

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΙΛΥΟΣ ΜΕΣΩ
ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ «ΚΑΡΥΔΙΤΣΑΣ»**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΚΑΡΑΤΖΑ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ:

ΡΑΦΑΕΛΛΑ – ΕΛΕΝΗ ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΥ

ΚΟΖΑΝΗ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2018

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΙΛΥΟΣ
ΜΕΣΩ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ «ΚΑΡΥΔΙΤΣΑΣ»**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΟΥ
ΚΑΡΑΤΖΑ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ:
ΡΑΦΑΕΛΛΑ – ΕΛΕΝΗ ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΥ**

ΚΟΖΑΝΗ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2018

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διαχείριση των παραγόμενων υγρών αποβλήτων, αποτελούσε από τα αρχαία ακόμη χρόνια πολύ σοβαρό πρόβλημα αφού είχε άμεση σχέση με την δημόσια υγεία και αισθητική. Από εκείνη την εποχή άρχισαν να δημιουργούνται τα πρώτα οργανωμένα αποχετευτικά συστήματα. Σήμερα η παραγωγή υγρών αποβλήτων λόγω των συνεχώς αυξανόμενων απαιτήσεων της σύγχρονης κοινωνίας και του υπερπληθυσμού βρίσκεται σε ανοδική τάση τόσο σε Ευρωπαϊκό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Αυτό έχει οδηγήσει στην κατασκευή και λειτουργία ολοένα και περισσότερων μονάδων επεξεργασίας λυμάτων. Παραπροϊόν της λειτουργίας αυτών των μονάδων είναι η παραγόμενη ιλύς (λάσπη), η οποία αναλογικά με την αύξηση των υγρών αποβλήτων δημιουργείται σε μεγάλες ποσότητες. Η σωστή επεξεργασία και διάθεση της ιλύος σήμερα είναι καίριας σημασίας και αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που καλούνται να επιλύσουν οι εκάστοτε μονάδες επεξεργασίας λυμάτων, τόσο σε οικονομικό όσο και σε περιβαλλοντολογικό επίπεδο.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη, διερεύνηση και η επιλογή ενός κερδοφόρου σεναρίου για την ενεργειακή αξιοποίηση της παραγόμενης ιλύος από την Μ.Ε.Λ. Καρυδίτσας του Δήμου Κοζάνης. Αφού διερευνήθηκαν τα αρνητικά και θετικά όλων των μεθόδων που έχουν αναπτυχθεί κατά καιρούς, επιλέχθηκε η μέθοδος της αναερόβιας χώνευσης ως το αποτελεσματικότερο σενάριο και πραγματοποιήθηκε αναλυτική υπολογιστική μελέτη αυτού του σεναρίου. Τέλος, παρουσιάζονται τα οικονομικά οφέλη της συγκεκριμένης επένδυσης.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια ιστορική αναδρομή στα πρώτα αποχετευτικά συστήματα που δημιουργήθηκαν καθώς και την αναγκαιότητά τους για την ανάπτυξη του πολιτισμού. Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται μια εκτενής αναφορά στα υγρά απόβλητα, στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά τους καθώς και τα βασικά στάδια επεξεργασίας τους από τις διάφορες μονάδες επεξεργασίας λυμάτων. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η ιλύς, τα χαρακτηριστικά της καθώς και οι διάφοροι μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί για την εναπόθεση της ή για την ενεργειακή της αξιοποίηση. Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα νομικά πλαίσια που έχουν θεσπιστεί γύρω από την επεξεργασία και διάθεση της ιλύος. Έπειτα στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η Μ.Ε.Λ. Καρυδίτσας, η τοποθεσία της, τα χαρακτηριστικά λειτουργίας της και η δυναμικότητά της. Στο τελευταίο κεφάλαιο γίνεται η διερεύνηση και έπειτα η υπολογιστική μελέτη επάνω στο εναλλακτικό σενάριο αξιοποίησης της ιλύος του εν λόγω σταθμού και παρατίθενται αναλυτικά τα αποτελέσματα της υπολογιστικής και της οικονομικής μελέτης.

ABSTRACT

Waste water treatment was a very serious problem since ancient times as it was directly related to public health and aesthetics. As a result, the first organized sewer systems appeared thousands of years ago. Today, the production of waste water due to the ever-increasing demands of modern society and the rapid development of urbanization in Europe and globally has significantly increased. This has led to the construction and operation of more and more sewage treatment plants. By-product of these units' operation is the sludge, the quantity of which is proportional to the waste water treated and as a result is produced in large quantities. Proper sludge treatment and disposal today is crucial and is one of the most important problems solving wastewater treatment plants at both economic and environmental levels.

The purpose of this diploma thesis is to study, investigate and select a profitable scenario for the energy utilization of the produced sludge by the sewage plant of Karyditsa that belongs to the Municipality of Kozani. After investigating the negative and positive effects of all methods developed from time to time, the anaerobic digesting method was chosen as the most effective scenario and a detailed computational study of this scenario was performed. Finally, the economic benefits of this investment are presented.

In the first chapter a historical overview of the first sewer systems that were created and their necessity for the development of civilization is presented. In the next chapter an extensive reference is made to the waste water, its physicochemical characteristics and the basic stages of their treatment by the various sewage treatment plants. The third chapter presents the sludge, its characteristics and the various methods developed for its deposition or its energy utilization. The following chapter presents the legal frameworks established around the treatment and disposal of sludge. Then, in the fifth chapter the sewage treatment plant of Karyditsa, its location, its functional characteristics and its capacity are discussed. In the last chapter, the investigation and then the computational study of the alternative scenario for the sludge utilization of this plant is presented and the results of the computational and economic study are analyzed.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πρώτα από όλα θα ήθελα να ευχαριστήσω την κυρία Ραφαέλλα – Ελένη Σωτηροπούλου, για όλη την πολύτιμη βοήθεια και την καθοδήγηση που μου παρείχε για να διεκπεραιώσω επιτυχώς την διπλωματική μου εργασία.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Κωνσταντίνο Κοντοδημητρίου για το ενδιαφέρον του καθώς και για όλες τις πληροφορίες και τα στοιχεία που μου παρείχε από την μονάδα επεξεργασίας λυμάτων Καρυδίτσας.

Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους κ.κ. Τάγαρη και Μαρνέλλο, μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής μου επιτροπής.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την αδιάλειπτη βοήθεια και στήριξη που μου παρείχαν όλα αυτά τα χρόνια.

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

Μ.Ε.Λ.: Μονάδα Επεξεργασίας Λυμάτων

Χ.Υ.Τ.Α: Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων

Μ.Ε.Κ: Μηχανή εσωτερικής καύσης

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	v
ABSTRACT	vii
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	ix
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	xi
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	xiii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	xvii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	xix
Κεφάλαιο 1	1
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Ιστορική αναδρομή	1
1.2 Σκοπός της εργασίας	1
1.3 Δομή της εργασίας	2
Κεφάλαιο 2	3
ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ.....	3
2.1 Υγρά απόβλητα	3
2.1.1 Τι είναι τα υγρά απόβλητα.....	3
2.1.2 Χαρακτηριστικά και σύσταση υγρών αποβλήτων	4
2.2 Διαχείριση υγρών αποβλήτων	5
2.2.1 Η αναγκαιότητα της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων	5
2.2.2 Στάδια επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.....	5
2.2.2.1 Προεπεξεργασία.....	6
2.2.2.2 Πρωτοβάθμια επεξεργασία	6
2.2.2.3 Δευτεροβάθμια επεξεργασία.....	8
2.2.2.4 Τριτοβάθμια επεξεργασία.....	10
2.2.2.5 Απολύμανση.....	11
Κεφάλαιο 3	13
ΙΛΥΣ.....	13
3.1 Παραγωγή και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά ιλύος	13
3.2 Σταθεροποίηση της παραγόμενης ιλύος.....	15
3.2.1 Βιολογικά.....	15
3.2.1.1 Αερόβια χώνευση.....	15
3.2.1.2 Αναερόβια χώνευση ιλύος	16
3.2.2 Χημικά	18

3.2.2.1 Καύση	18
3.2.2.2 Σταθεροποίηση με ασβέστη.....	18
3.2.2.3 Χρήση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας	18
3.2.3 Άλλες μέθοδοι	19
3.2.3.1 Ανάμιξη με χώμα	19
3.2.3.2 Ξήρανση.....	19
3.3 Ενεργειακή εκμετάλλευση και τελική διάθεση ιλύος.....	22
3.3.1 Χρήση ως καύσιμο.....	22
3.3.2 Αεριοποίηση.....	23
3.3.3 Αναερόβια χώνευση.....	24
3.4 ΤΕΛΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ ΙΛΥΟΣ	25
3.4.1 Διάθεση σε εδάφη ως εδαφοβελτιωτικό.....	25
3.3.5 Θαλάσσια διάθεση.....	26
3.3.6 Χρήση στην τσιμεντοβιομηχανία	26
3.3.7 Διάθεση σε Χ.Υ.Τ.Α	26
3.3.8 Χρήση για αποκατάσταση εδαφών.....	26
Κεφάλαιο 4	27
ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ.....	27
4.1 Διαχείριση υγρών αποβλήτων Μ.Ε.Λ	27
4.2 Ιλύς που προορίζεται να χρησιμοποιηθεί για γεωργικούς σκοπούς.....	28
4.3 Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων	30
Κεφάλαιο 5	33
Μ.Ε.Λ. ΚΑΡΥΔΙΤΣΑΣ.....	33
5.1 Περιγραφή της εξυπηρετούμενης περιοχής	33
5.2 Τοποθεσία της Μ.Ε.Λ. Καρυδίτσας.....	34
5.3 Σχεδιαστικές παράμετροι της Μ.Ε.Λ. Καρυδίτσας.....	34
5.4 Δίκτυα ακαθάρτων	35
5.5 Περιγραφή της Μ.Ε.Λ	36
5.5.1 Διάγραμμα ροής.....	36
5.5.2 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά λυμάτων και ιλύος.....	41
5.6 Διάθεση του καθαρού τελικού νερού.....	43
Κεφάλαιο 6	45
ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΙΛΥΟΣ ΤΗΣ Μ.Ε.Λ. ΚΑΡΥΔΙΤΣΑΣ.....	45
6.1 Τεχνολογίες επεξεργασίας ιλύος.....	45
6.1.1 Καύση	45
6.1.2 Διάθεση για αποκατάσταση εδαφών	46

6.1.3 Αεριοποίηση.....	46
6.1.4 Αναερόβια χώνευση ιλύος.....	46
6.1.5 Ξήρανση.....	47
6.2 Παραγωγή ιλύος στην Ελλάδα.....	49
6.3 Η παρούσα μελέτη.....	50
6.4 Υπολογιστική μελέτη.....	50
6.4.1 Παραγωγή και σύσταση βιοαερίου.....	50
6.4.2 Συμπαράγωγή.....	54
6.4.3 Οικονομική ανάλυση.....	58
Κεφάλαιο 7.....	61
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	61
Βιβλιογραφία.....	63

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Εύρος τιμών τυπικής χημικής σύστασης ιλύος.....	14
Πίνακας 2: Οριακές τιμές συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στο έδαφος.....	29
Πίνακας 3: Οριακές τιμές συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στην ιλύ που χρησιμοποιείται στην γεωργία.....	30
Πίνακας 4: Οριακές τιμές για τις ποσότητες βαρέων μετάλλων που μπορούν να εισάγονται ανά έτος στα καλλιεργημένα εδάφη	30
Πίνακας 5: Μέσος όρος στοιχείων εισόδου λυμάτων για το έτος 2017	41
Πίνακας 6: Μέσος όρος στοιχείων εξόδου για το έτος 2017.....	42
Πίνακας 7: Στοιχεία παραγόμενης ιλύος για το έτος 2017.....	43
Πίνακας 8: Χαρακτηριστικά μεθόδων διαχείρισης ιλύος.....	48
Πίνακας 9: Μέθοδοι σταθεροποίησης της ιλύος στην Ελλάδα.....	49
Πίνακας 10: Μέθοδοι διάθεσης ιλύος στην Ελλάδα	49
Πίνακας 11: Μέση θερμοκρασία (°C) για κάθε μήνα στην Κοζάνη	56

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Τυπική σύσταση υγρών αποβλήτων	5
Σχήμα 2: Δεξαμενή εξάμμωσης και λιποσυλλογής	7
Σχήμα 4: Κυκλική δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης	8
Σχήμα 5: Ορθογώνια δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης	8
Σχήμα 6: Βιοαντιδραστήρας δευτεροβάθμιας επεξεργασίας	9
Σχήμα 7: Δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης	10
Σχήμα 8: Στάδια επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων	11
Σχήμα 9: Αναερόβιος χωνευτής χαμηλής φόρτισης.....	17
Σχήμα 10: Αναερόβιος χωνευτής υψηλής φόρτισης.....	17
Σχήμα 11: Κλίνες ξήρανσης.....	20
Σχήμα 12: Ταινιοφιλτρόπρεσσα.....	21
Σχήμα 13: Τομή φυγοκεντρικού διαχωριστή	21
Σχήμα 14: Φυγόκεντρος	22
Σχήμα 15: Διάταξη καύσης ιλύος.....	23
Σχήμα 16: Διάταξη αεριοποίησης βιομάζας	24
Σχήμα 17: Διάταξη αναερόβιας χώνευσης ιλύος.....	25
Σχήμα 18: Διάγραμμα ροής της Μ.Ε.Λ. Καρυδίτσας	39
Σχήμα 19: Άποψη της ΜΕΛ Κοζάνης.	40
Σχήμα 20: Άλλη άποψη της ΜΕΛ Κοζάνης.	40
Σχήμα 21: Γενική άποψη της ΜΕΛ Κοζάνης.	41
Σχήμα 20: Διαγράμματα πίεσης – όγκου και θερμοκρασίας – εντροπίας.....	55
Σχήμα 23: Διάγραμμα ροής της μονάδας επεξεργασίας ιλύος ενσωματωμένο στην κεντρική μονάδα.	60

Κεφάλαιο 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ιστορική αναδρομή

Ο σύγχρονος άνθρωπος υπάρχει στην γη για περίπου 200.000 χρόνια. Οι πρώτοι άνθρωποι δεν είχαν κάποια σταθερή κατοικία, ζούσαν το μεγαλύτερο μέρος της ζωής τους ως κυνηγοί με αποτέλεσμα να αναγκάζονται να αλλάζουν συνεχώς καταφύγια. Αργότερα όταν οι άνθρωποι άρχισαν να καλλιεργούν την γη αναγκάστηκαν να διαμένουν μόνιμα σε κάποιες περιοχές. Από τότε άρχισαν να προκύπτουν προβλήματα που έχουν να κάνουν με την παραγωγή αποβλήτων σε ένα περιορισμένο χώρο, με αρνητικές επιπτώσεις για την υγεία των ιδίων. Αυτά τα προβλήματα ανάγκασαν τους ανθρώπους να εφεύρουν τρόπους για την επίλυση τους.

Το πρώτο καλά οργανωμένο αποχετευτικό σύστημα στην ιστορία της ανθρωπότητας έχει καταγραφεί κατά την Μινωική εποχή στην Κρήτη το 3.000 π.Χ. Αυτή η πρώιμη μορφή αποχετευτικού συστήματος αποτελούνταν από ανοιχτούς πέτρινους ή πήλινους αγωγούς που συλλέγαν τα απόβλητα καθώς και το βρόχινο νερό. Αργότερα στην αρχαία Ελλάδα υιοθετήθηκαν συστήματα κλειστού τύπου που αποτελούνταν από μικρούς αγωγούς που κατέληγαν σε μεγαλύτερους. Από τότε η τεχνολογία αυτή εξελίσσεται, μεταβιβάζεται και τελειοποιείται.

1.2 Σκοπός της εργασίας

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη, διερεύνηση και η επιλογή ενός κερδοφόρου σεναρίου για την ενεργειακή αξιοποίηση της παραγόμενης ιλύος από την Μ.Ε.Λ. Καρυδίτσας του Δήμου Κοζάνης. Για να επιτευχθεί αυτός ο σκοπός, αφού παρουσιαστούν οι έννοιες των υγρών αποβλήτων και της ιλύος, θα γίνει διερεύνηση θετικών και αρνητικών όλων των μεθόδων που έχουν αναπτυχθεί κατά καιρούς και θα επιλεγεί και θα αναλυθεί αυτή η μέθοδος που θα ταιριάζει στα στοιχεία της συγκεκριμένης μονάδας.

1.3 Δομή της εργασίας

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια ιστορική αναδρομή στα πρώτα αποχετευτικά συστήματα που δημιουργήθηκαν καθώς και την αναγκαιότητά τους για την ανάπτυξη του πολιτισμού. Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται μια εκτενής αναφορά στα υγρά απόβλητα, στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά τους καθώς και τα βασικά στάδια επεξεργασίας τους από τις διάφορες μονάδες επεξεργασίας λυμάτων. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η ιλύς, τα χαρακτηριστικά της καθώς και οι διάφοροι μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί για την εναπόθεση της ή για την ενεργειακή της αξιοποίηση. Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα νομικά πλαίσια που έχουν θεσπιστεί γύρω από την επεξεργασία και διάθεση της ιλύος. Έπειτα στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η Μ.Ε.Λ. Καρυδίτσας, η τοποθεσία της, τα χαρακτηριστικά λειτουργίας της και η δυναμικότητά της. Στο τελευταίο κεφάλαιο γίνεται η διερεύνηση και έπειτα η υπολογιστική μελέτη επάνω στο εναλλακτικό σενάριο αξιοποίησης της ιλύος του εν λόγω σταθμού και παρατίθενται αναλυτικά τα αποτελέσματα της υπολογιστικής και της οικονομικής μελέτης.

Κεφάλαιο 2

ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

2.1 Υγρά απόβλητα

2.1.1 Τι είναι τα υγρά απόβλητα

Το νερό είναι το βασικό συστατικό της ζωής και ένα από τα πολυτιμότερα στοιχεία στον πλανήτη. Είναι αυτό που διατηρεί την ζωή και κινεί την οικονομία. Οι υδάτινοι πόροι του πλανήτη δεν είναι ανεξάντλητοι. Κάθε οικισμός, επιχείρηση ή δημόσιο κτίριο, χρησιμοποιεί πάρα πολύ μεγάλες ποσότητες νερού με αποτέλεσμα να προκύπτουν υγρά απόβλητα με πάρα πολύ μεγάλους ρυθμούς. Τα υγρά απόβλητα αποτελούν σήμερα μια από τις μεγαλύτερες πηγές ρύπανσης του περιβάλλοντος. Ως υγρά απόβλητα εννοούμε πρακτικά το άθροισμα των υγρών απόβλητων από την

Τα υγρά απόβλητα διακρίνονται με βάση την προέλευσή τους σε **αστικά υγρά απόβλητα** που περιλαμβάνουν το σύνολο των υγρών αποβλήτων από οικιακή χρήση (χρήση τουαλέτας, μπάνιου, πλύσιμο πιάτων κ.α.) και από τις καθημερινές δραστηριότητες μιας πόλης (σχολεία, νοσοκομεία, ιδρύματα κ.α.), **βιομηχανικά υγρά απόβλητα** που περιλαμβάνουν το σύνολο των υγρών αποβλήτων από βιομηχανικές ή βιοτεχνικές δραστηριότητες συμπεριλαμβανομένων των πτηνο/κτηνοτροφικών εγκαταστάσεων, των ιχθυοτροφείων και των γεωργικών εγκαταστάσεων, που προκύπτουν από τη παραγωγική διαδικασία, εξαιρουμένων των λυμάτων που παράγονται από το προσωπικό, **νερά διήθησης** που περιλαμβάνουν τα ύδατα που εισέρχονται στο αποχετευτικό δίκτυο με έμμεσους και άμεσους τρόπους. Ως νερά διήθησης νοούνται τα ύδατα εξωτερικής προέλευσης, που εισέρχονται στο αποχετευτικό δίκτυο εξαιτίας διαρροών των συνδέσεων, ρωγμών και ανοιγμάτων ή πορωδών τοιχίων και **όμβρια ύδατα**, που εισέρχονται στο αποχετευτικό δίκτυο από τα φρεάτια συλλογής όμβριων, τις υδρορροές, τα στραγγιστικά υπογείων και θεμελίων ή διαμέσου των ανθρωποθυρίδων. Καταλαβαίνουμε λοιπόν ότι αυτά μπορεί να περιέχουν πολύ βλαβερές ουσίες τόσο για τον άνθρωπο όσο και για το περιβάλλον, οπότε θεωρείται σκόπιμο να συλλέγονται στα συστήματα αποχέτευσης της εκάστοτε περιοχής και καταλήγουν στις ειδικές μονάδες για την επεξεργασία τους.

2.1.2 Χαρακτηριστικά και σύσταση υγρών αποβλήτων

Τα υγρά απόβλητα εκφράζουν ένα μίγμα το οποίο αποτελείται από 99.9% νερό και 0.01% οργανικά και ανόργανα στερεά, όπως φαίνεται αναλυτικά και στο Σχήμα 1. Αυτά μπορούν να συνοψιστούν στις εξής γενικευμένες κατηγορίες ανάλογα με την φύση των συστατικών τους:

Α) Φυσικά χαρακτηριστικά

Η **πυκνότητα** τους είναι στις περισσότερες περιπτώσεις παρόμοια με αυτή του νερού. Πρόκειται για πολύ σημαντική παράμετρο, καθώς μπορεί να επηρεάσει την διαδικασία καθίζησης στη μονάδα επεξεργασία λυμάτων και πρέπει να λαμβάνεται υπόψη σε περίπτωση που υπάρχουν πολλά στερεά στα λύματα (Metcalf & Eddy, 2006). Η **θερμοκρασία** τους κυμαίνεται κατά μέσο όρο γύρω στους 10-22 °C και είναι στο πλείστο των περιπτώσεων υψηλότερη από αυτή του πόσιμου νερού καθώς επηρεάζεται από τα θερμά απόβλητα οικιών και βιομηχανικών/βιοτεχνικών εγκαταστάσεων (Λέκκας, 2013). Το **χρώμα** τους ποικίλει ανάλογα με το στάδιο σήψης στο οποίο βρίσκονται και έτσι διαφοροποιείται ανάμεσα σε καφέ, γκριζο και μαύρο. Επίσης ανάλογα διαμορφώνεται και η **οσμή** τους. Τα απόβλητα τα οποία έχουν υποστεί ελάχιστη σήψη έχουν λιγότερο δυσάρεστη οσμή από αυτά που βρίσκονται σε προχωρημένο στάδιο σήψης. Τέλος μέσα σε αυτά υπάρχουν διάφορα στερεά, όπως άμμος, μικρές πέτρες, καθώς και αιωρούμενα στερεά που καθορίζουν την **θολότητα** τους, παράμετρος που χρησιμοποιείται ως μέτρο ποιότητας των αποβλήτων που καταλήγουν σε φυσικούς αποδέκτες, κυρίως για τον περιορισμό κολλοειδών και υπολειμματικών αιρουμένων σωματιδίων.

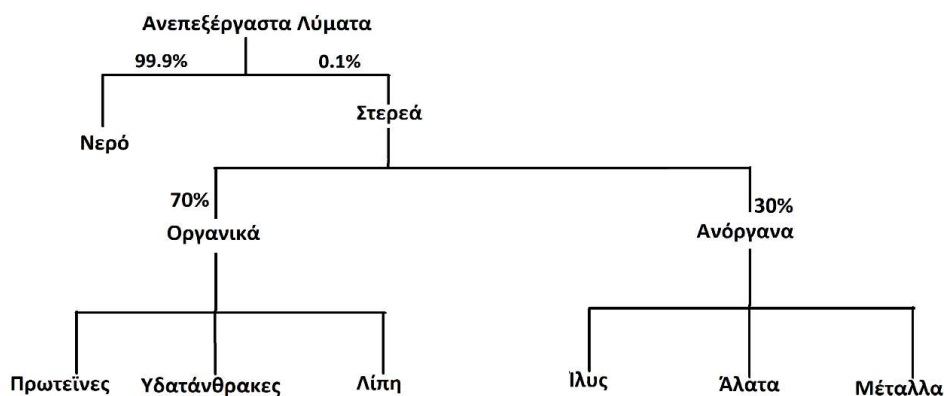
Β) Χημικά χαρακτηριστικά

Το μίγμα αυτό μπορεί να περιέχει πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, λίπη, έλαια που μπορεί να προέρχονται από τα παραπροϊόντα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Επίσης περιέχονται βαρέα μέταλλα (χαλκός, νικέλιο, υδράργυρος), άζωτο και φώσφορο. Τα χημικά χαρακτηριστικά δίνουν μια πιο αντιπροσωπευτική εικόνα των υγρών αποβλήτων από τα φυσικά χαρακτηριστικά και κατηγοριοποιούνται σε **οργανικά συστατικά**, **ανόργανα συστατικά** και **αέρια**.

Γ) Βιολογικά χαρακτηριστικά

Τα βιολογικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων αποτελούν πολύ σημαντική κατηγοριοποίηση καθώς η ταυτοποίηση τους είναι απαραίτητη αφού διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην αποδόμηση και σταθεροποίηση της οργανικής ύλης στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων αλλά και για την προστασία από την εξάπλωση μολυσματικών ασθενειών μέσω του νερού. Σε αυτά ταξινομούνται τα **κολοβακτηρίδια**, **πρωτόζωα**, **βακτήρια**, **ιοί** και **μύκητες**. Πολλοί μικροοργανισμοί μπορεί να είναι παθογόνοι και να

μεταφέρουν ασθένειες, οπότε είναι απαραίτητη η απομάκρυνση τους μέσω του βιολογικού καθαρισμού.



Σχήμα 1: Τυπική σύσταση υγρών αποβλήτων

(Πηγή: Προσαρμογή από Butler & Smith, 2013)

2.2 Διαχείριση υγρών αποβλήτων

2.2.1 Η αναγκαιότητα της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων

Τη σημερινή εποχή όπου ο πληθυσμός και τα απόβλητα αυξάνονται σε υπερβολικό σημείο καθίσταται πιο αναγκαία από ποτέ η σωστή επεξεργασία των υγρών αποβλήτων. Η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων έχει ως στόχο την απομάκρυνση όλων των βλαβερών ουσιών που μπορεί να αποφέρουν προβλήματα στην υγεία των πολιτών. Επίσης ευεργετικές είναι και οι επιπτώσεις στην διατήρηση και προστασία της φυσικής πανίδας και χλωρίδας αφού τα υπόγεια και επιφανειακά ύδατα θα παραμένουν καθαρά. Τέλος μέσω της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων μπορούν να ανακτηθούν πολύτιμα συστατικά που μπορούν αργότερα με την κατάλληλη επεξεργασία να χρησιμοποιηθούν ποικιλοτρόπως.

2.2.2 Στάδια επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

Η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων λαμβάνει χώρα σε ειδικά διαμορφωμένους και εξοπλισμένους χώρους (Μονάδες επεξεργασίας λυμάτων). Η όλη διαδικασία λαμβάνει χώρα μέσω διάφορων φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών. Σκοπός της επεξεργασίας

είναι η απομάκρυνση όσο το δυνατόν περισσότερων παθογόνων μικροοργανισμών, στερεών αιωρούμενων στερεών και ανεπιθύμητων χημικών ουσιών από τα λύματα, πριν αυτά απομακρυνθούν πάλι στο περιβάλλον. Αυτές οι διεργασίες διακρίνονται στα ακόλουθα στάδια:

- 1) Προεπεξεργασία
- 2) Πρωτοβάθμια επεξεργασία
- 3) Δευτεροβάθμια επεξεργασία
- 4) Τριτοβάθμια επεξεργασία
- 5) Απολύμανση

2.2.2.1 Προεπεξεργασία

Στο στάδιο αυτό πραγματοποιείται αφαίρεση ογκωδών υλικών που μπορεί να προκαλέσουν ζημιά στον μηχανολογικό εξοπλισμό της Μ.Ε.Λ. Επίσης εδώ εξασφαλίζεται μια συνεχής και σταθερή ροή των λυμάτων, προς τα επόμενα στάδια επεξεργασίας. Αναλυτικότερα, στην πρώτη αυτή φάση θέλουμε να επιτύχουμε την απομάκρυνση των υλικών διαμέτρου μεγαλύτερης των 0.2 mm, που μπορεί να περιέχονται στα απόβλητα όπως χαλίκια, ξύλα, διάφορα επιπλέοντα υλικά, έλαια, τα οποία μπορεί να προκαλέσουν ζημιές στα μηχανήματα των επόμενων σταδίων επεξεργασίας. Αυτό επιτυγχάνεται με χρήση μηχανισμών όπως σίτες, κόσκινα, εξαμμωτές (Σχήμα 2), σχάρες (Σχήμα 3) κ.α. Βασικές διεργασίες της φάσης αυτής είναι η **εσχάρωση** κατά την οποία απομακρύνονται τα ογκώδη αντικείμενα (π.χ., ξύλα, κλαδιά, πλαστικά, κλπ.), η **αμμοσυλλογή** κατά την οποία απομακρύνονται αδρανή υλικά (π.χ., χαλίκια, άμμος κλπ.) με διάμετρο μεγαλύτερη των 200 μm, η **πολτοποίηση ή άλεση** κατά την οποία πολτοποιούνται στερεά υλικά που μπορεί να έχουν διαφύγει από τις δυο προηγούμενες διεργασίες και η **λιποσυλλογή** κατά την οποία απομακρύνονται επιπλέοντα υλικά (π.χ., λίπη, έλαια, κλπ.) που μπορεί να δημιουργήσουν δυσλειτουργίες κατά την φάση της βιολογικής επεξεργασίας.

Παραπροϊόντα της προεπεξεργασίας αποτελούν κάποια στερεά σώματα τα οποία μπορούν να διατεθούν σε κάποιο Χ.Υ.Τ.Α. Ακόμη κάποια λίπη και έλαια που προκύπτουν, μπορούν να καούν ή να ανακυκλωθούν.

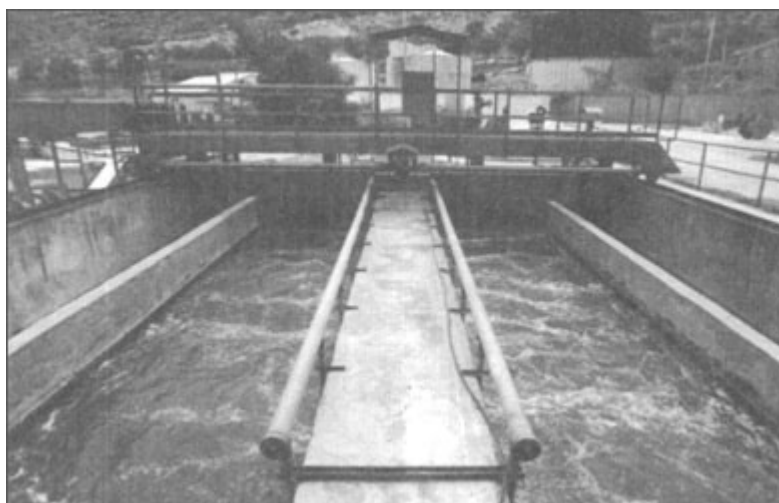
2.2.2.2 Πρωτοβάθμια επεξεργασία

Στόχος της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας είναι η απομάκρυνση μέσω φυσικών διεργασιών των στερεών, των αιωρούμενων σωματιδίων και μέρους των ρυπογόνων ουσιών. Εκτιμάται πως μετά την πρωτοβάθμια επεξεργασία έχει ελαττωθεί το ρυπαντικό φορτίο κατά 35-60 %.

Σε αυτό το στάδιο χρησιμοποιούμε την διαδικασία της **καθίζησης ή επίπλευσης** για να απομακρύνουμε τα υλικά που καθιζάνουν ή επίπλουν, αντίστοιχα. Αυτό επιτυγχάνεται με

μεγάλες δεξαμενές (δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης Σχήματα 4 και 5) στις οποίες εισέρχονται τα απόβλητα, παραμένουν εκεί για κάποιο ορισμένο χρονικό διάστημα ούτως ώστε με την βοήθεια της βαρύτητας καθιζάνουν τα αιωρούμενα στερεά σωματίδια όπου και συλλέγονται στον πάτο των δεξαμενών. Επίσης τα σωματίδια τα οποία τυγχάνει να έχουν ειδικό βάρος μικρότερο του νερού τελικά επιπλέουν στην επιφάνεια όπου με την σειρά τους συλλέγονται από εκεί με την βοήθεια ειδικών μηχανισμών. Σαν συμπλήρωμα αυτής της διαδικασίας, για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της **κροκίδωσης**. Αυτή αποτελεί μέθοδο χημικής επεξεργασίας με καθίζηση όπου η αρχή λειτουργίας της είναι δημιουργία συσσωματωμάτων αιωρούμενων και κολλοειδών στερών τα οποία λόγω της φύσης τους αργούν πάρα πολύ να επιπλεύσουν ή να καθιζάνουν, με σκοπό την ταχύτερη καθίζησή τους. Αποτέλεσμα των διεργασιών αυτών είναι η απομάκρυνση έως 70% των αιωρούμενων στερών και έως 40% του οργανικού φορτίου.

Παραπροϊόντα της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας είναι μία λάσπη (ιλύς), πλούσια σε υγρασία. Είναι γνωστή και ως ιλύς της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ποικιλοτρόπως όπως θα δούμε στα επόμενα κεφάλαια.



Σχήμα 2: Δεξαμενή εξάμμωσης και λιποσυλλογής

(Πηγή: Στάμου, 2004)



Σχήμα 3: Κυκλική δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης

(Πηγή: Salgot et al., 2018)



Σχήμα 4: Ορθογώνια δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης

(Πηγή: Salgot et al., 2018)

2.2.2.3 Δευτεροβάθμια επεξεργασία

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία είναι γνωστή και ως βιολογική επεξεργασία καθώς κατά κανόνα χρησιμοποιείται η μεταβολική δραστηριότητα των μικροοργανισμών για την μείωση του οργανικού φορτίου των αποβλήτων. Ανάλογα με τους μικροοργανισμούς που είναι

υπεύθυνοι για την αποδόμηση των οργανικών η επεξεργασία χαρακτηρίζεται ως **αερόβια** αν γίνεται παρουσία οξυγόνου, **αναερόβια** αν γίνεται απουσία οξυγόνου, ή **αερόβια – αναερόβια** αν γίνεται μικτή διεργασία με επικράτηση αερόβιων συνθηκών στα ανώτερα στρώματα της δεξαμενής και αναερόβιων στα κατώτερα στρώματα. Η δευτεροβάθμια επεξεργασία συνήθως οδηγεί σε μείωση του ρυπαντικού φορτίου κατά 80 – 90% (Angelakis (2009)). Περιλαμβάνει τεχνικές οξείδωσης και σταθεροποίησης των υγρών αποβλήτων με σκοπό την απομάκρυνση του μεγαλύτερου μέρους του BOD. Κάθε περίπτωση υγρών αποβλήτων είναι και διαφορετική και υπάρχουν ποικίλες μέθοδοι που μπορούν να φανούν αποτελεσματικές για την εκάστοτε περίπτωση. Τέτοιες μέθοδοι είναι:

- 1) Συστήματα ενεργοποιημένης λάσπης (Σχήμα 6)
- 2) Συστήματα απομάκρυνσης ανόργανων (Σχήμα 7)
- 3) Συστήματα αναερόβιας χώνευσης
- 4) Συστήματα αερόβιας χώνευσης
- 5) Περιστρεφόμενοι βιολογικοί δίσκοι
- 6) Χαλικοδιυλιστήρια
- 7) Κλίνες πλήρωσης

Τέλος σε αυτό το στάδιο εφαρμόζονται και πάλι φυσικές τεχνικές όπως η δευτεροβάθμια καθίζηση για περαιτέρω διαχωρισμό.

Παραπροϊόν της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας είναι η λεγόμενη ιλύς δευτεροβάθμιας επεξεργασίας και αυτή πλούσια σε υγρασία, η οποία μαζί με την πρωτοβάθμια ιλύ μπορούν να αξιοποιηθούν με διάφορους τρόπους που θα αναλυθούν στα επόμενα κεφάλαια.



Σχήμα 5: Βιοαντιδραστήρας δευτεροβάθμιας επεξεργασίας

(Πηγή: www.elinyae.gr)



Σχήμα 6: Δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης

(Πηγή: Σκούλος, 2015)

2.2.2.4 Τριτοβάθμια επεξεργασία

Η τριτοβάθμια επεξεργασία η οποία αποτελεί και το τελευταίο στάδιο της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων, είναι πολύ σημαντική καθώς το τελικό επεξεργασμένο απόβλητο πρέπει να πληροί τις προϋποθέσεις της ισχύουσας νομοθεσίας, και να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση και ως πόσιμο. Η τριτοβάθμια επεξεργασία δεν είναι απαραίτητο στάδιο σε κάθε Μ.Ε.Λ. Μετά από το πέρας της τριτοβάθμιας επεξεργασίας έχουν απομακρυνθεί σχεδόν ολοκληρωτικά όλοι οι παθογόνοι μικροοργανισμοί. Έτσι χρησιμοποιούνται διάφοροι συνδυασμοί φυσικών, βιολογικών και χημικών διεργασιών για να απομακρυνθούν όποιοι ρυπαντές δεν κατάφεραν να απομακρυνθούν από τις διαδικασίες της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας επεξεργασίας. Τέτοιες διαδικασίες είναι:

- 1) Νιτροποίηση – Απονιτροποίηση
- 2) Ηλεκτροδιάλυση
- 3) Απομάκρυνση της αμμωνίας με εκρόση
- 4) Κροκίδωση

που αποσκοπούν στην απομάκρυνση του αζώτου, του φωσφόρου, υπολειμμάτων οργανικής ύλης ή αιωρούμενων στερεών που δεν απομακρύνθηκαν στα προηγούμενα στάδια επεξεργασίας. Σκοπός της φάσης αυτής είναι η προστασία των τελικών αποδεκτών των αποβλήτων, με κυρίαρχο το υδάτινο περιβάλλον, όπως επίσης και η προετοιμασία των αποβλήτων για επαναχρησιμοποίηση.

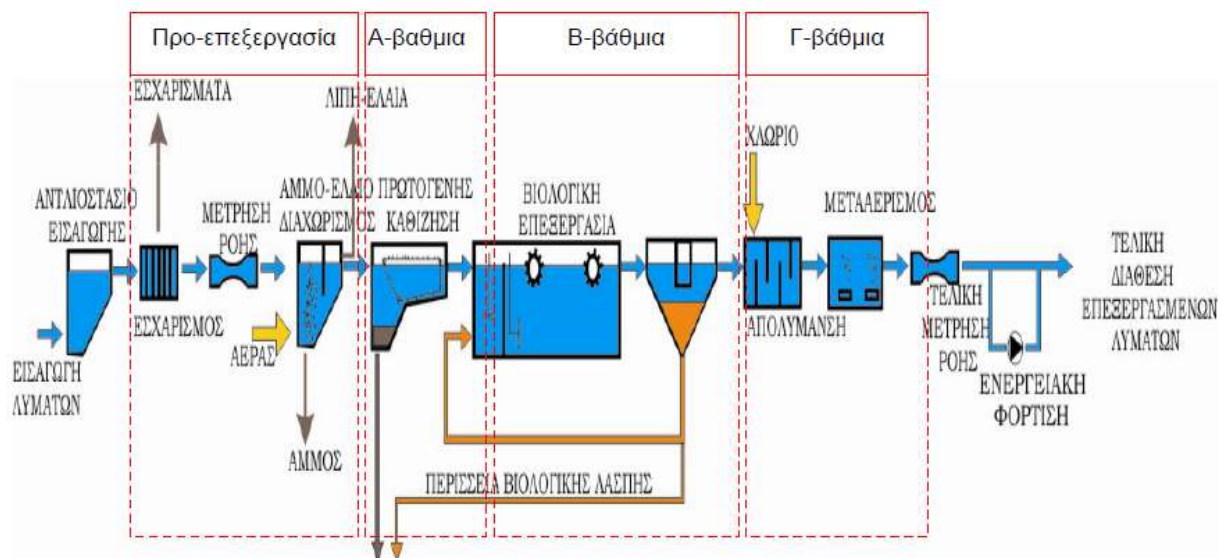
2.2.2.5 Απολύμανση

Η απολύμανση δεν αποτελεί βασικό στάδιο της επεξεργασίας των λυμάτων. Αυτό δεν σημαίνει όμως ότι δεν θα πρέπει να εφαρμόζεται. Η απολύμανση είναι η διαδικασία κατά την οποία καταστρέφονται όλοι οι τυχόν εναπομείναντες παθογόνοι μικροοργανισμοί που μπορεί να υπάρχουν μέσα στο νερό μετά την έξοδο από την τριτοβάθμια επεξεργασία και μπορεί να θέσουν σε κίνδυνο την δημόσια υγεία. Επίσης μέσω αυτής της διαδικασίας μπορούν να αφαιρεθούν και κάποιες χημικές ουσίες που βρίσκονται μέσα στο νερό, οι οποίες μπορεί να είναι ανεπιθύμητες. Οι πιο συνήθεις μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την απολύμανση είναι:

- 1) χλωρίωση
- 2) υπεριώδης ακτινοβολία
- 3) οζόνωση

Βέβαια οι μηχανισμοί και ο εξοπλισμός που είναι αναγκαία για την δημιουργία μιας εγκατάστασης απολύμανσης αποτελούν αρκετά κοστοβόρα ως προς την πάγια επένδυση και την συντήρηση, με αποτέλεσμα κάποιες (μικρές συνήθως) μονάδες επεξεργασίας λυμάτων, να μην το εφαρμόζουν καθόλου.

Τέλος στο Σχήμα 8 απεικονίζονται με την σειρά οι διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα από την αρχή μέχρι το τέλος της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων μιας τυπικής μονάδας επεξεργασίας λυμάτων, χωρισμένες χαρακτηριστικά στα τέσσερα βασικά στάδια.



Σχήμα 7: Στάδια επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων

(Πηγή: Βλυσίδης και Μάη, 2010)

Κεφάλαιο 3

ΙΛΥΣ

3.1 Παραγωγή και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά ιλύος

Η ιλύς είναι το παραπροϊόν της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων. Η ιλύς μπορεί να προέρχεται από το στάδιο της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας ή από το στάδιο της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας. Συνήθως όταν αναφερόμαστε στην ιλύ εννοούμε την μικτή ιλύ. Δηλαδή το σύνολο της ιλύος που παράγεται από το στάδιο της πρωτοβάθμιας και της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας. Η όψη της θυμίζει λάσπη. Είναι πλούσια σε υγρασία, καθώς και σε παθογόνους μικροοργανισμούς, πρωτόζωα, βακτήρια και διάφορα χημικά συστατικά. Το χρώμα της μπορεί να είναι μαύρο ή καφέ, ανάλογα με το σημείο σήψης στο οποίο βρίσκεται. Τα ακριβή ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά της δεν είναι ίδια για κάθε ιλύ. Εξαρτώνται όμως κυρίως από την ποσότητα και την σύσταση των εισερχόμενων λυμάτων, καθώς και των διάφορων σταδίων επεξεργασίας από τα οποία παρέρχονται.

Γενικά αποτελείται από:

- I. Υγρά
- II. Στερεά
- III. Μικροοργανισμούς

Τα υγρά αποτελούν το 75% - 98%. Το υπόλοιπο είναι τα στερεά τα οποία χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- 1) Αιωρούμενα στερεά (S.S)
- 2) Διαλυμένα στερεά (D.S)

Η ιλύς περιέχει ωφέλιμα συστατικά (για χρησιμοποίηση στην γεωργία) αλλά και ρυπαντές όπως βαρέα μέταλλα και παθογόνοι μικροοργανισμοί. Πολλές φορές παράγεται σε μεγάλες ποσότητες και προκύπτουν πολλά προβλήματα σχετικά με την διάθεσή της. Είναι πολύ σημαντικό λοιπόν όσο για την υγεία τόσο και για την οικονομία η παραγόμενη ιλύς σε κάθε μονάδα επεξεργασίας λυμάτων να σταθεροποιείται και να αξιοποιείται σωστά. Λαμβάνοντας πάντα υπόψιν τους νόμους και κανόνες που έχουν θεσπιστεί για την προστασία του περιβάλλοντος και του ανθρώπου.

Στον Πίνακα 1 παρατίθενται το εύρος των τιμών που μπορούν να παρατηρηθούν από την χημική ανάλυση μιας τυπικής ιλύος.

Πίνακας 1: Εύρος τιμών τυπικής χημικής σύστασης ιλύος

ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ
Άζωτο (% επί ξηρού)	0.1 – 17.6
Ολικά φωσφορικά (% επί ξηρού)	0.1 – 14.3
Ολικά θειικά (% επί ξηρού)	0.6 – 1.5
Ασβέστιο (% επί ξηρού)	0.1 – 25
Μαγνήσιο (% επί ξηρού)	0.03 – 2.0
Κάλιο (% επί ξηρού)	0.02 – 2.6
Νάτριο (% επί ξηρού)	0.01 – 3.1
Αλουμίνιο (% επί ξηρού)	0.1 – 13.5
Σίδηρος (% επί ξηρού)	0.1 – 15.3
Ψευδάργυρος (mg/kg επί ξηρού)	101 – 27800
Χαλκός (mg/kg επί ξηρού)	6.8 – 3120
Μαγγάνιο (mg/kg επί ξηρού)	18 – 7100
Βόριο (mg/kg επί ξηρού)	4 – 757
Μολυβδαίνιο (mg/kg επί ξηρού)	2 – 976
Κοβάλτιο (mg/kg επί ξηρού)	1 – 18
Αρσενικό (mg/kg επί ξηρού)	0.3 – 316
Βάριο (mg/kg επί ξηρού)	21 - 8980

(Πηγή: Κατσιμάντου, 2007)

3.2 Σταθεροποίηση της παραγόμενης ιλύος

Η ιλύς όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο είναι το παραπροϊόν της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων. Όσο σημαντική είναι η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, άλλο τόσο είναι η σταθεροποίηση και αξιοποίηση της παραγόμενης ιλύος. Η σταθεροποίηση της ιλύος μας επιτρέπει να την διαχειριστούμε, να την μεταφέρουμε και να την διοχετεύσουμε στο περιβάλλον χωρίς να υπάρχει ο κίνδυνος μόλυνσης ή καταστροφής της τοπικής πανίδας και χλωρίδας. Τέλος μπορούμε να την αξιοποιήσουμε ενεργειακά και να επωφεληθούμε οικονομικά.

Σταθεροποίηση ουσιαστικά σημαίνει η εξάντληση και η ελαχιστοποίηση των βιολογικών και χημικών διεργασιών που μπορεί να συμβαίνουν εξαιτίας της ύπαρξης βιοαποδομήσιμων ουσιών εντός της ιλύος. Η σταθεροποίηση της ιλύος μπορεί να γίνει:

- 1) Βιολογικά
- 2) Χημικά
- 3) Άλλες μεθόδους

Δεν μπορούμε να χαρακτηρίσουμε κάποια ως καταλληλότερη μέθοδο. Η τελική μας επιλογή θα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως:

- 1) Ποιότητα
- 2) Ποσότητα
- 3) Διαθέσιμος χώρος
- 4) Διαθέσιμος χρόνος
- 5) Κεφάλαιο

3.2.1 Βιολογικά

3.2.1.1 Αερόβια χώνευση

Η αερόβια χώνευση είναι μια διαδικασία, η οποία λαμβάνει χώρα παρουσία οξυγόνου. Βασικό ρόλο παίζουν τα βακτήρια τα οποία καταναλώνουν την οργανική ύλη, μετατρέποντας την σε διοξείδιο του άνθρακα.

Τα βασικά πλεονεκτήματα της διαδικασίας αυτής είναι:

- 1) Μείωση πτητικών στερεών
- 2) Παραγωγή βιολογικά σταθερού άοσμου υλικού
- 3) Ευκολία λειτουργίας

4) Χαμηλό πάγιο κόστος

Όμως υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα:

- 1) Διάθεση μεγάλων ποσοτήτων οξυγόνου
- 2) Η διαδικασία μπορεί πολύ εύκολα να επηρεαστεί από την θερμοκρασία, τοποθεσία
- 3) Δεν ανακτάται κάποιο χρήσιμο παραπροϊόν (π.χ. βιοαέριο)

Η αερόβια χώνευση στο τέλος της μας παραδίδει ένα σταθεροποιημένο χημικά και βιολογικά μίγμα το οποίο μπορούμε να το διαθέσουμε ποικιλοτρόπως όπως θα δούμε στο επόμενο κεφάλαιο.

3.2.1.2 Αναερόβια χώνευση ιλύος

Εδώ η γενική αρχή είναι ότι η ιλύς μεταφέρεται σε μεγάλες δεξαμενές όπου εκεί η οργανική ύλη ζυμώνεται από τα βακτήρια απουσία οξυγόνου, με αποτέλεσμα να παράγεται ως παραπροϊόν διοξείδιο του άνθρακα και μεθάνιο (βιοαέριο). Όλη η διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης μπορεί να διακριθεί σε τρία βασικά στάδια:

- 1) Υδρόλυση της οργανικής ύλης σε διαλυτά υποστρώματα
- 2) Ζύμωση των υποστρωμάτων και παραγωγή υδρογόνου και διοξειδίου του άνθρακα
- 3) Μετατροπή του υδρογόνου και τμήμα του διοξειδίου του άνθρακα σε μεθάνιο

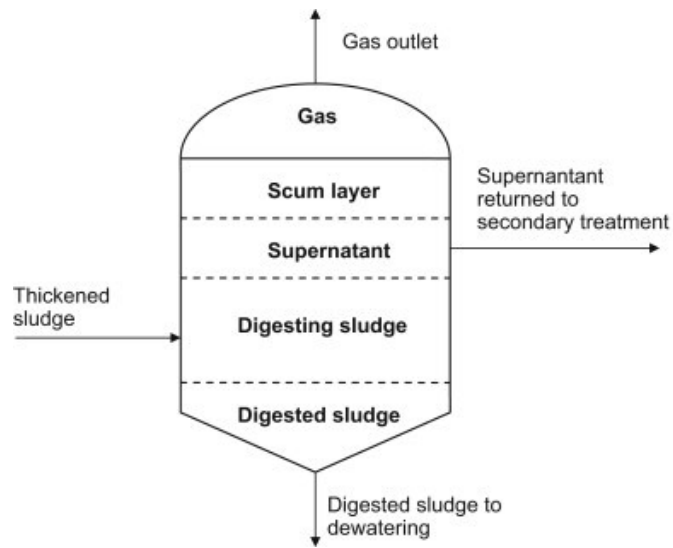
Δυο είναι οι βασικοί τύποι της αναερόβιας χώνευσης:

A) Χαμηλής φόρτισης

Αποτελεί την παλαιότερη μέθοδο αναερόβιας χώνευσης. Δεν απαιτείται θέρμανση και δεν υπάρχει καμία ανάμιξη της ιλύος. Ουσιαστικά είναι σαν χώρος αποθήκευσης της ιλύος. Ο μέσος χρόνος παραμονής της ιλύος στον χωνευτή κυμαίνεται ανάμεσα σε 30 με 60 μέρες. Η λειτουργία του μπορεί να είναι διακοπτόμενη ή συνεχής (Σχήμα 9).

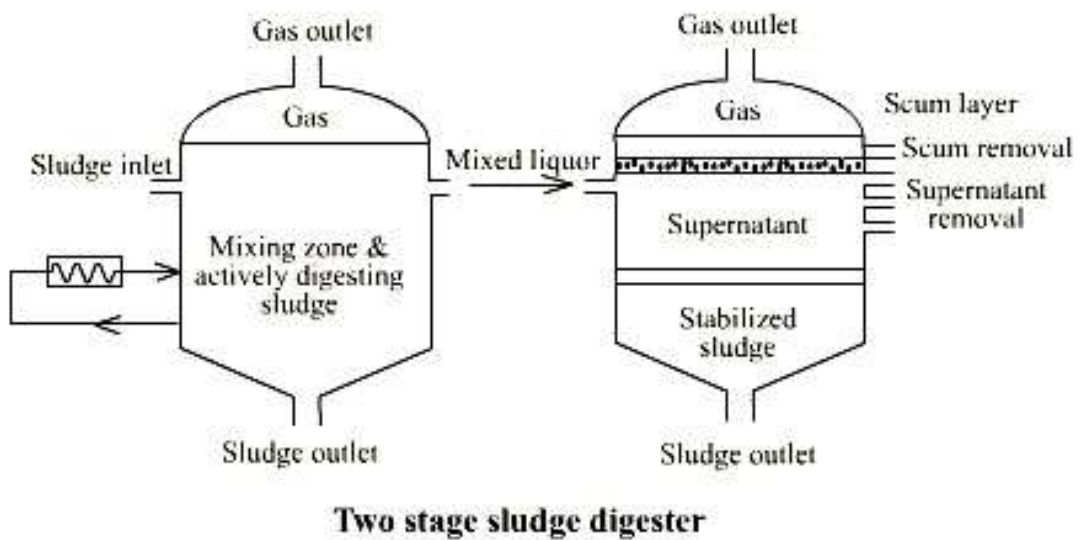
B) Υψηλής φόρτισης

Είναι πολύ πιο αποτελεσματική από την προηγούμενη μέθοδο. Η μέθοδος υψηλής φόρτισης απαιτεί θέρμανση, ομοιόμορφη και συνεχή τροφοδοσία ιλύος καθώς και πλήρη ανάμιξη της ιλύος που βρίσκεται μέσα στον χωνευτή. Οι χρόνοι παραμονής της ιλύος κυμαίνονται από 10 – 25 μέρες. Τέλος ανάλογα με την θερμοκρασία που επιτυγχάνουμε μέσα στον χωνευτή αυτός διακρίνεται σε μεσοφιλικό (30-38°C) ή θερμοφιλικό (50-60°C) χωνευτή. Η όλη διαδικασία λαμβάνει χώρα σε δύο στάδια όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 10.



Σχήμα 8: Αναερόβιος χωνευτής χαμηλής φόρτισης

(Πηγή: Reynolds and Richards, 1996)



Σχήμα 9: Αναερόβιος χωνευτής υψηλής φόρτισης

(Πηγή: www.nptel.iim.ac.in)

3.2.2 Χημικά

3.2.2.1 Καύση

Με την καύση της ιλύος σε εγκατάσταση αποτέφρωσης, μειώνεται δραστικά ο όγκος της ιλύος που μένει για την τελική απόθεση της. Αυτή η μέθοδος όμως δεν χρησιμοποιείται συχνά λόγω του υψηλού κόστους παραγωγής και λειτουργίας, καθώς και λόγω των απαερίων που απελευθερώνονται στο περιβάλλον και τις επιπτώσεις τους σε αυτό.

3.2.2.2 Σταθεροποίηση με ασβέστη

Εδώ χρησιμοποιείται υδράσβεστο ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Σκοπός αυτής της ενέργειας είναι να ανεβεί το pH σε τιμές μεγαλύτερες από 12 και να διατηρηθεί σε αυτό το επίπεδο για τουλάχιστον 3 μήνες, ούτως ώστε να καταστραφούν οι περισσότεροι παθογόνοι μικροοργανισμοί που μπορεί να βρίσκονται μέσα στην ιλύ.

Μπορεί επίσης να γίνει χρήση και άνυδρου ασβέστη (CaO). Σε αυτήν την περίπτωση δεν αυξάνεται μόνο η τιμή του pH, αλλά και η θερμοκρασία. Έτσι για την εξόντωση των παθογόνων σε αυτήν την περίπτωση χρειάζεται το μίγμα της ιλύος να παραμείνει μόνο 2 ώρες σε θερμοκρασία πάνω από $55\text{ }^\circ\text{C}$ και pH τουλάχιστον 12.

3.2.2.3 Χρήση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

Η αρχή λειτουργίας μιας τέτοιας διάταξης είναι η χρήση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας για την θέρμανση του νερού το οποίο περιέχεται στην ιλύ. Έτσι το μίγμα θερμαίνεται σε θερμοκρασίες της τάξεως των $50 - 65\text{ }^\circ\text{C}$. Το μίγμα παραμένει σε αυτήν την θερμοκρασία για περίπου 10 λεπτά.

Τα πλεονεκτήματα αυτής της διαδικασίας είναι:

- 1) Όλη η διαδικασία απαιτεί ελάχιστη επίβλεψη
- 2) Μπορεί να λειτουργεί επανειλημμένα χωρίς κανένα πρόβλημα
- 3) Ο καθαρισμός του επιτυγχάνεται αυτόματα
- 4) Αποστειρώνει σχεδόν τέλεια την ιλύ
- 5) Πετυχαίνει περιεκτικότητες σε στερεά με περιεκτικότητα που αγγίζει το 100%
- 6) Δεν παράγονται ρύποι

Το μοναδικό μειονέκτημα είναι το υψηλό κόστος δημιουργίας της εγκατάστασης

3.2.3 Άλλες μέθοδοι

3.2.3.1 Ανάμιξη με χώμα

Η ιλύς η οποία έχει μικρή περιεκτικότητα σε στερεά μπορεί να αναμιχθεί με χώμα. Αυτή η ανάμιξη δημιουργεί ένα μίγμα πολύ μεγαλύτερο, όμως με πολύ μικρότερη συγκέντρωση παθογόνων καθώς και με πολύ μεγαλύτερη συγκέντρωση στερεών. Αυτό το κάνει ευκολότερα διαχειρίσιμο. Προκύπτει ουσιαστικά ένα χώμα πλούσιο σε οργανικά συστατικά, το οποίο όπως θα δούμε και στο επόμενο κεφάλαιο μπορεί να ωφελήσει εδάφη που το έχουν ανάγκη.

3.2.3.2 Ξήρανση

Η ιλύς που προκύπτει από τα στάδια της επεξεργασίας των λυμάτων περιλαμβάνει περίπου 0.12% – 12% στερεά κατά βάρος. Η ξήρανση της ιλύος είναι ουσιαστικά η αφαίρεση του νερού που μένει παγιδευμένο στην ιλύ. Με αυτήν την διαδικασία πετυχαίνουμε σταθεροποίηση της ιλύος καθώς και ελάττωση του όγκου της σε πολύ μεγάλο ποσοστό, το οποίο καθιστά ευκολότερη την μεταφορά και την διαχείριση της. Υπάρχουν πολλοί τρόποι με τους οποίους μπορούμε να ξηράνουμε την ιλύ. Διακρίνουμε τρεις κύριες κατηγορίες:

1) Φυσικές μέθοδοι ξήρανσης

ΚΛΙΝΕΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ

Οι κλίνες ξήρανσης (Σχήμα 11) αποτελούν μια από τις παλαιότερες μεθόδους ξήρανσης, με εφαρμογές σήμερα σε μονάδες επεξεργασίας λυμάτων μικρότερης δυναμικότητας. Η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στην διήθηση του νερού μέσα από στρώματα άμμου στην διάρκεια μέσου όρου 2 ημερών με αποτέλεσμα τα στερεά να αυξηθούν μέχρι και κατά 25% κατά βάρος. Παράλληλα λαμβάνει χώρα και η εξάτμιση του νερού που αυξάνει την περιεκτικότητα σε στερεά μέσα στην ιλύ σε επίπεδα άνω του 40%. Η μέθοδος αυτή έχει αρκετά πλεονεκτήματα καθώς και μειονεκτήματα τα οποία συνοψίζονται στα εξής:

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- Ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις
- Χαμηλό κόστος κατασκευής και λειτουργίας
- Δεν χρειάζονται εξειδικευμένες γνώσεις για την λειτουργία της

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- Συμφέρει η εφαρμογή της σε σχετικά μικρές εγκαταστάσεις

- Οι εκάστοτε καιρικές συνθήκες επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την απόδοσή της



Σχήμα 10: Κλίνες ξήρανσης

(Πηγή: www.mwpc.org)

2) Μηχανικές μεθόδους ξήρανσης (ταινιοφιλτρόπρεςες, ταινιόπρεςες, φυγόκεντροι διαχωριστές, φίλτρα κενού)

A) ΤΑΙΝΙΟΦΙΛΤΡΟΠΡΕΣΕΣ

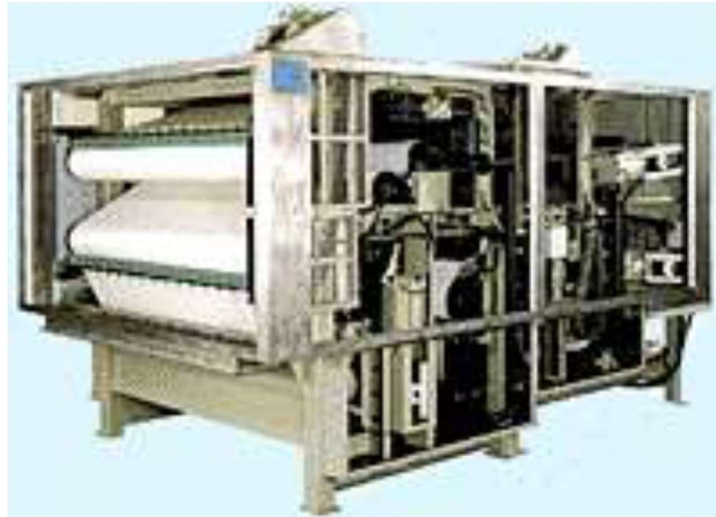
Αυτά τα μηχανήματα (Σχήμα 12) χρησιμοποιούν χρήση χημικών και μεγάλη μηχανικά εφαρμοσμένη πίεση για να πετύχουν την αφυδάτωση της ιλύος. Με αυτήν την μέθοδο μπορούμε να πετύχουμε τελική υγρασία μικρότερη και από 10%.τα βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα είναι:

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Επιτυγχάνεται μεγάλη συγκέντρωση στερεών
- Αποτελεσματικότητα
- Εφαρμογή σε οποιονδήποτε τύπο ιλύος

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Υψηλό κόστος λειτουργίας
- Πολυπλοκότητα των μηχανισμών
- Απαιτείται καταρτισμένο προσωπικό

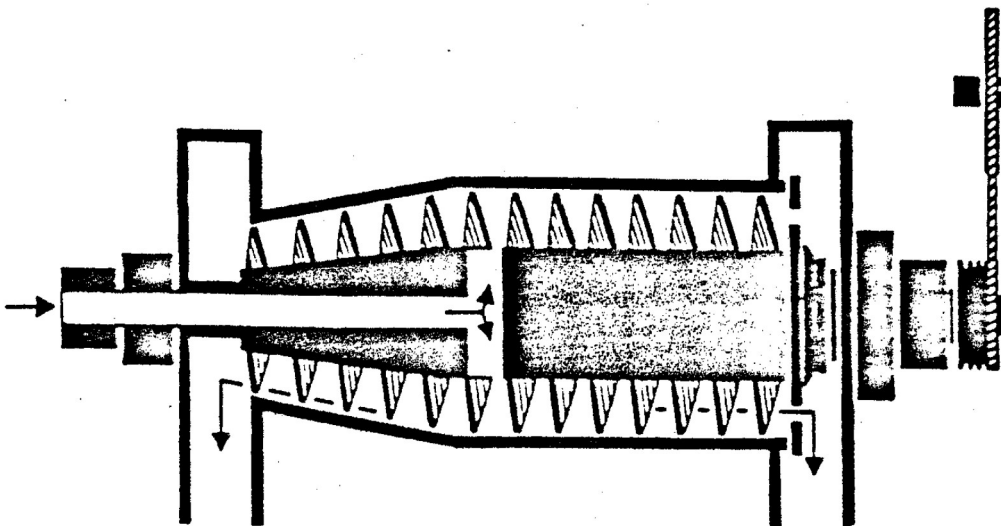


Σχήμα 11: Ταινιοφιλτρόπρεσα

(Πηγή: <http://www.student.nvcc.edu>)

Β) ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΣ

Αυτή η διάταξη εκμεταλλεύεται την φυγόκεντρο δύναμη με τον εξής τρόπο: Η ιλύς εισέρχεται αξονικά στον διαχωριστή ο οποίος γυρίζει αξονικά και έτσι τα στερεά φυγοκεντρίζονται προς την εσωτερική επιφάνεια του και με την βοήθεια ενός κινούμενου κοχλία απομακρύνονται από την έξοδο. Το νερό διαφεύγει από την αντίθετη πλευρά (Σχήματα 13-14).



Σχήμα 12: Τομή φυγοκεντρικού διαχωριστή

(Πηγή: Στουπας, 2009)



Σχήμα 13: Φυγόκεντρος

(Πηγή: <http://www.student.nvcc.edu>)

3) Θερμικές μεθόδους ξήρανσης (άμεσοι – έμμεσοι θερμικοί ξηραντές)

Θερμική ξήρανση ουσιαστικά είναι η χρήση θερμότητας για την απομάκρυνση του νερού από την ιλύ. Οι μηχανισμοί με τους οποίους επιτυγχάνεται αυτό ονομάζονται θερμικοί ξηραντές. Υπάρχουν 2 είδη θερμικών ξηραντών. Άμεσοι και έμμεσοι. Οι άμεσοι φέρνουν την ιλύ σε άμεση επαφή με το μέσο μεταφοράς θερμότητας με την μορφή κλίβανου ή τύπου περιστρεφόμενου τυμπάνου, ενώ οι έμμεσοι σε έμμεση επαφή μέσω συστήματος εναλλαγής θερμότητας.

3.3 Ενεργειακή εκμετάλλευση και τελική διάθεση ιλύος

Η ιλύς μπορεί να αξιοποιηθεί ενεργειακά από τις μονάδες επεξεργασίας και η ανακτώμενη ενέργεια μπορεί να καλύψει ολόκληρες ή μέρος των ενεργειακών απαιτήσεων της εκάστοτε μονάδας. Αυτό μπορεί να μειώσει δραστικά τα λειτουργικά τους έξοδα. Η παραγόμενη ιλύς μπορεί να αξιοποιηθεί ενεργειακά με διάφορους τρόπους οι οποίοι θα παρουσιαστούν παρακάτω:

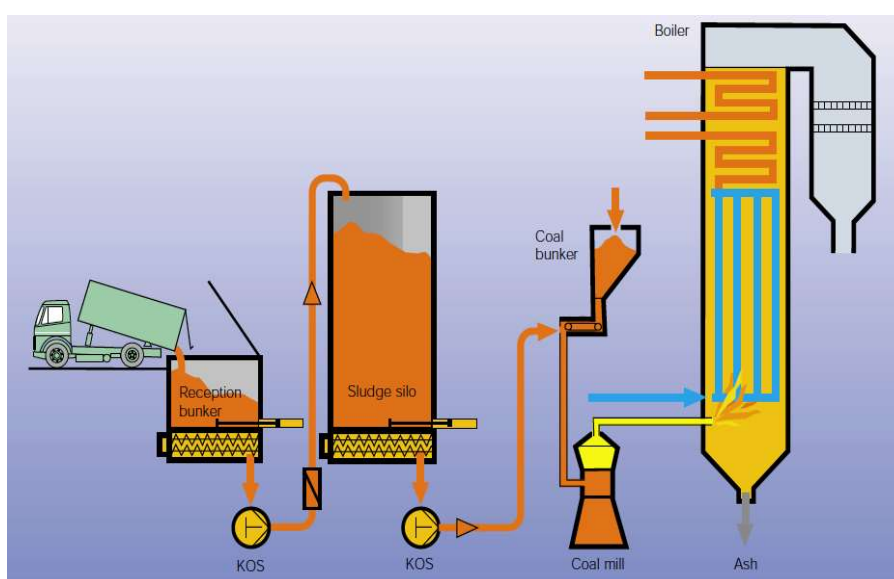
3.3.1 Χρήση ως καύσιμο

Η καύση της ιλύος αποτελεί την παλαιότερη και ευρέως γνωστή μέθοδο για την παραγωγή ενέργειας από αυτήν, η διάταξη της οποίας απεικονίζεται στο Σχήμα 15. Η ιλύς αφού

ξηρανθεί μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο. Αυτά τα συστήματα καύσης όμως επιτυγχάνουν χαμηλές αποδόσεις της τάξεως του 15% - 35%.

Τα τελευταία χρόνια όμως έχουν αναπτυχθεί τεχνολογίες που χρησιμοποιούν την ιλύ ως συν-καύσιμο μαζί με άλλα ορυκτά καύσιμα και επιτυγχάνουν πολύ μεγαλύτερες αποδόσεις. Ακόμα η τεχνολογία της σύνθετης καύσης της ιλύος επιτρέπει την τροφοδότηση της ιλύος ακόμη και με αυξημένη υγρασία (30 – 65 % κ.β.). Αυτό είναι σημαντικό γιατί η διαδικασία της ξήρανσης της ιλύος μεγάλα ποσά ενέργειας καθώς και χρηματικά.

Μειονεκτήματα αυτού του τρόπου αποτελούν τα αέρια που δημιουργούνται από την αντίδραση της καύσης τα οποία μπορεί να παραβαίνουν τα νομοθετικά πλαίσια και να μολύνουν το περιβάλλον.

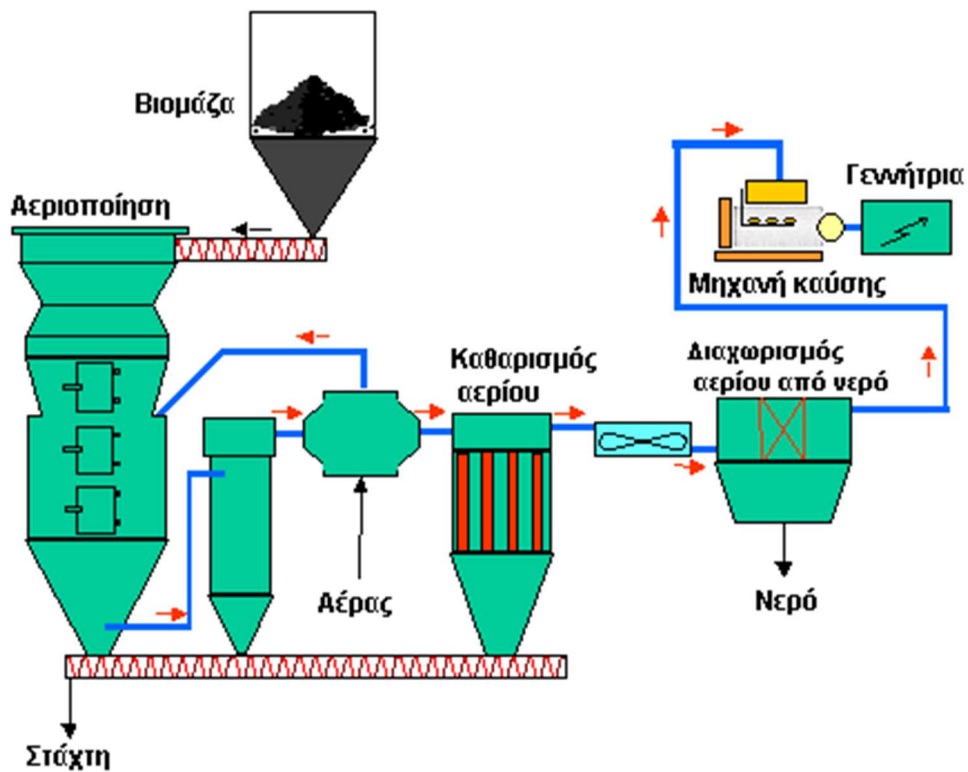


Σχήμα 14: Διάταξη καύσης ιλύος

(Πηγή: www.photoenergy.gr)

3.3.2 Αεριοποίηση

Η αρχή λειτουργίας αυτής της μεθόδου είναι η μετατροπή των στερεών της ιλύος σε αέριο καύσιμο υδρογόνο και μονοξείδιο του άνθρακα μέσω μερικής οξείδωσης η οποία λαμβάνει χώρα κατά την παροχή ατμού σε αυτήν θερμοκρασίας 700 – 1000 °C (Σχήμα 16). Αυτή η διαδικασία πετυχαίνει μετατροπή σχεδόν 100% του οργανικού μέρους των στερεών που εμπεριέχονται στην ιλύ σε αέριο καύσιμο. Με την σειρά του τώρα το παραγόμενο αέριο καύσιμο μπορεί να διοχετευθεί σε κινητήρες εσωτερικής καύσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τέλος το αέριο καύσιμο μπορεί να αξιοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας με την μορφή θερμότητας.

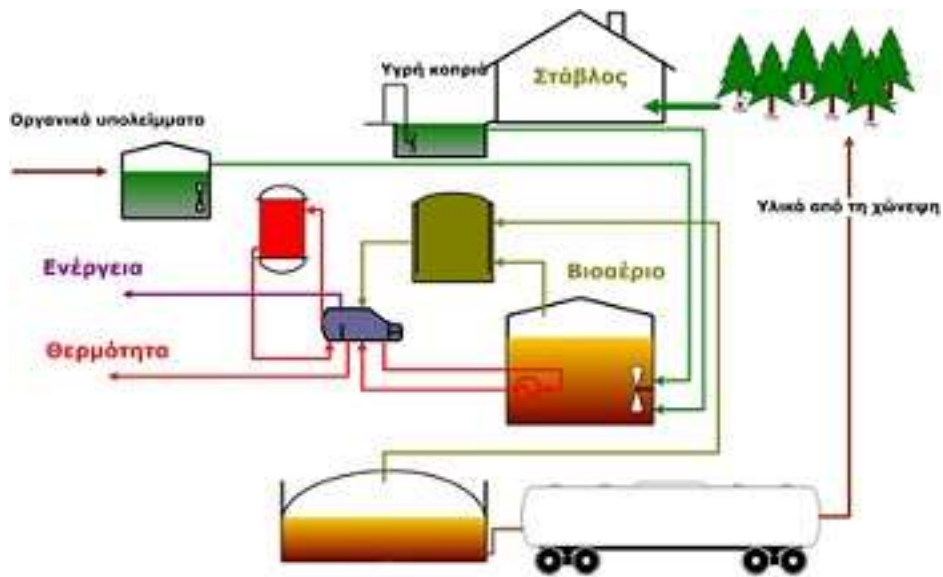


Σχήμα 15: Διάταξη αεριοποίησης βιομάζας

(Πηγή: www.photoenergy.gr)

3.3.3 Αναερόβια χώνευση

Η ύλη μεταφέρεται σε μεγάλες δεξαμενές οι οποίες είναι αεροστεγώς κλεισμένες. Εκεί μέσα παραμένει για 10 με 60 μέρες, όπου υπό την απουσία οξυγόνου η οργανική ύλη "ζυμώνεται" από τα βακτήρια. Ως αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η δημιουργία βιοαερίου (άνθρακας και μεθάνιο). Αυτό συλλέγεται και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμη ύλη για την παραγωγή άμεσα θερμότητας ή έμμεσα ηλεκτρισμού. Η διάταξη μιας τέτοιας μονάδας απεικονίζεται στο Σχήμα 17.



Σχήμα 16: Διάταξη αναερόβιας χώνευσης ιλύος

(Πηγή: www.agroenergy.gr)

3.4 ΤΕΛΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ ΙΛΥΟΣ

3.4.1 Διάθεση σε εδάφη ως εδαφοβελτιωτικό

Η ιλύς μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό για να περιορίσει την χρήση λιπασμάτων. Βασικά πλεονεκτήματα χρήσης της ιλύος ως εδαφοβελτιωτικό είναι το πολύ χαμηλό κόστος της, η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται από την ελαχιστοποίηση της χρήσης λιπασμάτων καθώς και το γεγονός ότι είναι πάρα πολύ φιλική με το περιβάλλον και με τους ανθρώπους όταν βέβαια έχει προηγηθεί σωστός σχεδιασμός για την διάθεσή της.

Για τον σχεδιασμό ενός συστήματος διάθεσης θα πρέπει να ληφθούν πολλοί παράγοντες υπόψιν. Αυτοί είναι:

- 1) Έδαφος
 - α) κλίμα
 - β) μορφολογία εδάφους
 - γ) βλάστηση
- 2) Χαρακτηριστικά της ιλύος
 - α) συγκέντρωση οργανικού **N**
 - β) Συγκέντρωση οργανικού **P**

- γ) Συγκέντρωση ανόργανου **N**
- δ) Συγκέντρωση ανόργανου **P**
- ε) Τοξικές ύλες
- 3) Κόστος μεταφοράς
- 4) Κόστος αποθήκευσης

3.3.5 Θαλάσσια διάθεση

Αυτή η μέθοδος αποτελούσε την παραδοσιακή και πιο συχνή μέθοδο τελικής διάθεσης της ιλύος. Η ιλύς μεταφερόταν με φορτηγά στις όχθες, ή με πλοία τα οποία έπλεαν στα ανοιχτά και την άδειαζαν στη θάλασσα. Αυτή η μέθοδος έχει απαγορευθεί στην Ευρώπη από το 1998.

3.3.6 Χρήση στην τσιμεντοβιομηχανία

Η ιλύς μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συμπληρωματικό καύσιμο στην υψικάμινο της τσιμεντοβιομηχανίας με αποτέλεσμα ενεργειακά και οικονομικά οφέλη.

3.3.7 Διάθεση σε Χ.Υ.Τ.Α

Η διάθεση σε ΧΥΤΑ δηλαδή η υγειονομική ταφή αποτελεί μια βραχυπρόθεσμη λύση στο πρόβλημα της εναπόθεσης της τελικής ιλύος αφού έτσι ελαχιστοποιείται η πρόσθετη επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Η ταφή μπορεί να γίνεται σε συνδυασμό με στερεά απόβλητα ή αποκλειστικά σε περιοχές που γίνεται ταφή αποκλειστικά για ιλύες.

3.3.8 Χρήση για αποκατάσταση εδαφών

Πολλές φορές τα βιοστερεά κατάλοιπα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την μορφολογική και ποιοτική αποκατάσταση εδαφών. Τέτοιες περιπτώσεις μπορούν να αποτελέσουν περιοχές που έχουν απογυμνωθεί λόγω εξόρυξης, όπως παλιά ορυχεία, καθώς και δασικές εκτάσεις οι οποίες είναι πτωχές σε θρεπτικά στοιχεία για την θρέψη των δέντρων.

Κεφάλαιο 4

ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

4.1 Διαχείριση υγρών αποβλήτων Μ.Ε.Λ

Όσον αφορά γενικά την διαχείριση υγρών αποβλήτων υγειονομικών μονάδων ισχύουν οι εξής νομοθεσίες: (Εγκ. Αρ. Πρωτ: Δ1ε/Γ.Π. 75725/2018 - Διαχείριση υγρών αποβλήτων υγειονομικών μονάδων):

1. Η ΚΥΑ 146163/2012 (ΦΕΚ 1537/Β/8-5-12) «Μέτρα και όροι για τη διαχείριση αποβλήτων Υγειονομικών Μονάδων», όπως έχει τροποποιηθεί με ΚΥΑ την 62952/538 (ΦΕΚ 4326/Β/30-12-2016).
2. Η με αρ. πρωτ. οικ. 29960/3800/15-6-2012 Εγκύκλιος του ΥΠΕΝ που έχει αναρτηθεί στην ιστοσελίδα του ΥΠΕΝ με θέμα «Ενδεικτικές κατηγορίες Αποβλήτων Υγειονομικών Μονάδων (ΑΥΜ)/ Ενδεικτικές κατάλληλες εργασίες διαχείρισης ΑΥΜ-Διευκρινίσεις επί ορισμένων απαιτήσεων της ΚΥΑ οικ. 146163/2012» (ΑΔΑ Β4ΛΓΟ-Κ75).

Το νομοθετικό αυτό πλαίσιο αφορά την κατηγοριοποίηση των αποβλήτων που παράγονται από τις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων, καθώς και τις προτεινόμενες μεθόδους επεξεργασίας και διάθεσής τους.

3. Η ΚΥΑ 5673/400/1997 (ΦΕΚ 192/Β/14-3-1997) «Μέτρα και όροι για την επεξεργασία αστικών λυμάτων», όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει.
4. Ο Νόμος 4042/2012 (ΦΕΚ 24/Α/13-2-2012) «Ποινική προστασία του περιβάλλοντος – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/99/ΕΚ – Πλαίσιο παραγωγής και διαχείρισης αποβλήτων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/98/ΕΚ – Ρύθμιση θεμάτων Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής», όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει.
5. Η Κ.Υ.Α. 13588/725/2006 (ΦΕΚ 383/Β/28-3-2006) «Μέτρα, όροι και περιορισμοί για τη διαχείριση επικινδύνων αποβλήτων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 91/689/ΕΟΚ...», όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει.

Έχουν να κάνουν με την κατηγοριοποίηση των αποβλήτων σε:

- Οικιακά λύματα
- Υγρά βιομηχανικά απόβλητα
- Αστικά λύματα
- Επικίνδυνα υγρά απόβλητα

καθώς και τους πλήρεις ορισμούς των παραπάνω.

6. Η Υπουργική Απόφαση Υ1γ/Γ.Π/οικ.47829/2017 (ΦΕΚ 2161/Β/23-6- 2017) «Υγειονομικοί όροι και προϋποθέσεις λειτουργίας επιχειρήσεων τροφίμων / ποτών και άλλες διατάξεις».

Αφορά τα διάφορα λίπη και έλαια τα οποία προέρχονται από μαγειρεία και τον τρόπο αξιοποίησης ή διάθεσής τους από την εκάστοτε μονάδα.

7. Η ΚΥΑ 1014 (ΦΟΡ)94/2001 (ΦΕΚ 216/Β/6-3-2001) «Έγκριση Κανονισμών Ακτινοπροστασίας» και η υπ' αριθμ. 2.1/228/2015 απόφαση της ΕΕΑΕ (ΦΕΚ 947/Β/26-5-2015) «Διευκρινήσεις σχετικά με 2 τις διατάξεις του Μέρους 6 των Κανονισμών Ακτινοπροστασίας για τη διαχείριση και διάθεση ραδιενεργών καταλοίπων από εργαστήρια πυρηνικής ιατρικής».
8. Το με αρ. πρωτ. 4645/309/1-3-2016 έγγραφο του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας με θέμα «Διαχείριση υγρών αποβλήτων του νοσοκομείου».

Αφορά την ειδική διαχείριση που πρέπει να εφαρμόζεται στα υγρά ραδιενεργά απόβλητα

4.2 Ιλύς που προορίζεται να χρησιμοποιηθεί για γεωργικούς σκοπούς

Όσο αφορά την παραγόμενη ιλύ που προορίζεται να χρησιμοποιηθεί για γεωργικούς σκοπούς ισχύει η παρακάτω νομοθεσία σύμφωνα με την υπουργική απόφαση με αριθμό 80568/4225/91:

1. Οι διατάξεις του άρθρου 1 του Ν. 1338/83 «Εφαρμογή του Κοινοτικού Δικαίου» (ΦΕΚ 34 Α'/1983) όπως τροποποιήθηκε και συμπληρώθηκε με το άρθρο 6 του Ν. 1440/84 «Συμμετοχή της Ελλάδας στο κεφάλαιο, στα αποθεματικά και τις προβλέψεις της Ευρωπαϊκής Τράπεζας Επενδύσεων κλπ.» (ΦΕΚ 70 Α'/1984).
2. Οι διατάξεις των άρθρων 11 (παρ.3), 28,29 και 30 του Ν. 1650/86 «Για την προστασία του Περιβάλλοντος» (ΦΕΚ 160 Α'/1986), όπως το τελευταίο αυτό άρθρο τροποποιήθηκε με το άρθρο 98 (παρ.12) του Ν. 1892/1990 «Για τον εκσυγχρονισμό και την ανάπτυξη και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 101 Α'/1990).
3. Οι διατάξεις των άρθρων 23 (παρ.1) και 24 του Ν. 1558/85 «Κυβέρνηση και Κυβερνητικά Όργανα» (ΦΕΚ 137Α'/85) και των άρθρων 9 και 13 του Π.Δ. 437/85 «Καθορισμός και ανακατανομή των αρμοδιοτήτων των Υπουργείων» (ΦΕΚ 157 Α'/1985).
4. Οι διατάξεις του Ν.1515/85 «Ρυθμιστικό σχέδιο και πρόγραμμα προστασίας περιβάλλοντος της ευρύτερης περιοχής της Αθήνας» (ΦΕΚ 18 Α'/1985) και του Ν. 1561/1985 «Ρυθμιστικό σχέδιο και πρόγραμμα προστασίας περιβάλλοντος της ευρύτερης περιοχής της Θεσσαλονίκης και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 148 Α'/1985) και ειδικότερα τις διατάξεις των άρθρων 11 (παρ.2,3 και 12) και των άρθρων 13 των

Νόμων αυτών, όπως τα τελευταία τροποποιήθηκαν με τις διατάξεις του άρθρου 31 (παρ.6 και 7) του Ν.1650/86.

5. Η οδηγία 86/278/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 12ης Ιουνίου 1986 των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων.
6. Η υπ' αριθ. 69269/5387/1990 κοινή Υπουργική απόφαση, «Κατάταξη έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες, περιεχόμενο μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων (ΜΠΕ) ... και λοιπές συναφείς διατάξεις, σύμφωνα με το Ν. 1650/86 (ΦΕΚ 678 Β'/90).
7. Η υπ' αριθ. 59388/3363/88 κοινή Υπουργική απόφαση, «Τρόπος, όργανα και διαδικασία επιβολής και είσπραξης των διοικητικών προστίμων του άρθρου 30 του Ν. 1650/86», (ΦΕΚ 638 /Β').
8. Η υπ' αριθ. Υ 1250/15.1.91 απόφαση του Πρωθυπουργού «Συμπλήρωση της Υ 1201/5.10.90 απόφασης του Πρωθυπουργού» (ΦΕΚ 10/τ. Β'/91).
9. Η υπ' αριθ. Υ 1074/90 κοινή απόφαση του Πρωθυπουργού και Υπουργού Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας.

Αφορούν τον σωστό καθορισμό των μεθόδων και των περιορισμών που αποσκοπούν στην ορθή χρήση της ιλύος στην γεωργία, χωρίς να υπάρχουν επιβλαβείς επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου, των ζώων, επιπτώσεις στο έδαφος ή στην γεωργική παραγωγή. Ακόμη αφορούν στον προσδιορισμό των οριακών τιμών συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων των εδαφών που πρόκειται να δεχτούν την ιλύ, το ποσοστό των βαρέων μετάλλων της ίδιας της ιλύος και τέλος στον προσδιορισμό των οριακών τιμών για τις ποσότητες των βαρέων μετάλλων που μπορούν να εισάγονται ανά έτος στα γεωργικά εδάφη. (Πίνακες 2 -4) Επίσης έχουν να κάνουν με τον προσδιορισμό της χορήγησης των απαραίτητων αδειών, καθώς και τις απαγορεύσεις διάθεσης της ιλύος σε συγκεκριμένες περιπτώσεις.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι οριακές τιμές που έχουν θεσπιστεί νομοθετικά και έχουν να κάνουν με τις οριακές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στο έδαφος που πρόκειται να τροφοδοτηθεί η ιλύς, στην ίδια την ιλύ καθώς και στις οριακές τιμές που μπορούν να εισάγονται κάθε έτος στα καλλιεργημένα εδάφη.

Πίνακας 2: Οριακές τιμές συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στο έδαφος

Παράμετροι	Οριακές τιμές (mg/kg)
Κάδμιο	1 – 3
Χαλκός	50 – 140
Νικέλιο	30 – 75
Μόλυβδος	50 – 300
Ψευδάργυρος	150 – 300
Υδράργυρος	1 – 1,5

(Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, 22 Μαρτίου 1991)

Πίνακας 3: Οριακές τιμές συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στην ιλύ που χρησιμοποιείται στην γεωργία

Παράμετροι	Οριακές τιμές (mg/kg)
Κάδμιο	20 – 40
Χαλκός	1000 – 1750
Νικέλιο	300 – 400
Μόλυβδος	750 – 1200
Ψευδάργυρος	2500 – 4000
Υδράργυρος	16 – 25

(Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, 22 Μαρτίου 1991)

Πίνακας 4: Οριακές τιμές για τις ποσότητες βαρέων μετάλλων που μπορούν να εισάγονται ανά έτος στα καλλιεργημένα εδάφη

Παράμετροι	Οριακές τιμές (mg/εκτάριο/έτος)
Κάδμιο	0,15
Χαλκός	12
Νικέλιο	3
Μόλυβδος	15
Ψευδάργυρος	30
Υδράργυρος	0,1

(Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, 22 Μαρτίου 1991)

4.3 Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων

Όλα τα επόμενα αφορούν τους όρους και τις προϋποθέσεις για την ορθή και ασφαλή αξιοποίηση της ιλύος.

1. Κοινή Υπουργική Απόφαση 145116/2011: "Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις"

2. Εγκύκλιος 145447: Διευκρινίσεις σχετικά με την ορθή εφαρμογή της ΚΥΑ 45116/02-02-2011 (ΦΕΚ Β'354/2011) «Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις».
3. Εγκύκλιος 1589: Διευκρινίσεις σχετικά με την ορθή εφαρμογή της ΚΥΑ 45116/02-02-2011 (ΦΕΚ Β'354/2011) «Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις» μετά την έκδοση του Ν. 4014/2011 (ΦΕΚ 209/21-09-2011)
4. ΚΥΑ 191002/2013: Τροποποίηση της υπ'αριθ. 145116/2011 κοινής υπουργικής απόφασης "Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων (Β' 354)" και συναφείς διατάξεις

Κεφάλαιο 5

Μ.Ε.Λ. ΚΑΡΥΔΙΤΣΑΣ

5.1 Περιγραφή της εξυπηρετούμενης περιοχής

Ο δήμος Κοζάνης βρίσκεται σε ορεινή περιοχή. Το κλίμα του είναι το χαρακτηριστικό ηπειρώτικο με κρύους χειμώνες και ζεστά ξηρά καλοκαίρια. Είναι ανάμεσα στις οροσειρές των Πιερίων, του Μπούρινου και του Βερμίου. Το μέσο υψόμετρο ανέρχεται στα 720 m από την επιφάνεια της θάλασσας. Ο δήμος της Κοζάνης όπως συστάθηκε το 2011 απαρτίζεται από την πόλη της Κοζάνης και τα παρακάτω είκοσι ένα δημοτικά διαμερίσματα:

- Νέα Χαραυγή, 1.294 κατ.
- Οινόη, 475 κατ.
- Πτελέα, 319 κατ.
- Πετρανά, 1.012 κατ.
- Κοίλα-Νέα Καρδιά-Εξοχή-Μελίσσια, 1.437 κατ.
- Καρυδίτσα, 874 κατ.
- Άργιλος, 406 κατ.
- Πρωτοχώρι, 1.097 κατ.
- Νέο Κλείτος, 1.523 κατ.
- Λευκόβρυση, 1.076 κατ.
- Λευκοπηγή, 1.376 κατ.
- Βατερό, 1.108 κατ.
- Νέα Νικόπολη, 321 κατ.
- Λυγερή, 398 κατ.
- Καλαμιά, 407 κατ.
- Ανθότοπος, 398 κατ.
- Κηπάριο, 67 κατ.
- Αλωνάκια, 583 κατ.
- Σκήτη, 549 κατ.
- Ξηρολίμνη, 602 κατ.
- Μεταμόρφωση, 510 κατ.

Έτσι, ο καλλικρατικός δήμος Κοζάνης αποτελείται από συνολικά 21 δημοτικά διαμερίσματα. Η συνολική έκταση όλου του δήμου εκτείνεται σε πάνω από 343 km². Ο πληθυσμός ανέρχεται στους 75.388 κατοίκους σύμφωνα με την απογραφή του 2011. Πρωτεύουσα του νομού είναι η Κοζάνη, η οποία είναι και η μεγαλύτερη πόλη της Δυτικής Μακεδονίας.

5.2 Τοποθεσία της Μ.Ε.Λ. Καρυδίτσας

Η μονάδα επεξεργασίας λυμάτων τοποθετείται 1 km νότια του δημοτικού διαμερίσματος της Καρυδίτσας του νομού Κοζάνης κοντά στο ρέμα "Φτελιάς" και καταλαμβάνει έκταση 30 στρεμμάτων. Πέραν της έκτασης αυτής υπάρχει επιπλέον διαθέσιμος χώρος για κάλυψη μελλοντικών αναγκών (δυνατότητα επέκτασης του έργου – Β' φάση – κάλυψη 100.000 κατοίκων). Η μονάδα είναι χτισμένη σε οροπέδιο, οπότε δεν παρουσιάζει κάποια ιδιαίτερη κλίση. Το υψόμετρο είναι στα 550 m από το επίπεδο της θάλασσας. Το έδαφος είναι γεώδες - ημιβραχώδες και χαρακτηρίζεται από αραιή βλάστηση. Η πρόσβαση στη μονάδα είναι εύκολη καθώς υπάρχει δίκτυο πρόσβασης.

5.3 Σχεδιαστικές παράμετροι της Μ.Ε.Λ. Καρυδίτσας

Η κατασκευή της μονάδας έγινε το έτος 2000. Η λειτουργία της ξεκίνησε την ίδια χρονιά. Ο σχεδιασμός της έγινε με πλάνο την 20ετία και 40ετία για ισοδύναμο πληθυσμό 60.000 και 100.000 κατοίκους αντίστοιχα. Η μέση παροχή για την 20ετία τέθηκε στα 18.000 m³/d, ενώ της 40ετίας στα 25.000 m³/d. Το BOD 20ετίας τέθηκε στα 200mg/l και της 40ετίας στα 240 mg/l. Όσον αφορά τα αιωρούμενα στερεά 20 ετίας τέθηκαν στα 300 mg/l, και της 40ετίας στα 240 mg/l, το άζωτο 20ετίας στα 33mg/l, και της 40ετίας στα 40 mg/l και τέλος ο φωσφόρος 20ετίας στα 10mg/l και της 40ετίας στα 12 mg/l.

Η επιλεγμένη μέθοδος επεξεργασίας είναι αυτή της ενεργού ιλύος δια παρατεταμένου αερισμού με ταυτόχρονη σταθεροποίηση της λάσπης.

Τα επεξεργασμένα λύματα διατίθενται στο ρέμα Φτελιάς (Πλατάνια) που λειτουργεί ως ενδιάμεσος αποδέκτης και μετά από διαδρομή 11 km καταλήγουν στην τεχνητή λίμνη Πολυφύτου που είναι και ο τελικός αποδέκτης. Τα ανωτέρω ορίζονται στην Απόφαση του Νομάρχη Κοζάνης με την οποία εγκρίνεται η τοποθεσία κατασκευής της Μ.Ε.Λ. και ορίζεται η χρήση των υδάτων του ρέματος Φτελιάς μετά την επεξεργασία καθώς και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των επεξεργασμένων αποβλήτων (Αρ. Πρωτ. ΤΥ/4667 – 20/4/1994). Να σημειωθεί πως το ρέμα Φτελιάς δεν αποτελεί ευαίσθητο αποδέκτη, ενώ δεν είναι ευαίσθητος αποδέκτης και η λίμνη Πολυφύτου όπως και ο ποταμός Αλιάκμονας εν' γένει,

παρά μόνο ο παραπόταμος Γρεβενίτης του ποταμού Αλιάκμονα (ΦΕΚ 1811 Β/29-9- 1999, Τροποποίηση της ΚΥΑ 5673/400/1997).

5.4 Δίκτυα ακαθάρτων

Όλα τα λύματα που καταφθάνουν προς επεξεργασία στην ΜΕΛ Κοζάνης, έρχονται εκεί μέσω ενός δικτύου αγωγών. Οι οικισμοί που εξυπηρετεί είναι: ο οικισμός της πόλης της Κοζάνης, του Αργίλου, του Βατερού, της Λευκόβρυσης και της Καρυδίτσας.

- **Δίκτυο Κοζάνης**
Ο κεντρικός αγωγός της Κοζάνης διέρχεται κατά μήκος του οδικού δικτύου. Το μήκος του ξεπερνά τα 5.300 m. Το σχήμα του είναι ορθογώνιο και είναι κατασκευασμένος από σκυρόδεμα με διαστάσεις 2 x 2,15 m
- **Δίκτυο Αργίλου**
Είναι κυλινδρικός με Φ200 και μήκος πάνω από 6.500 m. Ο αγωγός αυτός τελικά συνδέεται με τον κεντρικό αγωγό της Κοζάνης.
- **Δίκτυο Βατερού**
Ο αγωγός του Βατερού συλλέγει τα λύματα του εν λόγω οικισμού και τα αποθέτει στον κεντρικό αγωγό του Αργίλου
- **Δίκτυο Λευκόβρυσης**
Αποτελείται από αγωγούς συνολικού μήκους περίπου 5.000 m οι οποίοι καλύπτουν τον οικισμό της Λευκόβρυσης καθώς και την περιοχή βόρεια της Λευκόβρυσης όπου εκεί εδρεύουν διάφορες επιχειρήσεις. Στο τέλος όλοι αυτοί συνδέονται με τον κεντρικό αγωγό Αργίλου.
- **Δίκτυο Καρυδίτσας**
Το δίκτυο αγωγών της Καρυδίτσας αποτελείται από δυο κυρίως αγωγούς. Ο ένας εξυπηρετεί το βόρειο τμήμα του οικισμού και τα διοχετεύει στον κεντρικό αγωγό της Κοζάνης. Το μήκος αυτού είναι 350 m. Τα λύματα του νοτίου τμήματος του οικισμού μέσω αγωγού 450 μέτρων οδηγούνται κατευθείαν στην μονάδα επεξεργασίας λυμάτων.

5.5 Περιγραφή της Μ.Ε.Λ

5.5.1 Διάγραμμα ροής

Ο σχεδιασμός της μονάδας προβλέπει δευτεροβάθμια επεξεργασία με απομάκρυνση αζώτου (νιτροποίηση - απονιτροποίηση), βιολογική αποφωσφόρωση, απολύμανση των επεξεργασμένων λυμάτων με υπεριώδη ακτινοβολία (UV) πριν την διάθεσή τους στο τελικό αποδέκτη, ενώ δεν προβλέπεται η συνεπεξεργασία βιομηχανικών αποβλήτων και βοθρολυμάτων.

Η Μ.Ε.Λ. περιλαμβάνει συνοπτικά τα ακόλουθα:

- Υπερχειλιστή εκτροπής
- Πιεζοθραυστικό Φρεάτιο Άφιξης
- Εσχάρωση
- Μέτρηση Παροχής Εισροής
- Εξάμμωση – Λιποσυλλογή
- Ρυθμιστή Παροχής Υδροηλεκτρικού Έργου
- Υδροηλεκτρικό Έργο – Λεκάνη Καταστροφής Ενέργειας
- Αναερόβια Δεξαμενή Αποφωσφόρωσης
- Χημική Αποφωσφόρωση
- Φρεάτιο Διανομής Νο 1 (προς τον αερισμό)
- Βιολογικές Δεξαμενές (Αερισμού – Ανοξικές)
- Φρεάτιο Διανομής Νο 2 (προς την καθίζηση)
- Δεξαμενές Καθίζησης
- Αντλιοστάσιο Ανακυκλοφορίας Λάσπης
- Αντλιοστάσιο Ανακυκλοφορίας Ανάμικτου Υγρού
- Μέτρηση Παροχής Εκροής
- Ταχυδιυλιστήρια
- Απολύμανση με UV
- Φρεάτιο Φόρτισης Αγωγού Εκβολής Έργο Διάθεσης
- Δεξαμενή Βιομηχανικού Νερού

Για την επεξεργασία της ιλύος έχουν προβλεφθεί τα ακόλουθα:

- Αντλιοστάσιο Περίσσειας Λάσπης
- Δεξαμενή Ομογενοποίησης Λάσπης
- Μηχανική Πάχυνση
- Μηχανική Αφυδάτωση Λάσπης

Τέλος υπάρχουν οι ακόλουθες βοηθητικές κατασκευές:

- Κτίριο Προεπεξεργασίας

- Κτίριο Υδροηλεκτρικού
- Κτίριο Πάχυνσης & Αφυδάτωσης Λάσπης
- Κτίριο Διοίκησης
- Υποσταθμός Ρεύματος
- Αντλιοστάσιο Στραγγιδίων
- Φρεατίου Αφρού
- Δίκτυα Σωληνώσεων
- Γενικά Έργα Υποδομής

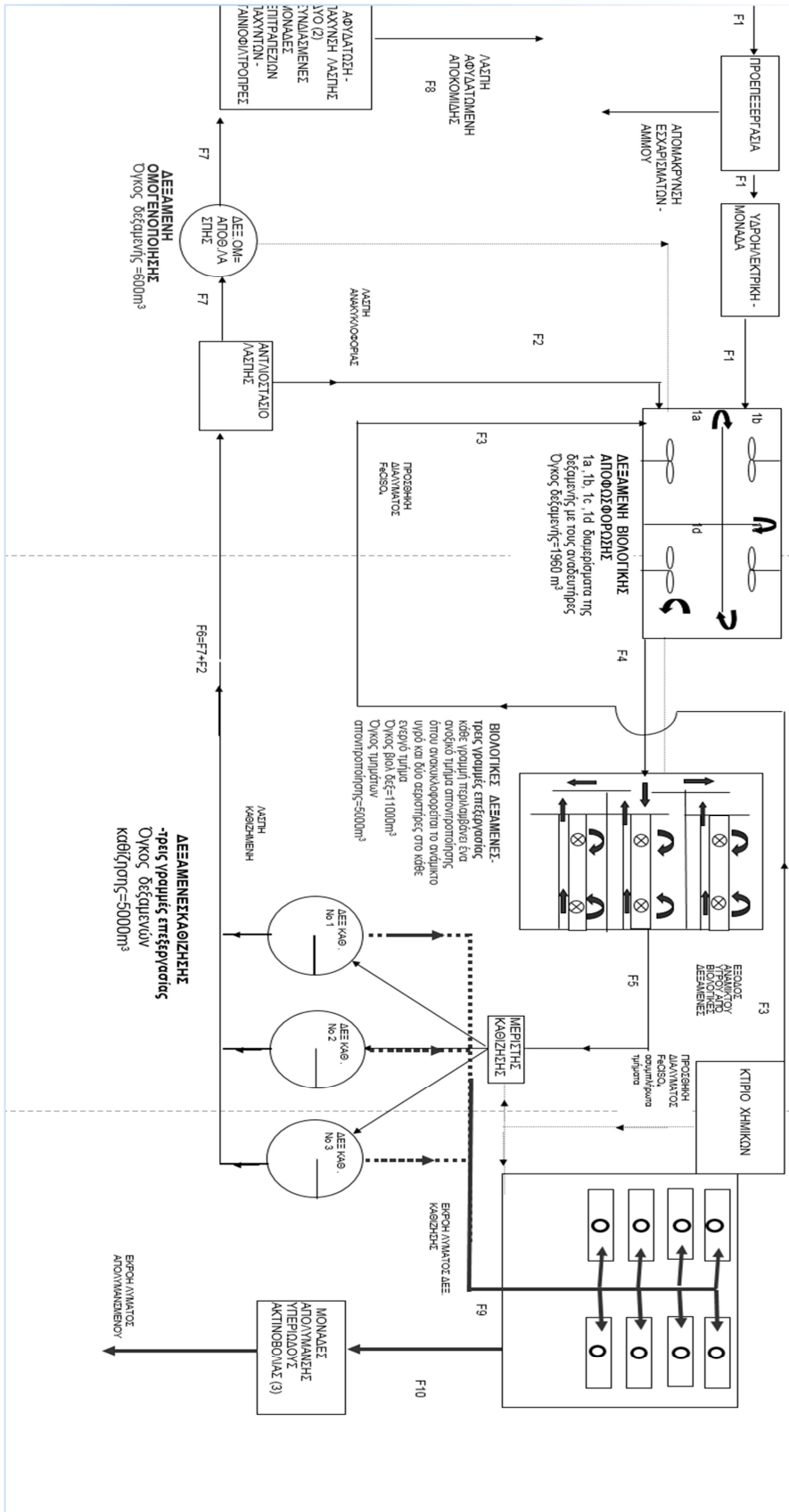
Αναλυτικά, τα υγρά απόβλητα (λύματα και όμβρια) φθάνουν στην μονάδα μέσω του κεντρικού αποχετευτικού αγωγού της Κοζάνης που είναι από σκυρόδεμα ορθογώνιας διατομής, διαστάσεων 2,0 x 2,15 m² και μέγιστης παροχέτευσης περίπου 18.000 l/sec για τις υπ' όψιν κλήσεις. Πριν από τα έργα εισόδου, που βρίσκονται σε υψηλό σημείο, έχει κατασκευαστεί διώρυγα εκτροπής η οποία επιτρέπει την διέλευση μόνο 600 l/sec προς την εγκατάσταση, ενώ τα πλεονάζοντα υγρά υπερχειλίζουν προς τον αποδέκτη. Μετά το φρεάτιο άφιξης τα λύματα περνάνε από το στάδιο της εσχάρωσης με φυσική ροή. Σε περίπτωση βλάβης και έμφραξης των αυτομάτων εσχάρων τα λύματα υπερχειλίζουν αυτόματα στο κανάλι της απλής εσχάρας. Τα εσχαρίσματα συλλέγονται με κοχλία και από εκεί εκκενώνονται σε δοχεία αποθήκευσης προς αποκομιδή. Στο στάδιο αυτό απομακρύνονται στερεά υλικά άνω των 0,2 mm όπως πετραδάκια, σκουπίδια, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν ζημιές στα μηχανήματα των επόμενων σταδίων της επεξεργασίας. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω δυο αυτόματων εσχάρων (με άνοιγμα 20 mm) και έπειτα από ένα ζεύγος εξαμμητών αεριζόμενου τύπου. Ο κάθε εξαμμητής απομονώνεται με συρτοθυρίδα. Ο χρόνος παραμονής των λυμάτων και ο αερισμός είναι ρυθμισμένα έτσι ώστε η ταχύτητα στροβιλισμού των υγρών μέσα στον εξαμμητή να μην υπερβαίνει τα 0,3 m/sec, ταχύτητα κατά την οποία καθιζάνουν άμμος, χαλίκια και άλλα ανόργανα στερεά άνω των 0,2 mm, ενώ παραμένουν σε αιώρηση τα ελαφρότερα οργανικά στερεά. Η άμμος που συγκεντρώνεται σε εκβάθυνση του πυθμένα, σαρώνεται από κινητή γέφυρα και απομακρύνεται με αντλία άμμου που τροφοδοτεί αυτόματο σύστημα διαχωρισμού της άμμου (κοχλιομεταφορέα) ο οποίος είναι κοινός για τις δύο γραμμές εξάμμωσης. Η διαχωριζόμενη άμμος αποθηκεύεται σε δοχεία αποθήκευσης προς αποκομιδή. Παράλληλα σε κάθε εξαμμητή έχει δημιουργηθεί κανάλι ηρεμίας της ροής για την επίπλευση των λιπών, τα οποία συλλέγονται με την βοήθεια του επιφανειακού ξέστρου της κινητής γέφυρας και αποθηκεύονται σε φρεάτιο προς αποκομιδή. Μετά την εξάμμωση-λιποσυλλογή τα λύματα υπερχειλίζουν σε φρεάτιο εξόδου. Οι εγκαταστάσεις αυτές είναι κατασκευασμένες ψηλότερα (περίπου 40m) από την υπόλοιπη μονάδα και διαθέτουν ανεξάρτητη οδική πρόσβαση.

Στην συνέχεια το σύνολο της ροής οδηγείται σε μια υδροηλεκτρική μονάδα για ανάκτηση ενέργειας, με ελάχιστη παροχή 250 lt/s και έπειτα από εκεί καταλήγει σε μια δεξαμενή βιολογικής αποφωσφόρωσης. Η εν λόγω δεξαμενή αποτελείται από τέσσερα διαμερίσματα με συνολικό όγκο = 1.960 m³. Υπάρχει επίσης εγκατάσταση για χημική αφαίρεση του P με προσθήκη κροκιδωτικού μέσω δοσομετρικών αντλιών.

Στο επόμενο στάδιο τα λύματα οδηγούνται σε βιολογικές δεξαμενές ανοξικές και αερισμού. Αυτές αποτελούνται από τρεις γραμμές επεξεργασίας όπου η κάθε γραμμή αποτελείται από το τμήμα απονιτροποίησης όγκου 5.000 m³ και από δύο ανεμιστήρες.

Έπειτα η ροή χωρίζεται σε τρεις δεξαμενές καθίζησης όπου εκεί μέσω της διαδικασίας της καθίζησης διαχωρίζονται τα υγρά από τα στερεά. από εκεί μέρος της καθιζάμενης λάσπης μεταφέρεται και επανατροφοδοτείται στην δεξαμενή βιολογικής αποφωσφορώσης, ενώ η υπόλοιπη λάσπη στην δεξαμενή ομογενοποίησης και από εκεί σε εγκαταστάσεις ταινιοφιλτρόπρεσων και επιτραπέζιων παχυντών για την αφυδάτωση και μετέπειτα την πάχυνσή της. Το υπόλοιπο υγρό περνάει από την εγκατάσταση των αμμόφιλτρων. Από εκεί μέρος του ανατροφοδοτείται στα αμμόφιλτρα καθώς και πίσω στην εγκατάσταση της αφυδάτωσης.

Το υπόλοιπο οδηγείται προς το στάδιο της απολύμανσης με χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας. Από εκεί προκύπτει το καθαρό απολυμασμένο νερό το οποίο είναι έτοιμο για διάθεση. Για την καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας και των αλληλοσυσχετίσεων της μονάδας, παρουσιάζεται παρακάτω το συνολικό διάγραμμα ροής του βιολογικού καθαρισμού Καρυδίτσας (Σχήμα 18), ενώ φωτογραφίες της Μ.Ε.Λ. παρουσιάζονται στα Σχήματα 19 – 21.



Σχήμα 17: Διάγραμμα ροής της Μ.Ε.Λ. Καρυδίτσας



Σχήμα 18: Άποψη της ΜΕΛ Κοζάνης.

(Πηγή: <http://www.ekkentros.com.gr>)



Σχήμα 19: Άλλη άποψη της ΜΕΛ Κοζάνης.

(Πηγή: <http://www.ekkentros.com.gr>)



Σχήμα 20: Γενική άποψη της ΜΕΛ Κοζάνης.

(Πηγή: <http://www.ekkentros.com.gr>)

5.5.2 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά λυμάτων και ιλύος

Με βάση τα στοιχεία που συλλέχθηκαν από την Μ.Ε.Λ. Καρυδίτσας για το έτος 2017, τα λύματα καταφθάνουν στην μονάδα της Καρυδίτσας με ρυθμό 12.240 m³/d. Αυτά πριν υποστούν οποιαδήποτε επεξεργασία έχουν τα χαρακτηριστικά που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 5: Μέσος όρος στοιχείων εισόδου λυμάτων για το έτος 2017

Μετρήσεις εισόδου (mg/l)				
BOD5	COD	TSS	Tot-N	Tot-P
126	170,2	102	34,4	2,9

Όπου τα επιμέρους στοιχεία των μετρήσεων είναι τα εξής:

- **BOD5**: Είναι το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand). Δηλαδή είναι η πλήρης ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται από τους μικροοργανισμούς προκειμένου να επιτευχθεί πλήρης βιοχημική οξείδωση.
- **COD**: Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο. Δηλαδή είναι η συνολική ποσότητα όλου του απαραίτητου οξυγόνου η οποία απαιτείται για την ολική χημική οξείδωση των οργανικών συστατικών μίας ουσίας.
- **TSS**: Είναι τα ολικά αιωρούμενα στερεά (Total suspended solids). Είναι το σύνολο της μάζας των σωματιδίων που είναι πολύ μικρά για να καθιζάνουν μέσα στο νερό και έτσι επιπλέουν (αιωρούνται).
- **Tot-N**: Το συνολικό άζωτο που περιέχεται μέσα στα λύματα.
- **Tot-P**: Ο συνολικός φώσφορος που περιέχεται μέσα στα λύματα.

ενώ στην έξοδο παρατηρούμε μεγάλη πτώση σε όλες τις τιμές, κάτι που είναι πολύ λογικό αφού τα λύματα έχουν περάσει από όλα τα επιμέρους στάδια της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων. Έτσι τα αποτελέσματα που παίρνουμε από τις μετρήσεις μετά το πέρας όλων των διεργασιών παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 6: Μέσος όρος στοιχείων εξόδου για το έτος 2017

Μετρήσεις εξόδου (mg/l)				
BOD5	COD	TSS	Tot-N	Tot-P
8,5	16,5	4,4	7,1	1,1

Η ιλύς που παράγεται προέρχεται από την δευτεροβάθμια επεξεργασία της μονάδας. Η ιλύς της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας αναμιγνύεται ένα μίγμα ιλύος που το ονομάζουμε ομογενοποιημένη ιλύ. Τα χαρακτηριστικά αυτής της παραγόμενης ομογενοποιημένης ιλύος της συγκεκριμένης μονάδας παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 7:

Πίνακας 7: Στοιχεία παραγόμενης υλύος για το έτος 2017

Μετρήσεις			
VSS (Πτητικά στερεά) (mg/l)	TS (Ολικά στερεά) (mg/l)	TS Πάχυνσης (Ολικά στερεά μετά την πάχυνση) (% κ/β)	TS Αφυδάτωσης (Ολικά στερεά μετά την αφυδάτωση) (% κ/β)
13.588,2	16.798,9	5,0	13,6

5.6 Διάθεση του καθαρού τελικού νερού

Το καθαρό νερό που προκύπτει μετά το τέλος όλων των διεργασιών μπορεί να διατεθεί χωρίς κανέναν φόβο στην φύση. Όπως είδαμε και προηγουμένως, οι τιμές του BOD₅, COD, TSS, Tot-N, Tot-P, έχουν μειωθεί κατά πολύ σε σημείο που είναι ακίνδυνες για τα φυτά ή τα ζώα. Έτσι το καθαρό νερό που προκύπτει από την μονάδα επεξεργασίας της Καρυδίτσας καταλήγει μέσω ενός αγωγού στο γειτονικό ρέμα της Φτελιάς. Από εκεί και αφού διανύσει μια απόσταση 11 χιλιομέτρων εκβάλλει στην τεχνητή λίμνη Πολυφύτου, η οποία αποτελεί και τον τελικό αποδέκτη. Τόσο η τεχνητή λίμνη Πολυφύτου, η οποία καλύπτει μια επιφάνεια της τάξης των 74 km² και χαρακτηρίζεται από ταχεία ανανέωση του νερού της, όσο και το ρέμα της Φτελιάς, δεν αποτελούν ευαίσθητα οικοσυστήματα. Εξαιτίας αυτών των χαρακτηριστικών τους διατηρούν συνεχώς μία μεσοτροφική κατάσταση. Έτσι δεν υπάρχει κάποιος κίνδυνος υπερτροφισμού ή φόβος αλλοίωσης της χλωρίδας ή της πανίδας τους, από την εναπόθεση σε αυτά των επεξεργασμένων λυμάτων.

Κεφάλαιο 6

ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΙΛΥΟΣ ΤΗΣ Μ.Ε.Λ. ΚΑΡΥΔΙΤΣΑΣ

Όπως είδαμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο η Μ.Ε.Λ Καρυδίτσας δεν διαθέτει κάποιο μηχανισμό ή σύστημα για την αξιοποίηση της παραγόμενης ιλύος. Η προσωρινή λύση που εφαρμόζεται είναι η απομάκρυνση της ιλύος που παράγεται μέσω φορτηγών έναντι του ποσού των 35 €/τόνο ιλύος. Από τα στοιχεία που έχουμε, μπορούμε να δούμε ότι κάθε χρόνο παράγονται από την μονάδα 75.051,9 kg ιλύος, που σημαίνει ότι για την απομάκρυνση της χρειάζονται 2.626,8 € το χρόνο. Αυτό δεν αποτελεί λύση του προβλήματος.

6.1 Τεχνολογίες επεξεργασίας ιλύος

Η ενεργειακή αξιοποίηση της ιλύος αποτελεί για πολλά χρόνια ένα πρόβλημα για τις διάφορες μονάδες επεξεργασίας λυμάτων. Γι' αυτό το λόγο έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι ανάλογα με την τοποθεσία, τους πόρους, το περιβάλλον, την ποιότητα και την ποσότητα της παραγόμενης ιλύος της εκάστοτε μονάδας. Με βάση τα στοιχεία της Μ.Ε.Λ. Καρυδίτσας καλούμαστε να διερευνήσουμε, να επιλέξουμε και να αναπτύξουμε την καταλληλότερη μέθοδο.

6.1.1 Καύση

Ο βασικός στόχος της μεθόδου αυτής είναι η καύση της ιλύος για την παραγωγή θερμικής ενέργειας και για την ελάττωση του όγκου της ούτως ώστε να απαιτούνται πολύ μικρότερα χρηματικά ποσά για την μεταφορά και την απομάκρυνση της. Αυτό γίνεται με την εισαγωγή της ιλύος σε ειδικούς κλίβανους. Βασική προϋπόθεση για να μπορεί να καεί η ιλύς είναι ότι αυτή θα πρέπει να έχει πάρα πολύ μικρό ποσοστό υγρασίας της τάξης του (10%). Για να επιτευχθούν τέτοια ποσοστά υγρασίας πρόσθετες τεχνολογίες ξήρανσης και αφυδάτωσης. Δηλαδή πολύ μεγαλύτερο κόστος αρχικής επένδυσης και λειτουργίας. Το μεγάλο αρνητικό όμως αυτής της μεθόδου, είναι τα απαέρια που απελευθερώνονται ως τα παραπροϊόντα της καύσης τα οποία υπερβαίνουν τα όρια που έχουν θεσπιστεί από την νομοθεσία. Συγκεκριμένα:

- ΚΥΑ 82805/2224 Νομοθεσία που θεσπίστηκε κατά το έτος 1993 και αφορά την προστασία από την ατμοσφαιρική ρύπανση κατά την καύση της ιλύος.
- (ΦΕΚ 160/Α/16-10-86) Σχετικά με την δημιουργία μηχανισμών για την προστασία του περιβάλλοντος.

Τέλος εάν αναλογιστούμε όλα τα παραπάνω διαπιστώνουμε εύκολα ότι, η δημιουργία μιας τέτοιας εγκατάστασης θα έχει πάρα πολύ υψηλό κόστος κατασκευής πράγμα που την καθιστά ασύμφορη προς μελέτη.

6.1.2 Διάθεση για αποκατάσταση εδαφών

Εδώ η ιλύς θα πρέπει να ξηρανθεί, και έπειτα να μεταφερθεί στους χώρους που έχουν ανάγκη για αποκατάσταση. Η ξήρανση της ιλύος μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους, παρόλα αυτά οποιονδήποτε τρόπο και αν επιλέξουμε, απαιτούνται να δαπανούνται τεράστια ποσά ενέργειας τόσο καθημερινά, όσο και για την αρχική επένδυση τα οποία σε συνδυασμό με την μη – συνεχή ζήτηση για το τελικό προϊόν (ξηραμένη ιλύ για αποκατάσταση εδαφών), καθιστούν αυτήν την μέθοδο αβέβαιη και οικονομικά ασύμφορη.

6.1.3 Αεριοποίηση

Αποτελεί μια αερόβια βιολογική διεργασία. Η μέθοδος της αεριοποίησης έχει πολλές εφαρμογές όσο αφορά την βιομάζα, η οποία έχει μικρό ποσοστό υγρασίας. Η εφαρμογή της στην ιλύ προαπαιτεί την ξήρανσή της σε επίπεδο 10% περιεκτικότητα σε νερό, διαδικασία η οποία απαιτεί τεράστια ποσά ενέργειας και ειδικά για εγκαταστάσεις μικρής δυναμικότητας την καθιστά οικονομικά ασύμφορη. Έπειτα ακολουθεί η διαδικασία της αεριοποίησης η οποία απαιτεί και αυτήν με την σειρά της τεράστια ποσά ενέργειας, αφού θα πρέπει να κρατάει σταθερές συνθήκες λειτουργίας σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Τέλος η μελέτη της για εφαρμογές στην ιλύ είναι ακόμη σε πρώιμο στάδιο (Stassen, 1995).

6.1.4 Αναερόβια χώνευση ιλύος

Μία πολλά υποσχόμενη μέθοδο αξιοποίησης της ιλύος αποτελεί η αναερόβια χώνευση. Με την εφαρμογή αυτής της μεθόδου μπορούμε αδιαμφισβήτητα να χρησιμοποιήσουμε ποικιλοτρόπως τα προϊόντα που παράγονται ώστε να βγάλουμε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο

κέρδος. Η αρχή λειτουργίας της είναι η εισαγωγή της ιλύος σε ελεγχόμενες αναερόβιες συνθήκες με σκοπό την παραγωγή βιοαερίου καθώς και την εξαγωγή μιας σταθεροποιημένης ιλύος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην γεωργία. Τα θετικά της είναι ότι δεν απαιτεί ξήρανση της ιλύος για να λειτουργήσει, αλλά ούτε και τεράστια ποσά ενέργειας για την διατήρηση σταθερών εσωτερικών συνθηκών για την λειτουργία της. Βέβαια το κόστος αρχικής επένδυσης της μπορεί να είναι κάποιες φορές υψηλό, αλλά αφού τα έξοδα λειτουργίας είναι αρκετά χαμηλά, μπορεί να γίνει πλήρης και γρήγορη οικονομική απόσβεση από την μονάδα.

6.1.5 Ξήρανση

Η ξήρανση της ιλύος μπορεί να γίνει είτε με φυσικές, είτε με τεχνητές μεθόδους. Όποια μέθοδο και αν ακολουθήσουμε το αποτέλεσμα είναι η απομάκρυνση μεγάλου ποσοστού του νερού που περιέχεται στην ιλύ (σε ποσοστό της τάξης έως και 10%). Έτσι καταλήγουμε με ένα τελικό προϊόν αφυδατωμένο, που καταλαμβάνει μικρότερο όγκο, το οποίο καθιστά την μεταφορά του οικονομικότερη και ευκολότερη. Η ξηραμένη ιλύς εκτός από ότι είναι ευκολότερη στην μεταφορά, συνήθως χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλες εφαρμογές. Όπως εφαρμογές για την καύση της ή εφαρμογές όπως η αεριοποίηση.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά οι προαναφερθείσες μέθοδοι, το τελικό αποτέλεσμα που επιτυγχάνουν καθώς και τα θετικά και αρνητικά τους στοιχεία.

Πίνακας 8: Χαρακτηριστικά μεθόδων διαχείρισης ιλύος

	ΜΕΘΟΔΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΕΛΙΚΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΘΕΤΙΚΑ	ΑΡΝΗΤΙΚΑ
1	ΔΙΑΘΕΣΗ ΓΙΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΔΑΦΩΝ	Εναπόθεση σε εδάφη	Αποκατάσταση μορφολογίας συγκεκριμένων περιοχών	Βελτίωση της μορφολογίας εδαφών που το έχουν ανάγκη	Προαπαιτεί ξήρανση της ιλύος. Είναι αβέβαιη ως προς την ζήτηση, Οικονομικά ασύμφορη
2	ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ	Μετατροπή των στερεών της ιλύος σε αέριο καύσιμο	Παραγωγή υδρογόνου και μονοξειδίου του άνθρακα	Παραγωγή θερμότητας και ελάττωση του τελικού όγκου προς απομάκρυνση	Προαπαιτεί ξήρανση της ιλύος και μεγάλο αρχικό κόστος την κάνει οικονομικά ασύμφορη
3	ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ ΙΛΥΟΣ	Παραγωγή βιοαερίου σε αναερόβιες συνθήκες	Παραγωγή μεθανίου και παραγωγή λιπάσματος	Οικονομικά οφέλη από την καύση του μεθανίου και την πώληση του λιπάσματος	Πολυπλοκότητα και σχετικά μεγάλο αρχικό κόστος κατασκευής
4	ΚΑΥΣΗ	Αποτέφρωση	Παραγωγή τέφρας και απαερίων	Ελάχιστος όγκος τέφρας προς απομάκρυνση	Παραγωγή απαερίων, βλαβερών για το περιβάλλον
5	ΞΗΡΑΝΣΗ	Απομάκρυνση νερού	Αφυδατωμένη ιλύς	Μικρότερος όγκος ιλύος προς απομάκρυνση	Υψηλό κόστος κατασκευής, για να την εκμεταλλευτούμε ενεργειακά απαιτούνται επιπλέον τεχνολογίες
6	ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΛΥΣΗ	Καμία ενέργεια	Απομάκρυνση της ιλύος έναντι 35 €/τόνο	Κανένα	Οικονομικά ασύμφορη

6.2 Παραγωγή ιλύος στην Ελλάδα

Με βάση τα στοιχεία του 2011, τα οποία συλλέχθηκαν και παρουσιάστηκαν στην ημερίδα «Σχεδιασμός – Υλοποίηση και Διαχείριση έργων και εγκαταστάσεων των Δ.Ε.Υ.Α. στις νέες συνθήκες – προβλήματα και προοπτικές», που πραγματοποιήθηκε στην Λάρισα στις 5/6/2015, στην Ελλάδα λειτουργούν 260 Μ.Ε.Λ. που εξυπηρετούν συνολικά 9.643.701 κατοίκους ή 89% του πληθυσμού.

Στους Πίνακες 9 και 10 παρουσιάζονται οι μέθοδοι που ακολουθούν οι διάφορες μονάδες στον Ελλαδικό χώρο για την σταθεροποίηση και την διάθεση της ιλύος, αντίστοιχα.

Πίνακας 9: Μέθοδοι σταθεροποίησης της ιλύος στην Ελλάδα

ΜΕΘΟΔΟΣ	Μ.Ε.Λ.
Αναερόβια χώνευση	15
Αερόβια σταθεροποίηση	229
Φυσικά συστήματα	16

(Πηγή: Ημερίδα «Σχεδιασμός – Υλοποίηση και Διαχείριση έργων και εγκαταστάσεων των Δ.Ε.Υ.Α. στις νέες συνθήκες – προβλήματα και προοπτικές» (2015))

Πίνακας 10: Μέθοδοι διάθεσης ιλύος στην Ελλάδα

Μέθοδος διάθεσης ιλύος	Εφαρμογή	Πλήθος Μ.Ε.Λ	Ποσοστό επί του συνόλου των Μ.Ε.Λ.(%)
Εναπόθεση στο έδαφος	Χ.Υ.Τ.Α	140	53,84%
Επεξεργασία σε χερσαίο χώρο	Αποκατάσταση εδαφών	10	3,84%
Αποθήκευση	Εντός ή εκτός των Μ.Ε.Λ	43	16,53%
Χρήση ως καύσιμο	Ενεργειακή αξιοποίηση	5	1,92%
Ανάκτηση οργανικών ουσιών	Γεωργική εφαρμογή (εδαφοβελτιωτικό)	9	3,46%
Επεξεργασία σε χερσαίο χώρο προς όφελος της γεωργίας	Γεωργική εφαρμογή (άμεσα)	15	5,76%
Απροσδιόριστη διαχείριση		38	14,61%
Σύνολο		260	100%

(Πηγή: Ημερίδα «Σχεδιασμός – Υλοποίηση και Διαχείριση έργων και εγκαταστάσεων των Δ.Ε.Υ.Α. στις νέες συνθήκες – προβλήματα και προοπτικές» (2015))

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία, είναι εύκολο να διαπιστωθεί ότι πάνω από το 68% των μονάδων επεξεργασίας λυμάτων δεν αξιοποιούν ουσιαστικά την ιλύ που παράγουν, πόσο μάλλον ενεργειακά. Πρέπει λοιπόν σε κάθε μία από αυτές να γίνουν οι απαραίτητες μελέτες και ενέργειες που θα δώσουν λύση σε αυτό το πρόβλημα, προσφέροντας οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη σε κάθε μία από αυτές.

6.3 Η παρούσα μελέτη

Συγκεκριμένα το σχέδιο της συγκεκριμένης μελέτης έχει ως εξής: Αρχικά η μικτή ιλύς θα εισέρχεται στον αναερόβιο χωνευτή, όπου θα παραμένει εκεί για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Από εκεί το βιοαέριο που θα παράγεται θα οδηγείται σε μια δεξαμενή συλλογής αερίου και από εκεί θα τροφοδοτείται σε μια μηχανή εσωτερικής καύσης συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Από την Μ.Ε.Κ. θα παράγεται ηλεκτρική ενέργεια η οποία θα καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες της μονάδας αναερόβιας χώνευσης και η υπόλοιπη θα πωλείται. Επίσης θα παράγεται και θερμική ενέργεια όπου το ένα μέρος της θα ανατροφοδοτείται στην δεξαμενή αναερόβιας χώνευσης για την διατήρηση συγκεκριμένης θερμοκρασίας και το υπόλοιπο μέρος θα αξιοποιείται για τις θερμικές ανάγκες των κτηρίων. Τέλος το υπόλειμμα της ιλύος που θα απομακρύνεται από τον αναερόβιο χωνευτή, θα αποτελεί ένα σταθεροποιημένο μίγμα το οποίο μπορεί να πωληθεί ως λίπασμα.

6.4 Υπολογιστική μελέτη

6.4.1 Παραγωγή και σύσταση βιοαερίου

Από τα στοιχεία που συλλέχθηκαν στις 22/5/18 από την επίσκεψή μας στην Μ.Ε.Λ. Καρυδίτσας, όσον αφορά την ετήσια παροχή, τα ολικά στερεά ανά έτος καθώς και τα στοιχεία εισόδου – εξόδου λυμάτων, καθώς και της λυματολάσσης και όπως παρουσιάστηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, η μικτή ιλύς της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας της Μ.Ε.Λ. Καρυδίτσας έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

Είσοδος:

- Ολικά στερεά: 16.798,9 mg/l
- Ετήσια παροχή: 4.467.668,438 l/έτος
- Ολικά στερεά για ένα έτος: 75.051,9 kg/έτος

Σύσταση:

- Ποσοστό ολικών στερεών: 1,679 %
- Ποσοστό του νερού της ετήσιας παροχής: 98,321 %
- Συνολικό ετήσιο νερό: 4.392.656,28 l/έτος
- Ποσοστό των αιωρούμενων στερεών: 1,358 %
- Τα αιωρούμενα στερεά αποτελούν το 80,88 % των ολικών στερεών ή 60.701,9 kg

Το υπόλοιπο 19,12 %, αποτελείται από τέφρα (ανόργανο τμήμα) και από ενεργό άνθρακα (οργανικό τμήμα).

- Τέφρα: 5 %
- Ενεργός άνθρακας: 14,12 %

Το ποσοστό του σταθερού άνθρακα και το ποσοστό των αιωρούμενων στερεών, αποτελούν το ποσοστό του οργανικού τμήματος που περιέχεται στα ολικά στερεά. Έτσι το ποσοστό του οργανικού τμήματος είναι 95 %.

Χημική σύσταση του οργανικού τμήματος των στερεών (95 %):

Από το σύνολο των στερεών που περιέχονται στην ιλύ το 95% αποτελούν το οργανικό τμήμα, το οποίο με την σειρά του αποτελείται από τα παρακάτω επιμέρους στοιχεία:

- Άνθρακας (C): 48,45 %
- Οξυγόνο (O): 33,25 %
- Υδρογόνο (Y): 6,55 %
- Άζωτο (N): 6,74 %

Η διάταξη μετατρέπει τα ολικά στερεά σε ποσοστό της τάξης του 50 %, δηλαδή τα 37.525,9 kg (Metcalf & Eddy, Inc., 2006).

Στη συνέχεια υπολογίζεται ο χρόνος που θεωρητικά θα χρειαστεί να παραμείνει η ιλύς στον αναερόβιο χωνευτή, ούτος ώστε να προλάβει να χωνευτεί πλήρως και να παραχθεί βιοαέριο. Έτσι έχουμε:

➤ Υπολογισμός του υδραυλικού χρόνου παραμονής (HTP) της ιλύος στην δεξαμενή αναερόβιας χώνευσης για μεσόφιλη διεργασία από την σχέση:

$\% \text{μετατροπή VSS} = 17,9 \cdot \ln(\text{HTP})$ (Metcalf & Eddy, Inc, 2006)

Βάσει των παραπάνω, το ποσοστό μετατροπής VSS, υπολογίζεται ίσο με 61,82 %.

Αντικαθιστούμε στην εξίσωση: $61,82 = 17,9 \cdot \ln(\text{HTP}) - 3,9$

Προκύπτει έτσι το $HTP=25,27$ ημέρες.

Δηλαδή για να υπάρξει η επιθυμητή μετατροπή η ιλύς με το που εισέλθει στην δεξαμενή θα πρέπει να παραμείνει εκεί για σχεδόν 26 ημέρες και μετά να γίνει η εξαγωγή της.

➤ **Στοιχεία αναερόβιου χωνευτή:**

Τα ολικά στερεά που τροφοδοτούνται στον χωνευτή κατά την διάρκεια μίας ολόκληρης ημέρας είναι: 205,62 kg/ημέρα

Από τα στοιχεία που συλλέξαμε από την μονάδα, τα ολικά στερεά αποτελούν το 5% κ/β της τροφοδοσίας.

Άρα καθημερινά η συνολική παροχή μάζας στον χωνευτή είναι: 4,1124 kg/ημέρα

Η πυκνότητα της ιλύος για υγρασία μεγαλύτερη από 70% είναι: $\rho_{\text{ιλύος}} = 1 \text{ kg/l}$ (Ζαφειράκου, 2014)

Οπότε καθημερινά εισέρχονται 4,11 m³ στον αναερόβιο χωνευτή.

Ο όγκος της υγρής φάσης της δεξαμενής υπολογίζεται ως εξής:

$$V_{\text{υγρής φάσης}} = Q \cdot HTP = 4,11 \cdot 25,27 = 103,92 \text{ m}^3$$

Ο συνολικός όγκος του χωνευτή για λόγους ασφαλείας, θα πρέπει να είναι κατά $\frac{3}{4}$ μεγαλύτερος από τον όγκο της υγρής φάσης (Metcalf & Eddy, Inc, 2006), δηλαδή ίσος με:

$$V_{\text{χωνευτή}} = 138,56 \text{ m}^3$$

Για την υλοποίηση δηλαδή αυτής της μονάδας απαιτείται να κατασκευαστεί μία δεξαμενή αναερόβιας χώνευσης συνολικού όγκου 138,56m³.

➤ **Υπολογισμός παραγόμενης ποσότητας βιοαερίου:**

Η σύσταση των πτητικών

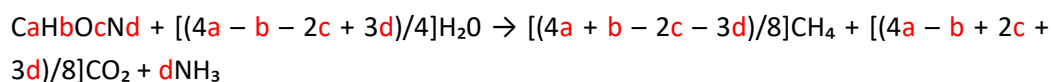
- Άνθρακας (C) = 51% - 14,12% (ενεργού άνθρακα) - 5% (τέφρα) = 31,88% στο 80,88% των πτητικών ή 39,41% στο 100% των πτητικών.
- Οξυγόνο (O) = 35% στο 80,88% των πτητικών ή 43,27% στο 100% των πτητικών.
- Υδρογόνο (Y) = 6,9% στο 80,88% των πτητικών ή 8,5% στο 100% των πτητικών.
- Άζωτο (N) = 7,1% στο 80,88% των πτητικών ή 8,77% στο 100% των πτητικών.

Σε 1kg πτητικών στερεών:

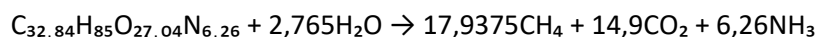
- C = 394,1 gr ή = 32,84 moles = **a**
- O = 432,7 gr ή = 27,04 moles = **c**

- $H = 85 \text{ gr ή} = 85 \text{ moles} = b$
- $N = 87,7 \text{ gr ή} = 6,26 \text{ moles} = d$

Σύμφωνα με την εξίσωση που διατύπωσε ο Buswell και ο Mueller το 1952, η γενική αντίδραση που περιγράφει την αναερόβια χώνευση είναι:



Με αντικατάστασή:



Από το ισοζύγιο της αντίδρασης καταλαβαίνουμε ότι για 1 kg πτητικών στερεών το βιοαέριο που παράγεται έχει σύσταση:

- $CH_4 = 17,935 \text{ moles} \rightarrow 401,63 \text{ lit.}$
- $CO_2 = 14,9 \text{ moles} \rightarrow 333,68 \text{ lit.}$
- $NH_3 = 6,26 \text{ moles} \rightarrow 140,22 \text{ lit.}$

Σύνολο = 39,09 moles \rightarrow 875,53 lit.

Αυτό σημαίνει ότι για κάθε 1 kg πτητικών στερεών που αντιδρούν στον αναερόβιο χωνευτή, παίρνουμε: 39,09 moles ή 875,53 lt βιοαερίου

Έτσι, κατά την διάρκεια ενός χρόνου αντιδρούν όπως υπολογίστηκε προηγουμένως 37.525,9 kg, που σημαίνει ότι παίρνουμε κάθε έτος 32.855.051,23 lt βιοαερίου.

Στα 875,53lt βιοαερίου που παράγονται κατά την αντίδραση ενός κιλού υλός, τα 401,63lt είναι το μεθάνιο. Έτσι το ποσοστό του μεθανίου που περιέχεται στο παραγόμενο βιοαέριο υπολογίζεται ίσο με: 45,87 %

Κατά την διάρκεια ενός έτους παράγονται: $32.855.051,23 * 0,4587 = 15.070.612 \text{ lt } CH_4/\text{yr}$

Το μεθάνιο είναι ένα εύφλεκτο υλικό με μεγάλη θερμογόνο δύναμη, που σημαίνει ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας. Έτσι έχουμε:

Η θερμογόνο δύναμη του CH_4 είναι 802,6 kJ/mole

Κάθε δευτερόλεπτο παράγονται $[15.070.612 / (60 * 60 * 24 * 365)] = 0,4778 \text{ lt } CH_4/\text{sec}$ ή $0,0214 \text{ mole } CH_4/\text{sec}$

Άρα θεωρητικά κατά την καύση του CH_4 παράγονται κάθε δευτερόλεπτο: $802,6 \cdot 0,0214 = 17,17 \text{ kJ/sec}$

6.4.2 Συμπαραγωγή

Το τελικό προϊόν της αναερόβιας χώνευσης είναι ένα αέριο πλούσιο σε μεθάνιο. Το μεθάνιο με την σειρά του είναι ένα αέριο όπου κατά την καύση του, μπορεί να μας προσφέρει μεγάλα ποσά ενέργειας. Για την συγκεκριμένη περίπτωση, βλέπουμε ότι η δυναμικότητα της μονάδας μας είναι της τάξης των $17,17 \text{ kJ/sec}$. Αυτό σημαίνει ότι κάθε δευτερόλεπτο που λειτουργεί η μονάδα, μας προσφέρει ενέργεια $17,17 \text{ kJ}$. Για να εκμεταλλευτούμε αυτήν την συνεχή ροή ενέργειας θα χρησιμοποιήσουμε έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης, που θα μετατρέπει αυτήν την ενέργεια σε ενέργεια θερμική και ηλεκτρική. Για τον σκοπό αυτό, δηλαδή για την συμπαραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, θα χρησιμοποιηθεί κινητήρας τύπου Diesel βιοαερίου με τα εξής χαρακτηριστικά:

- Λόγος συμπίεσης = $20 = V_4/V_2 = V_1/V_2$
- Λόγος αποκοπής = $2,2 = V_3/V_2$
- Απόδοση = 70%
- Θερμοκρασία αέρα εισαγωγής = $50 \text{ }^\circ\text{C} = 323 \text{ K}$
- $Q_{in} = 17,17 \text{ kW}$

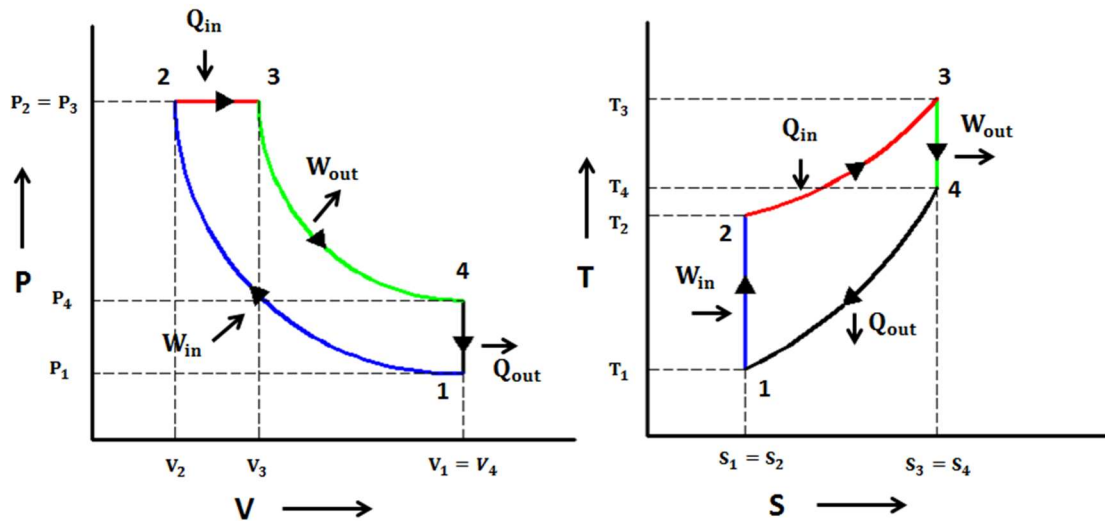
Ο κινητήρας Diesel αποτελείται από τέσσερις κύριες φάσεις όπως φαίνεται στο Σχήμα 20

1-2 → Ισεντροπική συμπίεση

2-3 → Ισοβαρής πρόσδοση θερμότητας

3-4 → Ισεντροπική εκτόνωση

4-1 → Ισόχωρη απόρριψη θερμότητας



Σχήμα 21: Διαγράμματα πίεσης – όγκου και θερμοκρασίας – εντροπίας

(Πηγή: mechanicalbooster.com)

Κατάσταση 1:

$$P_1 = 0,9 \text{ atm}$$

$$T_1 = 323 \text{ K}$$

Από πίνακες παίρνουμε: $U_1 = 230,58 \text{ kJ/sec}$ και $Vr_1 = 516,48$

$$Vr_1 / Vr_2 = V_1 / V_2 \leftrightarrow Vr_2 = 25,824$$

Κατάσταση 2:

$$Vr_2 = 25,824$$

$$h_2 = 1.036,78 \text{ kJ/kg}$$

$$T_2 = 991,87 \text{ K}$$

από πίνακες: $U_2 = 752,05 \text{ kJ/kg}$

$P_3 = P_2$ άρα ισχύει:

$$V_2 / T_2 = V_3 / T_3 \leftrightarrow T_3 = (991,87 * 2.2) = 2.182,12 \text{ K}$$

Κατάσταση 3:

$$T_3 = 2.182,12 \rightarrow h_3 = 2.480,71 \text{ kJ/kg}$$

$$Vr_3 = 2,070$$

$$U_3 = 1.855,02 \text{ kJ/kg}$$

$$Vr_3 / Vr_4 = V_3 / V_4 \leftrightarrow Vr_4 = 18,821$$

Κατάσταση 4:

$$Vr_4 = 18,821 \rightarrow U_4 = 846,63 \text{ kJ/kg}$$

Εύρεση απαιτούμενης παροχής αέρα (\dot{m}):

$$Q_{in} = \dot{m} * (h_3 - h_2) \leftrightarrow \dot{m} = 0,011 \text{ kg/sec}$$

Η παραγόμενη θερμική ισχύς του κύκλου είναι:

$$Q_{out} = \dot{m} * (U_4 - U_1) = 0,011 * (846,63 - 230,58) = 7,32 \text{ kJ/sec ή } 0,00732 \text{ MW}$$

Η πραγματική απόδοση του κινητήρα είναι 70 % του ιδανικού. Έτσι η πραγματική παραγόμενη ισχύς είναι:

$$W_{net_real} = 7,3255 * 0,7 = 5,12 \text{ kJ/sec ή } 0,00512 \text{ MW ή } 44.728,32 \text{ kWh/year}$$

Η παραγόμενη θερμική ισχύς:

$$Q_{out_real} = Q_{in} - W_{net_real} = 17,7 - 5,12 = 12,05 \text{ kJ/sec ή } 0,012 \text{ MW ή } 105.268,8 \text{ kWh/year}$$

➤ Επανατροφοδότηση θερμικής ισχύος στην δεξαμενή

Στο εσωτερικό της δεξαμενής της αναερόβιας χώνευσης θα πρέπει να επικρατούν σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας όλο τον χρόνο, ίσες με 35 °C. Πρέπει να υπολογιστεί το ποσό της θερμικής ενέργειας που απαιτείται για να διασφαλιστούν οι προαναφερθείσες συνθήκες λειτουργίας. Εύκολα μπορούμε να βρούμε ότι η μέση θερμοκρασία για την πόλη της Κοζάνης ανά μήνα είναι όπως παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 11: Μέση θερμοκρασία (°C) για κάθε μήνα στην Κοζάνη

Ιαν	Φεβ	Μάρ	Απρ	Μάι	Ιούν	Ιούλ	Άυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοε	Δεκ
2,3	3,7	6,9	11,6	16,8	21,5	24,1	23,6	19,3	13,5	8,0	3,9

(Πηγή: Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία)

Στον αναερόβιο χωνευτή εισέρχονται: 4.112,4 kg/d ή 0,0475 kg/sec

Η θερμική ισχύς που απαιτείται για να διατηρείται η θερμοκρασία στο εσωτερικό της δεξαμενής χώνευσης σταθερή και ίση με 35 °C είναι για κάθε μήνα (kWh):

- $Q_{απαιτούμενη \text{ Ιαν}} = \dot{m} * c_p * \Delta T = 0,0475 * 4,186 * (35 - 2,3) * 24 * 31 = 4837,42 \text{ kWh}$
- $Q_{απαιτούμενη \text{ Φεβ}} = \dot{m} * c_p * \Delta T = 0,0475 * 4,186 * (35 - 3,7) * 24 * 28 = 4182,22 \text{ kWh}$

- $Q_{\text{απαιτούμενη Μαρ}} = \dot{m} * c_p * \Delta T = 0,0475 * 4,186 * (35 - 6,9) * 24 * 31 = 4156,92 \text{ kWh}$
- $Q_{\text{απαιτούμενη Απρ}} = \dot{m} * c_p * \Delta T = 0,0475 * 4,186 * (35 - 11,6) * 24 * 30 = 3349,97 \text{ kWh}$
- $Q_{\text{απαιτούμενη Μαί}} = \dot{m} * c_p * \Delta T = 0,0475 * 4,186 * (35 - 16,8) * 24 * 31 = 2692,38 \text{ kWh}$
- $Q_{\text{απαιτούμενη Ιούν}} = \dot{m} * c_p * \Delta T = 0,0475 * 4,186 * (35 - 21,5) * 24 * 30 = 1932,68 \text{ kWh}$
- $Q_{\text{απαιτούμενη Ιούλ}} = \dot{m} * c_p * \Delta T = 0,0475 * 4,186 * (35 - 24,1) * 24 * 31 = 1612,47 \text{ kWh}$
- $Q_{\text{απαιτούμενη Αυγ}} = \dot{m} * c_p * \Delta T = 0,0475 * 4,186 * (35 - 23,6) * 24 * 31 = 1686,44 \text{ kWh}$
- $Q_{\text{απαιτούμενη Σεπτ}} = \dot{m} * c_p * \Delta T = 0,0475 * 4,186 * (35 - 19,3) * 24 * 30 = 2247,63 \text{ kWh}$
- $Q_{\text{απαιτούμενη Οκτ}} = \dot{m} * c_p * \Delta T = 0,0475 * 4,186 * (35 - 13,5) * 24 * 31 = 3180,56 \text{ kWh}$
- $Q_{\text{απαιτούμενη Νοεμ}} = \dot{m} * c_p * \Delta T = 0,0475 * 4,186 * (35 - 8,0) * 24 * 30 = 3865,35 \text{ kWh}$
- $Q_{\text{απαιτούμενη ΔΕΚ}} = \dot{m} * c_p * \Delta T = 0,0475 * 4,186 * (35 - 3,9) * 24 * 31 = 4600,72 \text{ kWh}$

Έτσι στο σύνολο ενός έτους για την ομαλή λειτουργία της διάταξης θα χρειαστούν 38.344,77 kWh

Το ποσό αυτής της απαιτούμενης θερμικής ενέργειας θα το πάρουμε από την ήδη παραγόμενη θερμική ενέργεια από τον κινητήρα εσωτερικής καύσης ($Q_{\text{out_real}} = 12,05 \text{ kJ/sec}$ ή $105.268,8 \text{ kWh /year}$)

Δηλαδή απομένουν: $105.268,8 - 38.344,77 = 66.924,03 \text{ kWh}$

Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι δεσμεύουμε και χρησιμοποιούμε με ανατροφοδότηση το 36,43% της συνολικής παραγόμενης θερμότητας του κινητήρα, για την κάλυψη των αναγκών σε θερμική ενέργεια του αναερόβιου χωνευτή.

Τέλος για την μεταφορά της ιλύος προς την δεξαμενή θα χρειαστούν δύο αντλίες συνολικής ισχύος 2 kW. Οι ενεργειακές τους απαιτήσεις θα καλύπτονται εξ ολοκλήρου από την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια.

Δηλαδή: $2 * 24 * 365 = 17.520 \text{ kWh}$

Δηλαδή απομένουν: $44.728,32 - 17.520 = 27.208,32 \text{ kWh}$

Έτσι κατά την διάρκεια ενός έτους από την διαδικασία της συμπαραγωγής παίρνουμε **καθαρά:**

- Κιλοβατώρες Ηλεκτρικής ενέργειας = $27.208,32 \text{ kWh}$
- Θερμικές κιλοβατώρες = $66.924,03 \text{ kWh}$

Μία κιλοβατώρα είναι η ενέργεια που παράγεται ή καταναλώνεται μέσα σε μία ώρα υπό σταθερή ισχύ ενός κιλοβάτ. Δηλαδή στην συγκεκριμένη περίπτωση στο σύνολο ενός έτους παράγονται συνολικά 27.208,32 kWh ηλεκτρικής και 66.924,03 kWh θερμικής ισχύος αντίστοιχα.

6.4.3 Οικονομική ανάλυση

Η οικονομική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με χρήση οικονομικών δεδομένων των εταιριών Agroenergy (www.agroenergy.gr), όπου γίνεται οικονομική ανάλυση για ένα έτος μιας μονάδας παραγωγής βιοαερίου με την μέθοδο της αναερόβιας χώνευσης για εγκατεστημένη ισχύ 1 MW, xideas (www.xideas.gr) και e-pumps (www.e-pumps.gr).

Σε αναλογία με την προαναφερθείσα μελέτη, η παρούσα ανάλυση εστιάζεται σε εγκατεστημένη ισχύ 18 kW (για μικρότερη εγκατεστημένη ισχύ δεν υπάρχουν μεγάλες διαφορές, οπότε μπορούμε να κάνουμε την μελέτη αναλογικά). Έτσι τα αναλυτικά οικονομικά στοιχεία που προκύπτουν είναι τα εξής:

Ανάλυση κύριων δαπανών: (Προτεινόμενοι εξοπλισμοί)

- Μηχανολογικός εξοπλισμός: Η γεννήτρια είναι τύπου diesel: Όπως υπολογίστηκε προηγουμένως το $Q_{in} = 17,17 \text{ kW}$ ή 23.2 HP. Μια τυπική γεννήτρια που επιλέγεται είναι: 21.5KVA 380V/7.5KVA 220V Κιν PERKINS 28 5HP - GENSET (GENSET) -MG23USP (www.xideas.gr) Το κόστος ανέρχεται σε: 10.686,18€
- Ειδικές εγκαταστάσεις: 2 αντλίες ιλύος = $2 * 829,56€ = 1.659,12€$ (www.e-pumps.gr)
- Κτιριακά, μεταφορά και εγκατάσταση εξοπλισμού: Έξοδα κατασκευής κτιρίων (χωνευτή, δεξαμενής βιοαερίου) μεταφοράς και εργατικά για την εγκατάσταση: 30.654€
- Λοιπός εξοπλισμός: Αυτοματοποιημένο σύστημα ελέγχου της μονάδας απαιτεί υπολογιστή, αισθητήρες και λοιπό ηλεκτρολογικό υλικό. Το κόστος ανέρχεται στα 2.000€
- Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου: Περίφραξη όλου του χώρου: 1.000€
- Έργα υποδομής: Μία αποθήκη φύλαξης υπολείμματος μαζί με την άδεια: 15.000€
- Δαπάνες συμβούλων: Πληρωμή μηχανικού για τη μελέτη, οικοδομική άδεια, περιβαλλοντική άδεια, κτλ. Η μελέτη του μηχανικού και οι απαιτούμενες άδειες κοστολογούνται: 35.000€

Παρακάτω στον πίνακα 9 παρουσιάζονται συνοπτικά όλα τα επιμέρους κόστη της συνολικής πάγιας επένδυσης:

Πίνακας 12: Επιμέρους κόστη πάγιας επένδυσης

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΑΠΑΝΗΣ	Συμβατικό κόστος (σε €)
Μηχανολογικός εξοπλισμός	10.686,18€
Ειδικές εγκαταστάσεις	1.659,12€
Κτιριακά, μεταφορά κι εγκατάσταση εξοπλισμού	30.654€
Λοιπός εξοπλισμός	2.000€
Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου	1.000€
Έργα υποδομής	15.000€
Δαπάνες μελετών-αμοιβές συμβούλων	35.000€
ΣΥΝΟΛΟ	96.000€

Έπειτα αφού συνυπολογίσουμε τα ετήσια έσοδα και κόστη, μπορούμε να βρούμε σε πόσα χρόνια θα γίνει η απόσβεση:

➤ Κόστη

Στην Μ.Ε.Λ Καρυδίτσας υπάρχουν ήδη μια έκταση μεγέθους 3000 κυβικών μέτρων οπότε δεν χρειάζεται να συμπεριληφθεί στα έξοδα η αγορά επιπλέον οικοπέδων.

Αρχική επένδυση:

- Κόστος κύριας εγκατάστασης = 81.000 €
- Κόστος εγκατάστασης υγρού χωνεμένου υπολείμματος = 15.000 €

Ετήσια κόστη:

- Κόστος συντήρησης = 2.000 €

➤ Έσοδα

- Πώληση ηλεκτρικής ενέργειας = $3,12 * (0,95 \text{ λόγω απωλειών δικτύου}) * (0,96 \text{ λόγω service κινητήρων}) = 2,84 \text{ kW}$

Άρα: $0,253 \text{ €/kWh} * 2,84 * 365 * 24 = 6.306,3 \text{ €/έτος}$

- Πώληση χωνεμένου υπολείμματος = $0,08 * 75.051,9 = 6.004,15 \text{ €/έτος}$

Το πάγιο κόστος αποπληρωμής του δανείου γίνεται σε διάστημα 20 χρόνων.

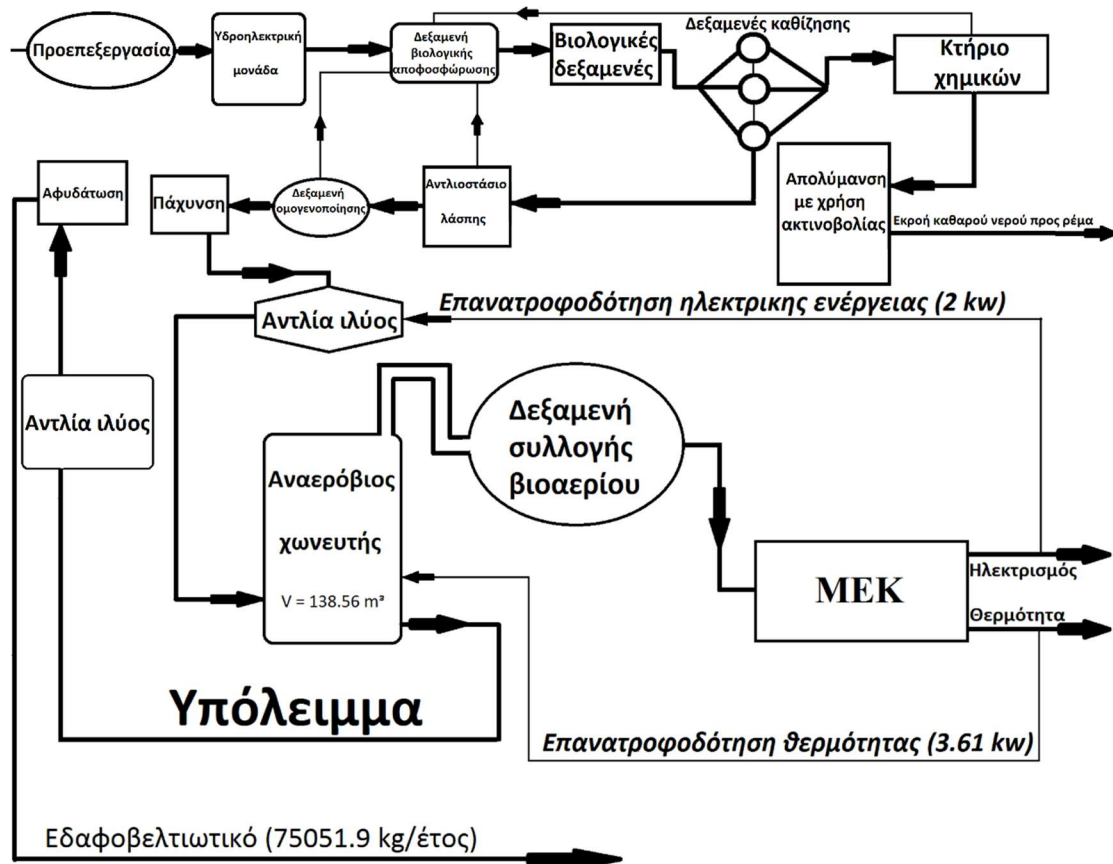
Έτσι έχουμε: $(81.000 + 15.000)/20 = 4.800 \text{ €/έτος}$

Τα ετήσια έσοδα είναι: $6.306,3 + 6.004,15 = 12.310,4 \text{ €/έτος}$

Για τα πρώτα 20 χρόνια τα καθαρά ετήσια έσοδα είναι: $12.310,4 - 2.000 - 4.800 = 5.510,4 \text{ €/έτος}$

Έτσι η απόσβεση γίνεται σε: $96.000/5.510,4 = 17,4 \text{ χρόνια}$.

Τέλος, στο Σχήμα 23 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής της μονάδας επεξεργασίας ιλύος ενσωματωμένο στην κεντρική μονάδα. Αναλυτικότερα, η μικτή ιλύς μετά το στάδιο της πάχυνσης, μεταφέρεται μέσω μίας ηλεκτρικής αντλίας στον αναερόβιο χωνευτή. Εκεί παραμένει για 25,27 ημέρες (απαραίτητος χρόνος για να γίνει πλήρης αντίδραση). Μετά το πέρας των ημερών εξέρχεται από την δεξαμενή αναερόβιας χώνευσης και αφού περάσει και από το στάδιο της αφυδάτωσης, μπορεί να πωληθεί ως λίπασμα. Από την άλλη μεριά, μέσα στην δεξαμενή παράγεται το βιοαέριο το οποίο τροφοδοτείται μέσω μιας μικρής δεξαμενής (για να διασφαλιστεί ομοιόμορφη ροή) στον κινητήρα εσωτερικής καύσης. Εκεί η μηχανή μετατρέπει το βιοαέριο σε ηλεκτρική ενέργεια και θερμική. Μέρος της ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας ανατροφοδοτούνται για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών την μονάδας, ενώ τα υπόλοιπα είναι έτοιμα για πώληση.



Σχήμα 22: Διάγραμμα ροής της μονάδας επεξεργασίας ιλύος ενσωματωμένο στην κεντρική μονάδα.

Κεφάλαιο 7

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων είναι πολύ σημαντική για την ομαλή λειτουργία των οικοσυστημάτων, των πόλεων καθώς και για την αποφυγή της ρύπανσης ή των διαφόρων μολύνσεων που μπορεί να προκύψουν από τους παθογόνους μικροοργανισμούς και τις ποικίλες βλαβερές ουσίες που εμπεριέχονται σε αυτά. Σήμερα υπάρχουν πάρα πολλές μονάδες επεξεργασίας λυμάτων που εξασφαλίζουν όλα τα παραπάνω προνόμια στις εκάστοτε περιοχές που είναι εγκατεστημένες.

Παραπροϊόν των μονάδων αυτών είναι η ιλύς (λάσπη) που παράγεται. Η απομάκρυνση ή αξιοποίηση αυτής της λάσπης αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που καλούνται να αντιμετωπίσουν οι προαναφερθείσες μονάδες.

Η ιλύς περιέχει πολλούς ρυπαντές όπως βαρέα μέταλλα, παθογόνους μικροοργανισμούς και βακτήρια. Γι' αυτό θα πρέπει να είμαστε πάρα πολύ προσεκτικοί όσο αφορά την τελική απόθεση ή αξιοποίησή της. Κάθε μελέτη αξιοποίησης ή εναπόθεσης της ιλύος θα πρέπει έτσι να είναι σύμφωνη με τους νόμους που έχουν θεσπιστεί ούτως ώστε να μην είναι βλαβερή για το περιβάλλον ή τους ανθρώπους μέσα σε αυτό.

Μία τέτοια μελέτη πραγματοποιήθηκε στη παρούσα διπλωματική. Συγκεκριμένα, έγινε διερεύνηση για την εύρεση ενός σεναρίου για την αξιοποίηση της παραγόμενης ιλύος στην μονάδα επεξεργασίας λυμάτων Καρυδίτσας. Η εν λόγω μονάδα μέχρι στιγμής απομακρύνει την μικτή ιλύ που παράγεται μέσω φορτηγών στην πόλη της Πτολεμαΐδας. Αυτό το σενάριο όχι μόνο δεν αξιοποιεί την ιλύ, αλλά και ζημιώνει οικονομικά την επιχείρηση που πληρώνει για την μεταφορά της. Για την εύρεση μιας αποδοτικότερης λύσης έγινε διερεύνηση ανάμεσα σε διάφορες μεθόδους και η επικρατέστερη ήταν η αξιοποίηση της μέσω της διαδικασίας της αναερόβιας χώνευσης.

Συγκεκριμένα από τα στοιχεία που συλλέχθηκαν από την ίδια την μονάδα στις 22-5-18 υπολογίστηκε ότι θα χρειαστεί μια δεξαμενή χώνευσης όγκου 138,56 m³ και ότι στην διάρκεια ενός έτους θα παράγονται 32.855.051,23 λίτρα βιοαερίου. Αυτά μέσω μιας μηχανής εσωτερικής καύσης θα μετατρέπονται σε ηλεκτρισμό και θερμότητα. Ένα μέρος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας θα χρησιμοποιείται για την κάλυψη των αναγκών λειτουργίας της μονάδας ενώ το υπόλοιπο θα πωλείται. Ακόμη, από το σύνολο της παραγόμενης θερμότητας ένα μέρος θα ανατροφοδοτείται πίσω στην δεξαμενή αναερόβιας χώνευσης για να καλύπτει τις απαιτήσεις σε θερμική ενέργεια και το υπόλοιπο θα καλύπτει μέρος των θερμικών αναγκών των κτιρίων. Τέλος το στερεό υπόλειμμα που θα προκύπτει είναι ένα σταθεροποιημένο μίγμα το οποίο μπορεί να πωληθεί ως λίπασμα για την χρησιμοποίηση στην γεωργία. Η απόσβεση της δαπάνης του συγκεκριμένου έργου γίνεται σε

περίπου 17,5 έτη χωρίς να περιλάβουμε τα έσοδα από την πώληση του σταθεροποιημένου μίγματος ως εδαφοβελτιωτικού. Το ενδεχόμενο αυτό θα μειώσει περαιτέρω τον χρόνο απόσβεσης της επένδυσης.

Βλέπουμε έτσι ότι προέκυψε μια πλήρως αυτοματοποιημένη μονάδα, η οποία όχι μόνο καλύπτει πλήρως τις ενεργειακές της ανάγκες της αλλά και επιφέρει πολλαπλά κέρδη στην μονάδα. Το σύνολο των κερδών που προέρχονται από την πώληση του ηλεκτρικού ρεύματος και του λιπάσματος καθιστούν εφικτή την οικονομική απόσβεση της επένδυσης σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα. Είναι μια επένδυση φιλική με το περιβάλλον, οικονομικά ρεαλιστική και κερδοφόρα και αξίζει από κάθε άποψη η υλοποίησή της.

Βιβλιογραφία

1. Angelakis A.N., D.Koutsoyiannis, G.Tchobanoglous, URBA WASTEWATER AND STORMWATER TECHNOLOGIES IN ANCIENT GREECE, WATER RES, 39 , PP. 210–220, 2005
2. Benson, R.S. “Advanced Engineering Thermodynamics” ISBN: 0-08-020718-9, 2η έκδοση, 345 pp., 1997
3. Boyle W.C. Energy recovery from sanitary landfills a review. In: Schlegel HG, Barnea J, editors. Microbial Energy Conversion. Pergamon Press; Oxford, UK, pp. 119–138, 1976
4. Bridgwater A.V., The technical and economic feasibility of biomass gasification for power generation. Fuel 74: 631 – 653, 1995.
5. Buswell A.M., Mueller, H.F., Mechanism of methane fermentation, Ind. Eng. Chem. 44, 550–552, 1952
6. Buswell A.M., W.D. Hatfield, Bulletin No. 32, Anaerobic Fermentations, State of Illinois, Department of Registration and Education, Division of the State Water Survey, Urbana, Illinois, 1936
7. Christoulas D. G., Andreadakis A. D., Kouzeli-Katsiri A., Aftias E., Mamais D. Alternative Schemes the Management of the Sludge Produced at Psyttalia WWTP, Water Science and Technology, 42, (9), pp.29-36, 2000.
8. Fytli D., A. Zabaniotou. Utilization of sewage sludge in EU application of old and new methods—A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 12, 116–140, 2008
9. Heywood J. B., Internal combustion engine fundamentals, ISBN: 978-0-07-100499-2, 1988
10. <http://www.e-pumps.gr> (Ημ. Πρόσβασης 6/2018)
11. Kellis M., kalavrouziotis K., Gikas P. Review of wastewater reuse in the Mediterranean countries, focusing on regulations and policies for municipal and industrial applications, 2012
12. Κάρναβος Ν., Λάππας Α., Μαρνέλος Γ. «Βιοκαύσιμα – Αειφόρος – Ενέργεια» Εκδόσεις Τζιόλα, ISBN: 978-960-418-445-3, 2014
13. Metcalf & Eddy, Inc. Μηχανική υγρών αποβλήτων: Επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση, 4^η Έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα, ISBN: 960-418-113-1, 2006
14. Reynolds T.D. and Richards P.A., Unit Operations and Processes in Environmental Engineering, Cengage learning series in engineering, ISBN 9780534948849, 1996
15. Salgot et. al.: Resource Recovery from Waste: Business Models for Energy, Nutrient and Water Reuse in Low- and Middle-income Countries, Routledge, (2018) ISBN:1317703774, 9781317703778
16. Thermodynamics: An engineering Approach, seventh edition ISBN: 978-960-418-345-6

17. www.agroenergy.gr/en/content/ανάπτυξη-εργοστασίων-παραγωγή-βιοαερίου (Ημ. Πρόσβασης 6/2018)
18. www.ekkentros.com.gr (Ημ. Πρόσβασης 6/2018)
19. www.elinyae.gr (Ημ. Πρόσβασης 6/2018)
20. www.mechanicalbooster.com (Ημ. Πρόσβασης 6/2018)
21. www.mwpca.org/millbury.htm (Ημ. Πρόσβασης 6/2018)
22. www.nptel.iim.ac.in (Ημ. Πρόσβασης 6/2018)
23. www.sciencedirect.com (Ημ. Πρόσβασης 6/2018)
24. www.sciencedirect.com (Ημ. Πρόσβασης 6/2018)
25. www.wikipedia.org (Ημ. Πρόσβασης 6/2018)
26. www.xideas.gr (Ημ. Πρόσβασης 6/2018)
27. Βλυσίδης Α., Μάη Σ., « Ενεργειακή αξιοποίηση της ύλης που παράγεται κατά την επεξεργασία λυμάτων» Εργασία στα πλαίσια της ημερίδας: «Νερό ένας αένας κύκλος». Αθήνα, 2010.
28. Παπακωνσταντίνου Α., Σειταρίδης Θ. Ημερίδα «Σχεδιασμός – Υλοποίηση και Διαχείριση έργων και εγκαταστάσεων των Δ.Ε.Υ.Α. στις νέες συνθήκες – προβλήματα και προοπτικές» Λάρισα (5/6/2015))
29. Στάμου Ι. Αναστάσιος και Βογιατζής Σ. Ζηνόβιος, «Βασικές Αρχές και Σχεδιασμός Συστημάτων Επεξεργασίας Αποβλήτων», Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, 1994.