (πορτοκαλί ροή), μειώνεται τόσο η στάθμη, όσο και τα θρεπτικά στοιχεία του εναιωρήματος (λόγω της χρήσης τους από τα βακτήρια). Έτσι κάθε μία ώρα γίνεται προσθήκη τεχνητού λιπάσματος από την δεξαμενή C2 στον βιοαντιδραστήρα. (μωβ ροή), μέσω δοσομετρικής αντλίας (P46).

#### 2.3.4.2 Θρεπτικό διάλυμα δεξαμενής

Για την θρέψη των μικροοργανισμών του βιοαντιδραστήρα, παρέχεται θρεπτικό διάλυμα στοιχείων και ιχνοστοιχείων με τη μορφή εναιωρήματος (λόγω των μπεκ ψεκασμού) το οποίο αποθηκεύεται στην δεξαμενή C2. Η δεξαμενή αυτή είναι κατασκευασμένη από πολυπροπυλένιο (pp), έχει χωρητικότητα 200l και περιέχει θρεπτικό διάλυμα, η σύνθεση του οποίου παρατίθεται στον πίνακα 5

ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ (kg/m <sup>3</sup> )
NH <sub>4</sub> Cl	1,00
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	2,00
MgSO <sub>4</sub> + 7 H <sub>2</sub> O	0,20
CaCl <sub>2</sub> + 6 H <sub>2</sub> O	0,14
MnSO <sub>4</sub> + 5 H <sub>2</sub> O	0,002
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>3,344</b>

Πίνακας 5 Σύνθεση θρεπτικού διαλύματος δεξαμενής C2 (Πηγή :ΔΕΥΑΗ)

Πριν το λίπασμα προωθηθεί στον βιοαντιδραστήρα μέσω της δοσομετρικής αντλίας P46 έχει αραιωθεί σε αναλογία 1:1 με νερό το οποίο εισέρχεται στη δεξαμενή C2 μέσω της βάνας BV 45 (πράσινη ροή).

Η ποσότητα λιπάσματος που απαιτείται για να αποθειώσουν οι μικροοργανισμοί την μέγιστη παροχή σε βιοαέριο (190m<sup>3</sup>/h) η οποία περιέχει τη μέγιστη ποσότητα H<sub>2</sub>S (3000ppm ή 0,855kgH<sub>2</sub>S/h), είναι 2,9L αραιωμένου λιπάσματος σε αναλογία 1:1 την ημέρα. Αυτό σημαίνει ότι κάθε ώρα θα διοχετεύονται μέσω της δοσομετρικής αντλίας περίπου 120ml διαλύματος τα οποία είναι προγραμματισμένα να αντλούνται σε 36 ισόποσες δόσεις την ώρα. Στον πίνακα 6 παρατίθεται η προσαρμογή της δοσομετρικής αντλίας σε σχέση με το βιοαέριο και την περιεκτικότητά του σε H<sub>2</sub>S που εισέρχεται στον βιοαντιδραστήρα.

ΡΟΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ m <sup>3</sup> /h	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ H <sub>2</sub> S ppm	ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΣΕ H <sub>2</sub> S ( g/h)	ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΡΑΙΩΜΕΝΟ 1:1 ΜΕ NEPO (ml/d)	ΛΟΣΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΝΑ ΩΡΑ
50	2000	150	510	7
120	2000	360	1224	15
190	2000	570	1938	24
50	3000	225	765	10
120	3000	540	1836	23
190	3000	855	2905	36

Πίνακας 6 Προσαρμογή δοσομετρικής αντλίας P46 σε σχέση με τη ροή βιοαερίου και την περιεκτικότητά σε H<sub>2</sub>S (Πηγή :ΔΕΥΑΗ)

Η δεξαμενή C2 μπορεί να παρέχει θρεπτικές ουσίες στον βιοαντιδραστήρα C1 τουλάχιστον 85 ημέρες. Διαθέτει στον πυθμένα της αισθητήρα συναγερμού (LA-014) που σηματοδοτεί ότι το λίπασμα θα είναι επαρκές για άλλες 5-6 ημέρες. Το επίπεδο πλήρωσης

μέσα στην δεξαμενή μπορεί να προσδιοριστεί οποιαδήποτε στιγμή και οπτικά μέσω του διαφανούς σωλήνα LI015.

#### 2.3.4.3 Αρχικός εμβολιασμός και εκκίνηση του βιοαντιδραστήρα

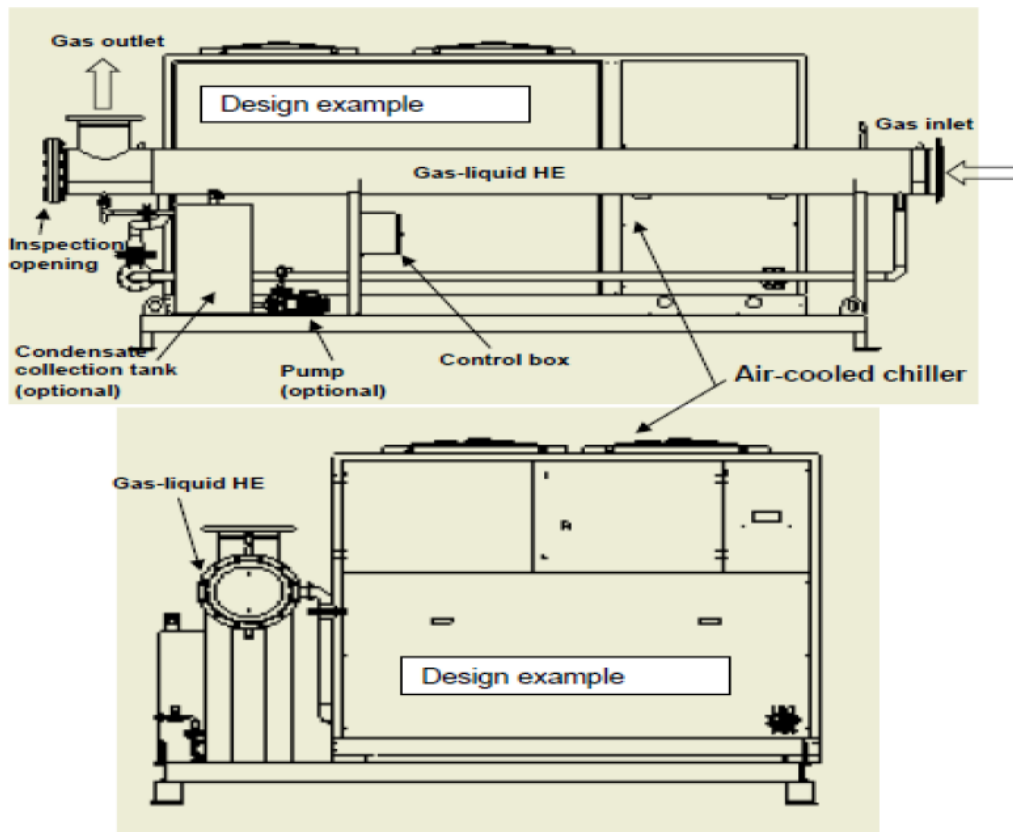
Για τον αρχικό εμβολιασμό του βιοαντιδραστήρα η TS Umwelthanlagenbau GmbH προτείνει να ακολουθείται το παρακάτω πρωτόκολλο.

Γίνεται ενοφθαλμισμός του βάκιλου *Thiobacillus* σε 200L ιλύος πριν αυτή εισέλθει στον χωνευτή για την αναερόβια ζύμωση. Στη συνέχεια η ενοφθαλμισμένη ιλύς εισάγεται και εξαπλώνεται στο πληρωτικό υλικό μέσω της αντλίας αναρρόφησης BV06 (πορτοκαλί ροή). Το pH του ενοφθαλμισμένου υλικού στη φάση της διασποράς στο πληρωτικό υλικό είναι 3. Σε αυτή τη φάση η οποία διαρκεί δύο εβδομάδες, υπάρχει ενεργοποιημένος ανεμιστήρας για συνεχή παροχή αέρα, η οποία θα πρέπει να είναι ιδανικά στο 10-12% της μελλοντικής ροής του αερίου. Θα ήταν χρήσιμο σε αυτή την φάση να διοχετεύεται μια πηγή θείου (π.χ. βιοαέριο) για να αρχίζουν να μεταβολίζονται οι μικροοργανισμοί.

Δύο εβδομάδες μετά την εκκίνηση του μηχανισμού αποθείωσης θα πρέπει να ληφθούν μέτρα ασφάλειας για να μην έχουμε συγκεντρώσεις βιοαερίου και αέρα σε αναλογία τέτοια που να οδηγήσει σε έκρηξη. Έτσι, αν το βιοαέριο προστεθεί σε δεξαμενή γεμάτη με αέρα τότε υπάρχει κίνδυνος έκρηξης. Αυτό μπορεί να συμβεί κατά τη διάρκεια έναρξης και διακοπής της διαδικασίας αποθείωσης. Σε ροή όγκου βιοαερίου 190m<sup>3</sup>/h τα πρώτα 60-80sec είναι κρίσιμα. Αυτός εξάλλου είναι και ο λόγος που η διαδικασία εκκίνησης πρέπει να παρακολουθείται χειροκίνητα από το προσωπικό. Εάν υπάρχει διαθέσιμο σε φιάλες CO<sub>2</sub> ή N<sub>2</sub> (αδρανή αέρια) θα πρέπει η δεξαμενή αποθείωσης C1 να γεμίζει πρώτα με το CO<sub>2</sub> ή N<sub>2</sub> και αφού γίνει η πλήρωση και απομακρυνθεί το O<sub>2</sub> να εισέλθει το ρεύμα του βιοαερίου.

#### 2.3.5 Μονάδα αφύγρανσης βιοαερίου

Ακολουθεί η ψύξη του βιοαερίου η οποία γίνεται με τη χρήση του FriCon Gas Cooling System μια εγκατάσταση (εικόνα 40) που χρησιμοποιείται για την ψύξη των αερίων επεξεργασίας σε θερμοκρασία κάτω από το σημείο δρόσου με τη χρήση εναλλάκτη θερμότητας. Χαρακτηριστικό της εγκατάστασης είναι η απλή λειτουργία του αφού το σύστημα αποτελείται από έναν εναλλάκτη σε σχήμα σωλήνα μέσα από τον οποίο διέρχεται ο σωλήνας με το αποθειωμένο βιοαέριο. Μεταξύ του κενού του σωλήνα από όπου εισέρχεται το βιοαέριο και του σωλήνα εναλλάκτη, ρέει σε αντίθετη φορά και χωρίς να έρχονται σε επαφή ένα μίγμα νερού και γλυκόλης. Το κύκλωμα του ψυκτικού υγρού ρέει μέσω σωληνώσεων και ψύχεται μέσω ενός αερόψυκτου ψύκτη. Τα υγρά πλέον συμπυκνώματα απομακρύνονται από τον εναλλάκτη και το βιοαέριο απαλλαγμένο από υγρασία εισέρχεται στο επόμενο στάδιο. Κρίσιμο σημείο είναι η έναρξη και ο τερματισμός της λειτουργίας της εγκατάστασης γιατί θα πρέπει να αποφευχθεί ο σχηματισμός μιας εκρηκτικής ατμόσφαιρας. Αυτό πραγματοποιείται με τη χρήση κατάλληλου αδρανούς αερίου για να απομακρύνει τυχόν εισροή αέρα στην έναρξη και στον τερματισμό της διεργασίας με αποτέλεσμα τη δημιουργία έκρηξης.



Εικόνα 40 FriCon Gas Cooling System (Πηγή : Δ.Ε.Υ.Α.Η)

### 2.3.6 Μονάδα καθαρισμού με ενεργό άνθρακα

Το αποθειωμένο και χωρίς υγρασία, ξηρό βιοαέριο διοχετεύεται μέσα από φίλτρο άνθρακα (εικόνα 41) το οποίο με φυσικοχημικές διεργασίες προσρόφησης δεσμεύει ρύπους που πέρασαν από το στάδιο της αποθείωσης και αφύγρυνσης. Το μεθάνιο και το διοξείδιο του άνθρακα που υπάρχει στο βιοαέριο δεν αντιδρούν με τον ενεργό άνθρακα και το μείγμα μεθανίου και διοξειδίου οδεύει προς καύση στις μηχανές συμπαραγωγής.



Εικόνα 41 Μονάδα καθαρισμού με ενεργό άνθρακα (Πηγή: ΔΕΥΑΗ)

## 2.4 Συμπαραγωγής θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας

Για την συμπαγωγή της θερμικής και ηλεκτρικής ενέργεια το παραγόμενο βιοαέριο χρησιμοποιείται ως καύσιμο σε δύο μηχανές συνδυασμένης παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας της εταιρίας Energietechnik GmbH (Εικόνα 42). Το κάθε συγκρότημα αποτελείται από κινητήρα MAN και τριφασική γεννήτρια Leroy Somer με ονομαστική ηλεκτρική ισχύ 250kW και θερμική ισχύ 265kW. Υπάρχει η δυνατότητα παραλληλισμού με το δίκτυο 400V του γενικού πίνακα διανομής.



Εικόνα 42 Μηχανή συμπαραγωγής Agenitor 306 BG

Η εκκίνηση της αεριομηχανής γίνεται με την βοήθεια συστοιχίας συσσωρευτών. Η λειτουργία της αεριομηχανής ελέγχεται από τον πίνακα αυτοματισμού της και μέσω του πίνακα ισχύος παραλληλισμού με το δίκτυο παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα με μέγιστη ηλ. Ισχύ 250 kW.

Για την μέτρηση παροχής βιοαερίου στις μηχανές συμπαραγωγής του έργου υπάρχουν μετρητές παροχής βιοαερίου στην γραμμή τροφοδοσίας των μηχανών.

Το συγκρότημα συμπαραγωγής φέρει κατάλληλους ανοξειδωτους εναλλάκτες θερμότητας, για την ανάκτηση της θερμότητας, που παράγεται από τον κινητήρα καθώς και εναλλάκτη θερμότητας καυσαερίων, προκειμένου να θερμαίνεται νερό, το οποίο οδηγείται στο λεβητοστάσιο των χωνευτών και χρησιμοποιείται για τη θέρμανση της λύσης των χωνευτών. Σε περίπτωση που η παραγόμενη θερμότητα είναι μεγαλύτερη από τις θερμικές ανάγκες ενεργοποιείται αυτόματα το ψυγείο ανάγκης – αεροψυκτήρας (emergency cooler).

Η ενεργοποίηση του αεροψυκτήρα γίνεται προοδευτικά με τη θέση σε λειτουργία του απαιτούμενου αριθμού των ανεμιστήρων για την μείωση της θερμοκρασίας του κυκλώματος νερού στα επιθυμητά επίπεδα.

Για την προστασία του περιβάλλοντος από τους ρύπους τους παραγόμενους από την καύση, ο κινητήρας είναι σχεδιασμένος έτσι ώστε να έχει τη δυνατότητα να λειτουργεί με καύση φτωχού μίγματος καυσίμου (lean burn engine). Επίσης ο κινητήρας είναι εξοπλισμένος με καταλύτη στην έξοδο των καυσαερίων και φίλτρο σωματιδίων .

#### 2.4.1 Πίνακα Ελέγχου

Ο πίνακας ελέγχου είναι εφοδιασμένος με μιμικό διάγραμμα των μηχανών (σταθερό ή επί οθόνης) και με το κατάλληλο PLC, που θα φέρει την ευθύνη ελέγχου των μηχανών. Αυτό το PLC συνδέει τις μηχανές με το κεντρικό SCADA, κατ'αναλογία του υφιστάμενου PLC. Το σύστημα του αυτοματισμού περιλαμβάνει, μεταξύ των άλλων, και τον αυτόματο παραλληλισμό ( “κούμπωμα” ) των μηχανών με το δίκτυο της εγκατάστασης. Φέρει τις κατάλληλες μανδάλωσεις, που προκύπτουν από περιορισμούς λόγω της λειτουργικής κατάστασης της όλης εγκατάστασης του βιολογικού καθαρισμού , καθώς και από ενδεχόμενους περιορισμούς λόγω απαιτήσεων της ΔΕΗ. Σε κάθε περίπτωση, γνώμονας είναι η μεγιστοποίηση της ηλεκτρικής ενέργειας, που οι μηχανές αποδίδουν στην εγκατάσταση του βιολογικού καθαρισμού.

Στο χώρο των Η/Ζ φτάνει νέα γραμμή βιοαερίου από το νέο αεριοφυλάκιο, που ενώνεται με την υφιστάμενη γραμμή από το υφιστάμενο αεριοφυλάκιο, μέσω συλλέκτη. Υπάρχουν οι κατάλληλες βάνες και ηλεκτροβάνες, για να λειτουργούν οι απαραίτητοι αυτοματισμοί και να μπορεί να τροφοδοτηθεί με βιοαέριο οποιαδήποτε μηχανή από οποιοδήποτε αεριοφυλάκιο. Επίσης τοποθετηθεί παροχόμετρο του καταναλισκόμενου βιοαερίου, του οποίου η ένδειξη μεταφέρεται και στο κεντρικό SCADA.

Η πίεση του βιοαερίου τροφοδοσίας του συγκροτήματος συμπαραγωγής, η υγρασία του βιοαερίου, όπως και κάθε άλλο χαρακτηριστικό του είναι τέτοια που εξυπηρετούν την άριστη λειτουργία και απόδοση του.

#### 2.4.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα - γεννήτριας

Στους παρακάτω (πίνακες 7-8) αναγράφονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κινητήρα και της γεννήτριας που αποτελείτε η μονάδας συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας.



### Κινητήρας MAN

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΥΠΟΣ	ΜΟΝΑΔΕΣ
Κατασκευαστής	2G	-
Τύπος μηχανής	Agenitor 306	-
Αριθμός κυλίνδρων	6	-
Μέθοδος λειτουργίας	Τετράχρονος	-
Μετατόπιση του κινητήρα	12820	Ccm
Οπή	128	Mm
Κτύπημα	166	Mm
RPM	1500	1/min
Πρότυπη ισχύς ISO	261	Kw
Αναλογία συμπίεσης	14,8 : 1	-
Μέση αποτελεσματική πίεση	16,3	Bar
Μέση ταχύτητα εμβόλου	8,3	m/s
Κατεύθυνση περιστροφής	Αριστερά	-
Οδοντωτή στεφάνη με αριθμό δοντιών	160	-
Κινητό βάρος	1080	Kg

Πίνακας 7 Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα MAN (Πηγή: Manual κατασκευαστή).

### Γεννήτρια Leroy Somer

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΥΠΟΣ	ΜΟΝΑΔΕΣ
Κατασκευαστής	Leroy Somer	
Τύπος	LSA 47.2 S4/4p	
Τύπος γεννήτριας	Σύγχρονη, άμεσης σύνδεσης	
Ρυθμιστής τάσης (AVR)	D510c	
Ωριαία ταχύτητα	1500	1/min
Συχνότητα	50	Hz
Αποτελεσματική ηλεκτρική ενέργεια	250	kW
Φαινόμενη ηλεκτρική ισχύς (cos φ 0,9)	278	kVA
Φαινόμενη ηλεκτρική ισχύς (cos φ 1,0)	250	kVA
Ονομαστικό ρεύμα γεννήτριας (cos φ 0,9)	401	A
Ονομαστικό ρεύμα γεννήτριας (cos φ 1,0)	361	A
Ονομαστική τάση γεννήτριας (± 10%)	400	V
Ρεύμα βραχυκυκλώματος I <sub>k</sub> "3	4,36	kA
Συντελεστής ισχύος cos φ (επαγωγικός / χωρητικός)	0,9/0,9	
Διακοπή γεννήτριας	630	A
Απόδοση (πλήρες φορτίο)	95,9	%
Μαζική ροπή αδράνειας	6,7	kg · m <sup>2</sup>
Θερμοκρασία	40	°C
Κύκλωμα στάτορα	Αστέρας	
Βάρος γεννήτριας	1126	kg

Πίνακας 8 Τεχνικά χαρακτηριστικά Γεννήτριας Leroy Somer (Πηγή: Manual κατασκευαστή).

### 2.4.3 Απόδοση Μηχανών Συμπαραγωγής

	ΑΠΟΔΟΣΗ			ΜΟΝΑΔΕΣ
	50%	75%	100%	
Ηλεκτρική ισχύς	125	188	250	kW
Χρήσιμη θερμική ισχύς	162	213	266	kW
Ονομαστική ισχύ	351	475	610	kW
Ηλεκτρική απόδοση	35,7	39,5	41,0	%
Θερμική απόδοση	46,3	44,9	43,5	%
Συν.απόδοση (ηλ+ θερ)	82,0	84,4	84,4	%
Συντελεστής απόδοσης	0,77	0,88	0,94	-

Πίνακας 9 Αποδόσεις μηχανών συμπαραγωγής (Πηγή: Manual Κατασκευαστή).

### 2.4.4 Τα κύρια μέρη της μηχανής συμπαραγωγής

Παρακάτω παρουσιάζονται αριθμημένα τα κύρια μέρη που αποτελείται η μηχανή συμπαραγωγής.



Εικόνα 43 Μηχανή συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας

- 1) Διανομή θερμότητας και τομέας αντλιών συμπεριλαμβανομένου θερμικού εναλλάκτη, δοχείο επέκτασης, μίξερ τριών διόδων, ολοκληρωμένη δεξαμενή λαδιού, και πάνελ διανομής ηλεκτρικού ρεύματος.
- 2) Κάτω μέρος της μονάδας που περιλαμβάνει σύστημα ανάκτησης θερμότητας από τα καυσαέρια και μηχανικά τμήματα για τον έλεγχο των αερίων.
- 3) Βελτιωμένος ψύκτης μεταξύ βαθμίδων συστήματος.

- 4) Βελτιστοποίηση ροής αερίου και βελτιωμένη βαλβίδα ροής αερίου για πιο αποτελεσματική αερογενής είσοδος.
- 5) Πλαϊνά πάνελ τα οποία αφαιρούνται εύκολα.
- 6) Στερεός σκελετός μονάδας.
- 7) Μηχανισμός απόσβεσης ταλαντώσεων σχεδιασμένος να ξεπερνάει το επίπεδο απόδοσης των συμβατικών μονωτήρων κραδασμών ελαστομερούς τύπου. Αγωγός συλλογής λιπαντικών λαδιών και διαφόρων υγρών.
- 8) Ελαστική σύζευξη κινητήρα – γεννήτριας.
- 9) Γεννήτρια με την ικανότητα να βελτιστοποιεί την συχνότητα.
- 10) Προσβάσιμο τερματικό κιβώτιο, συμπεριλαμβανομένου και τερματικού διακόπτη λειτουργία για εύκολη επανασύνδεση τάσης. Ψηφιακός αυτόματος ρυθμιστής
- 11) Σύστημα ανάμιξης βιοαερίου και αέρα.
- 12) Σύστημα φορτιστή υπερσυμπιεστή.
- 13) Θάλαμος φορτιστή.
- 14) Ηλεκτρονικά ελεγχόμενο σύστημα ανάφλεξης με διάυλο σύνδεσης στο κέντρο ελέγχου. Γρήγορη ανίχνευση κραδασμών και μη φυσιολογικών συνθηκών που προήλθαν από μη λειτουργία του μπουζιού ή από αποτυχία ανάφλεξης του πηνίου.
- 15) Όλες η συνδέσεις κυκλοφορίας του νερού τοποθετούνται με κατεύθυνση προς τα πάνω για να αντλείται το νερό ευκολότερα.
- 16) Μίξερ για να ρυθμίζει το κύκλωμα επιστροφής της θερμοκρασίας .
- 17) Ηλεκτρική αντλία για την κυκλοφορία της θερμότητας.
- 18) Ηλεκτρική αντλία κυκλοφορίας για την μηχανή .
- 19) Αναμικτήρας για να ρυθμίζει την κυκλοφορία ψύξης του μείγματος αέρα καυσίμου.
- 20) Εισαγωγή αερίου με βαλβίδα ασφαλείας και βαλβίδα κλεισίματος .
- 21) Σωληνάριο βιοαερίου με σωματιδιακό φίλτρο, μανόμετρο, ρυθμιστή μηδενικής πίεσης και μετρητή αερίου.
- 22) Βαλβίδα διπλού μαγνήτη, ηλεκτρονικός ανιχνευτής διαρροής αερίου, ρυθμιστής πίεσης αερίου, αισθητήρας κενού αερίου ψηφιακά ελεγχόμενου από μικροεπεξεργαστή .
- 23) Κεντρικός σωλήνας αερίου.
- 24) Έξοδος εναλλακτήρα θερμότητας των καυσαερίων. Είναι φτιαγμένο από ανοξείδωτο ατσάλι ώστε να αντέχει στην διάβρωση που προκαλούν τα καυσαέρια .
- 25) Δοχείο διαστολής και διατήρησης ατμοσφαιρικής πίεσης ώστε το σύστημα ψύξης να απορρόφα την πλεονάζουσα πίεση του νερού η οποία προκαλείται λόγω της θερμικής διαστολής .
- 26) Εναλλακτήρας θερμότητας.
- 27) Ηλεκτρική αντλία κυκλοφορίας για το κύκλωμα θερμότητας.
- 28) Αναμικτήρας για να ρυθμίζει την κυκλοφορία της επείγουσας ψύξης.
- 29) Σωλήνωση και άντληση για το εισερχόμενο και εξερχόμενο νερό.

## 2.5 Μονάδες περιορισμού της δυσσομίας

Η ΜΕΛ Ηρακλείου διαθέτει τοπικές μονάδες απόσμησης οι οποίες καλύπτουν :

- το αντλιοστάσιο εισόδου- ανύψωσης,
- το κτίριο εσχαρών,
- το κτίριο εξάμμωσης - απολίπανσης
- τις πρωτοβάθμιες καθιζήσεις
- τον σταθμό βοθρολυμάτων ,
- τις δεξαμενές προπάχυνσης ,μεταπάχυνσης, και
- την παλαιά μονάδα αφυδάτωσης

Έχουν χρησιμοποιηθεί βιόφιλτρα ή φίλτρα ξηρού τύπου (dry scrubber) ή συνδυασμός των δύο, κατά τον οποίο η έξοδος του βιόφιλτρου θα αποτελεί είσοδο για το φίλτρο ξηρού τύπου.

Τα βιόφιλτρα περιέχουν μίγμα από κόμποστ και ξυλώδες διογκωτικό υλικό, που αποτελεί το υπόστρωμα επί του οποίου αναπτύσσονται οι μικροοργανισμοί, οι οποίοι μεταβολίζουν τις δύσοσμες ουσίες σε άλλες μη οσμηρές (π.χ. το υδρόθειο μεταβολίζεται σε θειικό οξύ, που απομακρύνεται διαλυόμενο σε νερό). Χαρακτηρίζονται από ικανότητα αντιμετώπισης μεγάλων συγκεντρώσεων δύσοσμων ουσιών, σταθερότητα στην απόδοση τους ανεξάρτητα από τις διακυμάνσεις της φόρτισης και μικρό λειτουργικό κόστος.

Τα φίλτρα ξηρού τύπου περιέχουν μίγματα χημικών ουσιών υπό μορφή στερεά (π.χ. κόκκων), που προσροφούν και εξουδετερώνουν χημικά τις δύσοσμες ουσίες, χωρίς τη χρήση νερού ή άλλου υγρού. Χαρακτηρίζονται από την υψηλή και σταθερή τους απόδοση, τη στοχευμένη επιλεκτικότητα σε όποια δύσοσμη ουσία επιθυμεί ο χρήστης και είναι απλά στη λειτουργία και τη χρήση, με μοναδική φροντίδα του χρήστη να λειτουργεί ο ανεμιστήρας του και να αλλάσσεται το πληρωτικό υλικό όταν κορεσθεί.

Οι μονάδες απόσμησης αποτελούνται, από μία υπομονάδα βιόφιλτρου δυναμικότητας  $3.000\text{m}^3/\text{hr}$ , ικανή να αφαιρέσει κατά 95% τουλάχιστον τις αμίνες, το υδρόθειο και τις μερκαπτάνες, όταν βρίσκονται σε συγκέντρωση μέχρι 100 ppm οι αμίνες (ως μεθυλαμίνη), 100 ppm το υδρόθειο και 10 ppm οι μερκαπτάνες (ως μεθυλομερκαπτάνη) στον εισερχόμενο αέρα και μία υπομονάδα φίλτρου ξηρού τύπου (dry scrubber) δυναμικότητας  $3.000\text{m}^3/\text{hr}$ , ικανή να αφαιρέσει κατά 99% τουλάχιστον τις αμίνες, το υδρόθειο και τις μερκαπτάνες, όταν βρίσκονται σε συγκέντρωση μέχρι 20 ppm οι αμίνες (ως μεθυλαμίνη), 20 ppm το υδρόθειο και 5 ppm οι μερκαπτάνες (ως μεθυλομερκαπτάνη) στον εισερχόμενο αέρα.

Τα υλικά των μονάδων που έρχονται σε επαφή με το οσμάεριο είναι από ανοξειδωτο χάλυβα τουλάχιστον 316 ή από πλαστικό υλικό τουλάχιστον ισοδύναμης χημικής και μηχανικής αντοχής.

Για την εξυπηρέτηση των δύο καλυμμένων δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης έχει εγκατασταθεί μονάδα απόσμησης, αποτελούμενη από φίλτρο ξηρού τύπου (dry scrubber) δυναμικότητας  $3.000\text{ m}^3/\text{hr}$ , ικανή να αφαιρέσει κατά 99% τουλάχιστον τις αμίνες, το υδρόθειο και τις μερκαπτάνες, όταν βρίσκονται σε συγκέντρωση μέχρι 20 ppm οι αμίνες (ως μεθυλαμίνη), 20 ppm το υδρόθειο και 5 ppm οι μερκαπτάνες (ως μεθυλομερκαπτάνη) στον εισερχόμενο αέρα.

Για να ελαχιστοποιηθούν οι εκπομπές οσμών από το φρεάτιο εισόδου στην κεφαλή του βιολογικού καθαρισμού (στα όρια του οικοπέδου της ΔΕΥΑΗ με την οδό Μάνου Κατράκη προς Φοινικιά), όπου συμβάλλουν οι τρεις κύριοι αγωγοί μεταφοράς λυμάτων από το πολεοδομικό συγκρότημα Ηρακλείου-Αλικαρνασσού-Γαζίου, έχει εγκατασταθεί νέο φίλτρο απόσμησης ξηρού τύπου (dry scrubber) δυναμικότητας  $500\text{m}^3/\text{hr}$ , ικανό να αφαιρέσει κατά 99% τουλάχιστον τις αμίνες, το υδρόθειο και τις μερκαπτάνες, όταν βρίσκονται σε συγκέντρωση μέχρι 20 ppm οι αμίνες (ως μεθυλαμίνη), 20 ppm το υδρόθειο και 5 ppm οι μερκαπτάνες (ως μεθυλομερκαπτάνη) στον εισερχόμενο αέρα.



Εικόνα 44 Μονάδα απόσμησης ΜΕΛ Ηρακλείου

#### 2.5.1 Μονάδα απόσμησης σηπτικών δεξαμενών βοθρολυμάτων (Φίλτρο ΠΑΒΕ).

Για την αντιμετώπιση των οσμερίων της σηπτικής δεξαμενής της μονάδας παραλαβής βοθρολυμάτων τα οσμοαέρια μέσω του δικτύου απαγωγής τους οδηγούνται σε φίλτρο ανοικτού τύπου με πληρωτικό υλικό.

#### 2.6 Ενεργειακός συμψηφισμός

Με την Υπουργική Απόφαση για «Εγκατάσταση σταθμών παραγωγής από αυτοπαραγωγούς με εφαρμογή ενεργειακού συμψηφισμού ή εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού σύμφωνα με το άρθρο 14Α του ν. 3468/2006, όπως ισχύει, και από Ενεργειακές Κοινότητες με εφαρμογή εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού σύμφωνα με το άρθρο 11 του ν. 4513/2018» καθορίζονται οι όροι και οι προϋποθέσεις ανάπτυξης σταθμών παραγωγής, με εφαρμογή ενεργειακού συμψηφισμού από αυτοπαραγωγούς.

Οι σταθμοί παραγωγής αυτοί μπορούν να είναι των ακόλουθων τεχνολογιών: φωτοβολταϊκά, μικρές ανεμογεννήτριες, βιοαέριο, βιομάζα/βιορευστά, ΣΗΘΥΑ, μικρά υδροηλεκτρικά. Ειδικά στην περίπτωση σταθμών που συνδέονται στο δίκτυο Μέσης Τάσης (ΜΤ) και μόνο, είναι επιτρεπτός ο συνδυασμός δύο εκ των ανωτέρω τεχνολογιών από τον αυτοπαραγωγό ή την Ε. Κοιν. η εγκατάσταση σταθμών μικρών ανεμογεννητριών.

Βάση την προαναφερόμενης υπουργικής απόφασης ως ενεργειακός συμψηφισμός ορίζεται η παραχθείσας από το σταθμό παραγωγής ενέργειας με την καταναλωθείσα ενέργεια στην εγκατάσταση κατανάλωσης του αυτοπαραγωγού. Αφορά σε σταθμό παραγωγής ο οποίος εγκαθίσταται στον ίδιο ή όμορο χώρο με την εγκατάσταση κατανάλωσης, που συνδέεται στο δίκτυο διανομής μέσω της αυτής παροχής επίσης ως εικονικός συμψηφισμός ενέργειας ορίζεται η παραχθείσας από το σταθμό παραγωγής ενέργειας με την καταναλωθείσα ενέργεια στις εγκαταστάσεις κατανάλωσης του

αυτοπαραγωγού (παροχές κατανάλωσης προς συμψηφισμό), εκ των οποίων τουλάχιστον η μία είτε δεν βρίσκεται στον ίδιο ή όμορο χώρο με το σταθμό παραγωγής ή βρίσκεται στον ίδιο ή όμορο χώρο αλλά δεν συνδέεται ηλεκτρικά με την εσωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση του σταθμού παραγωγής, δηλαδή ο σταθμός παραγωγής και η εγκατάσταση κατανάλωσης τροφοδοτούνται από διαφορετικές παροχές στο διασυνδεδεμένο δίκτυο, αφορά σε σταθμό παραγωγής ο οποίος εγκαθίσταται στην ίδια Περιφερειακή Ενότητα και συνδέεται στο δίκτυο διανομής αρμοδιότητας του αυτού Διαχειριστή με τις εγκαταστάσεις κατανάλωσης με τις οποίες αντιστοιχίζεται. Στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά, ο σταθμός παραγωγής θα εγκαθίσταται στην ίδια Περιφερειακή Ενότητα, και θα συνδέεται στο ίδιο ηλεκτρικό σύστημα και στο δίκτυο διανομής αρμοδιότητας του αυτού Διαχειριστή με τις εγκαταστάσεις κατανάλωσης με τις οποίες αντιστοιχίζεται. Τόσο η παροχή του σταθμού παραγωγής όσο και οι αντίστοιχες παροχές κατανάλωσης προς συμψηφισμό θα πρέπει να είναι επ' ονόματι του ίδιου φυσικού ή νομικού προσώπου και να εκπροσωπούνται υποχρεωτικά από τον ίδιο προμηθευτή.

#### Δικαίωμα ένταξης

Στην περίπτωση του ενεργειακού συμψηφισμού, δικαίωμα ένταξης έχουν φυσικά πρόσωπα (επιτηδευματίες ή μη) ή νομικά πρόσωπα δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου τα οποία είτε έχουν στην κυριότητα τους τον χώρο στον οποίο εγκαθίσταται ο σταθμός παραγωγής είτε έχουν τη νόμιμη χρήση αυτού (π.χ. μέσω μίσθωσης, δωρεάν παραχώρησης κ.λπ.) και έχουν διασφαλίσει την έγγραφη συναίνεση του ιδιοκτήτη του χώρου.

Στην περίπτωση του εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού, δικαίωμα ένταξης στις διατάξεις της παρούσας έχουν νομικά πρόσωπα δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου, που επιδιώκουν κοινωφελείς ή άλλους δημοσίου ενδιαφέροντος σκοπούς γενικής ή τοπικής εμβέλειας, καθώς και οι εγγεγραμμένοι στο Μητρώο Αγροτών και Αγροτικών Εκμεταλλεύσεων του ν. 3874/2010 και οι Ε. Κοιν., οι οποίοι είτε έχουν στην κυριότητα τους τον χώρο στον οποίο εγκαθίσταται ο σταθμός παραγωγής είτε έχουν τη νόμιμη χρήση αυτού (π.χ. μέσω μίσθωσης, δωρεάν παραχώρησης κ.λπ.) και έχουν διασφαλίσει την έγγραφη συναίνεση του ιδιοκτήτη του χώρου. Για τους εγγεγραμμένους στο μητρώο του προηγούμενου εδαφίου απαιτείται η προσκόμιση βεβαίωσης υπαγωγής σε αυτό από τον αρμόδιο φορέα.

Ειδικά στην περίπτωση εφαρμογής εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού από Ε. Κοιν., το δικαίωμα ένταξης στον εικονικό ενεργειακό συμψηφισμό ασκείται από τα φυσικά ή/και νομικά πρόσωπα που κατέχουν την ιδιότητα του μέλους της Ε. Κοιν. Το δικαίωμα δύναται να ασκείται και από ευάλωτους καταναλωτές ή πολίτες που ζουν κάτω από το όριο της φτώχειας, ανεξάρτητα από το εάν κατέχουν ή όχι την ιδιότητα μέλους της Ε. Κοιν., εφόσον η Ε. Κοιν. τους συμπεριλάβει στο προσάρτημα της Σ.Ε.Ε.Σ.Ε.Κ.

Σε κάθε περίπτωση, επιτρέπεται η εγκατάσταση ενός ή περισσότερων σταθμών παραγωγής σε κοινόχρηστο ή κοινόκτητο χώρο ακινήτου. Δικαίωμα ένταξης στις διατάξεις της παρούσας έχουν οι συνιδιοκτήτες ή οι έχοντες τη νόμιμη χρήση του κοινόχρηστου ή κοινόκτητου χώρου ή μέρους αυτού μετά από παραχώρηση της χρήσης από τους λοιπούς συνιδιοκτήτες. Προϋπόθεση αποτελεί η έγγραφη συμφωνία των συνιδιοκτητών βάσει των διατάξεων του Αστικού Κώδικα.

Στην περίπτωση του ενεργειακού συμψηφισμού, κάθε σταθμός παραγωγής αντιστοιχίζεται αποκλειστικά με ένα μετρητή κατανάλωσης.

Στην περίπτωση του εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού, κάθε σταθμός παραγωγής αντιστοιχίζεται με τουλάχιστον ένα μετρητή κατανάλωσης που δεν βρίσκεται κατ' ανάγκη στον ίδιο ή όμορο χώρο.

Δεν επιτρέπεται η συνύπαρξη, στον ίδιο μετρητή κατανάλωσης, κανενός άλλου συστήματος αυτοπαραγωγής, με σύστημα που εγκαθίσταται καθώς επίσης δεν επιτρέπεται η συμμετοχή ή η ένταξη μιας παροχής κατανάλωσης σε περισσότερα του ενός συστήματα ενεργειακού ή εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού.

Απαραίτητη προϋπόθεση για την ένταξη είναι η πλήρης εξόφληση των εκδοθέντων λογαριασμών ηλεκτρικής ενέργειας όλων των παροχών του οικείου προμηθευτή ή η ένταξη σε καθεστώς ρύθμισης οφειλών προς τον οικείο προμηθευτή ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία τηρείται.

Στην περίπτωση του ενεργειακού συμψηφισμού, η ισχύς κάθε σταθμού παραγωγής που εγκαθίσταται μπορεί να ανέρχεται μέχρι 20 kW ή μέχρι το 50% της συμφωνημένης ισχύος κατανάλωσης (Ισχύς σταθμού παραγωγής (kW) < 0,5x Συμφωνημένη Ισχύ Κατανάλωσης (kVA)), εφόσον η τιμή αυτή είναι μεγαλύτερη του ως άνω ορίου των 20 kW. Ειδικά για αυτοπαραγωγούς μέσης τάσης, νομικά πρόσωπα, δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου, που επιδιώκουν κοινωφελείς ή άλλους δημόσιου ενδιαφέροντος σκοπούς, γενικής ή τοπικής εμβέλειας, η ανώτατη ισχύς κάθε σταθμού παραγωγής μπορεί να ανέρχεται έως και στο 100% της συμφωνημένης ισχύος κατανάλωσης.

Στην περίπτωση του εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού, η ισχύς κάθε σταθμού παραγωγής που εγκαθίσταται μπορεί να ανέρχεται μέχρι 20 kW ή μέχρι το 50% του αθροίσματος της συμφωνημένης ισχύος του συνόλου των συμψηφιζόμενων καταναλώσεων (Ισχύς σταθμού παραγωγής (kW) ≤ 0,5xΑθροισμα Συμφωνημένης Ισχύος Καταναλώσεων (kVA)), εφόσον η τιμή αυτή είναι μεγαλύτερη του ως άνω ορίου των 20 kW.

Ειδικά για αυτοπαραγωγούς μέσης τάσης, νομικά πρόσωπα δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου που επιδιώκουν κοινωφελείς ή άλλους δημόσιου ενδιαφέροντος σκοπούς, γενικής ή τοπικής εμβέλειας, η ανώτατη ισχύς κάθε σταθμού παραγωγής μπορεί να ανέρχεται έως και στο 100% του αθροίσματος της συμφωνημένης ισχύος του συνόλου των συμψηφιζόμενων καταναλώσεων.

Σε κάθε περίπτωση, η ισχύς ενός σταθμού παραγωγής που θα εγκατασταθεί στο διασυνδεδεμένο δίκτυο, δεν μπορεί να υπερβαίνει το ανώτατο όριο του 1 MW. Ειδικά για σταθμούς παραγωγής μικρών ανεμογεννητριών ή σταθμούς παραγωγής δύο (2) τεχνολογιών εκ των οποίων η μία (1) είναι οι μικρές ανεμογεννήτριες, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των μικρών ανεμογεννητριών δεν μπορεί να υπερβαίνει το ανώτατο όριο των 60 kW. Η ισχύς των σταθμών παραγωγής που θα εγκατασταθούν στο διασυνδεδεμένο δίκτυο, θα προσμετράται στο εκάστοτε ισχύον περιθώριο ισχύος του δικτύου διανομής.

Στο δίκτυο των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών, ισχύουν τα εξής:

α. Στην περίπτωση του ενεργειακού συμψηφισμού στα Μη Διασυνδεδεμένο Νησιά, η ισχύς κάθε σταθμού παραγωγής που εγκαθίσταται μπορεί να ανέρχεται μέχρι 10 kW, ειδικά για την Κρήτη μέχρι 20 kW, ή μέχρι το 50% της συμφωνημένης ισχύος κατανάλωσης (Ισχύς σταθμού παραγωγής (kW) ≤ 0,5xΣυμφωνημένη Ισχύ Κατανάλωσης (kVA)), εφόσον η τιμή αυτή είναι μεγαλύτερη του ως άνω ορίου των 10 kW ή των 20 kW αντίστοιχα.

Ειδικά για αυτοπαραγωγούς μέσης τάσης, για νομικά πρόσωπα δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου, που επιδιώκουν κοινωφελείς ή άλλους δημόσιου ενδιαφέροντος σκοπούς, γενικής ή τοπικής εμβέλειας, κάθε σταθμού παραγωγής μπορεί να ανέρχεται έως και στο 100% της συμφωνημένης ισχύος κατανάλωσης.

Στην περίπτωση του εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού, στα Μη Διασυνδεδεμένο Νησιά, η ισχύς κάθε σταθμού παραγωγής που εγκαθίσταται μπορεί να ανέρχεται μέχρι 10 kW, και ειδικά για την Κρήτη μέχρι 20 kW, ή μέχρι το 50% του αθροίσματος της συμφωνημένης ισχύος του συνόλου των καταναλώσεων (Ισχύς σταθμού παραγωγής (kW/kW)  $\leq 0,5 \times$  Αθροισμα Συμφωνημένης Ισχύος των Συμψηφιζόμενων Καταναλώσεων (kVA)), εφόσον η τιμή αυτή είναι μεγαλύτερη του ως άνω ορίου των 10 kW ή των 20 kW αντίστοιχα. Ειδικά για αυτοπαραγωγούς μέσης τάσης, νομικά πρόσωπα, δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου που επιδιώκουν κοινωφελείς ή άλλους δημόσιου ενδιαφέροντος σκοπούς, γενικής ή τοπικής εμβέλειας, η ανώτατη ισχύς κάθε σταθμού παραγωγής μπορεί να ανέρχεται έως και στο 100% του αθροίσματος της συμφωνημένης ισχύος του συνόλου των συμψηφιζόμενων καταναλώσεων.

### 2.6.1 Πώς γίνεται ο ενεργειακός συμψηφισμός

Στην περίπτωση του ενεργειακού συμψηφισμού, ο συμψηφισμός διενεργείται στους εκκαθαριστικούς λογαριασμούς κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας που εκδίδει ο προμηθευτής με τον οποίο έχει συμβληθεί ο αυτοπαραγωγός για την προμήθεια ηλεκτρικού ρεύματος στην εγκατάσταση κατανάλωσης του, βάση πραγματικών δεδομένων καταμέτρησης που παρέχονται από τον αρμόδιο Διαχειριστή του δικτύου.

Στον πρώτο εκκαθαριστικό λογαριασμό κατανάλωσης μετά την ενεργοποίηση του σταθμού παραγωγής, η εγχυθείσα στο δίκτυο διανομής ηλεκτρική ενέργεια αφαιρείται από την απορροφηθείσα από το δίκτυο διανομής ενέργεια και το αποτέλεσμα, εφόσον είναι θετικό, αποδίδει την καθαρή ενέργεια που θα πρέπει να καταλογιστεί από τον προμηθευτή ως χρεωστέα ενέργεια στο ανταγωνιστικό σκέλος του λογαριασμού.

Εάν το αποτέλεσμα είναι αρνητικό, δεν προκύπτει χρεωστέα ενέργεια και το αποτέλεσμα αυτό (πλεονάζουσα ποσότητα εγχυθείσας ενέργειας) μεταφέρεται (πιστώνεται) στον επόμενο εκκαθαριστικό λογαριασμό, ως εγχυθείσα ενέργεια.

Σε κάθε περίπτωση η εξόφληση του συνολικού καταλογιζόμενου ποσού κάθε εκδιδόμενου εκκαθαριστικού λογαριασμού είναι υποχρεωτική, ανεξαρτήτως ενδεχόμενου αναμενόμενου πλεονάσματος εγχυθείσας ενέργειας σε επόμενες χρονικές περιόδους, ισχυουσών των διατάξεων του Κώδικα Προμήθειας περί εξόφλησης του λογαριασμού κατανάλωσης και ληξιπρόθεσμων οφειλών σε προμηθευτές.

Σε περίπτωση που στο ανταγωνιστικό σκέλος του τιμολογίου κατανάλωσης του αντισυμβαλλόμενου αυτοπαραγωγού προβλέπεται κλιμακούμενη χρέωση, ο συμψηφισμός πραγματοποιείται με τρόπο που να προκύπτουν οι χαμηλότερες χρεώσεις για τον αυτοπαραγωγό, στο επίπεδο του εκάστοτε εκκαθαριστικού λογαριασμού. Σε περίπτωση τιμολογίου με διαφορετικές χρονικές ζώνες χρέωσης, ο συμψηφισμός πραγματοποιείται στο επίπεδο του εκάστοτε εκκαθαριστικού λογαριασμού κατά φθίνουσα αξία του ανταγωνιστικού σκέλους, κατά προτεραιότητα στη ζώνη κανονικής χρέωσης. Σε κάθε περίπτωση, ενδεχόμενο παραμένον πλεόνασμα της εγχυθείσας ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο διανομής, προστίθεται στην εγχυθείσα ενέργεια του επόμενου κύκλου καταμέτρησης.



## 2.7 Διαδικασία αδειοδότησης μονάδας συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από βιοαέριο.

Σύμφωνα με τις διατάξεις του Ν.3851/2010 τα απαραίτητα δικαιολογητικά για την αδειοδότηση της μονάδας και την χορήγηση προσφορά σύνδεσης από την Δ/νση Διαχείρισης Νησιών του ΔΕΔΔΗΕ είναι τα παρακάτω.

Τα απαιτούμενα δικαιολογητικά για την σύσταση του φακέλου

1. Αίτηση με τα στοιχεία του αιτούντος
2. Νομιμοποιητικά έγγραφα προκειμένου για νομικά πρόσωπα
3. Συμπληρωμένα τα τεχνικά στοιχεία της παρ. 8 του Εντύπου Αίτησης του Παραρτήματος της Υπουργικής Απόφασης ΥΠΑΝ/Δ6/Φ1/ οικ.13310/2007 (ΦΕΚ 1153/Β/10.07.2007).
4. Τοπογραφικό διάγραμμα – διάγραμμα κάλυψης χώρου εγκατάστασης με αναγραφή των συντεταγμένων στο σύστημα ΕΓΣΑ 87, με σφραγίδα - υπογραφή μηχανικού κατάλληλης ειδικότητας.
5. Απόσπασμα χάρτη ΓΥΣ 1:5.000 και 1:50.000 με απεικόνιση του πολυγώνου του γηπέδου με σφραγίδα - υπογραφή μηχανικού κατάλληλης ειδικότητας.
6. Τίτλος κυριότητας ή νόμιμης κατοχής του γηπέδου εγκατάστασης
7. Τεχνικά χαρακτηριστικά του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού, δηλ. πλήρης περιγραφή γεννητριών, αντιστροφών, με τη σχετική τεκμηρίωση του κατασκευαστή του εξοπλισμού και αντίστοιχες πιστοποιήσεις.
8. Τεχνικά στοιχεία μετασχηματιστή/ών (Μ/Σ) ανύψωσης.
9. Μονογραμμικό ηλεκτρολογικό σχέδιο σύνδεσης του σταθμού, με σφραγίδα - υπογραφή μηχανικού κατάλληλης ειδικότητας, καθώς και Τεχνική περιγραφή της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης (Χ.Τ. ή/και Μ.Τ.) και του υποσταθμού ανύψωσης Χ.Τ./Μ.Τ. στο χώρο εγκατάστασης του σταθμού.
10. Περιγραφή της παραγωγικής διαδικασίας και της λειτουργίας του σταθμού, με σαφή αναφορά στη χρησιμοποιούμενη πρώτη ύλη.
  - a. Τεχνική περιγραφή της εγκατάστασης, τεχνικά χαρακτηριστικά του μηχανολογικού εξοπλισμού με τη σχετική τεκμηρίωση του κατασκευαστή και αντίστοιχες πιστοποιήσεις, διάγραμμα ροής με όλα τα στοιχεία της εγκατάστασης, τις διασυνδέσεις τους και το δίκτυο μεταφοράς καυσίμων και ενέργειας. Περιγραφή του συστήματος τροφοδοσίας και της τεχνολογίας επεξεργασίας της πρώτης ύλης.
  - b. Δικαιολογητικά εξασφάλισης της απαιτούμενης πρώτης ύλης (είδος, ποσότητα, προέλευση) π.χ. βεβαιώσεις, συμφωνητικά κλπ.
  - c. Υπεύθυνη Δήλωση του Ν.1599/86 του ενδιαφερόμενου ή του νόμιμου εκπροσώπου του (για νομικά πρόσωπα), με θεώρηση του γνήσιου της υπογραφής, στην οποία θα δηλώνεται:
  - d. εάν ο σταθμός υπόκειται σε έκδοση Ε.Π.Ο. ή εξαιρείται από έκδοση Ε.Π.Ο.
  - e. η κατηγορία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην οποία υπάγεται ο σταθμός, βάσει του πίνακα τιμολόγησης ενέργειας του άρθρου 5 παρ. 2 του Ν.3851/2010.
  - f. η χρησιμοποιούμενη πρώτη ύλη και η διαδικασία επεξεργασίας της (καύση, αναερόβια χώνευση, αεριοποίηση).
  - g. ότι όλα τα στοιχεία που υποβάλλει με την αίτησή του είναι αληθή.

### 3 Επίλογος – Συμπεράσματα

Ο μηχανικός κάθε ειδικότητας καλείται να επικοινωνήσει πολλές φορές γραπτώς με τους συνεργάτες του και με το περιβάλλον του γενικότερα. Ένα τεχνικό κείμενο πρέπει να έχει μία καθορισμένη δομή ώστε να εξυπηρετεί το σκοπό για τον οποίο έχει γραφεί, την έκθεση δηλαδή της διαδικασίας προσέγγισης ενός τεχνικού προβλήματος. Για το λόγο αυτό πρέπει να φαίνονται ξεκάθαρα τα βήματα της προσέγγισης αυτής, ώστε να γίνεται αντιληπτό από τον αναγνώστη το ταχύτερο δυνατό και όσο το δυνατόν πληρέστερα το περιεχόμενο του κειμένου.

Η ανάγνωση ενός τεχνικού κειμένου δε θα πρέπει να επηρεάζει τον αναγνώστη με οποιοδήποτε τρόπο που να βλάπτει την αντικειμενικότητα. Γι' αυτό το λόγο θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από απλό ύφος και γλώσσα, να συντάσσεται πάντα σε τρίτο πρόσωπο και να αποφεύγονται οι εξεζητημένες εκφράσεις μέσω των οποίων θα μπορούσε να αποπροσανατολισθεί ο αναγνώστης του κειμένου.

Η διατύπωση των απόψεων του συγγραφέα θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από σεμνότητα και να περιορίζεται σε συγκεκριμένο κεφάλαιο.

Τα συμπεράσματα θα πρέπει να τεκμηριώνονται επαρκώς με βάση αναφορές στη βιβλιογραφία, ενώ η μεθοδολογία προσέγγισης του θέματος θα πρέπει να αιτιολογείται επαρκώς. Στόχος των παραπάνω είναι η κατά το δυνατόν αντικειμενικότερη διαπραγμάτευση του θέματος ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί το τεχνικό κείμενο για την άντληση στοιχείων - τεκμηρίωση από όσο το δυνατόν περισσότερους ανθρώπους (ακόμη και με διαφορετικές απόψεις από αυτές του συγγραφέα).

Η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων είναι μία διαχρονική ανάγκη του ανθρώπου από την στιγμή που αυτός άρχισε να ζει σε οργανωμένους οικισμούς. Στην σύγχρονη κοινωνία, η ολοκληρωμένη διαχείριση των υγρών αποβλήτων περιλαμβάνει έργα για τη συλλογή, την επεξεργασία, την επαναχρησιμοποίηση και την ασφαλής διάθεσή τους.

Η διαχείριση των υγρών αποβλήτων θεωρείται πλέον επιβεβλημένη, για την ανάπτυξη μιας μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την οικολογική ισορροπία δεδομένου ότι η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων πριν από τη διάθεσή τους μειώνει τις δυσμενείς επιπτώσεις στους αποδέκτες, και προστατεύει το περιβάλλον.

Η διαχείριση των υγρών αποβλήτων είναι μια ενεργοβόρα διαδικασία, με μεγάλο ενεργειακό και οικολογικό αντίκτυπο, για το λόγο αυτό η ανάκτηση ενέργειας από εσωτερικούς ενεργειακούς πόρους της Εγκατάστασης είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος ώστε να μειωθούν σημαντικά οι ενεργειακές δαπάνες, να μειωθεί η εξάρτηση από εξωτερικές πηγές ενέργειας και να αυξηθεί η ενεργειακή αυτονομία τους. Επιπρόσθετα, με την δυνατότητα παραγωγής ενέργειας από τα λύματα εξοικονομείται μέρος της ενέργειας που παράγεται από τις συμβατικές πηγές. Η ποσότητα της ενέργειας που μπορεί να ανακτηθεί σε κάθε ΕΕΛ ποικίλλει ανάλογα με τα στάδια των διεργασιών επεξεργασίας που χρησιμοποιούνται, την ηλικία και την κατάσταση του εγκατεστημένου εξοπλισμού.

Η ανάκτηση ενέργειας στις ΕΕΛ μπορεί να γίνει είτε από τα ανεπεξέργαστα εισερχόμενα λύματα, είτε από την ιλύ ή από τα επεξεργασμένα λύματα εκροής. Η μέθοδος ανάκτησης ενέργειας η οποία έως σήμερα θεωρείται ότι είναι η πιο ενεργειακά και

οικονομικά αποδοτική και μπορεί να εφαρμοστεί στις ΕΕΛ με ευκολία είναι η αξιοποίηση του βιοαερίου για την επί τόπου παραγωγή ενέργειας. Για να επιτευχθεί αυτό όμως προϋποθέτει εξειδικευμένη μελέτη και εξοπλισμό.

Η συμπαραγωγή ενέργειας είναι συνηθισμένη στις ΕΕΛ και έχει αποδειχθεί ως μία ανεξάρτητη, αποδοτική και οικονομικά συμφέρουσα μέθοδος παραγωγής ενέργειας. Το βιοαέριο συνηθίζεται να χρησιμοποιείται ως καύσιμο στους κινητήρες και στις γεννήτριες της μονάδας συμπαραγωγής για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην εγκατάσταση, αλλά και την παραγωγή θερμικής ενέργειας για την κάλυψη ιδίων αναγκών, όπως είναι η θέρμανση των κτιριακών εγκαταστάσεων ή/και των δεξαμενών χώνευσης.

Για την μονάδα επεξεργασίας λυμάτων του δήμου Ηράκλειου, το ποσοστό κάλυψης, της ηλεκτρικής ενέργειας από την μονάδα συμπαραγωγής, όπως φαίνεται και στον Πίνακας 10 έχει φτάσει έως και 29% για τον μήνα Απρίλιο του 2019.

Ποσοστό κάλυψης ενεργειακών αναγκών από τη παραγωγή της μονάδας συμπαραγωγής της ΕΕΛ Ηρακλείου					
		Συνολική ιδιοπαραγομένη ενέργεια	Μέση Ημερήσια Παραγωγή	Μέση ημερήσια κατανάλωση	Ποσοστό ιδιοπαραγομένης ενέργειας
		kWh/month	kWh/day	kWh/day	
2019	Ιανουάριος	25902	836	11500	7%
	Φεβρουάριος	21987	785	11500	7%
	Μάρτιος	98371	3173	11500	28%
	Απρίλιος	100317	3344	11500	29%
	Μάιος	2012	65	11635	1%
	Ιούνιος	24017	801	12320	6%
	Ιούλιος	27681	893	12813	7%
	Αύγουστος	16879	544	11568	5%
	Σεπτέμβριος	19058	635	12737	5%
	Οκτώβριος	40326	1301	11416	11%
	Νοέμβριος	19084	636	11495	6%
	Δεκέμβριος	12244	395	12229	3%
2020	Ιανουάριος	3969	132	12572	1%
	Φεβρουάριος	18110	671	12476	5%
	Μάρτιος	79641	2.655	12214	22%

Πίνακας 10: Ποσοστό κάλυψης ενεργειακών αναγκών από την παραγωγή της μονάδας συμπαραγωγής της ΕΕΛ Ηρακλείου

Η αναερόβια χώνευση δεν είναι μια γραμμική διεργασία αυτό σημαίνει ότι παράμετροι όπως ο υδραυλικός χρόνος παραμονής των λασπών, η φόρτιση πτητικών στερεών του χωνευτή, η θερμοκρασία, τα πτητικά οξέα (VA), τα πτητικά οξέα (VA), ολική αλκαλικότητα (TAC), το PH, η παραγωγή αερίου και λόγος CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> είναι συνεχώς μεταβαλλόμενοι και πρέπει να μετρούνται και να ρυθμίζονται από τον χειριστή-λειτουργό της μονάδας. Αυτό απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις, καλό σχεδιασμό - διατάξεις και χρήση πολύπλοκου εξοπλισμού.

Οι ειδικότητες που απαιτούνται σε όλα τα στάδια: κατασκευής, σχεδιασμός και λειτουργίας τέτοιων μονάδων είναι πολλές (Χημικοί μηχανικοί ,Μηχανολόγοι μηχανικοί,

πολιτικοί μηχανικοί Ηλεκτρολόγοι μηχανικοί κτλ.). Αυτό συνεπάγεται ότι θα πρέπει να υπάρχει πολύ καλή συνεργασία με υπευθυνότητα, σωστό σχεδιασμό και μελέτη πριν την υλοποίηση οποιασδήποτε επέμβασης στην μονάδα. Είτε αυτό είναι μια βλάβη είτε μια αναβάθμιση-επέκταση ή μια συντήρηση, μιας και τέτοιου τύπου μονάδες λόγω της φύσης τους πρέπει να έχουν μεγάλο χρόνο διαθεσιμότητας του εξοπλισμού τους.

Η πολυπλοκότητα των εγκαταστάσεων και η εξειδικευμένη γνώση που χρειάζεται αναγκάζουν τον άπειρο μηχανικό να ανατρέχει στη βιβλιογραφία για να μπορέσει να κατανοήσει τον τρόπο λειτουργίας μίας τέτοιας μονάδας. Εκτός από τη βιβλιογραφία βασική πηγή πληροφόρησης αποτελεί, το μητρώο του έργου, τα κατασκευαστικά σχέδια, τα εγχειρίδια χρήσης.

Για την ανάγκη της σύνταξη του φακέλου με σκοπό την έκδοση της άδειας λειτουργίας της μονάδας ήρθα σε επαφή με πολλές υπηρεσίες και αρμόδιους φορείς. Η δυσκολία που αντιμετώπισα λόγω της έλλειψης εμπειρίας και της λάθος προσέγγιση του θέματος είχε ως αποτέλεσμα τα ερωτήματα μου προς τις υπηρεσίες να με οδηγούν σε λάθος κατευθύνσεις από τους αρμόδιους φορείς. Αυτό διορθώθηκε όταν κατάλαβα τι ακριβώς πρέπει να ζητήσω και κατάφερα να θέσω τα σωστά ερωτήματα.

Τέλος όσον αφορά την εμπειρία που αποκόμισα τόσο από την εκπόνηση της πτυχιακής και πρακτικής μου άσκησης όσο και από την μέχρι σήμερα εργασία μου στην συγκεκριμένη μονάδα παρατήρησα ότι :

Είναι σημαντικό σε τέτοια έργα ένα σωστά δομημένο πλήρως ενημερωμένο και εύκολα προσβάσιμο το μητρώο του έργου που περιέχει όλη την πληροφορία για την εγκατάσταση. Είναι δύσκολο να συλλέξεις πληροφορίες (μηχανολογικά σχέδια, χάρτες, Τοπογραφικά, ηλεκτρολογικά μονογραμμικά διαγράμματα κ.τ.λ.) οι οποίες δεν υπάρχουν από το μηδέν και ειδικά όταν αφορά προγενέστερη πληροφορία.

Καθώς και την αξία που έχει ένα σχέδιο όταν ακολουθεί του κανόνες σχεδιασμού και τις προβλεπόμενες τυποποιήσεις. Οι τεχνικές περιγραφές αποτελούν και αυτές κομμάτι του μητρώου ενός έργου μέσα από τις οποίες μπορείς κανείς να αντλήσει πληροφορία για την λειτουργία όλου του έργου ή κομμάτι αυτού.

Θεμελιώδεις αρχή για την σωστή λειτουργία τέτοιων μονάδων αποτελεί το πρόγραμμα συντήρησης που εφαρμόζει. Η συντήρηση αποτελεί για τον βιομηχανικό εξοπλισμό ότι η ιατρική επιστήμη για τον άνθρωπο. Δεν μπορούμε να αναφερόμαστε σε λειτουργία και αποδοτικότητα μιας βιομηχανικής μονάδας χωρίς την ύπαρξη ενός ολοκληρωμένου και άρτια δομημένου προγράμματος συντήρησης. Για αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη καθ' όλη την διάρκεια από τον αρχικό σχεδιασμό και κατά την διάρκεια λειτουργίας.

Η ύπαρξη του σωστού αυτοματισμού της μονάδα είναι καθοριστικός καθώς συμβάλλει:

- Στο να έχεις μια άμεση εικόνα για την λειτουργία του συνόλου της εγκατάστασης και του εξοπλισμού.
- Στην άμεση «επικοινωνία» του λειτουργού της εγκατάστασης με την ίδια την εγκατάσταση και την παρακολούθησή της.

- Στην εξαγωγή πιο ασφαλών συμπερασμάτων για την σωστή λειτουργία ή μη του εξοπλισμού της μονάδας.
- Στην ύπαρξη ιστορικών στοιχείων για την λειτουργία της εγκατάστασης.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Ευθύμιος Νταρακάς, «Διεργασίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων», ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ, 2020.
- [2] Strataridaki A.I., Chalkiadakis E.G., Ioannidou P.K., 2006. Water in Ancient Civilizations: The Case of Ancient Arkadia in Crete, Greece, 1st IWA International Symposium on Water and Wastewater Technologies in Ancient Civilizations. Symposium Preprint Book, (Eds) Angelakis A. N., Koutsoyiannis, Tyrokreta, Iraklio, Greece, 181-190
- [3] ΓΚΟΛΦΙΝΟΠΟΥΛΟΣ ΑΡΙΣΤΕΙΔΗΣ, «Η διαχρονική διαχείριση των αποβλήτων στην αρχαιότητα στον Ελλαδικό χώρο», Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο: Διπλωματική Εργασία, Πάτρα 2016.
- [4] Sklivaniotis M., Angelakis A.N. 2006. Water for Human Consumption through the History, 1st IWA International Symposium on Water and Wastewater Technologies in Ancient Civilizations. Symposium Preprint Book, (Eds) Angelakis A. N., Koutsoyiannis, Tyrokreta, Iraklio, Greece, 659-666.
- [5] Angelakis A.N. and Spyridakis, S. V., 1996. Wastewater management in Minoan times. In: Proc. of the Meeting on Protection and Restoration of Environment, August 28-30, Chania, Greece, p. 549-558.
- [6] Angelakis A.N., Koutsoyiannis D., Tchobanoglous G., 2005. Urban wastewater and stormwater technologies in ancient Greece. Water Research, 39, 210-220.
- [7] Μ. Μήτρακας, «Ποιοτικά χαρακτηριστικά και επεξεργασία νερού», ISBN 960-8050-46-4, Εκδόσεις Τζιόλα, 2001
- [8] RENEWABLES 2019 GLOBAL STATUS REPORT, REN21 Secretariat, ISBN 978-3-9818911-7-1, 2020
- [9] Directive 2018/2001 of the European Parliament and the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast), formal adoption expected by the end of 2018 following the agreement at political level by the European Parliament and the Council on 13 June 2018
- [10] Οδηγία 91/271/ΕΟΚ
- [11] Ευρωπαϊκή Επιτροπή, «Ένατη έκθεση σχετικά με την κατάσταση της εφαρμογής και τα προγράμματα για την εφαρμογή (σύμφωνα με το άρθρο 17) της οδηγίας 91/271/ΕΟΚ του Συμβουλίου για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων», Βρυξέλλες, 14.12.2017 COM(2017) 749 final.
- [12] ΚΥΑ:146163/2012(ΦΕΚ 1537/Β/8-5-12)
- [13] <https://ec.europa.eu>
- [14] APHA et al, «Cyperus papyrus L. Growth Rate and Mortality in Relation to Water Quantity, Quality and Soil Characteristics in Nyando Floodplain Wetland, Kenya», 1998
- [15] Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse, 4th Edition, McGraHill, New York, 2003
- [16] Θρασύβουλος Μανιός Επίκουρος & Μιχάλης Φουντουλάκης «Εργαστήριο Διαχείρισης Στερεών Υπολειμμάτων & Υγρών Αποβλήτων», Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, 2019
- [17] Παπαδόπουλος Δημήτριος «Παραγωγή και εκμετάλλευση βιοαερίου από μονάδες βιολογικού καθαρισμού αστικών λυμάτων» Τεχνολογικό εκπαιδευτικό ίδρυμα Καβάλας, 2005.
- [18] Lastella G., Testa C., Cornacchia G., Notornicola M., Voltasio F. And Sharma, V.K. (2002). Anaerobic digestion of semi-solid organic waste: biogas production and its purification. Energy Conservation and Management, 43, pp. 63-75.
- [19] Chynoweth, D.P., Nopharatana, A., Clarke, W.P., Pullammanappallil, P.C., Silvey, P., 1998. Evaluation of methanogenic activities during anaerobic digestion of municipal solids waste. Biores. Techn. 64, 169-174.

- [20] Georgakakis D, Christopoulou N, Chatziathanassiou A and Venetis T, (2003). Development and Use of an Economic Evaluation Model to Assess Establishment of Local Centralized Rural Biogas Plants in Greece. *Applied biochemistry and Biotechnology*, 109, pp. 275-284.24
- [21] Morel, A. and Diener, S. (2006). Grey-water Management in Low and Middle-Income Countries, Review of different treatment systems for households or neighbourhoods. *Aquatic research*.
- [22] Elefsiniotis, P. and Oldham, W.K. (1994). Anaerobic acidogenesis of primary sludge: The role of solids retention time. *Biotechnology and Bioengineering*, 44, 7-13.
- [23] De Baere L. (1999). Novel trends in anaerobic digestion of municipal solid waste. *Commun Argic Appl Bio Sci*. pp. 17-24
- [24] Clair N.Sawyer, Perry L. McCarty and Gene F. Parkin (2003) «Chemistry for Environmental Engineering and Science», 5th Edition ISBN-13: 978-0072480665
- [25] ΚΑΠΕ, «οδηγός συστημάτων συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και θερμότητας», 2007
- [26] <https://www.worldbiogasassociation.org>
- [27] <https://www.worldbiogasassociation.org>
- [28] Erik Agrell: «The Structure of a Technical Report»
- [29] [http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%97%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AE\\_%CE%BC%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%AE](http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%97%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%BC%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%AE)
- [30] [http://chaos.c4lab.el.teithe.gr/kioskeridis/Industrial\\_Automation\\_02\\_DC\\_Machines.pdf](http://chaos.c4lab.el.teithe.gr/kioskeridis/Industrial_Automation_02_DC_Machines.pdf)
- [31] Λ.Μ. Σταματέλλος, «ΣΥΓΓΡΑΦΗ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΚΕΙΜΕΝΟΥ», (Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας πολυτεχνική σχολή τμήμα Μηχανολόγων μηχανικών βιομηχανίας), (1993).