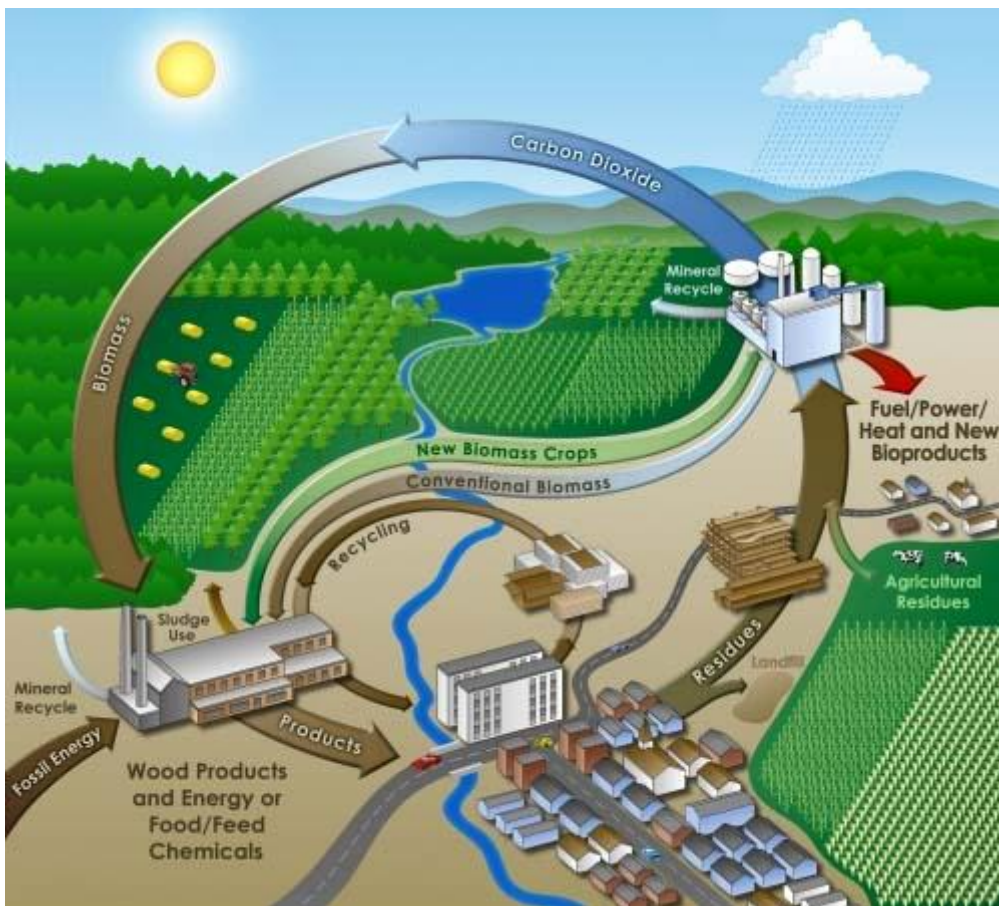


ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Χρήση Περιβαλλοντικών και Οικονομοτεχνικών δεικτών για την μελέτη της σκοπιμότητας κάλυψης των ενεργειακών αναγκών νησιωτικών περιοχών με συστήματα μετατροπής του περιεχομένου βιομάζας των αστικών απορριμμάτων σε βιοαέριο.



ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΜΗΤΡΟΥΛΙΑ ΣΟΦΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΠΑΝΑΓΙΩΤΑΡΑΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2016

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η διπλωματική αυτή εργασία αποτελεί την κορύφωση των σπουδών μου. Είναι εργασία που ολοκληρώνει τις μεταπτυχιακές μου σπουδές, οι οποίες ολοκληρώθηκαν στο ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας, τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών με τίτλο «Συστήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας».

Πριν από όλα θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές μου για τις γνώσεις που μου μετέδωσαν, αλλά κυρίως θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Διονύσιο Παναγιωτάρη που μου έδωσε τη δυνατότητα να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα. Θα ήθελα επίσης να τον ευχαριστήσω για την υπομονή, τη βοήθεια, τη σωστή καθοδήγηση και τις χρήσιμες συμβουλές που μου παρείχε. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον πρόεδρο του Συνδέσμου Διαχείρισης Στερεών Αποβήτων Ζακύνθου κύριο Παναγιώτη Μυλωνά για τις χρήσιμες πληροφορίες που μου προσέφερε.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ χρωστάω στην οικογένεια μου που με στήριξε με κάθε τρόπο καθ'όλη τη διάρκεια των σπουδών μου. Πιο συγκεκριμένα τη μητέρα μου που με παρότρυνε να πάρω την απόφαση, σε μια δύσκολη στιγμή, να κάνω αυτό το μεταπτυχιακό που τόσο ήθελα, αλλά ιδιαίτερα τον πατέρα μου που ήταν δίπλα μου και με την υπομονή και τις γνώσεις του με βοήθησε σε όποια δυσκολία αντιμετώπισα.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω τους φίλους μου που σε κάθε μου προσπάθεια είναι εκεί, για να με στηρίξουν στα δύσκολα ,με τον τρόπο τους ο καθένας, αλλά και για να χαρούνε μαζί μου σε κάθε επιτυχία.

Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητή: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος φοιτητής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Διπλωματικής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο φοιτητής
(Ονοματεπώνυμο)

.....

(Υπογραφή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το ζήτημα της αξιόπιστης παροχής ηλεκτρικής ενέργειας σε απομακρυσμένες και απομονωμένες κοινότητες δεν είναι νέο. Παρόλα αυτά, κατά την τελευταία δεκαετία η αύξηση στις εποχιακές αιχμές ζήτησης ενέργειας λόγω κυρίως των τουριστικών δραστηριοτήτων έχει οδηγήσει στην κατασκευή νέων συμβατικών σταθμών παραγωγής με πολύ μικρό βαθμό εκμετάλλευσης, με συνέπεια την σοβαρή περιβαλλοντική επιβάρυνση και το υψηλό κόστος παραγωγής. Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να εξετάσει την σκοπιμότητα της ενσωμάτωσης συστημάτων ενεργειακής αξιοποίησης απορριμμάτων και βιομάζας σε νησιώτικες κοινότητες. Για την επίτευξη αυτού λαμβάνονται υπ' όψη τεχνικοί, οικονομικοί, περιβαλλοντικοί, κοινωνικοί και νομικοί περιορισμοί.

Συγκεκριμένα, με την εργασία αυτή επιθυμούμε να μελετήσουμε την κατασκευή μιας μονάδας διαχείρισης και επεξεργασίας αστικών απορριμμάτων. Βασικός της στόχος είναι η κατάλληλη μετατροπή των απορριμμάτων που μεταφέρονται στη μονάδα αυτή, μέσω βιοχημικών και θερμοχημικών διαδικασιών, έτσι ώστε να επιτευχθεί η συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας. Ένα μέρος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας θα χρησιμοποιείται για την κάλυψη των αναγκών της ίδιας της μονάδας και το υπόλοιπο θα πωλείται στο ηλεκτρικό δίκτυο της ΔΕΗ. Αντιστοίχως, ένα μέρος της παραγόμενης θερμότητας θα χρησιμοποιηθεί για τις ανάγκες του συγκροτήματος και το πλεονάζον θερμικό φορτίο θα μπορεί να τροφοδοτήσει είτε κοντινά εργοστάσια, είτε αστικά δίκτυα θερμότητας που εξυπηρετούν κατοικίες ή άλλα κτίρια για τη θέρμανση ή για το θερμό νερό οικιακής χρήσεως.

Ο πληθυσμός, η απόστασή από την ενδοχώρα, η τουριστική κίνηση, η ποιοτική και ποσοτική σύσταση των απορριμμάτων, οι διαθέσιμες τεχνολογίες καθώς και κοινωνικά, οικονομικά και πολιτισμικά κριτήρια αποτελούν μερικούς βασικούς άξονες για την ενσωμάτωση βιώσιμων και περιβαλλοντικά φιλικών τεχνολογιών ενεργειακής αξιοποίησης του περιεχομένου βιομάζας των αστικών απορριμμάτων.

Η Ζάκυνθος παρουσιάζει πολλές ομοιότητες με την πλειοψηφία των Ελληνικών νησιών. Ο πληθυσμός του και η απόστασή του από την ενδοχώρα καθιστά απαγορευτική την σύνδεση με το δίκτυο ηλεκτροδότησης. Επιπλέον, αποτελεί σημαντικό τουριστικό προορισμό, ταχέως αναπτυσσόμενο και ταυτόχρονα μεγάλης αξίας οικοσύστημα. Κατά συνέπεια η ενσωμάτωση βιώσιμων και περιβαλλοντικά φιλικών τεχνολογιών ενεργειακής αξιοποίησης πηγών ενέργειας όπως η βιομάζα και τα απορρίμματα είναι κρίσιμης σημασίας. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά καθιστούν την προσαρμογή της αντίστοιχης μελέτης σκοπιμότητας ως ιδιαίτερης αξίας.

ABSTRACT

The issues of reliable electricity supply in remote and isolated communities are not new. However, over the last decade, the increase in seasonal energy demand peaks, mainly due to tourist activities, has led to the construction of new conventional power plants with very small degree of exploitation, resulting in severe environmental damage and high production costs. The purpose of this paper is to examine the feasibility of integrating energy recovery of waste and biomass systems in island communities. To achieve this takes into account technical, economic, environmental, social and legal restrictions.

In particular, with this work we want to study the construction of a management unit and treatment of urban waste. Its main objective is the proper conversion of waste transferred to the unit via biochemical and thermochemical processes in order to achieve the CHP (Combined Heat and Power). A portion of the electricity generated will be used to meet the needs of the unit itself and the rest will be sold to the electrical grid. Accordingly, a portion of the generated heat will be used for the complex needs and excess heat load can be fed or nearby factories or municipal heating networks serving residential or other buildings for heating or for hot household water.

The population, its distance from the mainland, the tourists, the qualitative and quantitative composition of the waste, the available technologies as well as social, economic and cultural considerations are some essentials for the integration of sustainable and environmentally friendly energy utilization technologies of biomass content of municipal waste.

Zakynthos has many similarities with the majority of the Greek islands. The population and its distance from the mainland makes it prohibitive to connect to the electricity grid. Moreover, it is an important tourist destination, rapidly growing, with valuable ecosystem. Thus the integration of sustainable and environmentally friendly energy utilization energy technologies such as biomass and waste is critical. These features make the adjustment of the respective feasibility study very valuable.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1. ΒΙΟΜΑΖΑ.....	8
2. ΒΙΟΑΕΡΙΟ.....	9
3. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΩΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.....	11
4. ΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ.....	13
5. ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....	15
1. ΠΕΙΘΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	17
1.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	17
1.2. ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΖΑΚΥΝΘΟΥ.....	18
1.3. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	18
1.3.1. Πρωτογενής τομέας.....	19
1.3.2. Δευτερογενής τομέας.....	19
1.3.3. Τριτογενής τομέας.....	19
1.4. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	20
1.5. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ Α.Σ.Α ΖΑΚΥΝΘΟΥ.....	22
2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΩΝ Α.Σ.Α.....	23
2.1. ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.....	23
2.1.1. Θερμοχημικές Διεργασίες.....	23
2.1.1.1. Αποτέφρωση - Καύση.....	23
2.1.1.2. Αεριοποίηση.....	28

2.1.2 Βιοχημικές Διεργασίες	30
2.1.2.1. Αναερόβια βιολογική επεξεργασία – Αναερόβια χώνευση.....	30
2.2. ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	34
2.2.1. Αναερόβια επεξεργασία ιλύος.....	34
2.2.2. Αναερόβια επεξεργασία υγρών αποβλήτων.....	37
2.2.3. Αναερόβια επεξεργασία στερεών αποβλήτων.....	37
2.3. ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΜΙΑ ΜΟΝΑΔΑ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ.....	38
2.4. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ...41	
2.4.1. Επιπτώσεις στον αέρα.....	41
2.4.2. Επιπτώσεις στα Νερά.....	41
2.4.3. Επιπτώσεις στο έδαφος.....	42
2.4.4. Επιπτώσεις στο ακουστικό περιβάλλον.....	42
2.5. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ.....	42
2.5.1. Περιβαλλοντικά ζητήματα Ατμοσφαιρικό περιβάλλον και εκπομπές.....	42
2.5.1.1. Έδαφος και Υδάτινοι πόροι	43
2.5.1.2. Τοπίο και χρήση γης.....	44
2.5.2. Κοινωνικοοικονομικά ζητήματα.....	44
2.6. ΠΕΡΙΒΑΛΟΝΤΙΚΑ ΩΦΕΛΗ.....	45
2.7. ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ.....	47
2.8. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ.....	47
3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	49
3.1. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟ.....	49
3.2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ.....	50
3.3. ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ.....	51
3.3.1. Διαδικασία ζύμωσης.....	51

3.4. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΛΥΨΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΑΠΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟ.....	52
3.4.1. Υπολογισμός ενεργειακού ισοδύναμου.....	52
3.4.2. Η εν δυνάμη εγκατεστημένη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος.....	55
3.5. ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ.....	56
3.6. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ.....	58
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΞΑΓΩΓΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ.....	60
4.1. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	60
4.1.1. Μέθοδος παραγωγής βιοαερίου.....	60
4.1.2. Μέθοδος αποτέφρωσης - Περιγραφή τεχνολογίας.....	61
4.2. ΑΝΑΛΥΣΗ S.W.O.T (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats).	62
4.3. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	64
4.4. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	65
4.5. ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	67
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	69
ΕΞΑΓΩΓΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ.....	69
ΕΞΑΓΩΓΗ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΠΡΟΤΑΣΗΣ.....	70
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	71

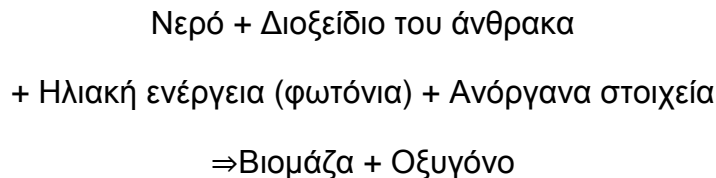
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

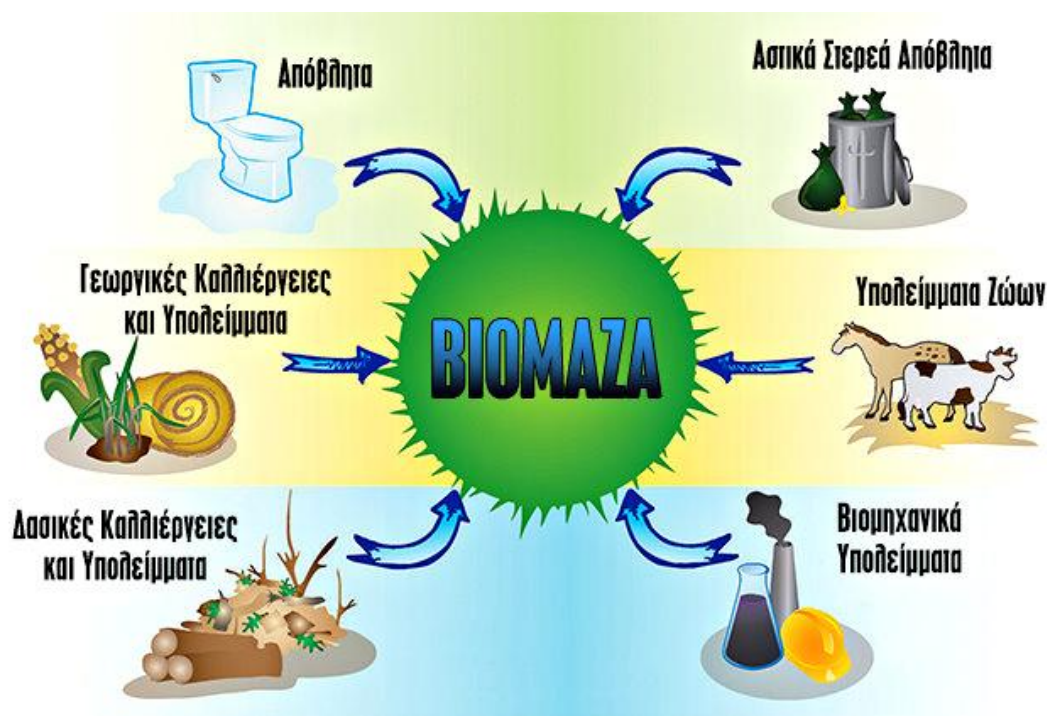
ΒΙΟΜΑΖΑ

Γενικά, ως βιομάζα ορίζεται η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Πρακτικά, στον όρο βιομάζα εμπεριέχεται οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο. Πιο συγκεκριμένα, σ'αυτήν περιλαμβάνονται:

- Οι φυτικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα, όπως π.χ. τα αυτοφυή φυτά και δάση, είτε από τις ενεργειακές καλλιέργειες (έτσι ονομάζονται τα φυτά που καλλιεργούνται ειδικά με σκοπό την παραγωγή βιομάζας για παραγωγή ενέργειας) γεωργικών και δασικών ειδών, όπως π.χ. το σόργο το σακχαρούχο, το καλάμι, ο ευκάλυπτος κ.ά.
- τα υποπροϊόντα και κατάλοιπα της φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής, όπως π.χ. τα άχυρα, στελέχη αραβόσιτου, στελέχη βαμβακιάς, κλαδοδέματα, κλαδιά δένδρων, φύκη, κτηνοτροφικά απόβλητα, οι κληματίδες κ.ά.,
- τα υποπροϊόντα που προέρχονται από τη μεταποίηση ή επεξεργασία των υλικών αυτών, όπως π.χ. τα ελαιοπυρηνόξυλα, υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού, το πριονίδι κ.ά., καθώς και
- το βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών.

Η βιομάζα αποτελεί μία δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών. Κατ' αυτήν, η χλωροφύλλη των φυτών μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών, χρησιμοποιώντας ως βασικές πρώτες ύλες διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα καθώς και νερό και ανόργανα συστατικά από το έδαφος. Η διεργασία αυτή μπορεί να παρασταθεί σχηματικά ως εξής:





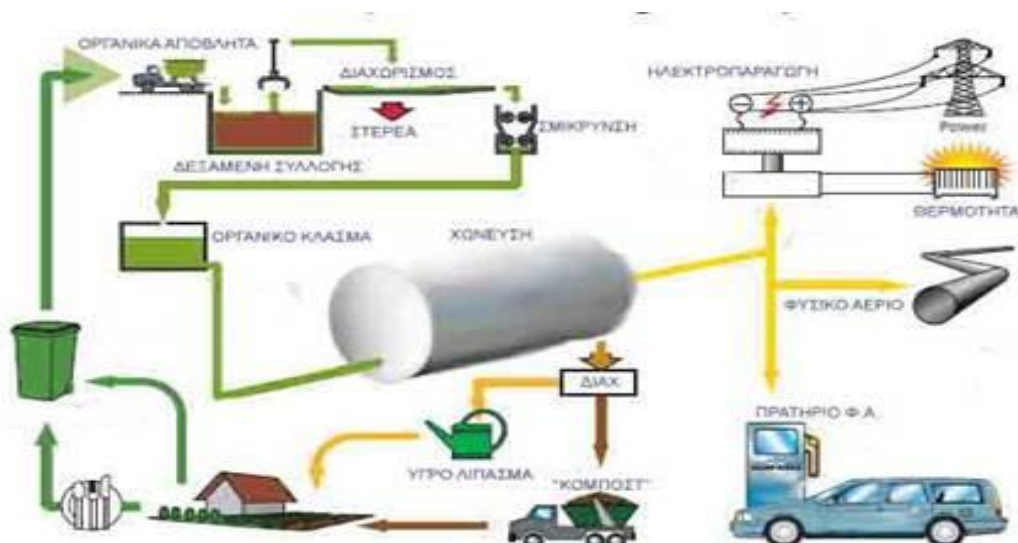
Εικόνα 1. Σχηματική απεικόνιση πηγών βιομάζας [1].

Από τη στιγμή που σχηματίζεται η βιομάζα, μπορεί πλέον κάλλιστα να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας. Η βιομάζα αποτελεί μια σημαντική, ανεξάντλητη και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας, η οποία είναι δυνατό να συμβάλλει σημαντικά στην ενεργειακή επάρκεια, αντικαθιστώντας τα συνεχώς εξαντλούμενα αποθέματα ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο κ.ά.). Η χρήση της βιομάζας ως πηγής ενέργειας δεν είναι νέα. Σ' αυτήν, εξάλλου, συγκαταλέγονται τα καυσόξυλα και οι ξυλάνθρακες που, μέχρι το τέλος του περασμένου αιώνα, κάλυπταν το 97% των ενεργειακών αναγκών της χώρας. [1-3].

ΒΙΟΑΕΡΙΟ

Το βιοαέριο, που αποτελεί μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, παράγεται από την αναερόβια χώνευση κτηνοτροφικών κυρίως αποβλήτων (λύματα από χοιροστάσια, βουστάσια ή απόβλητα από μονάδες βιολογικού καθαρισμού), βιομηχανικών αποβλήτων και λυμάτων, καθώς και από αστικά οργανικά απορρίμματα (βιοαέριο εκλύεται από τους χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων - ΧΥΤΑ). Αποτελείται τυπικά από 65% μεθάνιο και 35% διοξείδιο του άνθρακα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας (η συνδυασμό τους, δηλαδή συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας), καθώς επίσης και ως καύσιμο για μηχανές εσωτερικής καύσης. Ένα κυβικό μέτρο βιοαερίου υποκαθιστά 0,66 λίτρα ντίζελ ή 0,75 λίτρα πετρελαίου ή 0,85 κιλά κάρβουνου.

Η οικονομικότητα μιας μονάδας βιοαερίου βασίζεται στο γεγονός ότι η πρώτη ύλη έχει μηδενική ή αρνητική αξία, ενώ τα προϊόντα της έχουν αδιαμφισβήτητα εμπορική αξία. [2], [16]



Εικόνα 2. Στάδια επεξεργασίας οργανικών αποβλήτων για παραγωγή ενέργειας από βιοαέριο [4].

Σημαντικές ενεργειακές ανάγκες μπορούν επίσης να καλυφθούν με τη χρήση του βιοαερίου ως καυσίμου σε μηχανές εσωτερικής καύσης, για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού.

Στην περίπτωση των κτηνοτροφικών αποβλήτων, η παραγωγή του βιοαερίου γίνεται σε ειδικές εγκαταστάσεις, απλούστερες ή συνθετότερες, ανάλογα με το είδος της εφαρμογής. Σ' αυτές, εκτός από το βιοαέριο, παράγεται και πολύ καλής ποιότητας οργανικό λίπασμα, του οποίου η διάθεση στην αγορά μπορεί να συμβάλλει στην οικονομική βιωσιμότητα μίας εφαρμογής αυτού του είδους. Στην περίπτωση των αστικών απορριμμάτων, το βιοαέριο μπορεί να παράγεται στους Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ).

Η μάστευσή του μπορεί να αρχίσει μετά από το δεύτερο ή τρίτο χρόνο της απόθεσης των απορριμμάτων αυτών και εξαρτάται από την ποσότητά τους. Από την άλλη πλευρά, η ποσότητα του βιοαερίου που μαστεύεται εξαρτάται κυρίως από την περιεκτικότητα των αποτιθεμένων απορριμμάτων σε οργανικά υλικά, καθώς και από την ποιότητα του υλικού επικάλυψης των στρώσεων. Αυτό θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο στεγανό, ώστε να επιτυγχάνεται η αναερόβια χώνευση, εμποδίζοντας, ταυτόχρονα, την απαέρωση του παραγόμενου βιοαερίου. [9], [21]

Τις δύο τελευταίες δεκαετίες στην Ευρώπη, το συνεχώς διογκωμένο πρόβλημα της διάθεσης των αποβλήτων και των απορριμμάτων, η αναζήτηση εναλλακτικών ενεργειακών πόρων καθώς επίσης και η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση του κόσμου, ανέδειξαν την παραγωγή βιοαερίου ως μια οικονομικά αποδεκτή και φιλική προς το περιβάλλον διαδικασία.

Στις μέρες μας η εφαρμογή της επεκτείνεται από πολύ μικρές κτηνοτροφικές μονάδες μέχρι πολύ μεγάλα συγκροτήματα βιολογικής επεξεργασίας. Στην Ευρώπη λειτουργούν περισσότερες από 700 μονάδες βιοαερίου, οι οποίες επεξεργάζονται ζωικά απόβλητα ή εφαρμόζουν συνδυασμένα χώνευση διαφόρων αποβλήτων γεωργικής προέλευσης. Η έντονη ανάπτυξη μονάδων βιοαερίου οφείλεται στη μεγάλη συγκέντρωση ζωικού κεφαλαίου ανά μονάδα επιφανείας. Η ανάπτυξη της κτηνοτροφίας οδήγησε στην παραγωγή τεράστιων ποσοτήτων ζωικών αποβλήτων και τη δημιουργία δυσεπίλυτων προβλημάτων ως προς την επεξεργασία και τη διάθεση τους στο περιβάλλον. [17], [26]

Η ανάπτυξη των τεχνολογιών βιοαερίου προσφέρει σειρά από πλεονεκτήματα και περιβαλλοντικά οφέλη όπως:

- εξοικονόμηση χρημάτων για τους αγρότες
- βελτιωμένη απόδοση της λίπανσης
- μειωμένες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου
- οικονομική και περιβαλλοντικά αποδεκτή ανακύκλωση αποβλήτων
- μειωμένες οχλήσεις λόγω οσμών και παρουσίας εντόμων
- δυνατότητες μείωσης παθογόνων οργανισμών

Μια εγκατάσταση παραγωγής βιοαερίου δεν παρέχει μόνο τη δυνατότητα αξιοποίησης του ενεργειακού δυναμικού του βιοαερίου, αλλά συμμετέχει παράλληλα και στη συνολική επεξεργασία των αποβλήτων της γεωργοκτηνοτροφικής δραστηριότητας που τα παράγει, μειώνοντας το ρυπαντικό τους φορτίο. [12]

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΤΑ - ΜΕΙΩΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρησιμοποίηση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας είναι τα ακόλουθα:

1. Η αποτροπή του φαινομένου του θερμοκηπίου, το οποίο οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) που παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων. Η βιομάζα δεν συνεισφέρει στην αύξηση της συγκέντρωσης του ρύπου αυτού στην ατμόσφαιρα γιατί, ενώ κατά την καύση

της παράγεται CO₂, κατά την παραγωγή της και μέσω της φωτοσύνθεσης επαναδεσμεύονται σημαντικές ποσότητες αυτού του ρύπου.

2. Η αποφυγή της επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας με το διοξείδιο του θείου (SO₂) που παράγεται κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων και συντελεί στο φαινόμενο της “όξινης βροχής”. Η περιεκτικότητα της βιομάζας σε θείο είναι πρακτικά αμελητέα.

3. Η μείωση της ενεργειακής εξάρτησης, που είναι αποτέλεσμα της εισαγωγής καυσίμων από τρίτες χώρες, με αντίστοιχη εξοικονόμηση συναλλάγματος.

4. Η εξασφάλιση εργασίας και η συγκράτηση των αγροτικών πληθυσμών στις παραμεθόριες και τις άλλες γεωργικές περιοχές, συμβάλλει δηλαδή η βιομάζα στην περιφερειακή ανάπτυξη της χώρας.

Τα μειονεκτήματα που συνδέονται με τη χρησιμοποίηση της βιομάζας και αφορούν, ως επί το πλείστον, δυσκολίες στην εκμετάλλευσή της, είναι τα εξής:

1. Ο μεγάλος όγκος της και η μεγάλη περιεκτικότητά της σε υγρασία, ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας.

2. Η δυσκολία στη συλλογή, μεταποίηση, μεταφορά και αποθήκευσή της, έναντι των ορυκτών καυσίμων.

3. Οι δαπανηρότερες εγκαταστάσεις και εξοπλισμός που απαιτούνται για την αξιοποίηση της βιομάζας, σε σχέση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας.

4. Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της.

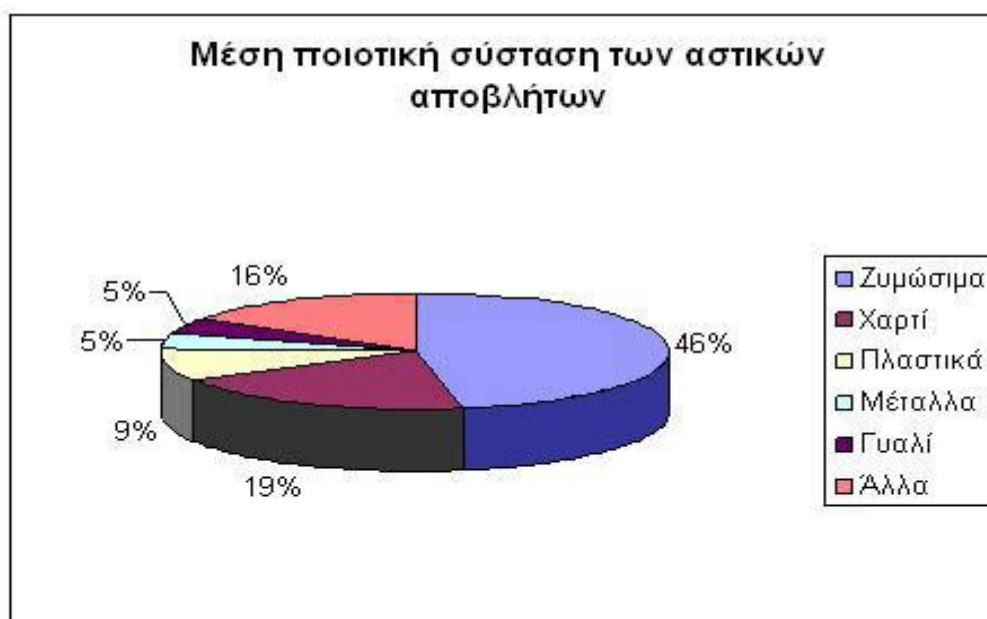
Εξ αιτίας των παραπάνω μειονεκτημάτων και για την πλειοψηφία των εφαρμογών της, το κόστος της βιομάζας παραμένει, συγκριτικά προς το πετρέλαιο, υψηλό. Ήδη, όμως, υπάρχουν εφαρμογές στις οποίες η αξιοποίηση της βιομάζας παρουσιάζει οικονομικά οφέλη. Επιπλέον, το πρόβλημα αυτό βαθμιαία εξαλείφεται, αφ’ ενός λόγω της ανόδου των τιμών του πετρελαίου, αφ’ ετέρου και σημαντικότερο, λόγω της βελτίωσης και ανάπτυξης των τεχνολογιών αξιοποίησης της βιομάζας. Τέλος, πρέπει κάθε φορά να συνυπολογίζεται το περιβαλλοντικό όφελος, το οποίο, αν και συχνά δεν μπορεί να αποτιμηθεί με οικονομικά μεγέθη, εντούτοις είναι ουσιαστικής σημασίας για την ποιότητα της ζωής και το μέλλον της ανθρωπότητας. [11]

ΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ

Σήμερα, στην Ελλάδα παράγονται περίπου 5 εκατομμύρια τόνοι αστικών αποβλήτων ετησίως. Από το σύνολο των παραγόμενων αποβλήτων, το 15% περίπου αντιπροσωπεύει τα αστικά απορρίμματα. Η περιφέρεια Αττικής παράγει περίπου το 39% της ετήσιας ποσότητας των Α.Σ.Α της χώρας, ακολουθούμενη από την περιφέρεια κεντρικής Μακεδονίας με ποσοστό 16%.

Διαχρονικά, παρατηρείται τάση σημαντικής αύξησης της παραγωγής αστικών απορριμμάτων, λόγω της ανάπτυξης των μεγάλων αστικών κέντρων, της συνεχούς αύξησης του τουριστικού ρεύματος και κυρίως της ανόδου του βιοτικού επιπέδου με αποτέλεσμα την αλλαγή των καταναλωτικών συνηθειών. Συγκεκριμένα, η μέση ημερησία παραγωγή αστικών αποβλήτων ανά κάτοικο στην Ελλάδα, ανέρχεται σε 0,8–1,0 kg/κάτοικο.

Η γνώση της σύστασης των παραγόμενων Α.Σ.Α. είναι ιδιαίτερα σημαντική για την εκπόνηση στρατηγικών διαχείρισης αποβλήτων σε τοπικό, περιφερειακό ή εθνικό επίπεδο. Έτσι, η τρέχουσα μέση ποιοτική σύσταση των παραγόμενων αστικών απορριμμάτων στην Ελλάδα σε κατά βάρος ποσοστά, εκτιμάται ως ακολούθως. [22]



Εικόνα 3. Σύσταση των Α.Σ.Α. στην Ελλάδα [22].

Τα οικιακά απορρίμματα αποτελούν ένα ιδιαίτερος ανομοιογενές συνολικό υλικό. Η ποιοτική ανάλυση των οικιακών απορριμμάτων αποσκοπεί στο να προσδιορίσει βασικές ποσοστιαίες κατηγορίες υλικών σε αυτά, προκειμένου να προσδιορισθεί πληροφορία απαραίτητη για την κατάρτιση σχεδίων διαχείρισης, επεξεργασίας και αξιοποίησής τους (ανακύκλωση, ανάκτηση ενέργειας, κ.λπ.). Η πιο δόκιμη κατηγοριοποίηση των

απορριμμάτων, όπως προκύπτει από σειρά δειγματοληψιών και αναλύσεων, περιλαμβάνει τις εξής ομάδες (κλάσματα) υλικών.

Ζυμώσιμα. Περιλαμβάνονται τα υπολείμματα κουζίνας και κήπου.

Χαρτί. Περιλαμβάνονται τα πάσης φύσεως χαρτιά και χαρτόνια που προέρχονται κυρίως από έντυπο υλικό και συσκευασίες προϊόντων.

Μέταλλα. Περιλαμβάνεται το σύνολο των μεταλλικών υλικών που απαντώνται στα απορρίμματα. Είναι δόκιμος ένας διαχωρισμός σε σιδηρούχα και μη σιδηρούχα μέταλλα (κυρίως λόγω της μαγνητικής ιδιότητας των πρώτων), με τα τελευταία να έχουν ως κυριότερο αντιπρόσωπο το αλουμίνιο. Σε ορισμένες αναλύσεις έχουν εξετασθεί ως ξεχωριστή υποκατηγορία και οι μπαταρίες λόγω της σχετικά υψηλότερης επικινδυνότητάς τους.

Γυαλί. Η διαχείριση αποβλήτου γυαλιού στη χώρα μας πάσχει κυρίως από την έλλειψη υαλουργιών, κυρίως σε περιοχές μακριά από την Αττική. Είναι δόκιμος ο διαχωρισμός σε λευκό, καφέ και πράσινο γυαλί, όσον αφορά την ανακύκλωση, καθώς η παραγωγή καφέ και λευκού γυαλιού απαιτεί υαλότριμμα μόνο του ίδιου χρώματος.

Πλαστικό. Περιλαμβάνεται το σύνολο των πολυμερών απορριμμάτων. Η κατηγορία αυτή γίνεται διαρκώς μεγαλύτερη κατά τα τελευταία χρόνια και στη χώρα μας ως συνέπεια της αλλαγής των καταναλωτικών συνηθειών (στροφή σε συσκευασμένα προϊόντα, κ.λπ.). Χαρακτηριστικό της κατηγορίας αυτής είναι η έντονη ανομοιογένειά της, λόγω των πολλών χρησιμοποιούμενων πολυμερών (π.χ. PVC, PE, PP, PS, PET, ABS, κ.λπ.).

Δέρμα-Ξύλο-Λάστιχο-Ύφασμα. Χαρακτηρίζονται ως λοιπά καύσιμα (ΔΞΛΥ).

Αδρανή. Εδώ περιλαμβάνονται χημικά ανενεργά υλικά που καταλήγουν στα οικιακά απορρίμματα (π.χ. χώματα, πέτρες, κ.λπ.).

Λοιπά. Στο κλάσμα αυτό καταλήγουν τα υλικά εκείνα που δε μπορούν να κατανεμηθούν σε καμία από τις άλλες κατηγορίες. [13], [22]

ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Το νομοθετικό πλαίσιο που ισχύει αυτή τη στιγμή αναφορικά με τους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής από βιοαέριο που προέρχεται από βιομάζα διαμορφώνεται ως ακολούθως:

Νόμος 3851/2010 (ΦΕΚ 85Α/04-06-2010): *Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματική Αλλαγής.*

- Πλαίσιο για την ανάπτυξη των έργων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.)
- Καθορισμός των τιμών πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται με τη χρήση Α.Π.Ε.)
- Τροποποίηση του Νόμου 3468/2006 (ΦΕΚ 129Α/27-06-2006): *Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις.*
- Ορίζει και τροποποιεί σημαντικά σημεία των διαδικασιών αδειοδότησης

Υ.Α. Αριθμ. Δ6/Φ1/οικ. 13310 (ΦΕΚ 1153Β/10-07-2007): *Διαδικασία έκδοσης αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.*

Υ.Α. Α.Π. Δ5-ΗΛΒ/οικ. 8311 (ΦΕΚ 655Β/17-05-2005): *Έγκριση του Κώδικα Διαχείρισης του Συστήματος και Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας.*

- **Υ.Α. Δ5/ΗΛΒ/Φ.1.10/1086/10413 (ΦΕΚ 937Β/21-05-2008):** *Τροποποίηση των διατάξεων του Κώδικα Διαχείρισης του Συστήματος και Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας σχετικά με την Τρίτη Μέρα Αναφοράς (ΦΕΚ Β'655/17.5.2005).*

Π.Δ. 211/2006 (ΦΕΚ 211Α/05-10-2006): *Συμπληρωματικά μέτρα εκτέλεσης του Κανονισμού 1774/2002/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 3ης Οκτωβρίου 2002 για τον καθορισμό των υγειονομικών κανόνων σχετικά με τα ζωικά υποπροϊόντα που δεν προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο.*

Κανονισμός 1069/2009 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 21ης Οκτωβρίου 2009: *περί υγειονομικών κανόνων για ζωικά υποπροϊόντα και παράγωγα προϊόντα που δεν προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο και για την κατάργηση του Κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1774/2002 (κανονισμός για τα ζωικά υποπροϊόντα).*

- Η εφαρμογή του Κανονισμού (ΕΚ) 1069/2009 ισχύει από τις 4 Μαρτίου 2011

Κ.Υ.Α. Η.Π. 50910/2727/2003 (ΦΕΚ 1909Β/22-12-2003): Μέτρα και όροι για τη διαχείριση στερεών αποβλήτων. Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης.

- **Εγκύκλιος οικ. 103731/1278/05-05-2004:** Εφαρμογή νομοθεσίας για τη διαχείριση μη επικίνδυνων στερεών αποβλήτων.

Υ.Α. Ειβ 221/65 (ΦΕΚ 138Β/24-2-1965): Περί διαθέσεως λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων.

Υ.Α. 104247/ΕΥΠΕ/ΥΠΕΧΩΔΕ/2006: Διαδικασία προκαταρκτικής εκτίμησης και αξιολόγησης (ΠΠΕΑ) και Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ) έργων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ), σύμφωνα με το άρθρο 4 του ν. 1650/1986, όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 2 του ν. 3010/2002.

- Τροποποιήθηκε από το Ν. 3851/2010

Υ.Α. 104248/ΕΥΠΕ/ΥΠΕΧΩΔΕ/2006: Περιεχόμενο, δικαιολογητικά και λοιπά στοιχεία των προμελετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων (ΠΠΕ) και μελετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων (ΜΠΕ) καθώς και συναφών μελετών περιβάλλοντος, έργων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ). [20], [23], [25]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΠΕΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η Ζάκυνθος είναι ένα από τα νησιά των Επτανήσων. Είναι το ενδέκατο σε έκταση ελληνικό νησί και το τρίτο (μετά την Κεφαλονιά και την Κέρκυρα) και δεύτερο σε πληθυσμό νησί των Ιονίων νήσων. Η έκτασή της είναι 406 τ. χλμ και ο πληθυσμός ανέρχεται στους 40.758 κατοίκους (απογραφή 2011). Από την Πελοπόννησο απέχει 9,5 ναυτ. μίλια (από την Κυλλήνη του Νομού Ηλείας) και 8,5 ναυτ. μίλια από το πλησιέστερο βόρεια σε αυτή νησί, την Κεφαλονιά.



Εικόνα 4. Χάρτης Ζακύνθου [30].

Το σχήμα της Ζακύνθου είναι ακανόνιστο τριγωνικό με το μεν βορειότερο άκρο του νησιού να καταλήγει στο ακρωτήριο Σκινάρι, ενώ στο νότιο-νοτιοανατολικό να σχηματίζεται ο κόλπος του Λαγανά μεταξύ των δύο ακρωτηρίων, Μαραθιά δυτικά και Γέρακας, ή Γεράκι, ανατολικό. Μέσα στον κόλπο του Λαγανά υπάρχουν τρία νησιά, το Μαραθωνήσι, ο Άγιος Σώστης και το Πελούζο, ενώ 37 ναυτικά μίλια νότια του Λαγανά βρίσκονται οι νήσοι Στροφάδες. Ο κόλπος του Λαγανά, με τη μαγευτική παραλία του, έχει ανακηρυχθεί από το 1999 Εθνικό Πάρκο καθώς είναι τόπος ωτοκίας της υπό εξαφάνιση χελώνας Καρέττα-Καρέττα. Οι δυτικές ακτές έχουν μήκος περίπου 34 χλμ. είναι βραχώδεις και απότομες σχηματίζοντας πολλές σπηλιές και κολπίσκους. Αντίθετα οι ανατολικές ακτές που βλέπουν προς την Πελοπόννησο και έχουν μήκος 37 χλμ είναι αμμώδεις με όμορφες παραλίες.

Το κλίμα της Ζακύνθου είναι ήπιο μεσογειακό με πολλές βροχές από Νοέμβριο μέχρι Ιανουάριο και μεγάλη ηλιοφάνεια όλο το έτος. Βέβαια έχει επηρεαστεί από τις παγκόσμιες κλιματικές αλλαγές. Έχει πλούσια βλάστηση και είναι νησί με σημαντική αγροτική παραγωγή, στηριγμένη κυρίως στην καλλιέργεια της ελιάς, των εσπεριδοειδών και της σταφίδας καθώς και των ανθοκομικών. Αναπτύσσεται επίσης σημαντική επιχειρηματική δραστηριότητα, κυρίως στον τομέα του τουρισμού, η οποία υποβοηθείται από το αεροδρόμιο Διονύσιος Σολωμός και πολλές ξενοδοχειακές μονάδες και καταλύματα, αξιοποιώντας τις φυσικές ομορφιές και την ιστορική παράδοση, σε συνδυασμό με τη φιλοξενία των κατοίκων. [28]

1.2. ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΖΑΚΥΝΘΟΥ

Σύμφωνα με τη απογραφή της ΕΛΣΤΑΤ το έτος 2011 η Περιφερειακή Ενότητα (ΠΕ - Νομός) Ζακύνθου αριθμεί **40.759** κατοίκους. Σύμφωνα με το Ν.3852/10 (Πρόγραμμα Καλλικράτης), στο νομό Ζακύνθου συνιστάται ο κατωτέρω δήμος: Δήμος Ζακύνθου με έδρα τη Ζάκυνθο αποτελούμενος από τους δήμους α. Ζακυνθίων β. Αλυκών γ. Αρκαδίων δ. Αρτεμισίων ε. Ελατίων και στ. Λαγανά, οι οποίοι καταργούνται. [27]

Σύμφωνα με τα στοιχεία της ΕΛ.ΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική υπηρεσία) και του ΣΕΤΕ (Σύνδεσμος Ελληνικών Τουριστικών Επιχειρήσεων), για το έτος 2014 οι αφίξεις επιβατών αεροπορικώς έφτασαν τις 580.000 και με πλοία περίπου τις 400.000. Δηλαδή σύνολο τουριστών **980.000**. [27], [29]

Πίνακας 1. Πληθυσμιακή μεταβολή στην ΠΕ Ζακύνθου. (πηγή ΕΛΣΤΑΤ)

Πληθυσμός					Μεταβολή (%)			
1971	1981	1991	2001	2011	'71-81	'81-91	'91-01	'01-11
30.187	30.014	32.557	39.015	40.759	-0,57	+8,47	+19,83	+4,47

1.3. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Στη Ζάκυνθο αναλογεί το 0,3% του ΑΕΠ. Το κατά κεφαλήν ΑΕΠ κατά το 2001 ήταν 11.563 €. Η Ζάκυνθος είναι 13η στην κατάταξη των ελληνικών νομών με 98% του μέσου όρου της Ελλάδας, κατά το 2001. [27]

1.3.1. Πρωτογενής τομέας

Ο πρωτογενής τομέας απασχόλησης και ειδικότερα η γεωργία αποτελεί ακόμη σημαντικότερη πηγή εισοδήματος του νησιού μαζί με τον τουρισμό, παρά το γεγονός της μείωσης των αροτραίων εκτάσεων κατά 19,98s εξ αιτίας της διόγκωσης του τουρισμού. Κύριες Καλλιέργειες είναι της ελιάς και του αμπελιού που υποστηρίζει την πλούσια οινική παράδοση της Ζακύνθου. Ένα από τα βασικά αμπελουργικά προχόντα είναι η μαύρη κορινθιακή σταφίδα. Στη Ζάκυνθο υπάρχουν καλλιεργούμενες ποικιλίες φυτών προσαρμοσμένων στις τοπικές συνθήκες όπως το Ζακυνθινό Πεπόνι, το Ζακυνθινό Νεροκρέμμυδο. Επίσης, έχει αναπτυχθεί μία από τις πλέον μεγάλωσμες φυλές προβάτων στην Ελλάδα το πρόβατο φυλής Ζακύνθου.

1.3.2. Δευτερογενής τομέας

Ο Δευτερογενής τομέας συμμετέχει με μικρότερο ποσοστό στην οικονομία του Νησιού. Ο έντονος τουριστικός χαρακτήρας του Νησιού αποτρέπει ανάλογες δραστηριότητες οι οποίες θα ήταν ρυπογόνες για το Περιβάλλον.

Το μεγαλύτερο ποσοστό των μονάδων του δευτερογενούς τομέα αφορά δύο συγκεκριμένες ομάδες

- α) τις μονάδες επεξεργασίας μεταποίησης συσκευασίας προχόντων και
- β) τις μονάδες που σχετίζονται με την παραγωγή οικοδομικών υλικών ή γενικότερα έχουν σχέση με την οικοδομική δραστηριότητα.

Στην πρώτη ανήκουν τα οινοποιεία, σταφιδεργαστήρια, σφαγεία, τυροκομεία, αλευρόμυλοι κλπ και στη δεύτερη οι μονάδες παραγωγής αμμοχάλικου και έτοιμου σκυροδέματος, τα σχιστήρια πέτρας και μαρμάρου, τα ξυλουργεία, σιδηρουργεία κλπ. Ο δευτερογενής τομέας εξαιτίας της ανάπτυξης του Τουρισμού εμφανίζει ελαφρώς θετική εξέλιξη, αφού η οικοδομική δραστηριότητα δημιούργησε μια μικρή αύξηση στον τομέα των ορυχείων και αύξηση στον βιοτεχνικό τομέα.

1.3.3. Τριτογενής τομέας

Ο τομέας των υπηρεσιών, εκτός από τις υπηρεσίες του δημοσίου τομέα και των συναφών υπηρεσιών (ασφαλιστικά ταμεία κλπ) είναι ανάλογος με το μέγεθος της οικονομίας και του πληθυσμού του νησιού. Το ίδιο ισχύει και για το εμπόριο που κυρίως είναι λιανικό. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ανάπτυξη υποδομών και δραστηριοτήτων χονδρικού

εμπορίου ευρισκόμενου σε συνάρτηση με τις τουριστικές δραστηριότητες. Υπολογίζεται ότι την τελευταία εικοσαετία τα καταστήματα λιανικού εμπορίου στο Νομό Ζακύνθου σχεδόν τριπλασιάστηκαν. Την ίδια περίοδο τα καταστήματα χονδρικού εμπορίου υπολογίζεται ότι υπερδιπλασιάστηκαν.

Ο τουρισμός αποτελεί τον δυναμικότερο τομέα της οικονομίας του νησιού και η συμμετοχή του τριτογενή τομέα γενικά στο Ακαθάριστο Περιφερειακό Προχόν είναι καθοριστική και συνεχώς αυξανόμενη. Η "έκρηξη" του Τουρισμού και η απαρχή σημαντικών επενδύσεων συνέβη δεκαετία του 1980 και συνεχίζεται μέχρι σήμερα. Η ανάπτυξη του τουριστικού τομέα συνοδεύτηκε από αλματώδη ανάπτυξη όλων των τεχνικών υποδομών και την ραγδαία εξέλιξη των τοπικών αγορών και της τοπικής οικονομίας. [29]

1.4. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Στον Νομό Ζακύνθου λειτουργεί ένας Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) και το ΚΔΑΥ (Κέντρο Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών).

Ο υφιστάμενος ΧΥΤΑ Ζακύνθου λειτουργεί από τον Ιούνιο του 1996 σε έκταση 90 στρεμμάτων στη θέση Βύθακας Γρύπαινας σε απόσταση περίπου 10,0 χλμ από την πόλη της Ζακύνθου. Ο εν λόγω ΧΥΤΑ όμως πλησιάζει στο πέρας λειτουργίας του αφού η λεκάνη απόθεσης έχει σχεδόν πληρωθεί από απορρίμματα. Η κατασκευή του νέου Χ.Υ.Τ. είναι απαραίτητη προκειμένου να λυθεί το πρόβλημα της τελικής διάθεσης στο νησί.



Εικόνα 5. Χ.Υ.Τ.Α Ζακύνθου.

Σε αυτοψίες όπου διενήργησε τόσο η Περιφέρεια Ιονίων Νήσων (Δ/νση Περιβάλλοντος και Χωροταξίας) στις 11/05/09 όσο και το ΚΕΠΠΕ 26/01/10 μεταξύ άλλων διαπιστώθηκε ότι ο ΧΥΤΑ έχει πρακτικά κορεστεί, ενώ τμήμα του οδοστρώματος κατάντη του κυττάρου και κατά μήκος του τοιχίου αντιστήριξης του κυττάρου απόθεσης έχει υποχωρήσει, δημιουργώντας πρόβλημα πιθανής διολίσθησης του κυττάρου ταφής. Στα ανωτέρω προστίθεται το γεγονός ότι ο ΧΥΤΑ δεν είχε ανανεωμένη απόφαση έγκρισης περιβαλλοντικών όρων από το 2006. Τα ανωτέρω, όπως είναι φυσικό, ανέγειραν αντιδράσεις τόσο διαφόρων οργανισμών (π.χ. WWF) όπως και των πολιτών της περιοχής.

Στο πλαίσιο αυτό πραγματοποιείται με άμεση προτεραιότητα η χωροθέτηση νέου ΧΥΤΑ σε περιοχή εκτός του Εθνικού Θαλάσσιου Πάρκου Ζακύνθου, στο οποίο δεν προβλέπεται χρήση συμβατή με ΧΥΤΑ. Παράλληλα, για τον υφιστάμενο κορεσμένο ΧΥΤΑ, με Κοινή Υπουργική Απόφαση, ανανεώνονται οι περιβαλλοντικοί όροι λειτουργίας του, ως προς το σκέλος της αποκατάστασης και μεταφροντίδας, με προοπτική την βελτίωση των εγκαταστάσεων και την οριστική παύση λειτουργίας του.

Το πρόβλημα της διαχείρισης των απορριμμάτων της Ζακύνθου ήταν ανέκαθεν σημαντικό και κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, οπότε πολλαπλασιάζεται ο όγκος των παραγόμενων απορριμμάτων. Δεδομένου του ότι ο υφιστάμενος ΧΥΤΑ Ζακύνθου πλησιάζει στο πέρας λειτουργίας του γίνεται προφανές ότι απαιτείται άμεση λύση του προβλήματος διάθεσης των απορριμμάτων, η οποία θα οδηγήσει μακροπρόθεσμα στην εξοικονόμηση οικονομικών κεφαλαίων από το Δήμο Ζακύνθου, στον έλεγχο και την οργάνωση της καθαριότητας στην περιοχή, αλλά κυρίως θα βελτιώσει την κατάσταση του περιβάλλοντος προς όφελος όλων.

Το ΚΔΑΥ της Ζακύνθου λειτουργεί με ευθύνη του Συνδέσμου Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων Νομού Ζακύνθου. Μετά από σχετική συμφωνία των δύο μερών (Σύνδεσμος και Ελληνικής Εταιρείας Αξιοποίησης Ανακύκλωσης - ΕΕΑΑ), το χαρτί/ χαρτόνι συσκευασίας το διαχειρίζεται ο Σύνδεσμος και η ΕΕΑΑ στηρίζει οικονομικά το Σύνδεσμο ανά τόνο που αξιοποιείται.



Εικόνα 6. ΚΔΑΥ Ζακύνθου.

Τέλος, σχεδιάζεται η κατασκευή και λειτουργία ΣΜΑ (Σταθμός Μεταφόρτωσης Αποβλήτων), ΝΑ της Νήσου, πλησίον της πόλης Ζακύνθου, ώστε να μεταφέρονται τα απορρίμματα του νότιου τμήματος του νησιού στο νέο ΧΥΤΑ, μειώνοντας τα δρομολόγια των απορριμματοφόρων, αλλά και τον κυκλοφοριακό φόρτο. [22]

1.5. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ Α.Σ.Α ΖΑΚΥΝΘΟΥ

Τα ποσοστιαία ποιοτικά χαρακτηριστικά των Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ) του Ν. Ζακύνθου είναι:

Πίνακας 2. Ποιοτικά χαρακτηριστικά των Α.Σ.Α του Ν. Ζακύνθου. (πηγή ΕΛΣΤΑΤ)

Συστατικά	Κατά βάρος σύσταση (%)
Οργανικά	37,3
Χαρτί	23,0
Πλαστικά	18,5
Αλουμίνια	3,2
Μέταλλα	3,5
Δέρμα-Ξύλο-Ύφασμα-Λάστιχο	2,8
Αδρανή	1,0
Γυαλί	7,0
Υπόλοιπα	3,7
ΣΥΝΟΛΟ	100,00

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΩΝ Α.Σ.Α

2.1. ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

2.1.1.Θερμοχημικές Διεργασίες

Οι θερμοχημικές διεργασίες περιλαμβάνουν αντιδράσεις, που εξαρτώνται από τη θερμοκρασία, για διαφορετικές συνθήκες οξειδωσης και περιλαμβάνουν:

α) Η καύση

β) Η αεριοποίηση

γ) Η πυρόλυση (θέρμανση απουσία αέρα). Με αυτή τη διεργασία μας δίνεται η δυνατότητα να «σπάσουμε» τη χρησιμοποίηση της βιομάζας από την παραγωγή ενέργειας.

Στην περίπτωση διαχείρισης αστικών απορριμμάτων υπάρχουν δύο δυνατές διεργασίες, καθεμιά από τις οποίες έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της. Πρόκειται για την αποτέφρωση και την αεριοποίηση, των οποίων ακολουθεί μια αναλυτικότερη περιγραφή. [22]

2.1.1.1. Αποτέφρωση - Καύση

Αποτέφρωση(πλήρης καύση), ορίζεται ως η ταχεία μετατροπή της χημικής ενέργειας σε θερμική, με οξείδωση της οργανικής ύλης των ΑΣΑ, υπό συνθήκες περίσσειας οξυγόνου, προς διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Τα ανόργανα συστατικά των απορριμμάτων παραμένουν στο παραγόμενο στερεό υπόλειμμα.

Η διαδικασία της αποτέφρωσης - καύσης ακολουθεί τέσσερις φάσεις :

1. Ξήρανση με εξάτμιση νερού
2. Αξιοποίηση των οργανικών ουσιών
3. Αεριοποίηση και καύση του ανθρακικού καταλοίπου
4. Αποτέφρωση, όπου οξειδώνονται πλήρως τα αέρια που προήλθαν από τις προηγούμενες φάσεις

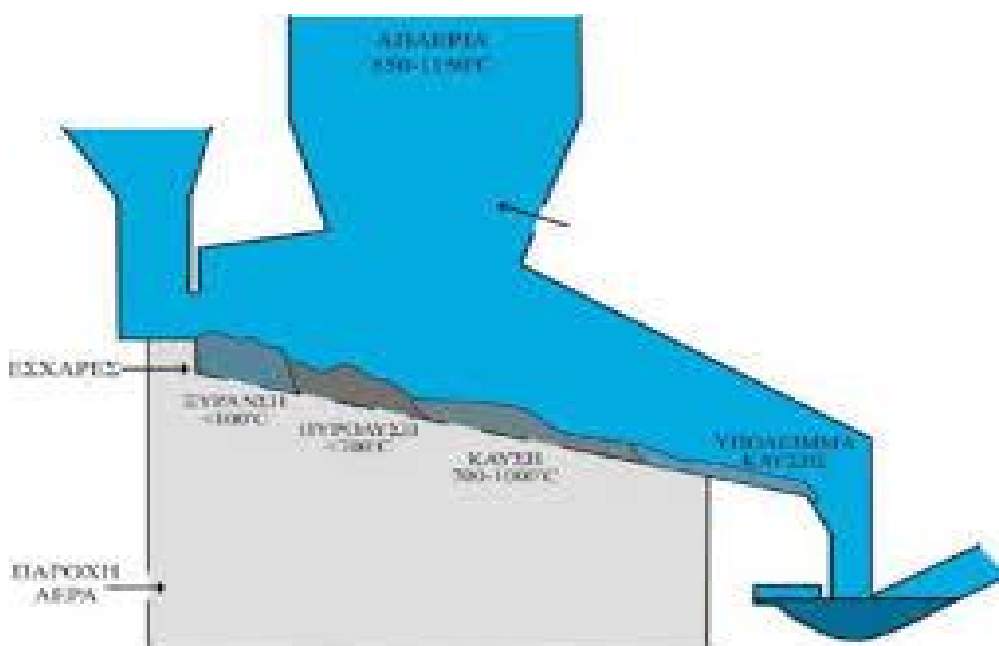
Τα προϊόντα της διαδικασίας της καύσης είναι τα εξής:

- Απαέρια (με υδρατμούς), που μετά τον καθαρισμό τους είναι κατάλληλα για διάθεση στην ατμόσφαιρα
- Ανόργανη τέφρα, από την οποία με περαιτέρω επεξεργασία μπορεί να γίνει ανάκτηση υλικών
- Υγρά απόβλητα, που είναι αποτέλεσμα των διαδικασιών σβέσης της τέφρας και ψύξης των αερίων.
- Θερμότητα, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ατμού ή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η διαδικασία ξεκινά με την εκφόρτωση των απορριμμάτων από τα απορριμματοφόρα στον χώρο αποθήκευσης (σιλό). Από το σιλό μέσω του εναέριου γερανού τα απορρίμματα εισέρχονται στη χοάνη παροχής που ρυθμίζει μια συνεχή ροή απορριμμάτων στις σειόμενες κινούμενες εσχάρες, όπου γίνεται παροχή θερμού αέρα καύσης μέσω ενός φυσητήρα, με αποτέλεσμα την αφαίρεση ενός μεγάλου μέρους από την υγρασία των απορριμμάτων που πρόκειται να καούν (φάση ξήρανσης σε θερμοκρασία 100°C).

Ακολουθεί η φάση της εξαερίωσης των πτητικών αερίων σε θερμοκρασία 250 °C. Κατόπιν μέσω των κινούμενων σχαρών τα απορρίμματα οδηγούνται στην πυρίμαχη εστία του κλιβάνου, όπου αναμειγνύονται με την κατάλληλη ποσότητα αέρα, αναφλέγονται (σε θερμοκρασίες 500-600°C). Η καύση συντηρείται από μόνη της λόγω της υψηλής θερμογόνου δύναμης των απορριμμάτων ή με την προσθήκη μικρών ποσοτήτων βοηθητικού καυσίμου. Η θερμοκρασία στο χώρο καύσης είναι συνήθως μεταξύ 300-1200 °C. Για να γίνει πλήρης καύση, τα απορρίμματα πρέπει να παραμείνουν στο θάλαμο καύσης από μία μέχρι 3,5 ώρες αναλόγως τη σύνθεσή τους.

Μετά την πυρίμαχη εστία υπάρχει ο αμολέβητας που τα καυσαέρια αποδίδουν ένα μεγάλο μέρος της θερμότητας των προς παραγωγή ατμών.



Εικόνα 7. Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας της αποτέφρωσης [14].

Επειδή πολλές από τις οργανικές ενώσεις που περιέχουν τα απορρίμματα είναι οργανικά ασταθείς, ελευθερώνονται πολλά επιβλαβή αέρια τα οποία μετά την κύρια εστία καύσης και πριν τον αμολέβητα διέρχονται από ένα μετακαυστήρα για να εξασφαλιστεί η πλήρης καύση τους.

Τα εκπεμπόμενα αέρια αποτελούνται από αιωρούμενα σωματίδια, προϊόντα καύσης και οργανικά σώματα που δεν έχουν καεί.

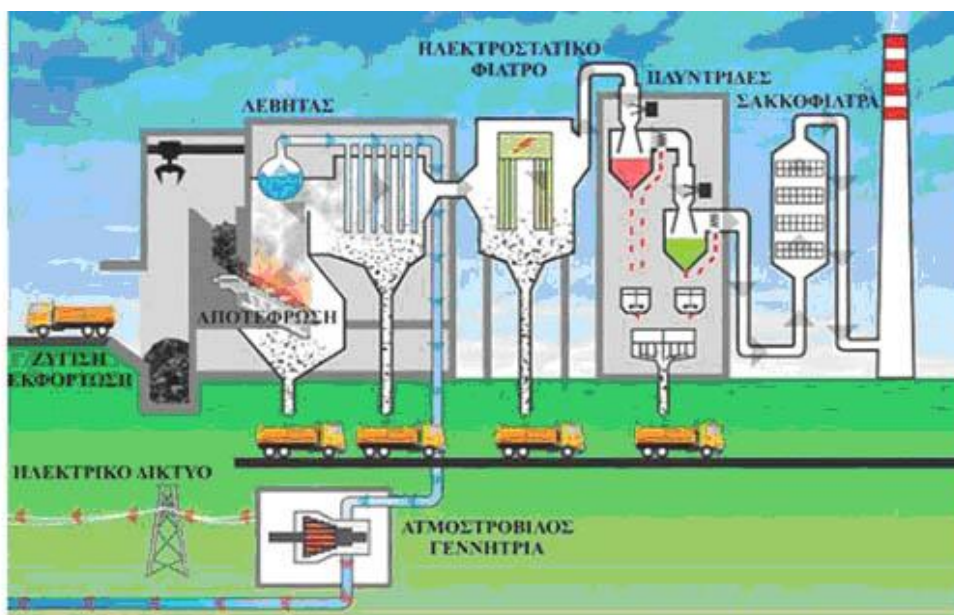
Τα αιωρούμενα σωματίδια, στα οποία περιλαμβάνονται ανόργανα σωματίδια και τέφρα, θεωρούνται πολύ επικίνδυνα, διότι μπορεί να μεταφέρουν οργανικές ουσίες επικίνδυνες για τον άνθρωπο. Η εκπομπή αυτών μπορεί να αντιμετωπισθεί με τη χρήση ηλεκτροστατικών φίλτρων ή με μηχανικό διαχωρισμό.

Τα προϊόντα της καύσης είναι ατμοί νερού, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα, άζωτο και οξειδία του αζώτου, οξειδία του θείου, μεταλλικά και μη μεταλλικά οξειδία και οξέα. Η εκπομπή των απαερίων καύσης πρέπει να ελέγχεται και να εφαρμόζονται οι κατάλληλες μέθοδοι δέσμευσής τους, ώστε οι συγκεντρώσεις τους κατά την εκπομπή τους στην ατμόσφαιρα να βρίσκονται μέσα στα επιτρεπτά όρια.

Τα αέρια που εκπέμπονται κατά την καύση διέρχονται από το σύστημα καθαρισμού, όπου καθαρίζονται με καταιονισμό νερού. Κατά τον καθαρισμό των αερίων απομακρύνονται τα όξινα αέρια όπως το HCl, που παράγονται κατά την καύση καθώς και μικρά οργανικά σωματίδια. Τα καυσαέρια, κατόπιν, διοχετεύονται στα ηλεκτροστατικά φίλτρα, τα οποία

συγκρατούν τα ανόργανα αιωρούμενα σωματίδια και την αιωρούμενη τέφρα. Για να χρησιμοποιηθούν τα ηλεκτροστατικά φίλτρα αυτά, η θερμοκρασία των καυσαερίων πρέπει να βρίσκεται περίπου στους 400°C. Έτσι τα αέρια διαβιβάζονται σε εναλλάκτη θερμότητας με σύγχρονη παραγωγή ατμού. Κατόπιν οδηγούνται στην καμινάδα όπου συνήθως ένας ισχυρός ανεμιστήρας εξασφαλίζει τον αναγκαίο αερισμό.

Η δυναμικότητα των μονάδων αποτέφρωσης κυμαίνεται μεταξύ 8 – 25 t/h και οι πλέον διαδεδομένοι τύποι είναι οι μονάδες αποτέφρωσης κινούμενων εσχάρων, περιστρεφόμενου κλιβάνου και ρευστοποιημένης κλίνης. Για απόβλητα με κατώτερη θερμογόνο δύναμη της τάξης των 8 MJ/kg (1.910 kcal/kg), η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκτιμάται σε 520 kWh/t αποβλήτων. Εάν από την παραπάνω ποσότητα αφαιρεθεί η ίδια κατανάλωση του εργοστασίου, που ανέρχεται σε 70 kWh/t, η περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας, που μπορεί να διατεθεί, είναι της τάξης των 450 kWh/t αποβλήτων. Για την εφαρμογή της αποτέφρωσης προϋπόθεση είναι τα ΑΣΑ να έχουν μια ελάχιστη κατώτερη θερμογόνο δύναμη 6 MJ/kg (1.433 kcal/kg), σε όλες τις εποχές του έτους και μια μέση ετήσια κατώτερη θερμογόνο δύναμη τουλάχιστον 7 MJ/kg (1.672 kcal/kg).



Εικόνα 8. Τυπική μονάδα αποτέφρωσης αστικών στερεών αποβλήτων με ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας [30].

Συστήματα μιας εγκατάστασης αποτέφρωσης Μια εγκατάσταση αποτέφρωσης στερεών αποβλήτων αποτελείται, στη γενική περίπτωση, από τα ακόλουθα επιμέρους συστήματα:

- Πύλη και ζυγιστήριο για έλεγχο και καταγραφή των εισερχομένων φορτίων. Χώρος υποδοχής και προσωρινής αποθήκευσης εισερχομένων ΑΣΑ για ομαλοποίηση της τροφοδοσίας.
- Σύστημα τροφοδοσίας (γερανός, ταινία) προσαρμοσμένο στο ρυθμό λειτουργίας της εγκατάστασης.
- Εστία αποτέφρωσης με σύστημα εσχάρων ή, σε ειδικές περιπτώσεις, με σύστημα περιστροφικού κλιβάνου ή ρευστοποιημένης κλίνης. Ειδικός καυστήρας με βοηθητικό καύσιμο κάνει την αρχική ανάφλεξη και εξασφαλίζει την ελάχιστη απαιτούμενη θερμοκρασία των απαερίων σε περιπτώσεις που απαιτείται.
- Λέβητας, ο οποίος χρησιμοποιεί τα θερμά απαέρια για παραγωγή ατμού.
- Σύστημα απομάκρυνσης υπολειμμάτων, τα οποία παράγονται από την αποτέφρωση. Η ιπτάμενη τέφρα αποτελεί το 3-8% του αρχικού βάρους των απορριμμάτων και η τέφρα πυθμένα το 15 – 28%. Τα υπολείμματα δημιουργούνται κυρίως στην εσχάρα, απ' όπου με ειδικό σύστημα απάγονται και μεταφέρονται για ψύξη, και στις θερμαντικές επιφάνειες των λεβήτων, απ' όπου συγκεντρώνονται στις χοάνες κάτω από το λέβητα.
- Σύστημα ελέγχου εκπομπών, για έλεγχο σωματιδίων, HCl, HF, SO₂, διοξινών και βαρέων μετάλλων.

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της κλασσικής αποτέφρωσης

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της αποτέφρωσης είναι τα εξής:

- Συσσωρευμένη εμπειρία εφαρμογών
- Δοκιμασμένη και αξιόπιστη τεχνολογία
- Απλότητα και ασφάλεια διεργασιών

Παρουσιάζει όμως και σημαντικά μειονεκτήματα όπως:

- Χαμηλά κόστη λειτουργίας και εγκατάστασης
- Προβληματική περιβαλλοντική επίδοση: Τα απορρίμματα περιέχουν επιβλαβείς ουσίες που μπορεί να περιέλθουν στα απαέρια όπως τα βαρέα μέταλλα. Οι χημικές ουσίες που υπάρχουν στα απορρίμματα, σχηματίζουν κατά την καύση διοξίνες, που είναι αρκετά τοξικές και επιβλαβείς. Επίσης η ιπτάμενη τέφρα έχει και αυτή υψηλή τοξικότητα. Τέλος, παράγεται μικρό μέρος επικίνδυνου στερεού υπολείμματος που απαιτεί ιδιαίτερη διαχείριση και επεξεργασία
- Χαμηλοί βαθμοί απόδοσης
- Μη εξελίξιμη τεχνολογία

Βάσει αυτών των μειονεκτημάτων, η συγκεκριμένη τεχνολογία έχει λάβει ιδιαίτερα αρνητικά σχόλια στο παρελθόν, παρόλο που τα αναγκαία συστήματα ελέγχου και επεξεργασίας των απαερίων έχουν εξελιχθεί τεχνολογικά και εγγυώνται τήρηση των νομοθετικών ορίων εκπομπών. [8], [22],

2.1.1.2. Αεριοποίηση

Η αεριοποίηση είναι μια μέθοδος θερμικής επεξεργασίας μέσω της οποίας, ουσιαστικά, το ξηρό κλάσμα των οργανικών συστατικών των απορριμμάτων αποσυντίθεται θερμικά με την παρουσία ενός μέσου αεριοποίησης, όπως είναι ο αέρας ή το οξυγόνο. Στόχος της αεριοποίησης είναι η μετατροπή του οργανικού κλάσματος σε ένα μίγμα καύσιμων αερίων, μέσω μερικής οξειδωσης αυτού σε υψηλές θερμοκρασίες (400- 1500°C).

Πριν την έναρξη της διαδικασίας αεριοποίησης είναι απαραίτητα τα εξής 2 στάδια :

- Προεπεξεργασία: απομακρύνονται τα ανόργανα συστατικά των απορριμμάτων όπως μέταλλα, γυαλί κ.ά., έτσι ώστε στο θάλαμο αεριοποίησης να οδηγείται μόνο το οργανικό κλάσμα των απορριμμάτων.
- Ξήρανση: με τη βοήθεια ξηραντήρων αφαιρείται η υγρασία από τα απορρίμματα, γιατί η περιεκτικότητα σε υγρασία πρέπει να είναι κάτω από 15-20% κ.β. πριν την αεριοποίηση.

Τα τελικά προϊόντα της αεριοποίησης είναι:

- αέριο πλούσιο σε μονοξείδιο, διοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και κορεσμένους υδρογονάνθρακες (κυρίως μεθάνιο), που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο
- στερεό υπόλειμμα αποτελούμενο από άνθρακα και αδρανή
- συμπυκνωμένο υγρό υπόλειμμα

Το παραγόμενο αέριο καύσιμο εξαρτάται από το είδος του μέσου αεριοποίησης. Στην περίπτωση που υπάρχει τροφοδοσία αέρα λόγω παρουσίας του αζώτου η θερμογόνος δύναμη του αέριου προϊόντος είναι χαμηλή και κυμαίνεται γύρω στα 7MJ/m³. Ενώ στην περίπτωση που η τροφοδοσία αποτελείται από καθαρό οξυγόνο, το ενεργειακό περιεχόμενο του αέριου προϊόντος αυξάνεται σε 13 MJ/m³.

Τα απορρίμματα εισέρχονται από την κορυφή και ο αέρας από το κατώτατο σημείο της μονάδας μέσω μιας σχάρας. Αμέσως πάνω από την εσχάρα το στερεό υπόλειμμα που δημιουργείται στο πάνω μέρος του αεριοποιητή καίγεται και η θερμοκρασία φθάνει στους 1000°C. Η τέφρα πέφτει μέσω της

σχάρας στο κατώτατο σημείο και τα καυτά αέρια περνούν προς τα επάνω και ανάγονται. Τα απορρίμματα κινούνται αντίθετα από τη ροή του αερίου και διαπερνά διαδοχικά τις ζώνες ξήρανσης, απόσταξης/πυρόλυσης, αναγωγής και οξειδωσης. Στη ζώνη ξήρανσης τα απορρίμματα ξηραίνονται ψύχοντας τα αέρια στους 200-300°C απομακρύνοντας την υγρασία. Στη ζώνη πυρόλυσης, πραγματοποιείται διάσπαση του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων σε πτητικά αέρια και στερεά υπολείμματα άνθρακα. Παράλληλα δημιουργείται πίσσα. Η θερμότητα για την πυρόλυση και την ξήρανση παρέχεται κυρίως από το ανερχόμενο παραγόμενο αέριο και μερικώς από την ακτινοβολία στη ζώνη οξειδωσης. Στη ζώνη αναγωγής πραγματοποιούνται αντιδράσεις στις οποίες ο άνθρακας μετατρέπεται και παράγονται CO και H₂ ως τα κύρια συστατικά του παραγόμενου αερίου. Το παραγόμενο αέριο περιέχει διάφορες ακαθαρσίες, όπως σωματίδια, πίσσα, άζωτο, θείο, χλώριο. Έτσι, για να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο σε μηχανή αεριοστρόβιλου πρέπει πρώτα να υποστεί μια διαδικασία φιλτραρίσματος και καθαρισμού.

Στην συνέχεια, το παραγόμενο καθαρό πλέον καύσιμο αέριο το χρησιμοποιούμε για απευθείας παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού με άμεση καύση και ύστερα με οδήγηση του καυσαερίου διαδοχικά σε αεριοστρόβιλο και μετά σε λέβητα ανάκτησης θερμότητας από τον οποίο εκμεταλλευόμαστε τον παραγόμενο ατμό και τον εκτονώνουμε σε αμμοστρόβιλο. Το όλο αυτό το σύστημα ονομάζεται BICT/CC και μπορεί να οδηγήσει σε βαθμό απόδοσης έως και 50%. [15]

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της αεριοποίησης

Όσον αφορά την τεχνολογία της αεριοποίησης είναι ακόμη νέα στο χώρο επεξεργασίας των ΑΣΑ και όχι ιδιαίτερα δοκιμασμένες. Ωστόσο αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική πρόταση έναντι της αποτέφρωσης.

Κάποια πλεονεκτήματα της αεριοποίησης έναντι της αποτέφρωσης είναι:

- Πολύ καλή περιβαλλοντική επίδοση (αδρανή κατάλοιπα)
- Δυνατότητα αυξημένων βαθμών ηλεκτρικής απόδοσης (λόγω συνδυασμένου κύκλου και λόγω παραγωγής αερίου προϊόντος με υψηλή θερμογόνο δύναμη 150BTU/ft³)
- Πληθώρα δυνατοτήτων αξιοποίησης παραγόμενου καυσίμου αερίου
- Τα υγρά και τα στερεά απόβλητα που προέρχονται από την αεριοποίηση μπορούν να αξιοποιηθούν ενεργειακά σε αντίθεση με τα απόβλητα της καύσης

Τα βασικά μειονεκτήματα της αεριοποίησης είναι:

- Μικρή εμπειρία εφαρμογών
- Αυξημένη επικινδυνότητα, λόγω διακίνησης του καυσίμου αερίου
- Συγκριτικά μεγαλύτερα κόστη εγκατάστασης και λειτουργίας (πιλοτικός χαρακτήρας εφαρμογών). Το κόστος για την διαδικασία της αποτέφρωσης είναι περί τα 65€/tn ΑΣΑ, ενώ για την αεριοποίηση το κόστος κυμαίνεται μεταξύ 125 - 140€/tn ΑΣΑ. [8], [23]

2.1.2 Βιοχημικές Διεργασίες

Οι βιοχημικές διεργασίες, που ονομάζονται έτσι, επειδή είναι αποτέλεσμα μικροβιακής δράσης διακρίνονται στις:

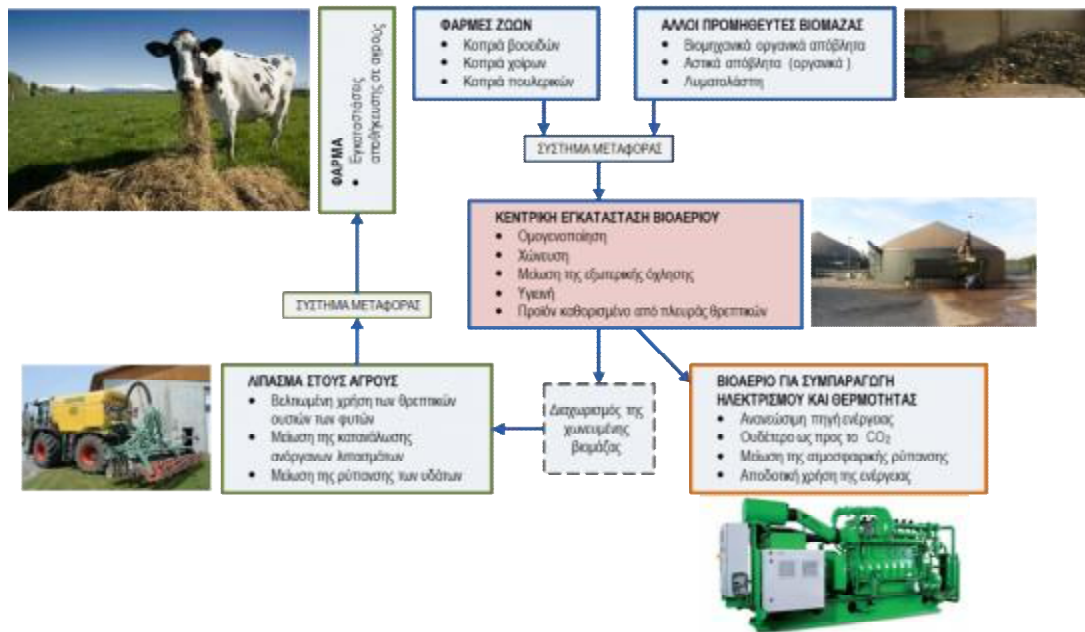
α) Αερόβια ζύμωση

β) Αναερόβια χώνευση

Στην περίπτωση της υπό μελέτη μονάδας διαχείρισης αστικών απορριμμάτων κρίνεται ως καταλληλότερη μέθοδος επεξεργασίας τους η αναερόβια χώνευση, η περιγραφή της οποίας ακολουθεί στην παρακάτω παράγραφο.

2.1.2.1. Αναερόβια βιολογική επεξεργασία – Αναερόβια χώνευση

Κατά την αναερόβια βιολογική επεξεργασία (αναερόβια χώνευση), πραγματοποιείται ελεγχόμενη αποδόμηση των οργανικών ουσιών με τη βοήθεια δράσης μικροοργανισμών κάτω από συνθήκες απουσίας οξυγόνου. Το αποτέλεσμα της διεργασίας είναι η παραγωγή σταθεροποιημένου οργανικού υλικού και αερίου. Από τη μια, το σταθεροποιημένου οργανικό υλικό μετά από περαιτέρω αερόβια σταθεροποίηση μπορεί να μετατραπεί σε κομπόστ (εδαφοβελτιωτικό, λίπασμα). Από την άλλη, το παραγόμενο αέριο, που καλείται βιοαέριο, αποτελείται κυρίως από υψηλής περιεκτικότητας μεθάνιο (CH₄) μέχρι και 60% και από διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Ωστόσο περιέχει και μικρές συγκεντρώσεις σε CO, H₂, N₂, O₂.



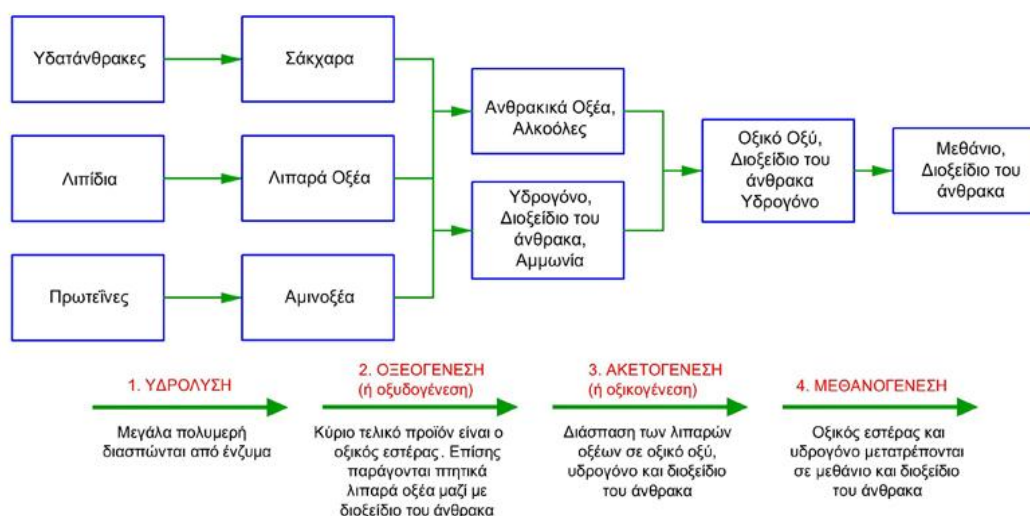
Εικόνα 8. Αναερόβια χώνευση [30].

Πιο συγκεκριμένα, η αναερόβια χώνευση είναι μια διεργασία που λαμβάνει χώρα στην υγρή φάση και χρησιμοποιείται σε υποστρώματα με σχετικά χαμηλή συγκέντρωση στερεών, και υγρασία που κυμαίνεται από 60% έως 95%. Επομένως, θα πρέπει πρώτα πριν την έναρξη της διαδικασίας τα αστικά απορρίμματα να υποστούν μια προεπεξεργασία, έτσι ώστε να διαχωριστεί το υγρό από το ξηρό οργανικό κλάσμα. [6]

Η βιολογική διεργασία περιλαμβάνει τέσσερις κύριες φάσεις :

- **Υδρόλυση:** Με τη βοήθεια ενζύμων που εκλύονται από υδρολυτικά βακτήρια γίνεται υδρόλυση των πολυμερών οργανικών ενώσεων (λίπη, πρωτεΐνες, πολυσακχαρίτες) και έπειτα μετατροπή τους σε υδατοδιαλυτά προϊόντα μικρότερου μοριακού βάρους (μονοσακχαρίτες, αμινοξέα, κτλ)
- **Ζύμωση:** Τα παραπάνω διαλυτά προϊόντα ζυμώνονται και μετατρέπονται σε μια ποικιλία ενδιάμεσων προϊόντων, όπως μικρού μήκους οργανικά οξέα, αλκοόλες, διοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και αμμωνία.
- **Οξεογένεση:** παραγωγή οξικού οξέος, CO₂ και O₂ από τα προϊόντα του προηγούμενου σταδίου με τη βοήθεια υποχρεωτικά οξεογενών βακτηρίων. Στη φάση αυτή το CO₂ είναι το κύριο συστατικό του βιοαερίου.
- **Μεθανοποίηση:** Τα προϊόντα της προηγούμενης φάσης μετατρέπονται σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα από τα μεθανιογενή βακτήρια. Τελικά προϊόντα της φάσης αυτής είναι αέριο μεθάνιο, διοξείδιο του άνθρακα και μεταλλικά άλατα. [7]

Στάδια αναερόβιας χώνευσης (ΑΧ)



Διάγραμμα 1. Στάδια Αναερόβιας Χώνευσης [30].

Η αναερόβια χώνευση εκτός του ότι μπορεί να λάβει χώρα αυθόρμητα σε αναερόβια περιβάλλοντα, όπως οι ΧΥΤΑ και οι χωματερές, μπορεί να λειτουργήσει κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες σε ειδικές εγκαταστάσεις (απολύτως κλειστούς αντιδραστήρες), με στόχο τη μείωση του όγκου των αστικών απορριμμάτων, τη μεγιστοποίηση του παραγόμενου μεθανίου, την ανάκτηση ενέργειας καθώς και τον έλεγχο των περιβαλλοντικών προβλημάτων και επιπτώσεων.

Διακρίνονται δύο κύρια συστήματα αναερόβιας χώνευσης αστικών απορριμμάτων:

1) Κλασσικό σύστημα

Αποτελείται από έναν αντιδραστήρα, με χρόνο παραμονής κάποιων εβδομάδων (10- 20 ημερών ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία, τις εξωτερικές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και τη σύσταση των αποβλήτων), στον οποίο συνήθως πραγματοποιείται ανάμιξη του περιεχομένου για την αποφυγή συσσώρευσης μεταβολικών προϊόντων που μπορούν να οδηγήσουν στη θανάτωση των ενεργών μικροβίων. Στην περίπτωση μη ανάμιξης δημιουργούνται τέσσερα στρώματα εντός του αντιδραστήρα, ενώ στην κορυφή αυτού γίνεται η συλλογή του παραγόμενου βιοαερίου.

2) Σύστημα υψηλού ρυθμού

Αποτελείται από δύο στάδια και περιλαμβάνει τουλάχιστον δύο αντιδραστήρες που λειτουργούν σε σειρά. Το ενεργό στάδιο της χώνευσης πραγματοποιείται στον πρώτο αντιδραστήρα. Τα περιεχόμενα του πρώτου αντιδραστήρα αναμιγνύονται πλήρως με προσθήκη νερού και ο χρόνος παραμονής τους

είναι ορισμένες ημέρες. Στη συνέχεια το περιεχόμενο του πρώτου αντιδραστήρα περνά στο δεύτερο αντιδραστήρα. Στο στάδιο αυτό δε γίνεται ανάμιξη και πραγματοποιείται καθίζηση του στερεού κλάσματος και διαχωρισμός του από το υγρό κλάσμα καθώς και από το αέριο κλάσμα το οποίο συλλέγεται στην κορυφή του αντιδραστήρα. Το συλλεγόμενο αέριο του δεύτερου σταδίου συνδυάζεται με αυτό του πρώτου αφού και σε αυτό παράγεται βιοαέριο.

Η απόδοση λειτουργίας αυτών των συστημάτων συνίσταται στην παραγωγή περίπου 100-150 m³ βιοαερίου ανά τόνο εισερχόμενων αποβλήτων, το θερμικό περιεχόμενο του οποίου είναι περίπου 37,75 MJ/Nm³.

Μετά τη συλλογή του παραγόμενου βιοαερίου, υφίσταται επεξεργασία καθαρισμού του που περιλαμβάνει την απομάκρυνση του υδρόθειου, της περιεχόμενης υγρασίας και συχνά της αμμωνίας. Επιπλέον, γίνεται διαχωρισμός και αφαίρεση του διοξειδίου του άνθρακα προκειμένου να βελτιωθούν τα χαρακτηριστικά του βιοαερίου σε επίπεδα φυσικού αερίου δικτύου. Έτσι, αφού καθαριστεί το βιοαέριο αποθηκεύεται και χρησιμοποιείται ως καύσιμο σε σύστημα συμπαραγωγής θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας.

Επειδή η αναερόβια χώνευση δεν είναι έντονα εξώθερμη και η βιολογικά παραγόμενη θερμότητα δεν επαρκεί για τη διατήρηση της θερμοκρασίας στο βέλτιστο επίπεδο, χρειάζεται η παροχή πρόσθετης εξωτερικής θερμότητας, η οποία μπορεί να προέλθει από την καύση του παραγόμενου βιοαερίου. Έτσι, μέρος της παραγόμενης ενέργειας χρησιμοποιείται για τη διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας στον αντιδραστήρα και για τις υπόλοιπες ενεργειακές ανάγκες της εγκατάστασης. Η περίσσεια θερμική και ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να διατεθεί σε δραστηριότητες εκτός εγκατάστασης.

Επομένως, συμπερασματικά το τμήμα της μονάδας συμπαραγωγής που αφορά την παραγωγή βιοαερίου θα αποτελείται από τα ακόλουθα μέρη:

- **Κλασσικό σύστημα ενός αντιδραστήρα:** Το προεπεξεργασμένο υγρό οργανικό κλάσμα των αστικών απορριμμάτων θα κατευθύνεται σε μια ειδική στεγανή δεξαμενή με σκοπό να γίνει η αποσύνθεσή του με τη δράση ειδικών μικροοργανισμών, έτσι ώστε να παραχθεί βιοαέριο.
- **Δίκτυο μεταφοράς:** Αποτελείται από αγωγούς που μεταφέρουν το παραγόμενο βιοαέριο από το σημείο παραγωγής του στο σημείο που γίνεται η αξιοποίησή του ως καύσιμο.
- **Μηχανοστάσιο:** Είναι το μέρος όπου βρίσκεται εγκατεστημένο το σύστημα ενός συνδυασμένου κύκλου (αεριοστρόβιλος-ατμοστρόβιλος-γεννήτριες), ώστε να μετατρέψει το βιοαέριο σε ηλεκτρική και θερμική ενέργεια. [5]

2.2. ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Η αναερόβια χώνευση είναι τις περισσότερες φορές η πιο συμφέρουσα οικονομικά βιολογική μέθοδος επεξεργασίας αποβλήτων, λόγω της υψηλής ανάκτησης ενέργειας (παραγωγή βιοαερίου) και των περιορισμένων περιβαλλοντικών επιπτώσεων του συστήματος κατά την λειτουργία του. Η διεργασία βρίσκει εφαρμογή εδώ και πολλές δεκαετίες, κυρίως στην επεξεργασία ιλύος, με στόχο την μείωση των στερεών και της υγρασίας (σταθεροποίηση της ιλύος). Ο σχεδιασμός αναερόβιων αντιδραστήρων που επιτυγχάνουν σημαντική μείωση των διαλυτών οργανικών σε μικρούς χρόνους παραμονής είχε ως αποτέλεσμα, η αναερόβια χώνευση να μπορεί να συναγωνισθεί τα αερόβια συστήματα και στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων. Επίσης, τα τελευταία χρόνια, λόγω της εκτεταμένης χρήσεως των Χ.Υ.Τ.Α που πλέον τείνουν να καταργηθούν, έχουν αναπτυχθεί βιολογικά συστήματα για την αναερόβια χώνευση του οργανικού κλάσματος των στερεών απορριμμάτων. [12], [26]

Γενικά, τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της αναερόβιας επεξεργασίας είναι:

- α) Η μικρή παραγωγή βιολογικής ιλύος,
- β) Η υψηλή απόδοση της επεξεργασίας,
- γ) το χαμηλό αρχικό κεφάλαιο,
- δ) η μη απαίτηση οξυγόνου,
- ε) η παραγωγή μεθανίου (καύσιμο),
- στ) οι μικρές απαιτήσεις σε θρεπτικά, και
- ζ) το χαμηλό λειτουργικό κόστος.

Από την άλλη μεριά, η σχετικά μεγάλη ευαισθησία της διεργασίας και η λειτουργία της σε υψηλές θερμοκρασίες (30-35°C ή 50-55°C) μπορούν να αποτελέσουν μειονεκτήματα για την αποδοτική εφαρμογή της. Σε γενικές γραμμές, η μέχρι τώρα εμπειρία από την λειτουργία των μονάδων έδειξε ότι η αναερόβια χώνευση είναι περισσότερο συμφέρουσα για επεξεργασία λυμάτων με οργανικό φορτίο πάνω από 2.000 mg COD/L. Ωστόσο δεν αποκλείεται η επιτυχία συστημάτων που λειτουργούν και κάτω από αυτό το όριο. [10], [22]

2.2.1. Αναερόβια επεξεργασία ιλύος

Η αναερόβια επεξεργασία της ιλύος έχει ως στόχο την μετατροπή της σε ένα αβλαβές και αφυδατωμένο υλικό. Κατά τη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης, ένα κλάσμα των οργανικών στερεών μετατρέπεται βιολογικά σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα, ενώ πολλοί παθογόνοι μικροοργανισμοί

καταστρέφονται. Το τελικό προϊόν είναι μια σταθεροποιημένη ιλύς που μπορεί να εναποτεθεί με ασφάλεια στο έδαφος.

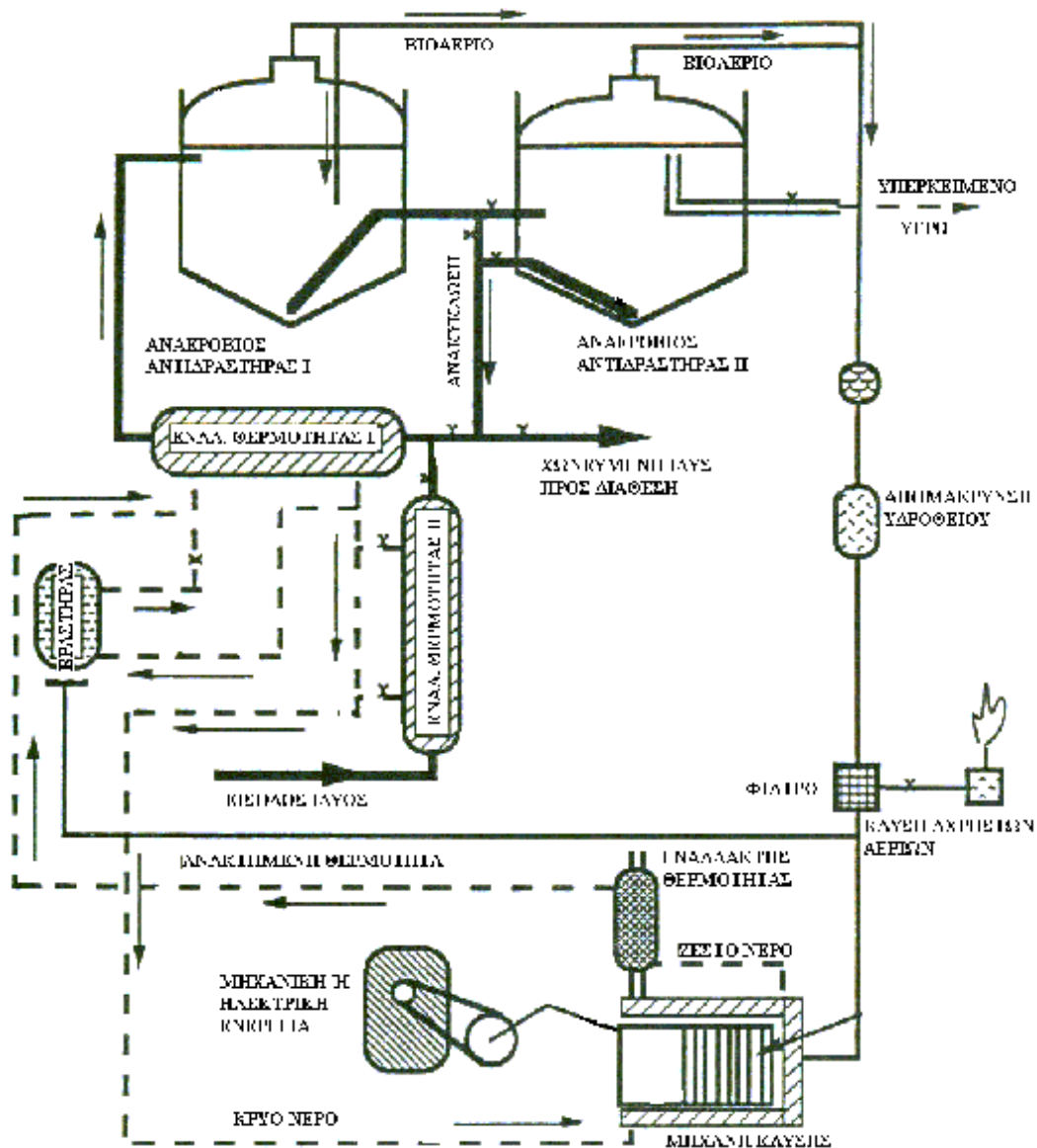
Η μείωση της μάζας και του όγκου της ιλύος από τη μετατροπή των πτητικών στερεών του οργανικού υλικού σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα, συνήθως φθάνει το 30-40% της αρχικής προστιθέμενης ποσότητας. Η σταθεροποιημένη ιλύς μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό σε αγροτικές καλλιέργειες καθώς περιέχει άζωτο, φώσφορο και άλλα θρεπτικά.

Όπως αναφέρθηκε για την αποδοτική λειτουργία ενός αναερόβιου αντιδραστήρα, απαιτείται να ρυθμιστούν διάφοροι παράμετροι του συστήματος όπως είναι το pH, η αλκαλικότητα, η θερμοκρασία, ο υδραυλικός χρόνος παραμονής κ.α. Στον πίνακα 3 αναφέρονται οι βέλτιστες και οι μέγιστες συνθήκες λειτουργίας αναερόβιας επεξεργασίας ιλύος. [1], [13]

Πίνακας 3. Περιβαλλοντικές και λειτουργικές συνθήκες για μέγιστη παραγωγή μεθανίου κατά την αναερόβια χώνευση ιλύος.

Μεταβλητή	Βέλτιστη τιμή	Ακραίες τιμές
pH	6.8-7.4	6.4-7.8
Οξειδοαναγωγικό δυναμικό (ORP) (mV)	-520 με -530	-490 με -550
Πτητικά οξέα (mg/l οξικού οξέος)	50-500	>2000
Θερμοκρασία		
Μεσόφιλη	30-35 °C	20-40 °C
Θερμόφιλη	50-56 °C	45-60 °C
Υδραυλικός χρόνος παραμονής (d)	10-15	7-30
Σύσταση βιοαερίου		
CH ₄ (%κ.ο)	65-70	60-75
CO ₂ (%κ.ο)	30-35	25-40

Το μεθάνιο που παράγεται από τη διεργασία μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί από το σύστημα (ως πηγή ενέργειας) για τη διατήρηση της θερμοκρασίας που λειτουργεί ο αντιδραστήρας καθώς και για την θέρμανση των κτιρίων, και την παραγωγή μηχανικής ή ηλεκτρικής ενέργειας. Στην εικόνα 9, παρουσιάζεται ένα τέτοιο ολοκληρωμένο σύστημα αναερόβιας επεξεργασίας ιλύος που χρησιμοποιεί το παραγόμενο μεθάνιο. [19]



Εικόνα 9. Αναερόβια χώνευση συστήματος με ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση βιοαερίου. Μελέτες έδειξαν ότι παράγονται περίπου 0.75 με 1.0 m³ βιοαερίου ανά kg πηθικών στερεών που απομακρύνονται. [13]

2.2.2. Αναερόβια επεξεργασία υγρών αποβλήτων

Η αναερόβια χώνευση αστικών λυμάτων μπορεί να αποτελέσει μια αποτελεσματική λύση για την διαχείριση των αποβλήτων αυτών. Πειραματικές μελέτες, καθώς και αντιδραστήρες που βρίσκονται ήδη σε λειτουργία, απέδειξαν ότι είναι εφικτή η αναερόβια επεξεργασία αστικών λυμάτων σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 20οC.

Οι καθοριστικοί παράγοντες για τη διεργασία είναι η θερμοκρασία των λυμάτων, οι συγκεντρώσεις τυχόν τοξικών ενώσεων, οι διακυμάνσεις στη ροή και την ποιότητα των λυμάτων και τα χαρακτηριστικά των αιωρούμενων στερεών. Σήμερα υπάρχουν εκατοντάδες αναερόβιοι χωνευτήρες που επεξεργάζονται υγρά αστικά λύματα κυρίως στις ανεπτυγμένες χώρες.

Το σημαντικότερο πρόβλημα των μονάδων αυτών είναι η σχετικά 'κακή' ποιότητα της απορροής, για το λόγο αυτό συνήθως είναι απαραίτητη η επεξεργασία της απορροής και με κάποια άλλη μέθοδο.

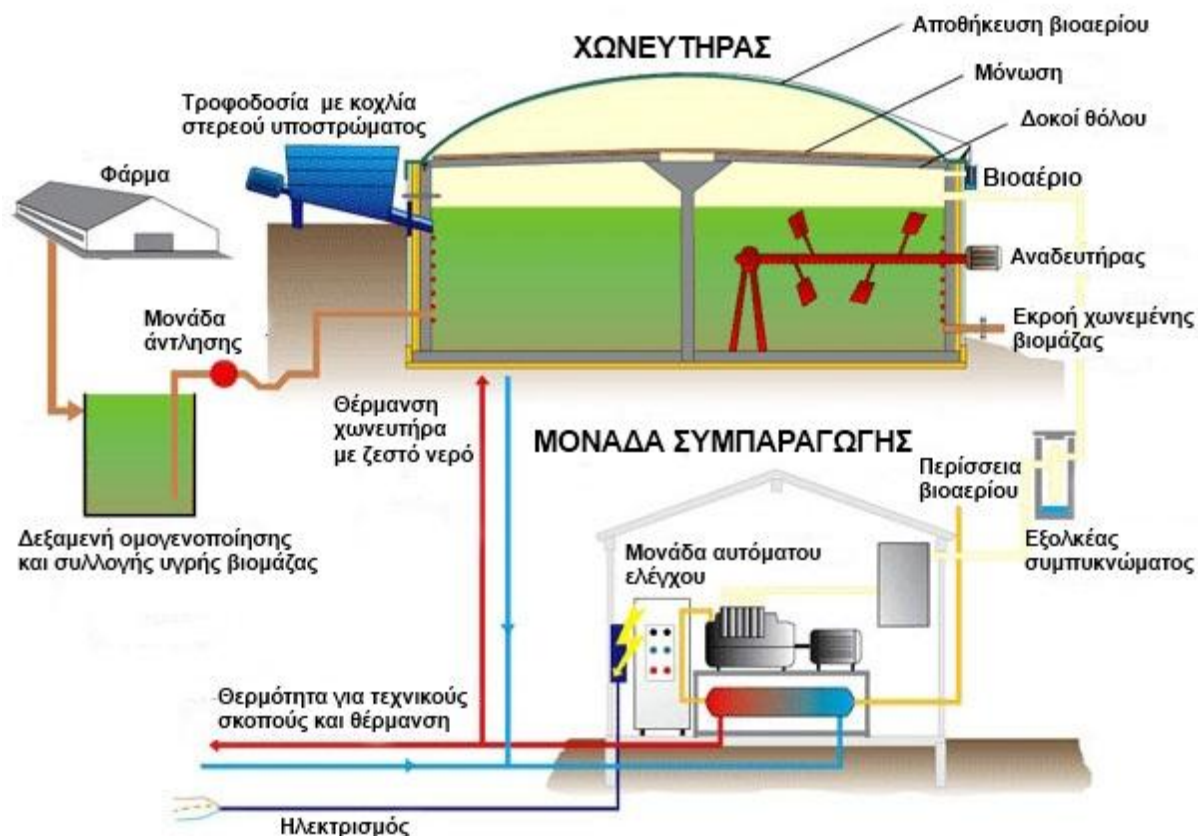
Επίσης η αναερόβια χώνευση εφαρμόζεται για την επεξεργασία βιομηχανικών υγρών αποβλήτων τα οποία περιέχουν υψηλό οργανικό φορτίο. Παράδειγμα τέτοιων αποβλήτων που μπορούν να διαχειριστούν με αναερόβια επεξεργασία είναι τα αγροτοβιομηχανικά απόβλητα. [13], [18]

2.2.3. Αναερόβια επεξεργασία στερεών αποβλήτων.

Με τον όρο στερεά απόβλητα εννοούμε συνήθως στα υλικά εκείνα που περιέχουν υγρασία κάτω από 85-90%. Υπάρχουν πολλά γεωργικά και βιομηχανικά απόβλητα που ικανοποιούν το κριτήριο αυτό. Ωστόσο, κυρίως αναφερόμαστε στα αστικά στερεά απορρίμματα, η ημερήσια παραγωγή των οποίων στην Ευρώπη ανέρχεται τους 400.000 τόνους. Λόγω των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκύπτουν από την εναπόθεση τους στους Χ.Υ.Τ.Α και της αναμενόμενης οδηγίας για την απαγόρευση της πρακτικής αυτής, αναζητούνται νέοι τρόποι για την επεξεργασία τους. Η αναερόβια χώνευση του οργανικού κλάσματος των στερεών απορριμμάτων είναι πλέον μια ανταγωνιστική μέθοδος επεξεργασίας.

Για τη διεργασία αυτή χρησιμοποιούνται αναερόβιοι αντιδραστήρες με μεγάλους χρόνους παραμονής αφού το περιοριστικό βήμα για τη λειτουργία των μονάδων είναι ο ρυθμός υδρόλυσης των στερεών. Επίσης, η ποιότητα των απορριμμάτων παίζει καθοριστικό ρόλο για την επιτυχή λειτουργία των χωνευτήρων. Έτσι, ο τρόπος διαλογής του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων καθώς και η ανάμιξη των στερεών απορριμμάτων με άλλα απόβλητα πλούσια σε οργανικό φορτίο καθορίζουν και την ποσότητα του μεθανίου που παράγεται. [14], [21]

2.3. ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΜΙΑ ΜΟΝΑΔΑ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ



Εικόνα 10. Τυπική μονάδα αναερόβιας χώνευσης [30].

Μία εγκατάσταση παράγει βιοαέριο και οργανικό λίπασμα αξιοποιώντας μεγάλη ποικιλία οργανικών πρώτων υλών (βιομάζα) όπως κτηνοτροφικά απόβλητα αγροτικά και αγροτοβιομηχανικά υπολείμματα και απόβλητα, καθώς και ενεργειακά φυτά. Μέσω της αναερόβιας χώνευσης αυτών των υλών παράγεται το βιοαέριο (βιομεθάνιο), το οποίο μετά από επεξεργασία μπορεί να:

- χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο της μηχανής μονάδας συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας,
- χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο οχημάτων,
- διατεθεί απευθείας σε δίκτυο φυσικού αερίου

Τα περισσότερα είδη υποστρώματος (βιομάζας, πρώτων υλών) μπορούν να αναμιχθούν μεταξύ τους. Η διαφορά έγκειται μόνο στο σύστημα τροφοδοσίας των υλικών αυτών [21].

Για βιομάζα στερεάς μορφής χρησιμοποιούνται κοχλιομεταφορείς, ενώ για υγρής μορφής χρησιμοποιούνται δεξαμενές με αντλιοστάσια. Οι βασικές υποδομές αποτελούνται από ανεξάρτητες μονάδες αντιδραστήρων διαμέτρου 8 – 24 μέτρων και ύψους έως 9 μέτρα. Αν αυξηθεί η ποσότητα της εισερχόμενης βιομάζας, τότε αυξάνεται ανάλογα και ο αριθμός των υπομονάδων (αντιδραστήρων). [4]

Η υγρή βιομάζα μπορεί να μεταφερθεί με σύστημα αντλιών και αγωγών αν το σημείο παραγωγής της (για παράδειγμα ένα βουστάσιο γαλακτοπαραγωγής) είναι σε μικρή απόσταση από την εγκατάσταση βιοαερίου ή με οχήματα όταν η απόσταση είναι μεγάλη. Ομοίως, η στερεά βιομάζα μπορεί να μεταφερθεί στην εγκατάσταση με ταινιομεταφορείς και με οχήματα για μικρές και μεγάλες αποστάσεις αντίστοιχα. Τα υγρά υλικά αποθηκεύονται αρχικά σε δεξαμενές προ-επεξεργασίας. Σε αυτές τις δεξαμενές τα υλικά ομογενοποιούνται και θερμαίνονται ή ψύχονται ώστε να επιτευχθεί η απαιτούμενη θερμοκρασία. Συνήθως μία τέτοια δεξαμενή έχει αποθηκευτική ικανότητα 2 – 3 ημερών. Τα στερεά υλικά μπορούν επίσης να τροφοδοτηθούν εντός αυτών των δεξαμενών ή του χωνευτήρα με κοχλιομεταφορείς.

Από τις δεξαμενές προ-επεξεργασίας τα υλικά μεταφέρονται στους χωνευτήρες (ή βιοαντιδραστήρες, δεξαμενές μεθανίου, δεξαμενή ζύμωσης) που αποτελούν και το κύριο μέρος της όλης εγκατάστασης. Ο βιοαντιδραστήρας είναι μία αεριο-στεγανή δεξαμενή που κατασκευάζεται από αντιδιαβρωτικό σκυρόδεμα ή μέταλλο με επίτηξη γυαλιού. Ο αντιδραστήρας είναι θερμομονωμένος. Οι υπολογισμοί για τη θερμομόνωση βασίζονται στις τοπικές κλιματικές συνθήκες. Προκειμένου να διαμορφωθούν οι κατάλληλες συνθήκες για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών η θερμοκρασία θα πρέπει να διατηρείται σε μεσόφιλη κατάσταση (30 – 41°C). Σε κάποιες περιπτώσεις επιλέγονται θερμοφιλες συνθήκες (θερμοκρασία ίση με περίπου 55°C). Η ανάμιξη της βιομάζας εντός του χωνευτήρα λαμβάνει χώρα με διάφορους τρόπους και εξαρτάται από το είδος της πρώτης ύλης, την υγρασία και άλλα χαρακτηριστικά. Η ανάμιξη μπορεί να γίνει από επικλινείς και υποβρύχιους αναδευτήρες. Όλα τα είδη αναδευτήρων κατασκευάζονται από ανοξείδωτο ατσάλι. [17], [21]

Οι χωνευτήρες θερμαίνονται με τη βοήθεια μέσων θερμότητας. Το σύστημα θέρμανσης είναι ένα δίκτυο σωλήνων, το οποίο μπορεί να κατασκευαστεί εντός των τοίχων του αντιδραστήρα ή να τοποθετηθεί στην εσωτερική πλευρά των τοίχων του αντιδραστήρα. Σε περίπτωση που η μονάδα είναι εξοπλισμένη με μονάδα συμπαραγωγής, ο χωνευτήρας μπορεί να θερμανθεί από το νερό ψύξης της γεννήτριας. Αν η εγκατάσταση προορίζεται μόνο για παραγωγή βιοαερίου τότε το θερμό νερό λαμβάνεται από ειδικό λέβητα βιοαερίου (ή φυσικού αερίου). Η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας μίας εγκατάστασης βιοαερίου ισούται συνήθως με 5 – 10% της παραγόμενης ενέργειας.

Όλη η διαδικασία ζύμωσης (χώνευσης) εκτελείται από αναερόβιους μικροοργανισμούς, οι οποίοι εγχέονται μέσα στο χωνευτήρα μόνο μία φορά κατά την εκκίνηση λειτουργίας (εκτός από τις περιπτώσεις που η βιομάζα εμπεριέχει ήδη τα κατάλληλα βακτήρια – π.χ. ζωικά απόβλητα). Ο χωνευτήρας είναι ερμητικά σφραγισμένος, διότι πρέπει να διατηρούνται συνθήκες πλήρους έλλειψης οξυγόνου. [14], [16]

Ως προϊόντα της αναερόβιας χώνευσης λαμβάνουμε: βιοαέριο και οργανικό/βιολογικό λίπασμα (υγρό και στερεό).

Το βιοαέριο αποθηκεύεται σε σύστημα κατακράτησης/προσωρινής αποθήκευσης. Εντός αυτού του συστήματος η πίεση και η σύνθεση του βιοαερίου εξισορροπούνται. Από το σύστημα κατακράτησης βιοαερίου αερίου, το βιοαέριο μεταφέρεται με τη βοήθεια συστήματος τροφοδοσίας αερίου σε σταθερή βάση προς το σύστημα συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας (Combined Heat and Power, CHP). Το σύστημα διαχείρισης βιοαερίου έχει ενσωματωμένες διατάξεις για την απομάκρυνση υγρασίας και υδρόθειου και για τη ρύθμιση των ιδιοτήτων του. Οι μεγάλες εγκαταστάσεις βιοαερίου είναι εξοπλισμένες με πυρσούς καύσης της τυχόν περίσσειας παραγόμενης ποσότητας. Στην περίπτωση κατά την οποία το παραγόμενο βιοαέριο δεν προορίζεται από τον ιδιοκτήτη της εγκατάστασης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ως τελικό προϊόν, τότε αυτή εξοπλίζεται με σύστημα απομάκρυνσης διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Επειδή η αναερόβια χώνευση είναι μία υψηλού επιπέδου και αποτελεσματικότητας διαδικασία επεξεργασίας αποβλήτων, η χωνεμένη βιομάζα αποτελεί οργανικό λίπασμα. Μέσω μηχανικού διαχωριστή η χωνεμένη βιομάζα χωρίζεται σε υγρό και στερεό κλάσμα και οδηγείται σε συστήματα αποθήκευσης. Το υγρό κλάσμα του διαχωριστή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη ρύθμιση της επιθυμητής υγρασίας μέσα στους αντιδραστήρες με ανακυκλοφορία ενός ποσοστού του. Το υπόλοιπο μπορεί να αξιοποιηθεί για άρδευση καλλιεργειών και υγρή λίπανση αφού είναι πλούσιο σε άζωτο (N). Το στερεό κλάσμα μπορεί να αξιοποιηθεί εμπορικά ως οργανικό λίπασμα, εδαφοβελτιωτικό, υλικό κάλυψης (π.χ. σε χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων), επιχωματώσεις, υλικό κατά την αποκατάσταση λατομείων κλπ.

Η εγκατάσταση βιοαερίου είναι ένα έργο το οποίο αποτελείται κατά 70-80% από ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό. Επομένως, μπορεί να ελέγχεται εξολοκλήρου από αυτόματα συστήματα και να λειτουργεί με την παρουσία ενός εξειδικευμένου ατόμου για χρονικό διάστημα περίπου 2 ωρών ανά ημέρα (για μία απλή εγκατάσταση). [9], [5]

2.4. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

2.4.1. Επιπτώσεις στον αέρα

Από τη στιγμή που η διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης διενεργείται σε κλειστούς χώρους και το παραγόμενο αέριο συλλέγεται προς επεξεργασία και αξιοποίηση, οι εκπομπές αερίων ρύπων είναι πολύ μικρές. Αέριες εκπομπές παρατηρούνται κατά την καύση του βιοαερίου και αφορούν κυρίως σε οξείδια του αζώτου και του θείου και δευτερευόντως σε άλλα προϊόντα της καύσης. Οι εκπομπές αυτές είναι παρόμοιες με τις εκπομπές από την καύση φυσικού αερίου. Η επικινδυνότητα των αερίων αυτών εκπομπών είναι σχετικά περιορισμένη και για το λόγο αυτό στις περισσότερες περιπτώσεις τέτοιων μονάδων ο έλεγχος τους είναι περιορισμένος. Στην περίπτωση που πριν την αναερόβια χώνευση δεν έχει προηγηθεί πρόγραμμα διαλογής στην πηγή, υπάρχει το ενδεχόμενο να υπάρχουν ουσίες υψηλότερης τοξικότητας στο βιοαέριο λόγω της πιθανής παρουσίας διαλυτών και άλλων επικίνδυνων ουσιών στο υπόστρωμα. Ο εκτενής έλεγχος των αποβλήτων κατά την είσοδο τους στη μονάδα επιτυγχάνει επαρκή αντιμετώπιση του κινδύνου αυτού.

Κατά την αναερόβια χώνευση οσμές παράγονται μόνο κατά την προετοιμασία του ρεύματος τροφοδοσίας και την επεξεργασία της χωνεμένης ιλύος, οι οποίες λαμβάνουν χώρα εκτός του βιοαντιδραστήρα. Ωστόσο, και αυτές οι διεργασίες πραγματοποιούνται εντός κτιρίων και ο αέρας υφίσταται επεξεργασία με βιόφιλτρα ή χημική έκπλυση, με αποτέλεσμα οι οσμές που απελευθερώνονται στο περιβάλλον να είναι πολύ χαμηλές. Είναι χαρακτηριστικό ότι σε πολλές περιπτώσεις, μονάδες αναερόβιας χώνευσης είναι χωροθετημένες σε βιομηχανικές περιοχές, σε απόσταση μικρή από άλλα κτίρια χωρίς να γίνονται παράπονα για όχληση. [24], [26]

2.4.2. Επιπτώσεις στα Νερά

Κατά την αναερόβια χώνευση υπάρχει περίσσεια νερού, το οποίο μπορεί να ανακυκλοφορεί εντός της διεργασίας. Στην περίπτωση της μη ανακυκλοφορίας του, το υγρό αυτό απόβλητο πρέπει να επεξεργάζεται σε κατάλληλη μονάδα είτε εντός της εγκατάστασης είτε εκτός αυτής. Οι ποσότητες των υγρών αυτών αποβλήτων υπολογίζονται σε 100 – 300 m³ ανά τόνο εισερχόμενων αποβλήτων.

Οι μονάδες που επεξεργάζονται οργανικά απόβλητα μετά από διαλογή στην πηγή τείνουν να παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες υγρών αποβλήτων, καθώς η υγρασία του ρεύματος τροφοδοσίας τους είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τα σύμμεικτα ΑΣΑ. [22], [24]

2.4.3. Επιπτώσεις στο έδαφος

Οι επιπτώσεις στο έδαφος έχουν σχέση με την εφαρμογή του παραγόμενου υλικού τύπου κομπόστ στο έδαφος, στην περίπτωση που τηρούνται οι σχετικές προδιαγραφές για εδαφική του διάθεση. Συνεπώς οι επιπτώσεις στο έδαφος είναι ίδιες με αυτές της αερόβιας επεξεργασίας.

2.4.4. Επιπτώσεις στο ακουστικό περιβάλλον

Από τη στιγμή που η διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης διενεργείται σε κλειστούς χώρους οι επιπτώσεις στο ακουστικό περιβάλλον είναι πολύ μικρές. Ωστόσο, αρκετές εγκαταστάσεις δέχονται παράπονα για θόρυβο, κυρίως από τη λειτουργία των ανεμιστήρων και των αντλιών κατά τη διάρκεια της νύχτας. Επίσης, σε περίπτωση παραγωγής ηλεκτρισμού από το βιοαέριο στην ίδια την εγκατάσταση όχληση προκαλούν και οι γεννήτριες, οι οποίες συχνά προκαλούν θόρυβο. [12], [24]

2.5. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ

2.5.1. Περιβαλλοντικά ζητήματα Ατμοσφαιρικό περιβάλλον και εκπομπές

Αν και τα επεισόδια ρύπανσης στις αγροτικές περιοχές είναι σπάνια η αναερόβια χώνευση αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην μείωση των αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου (ΑΦΘ) και ειδικότερα του CO₂, καθώς η αξιοποίηση του βιοαερίου προσφέρει την δυνατότητα αντικατάστασης των ορυκτών καυσίμων. Ειδικά στην περίπτωση της βέλτιστης αξιοποίησης του βιοαερίου το συνολικό ισοζύγιο εκπομπών από την αναερόβια χώνευση είναι θετικό.

Αξίζει να σημειωθεί ότι αν και το βιοαέριο αποτελεί ενεργειακή πηγή μικρής συνεισφοράς σε άνθρακα, οι ποσότητες εξαρτώνται από τον τρόπο που παράγεται το βιοαέριο. Στην περίπτωση όπου το βιοαέριο προέρχεται από υπολείμματα, απόβλητα, ή ενεργειακές καλλιέργειες που αναπτύσσονται σε εγκαταλελειμμένα εδάφη, τότε παρουσιάζονται πλεονεκτήματα σε ότι αφορά στα ΑΦΘ. Αντίθετα, η μετατροπή καλλιεργήσιμων εκτάσεων για την παραγωγή ενεργειακών καλλιεργειών και βιοκαυσίμων δημιουργεί ένα «δάνειο άνθρακα» εκλύοντας περισσότερο CO₂ από ότι η συνολική μείωση που παρέχει αυτή η πρώτη ύλη αντικαθιστώντας ορυκτά καύσιμα (σε ανάλυση κύκλου ζωής). Για το λόγο αυτό οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και θετικές επιδράσεις της αξιοποίησης του βιοαερίου απαιτούν προσεκτική αξιολόγηση και σχετίζονται με τη συγκεκριμένη θέση και έργο. [10], [11]

Το αναθεωρημένο Εθνικό Πρόγραμμα για τις κλιματικές αλλαγές, εκτιμά ότι η διείσδυση των ΑΠΕ μπορεί να συνεισφέρει μείωση των εκπομπών CO₂ της τάξης των 4,5 Mt CO₂- eq. Μεταξύ άλλων εκτιμάται ότι η Αναερόβια Χώνευση

ζωικών αποβλήτων χοίρων (35% των ζώων το 2010 και 50% των ζώων το 2015 αντίστοιχα) μπορούν να συνεισφέρουν σε μείωση των αερίων του θερμοκηπίου κατά 60.000t CO₂-eq το 2010 και 83.000t CO₂-eq το 2015. [26]

Σύμφωνα με εκτιμήσεις του ΚΑΠΕ, βασιζόμενες σε συντηρητικά σενάρια, υπολογίζεται ότι η Αναερόβια Χώνευση ζωικών αποβλήτων και αποβλήτων σφαγείων και γαλακτοβιομηχανιών θα μπορούσε να τροφοδοτήσει μονάδες συμπαραγωγής συνολικής ισχύος 350 MW με μέση ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας 1.121.389 MWh. Αυτό σημαίνει μία έμμεση μείωση CO₂ της τάξης των 729kt ανά έτος.

Οι οσμές είναι επίσης ένα πρόβλημα που εξαρτάται από κάθε συγκεκριμένη θέση και προκύπτει κυρίως από την διαχείριση της πρώτης ύλης και την αποθήκευσή της στην μονάδα βιοαερίου και την διεργασία της αναερόβιας χώνευσης. Μερικές από τις συστάσεις για μέτρα ελέγχου των οσμών είναι αυτές του περιορισμένου χρόνου αποθήκευσης, των διαδικασιών προσεκτικής διαχείρισης, της χρήσης συσκευών απόσμησης, όπου απαιτείται η χρήση τέτοιων συσκευών και η κάλυψη των επιμέρους τμημάτων. [24]

2.5.1.1. Έδαφος και Υδάτινοι πόροι

Σε ότι αφορά στα απόβλητα υπάρχουν συγκεκριμένες προδιαγραφές στη χρήση των εκροών (ιλύς) των βιολογικών καθαρισμών στη γεωργία (Υ.Α. 80568/4225/91, η οποία εναρμονίζει στο εθνικό δίκαιο την Οδηγία 86/278/ΕΚ). Η Υπουργική αυτή απόφαση θέτει όρια για τις συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στην ιλύ και στην συνολική συγκέντρωση βαρέων μετάλλων στο έδαφος, μεθόδους δειγματοληψίας και ανάλυσης, περιπτώσεις όπου η χρήση απαγορεύεται, κ.λπ. Σε αυτή την Υπουργική απόφαση υπάρχουν επίσης όρια της ποσότητας βαρέων μετάλλων που μπορούν να διατεθούν στις καλλιεργήσιμες εκτάσεις ανά έτος (mg/εκτάριο/έτος) με βάση μέσο όρο δεκαετίας.

Σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Οδηγίας 91/676/ΕΕΚ για τη νιτρορύπανση (ΚΥΑ 195652/1906/1999, ΦΕΚ 1575/Β), επτά ευαίσθητες περιοχές σχετικά με τον κίνδυνο ρύπανσης από γεωργικές δραστηριότητες έχουν επιλεγεί (πεδιάδες Θεσσαλίας, Κωπαΐδας, Αγρολίδας, Θεσσαλονίκης, Πρέβεζας-Άρτας και οι λεκάνες του Πηνειού και του Στρυμόνα). Στις περιοχές αυτές η εφαρμογή ειδικών Προγραμμάτων Δράσης έχουν σχεδιαστεί και είναι υποχρεωτικά για τους αγρότες των περιοχών αυτών.

Παράλληλα, τα ζωικά απόβλητα, λύματα οικισμών και αγροτο-βιομηχανικά απόβλητα μπορεί να περιέχουν ουσίες (βακτήρια, ιούς, παράσιτα, βαρέα μέταλλα, επιβλαβείς οργανικές ουσίες) που δυνητικά μπορούν να αποτελέσουν απειλή για τη δημόσια υγεία ή το περιβάλλον. [20]

2.5.1.2. Τοπίο και χρήση γης

Το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού & Αειφόρου Ανάπτυξης για τις ΑΠΕ θέτει κανόνες χωροθέτησης των έργων αυτών ανάλογα με την μορφή ΑΠΕ και την γεωγραφική ενότητα. Σε ότι αφορά στο βιοαέριο ως κατάλληλοι χώροι θεωρούνται οι περιοχές που βρίσκονται κοντά στην παραγωγή και διάθεση της πρώτης ύλης. Το Πλαίσιο προσδιορίζει κατηγορίες ζωνών αποκλεισμού, αλλά δεν υποδεικνύει συγκεκριμένες θέσεις (όπως για παράδειγμα στην περίπτωση των αιολικών).

Οι προτάσεις για χρήση των γεωργικών εκτάσεων που δεν χρησιμοποιούνται για την καλλιέργεια ενεργειακών φυτών, έχει ανοίξει κύκλο συζητήσεων, μεταξύ άλλων, σχετικά με τα αρνητικά αποτελέσματα σε σχέση με το αγροτικό τοπίο στην Ελλάδα (πχ. μείωση της βιοπικιοιλότητας, μεγάλη χρήση λιπασμάτων και παρασιτοκτόνων, αισθητική υποβάθμιση, μονοκαλλιέργεια και επιπτώσεις στο τοπίο). Μέχρι σήμερα διαφαίνεται ότι είναι προτιμότερη η αξιοποίηση βιοαερίου από ζωικά απόβλητα, υπολείμματα και απόβλητα, λύματα και αγροτο-βιομηχανικά υποπροϊόντα και ακατάλληλα φυτά για άλλους σκοπούς. [14], [23]

2.5.2. Κοινωνικοοικονομικά ζητήματα

Μερικά από τα κοινωνικά και οικονομικά ζητήματα που σχετίζονται με την αξιοποίηση βιοαερίου στην Ελλάδα είναι τα ακόλουθα:

- Αν και την τελευταία δεκαετία νέες μονάδες βιοαερίου κατασκευάστηκαν και λειτούργησαν, παραμένουν ακόμη εμπόδια που επιδρούν στην αξιοποίηση και ανάπτυξη του βιοαερίου στην Ελλάδα. Παρ' όλα αυτά καθώς το φυσικό αέριο διεισδύει όλο και περισσότερο στην ελληνική ενεργειακή αγορά, η παραγωγή βιοαερίου μπορεί να συμβάλει στην ενεργειακή διαφοροποίηση, ασφάλεια και αποδοτικότητα. [27]
- Σύμφωνα με το άρθρο 39 του νόμου 3428/27.12.2005 «Απελευθέρωση της Αγοράς Φυσικού Αερίου» (ΦΕΚ 313/Α/2005): «Η χρήση Συστημάτων Φυσικού Αερίου κατά τις διατάξεις του νόμου αυτού επιτρέπεται και για τη διακίνηση βιοαερίου, αερίου που παράγεται από Βιομάζα και άλλων τύπων αερίων, εφόσον αυτή είναι δυνατή, από τεχνική άποψη και πληρούνται οι προδιαγραφές ασφάλειας, αφού ληφθούν υπόψη οι απαιτήσεις ποιότητας και τα χημικά χαρακτηριστικά των αερίων αυτών».
- Ο νόμος για τις ΑΠΕ (Ν. 3468/2006) θέτει εγγυημένη τιμή πώλησης της ενέργειας από ΑΠΕ και Συμπααραγωγή στα 73€/MWh (75,82€/MWh για το 2007) για τα έργα βιοαερίου. Αν και θα πρέπει να εξεταστεί υψηλότερη τιμή για ηλεκτροπαραγωγή με βάση τον τύπο βιομάζας (δεν υπάρχει

διαφοροποίηση βασιζόμενη στον τύπο της βιομάζας) το κίνητρο αυτό εγγυάται ένα σταθερό εισόδημα για τους ιδιοκτήτες των μονάδων. [20]

- Η υλοποίηση μίας μονάδας βιοαερίου μπορεί να αυξήσει άμεσα ή έμμεσα την απασχόληση κατά την διάρκεια όλων των φάσεων του έργου (ειδικότερα κατά την κατασκευή και λειτουργία κεντρικών μονάδων). Ακόμη και στην περίπτωση των μικρών αγροτικών μονάδων η ημιαπασχόληση των αγροτών μπορεί να δώσει οφέλη και παράλληλα ευκαιρίες για νέο εισόδημα.
- Δεδομένου ότι το 56% του πληθυσμού των 27 κρατών μελών της Ε.Ε. ζούνε σε αγροτικές περιοχές, καταλαμβάνοντας το 91% της συνολικής έκτασης, η ανάπτυξη της υπαίθρου αποτελεί σημαντικό πεδίο πολιτικής. Ένα ενεργειακό σχήμα όπως μία μονάδα βιοαερίου συνεισφέρει όχι μόνο στην αξιοποίηση τοπικών πόρων, αλλά και στην βελτίωση των συνθηκών ζωής στις αγροτικές περιοχές, ενδυναμώνοντας παράλληλα την διαφοροποίηση της αγροτικής οικονομίας. Η διάσταση αυτή είναι σημαντική ειδικά για την Ελλάδα όπου οι αγροτικές περιοχές, παρ' όλες τις προσπάθειες ανάπτυξης, συνεχίζουν να παρουσιάζουν υψηλά ποσοστά ανεργίας και οι νέοι να αναζητούν δουλειά στα μεγάλα αστικά κέντρα ή να ημι- απασχολούνται.
- Ένα έργο βιοαερίου πρέπει να εναρμονιστεί στην συγκεκριμένη περιοχή και να γίνει αποδεκτό από τους κατοίκους και τον τοπικό πληθυσμό. Για το λόγο αυτό εκτός από την οικονομική ή τεχνολογική βιωσιμότητα ένα τέτοιο έργο πρέπει να εξασφαλίζει και «κοινωνική και περιβαλλοντική συμβατότητα» βασιζόμενο σε ενδεδειγμένη εξέταση του καθεαυτού έργου και την αποδοχή και συμμετοχή του κοινού. [3], [11], [17]

2.6. ΠΕΡΙΒΑΛΟΝΤΙΚΑ ΩΦΕΛΗ

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την διαχείριση και αξιοποίηση των αστικών απορριμμάτων για την παραγωγή ενέργειας είναι τα ακόλουθα:

1. Μείωση σε σημαντικό βαθμό των όγκων των αποβλήτων από τις χωματερές και την ύπαιθρο. Μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών στη χωνεμένη κοπριά και βελτίωση της απόδοσης της λίπανσης.
2. Αποτροπή του φαινομένου του θερμοκηπίου, το οποίο οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) που παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων. Το βιοαέριο που παράγεται μέσω της αναερόβιας χώνευσης αποτελεί μια «καθαρή» μορφή ενέργειας σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα. Δηλαδή, το συνολικό ισοζύγιο των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που παράγεται κατά την καύση του βιοαερίου είναι ισοδύναμο αυτού που απορροφάται κατά την παραγωγή του, άρα δεν επιβαρύνει την ατμόσφαιρα.

3. Λιγότερες εκπομπές οξειδίων του αζώτου και αιωρούμενων σωματιδίων, αφού οι μηχανές που καίνε βιοαέριο εκπέμπουν περίπου 60% φορές λιγότερο.

4. Αποφυγή της επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας με το διοξείδιο του θείου (SO₂) που παράγεται κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων και συντελεί στο φαινόμενο της “όξινης βροχής”. Η περιεκτικότητα της βιομάζας σε θείο είναι πρακτικά αμελητέα.

5. Μείωση της ενεργειακής εξάρτησης, που είναι αποτέλεσμα της εισαγωγής καυσίμων από τρίτες χώρες, με αντίστοιχη εξοικονόμηση συναλλάγματος.

6. Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και αύξηση της οικονομικής δραστηριότητας στην περιοχή όπου εγκαθίσταται η μονάδα. Για κάθε 1 MW εγκατεστημένης ισχύος προκύπτουν 2 - 3 θέσεις εργασίας. Μάλιστα, η EUBIA (European Biomass Industry Association) εκτιμά ότι ο τομέας της βιοενέργειας θα συνεισφέρει στη δημιουργία 1,5 εκατομμυρίων νέων θέσεων εργασίας ως το 2020 και 5,7 εκατομμυρίων θέσεων ως το 2050.

Ωστόσο, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι εμφανίζονται και κάποια μειονεκτήματα, όπως:

1. Ο μεγάλος όγκος των αστικών απορριμμάτων και η μεγάλη περιεκτικότητά τους σε υγρασία, ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας.

2. Η δυσκολία στη συλλογή, μεταποίηση, μεταφορά και αποθήκευσή τους, έναντι των ορυκτών καυσίμων.

3. Η οπτική παρενόχληση, εξαιτίας του ότι μια τέτοια μονάδα εγκατάστασης έχει αρκετά μεγάλο όγκο, ενώ παράλληλα οι καπνοδόχοι μεγάλου ύψους είναι ορατοί από μεγάλη απόσταση

4. Οι οσμές εξαιτίας κάποιων σποραδικών διαφυγών και διαρροών από την εγκατάσταση

5. Οι θόρυβοι: η μονάδα λόγω του μηχανολογικού εξοπλισμού προκαλεί κάποιο θόρυβο, π.χ. από τους εξαεριστήρες των μονάδων επεξεργασίας των αερίων.

6. Κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες: Μία τέτοια εγκατάσταση μπορεί από τη μια να έχει ως συνέπειες τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και την αύξηση της οικονομικής δραστηριότητας στη συγκεκριμένη περιοχή. Ταυτόχρονα, όμως μπορεί να έχει και αρνητικές επιπτώσεις στην αξία των ακινήτων της περιοχής αλλά και σε τοπικές βιομηχανίες, κυρίως βιομηχανίες τροφίμων.

Βέβαια, τα μειονεκτήματα αυτά μπορούν να απαλειφθούν βαθμιαία με την εφαρμογή της κατάλληλης τεχνολογίας και τη βελτίωση της. Επιπροσθέτως, όλα αυτά τα μειονεκτήματα αντισταθμίζονται πλήρως από τα γενικότερα

οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη, που είναι ουσιαστικής σημασίας για την ποιότητα της ζωής και το μέλλον της ανθρωπότητας. [5], [24]

2.7. ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ

Η εύρεση κατάλληλου χώρου και η βέλτιστη χωροθέτηση της μονάδας αποτελούν προϋπόθεση για την οικονομικά αποδοτική και κοινωνικά αποδεκτή λειτουργία της. Η μελέτη χωροθέτησης λαμβάνει υπ' όψιν τόσο το ιδιοκτησιακό καθεστώς της επιλεγμένης περιοχής όσο και την στάση της τοπικής κοινωνίας στην εγκατάσταση μιας μονάδας διαχείρισης απορριμμάτων. Παραδείγματα μακρόχρονων καθυστερήσεων και ακόμη και ματαίωσης έργων στον Ελληνικό χώρο υπάρχουν πολλά. Ιδιαίτερη μελέτη απαιτείται σε τουριστικές περιοχές ή περιοχές ιδιαίτερου κάλλους όπως και στην εδώ εξεταζόμενη περίπτωση. Η διαθεσιμότητα των εκτάσεων, ο σαφής καθορισμός της αξίας της γης και η δεδηλωμένη αποδοχή από την τοπική κοινότητα της προτεινόμενης θέσης είναι παράγοντες επικινδυνότητας που θα πρέπει να αντιμετωπιστούν πριν την έναρξη του έργου. [12]

2.8. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

Πρώτη ενέργεια στην αξιολόγηση της σκοπιμότητας εγκατάστασης μιας μονάδας παραγωγής ενέργειας με καύση βιοαερίου από απορρίμματα και βιομάζα αποτελεί η εκτίμηση της ανάγκης χρηματοδότησης του έργου. Κύριο πρόβλημα των μικρομεσαίων επιχειρήσεων αποτελεί η έλλειψη επαρκούς χρηματοδότησης. Καθώς τα έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι κατά πλειοψηφία μικρομεσαίου μεγέθους, αντιμετωπίζουν ορισμένα κοινά προβλήματα, όπως:

- μεγάλη ευπάθεια σε συνθήκες μεταβαλλόμενης αγοράς,
- υψηλούς δείκτες αποτυχίας σε σχέση με αντίστοιχες συμβατικές μονάδες,
- προτίμηση των τραπεζών προς μεγάλους ομίλους ή το δημόσιο τομέα ως δανειστές,
- ύπαρξη μικρής εμπειρίας στην οικονομική διαχείριση τέτοιων επιχειρήσεων και κατά συνέπεια δυσκολία από την πλευρά των τραπεζών στο να εκτιμήσουν την αξιοπιστία τους,
- υψηλά κόστη διαχείρισης σε συνδυασμό με εν γένει μικρά εγκρινόμενα δάνεια.

Σε σχέση με την ελληνική αγορά ιδιαίτερη αναφορά αξίζει να γίνει στις δυνατότητες χρηματοδότησης με συνεργασία δημοσίου και ιδιωτικού τομέα. Η υλοποίηση της μονάδας γίνεται με κεφάλαια του ιδιώτη και η αποπληρωμή προέρχεται από τα έσοδα της μονάδας για ένα συμφωνημένο χρονικό

διάστημα, στο τέλος του οποίου, η εκμετάλλευση της μονάδας επιστρέφει στο δημόσιο.

Τέλος, εξαιρετικά ελπιδοφόρα προοπτική για την διείσδυση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι η χρηματοδότηση μέσω του μηχανισμού καθαρής ανάπτυξης (CDM - Clean Development Mechanism) και η εισροή κεφαλαίου με διαπραγμάτευση τίτλων μείωσης εκπομπών. [16], [26]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

3.1. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟ

Η κοινή τεχνολογία για την παραγωγή βιοαερίου είναι η ζύμωση της πρώτης ύλης σε ειδικά διαμορφωμένους χωνευτές. Αυτά πρέπει να είναι αρκετά ισχυρά για να αντέχει τη συσσώρευση πίεσης και να παρέχει αναερόβιες συνθήκες για τα βακτήρια.

Σήμερα, υπάρχουν πολλές διαφορετικές τεχνολογίες. Γενικά, το μέγεθος των εγκαταστάσεων βιοαερίου μπορεί να ποικίλει από ένα μικρό σύστημα για νοικοκυριά μέχρι μεγάλες εγκαταστάσεις πολλών χιλιάδων κυβικών μέτρων. Μέγεθος ενός συστήματος αναερόβιας χώνευσης επηρεάζει τον εφοδιασμό του, ως εκ τούτου, είναι συχνά ενσωματωμένο κοντά στην πηγή της πρώτης ύλης.

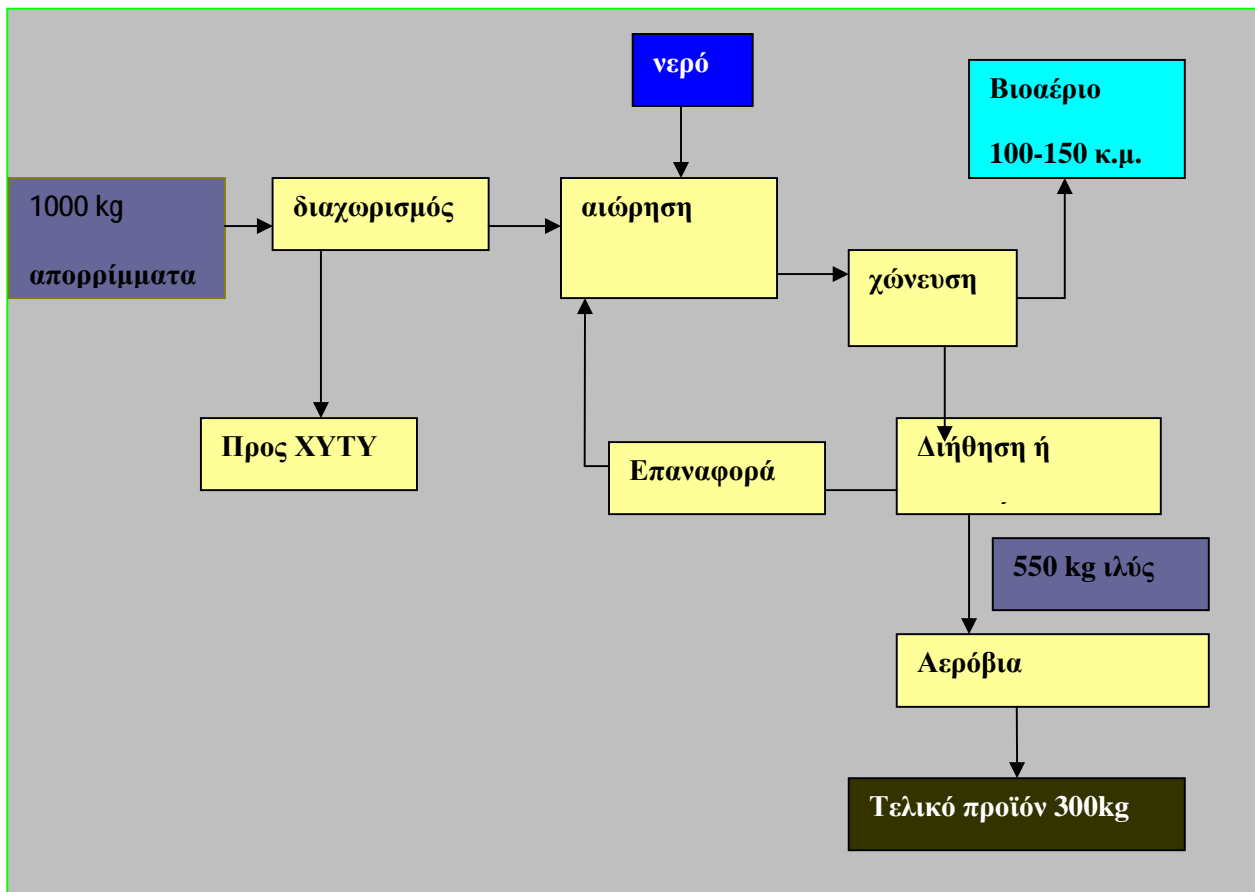
Η περιεκτικότητα σε νερό του υποστρώματος επηρεάζει το σχεδιασμό και τον τύπο του χωνευτήρα. Μία από τις πιο κοινές ταξινομήσεις σχετικά με την περιεκτικότητα σε νερό του υποστρώματος είναι η κατάταξη σε υγρή χώνευση όπου το σύστημα τροφοδοτείται με ξηρή μάζα με περιεκτικότητα υγρασίας μικρότερη από 15% και σε ξηρά χώνευση το οποίο τροφοδοτείται με ξηρό μάζα με περιεκτικότητα υγρασίας μεταξύ 20 και 40%. Η υγρή χώνευση συνήθως εφαρμόζεται στην κοπριά και την ιλύ καθαρισμού λυμάτων, ενώ η ξηρή χώνευση εφαρμόζεται συχνά στη ζύμωση των ενεργειακών καλλιεργειών.

Επιπλέον, οι χωνευτήρες μπορούν να χαρακτηριστούν από τον αριθμό των σταδίων της διαδικασίας. Ένα στάδιο και σε δύο στάδια χωνευτές είναι οι πιο κοινές τεχνολογίες σήμερα. Οι Μονοβάθμιοι χωνευτές δεν έχουν κανένα διαχωρισμό των διαφόρων βημάτων της διαδικασίας (υδρόλυση, οξίνιση, μεθανιοποίησης). Όλα τα στάδια της διαδικασίας διεξάγονται σε έναν μόνο χωνευτήρα. [4], [5], [14]

Οι Χωνευτές μπορούν επίσης να ταξινομηθούν σχετικά με τη διαδικασία πλήρωσης και το διάστημα συμπλήρωσης με πρώτη ύλη και περιλαμβάνουν τις ακόλουθες τεχνολογίες:

- Τύπος μιας πλήρωσης: Ο χωνευτής είναι γεμάτος από την αρχή, με τα προϊόντα της ζύμωσης και στη συνέχεια ολοκληρω το σύστημα αδειάζει.

- Τύπος σταδιακής πλήρωσης: Στην αρχή, η χωνευτή είναι γεμάτος μέχρι το 1/3, στη συνέχεια γεμίζει σταδιακά μέχρι να είναι πλήρης και στη συνέχεια ο χωνευτήρας αδειάζει.
- Τύπος συνεχούς πλήρωσης: Ο χωνευτήρας αρχικά γεμίζεται τελείως, κατόπιν η πρώτη ύλη προστίθεται και το χωνεμένο υλικό απομακρύνεται συνεχώς.
- Τύπος Pug συνεχούς ροής: Η πρώτη ύλη προστίθεται τακτικά στο ένα άκρο και ξεχειλίζει στο άλλο άκρο. Σε αυτό τον τύπο, ένα μέσο υποστήριξης παρέχεται για τα βακτήρια. [5]



Διάγραμμα 2. Τυπική μονάδα αναερόβιας χώνευσης.

3.2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Το προϊόν της ζύμωσης είναι το βιοαέριο, που αποτελεί κυρίως συνδυασμό μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα, τυπικά σε αναλογία 6:4 (55-80% μεθάνιο). Επιπλέον, υπάρχουν μικρές ποσότητες υδροθείου και ίχνη άλλων αερίων. [16]

Πίνακας 3. Σύνθεση βιοαερίου [16].

Τυπική σύνθεση του βιοαερίου	
Μεθάνιο	50-80%
Διοξείδιο του Ανθρακα	25-50%
Άζωτο	0-10%
Υδρογόνο	0-1%
Υδρόθειο	0-3%
Οξυγόνο	0-2%

3.3. ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ

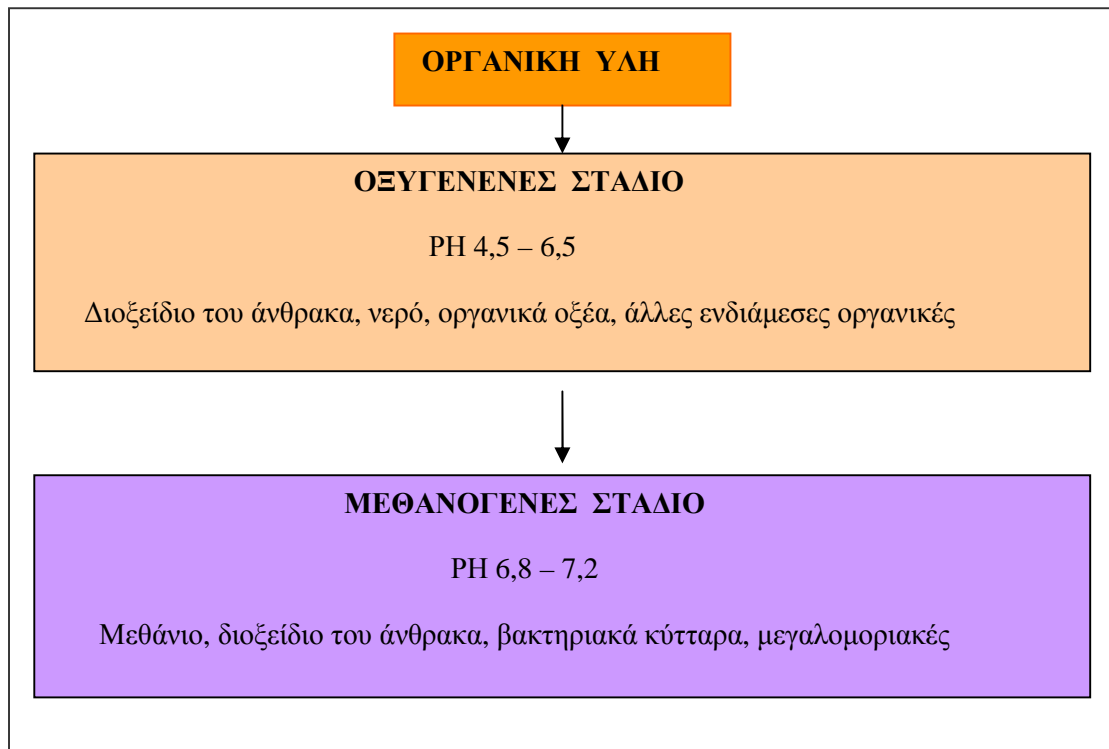
3.3.1. Διαδικασία ζύμωσης

Το βιοαέριο παράγεται μέσω αναερόβιας χώνευσης (ζύμωσης). Η οργανική ύλη διασπάται από μικροβιολογική δραστηριότητα με την απουσία αέρα. Συμβιωτικές ομάδες βακτηρίων έχουν διαφορετικές λειτουργίες στα διάφορα στάδια της διαδικασίας της ζύμωσης, προκειμένου να διασπασθούν τα σύνθετα οργανικά υλικά.

Υπάρχουν τέσσερις βασικοί τύποι των μικροοργανισμών που εμπλέκονται. Υδρολυτικά βακτήρια διασπούν σύνθετα οργανικά απόβλητα σε σάκχαρα και αμινοξέα. Στη συνέχεια με τη ζύμωση των βακτηριδίων μετατρέπουν αυτά τα προϊόντα σε οργανικά οξέα.

Η βιοαποδόμηση αναπτύσσεται σε δύο διακριτά στάδια, το οξυγενές και το μεθανογενές. Οξεογόνοι μικροοργανισμοί μετατρέπουν τα οξέα σε υδρογόνο, διοξείδιο του άνθρακα και οξικό οξύ. Τέλος, τα μεθανογενή βακτήρια παράγουν βιοαέριο από οξικό οξύ, υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί φαίνονται τα βασικά προϊόντα των δυο σταδίων της συνολικής διαδικασίας. [7]



Διάγραμμα 3. Στάδια αναερόβιας ζύμωση [18].

3.4. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΛΥΨΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΑΠΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟ

3.4.1. Υπολογισμός ενεργειακού ισοδύναμου

Το σημαντικότερο κομμάτι μιας μελέτης σκοπιμότητας είναι η κατ' αρχήν επιλογή της τεχνολογίας που θα χρησιμοποιηθεί και η σε πρώτη φάση εκτίμηση της δυναμικότητας της μονάδας. Λαμβάνονται υπ' όψιν οι τεχνικοί περιορισμοί, ο αναγκαίος χώρος για την εγκατάσταση και οι ίδιες απαιτήσεις της μονάδας σε ενέργεια.

Το πιο κατάλληλο σύστημα για την επεξεργασία των αστικών απορριμμάτων θεωρείται η συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) σε μηχανή καύσης. Η τεχνολογία (ΣΗΘ) έχει καταστεί τυποποιημένη τεχνολογία για την χρήση του ηλεκτρισμού και της θερμότητας. Η (ΣΗΘ) από βιοαέριο θεωρείται πολύ αποδοτική για την παραγωγή ενέργειας. [21]

Μια μηχανή (ΣΗΘ) έχει απόδοση μέχρι 90% και παράγει 35% ηλεκτρική ενέργεια και 65% θερμότητα. Συνήθως ένα μέρος της θερμότητας χρησιμοποιείται στους χωνευτές (θερμότητα διεργασίας) και περίπου τα 2/3 της παραγόμενης ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε άλλες χρήσεις, όπως π.χ. για την θέρμανση κατοικιών μέσω συστήματος τηλεθέρμανσης. Η πιο κατάλληλη χρήση της θερμότητας είναι η Βιομηχανία καθώς οι απαιτήσεις είναι σταθερές ολόκληρο το έτος.

Κατά την αναερόβια χώνευση, το κλασικό σύστημα ενός αντιδραστήρα παράγει 100-150 m² βιοαερίου ανά τόνο εισερχομένων οργανικών απορριμμάτων, επειδή δεν γνωρίζουμε την ακριβή σύσταση των απορριμμάτων θα λάβουμε ως υπόθεση για την συγκεκριμένη περίπτωση που εξετάζουμε την ελάχιστη απόδοση, δηλαδή 100 m², το θερμικό ισοδύναμο του οποίου κυμαίνεται από 20 έως 25 MJ/ m³. [5], [23]

Το παραγόμενο βιοαέριο θα τροφοδοτείται ως καύσιμο σε μια αεριομηχανή (αεριοστρόβιλο) συνολικού βαθμού απόδοσης $n_t = 85\%$,

με ηλεκτρικό βαθμό απόδοσης: $n_{ei} = 38\%$

και θερμικός βαθμός απόδοσης: $n_{th} = 47\%$.

Σύμφωνα με τα δεδομένα της περίπτωσης μας (πίνακας 2) τα οργανικά απορρίμματα αποτελούν το 37,3% του συνόλου των αστικών απορριμμάτων. Επίσης σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία τα αστικά απορρίμματα για κάθε κάτοικο στην Ελλάδα είναι (0,8–1,0 kg/κάτοικο/ημέρα). Εμείς στους υπολογισμούς μας θα λάβουμε την ελάχιστη τιμή (0,8 kg/κάτοικο/ημέρα), λόγω της κατανομής των κατοίκων σε αστικό και επαρχιακό περιβάλλον.

Η συνολική ετήσια ποσότητα αστικών απορριμμάτων και αντίστοιχων οργανικών θα είναι:

* Πληθυσμός της Ζακύνθου : 40758 κάτοικους

* Προσεγγιστικός υπολογισμός πληθυσμού λόγω τουριστικής κίνησης

Σύμφωνα με τα στοιχεία της ΕΛ.ΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική υπηρεσία) και του ΣΕΤΕ (Σύνδεσμος Ελληνικών Τουριστικών Επιχειρήσεων), για το έτος 2014 οι αφίξεις επιβατών αεροπορικώς έφτασαν τις 580.000 και με πλοία περίπου τις 400.000. Δηλαδή σύνολο τουριστών 980.000 και εάν λάβουμε κατά μέσω όρο 6 διανυκτερεύσεις έκαστος, τότε θα έχουμε:

$$980.000 * 6 = 5.880.000 \text{ διαν.}$$

Οι ανωτέρω διανυκτερεύσεις είναι εποχιακές, εάν κάνουμε αναγωγή των διανυκτερεύσεων σε ετήσια βάση, δηλαδή σαν να ήταν μόνιμοι κάτοικοι τότε ο πληθυσμός του νησιού θα είναι προσαυξημένος κατά

$$5.880.000 / 365 = 16.110 \text{ κάτοικους.}$$

Το σύνολο του πληθυσμού για τον υπολογισμό μας θα είναι:

$$C_{\text{πληθ.}} = 40.758 + 16.110 = 56.868$$

$$\mathbf{C_{\text{πληθ.}} = 56.868 \text{ κάτοικοι}}$$

Το σύνολο των οργανικών απορριμμάτων σύμφωνα με τον πληθυσμό θα είναι:

$$Q_{\text{οργαν}} = 56.868(\text{πληθυσμός}) * 0,8 * 0,373 * 365 = 6.193.835 \text{ kg/έτος}$$

ή

$$Q_{\text{οργαν}} = \mathbf{6.194 \text{ τόνους/έτος}}$$

Η ποσότητα βιοαερίου που θα παραχθεί από το κλάσμα των οργανικών θα είναι:

$$Q_{\text{βιοαερίου}} = \mathbf{100 * 6.194 = 619.400 \text{ m}^3}$$

Με δεδομένο ότι το βιοαέριο περιέχει μεθάνιο σε ποσοστό (55-70%) και η θερμογόνος δύναμη του βιοαερίου κυμαίνεται από 20-25 MJ/m³ (λαμβάνουμε για τους υπολογισμούς μας 23 MJ/m³), τότε η ετήσια θερμική ενέργεια που μπορεί να αποδώσει το παραγόμενο βιοαέριο είναι:

$$E_{\text{θερμ.}} = Q_{\text{βιοαερίου}} * 23 \text{ MJ / m}^3$$

$$E_{\text{θερμ.}} = \mathbf{14.246.200 \text{ MJ/έτος}}$$

Επομένως η ετήσια μεικτή ενέργεια (ηλεκτρική + θερμική) που θα παραχθεί από ένα (σύστημα αεροστροβίλου-γεννήτριας) με συνολικό βαθμό απόδοσης ($\eta_t=0,85$) υπολογίζεται:

$$E_{\text{total.}} = \eta_t * E_{\text{θερμ.}} = 0,85 * 14.246.200$$

$$E_{\text{total.}} = \mathbf{12.109.270 \text{ MJ/έτος}}$$

Από την ανωτέρω ενέργεια και σύμφωνα με τους επιμέρους βαθμούς απόδοσης του συστήματος παραγωγής ($\eta_{el} = 38\%$ και $\eta_{th} = 47\%$), η αντίστοιχη ενέργεια θα είναι:

$$E_{\eta_{el.}} = \eta_{el} * E_{\text{total.}} = 0,38 * 12.109.270 * 3.6$$

$$E_{\eta_{el.}} = \mathbf{1.278.200 \text{ KWh}}$$

(όταν 1 KWh=36.10⁵ J)

$$E_{\theta\epsilon\rho.} = \eta_{th} * E_{total} = 0,47 * 12.109.270 * 0,24$$

$$E_{\theta\epsilon\rho.} = 1.365.925 \text{ Mcal}$$

(όταν 1J = 0,24 cal)

Η οικονομική αντιστοίχιση αυτής της εν δυνάμει παραγομένης ενέργειας, εάν πάρουμε ως δεδομένο την σημερινή τιμή αγοράς της KWh από τη ΔΕΗ που είναι 0,08 ΕΥΡΟ / KWh και με αναγωγή της συνολικής (ηλεκτρική + θερμική) παραγομένης ενέργειας σε KWh [23], θα έχουμε:

$$E_{el} = (0,38 + 0,47) * 12.109.270 \text{ MJ} / 3,6$$

$$E_{el} = 2.859.133 \text{ KWh}$$

Το οικονομικό όφελος από αυτή την παραγομένη ενέργεια θα είναι:

$$Q_{ec.} = 2.859.133 * 0,08$$

$$Q_{ec.} = 228.730 \text{ ΕΥΡΟ}$$

3.4.2. Η εν δυνάμει εγκατεστημένη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος

Από την ανωτέρω ετήσια (πραγματική = 1.278.200 KWh) ηλεκτρική ενέργεια που προϋπολογίσαμε μπορούμε να υπολογίσουμε την ισχύ της γεννήτριας (εναλλακτήρα) παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος που θα εγκαταστήσουμε, με τις ακόλουθες παραδοχές:

- Οι ώρες λειτουργίας θα είναι **5.000 (h) ώρες** ετησίως ,γιατί η ποσότητα των απορριμμάτων είναι τέτοια που δεν μπορεί να τροφοδοτεί το σύστημα 24 ώρες την ημέρα και 365 ημέρες το χρόνο (8.760 ώρες). Έτσι αφαιρούμε νυχτερινές ώρες και περιόδους μειωμένης ποσότητας απορριμμάτων όπου το σύστημα δε θα λειτουργεί.

$$P = 1.278.200 \text{ KWh} / 5.000$$

$$P = 255 \text{ KW}$$

- Ο Ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης της γεννήτριας θα είναι $\eta = 0,95$, γιατί οι απώλειες θερμότητας σε τέτοιου είδους συστήματα είναι ελάχιστες. [14]

$$P = 1.278.200 \text{ KWh} * 0,95 / 5.000 \text{ h}$$

$$P = 243 \text{ KW}$$

Άρα θα εγκαταστήσουμε ένα σύστημα (αεριοστρόβιλο-γεννήτριας), με φαινόμενη ισχύ της γεννήτριας (εναλλακτήρα): **250 KVA.**

3.5. ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ

Η ανωτέρω υπό μελέτη μονάδα μετατροπής των οργανικών αστικών απορριμμάτων σε βιοαέριο θα επεξεργάζεται καθημερινώς:

$$Q_{\text{απορ.}} = 56.868 * 0,8 * 365 = 16.605.456 \text{ kg,}$$

$$Q_{\text{απορ.}} = 16.605 \text{ ton απορ. / έτος}$$

ή

$$Q_{\text{απορ.}} = 45,5 \text{ ton / ημέρα}$$

Η μονάδα πρέπει να εγκατασταθεί κοντά σε μια περιοχή που να διαθέτει σημαντικές ποσότητες αστικών απορριμμάτων, ώστε από τη μια να μπορεί να λειτουργεί και να εξυπηρετεί διαρκώς τους καταναλωτές της και από την άλλη να μην απαιτείται μεγάλο κόστος για τη μεταφορά των απορριμμάτων από το σημείο διαλογής τους. Παράλληλα πρέπει να βρίσκεται κοντά στους καταναλωτές θέρμανσης, γιατί όσο μεγαλύτερες είναι οι αποστάσεις τόσο η μεταφορά θερμότητας παρουσιάζει αυξημένες απώλειες και επιπλέον κόστος.

Για όλους αυτούς τους λόγους, επιλέγουμε να εγκαταστήσουμε τη μονάδα μας κοντά στην περιοχή όπου λειτουργεί ο ΧΥΤΑ της Ζακύνθου. Από το ΧΥΤΑ θα μεταφέρονται αστικά απορρίμματα με ειδικά φορτηγά και απορριμματοφόρα χωρητικότητας 20m^3 και θα αποθηκεύονται προσωρινώς σε κάποιους ειδικούς κατασκευασμένους χώρους αποθήκευσης της δικής μας μονάδας.

Ο όγκος των απορριμμάτων ανά ημέρα, αν λάβουμε ως δεδομένο ότι ($1\text{m}^3 = 220\text{ kg}$), θα είναι:

$$Q \text{ ημέρα} = 45,5 / 0,22 = \mathbf{207\text{ m}^3} .$$

Εάν υποθέσουμε ότι τα απορριμματοφόρα του Δήμου έχουν χωρητικότητα 20 m^3 τότε για την μεταφορά τους θα χρειαστεί να πραγματοποιηθούν ($207/20 = 10,4$) περίπου 10 δρομολόγια ημερησίως, τα οποία μπορούν να καλυφθούν με πέντε απορριμματοφόρα. Όταν κάθε απορριμματοφόρο χρειάζεται τρεις εργαζόμενους χρειάζονται συνολικά 15 εργαζόμενοι και εάν λάβουμε ως ετήσιο κόστος κάθε εργαζόμενου 15.000 ΕΥΡΩ τότε το συνολικό ποσό που χρειάζεται είναι:

$$15 * 15.000 = \mathbf{225.000\text{ ΕΥΡΩ}}$$

Από τους υπολογισμούς που πραγματοποιήσαμε για την εκμετάλλευση του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων, μέσω αναερόβιας ζύμωσης εξάγαμε ως αποτέλεσμα ένα οικονομικό όφελος της τάξης:

$$\mathbf{228.730\text{ ΕΥΡΩ/έτος.}}$$

Με μια απλή σύγκριση των ανωτέρω ποσών παρατηρούμε ότι από την παραγωγή ενέργειας σχεδόν καλύπτεται το εργατικό κόστος συλλογής και μεταφοράς των απορριμμάτων, που είναι ένα μεγάλο μέρος σε σχέση με τα κόστη συντήρησης, φθορών, καθώς και το λειτουργικό κόστος.

Στο σημείο αυτό μπορούμε να αναφέρουμε ότι η εναλλακτική πρόταση εκμετάλλευσης των απορριμμάτων δεν αξιολογείται μόνο με οικονομικά κριτήρια, παρότι καταρχήν φαίνονται ικανοποιητικά, αλλά ταυτόχρονα ικανοποιούνται οι συνθήκες τουριστικής ανάπτυξης και περιβαλλοντικής προστασίας της χώρας μας στα πλαίσια των μέτρων της Ευρωπαϊκής και της παγκόσμιας πολιτικής για την κλιματική αλλαγή.

3.6. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Πρόκειται περί αναερόβιας τεχνικής, όπου τα απόβλητα βρίσκονται σε στεγανό χώρο, απουσία αέρα. Επομένως δεν εκπέμπονται οσμές από τη διεργασία καθαυτή. Σε σχέση με την υπάρχουσα κατάσταση, θα υπάρξει σημαντική μείωση της δυσοσμίας σε όλη την γύρω περιοχή.

Ο ίδιος ο σταθμός συνιστά εντελώς κλειστό σύστημα που δεν επιτρέπει την εκπομπή ή τη διαφυγή οσμών. Επίσης, ένα από τα μεγάλα πλεονεκτήματα της αναερόβιας επεξεργασίας είναι η μείωση της δυσοσμίας των αποβλήτων πέραν του 90% και έτσι τα στερεά παράγωγα της επεξεργασίας δεν θα εκπέμπουν οποιοσδήποτε οσμές.

Τα παραγόμενα από την επεξεργασία στερεά, θα είναι πλήρως σταθεροποιημένα και δεν θα εκπέμπουν οποιοσδήποτε οσμές, σε αντίθεση με την παρούσα κατάσταση,

Αέρια απόβλητα προκύπτουν κατά την καύση του παραγόμενου βιοαερίου. Το προϊόν της καύσης είναι κυρίως, διοξείδιο του άνθρακα που όμως δεν προσμετράτε στο αρνητικό ισοζύγιο του CO₂, καθώς το βιοαέριο εμπίπτει στην κατηγορία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Επίσης με την αναερόβια χώνευση δεσμεύεται το μεθάνιο και καίγεται πριν φτάσει στην ατμόσφαιρα. Το μεθάνιο είναι πολύ πιο δραστικό θερμοκηπιακό αέριο από το CO₂.

Δεν αναμένεται ρύπανση των υπογείων υδάτων της περιοχής, αντιθέτως η χρήση σταθεροποιημένου εδαφοβελτιωτικού σε αντίθεση με τη μη επεξεργασμένη κοπριά, θα βοηθήσει στη μείωση της ρύπανσης των υδάτων.

Δεν αναμένεται ρύπανση του εδάφους της περιοχής. Η απόθεση του εδαφοβελτιωτικού υλικού σε καλλιεργήσιμη γη διενεργείται με την ενδεδειγμένη γεωργική πρακτική και λαμβάνοντας υπόψη πως υποκαθιστά τα λιπάσματα χημικής σύστασης, τεκμαίρεται πως δεν θα προκαλέσει σχεδόν καμία επίπτωση στο οικοσύστημα.

Η ηλεκτρική και θερμική ενέργεια που απαιτείται για την λειτουργία της εγκατάστασης παράγεται από την ίδια την μονάδα. Επομένως ενεργειακά η μονάδα είναι αυτόνομη. Περίπου το 15% της παραγόμενης ενέργειας αξιοποιείται σε ίδια χρήση εντός της μονάδας.

Τα οργανικά απορρίμματα υφίστανται αναερόβια χώνευση και στη συνέχεια διαχωρίζονται σε στερεά και υγρά. Το ανεπεξεργαστο υγρό που δημιουργείται κατά την αναερόβια επεξεργασία θα καταλήγει στους απορροφητικούς βόθρους. Ωστόσο, οι ποσότητες σε σχέση με τη παρούσα κατάσταση θα είναι

μειωμένες.

Το στερεό υλικό υπόκειται σε παραπέρα επεξεργασία ξήρανσης/ωρίμανσης και στη συνέχεια διατίθεται ως καλής ποιότητας εδαφοβελτιωτικό. Επομένως από το αρχικό απόβλητο προκύπτει στερεό προϊόν βελτιωμένης ποιότητας και αξιοποιήσιμο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΞΑΓΩΓΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ

4.1. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Για να μπορούμε να κάνουμε αξιολόγηση της προτεινόμενης και μελετώμενης αναερόβιας επεξεργασίας, του οργανικού κλάσματος των αστικών αποβλήτων της πόλης της Ζακύνθου, χρειάζεται μια στοιχειώδεις σύγκριση με άλλες μεθόδους επεξεργασίας. Στην περίπτωση μας θα περιοριστούμε σε μια σύγκριση με την μέθοδο της καύσης - παρότι η μέθοδος αυτή ενδείκνυται για μεγάλης κλίμακας εγκαταστάσεις, σε επίπεδο πολυπληθούς νομού ή περιφέρειας – όσο για άλλες μεθόδους θεωρούμε ότι για την συγκεκριμένη περίπτωση δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον εφαρμογής, καθότι δεν είναι αρκετά διαδεδομένες, δοκιμασμένες και εφαρμόσιμες.

4.1.1. Μέθοδος παραγωγής βιοαερίου

Μια μονάδα παραγωγής βιοαερίου δεν παρέχει μόνο τη δυνατότητα αξιοποίησης του ενεργειακού δυναμικού του βιοαερίου, αλλά συμμετέχει παράλληλα και στη συνολική επεξεργασία των αποβλήτων της δραστηριότητας που τα παράγει. Η παραγωγή βιοαερίου έχει αλληλένδετα οικονομικά, περιβαλλοντικά και άλλα οφέλη, όπως: μείωση των εισαγωγών καυσίμων, μικρότερες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (CO₂, CH₄, NO_x), εξοικονόμηση χρημάτων και αύξηση της απασχόλησης.

Το βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο μεταφορών αντικαθιστώντας τα συμβατικά καύσιμα σε ποσοστό που μπορεί να φτάσει το 15-20% ενώ ως αναβαθμισμένο βιοαέριο μπορεί να διοχετευτεί στο δίκτυο του φυσικού αερίου (όπου υπάρχει) και να χρησιμοποιηθεί και για παραγωγή υδρογόνου (fuel cell). [9]

Η αξιοποίηση της ενέργειας των οργανικών δημοτικών στερεών απορριμμάτων καθώς των εν δυνάμει αποβλήτων των γεωργοκτηνοτροφικών μονάδων και ειδικών βιομηχανικών οργανικών αποβλήτων μπορεί να γίνει σε μία κεντρική μονάδα βιοαερίου με κύρια προϊόντα το βιοαέριο και το οργανικό λίπασμα, λύση που φαίνεται ελκυστική για ένα νησί καθότι αποτελεί μια ολοκληρωμένη διαδικασία διαχείρισης με πολλαπλά οφέλη. [13]

Η οικονομικότητα μιας τέτοιας μονάδος βασίζεται κατ' αρχάς στο γεγονός ότι η πρώτη ύλη (οργανικό μέρος των απορριμμάτων και εν δυνάμει γεωργο-

κτηνοτροφικά απόβλητα κ.α.) έχει συχνά μηδενική ή αρνητική αξία και κατά δεύτερο λόγο, ότι τα προϊόντα της μονάδας έχουν αναμφισβήτητα εμπορική αξία. Ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας εμπίπτει σε διατάξεις Νόμου για πώληση ηλεκτρικής ενέργειας, η δε πώληση του πλεονάσματος της θερμότητας (θέρμανση κατοικιών μέσω τηλεθέρμανσης) μπορεί να αποδώσει επιπρόσθετα έσοδα.

Επιπλέον, η παραγωγή στερεού οργανικού υπολείμματος μπορεί να θεωρηθεί πηγή εσόδων αν το υπόλειμμα αυτό με διαχωρισμό και εξάτμιση να τροποποιηθεί κατάλληλα και να πωληθεί σαν στερεό (combust) και υγρό λίπασμα. [22]

Από τα προηγούμενα υπολογιστικά αποτελέσματα γίνεται φανερό ότι με τα δεδομένα στοιχεία του Δήμου η ενέργεια που δύναται να παραχθεί είναι σχετικά μικρή, όμως θεωρούμε ότι η ενεργειακή εκμετάλλευση των οργανικών απορριμμάτων μπορεί να επιτευχθεί και να είναι βιώσιμη εάν διευρυνθεί ο κύκλος της συλλογής οργανικών αποβλήτων από άλλες δραστηριότητες, όπως αγροτικά απόβλητα, κτηνοτροφικά, κ.α.

4.1.2. Μέθοδος αποτέφρωσης - Περιγραφή τεχνολογίας

Ως αποτέφρωση ορίζεται η ταχεία μετατροπή της χημικής ενέργειας σε θερμική, με οξειδωση της οργανικής ύλης των αποβλήτων, υπό συνθήκες περίσσειας οξυγόνου. Τα ανόργανα συστατικά των απορριμμάτων παραμένουν στο παραγόμενο στερεό υπόλειμμα. Τα κυριότερα είδη μονάδων αποτέφρωσης, που έχουν αναπτυχθεί, είναι δύο [13]:

- Μονάδες που απαιτούν ελάχιστη προεπεξεργασία των απορριμμάτων
- Μονάδες όπου χρησιμοποιούνται απορριμματογενή καύσιμα.

Η δυναμικότητα των μονάδων αποτέφρωσης κυμαίνεται μεταξύ 8 – 25 t/h και οι πλέον διαδεδομένοι τύποι είναι οι μονάδες αποτέφρωσης κινούμενων εσχαρών, περιστρεφόμενου κλιβάνου και ρευστοποιημένης κλίνης. Για απόβλητα με κατώτερη θερμογόνο δύναμη της τάξης των 8 MJ/kg (1.910 kcal/kg), η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκτιμάται σε **520 kWh/t** αποβλήτων.

Εάν από την παραπάνω ποσότητα αφαιρεθεί η ίδια κατανάλωση του εργοστασίου, που ανέρχεται σε 70 kWh/t, η περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας, που μπορεί να διατεθεί, είναι της τάξης των 450 kWh/t αποβλήτων. Για την εφαρμογή της αποτέφρωσης προϋπόθεση είναι τα ΑΣΑ να έχουν μια ελάχιστη κατώτερη θερμογόνο δύναμη 6 MJ/kg (1.433 kcal/kg), σε όλες τις εποχές του έτους και μια μέση ετήσια κατώτερη θερμογόνο δύναμη τουλάχιστον 7 MJ/kg (1.672 kcal/kg).

4.2. ΑΝΑΛΥΣΗ S.W.O.T (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats)

Με βάση όλα τα παραπάνω παρουσιάζεται ανάλυση SWOT (Πλεονεκτήματα, Αδυναμίες, Ευκαιρίες, Απειλές) όσον αφορά την αποτέφρωση των ΑΣΑ και την αναερόβια ζύμωση.

Πίνακας 4. Ανάλυση SWOT για την αναερόβια ζύμωση του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ

Strengths	Weaknesses
<ul style="list-style-type: none">• Δοκιμασμένη τεχνολογία.• Τόσο το βιοαέριο όσο και το παραγόμενο εδαφοβελτιωτικό είναι πιθανές πηγές εσόδων.• Συμβάλει θετικά στην μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.• Πολύ μεγάλο ποσοστό των υπολειμμάτων μπορεί να αξιοποιηθεί/επαναχρησιμοποιηθεί• Οι μονάδες σχεδιάζονται με τρόπο που μπορεί εύκολα να αυξηθεί η δυναμικότητα.• Το παραγόμενο βιοαέριο μπορεί μετά από καθαρισμό/αναβάθμιση να διοχετευθεί στο δίκτυο φυσικού αερίου.	<ul style="list-style-type: none">• Μη βιώσιμη τεχνολογία με αποκλειστικό έσοδο την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας.• Ανάγκη για εμπορική εκμετάλλευση και του παραγόμενου εδαφοβελτιωτικού.• Δεν επιτυγχάνεται μείωση του όγκου των ΑΣΑ προς επεξεργασία.• Η ποιότητα του παραγόμενου εδαφοβελτιωτικού βασίζεται στην «ποιότητα» των εισερχόμενων ΑΣΑ.• Ανάλογα με την χρησιμοποιούμενη τεχνολογία αναερόβιας ζύμωσης πιθανή παραγωγή ρεύματος υγρών λυμάτων προς επεξεργασία.• Το παραγόμενο βιοαέριο χρειάζεται επεξεργασία πριν τη χρήση για παραγωγή ενέργειας.
Opportunities	Threats
<ul style="list-style-type: none">• Μεγάλο εύρος πιθανών τεχνολογιών που μπορούν να καλύψουν διαφορετικές ανάγκες.• Δυνατότητα συνεπεξεργασίας αγροτικών-κτηνοτροφικών αποβλήτων με ταυτόχρονη αύξηση της απόδοσης σε βιοαέριο.• Τεχνολογία χαμηλού ρίσκου.	<ul style="list-style-type: none">• Η αγορά εδαφοβελτιωτικών εξελίσσεται ιδιαίτερα ανταγωνιστικά με αποτέλεσμα την ανάγκη για παραγωγή υψηλής ποιότητας εδαφοβελτιωτικού.• Οι πολλές διαφορετικές επιλογές τεχνολογίας καθιστούν δύσκολη την εκτίμηση του οικονομικού ρίσκου.

Πίνακας 5. Ανάλυση SWOT για την αποτέφρωση των ΑΣΑ

Strengths	Weaknesses
<ul style="list-style-type: none"> · Δυνατότητα λειτουργίας με ελάχιστη προεπεξεργασία των ΑΣΑ. · Μονάδες υψηλής δυναμικότητας. · Καλά εγκατεστημένη αγορά. τεχνολογιών αποτέφρωσης στερεών αποβλήτων σε παγκόσμιο επίπεδο. · Ελαστικότητα στην εποχική διακύμανση της ποσότητας προς επεξεργασία. · Επίτευξη μεγάλης μείωσης του όγκου των απορριμμάτων. · Με την χρήση συστημάτων συμπαραγωγής η απόβλητη θερμότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε τοπικές χρήσεις. · Δυνατότητα ανάκτησης μετάλλων από την παραγόμενη τέφρα. 	<ul style="list-style-type: none"> · Υψηλό κόστος κατασκευής. · Υψηλό κόστος απορρύπανσης των απαερίων. · Απαιτήση ύπαρξης Χώρου Υγειονομικής Ταφής Επικινδύνων για την παραγόμενη ιπτάμενη τέφρα. · Για την επίτευξη βέλτιστης οικονομίας κλίμακας απαιτούνται μονάδες μεγάλης δυναμικότητας και συμβόλαια παροχής αποβλήτων μεγάλης διάρκειας Χαμηλή ποιότητα ανακτημένων μετάλλων από την τέφρα.
Opportunities	Threats
<ul style="list-style-type: none"> · Επίτευξη οικονομίας κλίμακας. · Επίτευξη στόχων εκτροπής ΑΣΑ από την τελική διάθεση. · Η εισαγωγή πιλοτικού μεγέθους και χαμηλών εκπομπών μονάδων μπορεί να ανατρέψει την αρνητική δημόσια εικόνα της αποτέφρωσης στερεών αποβλήτων. 	<ul style="list-style-type: none"> · Κίνδυνος αστοχίας των συστημάτων επεξεργασίας απαερίων. · Κίνδυνος αύξησης του κόστους λόγω τελών πύλης του ΧΥΤ Επικινδύνων. · Μπορεί να θεωρηθεί ως αντικίνητρο για την ενδυνάμωση συστημάτων διαλογής στην πηγή. · Οι προδιαγραφές ασφάλειας και εκπομπών μπορεί να αυξήσουν σημαντικά το κόστος. · Οι τοπικές αντιδράσεις μπορούν να προκαλέσουν καθυστερήσεις στο σχεδιασμό και την υλοποίηση μονάδων αποτέφρωσης στερεών αποβλήτων. · Η ανάγκη για ύπαρξη σημαντικού καταναλωτή θερμότητας πλησίον της μονάδας συμπαραγωγής περιορίζει σημαντικά τις επιλογές χωροθέτησης.

Από την σύγκριση των ανωτέρω (SWOT) διαπιστώνουμε ότι η μέθοδος της αναερόβιας ζύμωσης για την παραγωγή βιοαερίου είναι η πλέον ενδεδειγμένη, όχι μόνο διότι ανταποκρίνεται σχετικά στον μικρό όγκο απορριμμάτων της νήσου, αλλά κυρίως, διότι έχει ήπια επίδραση στο φυσικό περιβάλλον και στην οικολογία αυτού, εάν λάβουμε υπόψη μας την αναγκαιότητα της διατήρησης αυτού, με στόχο την προοπτική της τουριστικής ανάπτυξης, καθότι η νήσος αποτελεί τουριστικό προορισμό μεγάλου ενδιαφέροντος.

4.3. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την διαχείριση και αξιοποίηση των αστικών απορριμμάτων για την παραγωγή ενέργειας είναι τα ακόλουθα:

1. Μείωση σε σημαντικό βαθμό των όγκων των αποβλήτων από τις χωματερές και την ύπαιθρο. Μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών στη χωνεμένη κοπριά και βελτίωση της απόδοσης της λίπανσης.

2. Αποτροπή του φαινομένου του θερμοκηπίου, το οποίο οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) που παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων. Το βιοαέριο που παράγεται μέσω της αναερόβιας χώνευσης αποτελεί μια «καθαρή» μορφή ενέργειας σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα. Δηλαδή, το συνολικό ισοζύγιο των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που παράγεται κατά την καύση του βιοαερίου είναι ισοδύναμο αυτού που απορροφάται κατά την παραγωγή του, άρα δεν επιβαρύνει την ατμόσφαιρα.

3. Λιγότερες εκπομπές οξειδίων του αζώτου και αιωρούμενων σωματιδίων, αφού οι μηχανές που καίνε βιοαέριο εκπέμπουν περίπου 60% φορές λιγότερο.

4. Αποφυγή της επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας με το διοξείδιο του θείου (SO_2) που παράγεται κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων και συντελεί στο φαινόμενο της "όξινης βροχής". Η περιεκτικότητα της βιομάζας σε θείο είναι πρακτικά αμελητέα.

5. Μείωση της ενεργειακής εξάρτησης, που είναι αποτέλεσμα της εισαγωγής καυσίμων από τρίτες χώρες, με αντίστοιχη εξοικονόμηση συναλλάγματος.

6. Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και αύξηση της οικονομικής δραστηριότητας στην περιοχή όπου εγκαθίσταται η μονάδα. Για κάθε 1 MW εγκατεστημένης ισχύος προκύπτουν 2 - 3 θέσεις εργασίας. Μάλιστα, η EUBIA (European Biomass Industry Association) εκτιμά ότι ο τομέας της βιοενέργειας θα συνεισφέρει στη δημιουργία 1,5 εκατομμυρίων νέων θέσεων εργασίας ως το 2020 και 5,7 εκατομμυρίων θέσεων ως το 2050.

Ωστόσο, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι εμφανίζονται και κάποια μειονεκτήματα, όπως:

1.Ο μεγάλος όγκος των αστικών απορριμμάτων και η μεγάλη περιεκτικότητά τους σε υγρασία, ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας.

2.Η δυσκολία στη συλλογή, μεταποίηση, μεταφορά και αποθήκευσή τους, έναντι των ορυκτών καυσίμων.

3.Η οπτική παρενόχληση, εξαιτίας του ότι μια τέτοια μονάδα εγκατάστασης έχει αρκετά μεγάλο όγκο, ενώ παράλληλα οι καπνοδόχοι μεγάλου ύψους είναι ορατοί από μεγάλη απόσταση

4.Οι οσμές εξαιτίας κάποιων σποραδικών διαφυγών και διαρροών από την εγκατάσταση

5.Οι θόρυβοι: η μονάδα λόγω του μηχανολογικού εξοπλισμού προκαλεί κάποιο θόρυβο, π.χ. από τους εξαεριστήρες των μονάδων επεξεργασίας των αερίων.

6.Κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες: Μία τέτοια εγκατάσταση μπορεί από τη μια να έχει ως συνέπειες τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και την αύξηση της οικονομικής δραστηριότητας στη συγκεκριμένη περιοχή. Ταυτόχρονα, όμως μπορεί να έχει και αρνητικές επιπτώσεις στην αξία των ακινήτων της περιοχής αλλά και σε τοπικές βιομηχανίες, κυρίως βιομηχανίες τροφίμων.

Βέβαια, τα μειονεκτήματα αυτά μπορούν να απαλειφθούν βαθμιαία με την εφαρμογή της κατάλληλης τεχνολογίας και τη βελτίωση της. Επιπροσθέτως, όλα αυτά τα μειονεκτήματα αντισταθμίζονται πλήρως από τα γενικότερα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη, που είναι ουσιαστικής σημασίας για την ποιότητα της ζωής και το μέλλον της ανθρωπότητας. [11], [24]

4.4. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Το οικονομικό όφελος μιας μονάδας εκμετάλλευσης του βιοαερίου, που θα παραχθεί από τα (ΑΣΑ), μέσω επεξεργασίας αναερόβιας ζύμωσης, είναι σημαντικό αν λάβουμε υπόψη μας ότι η σημερινή μέθοδος υγειονομικής ταφής έχει μηδενικό όφελος. Ταυτόχρονα η συνέχιση ενός τέτοιου τρόπου διαχείρισης δημιουργεί μακροχρόνια περιβαλλοντικά και οικολογικά προβλήματα που υπονομεύουν την προοπτική αιεφόρου ανάπτυξης της νήσου.

Συγκεκριμένα, το οικονομικό ισοζύγιο που μπορεί να προκύψει από τα υπολογιστικά στοιχεία, καθώς και τα εν δυνάμει κέρδη, από την διάθεση

της θερμικής ενέργειας μέσω τηλεθέρμανσης ή άλλου θερμικού ισοδυνάμου, από την διάθεση των στερεών υπολειμμάτων (compost), καθώς και από τις δαπάνες για το εργατικό κόστος, συντήρηση μηχανημάτων, ενέργεια για ιδιοκατανάλωση κ.α.

$$E_{\eta\lambda.} = 1.278.200 \text{ KWh} * 0,08$$

$$Q_{\text{οικ.}\eta\lambda.} = 102.256 \text{ EYRO/ year}$$

Η διάθεση της θερμικής ενέργειας πιθανολογούμε ότι θα χρησιμοποιηθεί για θέρμανση οικισμού (τηλεθέρμανση), με συνολικές απώλειες λόγω μεταφοράς και διανομής 15% (ωφέλιμο 85%), τότε στους υπολογισμούς μας θα έχουμε:

$$E_{\theta\epsilon\rho.} = 1.365.925 \text{ Mcal}$$

ή

$$E_{\theta\epsilon\rho.} = 1.365.925.000 \text{ Kcal} / 860 \text{ Kcal/ KWh}$$

Όπου (1 KWh = 860 Kcal)

$$E_{\theta\epsilon\rho.} = 1.588.284 \text{ KWh}$$

και

$$E_{\theta\epsilon\rho.} = 1.588.284 \text{ KWh} * 0,85 * 0,08$$

$$Q_{\text{οικ.}\theta\epsilon\rho.} = 108.003 \text{ EYRO/ year}$$

Το τελικό σταθεροποιημένο στερεό υπόλειμμα (compost), σύμφωνα με το διάγραμμα ροής του κεφαλαίου 3 είναι 30%, άρα η συνολική θα είναι:

$$Q = 6.194 \text{ ton/year} * 0,3$$

$$Q_{\text{compost}} = 1.858 \text{ ton/year}$$

Το υλικό αυτό μπορεί να πωληθεί ως εδαφοβελτιωτικό, με εμπορική (ενδεικτική) τιμή περίπου 40 EYRO/ton (όταν η τιμή των τυποποιημένων σάκων των 50 lt είναι 5-6 EYRO). Άρα θα έχουμε:

$$Q = 1.858 \text{ ton/year} * 40 \text{ EYRO/ ton}$$

$$Q_{\text{οικ. compost}} = 74.320 \text{ EYRO/ year}$$

Πίνακας 6. Ενδεικτικός πίνακας ενεργειακού-ποσοτικού ισοζυγίου

1	Ηλεκτρική Ενέργεια	13 * 10⁵ KWh
2	Θερμική Ενέργεια (σε KWh)	16 * 10⁵ KWh
3	Ποσότητα στερεού υπολείμματος(compost)	1.858 ton

Πίνακας 7. Προσεγγιστικός ενδεικτικός πίνακας οικονομικού ισοζυγίου

1	Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας	+102 * 10³ EYRO
2	Διάθεση θερμικής ενέργειας (σε ηλεκτρική)	+108 * 10³ EYRO
3	Διάθεση στερεών υπολειμμάτων (compost)	+ 74 * 10³ EYRO
4	Κόστος μεταφοράς – μισθοί εργαζομένων	-225 * 10³ EYRO

Στους ανωτέρω προσεγγιστικούς υπολογισμούς δεν λάβαμε υπόψη το κόστος διαλογής του μη οργανικού κλάσματος (γυαλί, πλαστικό, μέταλλο, κ.α), από το σύνολο των απορριμμάτων, καθώς θεωρούμε ότι σε ένα μεγάλο ποσοστό ο διαχωρισμός θα γίνεται κατ'οίκον, εφόσον δημιουργηθεί από το Δήμο πρόγραμμα διαλογής απορριμμάτων.Επιπλέον μπορεί να εξεταστεί η προοπτική το κόστος διαλογής να καλύπτεται στο μεγαλύτερο μέρος του από τα έσοδα της διάθεσης των ανακυκλώσιμων υλικών του μη οργανικού κλάσματος. Επίσης τα άχρηστα υλικά (πλαστικά, κ.α.) μπορούν να διατεθούν μετά από συμπύκνωση στο πλησιέστερο εργοστάσιο καύσης απορριμμάτων στην Ηπειρωτική χώρα, ακόμη και με οικονομική επιβάρυνση του Δήμου, ώστε να μην επιβαρύνεται το νησί από ένα ρυπαντή που δύσκολα αποδομείται.

4.5. ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Το προτεινόμενο μοντέλο διαχείρισης θα έχει θετικά αποτελέσματα στην τοπική κοινωνία του νησιού, καθότι:

- 1) Θα μπορεί ο Δήμος ή οι Δήμοι να μειώσουν τα ανταποδοτικά Δημοτικά τέλη.
- 2) Θα μειωθεί στο ελάχιστο η ρύπανση του περιβάλλοντος (οσμές, υδροφόρος, κ.α.)
- 3) Θα διατηρηθεί σε καλή κατάσταση το περιβάλλον και το οικοσύστημα, ώστε να αποτελεί θετικό παράγοντα ανάπτυξης του τουριστικού προϊόντος και της οικονομίας του νησιού.

4) Το έργο θα συμβάλει στην προστασία του περιβάλλοντος, και του οικοσυστήματος και σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά προγράμματα θα μπορεί να ενταχθεί ως επιλέξιμη δράση.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΕΞΑΓΩΓΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ

Μια μονάδα παραγωγής βιοαερίου δεν παρέχει μόνο τη δυνατότητα αξιοποίησης του ενεργειακού δυναμικού του βιοαερίου, αλλά συμμετέχει παράλληλα και στη συνολική επεξεργασία των Α.Σ.Α. (αστικών στερεών αποβλήτων), καθώς και της γεωργοκτηνοτροφικής δραστηριότητας του νησιού.

Η παραγωγή βιοαερίου έχει αλληλένδετα οικονομικά, περιβαλλοντικά και γεωργικά οφέλη, όπως: μείωση των εισαγωγών καυσίμων, μικρότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (CO_2 , CH_4 , NO_x), εξοικονόμηση χρημάτων και αύξηση της απασχόλησης στον πρωτογενή τομέα.

Το βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως καύσιμο μεταφορών αντικαθιστώντας τα συμβατικά καύσιμα, όμως στην περίπτωση μας θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και με παράλληλη παραγωγή θερμικής ενέργειας (ΣΗΘ).

Η οικονομικότητα μιας τέτοιας μονάδας βασίζεται κατ'αρχήν στο γεγονός ότι η πρώτη ύλη (οργανικό μέρος των απορριμμάτων, γεωργοκτηνοτροφικά απόβλητα κλπ) έχει συχνά μηδενική ή αρνητική αξία και κατά δεύτερο λόγο, ότι τα προϊόντα της μονάδας έχουν αναμφισβήτητη εμπορική αξία.

Η μονάδα ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας εμπίπτει σε διατάξεις του Νόμου για πώληση ηλεκτρικής ενέργειας στη ΔΕΗ (Ν.3468/2006) μέσω διασύνδεσης όπου για τη συγκεκριμένη μονάδα ανέρχεται στο ποσό των 102.000 Ε/έτος, η δε πώληση της θερμικής ενέργειας (τηλεθέρμανση, ή βιομηχανική χρήση) μπορεί να αποδώσει επιπρόσθετα έσοδα της τάξης των 108.000 Ε/έτος λειτουργίας.

Επιπλέον, η παραγωγή στερεού οργανικού υπολείμματος, μπορεί να αποτελέσει επίσης πηγή εσόδων, αν το υπόλειμμα αυτό με διαχωρισμό και εξάτμιση τροποποιηθεί κατάλληλα και πωληθεί ως στερεό (compost) ή ως υγρό λίπασμα. Σύμφωνα με την έρευνα που έχουμε πραγματοποιήσει και με τους υπολογισμούς τα έσοδα από αυτή την επεξεργασία μπορούν να φτάσουν το ποσό των 75.000Ε/ έτος.

ΕΞΑΓΩΓΗ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΠΡΟΤΑΣΗΣ

Σύμφωνα με την ανάπτυξη του θέματος και με βάση τα στοιχεία των υπολογισμών, η επιλογή της μεθόδου μιας ολοκληρωμένης διαχείρισης των αστικών απορριμμάτων, που μπορεί να δώσει τα καλύτερα περιβαλλοντικά αποτελέσματα και ταυτόχρονα να εξασφαλίσει ένα σημαντικό οικονομικό όφελος, το μέγεθος του οποίου θα εξαρτηθεί από την συνολική διαχείριση όχι μόνο των αστικών απορριμμάτων, αλλά και το σύνολο των αγροκτηνοτροφικών αποβλήτων του νησιού.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η σωστή και ολοκληρωμένη διαχείριση των πάσης φύσεως απορριμμάτων, αποτελεί υποχρέωση της χώρας μας έναντι της Ευρωπαϊκής Ένωσης και της Διεθνούς κοινότητας (Συμβάσεις Κιότο, Παρισιού, κ.α.).

Με βάση αυτό το πλαίσιο υποχρεώσεων αλλά και την δεσπόζουσα προοπτική τουριστικής ανάπτυξης, η νήσος Ζάκυνθος δια του Δήμου της οφείλει να ασκήσει πρωταγωνιστικό ρόλο, με στόχο την δημιουργία μιας μονάδας επεξεργασίας των (ΑΣΑ) και του αντίστοιχου φορέα διαχείρισης.

Η πρότασή μας είναι η λύση της αναερόβιας ζύμωσης και η παραγωγή βιοαερίου με την καύση του οποίου θα παραχθεί ηλεκτρικό ρεύμα και θερμική ενέργεια. Την λύση αυτή την θεωρούμε την πιο κατάλληλη για την προστασία του περιβάλλοντος με σημαντικό οικονομικό όφελος, το μέγεθος του οποίου θα προσδιορισθεί με ειδική αναλυτική μελέτη.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Gonzales, A. D. C., 'Financing Issues and Options for Small-Scale Industrial CDM Projects in Asia', Paper Prepared for FINESSE, United Nations Development Program (UNDP), Thailand, 2001.
2. Kottner, M., 'Dry Fermentation - A new method for biological treatment', International Biogas and Bioenergy Centre of Competence (IBBC), Jagst, Germany. p. 16, 2005.
3. Elsevier "Energy Production from Biomass (part 1): overview of biomass", Peter McKendry, Applied Environmental Research Center Ltd, Tey Grove, Elm Lane, Feering, Colchester Co5 9ES, UK, 6 July 2001.
4. Elsevier "Energy Production from Biomass (part 2): conversion technologies", Peter McKendry, Applied Environmental Research Center Ltd, Tey Grove, Elm Lane, Feering, Colchester Co5 9ES, UK, 6 July 2001.
5. Elsevier "Energy Production from Biomass (part 3): gasification technologies", Peter McKendry, Applied Environmental Research Center Ltd, Tey Grove, Elm Lane, Feering, Colchester Co5 9ES, UK, 6 July 2001.
6. Angelidaki, I. and Sanders, W, Assessment of the anaerobic biodegradability of macropollutants. Reviews in Environmental Science and Biotechnology, (2004).
7. Pind, P.F., Angelidaki, I., Ahring, B.K., Stamatelatou, K., and Lyberatos, G., Monitoring and Control of Anaerobic Reactors. Advances in Biochemical Engineering /Biotechnology, (2001).
8. Jonsson, O., Polman, E., Jensen, J.K., Eklund, R., Schyl, H. and S. Ivarsson. Sustainable gas enters the European Gas distribution system, Swedish Biogas Association, 2003.
9. Baadstorp. L. Biogas for community and beyond, October 2004.
10. Dieter Deublein and Angelika Steinhauser "Biogas from Waste and Renewable Resources". 2004.
11. Holm-Nielsen, J. B. Biogas for a sustainable clean environment, October 2004.

12. Αθανάσιος Κάτρης, Διευθύνων Σύμβουλος ΗΛΕΚΤΩΡ Α.Ε. «Διαχείριση Απορριμμάτων και Παραγωγή Ενέργειας», 11 Φεβρουαρίου 2009.
13. Α.Κατσίρη, «Διαχείριση Στερεών Απορριμμάτων και Ιλύος», 2003-2004.
14. Βουρδούμπας, Γ., Εισαγωγή στις Τεχνολογίες της Ενεργειακής Αξιοποίησης της Βιομάζας, 2002.
15. Ανδρεαδάκης Α., «Αρχές και Μέθοδοι Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων», 2009.
16. www.big-east.eu (biogas for Eastern Europe)
17. www.eubia.org (Ευρωπαϊκή βιομηχανία – Σύνδεσμος βιομάζας)
18. www.iea-biogas.net (IEA task 37 βιοαέριο)
19. www.biofuelstp.eu (Βιοκαύσιμα)
20. www.biogasaccepted.eu (Ευρωπαϊκά προγράμματα)
21. www.biogas-nord.de (Βιοαέριο στη βιομηχανία)
22. www.eedes.gr (Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων)
23. www.rae.gr (Ρυθμιστική αρχή ενέργειας)
24. www.cres.gr (Κέντρο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας)
25. www.minev.gr (Υπουργείο Περιβάλλοντος)
26. www.ypan.gr (Υπουργείο Ανάπτυξης)
27. www.statistics.gr (ΕΛΣΤΑΤ)
28. www.wikipedia.org (Βικιπαιδεια)
29. www.gnto.org.gr (Ελληνικός Οργανισμός Τουρισμού)
30. www.google.com