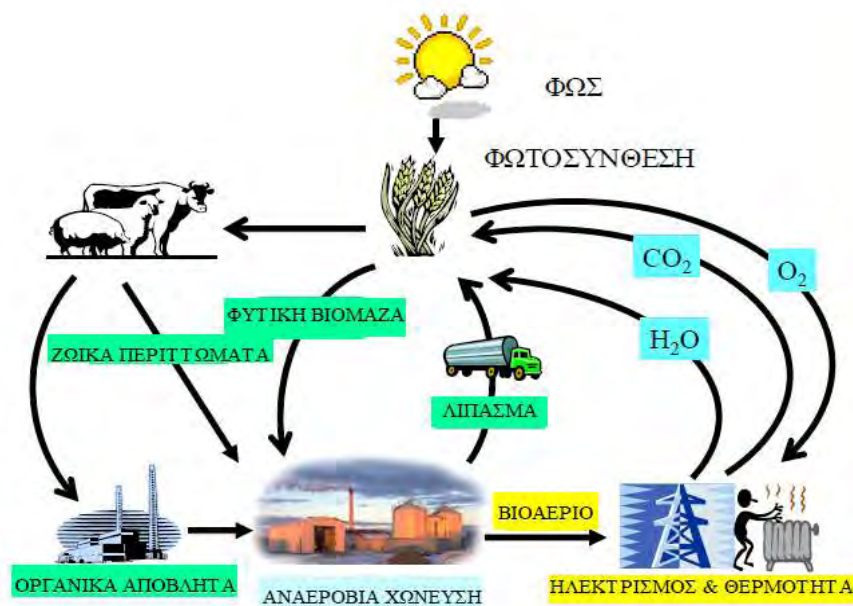


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ &
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΠΜΣ "Χωρική Ανάλυση και Διαχείριση Περιβάλλοντος"

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

«Η ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΖΩΙΚΗΣ
ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ»



ΠΑΠΑΛΕΞΙΟΥ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια

Όλγα Χριστοπούλου

ΒΟΛΟΣ 2012

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής: Δρ. Όλγα Χριστοπούλου
(Επιβλέπουσα) Καθηγήτρια, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας
και Περιφερειακής Ανάπτυξης
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής: Δρ. Αθανάσιος Κούγκολος
Καθηγητής, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας
και Περιφερειακής Ανάπτυξης
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής: Δρ. Παντολέον Σκάγιαννης
Καθηγητής, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας
και Περιφερειακής Ανάπτυξης
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική μεταπτυχιακή εργασία έγινε στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Χωρική Ανάλυση και Διαχείριση Περιβάλλοντος». Αποτελεί απόρροια στενής συνεργασίας με την επιβλέπουσα μου, Καθηγήτρια Όλγα Χριστοπούλου, την οποία ευχαριστώ θερμά για την υπομονή, τη συμπαράσταση και τις συμβουλές της.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω θερμές ευχαριστίες στους Καθηγητές – μέλη της τριμελούς επιτροπής Παντολέον Σκάγιαννη και Αθανάσιο Κούγκολο, όπως επίσης και στους λοιπούς καθηγητές του Μεταπτυχιακού Προγράμματος για την άψογη συνεργασία τους και τη συνεισφορά τους στη διεύρυνση των γνώσεων μου.

Παπαλεξίου Ευάγγελος

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της ενεργειακής αξιοποίησης των αποβλήτων που παράγονται από τις κτηνοτροφικές μονάδες της Περιφέρειας Θεσσαλίας.

Αρχικά, γίνεται μια περιγραφή των κυριότερων τεχνολογιών ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας, καθώς και του νομοθετικού πλαισίου που διέπει τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και την αξιοποίησή τους. Στη συνέχεια παρουσιάζεται αναλυτικότερα η μέθοδος των αναερόβιας χώνευσης των αποβλήτων, η οποία αποτελεί τη σημαντικότερη μέθοδο ενεργειακής αξιοποίησής τους.

Παράλληλα, αναλύονται οι κυριότεροι τρόποι αξιοποίησης του παραγόμενου βιοαερίου και οι εφαρμογές του. Γίνεται ο υπολογισμός του συνολικού όγκου των παραγόμενων κτηνοτροφικών αποβλήτων στην Περιφέρεια Θεσσαλίας, καθώς και του ενεργειακού περιεχομένου τους σε ετήσια βάση.

Τέλος, παρουσιάζεται η παρούσα κατάσταση, όσον αφορά το βιοαέριο, στην Ελλάδα και στην υπόλοιπη Ευρώπη και αναλύονται οι περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις από την ενεργειακή αξιοποίηση των αποβλήτων.

Λέξεις κλειδιά: Ενεργειακή αξιοποίηση, απόβλητα ζωικής προέλευσης, βιοαέριο, αναερόβια χώνευση.

Abstract

The objective of this study is the investigation of the energy utilization of animal waste, produced in farms of the Region of Thessaly.

Initially, the most important technologies of energy utilization of biomass and the relevant legislation about the Renewable Energy Resources are presented. Then, the method of anaerobic digestion, which is the most important method, is described analytically.

Furthermore, the main ways of the energy use of produced biogas and its applications are presented. The total volume of animal waste produced in the Region of Thessaly and their energy potential in a yearly basis, are calculated.

Finally, the present situation in Greece and in the rest of Europe, as it concerns the biogas production, is described and the environmental, social and economic impacts from the energy exploitation from the animal waste are referred.

Key words: Energy exploitation, animal waste, biogas, anaerobic digestion.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ	11
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	12
1.3 Η ΒΙΟΜΑΖΑ ΚΑΙ ΟΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ	13
1.3.1 ΘΕΡΜΟΧΗΜΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ	16
1.3.2 ΒΙΟΧΗΜΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ	17
1.3.3 ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ.....	18
1.4 ΤΟ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	19
1.4.1 ΤΟ ΝΕΟ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	19
1.4.2 Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΚΥΡΙΟΥ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ	23
2 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ	27
2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ	27
2.2 Η ΒΙΟΧΗΜΙΚΗ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ.....	30
2.3 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ	35
2.3.1 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΙ pH.....	35
2.3.2 ΠΤΗΤΙΚΑ ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ.....	37
2.3.3 ΑΜΜΩΝΙΑ	37
2.3.4 ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΑ, ΘΡΕΠΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΚΑΙ ΤΟΞΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ.....	38
2.4 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	39
2.4.1 ΟΡΓΑΝΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ	39
2.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ	40
2.5.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	40
2.5.2 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ.....	41
3 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ	43
3.1. ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	43
3.2. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ.....	43

3.3. ΑΜΕΣΗ ΚΑΥΣΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.....	44
3.4. ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	45
4 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ	48
4.1. ΚΥΡΙΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	48
4.2 ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	48
4.2.1 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΚΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ	48
4.2.2 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΑΓΡΟΚΤΗΜΑΤΟΣ.....	49
4.3. ΚΟΙΝΕΣ (ΚΕΝΤΡΙΚΕΣ) ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ.....	50
5 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ	54
5.1. ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	54
5.1.1 ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΑΠΟ ΒΟΥΣΤΑΣΙΑ	55
5.1.2 ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΑΠΟ ΧΟΙΡΟΣΤΑΣΙΑ	56
5.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΩΝ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	57
5.3 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	58
6 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ	63
6.1 Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ.....	63
6.1.1. ΑΥΣΤΡΙΑ.....	64
6.1.2. ΣΟΥΗΔΙΑ: ΤΟ ΒΙΟΜΕΘΑΝΙΟ ΣΑΝ ΚΑΥΣΙΜΟ ΟΧΗΜΑΤΩΝ.....	66
6.1.3. ΓΕΡΜΑΝΙΑ	66
6.1.4. ΙΤΑΛΙΑ	67
6.1.5. ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ	68
6.2. ΤΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ – ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ.....	68
6.3. ΤΟ Κ.Α.Π.Ε. ΚΑΙ Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ	72
7 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ	75
7.1. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ.....	75
7.1.1. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΕΚΠΟΜΠΕΣ	75
7.1.2. ΕΝΕΡΓΕΙΑ	78
7.1.3. ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ	78

7.1.4. ΕΔΑΦΟΣ.....	78
7.1.5. ΤΟΠΙΟ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΓΗΣ	79
7.1.6. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	79
7.1.7. ΧΡΗΣΗ ΛΙΠΑΣΜΑΤΟΣ.....	79
7.2. ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ.....	80
7.2.1. ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ	80
7.2.2. ΑΓΡΟΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ.....	81
7.2.3. ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΑΠΟΔΟΧΗ.....	81
7.2.4. ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΥΓΕΙΑΣ.....	82
7.3. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	82
7.3.1. ΑΓΡΟΤΙΚΟ ΕΙΣΟΔΗΜΑ	83
7.3.2. ΟΡΥΚΤΟΙ ΠΟΡΟΙ	83
7.3.3. ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	84
8 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ	85
8.1. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	85
8.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	86

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ, ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΩΝ

Σχήμα 2.1: Ο αειφόρος κύκλος του βιοαερίου από χώνευση (<i>Holm- Nielsen, et al. 2009</i>).....	26
Σχήμα 2.2: Τα κύρια βήματα της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης (<i>Al. Seadi, 2003</i>).....	29
Σχήμα 3.1: Επισκόπηση των ρήσεων του βιοαερίου (<i>Smith, 2003</i>).....	41
Πίνακας 3.1: Σύνθεση του βιοαερίου (<i>Laaber, et al. 2006</i>).....	42

Εικόνα 3.1: Καυστήρας βιοαερίου για την παραγωγή θερμότητας.....	44
Εικόνα 4.1: Εγκατάσταση βιοαερίου οικογενειακής κλίμακας στο Πακιστάν (<i>Bio-gas-plant.blogspot.com</i>).....	47
Εικόνα 4.2: Εγκατάσταση βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος στη Φιλανδία (<i>metener.webnode.com/biogas-plant-design/</i>).....	47
Εικόνα 4.3: Κοινή(κεντρική) εγκατάσταση βιοαερίου στη Γερμανία (<i>www.tx.nrcs.usda.gov</i>).....	49
Σχήμα 4.1: Σχηματική αναπαράσταση του κλειστού κύκλου της συγκεντρωμένης αναερόβιας χώνευσης (<i>Holm- Nielsen, et al. 2009</i>).....	50
Σχήμα 4.2: Τα κύρια ρεύματα της ολοκληρωμένης βασικής αρχής των κεντρικών εγκαταστάσεων χώνευσης (<i>Holm- Nielsen, 2009</i>).....	51
Πίνακας 5.1: Πληθυσμός βοοειδών και σύνολο βοοτροφικών εκμεταλλεύσεων στην Περιφέρεια Θεσσαλίας (<i>Δ/ση Κτηνιατρικής 2012</i>).....	55
Πίνακας 5.2: Πληθυσμός χοίρων και σύνολο χοιροτροφικών εκμεταλλεύσεων στην Περιφέρεια Θεσσαλίας. (<i>Δ/ση Κτηνιατρικής 2012</i>).....	56
Πίνακας 5.3: Τιμές για διάφορους συντελεστές που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της παραγωγής βιοαερίου (<i>Batzias, et al., 2004</i>), (<i>Jingura, et Matengaifa, 2007</i>).....	57
Πίνακας 5.4: Συνολική παραγωγή κοπριάς και βιοαερίου από βοοειδή στη Θεσσαλία.....	58
Πίνακας 5.5: Συνολική παραγωγή κοπριάς και βιοαερίου από χοίρους στη Θεσσαλία.....	58
Πίνακας 5.6:Εκλυόμενη ενέργεια από τα παραγόμενα κτηνοτροφικά απόβλητα βοοειδών στη Θεσσαλία.....	59
Πίνακας 5.7: Εκλυόμενη ενέργεια από τα παραγόμενα κτηνοτροφικά απόβλητα χοίρων στη Θεσσαλία.....	59

Πίνακας 5.8: Συνολική εκλυόμενη ενέργεια από τα παραγόμενα κτηνοτροφικά απόβλητα στην Περιφέρεια Θεσσαλίας.....	60
Πίνακας 6.1: Παραγωγή βιοαερίου στην Ευρωπαϊκή Ένωση (<i>Ευρωπαϊκό Παρατηρητήριο, 2008</i>).....	63
Πίνακας 6.2: Εγκατεστημένη ισχύς από Α.Π.Ε. στην Ελλάδα (<i>Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε., 2011</i>).....	67
Πίνακας 6.3: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. στην Ελλάδα (<i>Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε., 2011</i>).....	67

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στη σημερινή εποχή, ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα που απασχολεί τις κοινωνίες των αναπτυγμένων χωρών είναι η ολοένα και αυξανόμενη παραγωγή αποβλήτων. Σε πολλές περιοχές του πλανήτη, η αειφορική διαχείριση, η πρόληψη και η μείωση της παραγωγής αποβλήτων αποτελούν τη βασική πολιτική στον τομέα των αποβλήτων.

Οι πρακτικές του παρελθόντος, οι οποίες βασίζονταν στην ανεξέλεγκτη διάθεση των αποβλήτων, δε γίνονται πλέον αποδεκτές. Τα περιβαλλοντικά πρότυπα, τα οποία έχουν ορισθεί από τις εκάστοτε κυβερνήσεις των ανεπτυγμένων χωρών είναι πλέον πολύ πιο αυστηρά σε σχέση με το παρελθόν. Η διάθεση των αποβλήτων με ελεγχόμενο τρόπο σε χώρους υγειονομικής ταφής, καθώς και η αποτέφρωση των αποβλήτων δε θεωρούνται πλέον ως οι καταλληλότερες μέθοδοι. Έτσι, οι πολιτικές που εφαρμόζονται στον τομέα της διαχείρισης των αποβλήτων στοχεύουν στην ανακύκλωση των θρεπτικών ουσιών και της οργανικής ουσίας, καθώς επίσης και στην ανάκτηση ενέργειας.

Παράλληλα, η συνεχής αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας παγκοσμίως και η ολοένα και μεγαλύτερη εξάρτηση των ανεπτυγμένων χωρών από τις εισαγωγές ορυκτών πόρων για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών, έχει αναδείξει το σημαντικότερο πρόβλημα της ενεργειακής εξάρτησης τους από ένα μικρό αριθμό κρατών οι οποίες κατέχουν την πλειοψηφία των αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων (*Iakovou, et al., 2009*).

Επίσης, η χρήση των ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας οδηγεί στη δημιουργία περιβαλλοντικών προβλημάτων τοπικής κλίμακας όπως η ατμοσφαιρική ρύπανση, καθώς και παγκόσμιας κλίμακας όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Για το λόγους αυτούς, καθίσταται επιτακτική η ανάγκη για την ανάπτυξη καθαρότερων μορφών ενέργειας έτσι ώστε να γίνει εφικτή η δημιουργία μιας περισσότερο βιώσιμης κοινωνίας, εξαρτώμενης σε μικρότερο βαθμό από τους ορυκτούς πόρους (*Richarson, et al., 2007*).

Πιο συγκεκριμένα, η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας και ειδικότερα η ενεργειακή αξιοποίηση των κτηνοτροφικών αποβλήτων αποτελούν μια σημαντική, ανεξάντλητη

και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας με σημαντικό δυναμικό, το οποίο παραμένει μέχρι σήμερα ανεκμετάλλευτο.

1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Ιστορικές αναφορές δείχνουν ότι η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης είναι μια από τις παλαιότερες τεχνολογίες. Αρχαιολογικές ανασκαφές έχουν δείξει ότι η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται από το 6.500 π.Χ. από τους Ινδούς με σκοπό τον καθαρισμό και τη διαχείριση των απόνερων. Όμως, η πρώτη ιστορική μαρτυρία χρήσης της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης με σκοπό την ενεργειακή αξιοποίηση των αποβλήτων απαντάται στην Ασσυρία το 10 π.Χ., όπου γίνεται χρήση της παραγόμενης ενέργειας για τη θέρμανση λουτρών.

Ωστόσο, η βιομηχανοποίηση της μεθόδου της αναερόβιας χώνευσης ξεκίνησε το 1959 με την πρώτη μονάδα χώνευσης στη Βομβάη της Ινδίας. Το 1895 το βιοαέριο που παράχθηκε από μια εγκατάσταση διαχείρισης αποβλήτων, χρησιμοποιήθηκε σαν καύσιμο για τις λάμπες που φώτιζαν την πόλη του Έξετερ στην Αγγλία.

Μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε το 1930 αναγνώρισε τα αναερόβια βακτήρια και τις συνθήκες που οδηγούν στην παραγωγή του μεθανίου. Με τη βελτίωση της γνώσης σχετικά με τη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης και των πλεονεκτημάτων της, δημιουργούνται όλο και πιο εξελιγμένα συστήματα και πιο λειτουργικές τεχνικές. Το αποτέλεσμα ήταν η χρήση κλειστών δεξαμενών καθώς και συστημάτων ανάδευσης και θέρμανσης με στόχο τη βελτιστοποίηση του συστήματος της αναερόβιας χώνευσης.

Παρά τις βελτιώσεις, η μέθοδος αυτή είχε να ανταγωνιστεί την αερόβια χώνευση, καθώς και το χαμηλό κόστος του πετρελαίου και του άνθρακα. Ενώ, η αναερόβια χώνευση χρησιμοποιήθηκε αρχικά μόνο για την επεξεργασία της χωνευθήσας λυματολάσπης, αναπτυσσόμενες χώρες, όπως η Κίνα και η Ινδία, αγκάλιασαν την τεχνολογία.

Μικρής κλίμακας συστήματα αναερόβιας χώνευσης χρησιμοποιήθηκαν για λόγους υγιεινής καθώς και κάλυψης των ενεργειακών αναγκών. Αρκετές αποτυχίες εφαρμογής αυτών των συστημάτων αναφέρθηκαν στο πέρασμα του χρόνου. Εντούτοις, οι τεχνολογικές βελτιώσεις και η αύξηση των τιμών της ενέργειας έχουν οδηγήσει στη

διαφοροποίηση του τρόπου διαχείρισης των αποβλήτων και στη δημιουργία μεγαλύτερων εγκαταστάσεων αναερόβιας χώνευσης.

Στις μέρες μας, οι ανεπτυγμένες χώρες είναι αναγκασμένες σε συνθήκες πίεσης να αναπτύξουν την αγορά της αναερόβιας χώνευσης για δύο σημαντικούς λόγους. Οι λόγοι είναι οι υψηλές τιμές ενέργειας και οι αυξανόμενης αυστηρότητας περιβαλλοντικοί κανονισμοί (Monnet, 2003).

1.3 Η ΒΙΟΜΑΖΑ ΚΑΙ ΟΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ
Η βιομάζα αποτελεί μια δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και προκύπτει κατά τη διαδικασία της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών. Κατά τη διάρκεια της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας, η χλωροφύλλη των φυτών μετασχηματίζει την προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών, χρησιμοποιώντας ως βασικές πρώτες ύλες, το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας, τα ανόργανα συστατικά και το νερό από το έδαφος. Έτσι σχηματίζεται η βιομάζα, η οποία μπορεί πλέον να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας. Η διεργασία αυτή παριστάνεται σχηματικά ακολούθως:

Νερό + Διοξείδιο του άνθρακα + Ηλιακή ενέργεια (φωτόνια) + Ανόργανα στοιχεία

⇒ Βιομάζα + Οξυγόνο

Ως βιομάζα μπορεί να θεωρηθεί κάθε οργανική ύλη που είναι διαθέσιμη σε οργανική βάση συμπεριλαμβανομένων των ενεργειακών καλλιεργειών, των υποπροϊόντων ή των καταλοίπων των δασικών προϊόντων, των ζωικών αποβλήτων, των γεωργικών υπολειμμάτων, του οργανικού κλάσματος των αστικών απορριμμάτων και των υδρόβιων φυτών.

Έτσι λοιπόν, ως προϊόντα βιομάζας μπορούν να θεωρηθούν:

- Τα προϊόντα, τα παραπροϊόντα και τα κατάλοιπα ζωικής, αλιευτικής, γεωργικής και δασικής παραγωγής όπως κτηνοτροφικά απόβλητα, φύκια, άχυρα, στελέχη αραβοσίτου, βαμβακιού και κλαδιά και κορμοί δέντρων.
- Το οργανικής προέλευσης τμήμα των αστικών λυμάτων και απορριμμάτων.

- Οι οργανικές ύλες από φυσικά οικοσυστήματα όπως αυτοφυή φυτά και δάση, τεχνητές ενεργειακές φυτείες αγροτικού ή δασικού τύπου όπως η αγριαγκινάρα, ο ηλιάνθος, ο ευκάλυπτος και το καλάμι.
- Τα παραπροϊόντα από τη βιομηχανική επεξεργασία των γεωργικών και δασικών προϊόντων όπως τα ελαιοπυρηνόξυλα, κουκούτσια φρούτων, υπολλείματα εκκοκκισμού βαμβακιού και πριονίδι.

Για την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας απαιτείται επεξεργασία της ή μετατροπή της. Η ανάγκη μετατροπής και επεξεργασίας της βιομάζας οφείλεται στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των υλικών αυτών τα οποία υπολείπονται έναντι των χαρακτηριστικών των ορυκτών καυσίμων. Αναλυτικότερα, η βιομάζα έχει τα εξής μειονεκτήματα (*De Groot, et al., 2007*):

- Έχει χαμηλότερη θερμαντική αξία σε σχέση με εκείνη των ορυκτών καυσίμων
- Περιέχει υψηλό ποσοστό υγρασίας, δυσχεραίνοντας την αποτελεσματική απευθείας καύση της. Λόγω της υγρασίας ένα ποσοστό της ενέργειας διοχετεύεται ως λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης, μειώνοντας έτσι την απόδοση της καύσης.
- Έχει χαμηλή πυκνότητα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να απαιτείται εξοπλισμός μεγαλύτερου όγκου για το χειρισμό, την αποθήκευση και τη θερμική επεξεργασία της βιομάζας.
- Η φυσική της μορφή είναι συνήθως στερεή και ανομοιογενής. Έτσι δημιουργούνται προβλήματα κατά τη μεταφορά, την αποθήκευση και την τροφοδότηση του καυστήρα.

Οι διαδικασίες επεξεργασίας της βιομάζας στοχεύουν στη μείωση της περιεχόμενης υγρασίας του υλικού. Με τη μείωση της υγρασίας του υλικού, αυξάνεται η θερμαντική αξία του υλικού και παράλληλα βελτιώνεται η ικανότητα διατήρησής της κατά την αποθήκευση. Οι διαδικασίες αυτές μπορούν να διακριθούν:

- Θερμοχημικές μεθόδους.
- Βιοχημικές μεθόδους.

- Φυσικοχημικές μεθόδους.

Κατά τη διαδικασία επιλογής της κατάλληλης μεθόδου μετατροπής της διαθέσιμης βιομάζας, λαμβάνεται υπόψη η αναλογία άνθρακα προς άζωτο που υπάρχει στην προς επεξεργασία πρώτη ύλη, καθώς επίσης και η περιεχόμενη υγρασία την ώρα της συλλογής της βιομάζας.

Οι θερμοχημικές διεργασίες περιλαμβάνουν οξειδωτικές αντιδράσεις, που εξαρτώνται από τη θερμοκρασία, για διαφορετικές συνθήκες οξείδωσης. Οι διεργασίες αυτές χρησιμοποιούνται για τα είδη της βιομάζας που έχουν αναλογία άνθρακα προς άζωτο μεγαλύτερη από 30 ($C/N > 30$) και η περιεχόμενη υγρασία τους είναι μικρότερη από 50%. Τα βασικότερα προϊόντα που λαμβάνονται είναι κυρίως θερμότητα, ατμός, ηλεκτρισμός, ξυλάνθρακας, αέρια και υγρά καύσιμα όπως μεθανόλη και υδρογονάνθρακες που προκύπτουν με καταλυτική σύνθεση από το αέριο. Στις διεργασίες αυτές περιλαμβάνονται σε (*Van Loo, and Korpejan, 2008*):

- Η απευθείας καύση.
- Η αεριοποίηση.
- Η πυρόλυση.
- Η υγροποίηση
- Η ανθρακοποίηση.

Οι βιοχημικές διεργασίες χρησιμοποιούνται κυρίως για την ενεργειακή αξιοποίηση προϊόντων και υπολειμμάτων βιομάζας που έχουν αναλογία άνθρακα προς άζωτο μικρότερη από 30 ($C/N < 30$), καθώς και υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία ($> 50\%$). Οι κυριότερες βιοχημικές διεργασίες είναι οι εξής:

- Αναερόβια χώνευση (απουσία εξωτερικού οξυγόνου).
- Αλκοολική ζύμωση.

Οι φυσικοχημικές διεργασίες χρησιμοποιούνται κυρίως για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων και πιο συγκεκριμένα βιοντήζελ. Αναλυτικότερα, οι βασικότερες τεχνολογίες αξιοποίησης της βιομάζας είναι οι εξής:

1.3.1 ΘΕΡΜΟΧΗΜΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ

1.3.1.1 ΑΠΕΥΘΕΙΑΣ ΚΑΥΣΗ

Η απευθείας καύση αποτελεί μια από τις πιο διαδεδομένες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας σε ενέργεια. Καύση της βιομάζας σημαίνει καύση καυσίμων οργανικής προέλευσης (ξύλα, απόβλητα οργανικής φύσεως, αγροτικά παραπροϊόντα και δασικά υπολείμματα) για την παραγωγή θερμότητας, ατμού και ισχύος. Η καύση της βιομάζας συνεισφέρει στην κάλυψη του 10-15% των ενεργειακών αναγκών παγκοσμίως. Ως καύση μπορεί θεωρητικά να οριστεί η πλήρης οξείδωση της καύσιμης ύλης. Η πραγματική πλήρης οξείδωση της καύσιμης ύλης περιλαμβάνει τέσσερα βασικά στάδια: Η ξήρανση ακολουθούμενη από την πυρόλυση, την αεριοποίηση και τελικώς την πλήρη καύση. Η βιομάζα δεν είναι ποτέ 100% ξηρή και ότι υγρασία υπάρχει σε αυτή θα εξατμιστεί. Η βιομάζα μπορεί να καεί σε λέβητες ατμού μικρής κλίμακας για να καλύψει ανάγκες θέρμανσης ή σε μεγαλύτερους λέβητες για την παραγωγή ηλεκτρισμού ή συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας (Faaij, 2004).

1.3.1.2 ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ

Είναι μια θερμοχημική διαδικασία η οποία γίνεται μεταξύ ενός στερεού καυσίμου και ενός αέριου μέσου όπως ο αέρας ή σύνθεση του αέρα με υψηλή περιεκτικότητα μονοξειδίου του άνθρακα και υδρογόνου. Η αεριοποίηση είναι μια μερικώς θερμική οξείδωση η οποία έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή αέριων προϊόντων σε μεγάλες ποσότητες (CO₂, νερό, μονοξείδιο του άνθρακα και αέριους υδρογονάνθρακες), στάχτη, συμπυκνωμένες ενώσεις (πίσσα και έλαια). Επίσης, θεωρείται μια από τις πιο αποτελεσματικές μεθόδους μετατροπής της ενέργειας που περιέχεται στη βιομάζα και εξελίσσεται σε μια από τις καλύτερες εναλλακτικές μεθόδους επαναχρησιμοποίησης των στερεών αποβλήτων (Puig-Arnavat, et al., 2010).

1.3.1.3 ΠΥΡΟΛΥΣΗ

Η πυρόλυση είναι η βασική θερμοχημική διαδικασία μετατροπής της βιομάζας σε υγρό καύσιμο. Η πυρόλυση μπορεί να οριστεί ως θερμική υποβάθμιση που προκύπτει από την έλλειψη εξωτερικής παροχής οξειδωτικού μέσου. Τα προϊόντα της πυρόλυσης είναι

κυρίως η πίσσα, το ανθρακούχο κάρβουνο και χαμηλού μοριακού βάρους αέρια. Επιπρόσθετα, μπορεί να παραχθούν σε σημαντικές ποσότητες μονοξειδίο και διοξειδίο του άνθρακα ιδιαίτερα από καύσιμα πλούσια σε οξυγόνο. Η πυρόλυση της βιομάζας έχει μελετηθεί σε διάφορους τύπους αντιδραστήρων όπως οι αντιδραστήρες κενού, ρευστοστερεάς κλίνης και κυκλωνικοί αντιδραστήρες. Η μέθοδος της πυρόλυσης δεν είναι διαδεδομένη σε εφαρμογές μεγάλης κλίμακας, εξαιτίας κυρίως του υψηλού κόστους αναβάθμισης των προϊόντων της πυρόλυσης και σημαντικών προβλημάτων που έχουν εμφανιστεί κατά την εφαρμογή της μεθόδου (*Van Loo, and Korpejan, 2008*).

1.3.1.4 ΥΓΡΟΠΟΙΗΣΗ

Υγροποίηση είναι η διεργασία μετατροπής της βιομάζας σε ένα σταθερό ρευστό υδρογονανθράκων. Με τη διαδικασία της υγροποίησης, πραγματοποιείται μετατροπή της στερεάς κυτταρινικής βιομάζας ή του λιγνίτη σε έλαιο. Έτσι, ένας πολτός στερεού ελαίου έρχεται σε επαφή μέσα σε έναν αντιδραστήρα με τους υδρατμούς και το μονοξειδίο του άνθρακα με την παρουσία ενός καταλύτη σε μια θερμοκρασία από 250°C έως περίπου 450°C (*Kobayashi, et al., 2008*).

1.3.1.5 ΑΝΘΡΑΚΟΠΟΙΗΣΗ

Η ανθρακοποίηση είναι μια διεργασία κατά την οποία η βιομάζα (συνήθως ξύλο) θερμαίνεται με την παρουσία αέρα με αποτέλεσμα την παραγωγή κάρβουνου, καθώς και υγρών και αέριων παραπροϊόντων. Η διεργασία της ανθρακοποίησης περιλαμβάνει τέσσερα στάδια. Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει την ξήρανση του ξύλου που πρόκειται να ανθρακοποιηθεί και για την πραγματοποίηση της απαιτείται κατανάλωση ενέργειας. Στο δεύτερο στάδιο, το οποίο περιλαμβάνει τη φάση της προανθρακοποίησης, προκύπτουν υγρά και αέρια προϊόντα. Στο τρίτο στάδιο παράγεται ενέργεια, καθώς και υγρά και αέρια παραπροϊόντα και το ξύλο ανθρακοποιείται πλήρως. Τέλος, στο τέταρτο στάδιο απομακρύνονται όλες οι πτητικές ουσίες από το κάρβουνο και το προϊόν είναι έτοιμο για χρήση.

1.3.2 ΒΙΟΧΗΜΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ

1.3.2.1 ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ

Η αναερόβια χώνευση είναι μια βιολογική διαδικασία με την οποία παράγεται ενέργεια με τη μορφή του βιοαερίου. Κατά την αναερόβια ζύμωση, παρατηρείται αποδόμηση της οργανικής ύλης με τη δράση μικροοργανισμών κάτω από αναερόβιες συνθήκες. Το παραγόμενο προϊόν της διεργασίας είναι το αέριο το οποίο ονομάζεται βιοαέριο και το σταθεροποιημένο οργανικό υλικό. Το βιοαέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο σε ποσοστό έως και 60%, από διοξείδιο του άνθρακα, καθώς και από μικρότερες συγκεντρώσεις σε CO, N₂, H₂, O₂. Το μεθάνιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών, αντικαθιστώντας τα ορυκτά καύσιμα και κατά συνέπεια μειώνοντας τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Η αναερόβια ζύμωση μειώνει τους παθογόνους μικροοργανισμούς και τις οσμές, και απαιτεί λίγο χώρο για επεξεργασία. Επιπρόσθετα, τα περισσότερα από τα θρεπτικά συστατικά παραμένουν στο σταθεροποιημένο οργανικό υλικό το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη λίπανση των αγρών (*Salminen, and Rintala, 2001*).

1.3.2.2 ΑΛΚΟΟΛΙΚΗ ΖΥΜΩΣΗ

Αλκοολική ζύμωση είναι η αναερόβια βιολογική διεργασία κατά την οποία τα σάκχαρα μετατρέπονται σε αλκοόλη μέσω της δράσης μικροοργανισμών. Κατάλληλα είδη βιομάζας είναι όσα έχουν την δυνατότητα να μετατραπούν σε σάκχαρα με ιδανική πρώτη ύλη τα σακχαροκάλαμα. Η διαδικασία είναι η εξής: κατάλληλη λιγνοκυτταρινούχα βιομάζα υφίσταται θερμοχημική προεργασία παρουσία ήπιου οξειδωτικού μέσου με σκοπό την διαλυτοποίηση των κυτταρινούχων συστατικών. Στη συνέχεια ακολουθεί υδρόλυση της κυτταρίνης σε σάκχαρα και ζύμωση των σακχάρων προς παραγωγή αιθανόλης. Η βιοαιθανόλη είναι καύσιμο μεταφορών και έχει την δυνατότητα να αναμιγνύεται με την βενζίνη σε χαμηλά ποσοστά χωρίς μετατροπές του κινητήρα.

1.3.3 ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ

Οι φυσικοχημικές διεργασίες χρησιμοποιούνται κυρίως για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων και πιο συγκεκριμένα βιοντήζελ. Η παραγωγή βιοντήζελ γίνεται κυρίως με την μετεστερεοποίηση των ελαίων και σαν πρώτη ύλη χρησιμοποιούνται φυτά

πλούσια σε έλαια όπως η σόγια, η ελαιοκράμβη και ο ηλίανθος. Η διαδικασία συνίσταται στην εκχύλιση του ελαίου από τα φυτά και στην μετεστερεοποίηση του προς μίγμα μεθυλεστέρων λιπαρών οξέων για την παραγωγή βιοντίζελ (*Murphy, and Power, 2006*).

1.4 ΤΟ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.4.1 ΤΟ ΝΕΟ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Τα βασικά σημεία του νέου νόμου για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας με αριθμό 3581/2010 και τίτλο <<Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής>> συνοψίζονται παρακάτω:

Άρθρο 1-Εθνικός στόχος ΑΠΕ:

- Καθορίζεται εθνικός δεσμευτικός στόχος 20% για την συμμετοχή των ΑΠΕ στην κάλυψη της τελικής κατανάλωσης ενέργειας το 2020(αντί του 18% που προβλέπει η Οδηγία 28/2009 για την Ελλάδα). Καθορίζεται αντίστοιχος εθνικός στόχος 40% για τη συμμετοχή των ΑΠΕ στην κάλυψη της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας το 2020.
- Καθορίζεται ότι η προστασία του κλίματος μέσω της προώθησης της παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ αποτελεί περιβαλλοντική και ενεργειακή προτεραιότητα υψίστης σημασίας για τη χώρα.

Άρθρο 2-Άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε ή Σ.Η.Θ.Υ.Α:

- Απλοποιείται και ορθολογικοποιείται η διαδικασία έκδοσης της άδειας παραγωγής έργων ΑΠΕ, η οποία αποσυνδέεται από τη διαδικασία περιβαλλοντικής αδειοδότησης, η οποία ακολουθεί σε επόμενο στάδιο.
- Αναβαθμίζεται ο ρόλος της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ) και περιορίζεται η διάρκεια της σχετικής αδειοδοτικής διαδικασίας σε 2 μήνες ενώ

εξαιρούνται από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής εγκαταστάσεις περιορισμένης ισχύος.

Άρθρο 3-Έγκριση περιβαλλοντικών επιπτώσεων (ΕΠΟ) και άδειες εγκατάστασης και λειτουργίας:

- Συγχωνεύονται, σε μια ενιαία διαδικασία, οι διαδικασίες Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (ΠΠΕΑ) και Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ) και περιορίζεται η διάρκεια της σε 8-10 μήνες.

Άρθρο 4-Ένταξη και σύνδεση σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ:

- Δημιουργούνται οι προϋποθέσεις για την κατασκευή ιδιωτικών δικτύων από παραγωγούς ΑΠΕ και διασφαλίζεται η πρόσβαση τρίτων στα έργα σύνδεσης.

Άρθρο 5-Ορθολογικοποίηση της τιμολόγησης ενέργειας που παράγεται από σταθμούς Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α:

- Η τιμολόγηση γίνεται περισσότερο ορθολογική, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η βιωσιμότητα των επενδύσεων χωρίς στρεβλώσεις και κατασπατάληση πόρων. Ενισχύονται τα τιμολόγια για τη βιομάζα, το βιοαέριο, τις μικρές ανεμογεννήτριες και τις μονάδες ΣΗΘΥΑ.
- Ειδικότερα η τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας παραγόμενης από την καύση του βιοαερίου που προέρχεται από κτηνοτροφικά και αγροτοβιομηχανικά αγροτικά υπολείμματα μονάδων βιοαερίου με εγκατεστημένη ισχύ μικρότερη των 3MW είναι 220 €/Mwh και με εγκατεστημένη ισχύ μεγαλύτερη των 3MW είναι 200€/Mwh.
- Για τα φωτοβολταϊκά εξακολουθεί να ισχύει η κλίμακα των τιμών σύμφωνα με τον νόμο 3734/2009.
- Η σύμβαση πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από σταθμούς ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ ισχύει για 20 έτη και μπορεί να παρατείνεται εφόσον ισχύει η

σχετική άδεια παραγωγής ενώ για τους ηλιοθερμικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής η σύμβαση ισχύει για 25 έτη με δυνατότητα επέκτασης.

Άρθρο 6Α-Θαλάσσια αιολικά πάρκα:

- Για την προώθηση και ανάπτυξη θαλάσσιων αιολικών πάρκων, την διαδικασία στρατηγικού σχεδιασμού και αδειοδότησης αναλαμβάνει η πολιτεία, ώστε να αντιμετωπιστούν τα μεγάλα διαδικαστικά εμπόδια στη θάλασσα. Τα αδειοδοτικά ώριμα έργα παραχωρούνται για υλοποίηση από ιδιώτες.

Άρθρο 7-Ειδικό τέλος και παροχή κινήτρων στους οικιακούς καταναλωτές περιοχών όπου εγκαθίστανται έργα ΑΠΕ:

- Το 1/3 του ειδικού τέλους 3% επί της παραγωγής ΑΠΕ θα αποδίδεται στους οικιακούς καταναλωτές του δημοτικού ή κοινοτικού διαμερίσματος του ΟΤΑ, στο οποίο εγκαθίσταται το έργο, μέσω των λογαριασμών ηλεκτρικού ρεύματος. Τα υπόλοιπα 2/3 θα αποδίδονται στον αντίστοιχο ΟΤΑ για έργα τοπικής ανάπτυξης, περιβαλλοντικών δράσεων και κοινωνικής υποστήριξης και στο Πράσινο Ταμείο.
- Αξιοποιούνται όλοι οι σχετικοί πόροι για την στήριξη των τιμολογίων στους παραγωγούς ηλεκτρισμού από ΑΠΕ.

Άρθρο 8-Τροποποίηση διατάξεων για την αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής:

- Κατοχυρώνεται νομοθετικά ότι οι περιοχές απολύτου προστασίας της φύσης, αποτελούν ζώνη αποκλεισμού για τις ΑΠΕ ενώ στις υπόλοιπες περιοχές επιτρέπεται η χωροθέτηση των ΑΠΕ με εκτίμηση των επιπτώσεων και αφού ληφθεί μέριμνα για την διατήρηση κάθε πιθανού προστατευτέου αντικειμένου της περιοχής

Άρθρο 9-Θέματα χωροθέτησης εγκαταστάσεων ΑΠΕ:

- Στην περίπτωση ανολοκλήρωτων θεσμοθετημένων σχεδίων ή μελετών χωροταξικού σχεδιασμού, η έγκριση εγκατάστασης σταθμών ΑΠΕ γίνεται με εφαρμογή των κατευθύνσεων του Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.
- Επιτρέπεται η εγκατάσταση ΑΠΕ σε γεωργική γη υψηλής παραγωγικότητας (ΓΓΥΠ) αλλά βάση ειδικών διατάξεων για τη μείωση της επίπτωσης τους στη ΓΓΥΠ και την διαφύλαξη του χαρακτήρα της και με όριο το 1% της καλλιεργήσιμης γης ανά νομό.

Άρθρο 11-Σύσταση αυτοτελούς υπηρεσίας ΑΠΕ:

- Συνίσταται Αυτοτελής Υπηρεσία Πολιτικής και Έργων ΑΠΕ η οποία θα λειτουργεί στα πρότυπα του <<one-stopshop>> με αποστολή την παροχή πληροφοριών και τη συντονισμένη διεκπεραίωση αιτημάτων των επενδυτών σε ΑΠΕ.

Άρθρο 14-Τροποποιήσεις του ν.2971/2001(ΦΕΚ 285 Α΄):

- Διευκρινίζεται η διαδικασία για την παραχώρηση του δικαιώματος χρήσης αιγιαλού, παραλίας ή θαλάσσιου χώρου για την εκτέλεση εργασιών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ.

Άρθρο 15-Μεταβατικές διατάξεις:

- Εισάγονται αναλυτικές μεταβατικές ρυθμίσεις για διευκρίνιση όλων των σταδίων της νέας απλοποιημένης αδειοδοτικής διαδικασίας και των αναγκαίων αιτήσεων κάθε σταδίου.

Άρθρο 10-Εφαρμογή ΑΠΕ στα κτίρια:

- Κατοχυρώνεται νομοθετικά η έκδοση των σχετικών κανονιστικών ρυθμίσεων, για τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ) και την θέσπιση των Ενεργειακών Επιθεωρητών (*biomassenergy.com, and et.gr*).

1.4.2 Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΚΥΡΙΟΥ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

Στην υποενότητα αυτή παρουσιάζεται το κύριο νομοθετικό πλαίσιο που διέπει τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έτσι όπως έχει διαμορφωθεί τα τελευταία χρόνια καθιστώντας εμφανή την ανάγκη ανάπτυξης και περαιτέρω διεύθυνσης των ΑΠΕ στο ελληνικό ενεργειακό σύστημα.

Νόμος 1559/1985 «Ρύθμιση θεμάτων εναλλακτικών μορφών ενέργειας και ειδικών θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 135/Α/85). Ο νόμος αυτός αποτελεί την απαρχή των ΑΠΕ και εφαρμόστηκε σε περιορισμένο βαθμό.

Νόμος 2244/1994 «Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 68/Α/94). Ο νόμος καταρτίστηκε με πρότυπο τον γερμανικό νόμο, και αποτέλεσε την ουσιαστική αρχή για την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην Ελλάδα. Ο νόμος αυτός αντικαταστάθηκε από το Νόμο 2773/99.

Νόμος 2773/99 «Ρύθμιση θεμάτων Ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 286/Α/99). Ο νόμος αυτός αποτελεί την βάση σε θέματα ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι βασικές διατάξεις του νόμου 2773/99 είναι : Ο Διαχειριστής του Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ) υποχρεούται σε προτεραιότητα σύνδεσης στις εφαρμογές ΑΠΕ.

- Η ΔΕΣΜΗΕ υποχρεούται σε 10ετές συμβόλαιο σύνδεσης με τον παραγωγό με δικαίωμα 10ετούς ανανέωσης.
- Η ηλεκτρική ενέργεια από τις ΑΠΕ πωλείται στην ΔΕΣΜΗΕ με προκαθορισμένο ποσοστό τιμής αγοράς.

- Το παρόν σύστημα τιμολόγησης των ΑΠΕ κάνει σαφή διάκριση μεταξύ του Αυτοπαραγωγού και του Ανεξάρτητου Παραγωγού.
- Κάθε παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ υπόκειται σε μια ειδική ετήσια αμοιβή (2% επί των πωλήσεων ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο), η οποία δίδεται στις τοπικές αρχές.

Ο Νόμος 2773/99 εισάγει μία νέα άδεια την Άδεια Παραγωγής η οποία είναι η πρώτη άδεια που απαιτείται από οποιονδήποτε σταθμό ηλεκτροπαραγωγής, συμβατικό ή ΑΠΕ, η οποία βασίζεται σε μια μακροχρόνια διαδικασία χορήγησης αδειών που περιλαμβάνει προκαταρκτική περιβαλλοντική εκτίμηση, άδεια χρήσης του εδάφους, έγκριση των περιβαλλοντικών όρων και διατάξεων, άδεια εγκαταστάσεων, άδεια λειτουργίας.

Νόμος 2941/2001 «Απλοποίηση διαδικασιών ίδρυσης εταιρειών, αδειοδότησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, ρύθμιση θεμάτων της Α.Ε. <<ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΝΑΥΠΗΓΕΙΑ>> και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 201/Α/01). Ο νόμος αυτός συμπλήρωσε το νόμο 2773/99 με σημαντικές διατάξεις σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές τις προϋποθέσεις εγκατάστασης έργων ΑΠΕ σε δάση και το χαρακτηρισμό όλων των έργων ΑΠΕ ως έργα δημόσιας ωφέλειας.

Νόμος 3017/2002 «Κύρωση του Πρωτοκόλλου του Κιότο στη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος» (ΦΕΚ 117/Α/02). Με το Νόμο αυτό το ελληνικό κράτος επισημοποίησε τις δεσμεύσεις της χώρας για δράσεις ενάντια στην κλιματική αλλαγή.

Νόμος 3010/2002 «Εναρμόνιση του Ν.1650/1986 με τις Οδηγίες 97/11/Ε.Ε. και 96/61/Ε.Ε., διαδικασία οριοθέτησης και ρυθμίσεις θεμάτων για τα υδατορέματα και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 91/Α/02). Ο νόμος αυτός εναρμονίζει το εθνικό δίκαιο με την Οδηγία 96/61/ΕΚ (Οδηγία IPPC) θέτοντας τη νέα περιβαλλοντική διαδικασία αναθεωρώντας τον βασικό νόμο για το περιβάλλον 1650/86.

Νόμος 3175/2003 «Αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού, τηλεθέρμανση και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 207/Α/03). Με τον νόμο αυτό θεσπίστηκε για πρώτη φορά ένα περιεκτικό σύνολο κανόνων για την ορθολογική χρήση της γεωθερμικής ενέργειας. Το κύριο πεδίο όμως του νέου νόμου ήταν να αναθεωρηθεί ο νόμος 2773/1999 προκειμένου να επισπευσθεί η διαδικασία της απελευθέρωσης της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτή η αναθεώρηση ήταν επίσης απαραίτητη προκειμένου να απεικονιστούν

οι τροποποιήσεις που αναφέρονται στην οδηγία 2003/54/EK σχετικά με τους κοινούς κανόνες για την εσωτερική αγορά στην ηλεκτρική ενέργεια και την ακύρωση της οδηγίας 96/92/EK (OJ L 76/ 15.7.2003). Το κύριο πεδίο για τη μετάβαση του νόμου ήταν η ανάπτυξη και η ενίσχυση του ανταγωνισμού στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, η προσέλκυση νέων πηγών επένδυσης και η προστασία της επάρκειας ηλεκτρικής ενέργειας χάριν της εξασφάλισης ανταγωνιστικών τιμών διάθεσης στην κατανάλωση. Ο νόμος 3175/2003 παρέχει τις περαιτέρω ενέργειες συμπεριλαμβανομένης της εισαγωγής των συντομευμένων και απλουστευμένων διαδικασιών σχετικά με τις απαλλοτριώσεις, απαραίτητες για την ενίσχυση και την επέκταση των γραμμών μετάδοσης ισχύος, οι οποίες θα εξυπηρετήσουν και την επέκταση των ΑΠΕ.

Νόμος 3423/2005 «Εισαγωγή στην Ελληνική Αγορά των Βιοκαυσίμων και των άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων» (ΦΕΚ 304/Α/05). Η Οδηγία 2003/30/EK μεταφέρθηκε στο εθνικό δίκαιο μέσω αυτού του νόμου για την προώθηση των βιοκαυσίμων.

Νόμος 3468/2006 «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις» (ΦΕΚ 129/Α/06). Ο νόμος που άλλαξε το σκηνικό της αγοράς των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ο σκοπός αυτού του νόμου είναι η εναρμόνιση ουσιαστικά της Ελληνικής νομοθεσίας με την οδηγία της ευρωπαϊκής κοινότητας 2001/77/EK. Με αυτόν τον νόμο θεσπίζονται σοβαρά κίνητρα στους ιδιώτες για την εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κυρίως με σκοπό την οικονομική επένδυση. Το κυριότερο του σημείο είναι η κρατική δέσμευση για αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η έκδοση του σχετικού τιμοκαταλόγου με τον οποίο καθορίζονται τιμές πώλησης της ενέργειας για κάθε πιθανή δραστηριότητα στον χώρο των ΑΠΕ.

Νόμος 3661/2008 «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 89/Α/08). Η Οδηγία 2002/91/EK μεταφέρθηκε στο εθνικό δίκαιο με το νόμο αυτό. Τα βασικά άρθρα του νόμου περιέχουν κανονισμούς και απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση των υφισταμένων και νέων κτιρίων ενώ για πρώτη φορά στην Ελλάδα καθιερώνεται θεσμικά η αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Ακόμα προωθείται η χρήση νέων και καινοτόμων τεχνολογιών στα κτίρια με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας σε αυτά και την υποκατάσταση

συμβατικών καυσίμων με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ενώ δημιουργείται και η ειδικότητα του Ενεργειακού Επιθεωρητή.

Νόμος 3734/2009 «Προώθηση της συμπαραγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας, ρύθμιση ζητημάτων σχετικών με το Υδροηλεκτρικό Έργο Μεσοχώρας και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ Α' 8). Με τις διατάξεις αυτού του νόμου εναρμονίζεται η ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 2004/8/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου για την προώθηση της συμπαραγωγής ενέργειας βάσει της ζήτησης για χρήσιμη θερμότητα στην εσωτερική αγορά ενέργειας και για την τροποποίηση της Οδηγίας 92/42/ΕΟΚ (ΕΕ L 52/50) και συμπληρώνεται το νομικό πλαίσιο για την προώθηση της συμπαραγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας (Σιούλας, 2009).

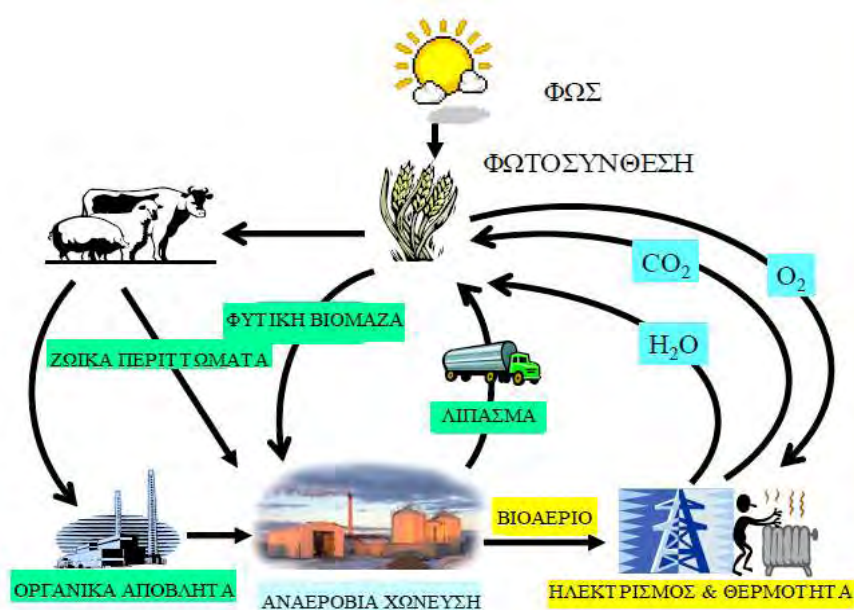
2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ

Η αναερόβια επεξεργασία μπορεί να οριστεί ως μια διαδικασία βιολογικής μετατροπής της βιομάζας χωρίς την απουσία οξυγόνου και νιτρικών όπως στις αναερόβιες και ανοξικές διαδικασίες. Στην αναερόβια διαδικασία, ο οργανικός άνθρακας μετατρέπεται μέσω οξειδώσεων και αναγωγών σε μια πιο οξυγονωμένη κατάσταση (CO_2) και σε μια πιο υποβαθμισμένη κατάσταση (CH_4). Ένα ευρύ φάσμα μικροοργανισμών καταλύουν τη διαδικασία με την απουσία οξυγόνου.

Τα κυριότερα προϊόντα της διαδικασίας είναι το διοξείδιο του άνθρακα και το μεθάνιο, αλλά υπάρχουν και σημαντικές ποσότητες (συνήθως λιγότερο από 1% του συνολικού όγκου των συνολικών αερίων) άλλων προϊόντων όπως άζωτο, οξείδια του αζώτου, υδρογόνο, αμμωνία, υδρόθειο και άλλων πτητικών ενώσεων. Το μείγμα αυτών των αερίων προϊόντων ονομάζεται βιοαέριο και αυτή η αναερόβια διαδικασία συχνά καλείται διαδικασία παραγωγής βιοαερίου.

Μια ουσία ή μια χημική ένωση είναι βιοαποδομήσιμη εάν αυτή μπορεί να βιοαποδομηθεί με τη δράση μικροοργανισμών. Οι μικροοργανισμοί μπορούν να χρησιμοποιήσουν αυτή την ουσία σαν πηγή ενέργειας και σαν πηγή άνθρακα. Σε κάποιες περιπτώσεις δεν μπορεί να γίνει πλήρης μετατροπή σε ανόργανη ένωση και η ουσία μπορεί να περιέλθει σε μικροβιακό μεταβολισμό με τη μετατροπή της σε ενδιάμεσα προϊόντα, χωρίς την ολική μετατροπή τους σε τελικά προϊόντα. Μια οργανική ουσία μπορεί να αποδομηθεί μέσω του μεταβολισμού (η ουσία παρέχει ενέργεια και πηγή άνθρακα για τους μικροοργανισμούς) ή μέσω του συμμεταβολισμού (η ουσία μετατρέπεται μόνο με την παρουσία άλλης εύκολα αποδομήσιμης οργανικής ουσίας όπως η γλυκόζη, η αιθανόλη κ.α), η οποία παρέχει τους μικροοργανισμούς με ενέργεια και άνθρακα για τη δημιουργία της κυτταρικής τους μάζας (*Angelidaki, and Sanders, 2004*).



Σχήμα 2.1: Ο αειφόρος κύκλος του βιοαερίου από αναερόβια χώνευση (Holm-Nielsen, et al. 2009).

Για την παραγωγή του βιοαερίου υπάρχουν πολλοί και διαφορετικοί τύποι πρώτης ύλης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν όπως υπολείμματα αγροτικών εκμεταλλεύσεων, ζωικά περιττώματα και πολτοί, οργανικής φύσεως απόβλητα προερχόμενα από τη γαλακτοκομική παραγωγή, τις αγροτοβιομηχανίες, τις βιομηχανίες τροφίμων, το οργανικής φύσεως τμήμα των αστικών αποβλήτων, τη λάσπη των υδάτινων αποβλήτων καθώς και υπολείμματα ενεργειακών καλλιεργειών.

Η ενεργειακή αξιοποίηση αποβλήτων με τη μέθοδο της αναερόβιας χώνευσης έχει πολλά οφέλη. Ένα από αυτά είναι η δυνατότητα χρήσης διαφόρων τύπων υγρής βιομάζας με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία και πιο συγκεκριμένα με ποσοστό υγρασίας μεγαλύτερο από 60-70% (πολτός προερχόμενος από τις γαλακτοκομικές και κτηνοτροφικές μονάδες, ίλης βιολογικού καθαρισμού, λάσπη επίπλευσης από την επεξεργασία τροφίμων).

Τα τελευταία χρόνια, ένα πλήθος από ενεργειακές καλλιέργειες (σιτηρά, αραβόσιτος, αγριοκράμβη), χρησιμοποιήθηκαν κατά ένα μεγάλο μέρος ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαερίου σε χώρες όπως η Αυστρία ή η Γερμανία. Εκτός από αυτές, όλα τα είδη γεωργικών υπολειμμάτων, οι κατεστραμμένες συγκομιδές και καλλιέργειες ακατάλληλες για τροφή ή προκύπτουσες ως αποτέλεσμα της δυσμενούς ανάπτυξης και

δυσμενών καιρικών συνθηκών, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παράγουν βιοαέριο και λίπασμα. Ένας αριθμός ζωικών υποπροϊόντων, μη κατάλληλων για κατανάλωση από ανθρώπους, μπορούν επίσης να υποβληθούν σε επεξεργασία στις εγκαταστάσεις βιοαερίου (Γεωργακάκης, 2009β).

Όταν το υπόστρωμα για την αναερόβια χώνευση είναι ένα ομοιογενές μίγμα από δύο ή περισσότερους τύπους πρώτων υλών τότε έχουμε την λεγόμενη «συγχώνευση» η οποία είναι κοινή με πολλές από τις εφαρμογές του βιοαερίου σήμερα. Οι πιο κοινές κατηγορίες πρώτης ύλης που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή του βιοαερίου στην Ευρώπη παρατίθενται παρακάτω και είναι (Chen *et al.*, 2007):

- Ζωικά περιττώματα και πολτοί.
- Γεωργικά υπολείμματα και υποπροϊόντα.
- Οργανικά απόβλητα που μπορούν να υποστούν χώνευση από τρόφιμα και αγροτοβιομηχανίες (φυτικής και ζωικής προέλευσης).
- Το οργανικό μέρος των αστικών αποβλήτων και από τις επιχειρήσεις εστίασης (φυτικής και ζωικής προέλευσης).
- Λυματολάσπη.
- Ειδικές ενεργειακές καλλιέργειες (αραβόσιτος, μίσχανθος, σόργο, τριφύλλι).

Η χρήση των ζωικών περιττωμάτων και πολτών ως πρώτη ύλη για την αναερόβια χώνευση έχει μερικά πλεονεκτήματα λόγω των ιδιοτήτων τους που είναι:

- Το φυσικό περιεχόμενο τους σε αναερόβια βακτηρίδια.
- Το υψηλό περιεχόμενο τους σε νερό (4-8% ξηρή ουσία στους πολτούς), το οποίο ενεργεί ως διαλύτης για τα άλλα ομο-υποστρώματα και εξασφαλίζει την κατάλληλη ανάμιξη και ροή της βιομάζας.
- Η οικονομική τιμή.
- Η υψηλή προσβασιμότητα, καθώς συλλέγονται ως υπόλειμμα από τη ζωική καλλιέργεια.

Επιπλέον, τα υποστρώματα της αναερόβιας χώνευσης μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με διάφορα κριτήρια όπως:

- Την προέλευσή τους.
- Την ξηρή ουσία.
- Την παραγωγή περιεχόμενου μεθανίου.

Τα υποστρώματα με περιεκτικότητα ξηρής ουσίας χαμηλότερη από 20% χρησιμοποιούνται για την λεγόμενη υγρή χώνευση (υγρή ζύμωση). Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει τους ζωικούς πολτούς και κοπριές καθώς επίσης και διάφορα υγρά οργανικά απόβλητα από βιομηχανίες τροφίμων. Όταν η περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία είναι αρκετά υψηλή (35% και άνω), τότε μιλάμε για ξηρά χώνευση (ξηρά ζύμωση), που είναι χαρακτηριστική για τις ενεργειακές καλλιέργειες και τις χορτονομές. Η επιλογή του τύπου και της ποσότητας της πρώτης ύλης για το μίγμα του υποστρώματος της αναερόβιας χώνευσης εξαρτάται από την περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία καθώς επίσης και από την περιεκτικότητα σε σάκχαρα, λιπίδια και πρωτεΐνες (Γεωργακάκης, 2009β).

Τα υποστρώματα που περιέχουν υψηλές ποσότητες λιγνίνης, κυτταρίνης και ημικυτταρινών μπορούν επίσης να αφομοιωθούν, αλλά σε αυτήν την περίπτωση συνήθως εφαρμόζεται μια προεπεξεργασία προκειμένου να ενισχυθεί η ικανότητα χώνευσής τους. Η πιθανή παραγωγή μεθανίου αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα κριτήρια αξιολόγησης των διαφορετικών υποστρωμάτων της αναερόβιας χώνευσης. Αξιοσημείωτο είναι ότι τα ζωικά περιττώματα έχουν μια σχετικά χαμηλή παραγωγή μεθανίου. Γι' αυτό στην πράξη τα ζωικά περιττώματα δεν υφίστανται χώνευση μόνα τους αλλά αναμιγνύονται και με άλλα ομο-υποστρώματα, με υψηλή παραγωγή μεθανίου προκειμένου να προωθηθεί η παραγωγή βιοαερίου. Τα πιο κοινά ομο-υποστρώματα που προστίθενται για συγχώνευση μαζί με τα περιττώματα και τους πολτούς είναι ελαιούχα υπολείμματα από τις βιομηχανίες τροφίμων, αλειάς και τροφών, αλκοολούχα απόβλητα από τις βιομηχανίες ζυθοποιίας και ζάχαρης.

2.2 Η ΒΙΟΧΗΜΙΚΗ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ

Η αναερόβια χώνευση είναι μια διαδικασία αποσύνθεσης του οργανικού υλικού με τη βοήθεια ενός πλήθους αναερόβιων μικροοργανισμών υπό συνθήκες απουσίας οξυγόνου. Το τελικό προϊόν της αναερόβιας χώνευσης περιλαμβάνει το βιοαέριο (το οποίο περιέχει 60-70% μεθάνιο) και ένα οργανικό υπόλειμμα πλούσιο σε άζωτο. Αυτή η τεχνολογία έχει εφαρμοστεί με επιτυχία στη διαχείριση αγροτικών αποβλήτων, αποβλήτων προερχόμενων από την επεξεργασία τροφίμων και της λυματολάσπης, λόγω της ικανότητας της στη μείωση του COD (Χημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου) και του BOD (Βιολογικά Απαιτούμενου Οξυγόνου) των αποβλήτων και την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας.



Σχήμα 2.2: Τα κύρια βήματα της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης (Al. Seadi, 2003).

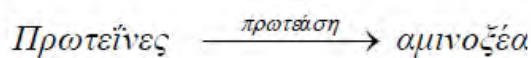
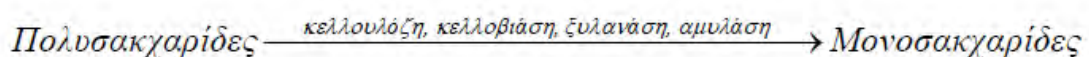
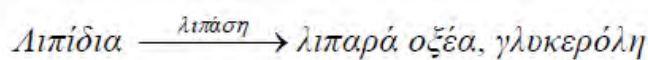
Κατά τη διάρκεια της αναερόβιας χώνευσης παράγεται πολύ λίγη θερμότητα σε σχέση με τη διεργασία της αερόβιας αποσύνθεσης η οποία γίνεται παρουσία οξυγόνου (κομποστοποίηση). Η ενέργεια που είναι χημικά δεσμευμένη μέσα στο υπόστρωμα, παραμένει στο τελικό προϊόν του βιοαερίου που παράγεται με τη μορφή του μεθανίου.

Η διαδικασία σχηματισμού του βιοαερίου αποτελείται από ένα σύνολο συνδυαστικών βημάτων κατά τα οποία η αρχική οργανική ύλη διασπάται συνεχώς σε μικρότερα στοιχεία. Ειδικές ομάδες μικροοργανισμών δρουν σε κάθε βήμα. Αυτοί οι μικροοργανισμοί αποσυνθέτουν διαδοχικά τα προϊόντα των παραπάνω βημάτων (Li, et al. 2010).

Τα στάδια της διαδικασίας της αναερόβιας χώνευσης λαμβάνουν παράλληλα χώρα στο χρόνο και στο χώρο μέσα στη δεξαμενή χώνευσης. Η πιο αργή αντίδραση της αλυσίδας καθορίζει την ταχύτητα της συνολικής διεργασίας της αποσύνθεσης. Όμως, σε περιπτώσεις όπου η επεξεργασία περιλαμβάνει φυτικά υποστρώματα που περιέχουν κυτταρίνη, ημικυτταρίνη ή λιγνίνη, η ταχύτητα της διεργασίας καθορίζεται από την υδρόλυση. Κατά το στάδιο της υδρόλυσης οι παραγόμενες ποσότητες βιοαερίου είναι σχετικά μικρές. Η μέγιστη παραγωγή του βιοαερίου λαμβάνει χώρα κατά το στάδιο της μεθανογένεσης. Τα στάδια αυτής της διεργασίας περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω:

1^ο Στάδιο: Υδρόλυση

Η υδρόλυση αποτελεί το πρώτο στάδιο της αναερόβιας χώνευσης. Κατά τη διάρκεια της υδρόλυσης, παρατηρείται διάσπαση των σύνθετων αδιάλυτων οργανικών πολυμερών σε διαλυτά οργανικά μονομερή μόρια, με τη δράση ενός πλήθους αναερόβιων βακτηρίων. Έτσι, οι μονοσακχαρίδες, τα αμινοξέα, τα λιπαρά οξέα και η γλυκερόλη είναι τα προϊόντα της ενζυμικής αποδόμησης των υδρογονανθράκων, των πρωτεϊνών και των λιπιδίων.



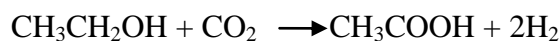
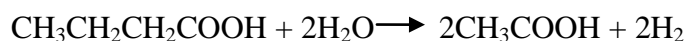
Επίσης, στη διαδικασία της υδρόλυσης εμπλέκεται μια μεγάλη ποικιλία μικροοργανισμών, η οποία πραγματοποιείται από τα εξωένζυμα, που παράγονται από τους μικροοργανισμούς εκείνους που αποσυνθέτουν το αδιάλυτο μοριακό υλικό. Τα προϊόντα που παράγονται από αυτή τη διαδικασία αποσυντίθενται περαιτέρω από αυτούς τους μικροοργανισμούς και χρησιμοποιούνται για τις δικές διεργασίες μεταβολισμού (Vavilin, et al. 2007).

2^ο Στάδιο: Οξεογένεση

Στο δεύτερο στάδιο, τα οξειογενή βακτήρια μετατρέπουν τα προϊόντα της πρώτης αντίδρασης σε μικρές ενώσεις πτητικών οξέων, σε κετόνες, αλκοόλες, υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα. Τα οξειογενή βακτήρια αποτελούν τη συντριπτική πλειοψηφία του συνόλου των βακτηρίων (90% περίπου του συνόλου των βακτηρίων) που υπάρχουν σε έναν αναερόβιο χωνευτή (*Myint, et al. 2006*).

3^ο Στάδιο: Οξικογένεση

Σε αυτό το στάδιο, με την δράση των οξικογόνων βακτηρίων τα λιπαρά οξέα (όπως το προπιονικό και βουτυρικό οξύ) και οι αλκοόλες (όπως η αιθανόλη) μετατρέπονται σε οξικό οξύ, υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα. Αυτή η διαδικασία λαμβάνει χώρα με τις παρακάτω αντιδράσεις:



Ένα σημαντικό ενδιάμεσο προϊόν της οξικογένεσης είναι το οξικό οξύ το οποίο παράγεται κατά τον αναερόβιο μεταβολισμό των οργανικών ενώσεων και αποτελεί την πρόδρομη ένωση για το σχηματισμό του μεθανίου. Η παραγωγή του οξικού οξέος και κατά συνέπεια η παραγωγή του μεθανίου εξαρτάται από τις συνθήκες πίεσης του υδρογόνου. Έτσι, όταν η μερική πίεση του υδρογόνου είναι υψηλή, η παραγωγή του οξικού οξέος μειώνεται. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, τη μείωση της παραγωγής του μεθανίου. Η σχέση των μεθανογόνων και οξικογόνων μικροοργανισμών είναι συμβιωτικοί, καθώς οι μεθανογόνοι υδρογονότροφοι μικροοργανισμοί βοηθούν στην επίτευξη της χαμηλής πίεσης του υδρογόνου, για τη δράση των οξικογόνων βακτηρίων.

Στάδιο 4^ο: Μεθανογένεση

Σε αυτό το στάδιο, με τη δράση των μεθανογόνων βακτηρίων παράγεται μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα από το οξικό οξύ καθώς και μεθάνιο από υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα.

Οξικό οξύ $\xrightarrow{\text{μεθανογενή βακτήρια}}$ μεθάνιο + διοξείδιο του άνθρακα

Υδρογόνο + Διοξείδιο του άνθρακα $\xrightarrow{\text{μεθανογενή βακτήρια}}$ μεθάνιο + νερό

Το στάδιο της μεθανογένεσης αποτελεί ένα σημαντικό στάδιο σε ολόκληρη τη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης, καθώς η μεθανογένεση αποτελεί την πιο αργή βιοχημική αντίδραση της διεργασίας. Οι κυριότεροι παράγοντες που επιδρούν στη μεθανογένεση είναι η σύνθεση της πρώτης ύλης, ο ρυθμός τροφοδοσίας, η θερμοκρασία και το pH, η ένταση της ανάδευσης, καθώς και η παρουσία και η ποσότητα ανασταλτικών (π.χ. αμμωνία) παραγόντων (Serna, 2009).

Για την επίτευξη της διαδικασίας της αναερόβιας χώνευσης έχουν κατασκευαστεί διάφοροι τύποι χωνευτών, κάθε ένας από τους οποίους παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη αποτελεσματικών αναερόβιων βιοδιεργασιών αποτελεί η επιλογή του κατάλληλου αντιδραστήρα καθώς και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του αποβλήτου.

Οι βασικές συνθήκες που απαιτούνται για την επίτευξη της βέλτιστης απόδοσης της διαδικασίας της αναερόβιας χώνευσης είναι οι ακόλουθες:

1. μεγάλος χρόνος παραμονής της βιομάζας
2. καλή επαφή βιομάζας και υποστρώματος
3. επίτευξη υψηλών ποσοστών αντίδρασης
4. ικανότητα εγκλιματισμού της βιομάζας σε διάφορους τύπους αποβλήτων
5. ευνοϊκές συνθήκες για όλους τους μικροοργανισμούς κατά τη διάρκεια διαφορετικών συνθηκών λειτουργίας.

Οι εγκαταστάσεις όπου λαμβάνει χώρα η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης είναι οι παρακάτω:

- συμβατικοί χωνευτές (χωρίς ανάδευση και χωρίς θέρμανση)

- χωνευτές χαμηλής ταχύτητας μιας βαθμίδας (στην οποία πραγματοποιείται ανάδευση και θέρμανση)
- χωνευτές υψηλής ταχύτητας δύο βαθμίδων
- χωνευτές όπου γίνεται ανακυκλοφορία ίλως για την επίτευξη αυξημένης συγκέντρωσης των μικροοργανισμών
- χωνευτές ανοδικής ροής με αιωρούμενη ή προσκολλημένη βιομάζα
- βιολογικά αναερόβια φίλτρα

2.3 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ

2.3.1 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΡΗ

Η θερμοκρασία επηρεάζει την ανάπτυξη και την επιβίωση των μικροοργανισμών. Όσο χαμηλότερη είναι η θερμοκρασία τόσο πιο αργές είναι οι χημικές και ενζυμικές αντιδράσεις καθώς και η ανάπτυξη των μικροβίων. Όταν η θερμοκρασία αυξάνεται, οι χημικές και ενζυμικές αντιδράσεις επιταχύνονται, αλλά μόνο μέχρι μια συγκεκριμένη βέλτιστη θερμοκρασία. Όταν η βέλτιστη θερμοκρασία υπερβεί τη βέλτιστη τιμή της, οι πρωτεΐνες και τα κυτταρικά συστατικά των μικροβίων ενδέχεται να καταστραφούν ανεπανόρθωτα. Έτσι, η αύξηση της θερμοκρασίας σε μια βέλτιστη τιμή μπορεί να βελτιώσει την αναερόβια αποδόμηση, αλλά μπορεί να καταστεί καταστροφική για το σύνολο των συγκεκριμένων μικροβίων όταν αυτή ξεπεράσει τη βέλτιστη τιμή της.

Τα μικρόβια ταξινομούνται σε διαφορετικά θερμοκρασιακά εύρη σε σχέση με τη βέλτιστη θερμοκρασία τους και αυτές οι βέλτιστες θερμοκρασίες έπειτα χρησιμοποιούνται στη διαδικασία παραγωγής βιοαερίου. Τα ψυχρόφιλα και ψυχροανθεκτικά μικρόβια αναπτύσσονται σε θερμοκρασίες από 0-20⁰C. Οι μονάδες παραγωγής βιοαερίου που λειτουργούν σε αυτό το θερμοκρασιακό εύρος συνήθως επεξεργάζονται λύματα με υψηλά διαλυτές οργανικές ενώσεις όπως απόβλητα οиноποιείων. Τα μεσόφιλα μικρόβια έχουν τη βέλτιστη θερμοκρασία τους στους 30-40⁰C και τα θερμόφιλα μικρόβια παρουσιάζουν βέλτιστο θερμοκρασιακό εύρος σε θερμοκρασίες άνω των 55⁰C. Οι μεσόφιλες και θερμόφιλες διεργασίες είναι

περισσότερο κοινές στη χώνευση ετερογενών πρώτων υλών όπως η κοπριά, η ίλυσ βιολογικών καθαρισμών αστικών λυμάτων και άλλων βιοαποδομήσιμων αποβλήτων και παραπροϊόντων προερχόμενων από τους δήμους και τις βιομηχανίες (Luostarinen, *et al.* 2011).

Γενικότερα, αρκετές σύγχρονες μονάδες παραγωγής βιοαερίου χρησιμοποιούν τις θερμόφιλες διεργασίες για την παραγωγή βιοαερίου, καθώς η διεργασία παρουσιάζει περισσότερα πλεονεκτήματα σε σχέση με την ψυχρόφιλη και τη μεσόφιλη διεργασία. Τα πλεονεκτήματα της θερμόφιλης διεργασίας παρουσιάζονται παρακάτω: (Chen, *et al.* 2007):

- Καλύτερος διαχωρισμός των στερεών και υγρών τμημάτων.
- Αποτελεσματική καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών.
- Αυξημένη ικανότητα στη χώνευση και στη διαθεσιμότητα των υποστρωμάτων.
- Καλύτερη υποβάθμιση των στερεών υποστρωμάτων και καλύτερη χρήση των υποστρωμάτων.
- Απαιτείται λιγότερος χρόνος παραμονής, με αποτέλεσμα η διεργασία να γίνεται σε λιγότερο χρόνο και με μεγαλύτερη απόδοση.
- Μεγαλύτερο ποσοστό αύξησης μεθανογενών βακτηριδίων σε υψηλότερες θερμοκρασίες.
- Καλύτερη υποβάθμιση των στερεών υποστρωμάτων και καλύτερη χρήση των υποστρωμάτων.

Τα βασικότερα μειονεκτήματα της θερμόφιλης διεργασίας είναι:

- Οι μεγαλύτερες απαιτήσεις σε ενέργεια λόγω της υψηλής θερμοκρασίας.
- Ο μεγάλος βαθμός ανισορροπίας.
- Ο υψηλότερος κίνδυνος παρεμπόδισης της αμμωνίας.

Η θερμοκρασία της διεργασίας επιδρά στην τοξικότητα της αμμωνίας. Έτσι, με την αύξηση της θερμοκρασίας λειτουργίας παρατηρείται και αύξηση της τοξικότητας της αμμωνίας. Παρόλα αυτά, όταν η θερμοκρασία λειτουργίας μειώνεται στους 50°C ή και

σε χαμηλότερη θερμοκρασία, ο ρυθμός με τον οποίο αυξάνονται οι θερμοφιλοι μικροοργανισμοί μειώνεται και υπάρχει το ενδεχόμενο ο μικροβιακός πληθυσμός να μειωθεί σε μεγάλο βαθμό. Έτσι, ένας θερμοφίλος χωνευτήρας ο οποίος λειτουργεί σε ικανοποιητικό βαθμό μπορεί να φορτωθεί σε ένα υψηλότερο βαθμό ή να λειτουργήσει σε ένα χαμηλότερο χρόνο παραμονής απ' ό,τι ένας μεσόφιλος, λόγω του ρυθμού αύξησης των θερμοφίλων οργανισμών (*Bernet, and Beline, 2008*).

2.3.2 ΠΤΗΤΙΚΑ ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ

Η συγκέντρωση των ενδιάμεσων προϊόντων της διεργασίας όπως είναι τα πτητικά λιπαρά οξέα (VFA) επηρεάζουν την ευστάθεια της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης. Τα πτητικά λιπαρά οξέα αποτελούν ενώσεις (βουτυρικά, γαλακτικά και προπιονικά άλατα) που προκύπτουν κατά τη διάρκεια της οξικογένεσης και αποτελούνται από μια αλυσίδα άνθρακα από έξι ή λιγότερα άτομα. Η αστάθεια που δημιουργείται έχει σαν αποτέλεσμα τη συσσώρευση πτητικών λιπαρών οξέων μέσα στον χωνευτήρα και αυτό το γεγονός οδηγεί στη μείωση της τιμής του pH.

Πολλές φορές, η αύξηση της συγκέντρωσης των πτητικών λιπαρών οξέων δε γίνεται αντιληπτή και δε φαίνεται από τη μείωση της τιμής του pH, λόγω του γεγονότος ότι μερικοί τύποι βιομάζας όπως τα περιττώματα ζώων έχουν αυξημένη αλκαλικότητα. Έτσι, η συσσώρευση των πτητικών λιπαρών οξέων πρέπει να είναι πολύ μεγάλη ώστε να μπορέσει να ανιχνευθεί λόγω της σημαντικής μείωσης της τιμής του pH. Όμως, όταν η τιμή του pH πέσει πάρα πολύ, τότε η συγκέντρωση των πτητικών λιπαρών οξέων στο χωνευτήρα θα είναι πάρα πολύ υψηλή και η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης θα επιβραδυνθεί και ενδέχεται να μην ολοκληρωθεί.

Όταν η ρυθμιστική ικανότητα του συστήματος δεν επαρκεί και το pH δεν είναι δυνατόν να διατηρηθεί σε επίπεδα επιθυμητά, τότε η συσσώρευση των VFA στο υγρό περιεχόμενο ενός χωνευτήρα μπορεί επιδράσει αρνητικά στη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης. Οι βέλτιστες τιμές συγκέντρωσης των VFA σε έναν αναερόβιο χωνευτήρα κυμαίνονται μεταξύ 50-250 mg/L (*Γεωργακάκης, 2009β*).

2.3.3 ΑΜΜΩΝΙΑ

Ένας ακόμα σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τη λειτουργία της αναερόβιας χώνευσης είναι η αμμωνία. Η αμμωνία αποτελεί μια σημαντική θρεπτική ουσία, συναντάται με τη μορφή αερίου και έχει τη χαρακτηριστική έντονη μυρωδιά. Η βασικότερη πηγή αμμωνίας στην αναερόβια διεργασία είναι οι πρωτεΐνες.

Η αναερόβια χώνευση παρεμποδίζεται όταν η συγκέντρωση της αμμωνίας στο κομπόστ είναι πολύ υψηλή. Το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται συνήθως κατά τη χώνευση των ζωικών περιττωμάτων, λόγω της υψηλής συγκέντρωσης της αμμωνίας που προέρχεται κυρίως από την ουρία. Έτσι, για τη μη παρεμπόδιση της διεργασίας, η συγκέντρωση της αμμωνίας θα πρέπει να είναι κάτω από τα 80mg/l.

Παράλληλα, ιδιαίτερη ευαισθησία παρουσιάζουν τα μεθανογενή βακτήρια για την παρεμπόδιση της αμμωνίας. Λόγω του γεγονότος ότι η συγκέντρωση της αμμωνίας είναι ανάλογη με τη θερμοκρασία, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα παρεμπόδισης της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης. Με την αύξηση του pH και την αύξηση της θερμοκρασίας θα έχουν σαν αποτέλεσμα την αύξηση του ποσοστού της ελεύθερης αμμωνίας και κατά συνέπεια την παρεμπόδιση της διεργασίας.

Στην περίπτωση που η αναερόβια χώνευση παρεμποδίζεται με την αμμωνία, η αύξηση των πτητικών λιπαρών οξέων θα συντελέσει στη μείωση του pH. Αυτό θα αλληλοαναιρέσει εν μέρει την επίδραση της αμμωνίας, λόγω μιας μείωσης στη συγκέντρωση της ελεύθερης αμμωνίας (Chen, et al., 2007).

2.3.4 ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΑ, ΘΡΕΠΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΚΑΙ ΤΟΞΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ

Καθοριστικό ρόλο στην επιβίωση των μικροοργανισμών που λαμβάνουν μέρος στην αναερόβια χώνευση παίζουν τα ιχνοστοιχεία όπως το σίδηρο, το νικέλιο, το κοβάλτιο, το σελήνιο, το μολυβδαίνιο ή το βολφράμιο. Παράλληλα, πολύ σημαντικό ρόλο στην αύξηση και την επιβίωση των μικροοργανισμών της αναερόβιας χώνευσης παίζουν ο άνθρακας, το άζωτο, ο φώσφορος και το θείο.

Η βέλτιστη αναλογία μεταξύ των θρεπτικών στοιχείων, του άνθρακα, του αζώτου, του φωσφόρου, και του θείου (C:N:P:S) είναι 600:15:5:1. Η μη επαρκής παροχή θρεπτικών ουσιών και ιχνοστοιχείων καθώς επίσης και η πάρα πολύ υψηλή χωνευτικότητα του υποστρώματος ενδέχεται να προκαλέσει παρεμπόδιση και διαταραχές στη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης.

Επίσης, οι τοξικές ενώσεις επηρεάζουν σημαντικά τη δραστηριότητα των αναερόβιων μικροοργανισμών. Αυτές συνήθως εισέρχονται στη διεργασία μαζί με την πρώτη ύλη, αλλά ενδέχεται να παράγονται κατά τη διάρκεια της. Η θέσπιση κατώτατων οριακών τιμών για τις τοξικές ενώσεις είναι δύσκολη, καθώς υπάρχει η δυνατότητα δέσμευσης τους με διάφορες χημικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στην αναερόβια χώνευση καθώς επίσης πολλές φορές οι αναερόβιοι μικροοργανισμοί έχουν τη δυνατότητα να προσαρμόζονται σε συνθήκες παρουσίας τοξικών ενώσεων (Γεωργακάκης, 2009β).

2.4 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

2.4.1 ΟΡΓΑΝΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ

Για να ολοκληρωθεί η διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης και για να επιτευχθεί η μέγιστη παραγωγή βιοαερίου απαιτείται μεγάλο χρονικό διάστημα παραμονής του υποστρώματος, καθώς και μεγάλους σε μέγεθος χωνευτήρες. Γι'αυτό, κατά την επιλογή του συστήματος (τύπος και μέγεθος χωνευτήρα) κατά τη φάση κατασκευής των εγκαταστάσεων βιοαερίου λαμβάνονται υπόψη τα τεχνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά τους έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη παραγωγή βιοαερίου με το ελάχιστο δυνατό κόστος και τον ελάχιστο χρόνο παραμονής.

Το οργανικό φορτίο είναι μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους λειτουργίας, καθώς μας δείχνει την ποσότητα της οργανικής ουσίας με την οποία μπορούμε να τροφοδοτήσουμε ένα χωνευτήρα ανά μονάδα κυβικού μέτρου και όγκου.

2.4.2 ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ

Επίσης, ακόμα μια σημαντική παράμετρος λειτουργίας αποτελεί ο υδραυλικός χρόνος παραμονής, ο οποίος καθορίζει το μέγεθος του χωνευτήρα που θα χρησιμοποιηθεί. Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής δηλώνει το μέσο χρονικό διάστημα κατά τον οποίο το υπόστρωμα παραμένει μέσα στη δεξαμενή του χωνευτήρα και σχετίζεται με τον όγκο του χωνευτήρα και τον όγκο του υποστρώματος που προστίθεται στο χωνευτήρα στη μονάδα του χρόνου.

Έτσι, με την αύξηση του οργανικού φορτίου, θα υπάρχει μείωση του υδραυλικού χρόνου παραμονής. Ωστόσο, ο χρόνος παραμονής δεν πρέπει να είναι σύντομος.

Γι'αυτό, θα πρέπει η ποσότητα των βακτηριδίων που αφαιρούνται από τους χωνευτήρες μέσω του κομπόστ να είναι μικρότερη από την ποσότητα των βακτηριδίων που αναπαράγονται. Ο ρυθμός διπλασιασμού των βακτηριδίων της αναερόβιας χώνευσης είναι δέκα ημέρες ή περισσότερο. Στην περίπτωση που ο χρόνος παραμονής είναι μικρός, η παραγωγή του βιοαερίου θα είναι μικρή (Luostarinen, 2011).

2.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ

2.5.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Τα πλεονεκτήματα της αναερόβιας χώνευσης παρουσιάζονται παρακάτω:

- Το κόστος λειτουργίας κατά την αναερόβια χώνευση είναι μικρότερο σε σχέση με την αερόβια, καθώς κατά τη διάρκεια αυτής της διεργασίας καταναλώνεται λιγότερη ενέργεια, η οποία χρησιμοποιείται κυρίως για θέρμανση και στοχεύει στη μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών. Επίσης, σημαντικό πλεονέκτημα της αναερόβιας επεξεργασίας αποτελεί το γεγονός ότι μπορεί να λειτουργήσει με την παραγωγή διάφορων μορφών ενέργειας ταυτόχρονα (ηλεκτρικής, θερμικής ενέργειας, καύσιμα).
- Σημαντικό πλεονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι στην αναερόβια επεξεργασία υπάρχει η δυνατότητα χρήσης απεριόριστης ποσότητας αποβλήτων προς επεξεργασία, σε αντίθεση με την αερόβια επεξεργασία όπου υπάρχουν περιορισμοί στην ποσότητα των προς επεξεργασία αποβλήτων καθώς για να επιτευχθεί η χώνευση απαιτείται και οξυγόνο.
- Με τη μέθοδο της αναερόβιας χώνευσης, υπάρχει η δυνατότητα επεξεργασίας υγρών βιομηχανικών αποβλήτων με υψηλό οργανικό φορτίο, καθώς και υλικών που δεν βιοαποδομούνται με αερόβιες διεργασίες (π.χ. κυτταρίνη) και υλικών που προκαλούν προβλήματα (π.χ. λιπαρές ουσίες).
- Από την αναερόβια επεξεργασία, προκύπτει η ίλυσ, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη λίπανση των αγρών. Η παραγόμενη ίλυσ περιέχει άζωτο, φώσφορο, άλλες θρεπτικές ουσίες, καθώς και οργανική ύλη οι οποίες συμβάλλουν στη βελτίωση της γονιμότητας και της δομής του εδάφους.

- Η απαιτήσεις της διεργασίας σε θρεπτικά συστατικά (φώσφορο και άζωτο) είναι μικρές.
- Η εγκατάσταση που χρησιμοποιεί αυτή τη μέθοδο επεξεργασίας λυμάτων έχει τη δυνατότητα να αξιοποιήσει μέρος τη παραγόμενης ποσότητας βιοαερίου για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της.
- Η επεξεργασία των αποβλήτων γίνεται σε κλειστές δεξαμενές, έτσι ώστε να μην υπάρχει έκθεση των αποβλήτων σε αερόβιες συνθήκες. Έτσι, δεν υπάρχουν οσμές και δεν εμφανίζονται έντομα και άλλα προβλήματα περιβαλλοντικής φύσεως.
- Σε αντίθεση με τους αερόβιους μικροοργανισμούς, οι αναερόβιοι έχουν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα σε ακραίες συνθήκες όπως η έλλειψη τροφής για μεγάλο χρονικό διάστημα με αποτέλεσμα να μην υπάρχει μείωση της αποδοτικότητας τους.

2.5.2 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Ωστόσο, η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης παρουσιάζει και κάποια μειονεκτήματα τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω:

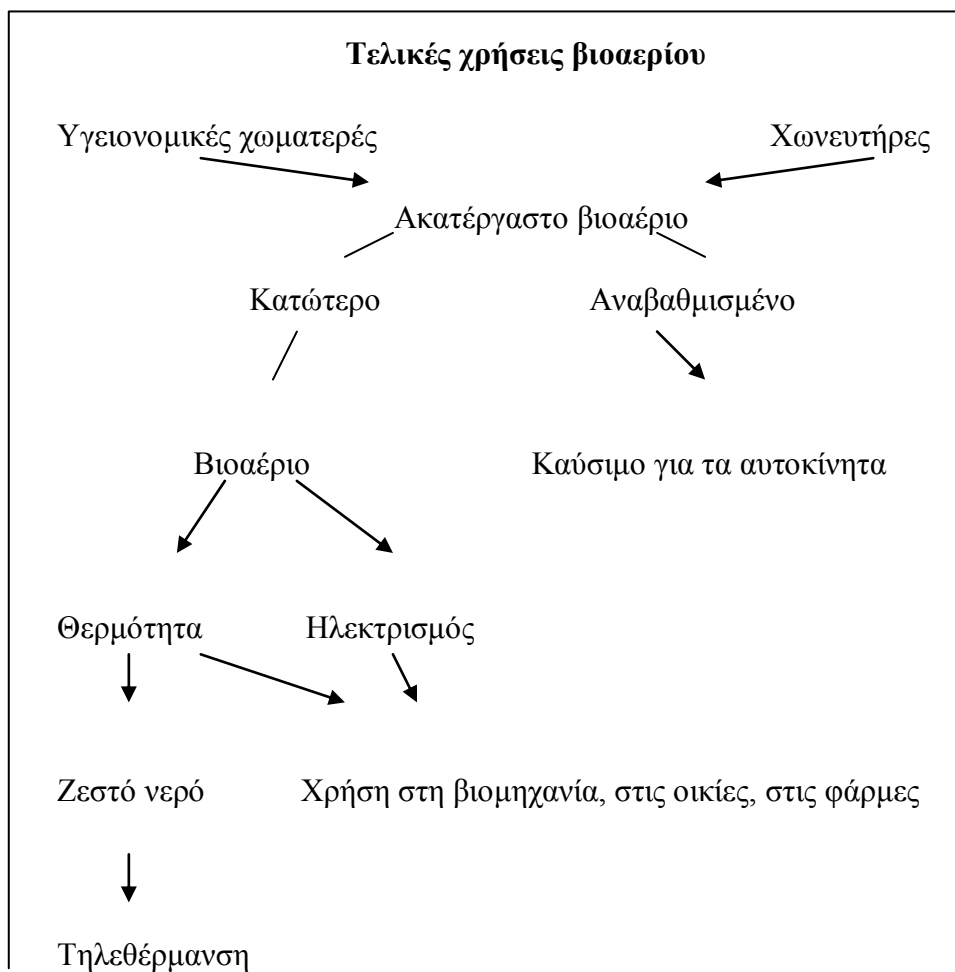
- Ο χρόνος που απαιτείται για να ξεκινήσει η αναερόβια διεργασία είναι μεγάλος (8 έως 12 εβδομάδες).
- Το κόστος κατασκευής των εγκαταστάσεων της αναερόβιας χώνευσης είναι μεγαλύτερο σε σχέση με το κόστος κατασκευής των εγκαταστάσεων της αερόβιας διεργασίας, καθώς απαιτούνται κλειστές δεξαμενές για την επίτευξη αναερόβιων συνθηκών και μεγάλες δεξαμενές γιατί ο χρόνος παραμονής των αποβλήτων είναι μεγάλος.
- Οι αναερόβιοι μικροοργανισμοί έχουν μεγάλη ευαισθησία σε πολλές τοξικές ενώσεις.
- Τα συστήματα αναερόβιας επεξεργασίας έχουν σχετικά χαμηλή ευστάθεια , που όμως εξαλείφεται με την πάροδο του χρόνου καθώς υπάρχει βελτίωση της τεχνογνωσίας σχετικά με αυτή τη μέθοδο.

- Οι αναερόβιες συνθήκες ευνοούν την αύξηση των μικροοργανισμών που ανάγουν το θείο και κατά συνέπεια την παραγωγή υδρόθειου. Η παραγωγή θειούχων ανιόντων παρουσιάζει θετικές επιδράσεις στη διεργασία καθώς ευνοεί την καθίζηση των μετάλλων (ως θειούχα άλατα τα οποία έχουν μικρή διαλυτότητα), παράλληλα όμως συμβάλλει στη μείωση του pH και επηρεάζει αρνητικά την αύξηση των μικροοργανισμών.
- Η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης παρουσιάζει ευαισθησία στις μεταβολές του pH και δεν είναι δυνατή η πραγματοποίηση της διεργασίας όταν τα προς επεξεργασία απόβλητα είναι βιομηχανικά καθώς σε αυτά περιέχονται ουσίες όπως χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, μέταλλα, ανιόντα απορρυπαντικά και θειούχα ανιόντα, ο οποίος παρεμποδίζουν την αναερόβια χώνευση.
- Μερικές φορές, η συγκέντρωση των οργανικών ουσιών κατά την έξοδο από την αναερόβια διεργασία είναι σε υψηλότερα επίπεδα από τα επιτρεπόμενα όρια, και έτσι απαιτείται επιπλέον επεξεργασία των αποβλήτων με τη μέθοδο της αερόβιας χώνευσης (www.anaerobic-digestion.com/html/pros_cons.html).

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

3.1. ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Το βιοαέριο το οποίο παράγεται κατά την αναερόβια χώνευση έχει πολλές χρήσεις, οι οποίες εξαρτώνται από τη φύση της πηγής και την τοπική ζήτηση για μια συγκεκριμένη μορφή ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, με τη χρήση του βιοαερίου υπάρχει η δυνατότητα της παραγωγής θερμότητας μέσω της άμεσης καύσης, της παραγωγής ηλεκτρισμού από μικροστρόβιλους ή κυψελών καυσίμου, της συνδυασμένης παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού, καθώς και της χρήσης του βιοαερίου ως καύσιμο οχημάτων.



Σχήμα 3.1: Επισκόπηση των ρήσεων του βιοαερίου (Smith, 2003)

3.2. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Το ενεργειακό περιεχόμενο του βιοαερίου, το οποίο παράγεται κατά την αναερόβια χώνευση, είναι χημικά δεσμευμένο στο μεθάνιο. Η σύνθεση του βιοαερίου και οι

ιδιότητες του, δεν είναι πάντα οι ίδιες. Εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες, όπως ο τύπος και η δομή της πρώτης ύλης, η θερμοκρασία, ο χρόνος παραμονής, το σύστημα εγκατάστασης και πολλούς άλλους.

Στον πίνακα 3.1 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές σύνθεσης του βιοαερίου λαμβάνοντας υπόψη ότι το βιοαέριο έχει 50% περιεχόμενο σε μεθάνιο, η μέση πυκνότητα είναι περίπου 1,22 kg/Nm³, η μέση θερμαντική τιμή του είναι 21MJ/Nm³ και η μάζα του είναι παρόμοια με αυτή τη αέρα (1,29 kg/Nm³) (Laaber et al., 2006).

Συστατικό	Χημικός τύπος	Περιεκτικότητα (Vol.-%)
Μεθάνιο	CH ⁴	50-75
Διοξείδιο του άνθρακα	CO ²	25-45
Υδρατμοί	H ₂ O	2 (20°C) -7 (40 °C)
Οξυγόνο	O ₂	<2
Άζωτο	N ₂	<2
Αμμωνία	NH ₃	<1
Υδρογόνο	H ₂	<1
Θείο	H ₂ S	<1

Πίνακας 3.1: Σύνθεση του βιοαερίου (Laaber, et al. 2006)

3.3. ΑΜΕΣΗ ΚΑΥΣΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Ένας από τους απλούστερους τρόπους χρήσης του παραγόμενου βιοαερίου είναι η άμεση καύση του σε λέβητες ή καυστήρες. Στις αναπτυσσόμενες χώρες η χρήση καυστήρων και λεβητών είναι μια συνήθης πρακτική για το βιοαέριο το οποίο παράγεται από μικρούς οικογενειακούς χωνευτήρες.

Παράλληλα, η χρήση καυστήρων και λεβητών για την καύση φυσικού αερίου εφαρμόζεται ευρέως στις περισσότερες αναπτυγμένες χώρες. Όμως, η καύση βιοαερίου

σε μικρής κλίμακας εγκαταστάσεις δεν είναι ακόμα διαδεδομένη σε αυτές τις χώρες. Με την καύση του παραγόμενου βιοαερίου μπορεί να παραχθεί θερμότητα είτε επί τόπου, είτε να μεταφερθεί με σωληνώσεις στους τελικούς χρήστες. Στην περίπτωση που το βιοαέριο προορίζεται για παραγωγή θερμότητας, δεν απαιτείται καμιά αναβάθμιση σε αυτό και παράλληλα το επίπεδο ρύπανσης δεν περιορίζει τη χρήση του αερίου τόσο όσο και σε περιπτώσεις άλλων εφαρμογών. Παρά ταύτα, το βιοαέριο θα πρέπει να υποστεί συμπίκνωση, συμπίεση, αφαίρεση των σωματιδίων, ψύξη και αφυδάτωση (Luostarinen, et al. 2011).

3.4. ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Η συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) είναι μια από τις πιο κοινές εφαρμογές ενεργειακής εκμετάλλευσης του βιοαερίου το οποίο παράγεται κατά τη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης. Η εφαρμογή αυτή θεωρείται πολύ αποδοτική. Όμως, για να καταστεί δυνατή η χρήση του βιοαερίου για τη συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας θα πρέπει πρώτα να υποστεί στράγγιση και ξήρανση. Οι μηχανές καύσης του αερίου έχουν κάποια ανώτατα επιτρεπτά όρια στις ουσίες που περιέχονται στο βιοαέριο που προορίζεται για καύση, όπως το σουλφίδιο του υδρογόνου, τους αλογονομένους υδρογονάνθρακες και τις σιλοξάνες. Οι μηχανές εσωτερικής καύσης που χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας έχουν μέγιστη αποδοτικότητα 90% περίπου και παράγουν 35% ηλεκτρική ενέργεια και 65% θερμότητα.

Οι θερμικές εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής τύπου κορμού (BTTP) οι οποίοι έχουν κινητήρες καύσης που συνδέονται με μια γεννήτρια αποτελούν την πιο συνηθισμένη εφαρμογή των μονάδων ΣΗΘ.

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της μονάδας βιοαερίου όπως για παράδειγμα για τις αντλίες, τα συστήματα ελέγχου και τους αναδευτήρες. Στις χώρες στις οποίες οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας προερχόμενης από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι πολύ υψηλές, όλη η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται πωλείται στο δίκτυο και η ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της μονάδας αγοράζεται από το εθνικό δίκτυο σε χαμηλότερη τιμή.

Ένας σημαντικός παράγοντας όσον αφορά την οικονομική και ενεργειακή αποδοτικότητα των μονάδων παραγωγής βιοαερίου είναι η χρήση της παραγόμενης θερμότητας. Το ένα τρίτο της παραχθείσας θερμότητας προορίζεται για τη θέρμανση των χωνευτήρων και τα υπόλοιπα δύο τρίτα χρησιμοποιούνται για την κάλυψη εξωτερικών ενεργειακών αναγκών.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι μονάδες βιοαερίου που κατασκευάστηκαν παλαιότερα έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια μόνο. Για την επίτευξη της οικονομικής βιωσιμότητας της εγκατάστασης πλέον επιβάλλεται η χρήση θερμότητας. Η θερμότητα που παράγεται από την καύση του βιοαερίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη των αναγκών σε θερμότητα διάφορων βιομηχανικών διεργασιών, γεωργικών δραστηριοτήτων ή ακόμα και για τη θέρμανση των κτιρίων. Ο καταλληλότερος χρήστης θερμότητας είναι η βιομηχανία, λόγω του γεγονότος ότι η ζήτηση είναι σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.



Εικόνα 3.1: Καυστήρας βιοαερίου για την παραγωγή θερμότητας (www.biogas-plant.com)

Η ποιότητα της θερμότητας που παράγεται αποτελεί ένα σημαντικό ζήτημα το οποίο αφορά κυρίως τις βιομηχανικές εφαρμογές. Παράλληλα, μια ακόμα επιλογή αξιοποίησης της θερμότητας αποτελεί η θέρμανση κτιρίων και νοικοκυριών. Όμως, η εφαρμογή αυτή έχει ένα σημαντικό μειονέκτημα, καθώς έχει χαμηλή ζήτηση κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και υψηλή ζήτηση κατά τη διάρκεια του χειμώνα.

Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα χρήσης της παραχθείσας θερμότητας για την ξήρανση προϊόντων, τεμαχίων ξύλου ή για το χωρισμό του κομποστ. Τέλος, η παραγόμενη θερμότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμένα συστήματα ψύξης, θέρμανσης και ηλεκτρισμού. Η διεργασία αυτή είναι γνωστή από τα ψυγεία και χρησιμοποιείται για την ψύξη των τροφίμων. Η ενέργεια η οποία εισάγεται είναι θερμότητα, η οποία μετατρέπεται σε ψύξη μέσω μιας διεργασίας απορρόφησης, όπου πραγματοποιείται μια διαφοροποίηση μεταξύ της προσρόφησης και της διεργασίας δροσισμού με απορρόφηση. Το όφελος της ψύξης μέσω της απορρόφησης είναι οι μικρές φθορές λόγω των μηχανικών μερών και η μικρή κατανάλωση ενέργειας, σε σύγκριση με τις εγκαταστάσεις δροσισμού με συμπίεση (*Castrillon, 2011*).

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

4.1. ΚΥΡΙΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Η μέθοδος της αναερόβιας χώνευσης των κτηνοτροφικών αποβλήτων με σκοπό την παραγωγή βιοαερίου είναι μια ευρέως διαδεδομένη μέθοδος διαχείρισης των ζωικών αποβλήτων στη σημερινή εποχή. Στις αναπτυγμένες οικονομικά χώρες, οι οποίες έχουν μεγάλη αγροτική παραγωγή, η αυστηροποίηση της νομοθεσίας σχετικά με τη διαχείριση των αποβλήτων, η ανάγκη των αγροτικών επιχειρήσεων μείωσης του κόστους παραγωγής μέσω χρήσης μέρους κάποιας από τις παραγόμενες μορφές ενέργειας καθώς και η δυνατότητα αύξησης του αγροτικού εισοδήματος μέσω της πώλησης της ενέργειας από την καύση του παραγόμενου βιοαερίου έχει οδηγήσει στη αύξηση του ενδιαφέροντος για την αναερόβια χώνευση.

4.2 ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Η ιδέα για τη δημιουργία αγροτικών εγκαταστάσεων βιοαερίου δημιουργήθηκε κατά την δεκαετία του 1970 στη Δανία, όταν άρχισαν να κατασκευάζονται απλές εγκαταστάσεις από ντόπιους κτηνοτρόφους και οι οποίες στη συνέχεια βελτιώθηκαν από ντόπιους σιδεράδες. Η έλλειψη γνώσης σχετικά με τη βέλτιστη προσαρμογή και τον έλεγχο της ευαίσθητης βιολογικής διαδικασίας συχνά οδηγούσε στη μείωση της απόδοσης ή οτιδήποτε άλλο. Ως εκ τούτου, η οικονομία στους αρχικούς σχεδιασμούς δεν λαμβανόταν υπόψη. Έτσι, το Δανικό υπουργείο εμπορείου δημιούργησε μια επιστημονική ομάδα με σκοπό την καταγραφή και τη βελτίωση της λειτουργίας του Δανικού τομέα βιοαερίου. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970 και 1980 πολλές από τις αρχικές ιδέες εγκαταλείφθηκαν λόγω των πολλών λειτουργικών προβλημάτων που εμφάνιζαν προκαλώντας παύση της λειτουργίας των εγκαταστάσεων (*Madsen et al., 2011*).

4.2.1 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΚΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ

Οι εγκαταστάσεις βιοαερίου οικογενειακής κλίμακας είναι ευρέως διαδεδομένες σε αναπτυσσόμενες χώρες όπως η Ινδία, η Κίνα, το Πακιστάν όπου λειτουργούν εκατομμύρια τέτοιου είδους εγκαταστάσεις. Σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή του βιοαερίου χρησιμοποιούνται τα απόβλητα οργανικής φύσεως που προέρχονται από τα

νοικοκυριά και από τη μικρή αγροτική δραστηριότητα. Οι παραγόμενες ποσότητες βιοαερίου χρησιμοποιούνται για το μαγείρεμα και το φωτισμό.



Εικόνα 4.1: Εγκατάσταση βιοαερίου οικογενειακής κλίμακας στο Πακιστάν (www.bio-gas-plant.blogspot.com)

4.2.2 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΑΓΡΟΚΤΗΜΑΤΟΣ

Οι μονάδες βιοαερίου κλίμακας διαχειρίζονται ζωική κοπριά και πολτό κυρίως από μια κτηνοτροφική μονάδα ή σπανιότερα δύο ή τριών μικρών γειτονικών μονάδων. Η τεχνολογία που εφαρμόζεται για την παραγωγή του βιοαερίου είναι η ίδια με αυτή των κοινών εγκαταστάσεων βιοαερίου.



Εικόνα 4.2: Εγκατάσταση βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος στη Φιλανδία (<http://metener.webnode.com/biogas-plant-design/>)

Οι εγκαταστάσεις κλίμακας αγροκτήματος συνήθως είναι εγκατεστημένες σε μεγάλες χοιροτροφικές μονάδες αντιμετωπίζοντας και επιλύοντας περιβαλλοντικά προβλήματα εξαιτίας της υπερβολικής παραγωγής κοπριάς. Οι εγκαταστάσεις βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος εφαρμόζουν επίσης πριν και μετά την επεξεργασία τεχνολογίες διαχωρισμού (Holm-Nielsen, et al., 2009).

4.3. ΚΟΙΝΕΣ (ΚΕΝΤΡΙΚΕΣ) ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

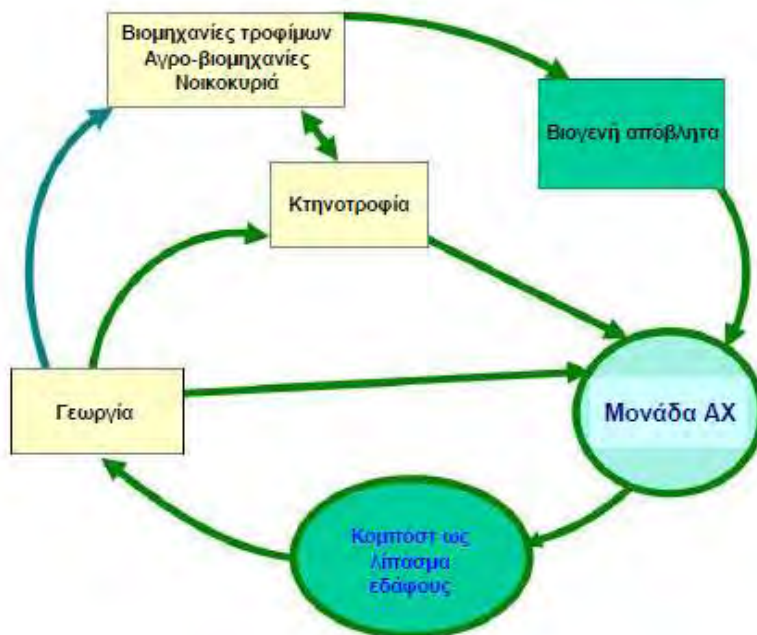
Οι κοινές εγκαταστάσεις βιοαερίου συγχώνευσης ζωικής κοπριάς, η οποία είναι συλλεγμένη από αρκετές κτηνοτροφικές μονάδες, αναμειγμένη με κατάλληλα οργανικά υπολείμματα από βιομηχανίες τροφίμων και από την τοπική κοινωνία. Οι μονάδες βιοαερίου κοινής χώνευσης είναι συνήθως μεγάλης κλίμακας με χωρευτήρες χωρητικότητας από μερικές εκατοντάδες κυβικά μέτρα μέχρι και αρκετές χιλιάδες κυβικά μέτρα.



Εικόνα 4.3: Κοινή (Κεντρική) εγκατάσταση βιοαερίου στη Γερμανία (www.tx.nrcs.usda.gov)

Μια από τις πρωτοπόρες χώρες στην ανάπτυξη των αγροτικών εγκαταστάσεων βιοαερίου, με ταυτόχρονη χώνευση κοπριάς και οργανικών αποβλήτων, ήταν η Δανία όπου η ιδέα των μονάδων βιοαερίου κοινής χώνευσης εξελίχθηκε κατά τη διάρκεια των τελευταίων δύο δεκαετιών και αποτελεί σήμερα ένα ενσωματωμένο σύστημα κοπριάς, διαχείρισης οργανικών αποβλήτων, ανακύκλωσης θρεπτικών και παραγωγής ανανεώσιμης πηγής ενέργειας δημιουργώντας παράλληλα αγροτικά και περιβαλλοντικά οφέλη.

Η φρέσκια ζωική κοπριά συλλέγεται από τις κτηνοτροφικές μονάδες, μεταφέρεται στις εγκαταστάσεις παραγωγής βιοαερίου αναμιγνύεται και χωνεύεται μαζί με ευκολοχώνευτα οργανικά απόβλητα.



Σχήμα 4.1: Σχηματική αναπαράσταση του κλειστού κύκλου της συγκεντρωμένης αναερόβιας χώνευσης (Holm-Nielsen, et al., 2009).

Η διεργασία της Αναερόβιας Χώνευσης λαμβάνει χώρα σε θερμοφίλες (53-58°C) ή μεσόφιλες (30-40°C) θερμοκρασίες, διαρκώντας 12- 25 ημέρες. Ο χρόνος υδραυλικής κατακράτησης μειώνεται με τη θερμοκρασία χώνευσης. Προτού προστεθεί στο περιεχόμενο του αντιδραστήρα, ειδικά υποστρώματα και ζωικά υποπροϊόντα υποβάλλονται σε έναν προέλεγχο υγιεινής, αποσκοπώντας στην αδρανοποίηση των παθογόνων μικροοργανισμών και τη διακοπή του κύκλου διάδοσης τους. Η χωνεμένη βιομάζα μεταφέρεται και αποθηκεύεται σε ειδικές δεξαμενές αποθήκευσης οι οποίες καλύπτονται με μια ανθεκτική μεμβράνη για την ανάκτηση της παραγωγής βιοαερίου που έχει παραμείνει. Οι μονάδες βιοαερίου μπορούν να εξοπλιστούν με εγκαταστάσεις διαχωρισμού των ινών και των υγρών κλασμάτων.

Η χωνεμένη βιομάζα μεταφέρεται πίσω στις φάρμες, σε δεξαμενές αποθήκευσης και διανέμεται στους αγρούς καθώς δεν έχει παθογόνους μικροοργανισμούς και παράλληλα αποτελεί ένα θρεπτικώς οριζόμενο εδαφοβελτιωτικό το οποίο διανέμεται στους αγρούς ανάλογα με το πρόγραμμα λίπανσης της κάθε γεωργικής εκμετάλλευσης.



Σχήμα 4.2: Τα κύρια ρεύματα της ολοκληρωμένης βασικής αρχής των κεντρικών εγκαταστάσεων χώνευσης (Holm-Nielsen, et al., 2009).

Το παραγόμενο βιοαέριο χρησιμοποιείται για τη συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας ή αναβαθμίζεται και χρησιμοποιείται σαν καύσιμο οχημάτων. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια πωλείται στο δίκτυο και η θερμότητα διανέμεται μέσω του δικτύου στους καταναλωτές (Holm-Nielsen, 2009).

5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

5.1. ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

Κτηνοτροφικά απόβλητα θεωρούνται τα απόβλητα που παράγονται από τα παραγωγικά ζώα κατά τη διάρκεια της διαβίωσης τους μέσα στις κτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις και αποτελούνται από τη ζωική κοπριά και τα ούρα. Τα απόβλητα αυτά δεν έχουν οποιαδήποτε οικονομική αξία για τον κτηνοτρόφο. Η επεξεργασία θεωρείται οικονομικά ασύμφορη και ως εκ τούτου θεωρούνται ως ένα άχρηστο προϊόν το οποίο στις περισσότερες κτηνοτροφικές μονάδες απομακρύνεται σε στερεή ή υγρή μορφή. (Γεωργακάκης, 2008).

Η διαδικασία παραγωγής των αποβλήτων σε μια κτηνοτροφική μονάδα παίζει καθοριστικό ρόλο στην οικονομική και αποτελεσματική επεξεργασία των αποβλήτων της εκμετάλλευσης. Ο σχεδιασμός ενός συστήματος επεξεργασίας ξεκινά ουσιαστικά μέσα από τους χώρους παραγωγής με την εξέταση των δυνατοτήτων διαχωρισμού των αποβλήτων σε στερεά-υγρά ή σε απόβλητα μικρού και μεγάλου φορτίου.

Σε αρκετές περιπτώσεις, είναι δυνατόν να μειωθεί ο όγκος των προς επεξεργασία αποβλήτων με κατάλληλη επέμβαση στη διαδικασία παραγωγής τους, κυρίως στη χρήση νερού. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την απομάκρυνση του νερού της βροχής που πέφτει στις στέγες των στάβλων και καταλήγει στο αποχετευτικό σύστημα της μονάδας, με απομάκρυνση και επαναχρησιμοποίηση του νερού πλύσης των εγκαταστάσεων ή ακόμα και με τη χρήση συστημάτων πλύσης εξοικονόμησης νερού.

Τα απόβλητα ζωικής προέλευσης είναι πυκνά απόβλητα, έχουν μικρό σχετικά όγκο και μεγάλο οργανικό φορτίο σε σχέση με τα απόβλητα των βιομηχανιών τροφίμων και τα υγρά αστικά απόβλητα. Παράλληλα, έχουν μικρότερο ρυπαντικό φορτίο σε σχέση με τα απόβλητα των βιομηχανιών επεξεργασίας γεωργικών προϊόντων, όπως τα απόβλητα των τυροκομείων και των ελαιοτριβείων.

Τα υγρά απόβλητα που προέρχονται από τις κτηνοτροφικές μονάδες έχουν μεγάλη συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων. Αυτό γίνεται εμφανές με τη δημιουργία ιζήματος στον πυθμένα και κρούστας στην επιφάνεια των δεξαμενών συλλογής και αποθήκευσης των αποβλήτων.

Η διαφοροποίηση τους, όσον αφορά στο ύψος του οργανικού τους φορτίου, οφείλεται στις διαφορετικές ποσότητες νερού, που αναμιγνύονται με αυτά, κατά κατηγορία

παραγωγικής δραστηριότητας. Οι διαφορές αυτές είναι αρκετά έντονες στις πτηνό-κτηνοτροφικές μονάδες, ακόμα και μεταξύ μονάδων της ίδιας κατηγορίας και δυναμικότητας, λόγω των διαφορετικών χειρισμών του παραγωγού στη χρήση του νερού. Τα απόβλητα των κτηνοτροφικών μονάδων ποικίλλουν σε σύσταση, μορφή και όγκο, ανάλογα με τις συνθήκες εκτροφής, το σιτηρέσιο, την ηλικία και το είδος των εκτρεφόμενων ζώων. Είναι γενικά απόβλητα οργανικής προέλευσης και περιέχουν, εκτός από το νερό, τις κοπριές και τα ούρα των ζώων και υπολείμματα ζωοτροφών, που αναμιγνύονται με τα απόβλητα.

5.1.1 ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΑΠΟ ΒΟΥΣΤΑΣΙΑ

Τα απόβλητα τα οποία προέρχονται από βουστάσια στα οποία εκτρέφονται αγελάδες γαλακτοπαραγωγής είναι κυρίως στερεής και ημιστερεής μορφής, ανάλογα με την εποχή και τη χρήση ή μη στρωμνής άχυρου και σε υγρής μορφής με αναλογία 2 προς 1 περίπου κατ' όγκο.

Η απομάκρυνση των αποβλήτων στερεής και ημιστερεής μορφής γίνεται συνήθως με τη χρήση μηχανικών μέσων, ενώ τα υγρά απόβλητα που παράγονται συγκεντρώνονται με φυσική ροή σε κεντρική δεξαμενή συλλογής. Τα ημιστερεά και στερεά απόβλητα συνήθως πολλές φορές διατηρούνται χωριστά από τα υγρά και συγκεντρώνονται σε καλά αεριζόμενους κοπροσωρούς ή κάποιες φορές αναμιγνύονται, κυρίως το χειμώνα, με τα υγρά απόβλητα σε κεντρική δεξαμενή αραιώσης και ομογενοποίησης.

Οι αγελάδες γαλακτοπαραγωγής οι οποίες διαβιούν για μεγάλο χρονικό διάστημα ελεύθερες σε περιφραγμένο, τσιμεντοστρωμένο ή χωμάτινο προαύλιο, έχουν μεγαλύτερη ποσότητα παραγόμενων υγρών αποβλήτων τη χειμερινή περίοδο, καθώς στα παραγόμενα υγρά απόβλητα προστίθενται και επιπλέον ποσότητες από τις βροχοπτώσεις.

Αντίθετα, κατά τη διάρκεια της ξηρής περιόδου από τους χώρους αυτούς, από τους οποίους υπολογίζεται ότι παράγεται το 50% των αποβλήτων, παράγονται κυρίως μόνο στερεά απόβλητα καθώς το ύψος των κατακρημνισμάτων είναι ελάχιστο και παράλληλα το ποσοστό της εξάτμισης είναι μεγάλο λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούν τη συγκεκριμένη περίοδο. Επίσης, στον ημερήσιο όγκο των παραγόμενων υγρών αποβλήτων προστίθενται και ποσότητες υγρών αποβλήτων που

προέρχονται από τον καθαρισμό των εγκαταστάσεων όπως τα νερά πλυσίματος των σκευών και του εξοπλισμού των εγκαταστάσεων άμελης των ζώων και διακίνησης του γάλακτος.

Στις βοοτροφικές μονάδες αγελάδων γαλακτοπαραγωγής, στις οποίες τα ζώα διαβιούν καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου σε κλειστές σταυλικές εγκαταστάσεις, εφαρμόζεται το σύστημα των αποχετευτικών καναλιών. Κατά το σύστημα αυτό, όταν τα ζώα βρίσκονται μέσα στο στάβλο, είναι συνεχώς δεμένα σε ατομικές θέσεις. Σε μια τέτοια περίπτωση, τα απόβλητα είναι μεταξύ ημιστερεής και ημιυγρής μορφής, ανάλογα με το νερό και τα υγρά διατηρούνται μέσα στα αποχετευτικά κανάλια.

Στις μονάδες πάχυνσης μοσχαριών, τα ζώα διαβιούν σε περιορισμένους υπαίθριους χώρους, πάνω σε φυσικό ή μερικά τσιμεντοστρωμένο έδαφος ή σε κλειστούς χώρους πάνω σε τσιμεντένιο, σχαρωτό ή συνδυασμό τσιμεντένιου και σχαρωτού δαπέδου. Στην περίπτωση αυτή τα απόβλητα απομακρύνονται με έναν ή περισσότερους από τους προαναφερθέντες τρόπους για τις μονάδες αγελάδων γαλακτοπαραγωγής (Γεωργακάκης, 2008).

5.1.2 ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΑΠΟ ΧΟΙΡΟΣΤΑΣΙΑ

Τα απόβλητα που προέρχονται από τα χοιροστάσια είναι υγρής και ημιυγρής μορφής και συλλέγονται, σχεδόν στο σύνολό τους, σε αποχετευτικά κανάλια κάτω από πλήρως ή μερικώς σχαρωτά δάπεδα. Σε αυτά τα αποχετευτικά κανάλια οδηγούνται και τα νερά πλύσης, καθώς και τα νερά από ενδεχόμενη διαρροή του συστήματος ύδρευσης των ζώων.

Τα νερά αυτά οδηγούνται με ένα σύστημα φυσικής ροής σε μια κεντρική δεξαμενή συλλογής, συνεχώς με υπερχειλίση ή ελεγχόμενα, με τη βοήθεια κινητών θυρίδων ή πλαστικών σιφωνίων εκκένωσης. Η δημιουργία συστήματος αερισμού μέσα στις σταυλικές εγκαταστάσεις συμβάλλει στη μείωση των ενοχλήσεων από οσμές καθώς επίσης και στη βελτίωση της υγιεινής και της διαβίωσης των εκτρεφόμενων ζώων. (Γεωργακάκης, 2008).

Τις δύο τελευταίες δεκαετίες, έχουν εγκατασταθεί στις χοιροτροφικές μονάδες συστήματα μηχανικού διαχωρισμού των αποβλήτων. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την παραγωγή στερεών αποβλήτων, τα οποία μπορούν να αποθηκευτούν και να

διατηρηθούν σε καλά στραγγιζόμενους και προστατευμένους χώρους οι οποίοι ονομάζονται κοπροσωροί και μέσα στους οποίους τα στερεά απόβλητα μπορούν να υποστούν φυσική χώνευση και στη συνέχεια να διατεθούν στις καλλιέργειες σαν εδαφοβελτιωτικό υλικό. Στην περίπτωση που υπάρχει η δυνατότητα συστηματικής παρέμβασης του παραγωγού κατά τη διαδικασία της κομποστοποίησης, τότε τα στερεά απόβλητα διαχωρίζονται σε σωρούς και με τη βοήθεια μηχανικών μέσων αναμιγνύονται σε τακτό χρονικό διάστημα. (Γεωργακάκης, 2009α).

5.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΩΝ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Στην παρούσα μελέτη, μελετήθηκε μόνο ο κλάδος της εντατικής κτηνοτροφίας, δηλαδή τα σταβλισμένα ζώα, των οποίων τα υπολείμματα μπορούν να συγκεντρωθούν στα όρια της μονάδας που αυτά εκτρέφονται. Η έρευνα εστιάστηκε σε δύο κατηγορίες κτηνοτροφικών μονάδων: στις μονάδες που εκτρέφουν αγελάδες γαλακτοπαραγωγής και στις χοιροτροφικές εκμεταλλεύσεις.

Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά στοιχεία σχετικά με τον αριθμό των κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων καθώς και τον συνολικό πληθυσμό των βοοειδών και των χοίρων σε κάθε Περιφερειακή Ενότητα και στο σύνολο της Περιφέρειας Θεσσαλίας.

	Εκμεταλλεύσεις	Αριθμός Βοοειδών
Π.Ε. Λάρισας	448	19.485
Π.Ε. Μαγνησίας	88	2.363
Π.Ε. Τρικάλων	122	4.879
Π.Ε. Καρδίτσας	143	2.559
Σύνολο Περ. Θεσσαλίας	801	29.286

Πίνακας 5.1: Πληθυσμός βοοειδών και σύνολο βοοτροφικών εκμεταλλεύσεων στην Περιφέρεια Θεσσαλίας (Δ/νση Κτηνιατρικής 2012).

Από τα παραπάνω στοιχεία παρατηρούμε ότι η πλειονότητα των βοοτροφικών εκμεταλλεύσεων των αγελάδων γαλακτοπαραγωγής, καθώς και ο πληθυσμός τους βρίσκεται στην Περιφερειακή Ενότητα Λάρισας με ποσοστά 55,9% και 66,5% περίπου αντίστοιχα.

	Εκμεταλλεύσεις	Αριθμός Χοίρων
Π.Ε. Λάρισας	265	88.879
Π.Ε. Μαγνησίας	210	13.315
Π.Ε. Τρικάλων	345	84.352
Π.Ε. Καρδίτσας	246	38.040
Σύνολο Περι. Θεσσαλίας	1.066	224.586

Πίνακας 5.2: Πληθυσμός χοίρων και σύνολο χοιροτροφικών εκμεταλλεύσεων στην Περιφέρεια Θεσσαλίας (Δ/νση Κτηνιατρικής 2012).

Στις χοιροτροφικές εκμεταλλεύσεις, οι περισσότερες κτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις βρίσκονται στην Περιφερειακή Ενότητα Τρικάλων με ποσοστό 32,4 % περίπου επί του συνόλου των κτηνοτροφικών μονάδων. Αντίθετα, ο μεγαλύτερος πληθυσμός εκτρεφόμενων χοίρων βρίσκεται στην Περιφερειακή Ενότητα Λάρισας με ποσοστό 39,6% περίπου.

5.3 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Έχοντας ως δεδομένο την παραγωγή αποβλήτων σε ετήσια βάση, μπορούμε να υπολογίσουμε τη θεωρητική παραγωγή του βιοαερίου ετησίως. Οι αγελάδες γαλακτοπαραγωγικής, αναπαραγωγικής και μικτής κατεύθυνσης διαβιούν καθόλη τη διάρκεια της ζωής τους μέσα στις σταβλικές εγκαταστάσεις ή ελεύθερες σε περιφραγμένο, τσιμεντοστρωμένο ή χωμάτινο προαύλιο. Έτσι, σε αυτή την περίπτωση θεωρούμε ότι λαμβάνουμε το σύνολο της παραγόμενης κόπρου.

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι τιμές διαφόρων συντελεστών που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της συνολικής ποσότητας βιοαερίου καθώς και του ενεργειακού περιεχομένου που μπορεί να παραχθεί από την ενεργειακή εκμετάλλευση των βοοτροφικών και χοιροτροφικών αποβλήτων στην Περιφέρεια Θεσσαλίας.

Είδος ζώου	Συνολική κοπριά (t/head year)	Ξηρά στερεά (t/head year)	Συντελεστής παραγωγής βιοαερίου (m ³ /dry t)	Συντελεστής παραγωγής ενέργειας (MJ/m ³)
Βοοειδή	10,8	1,54	281	21,6
Χοιρινά	1,89	0,216	649	21,6

Πίνακας 5.3: Τιμές για διάφορους συντελεστές που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της παραγωγής βιοαερίου (Batziias, et al., 2004), (Jingura, et Matengaiifa, 2007).

Οι παραγόμενες ποσότητες των κτηνοτροφικών αποβλήτων αποτελούν την πρώτη ύλη για τη λειτουργία της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα στοιχεία από τη συνολική παραγωγή αποβλήτων και βιοαερίου ανά Περιφερειακή Ενότητα της Περιφέρειας Θεσσαλίας.

Περιφερειακές Ενότητες	Σύνολο Βοοειδών	Συνολική ετήσια παραγωγή κοπριάς (t/year)	Συνολική ετήσια παραγωγή ξηρών στερεών (t/year)	Συνολική ετήσια παραγωγή βιοαερίου (m ³)
Λάρισας	19.485	210.438	30.006	8.431.686
Μαγνησίας	2.363	25.520	3.639	1.022.559
Τρικάλων	4.879	52.693	7.513	2.111.153

Καρδίτσας	2.559	27.637	3.940	1.107.140
Σύνολο Θεσσαλίας	29.286	316.288	45.100	12.673.100

Πίνακας 5.4: Συνολική παραγωγή κοπριάς και βιοαερίου από βοοειδή στη Θεσσαλία.

Τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα δείχνουν ότι η μεγαλύτερη ποσότητα κοπριάς καθώς και βιοαερίου παράγεται στην Περιφερειακή Ενότητα Λάρισας.

Περιφερειακές Ενότητες	Σύνολο χοίρων	Συνολική ετήσια παραγωγή κοπριάς (t/year)	Συνολική ετήσια παραγωγή ξηρών στερεών (t/year)	Συνολική ετήσια παραγωγή βιοαερίου (m ³)
Λάρισας	88.879	167.981	19.197	12.458.853
Μαγνησίας	13.315	25.165	2.876	1.866.524
Τρικάλων	84.352	159.425	18.220	11.824.780
Καρδίτσας	38.040	71.895	8.216	5.332.184
Σύνολο Θεσσαλίας	224.586	424.467	48.510	31.482.990

Πίνακας 5.5: Συνολική παραγωγή κοπριάς και βιοαερίου από χοίρους στη Θεσσαλία .

Περιφερειακές Ενότητες	Σύνολο Βοοειδών	Συνολική ετήσια παραγωγή βιοαερίου (m ³)	Ενεργειακό περιεχόμενο (MJ/year)	Ενεργειακό περιεχόμενο (Kwh/year)
Λάρισας	19.485	8.431.686	182.124.417	50.448.463

Μαγνησίας	2.363	1.022.559	22.087.274	6.118.174
Τρικάλων	4.879	2.111.153	45.600.904	12.631.450
Καρδίτσας	2.559	1.107.140	23.914.224	6.624.240
Σύνολο Θεσσαλίας	29.286	12.673.100	273.738.960	75.825.691

Πίνακας 5.6: Εκλυόμενη ενέργεια από τα παραγόμενα κτηνοτροφικά απόβλητα βοοειδών στη Θεσσαλία.

Περιφερειακές Ενότητες	Σύνολο χοίρων	Συνολική ετήσια παραγωγή βιοαερίου (m ³)	Ενεργειακό περιεχόμενο (MJ/year)	Ενεργειακό περιεχόμενο (Kwh/year)
Λάρισας	88.879	12.458.853	269.111.224	74.543.809
Μαγνησίας	13.315	1.866.524	40.316.918	11.167.786
Τρικάλων	84.352	11.824.780	255.415.248	70.750.023
Καρδίτσας	38.040	5.332.184	114.959.174	31.843.691
Σύνολο Θεσσαλίας	224.586	31.482.990	680.032.584	188.369.025

Πίνακας 5.7: Εκλυόμενη ενέργεια από τα παραγόμενα κτηνοτροφικά απόβλητα χοίρων στη Θεσσαλία.

Στον παρακάτω πίνακα υπολογίζεται το συνολικό ενεργειακό περιεχόμενο που μπορεί να παραχθεί στην Περιφέρεια Θεσσαλίας, το οποίο προέρχεται από τις βοοτροφικές και χοιροτροφικές μονάδες.

Περιφερειακές Ενότητες	Ενεργειακό περιεχόμενο από βοοειδή (Kwh/year)	Ενεργειακό περιεχόμενο από χοίρους	Συνολικό ενεργειακό περιεχόμενο

		(Kwh/year)	(Kwh/year)
Λάρισας	50.448.463	74.543.809	124.992.272
Μαγνησίας	6.118.174	11.167.786	17.285.960
Τρικάλων	12.631.450	70.750.023	83.381.473
Καρδίτσας	6.624.240	31.843.691	38.467.931
Σύνολο Θεσσαλίας	75.825.691	188.369.025	264.194.716

Πίνακας 5.8: Συνολική εκλυόμενη ενέργεια από τα παραγόμενα κτηνοτροφικά απόβλητα στην Περιφέρεια Θεσσαλίας.

Από τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι το ετήσιο συνολικό ενεργειακό δυναμικό που προέρχεται από την αξιοποίηση των ζωικών αποβλήτων στην Περιφέρεια Θεσσαλίας είναι 264.194.716 Kwh/year.

6^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

6.1 Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

Η μέθοδος της αναερόβιας χώνευσης έχει εφαρμοστεί σε αρκετές χώρες, κυρίως της Δυτικής Ευρώπης, όπως η Γερμανία, η Ιταλία, η Ισπανία, η Αυστρία, η Ολλανδία και η Δανία. Έτσι, με το πέρασμα του χρόνου έχουν σχεδιασθεί καινούργιες πολιτικές που αφορούν τη βιώσιμη ανάπτυξη και πιο συγκεκριμένα τη διαχείριση των οργανικών αποβλήτων. Τα τελευταία χρόνια στην Ευρώπη όπως και σε άλλες περιοχές του πλανήτη έχουν γίνει προσπάθειες για τη μείωση, την ανακύκλωση καθώς και την ενεργειακή αξιοποίηση των αποβλήτων. Στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το 2014 είναι η μείωση της ταφής των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων σε ποσοστό που αντιστοιχεί στο 35% των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων που παράχθηκαν το 1995.

Παράλληλα, η Ευρωπαϊκή Ένωση, έχοντας γνώση της ενεργειακής εξάρτησης της Ευρώπης από τις εισαγωγές ορυκτών πόρων για την κάλυψη των ενεργειακών της αναγκών επιθυμεί να αυξήσει την παραγωγή ενέργειας από βιομάζα, συμπεριλαμβανομένου των οργανικών αποβλήτων, και τη μεγαλύτερη συμμετοχή της στο ενεργειακό μείγμα, γεγονός το οποίο θα συμβάλλει στην παραγωγή καθαρότερης ενέργειας και λιγότερων εκπομπών CO₂, καθώς η βιομάζα αποτελεί μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Γι' αυτό το λόγο η Ε.Ε. έχει θέσει ως στόχο για το 2020 το 20% της ενέργειας να προέρχεται από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καθώς επίσης και τη μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 20% .

Πολλές Ευρωπαϊκές χώρες έχουν δημιουργήσει ένα κατάλληλο θεσμικό πλαίσιο με σκοπό τη δημιουργία των βέλτιστων συνθηκών για την ανάπτυξη και διεύθυνση του βιοαερίου στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η Γερμανία, η οποία είναι η πρωτοπόρος χώρα σε αυτό τον τομέα στην Ευρώπη έχει δημιουργήσει 4.000 εγκαταστάσεις βιοαερίου, τις περισσότερες από αυτές σε κτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις με σκοπό τη συμπαραγωγή ενέργειας. Η καινούργια νομοθεσία συχνά απαιτεί τη χρήση θερμότητας για την επίτευξη της βέλτιστης απόδοσης.

Ενώ ο τομέας του βιοαερίου αναπτύσσεται με εντυπωσιακούς ρυθμούς κάθε χρόνο, δεν έχει δοθεί μέχρι στιγμής η ίδια προσοχή σε σχέση με άλλους τομείς όπως για παράδειγμα τα βιοκαύσιμα για τις μεταφορές. Η πλειοψηφία των ανθρώπων δεν είναι ενήμεροι ότι το φυσικό αέριο που χρησιμοποιείται ως καύσιμο στα αυτοκίνητα δε θα

είναι διαθέσιμο και ότι το βιοαέριο θα παίζει σημαντικό ρόλο στον τομέα των μεταφορών τις επόμενες δεκαετίες.

Μέχρι στιγμής, μόνο η Σουηδία έχει ιδρύσει μια αγορά για τα αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν βιομεθάνιο. Λόγω των χαμηλών τιμών ηλεκτρικής ενέργειας η Σουηδία χρησιμοποιεί το παραγόμενο βιοαέριο για τη παραγωγή θερμότητας. Σήμερα το 50% του βιοαερίου χρησιμοποιείται για την παραγωγή θερμότητας ενώ μόνο το 8% της παραχθείσας ποσότητας βιοαερίου χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το 25% του παραγόμενου βιοαερίου αναβαθμίζεται και χρησιμοποιείται σαν καύσιμο για τα αυτοκίνητα.

Το αναβαθμισμένο βιοαέριο διοχετεύεται στο υπάρχων δίκτυο φυσικού αερίου σε επτά τοποθεσίες και με χωρητικότητα έκχυσης 220 GWh, αντικαθιστώντας έτσι το 2% του φυσικού αερίου του συστήματος. Η χωρητικότητα έκχυσης σχεδιάζεται να αυξηθεί σε 1,6 TWh μέσα σε χρονικό διάστημα 5 ετών, καλύπτοντας το 10-15% των αναγκών του δικτύου του φυσικού αερίου.

6.1.1. ΑΥΣΤΡΙΑ

Στην Αυστρία 294 μονάδες βιοαερίου παρήγαγαν ηλεκτρική ενέργεια το 2008. Το μέσο μέγεθος των 260 KWe της εγκαταστημένης ισχύος δείχνει την αποκέντρωση των εγκαταστάσεων του βιοαερίου. Αυτό συμβαίνει, καθώς οι μονάδες βιοαερίου βρίσκονται κοντά στις πηγές πρώτων υλών (κοπριά, άχυρα) για την επίτευξη του μειωμένου κόστους μεταφοράς των πρώτων υλών.

Το παραγόμενο βιοαέριο, καίγεται στη μηχανή καύσης του αερίου με αποτέλεσμα να παράγεται θερμότητα και ηλεκτρισμός. Μόνο οι εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν τη θερμότητα επιτρέπεται να διοχετεύουν το επιδοτούμενο παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα στο δίκτυο, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται μεγαλύτερη απόδοση (*aebiom.org*).

Παραγωγή βιοαερίου στην Ευρωπαϊκή Ένωση σε κτοε το 2007

Χώρες	Βιοαέριο από ΧΥΤΑ	Βιοαέριο από λύματα	Βιοαέριο από γεωργία	Σύνολο
Γερμανία	416,4	270,2	1.696,5	2.383,1
Ην. Βασίλειο	1.433,1	191,1	-	1.624,2
Ιταλία	357,7	1,0	47,5	406,2
Ισπανία	259,6	49,1	21,3	329,9
Γαλλία	161,3	144,2	3,7	309,2
Ολλανδία	43,2	48,0	82,8	174,0
Αυστρία	10,7	2,0	126,4	139,1
Δανία	14,3	21,0	62,6	97,9
Βέλγιο	48,1	18,0	12,5	78,6
Τσεχία	29,4	32,1	17,0	78,5
Πολωνία	19,1	43,0	0,5	62,6
Ελλάδα	38,0	9,8	-	47,8
Φινλανδία	26,4	10,3	-	36,7
Ιρλανδία	23,9	7,9	1,7	33,5
Σουηδία	9,2	17,1	0,8	27,2
Ουγγαρία	2,1	12,4	5,7	20,2
Πορτογαλία	-	-	15,4	15,4
Σλοβενία	7,6	0,6	3,8	11,9
Λουξεμβούργο	-	-	10,0	10,0

Σλοβακία	0,5	7,6	0,5	8,6
Εσθονία	3,1	1,1	-	4,2
Λιθουανία	1,6	0,8	-	2,5
Κύπρος	-	-	0,2	0,2
Ε.Ε. 25	2.905,2	887,2	2.108,0	5.901,2

Πίνακας 6.1.: Παραγωγή βιοαερίου στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευροπαρατηρητήριο 2008)

6.1.2. ΣΟΥΗΔΙΑ: ΤΟ ΒΙΟΜΕΘΑΝΙΟ ΣΑΝ ΚΑΥΣΙΜΟ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Η αγορά βιοαερίου ως καύσιμο αυτοκινήτων αναπτύσσεται με ταχύτατους ρυθμούς τα τελευταία χρόνια στη Σουηδία. Το 2008 υπήρχαν 17.000 οχήματα που χρησιμοποιούσαν ως καύσιμο το αναβαθμισμένο βιοαέριο/ φυσικό αέριο. Υπάρχουν περίπου 38 εγκαταστάσεις αναβάθμισης του βιοαερίου και το 2008 περίπου το 25% της Σουηδικής παραγωγής βιοαερίου χρησιμοποιούνταν σαν καύσιμο αυτοκινήτων. Το 60% του αερίου που πουλήθηκε σαν καύσιμο αυτοκινήτων ήταν βιοαέριο και μόνο το 40% ήταν φυσικό αέριο.

Η επίγνωση των πλεονεκτημάτων του βιοαερίου αυξάνεται καθώς η ζήτηση για βιοαέριο είναι μεγαλύτερη από την προσφορά σε μερικές περιοχές, όπως στην περιοχή της Στοκχόλμης. Νέες τεχνολογίες για την καθαρισμό και τη μεταφορά του βιοαερίου έχουν αναπτυχθεί και πλέον ο αριθμός των πρατηρίων ανεφοδιασμού με βιοαέριο στη Σουηδία έχει ξεπεράσει τους 120 και συνεχώς αυξάνεται.

6.1.3. ΓΕΡΜΑΝΙΑ

Η Γερμανία είναι η χώρα η οποία πρωτοπορεί στον τομέα της παραγωγής βιοαερίου με τη μέθοδο της αναερόβιας χώνευσης. Τα πρώτα συστήματα βιοαερίου ήταν μικρής κλίμακας και χρησιμοποίησαν σαν πρώτες ύλες ένα μείγμα υγρής κοπριάς και καλαμποκιού. Παράλληλα, δόθηκαν κίνητρα για την παραγωγή βιοαερίου με αποτέλεσμα την κλιμακωτή αύξηση των εγκαταστάσεων βιοαερίου. Αυτές οι εγκαταστάσεις δημιουργήθηκαν κυρίως σε βιομηχανικά πάρκα, τα οποία παρήγαγαν βιοαέριο ισχύος 1MW.

Τη δεκαετία 1998-2008 ο αριθμός των εγκαταστάσεων βιοαερίου στη Γερμανία σχεδόν δεκαπλασιάστηκε. Παράλληλα, η ηλεκτρική ενέργεια που προήλθε από τις μονάδες του βιοαερίου αυξήθηκε σε 350KW από 60KW που ήταν το 1999. Στη δημιουργία αυτών των αποτελεσμάτων συντέλεσε και η εφαρμογή της δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

Επίσης, μόνο στη Γερμανία ο τομέας της παραγωγής του βιοαερίου, ο οποίος συμπεριλαμβάνει την έρευνα για τη βελτιστοποίηση της μεθόδου καθώς και την εφαρμογή τους μέσω της κατασκευής και λειτουργίας μονάδων βιοαερίου, δημιούργησε 10.000 νέες θέσεις εργασίας. Η προσήλωση της χώρας στη βελτίωση της τεχνολογίας παραγωγής του βιοαερίου είχε σαν αποτέλεσμα την οικονομική ανάπτυξη και την αύξηση των εξαγωγών τεχνολογικού εξοπλισμού.

Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από το βιοαέριο αυξήθηκε στις 10TWh το 2008 από 5.4 TWh το 2006, ποσότητα που αντιστοιχεί στο 1,6% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στη Γερμανία. Η παραγωγή θερμότητας από την αναερόβια χώνευση αυξήθηκε από 1.4 TWh το 1996 σε 3,6 TWh το 2007, ποσότητα που καλύπτει το 3-4% της παραγόμενης θερμότητας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Παρόλα αυτά η χρήση του βιοαερίου για τις μεταφορές δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στη Γερμανία (*Held, et al.*).

6.1.4. ΙΤΑΛΙΑ

Τα τελευταία χρόνια έχουν δημιουργηθεί αρκετές εγκαταστάσεις βιοαερίου στην Ιταλία. Αυτές οι μονάδες έχουν κατασκευαστεί κυρίως μέσα στις κτηνοτροφικές μονάδες καθώς χρησιμοποιούν σαν πρώτη ύλη τα στερεά και υγρά ζωικά λύματα. Τα οργανικά υπολείμματα της αναερόβιας ζύμωσης αποθηκεύονται συνήθως σε ακάλυπτες δεξαμενές και στη συνέχεια διατίθενται στις αγροτικές καλλιέργειες χρησιμεύοντας σα λίπασμα. Σε ορισμένες ιταλικές μονάδες η αφομοίωση του πολτού που χρησιμοποιείται για τη χώνευση γίνεται με τη χρήση μηχανικών μέσων.

Το 2007 η συνολική παραγωγή βιοαερίου στην Ιταλία ανήλθε στους 406 ktoe. Από αυτή την ποσότητα μόνο ο 1 ktoe προήλθε από την αναερόβια χώνευση λυμάτων. Οι υπόλοιπες ποσότητες βιοαερίου παράχθηκαν από τις εγκαταστάσεις υγειονομικής

ταφής των απορριμμάτων και από τη χώνευση ενεργειακών φυτών (*euroobserver 2008*).

6.1.5. ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ

Το Ηνωμένο Βασίλειο εφάρμοσε ένα Σχέδιο Μετάβασης σε χαμηλές εκπομπές άνθρακα με στόχο το σχέδιο αυτό να αποτελέσει ένα σημαντικό μέσο προώθησης των επενδύσεων στην τεχνολογία της αναερόβιας χώνευσης, την αποτελεσματικότερη διαχείριση των αποβλήτων και την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας. Το σχέδιο αυτό στοχεύει στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κατά 34% σε χρονικό διάστημα από το 1990 μέχρι το 2020. Το 5% αυτής της μείωσης θα πρέπει να προέρχεται από τη μείωση των εκπομπών από τις γεωργικές δραστηριότητες, της χρήσεις γης καθώς και από τη μείωση των εκπομπών των αποβλήτων. Παράλληλα, το σχέδιο προβλέπει ότι το 30% το ενεργειακών αναγκών της χώρας έως το 2020 θα πρέπει να καλύπτονται από την παραγωγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η μέθοδος της αναερόβιας χώνευσης μπορεί έχει τη δυνατότητα να παράγει ενέργεια χρησιμοποιώντας όλους τους τύπους των οργανικών αποβλήτων, γεγονός το οποίο καθιστά ιδανική τη διεργασία της χώνευσης για την επίτευξη των στόχων όσον αφορά τη μείωση των εκπομπών του CO₂, τη διαχείριση των αποβλήτων και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ταυτοχρόνως.

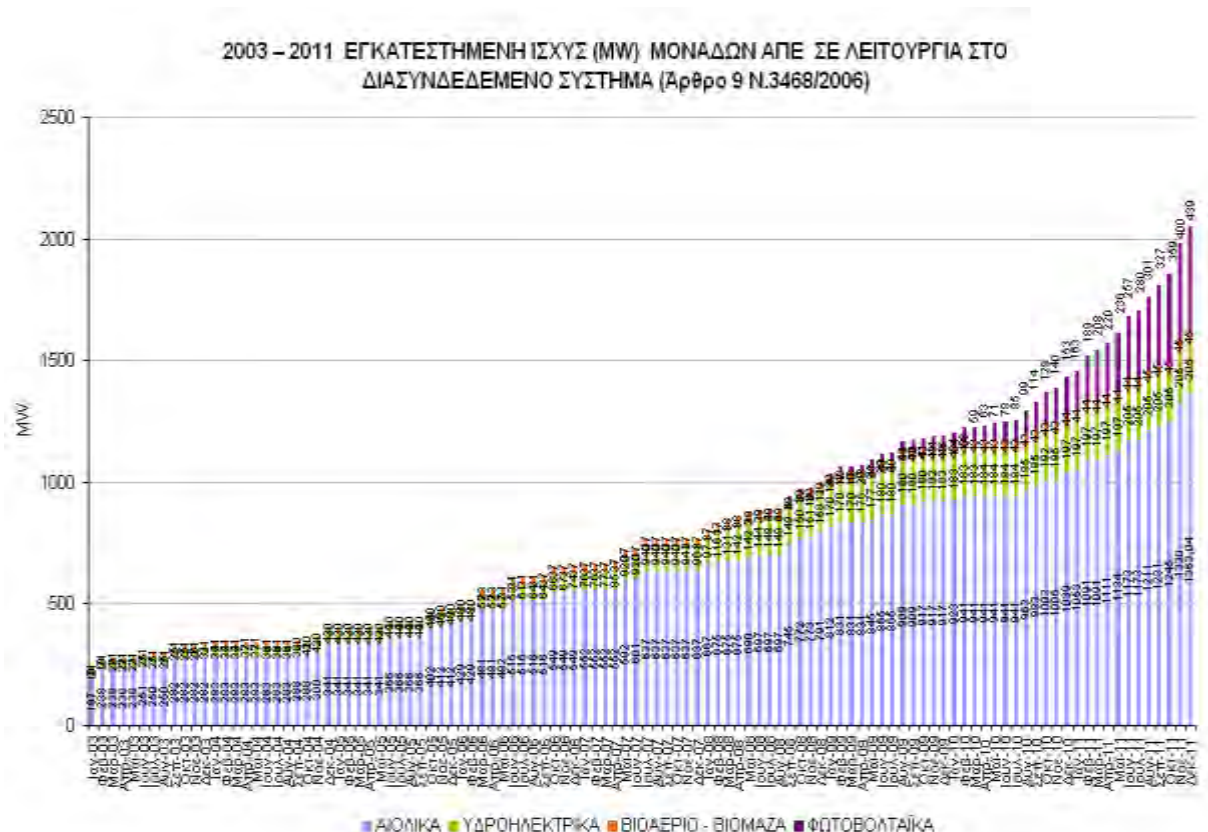
Σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία της Ευρωπαϊκής Ένωσης και πιο συγκεκριμένα της υπηρεσίας του Ευρωβαρόμετρου το 2008 παραχθήκαν 1.600ktoe βιοαερίου συνολικά, από τους οποίους οι 191 ktoe περίπου προήλθαν από τα απόβλητα ενώ οι υπόλοιποι προήλθαν από τους χώρους υγειονομικής ταφής των απορριμμάτων.

6.2. ΤΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ – ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Στην Ελλάδα, η ενεργειακή αξιοποίηση του βιοαερίου ξεκίνησε τη δεκαετία του 80 χρησιμοποιώντας ως πρώτη ύλη τα κτηνοτροφικά απόβλητα, τα απόβλητα των ελαιοτριβείων και τα απόβλητα από τις βιομηχανίες. Τα περισσότερα από αυτά τα έργα ήταν επιδεκτικά και μετά των αρχικό ενθουσιασμό ή για άλλους λόγους διέκοψαν τη λειτουργία τους.

Σύμφωνα με στοιχεία του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.), το 2007 λειτουργούσαν στην Ελλάδα 15 μονάδες βιοαερίου. Οι περισσότερες από αυτές τις μονάδες βιοαερίου λειτουργούν μέσα σε Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων

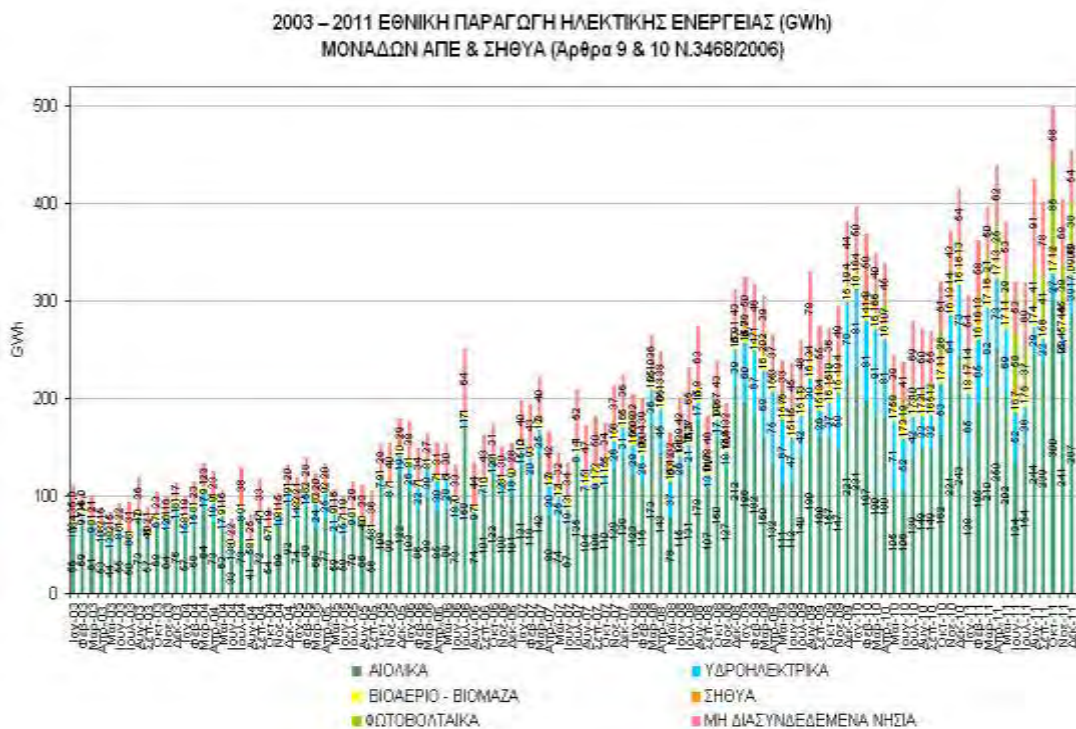
καθώς επίσης και σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων σε διάφορες πόλεις της χώρας. Στις περισσότερες των περιπτώσεων η παραγωγή του βιοαερίου καλύπτει τις ανάγκες των μονάδων σε θερμότητα. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής με τη χρήση βιοαερίου ανήλθε στα 37,4MW και η συνολική ηλεκτρική ενέργεια που παράχθηκε ανήλθε σε 155,9 GWh. Το μεγαλύτερο τμήμα της ενέργειας, παράχθηκε στην Αθήνα λόγω της λειτουργίας των μονάδων βιοαερίου στην Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων της Ψυτάλλειας και στο Χώρο Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων Άνω Λιοσίων.



Πίνακας 6.2: Εγκατεστημένη ισχύς από Α.Π.Ε. στην Ελλάδα (Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε 2011)

Παράλληλα, στην Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Θεσσαλονίκης λειτουργεί σε δοκιμαστική φάση σταθμός συμπαραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας και Θερμότητας με τη χρήση βιοαερίου. Η κατασκευή και η λειτουργία της μονάδας βιοαερίου η οποία θα παράγει ηλεκτρική και θερμική ενέργεια εντάσσεται αποτελεί τμήμα του έργου «Κατασκευής – Λειτουργίας- Επέκτασης – Ολοκλήρωσης των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων μείζονος Θεσσαλονίκης». Η ηλεκτρική ενέργεια που θα παράγεται θα καλύπτει τις ανάγκες σε ηλεκτρικό ρεύμα της Εγκατάστασης

Επεξεργασίας Λυμάτων της Θεσσαλονίκης και θα ανέρχεται περίπου σε 27.000KWh περίπου ημερησίως. Οι παραγόμενες ποσότητες σε ηλεκτρισμό αποτελούν το 47% των αναγκών της εγκατάστασης σε ενέργεια, εξοικονομώντας παράλληλα 690.000 ευρώ σε ετήσια βάση (Σιούλας, 2009).



Πίνακας 6.3: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. στην Ελλάδα (Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε., 2011)

Στη Φιλιπιάδα της Πρέβεζας, λειτουργεί μια μονάδα παραγωγής βιοαερίου η οποία χρησιμοποιεί σαν πρώτη ύλη τα απόβλητα χοιροτροφικής μονάδας. Η μονάδα έχει δυναμικότητα περίπου 823.000 τόνων βιοαερίου ετησίως, το οποίο στη συνέχεια χρησιμοποιείται σαν πρώτη ύλη σε εργοστάσιο συμπαραγωγής ενέργειας, με δύο συζευγμένες γεννήτριες. Η ισχύς τους ανέρχεται σε 450KW η κάθε μία και η θερμότητα που παράγεται χρησιμοποιείται για την κάλυψη των αναγκών της μονάδας, ενώ η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια πωλείται στη Δ.Ε.Η. (www.cres.gr).

Μονάδα βιοαερίου από αναερόβια βιολογική επεξεργασία υγρών αποβλήτων διαθέτει και η βιομηχανία τροφίμων ΖΑΝΑΕ, με έδρα τη Θεσσαλονίκη, ενώ μέθοδο παραγωγής ενέργειας από λύματα τυρόγαλου, εφαρμόζει η γαλακτοβιομηχανία ΤΥΡΑΣ στα Τρίκαλα. Από τα λύματα της επεξεργασίας του τυρόγαλου, παράγεται βιοαέριο και στη συνέχεια μετατρέπεται σε ενέργεια, που καλύπτει έως 70% των ενεργειακών αναγκών της γαλακτοβιομηχανίας. Προσπάθεια για εγκατάσταση μονάδας βιοαερίου έχει ξεκινήσει και σε χοιροστάσιο στην Αλεξάνδρεια Ημαθίας.

Επίσης, σύμφωνα με στοιχεία της Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. για το 2011 η συνολική παραγωγή ενέργειας από βιομάζα- βιοαέριο ανήλθε σε 199.102 MWh , ενώ η εγκατεστημένη ισχύς ανήλθε σε 44,53 MW. Από τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ τα 33,9MW είναι στην Αττική, 8 MW είναι στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας, 1 MW στην Περιφέρεια Ηπείρου και 2,203 MW στην Περιφέρεια Θεσσαλίας. (Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε., 2011).

Όμως, οι επενδύσεις στον τομέα του βιοαερίου στην Ελλάδα, παρουσιάζουν σημαντική υστέρηση σε σχέση με την υπόλοιπη Ευρώπη. Αυτό οφείλεται κυρίως στα προβλήματα που προκύπτουν σχετικά με τα γραφειοκρατικά εμπόδια, την ελλιπή ενημέρωση, και την αδυναμία χρηματοδότησης.

Τα σημαντικότερα προβλήματα τα οποία οδηγούν στην επενδυτική στασιμότητα είναι τα εξής:

- Τρόπος χρηματοδότησης

Η έλλειψη χρηματοδότησης των επενδύσεων αποτελεί τον κυριότερο ανασταλτικό παράγοντα υστέρησης των επενδύσεων. Οι τράπεζες, οι οποίες παίζουν καθοριστικό ρόλο στη χρηματοδότηση των επενδυτικών σχεδίων είναι φειδωλές στη χορήγηση δανείων. Επιπλέον, η έλλειψη σχετικής εμπειρίας των τραπεζών από αντίστοιχα έργα για την χρηματοδότηση ανάλογων επενδύσεων ενισχύει τα προαναφερόμενα προβλήματα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, να υπάρχει αδυναμία εκτέλεσης των επενδυτικών σχεδίων.

- Γραφειοκρατία

Οι γραφειοκρατικές αγκυλώσεις και οι καθυστερήσεις στη διαδικασία αδειοδότησης αποτελούν έναν ακόμα αποτρεπτικό παράγοντα για την προσέλκυση εγχώριων και

ξένων επενδυτικών κεφαλαίων. Η απλοποίηση της Νομοθεσίας και η μείωση του χρόνου αδειοδότησης θα δώσει σημαντική ώθηση στις επενδύσεις του συγκεκριμένου τομέα.

- Ελλιπές νομοθετικό πλαίσιο

Η αδυναμία της Ελληνικής νομοθεσίας να ρυθμίζει ενιαία το κόστος διάθεσης των αποβλήτων, με βάση την αρχή 'ο ρυπαίνων πληρώνει' συμβάλλει στη μη αναζήτηση εναλλακτικών λύσεων για τη διαχείριση των αποβλήτων.

- Ελλιπής ενημέρωση

Στην Ελλάδα παρατηρείται ελλιπής ενημέρωση των επενδυτών και των πολιτών σχετικά με τα περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά οφέλη που δημιουργούνται από την ενεργειακή εκμετάλλευση των ζωικών αποβλήτων (Ζαφείρης, 2011).

6.3. ΤΟ Κ.Α.Π.Ε. ΚΑΙ Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ

Στην Ελλάδα το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ) είναι ο αρμόδιος φορέας για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), την Ορθολογική Χρήση Ενέργειας (ΟΧΕ) και την Εξοικονόμηση Ενέργειας (ΕΞΕ). Με το Νόμο 2244/94 ("Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας") και το Νόμο 2702/99 το ΚΑΠΕ ορίστηκε ως το Εθνικό Συντονιστικό Κέντρο στους τομείς δραστηριότητάς του.

Το ΚΑΠΕ ιδρύθηκε το Σεπτέμβριο του 1987 με το Προεδρικό Διάταγμα 375/87, είναι Νομικό Πρόσωπο Ιδιωτικού Δικαίου και έχει οικονομική και διοικητική αυτοτέλεια. Σύμφωνα με το ΠΔ 189/09 εποπτεύεται από το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.

Ο κύριος σκοπός του είναι η προώθηση των εφαρμογών ΑΠΕ σε εθνικό και διεθνές επίπεδο, καθώς και η κάθε είδους υποστήριξη δραστηριοτήτων (τεχνολογικών, ερευνητικών, συμβουλευτικών, επενδυτικών) στους παραπάνω τομείς, με γνώμονα τη μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης στην αλυσίδα παραγωγή/μεταφορά/χρήση της ενέργειας.

Το Κέντρο διοικείται από επταμελές Διοικητικό Συμβούλιο, το οποίο περιλαμβάνει εκπροσώπους της Γενικής Γραμματείας Έρευνας και Τεχνολογίας, της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού καθώς και του ΣΕΒ -Συνδέσμου Επιχειρήσεων και Βιομηχανιών ή του ΕΒΕΑ -Εμπορικού και Βιομηχανικού Επιμελητηρίου Αθηνών.

Το ΚΑΠΕ διαθέτει ένα επιστημονικό επιτελείο 120 και πλέον επιστημόνων, εμπειρών και εξειδικευμένων στους τομείς που δραστηριοποιείται.

Το ΚΑΠΕ, κατά τα τη διάρκεια της λειτουργίας του, έχει καταξιωθεί σε δύο κύρια επίπεδα δράσεων:

- Στη δράση του ως Ερευνητικό και Τεχνολογικό Κέντρο για τις ΑΠΕ, όπου αφενός αναπτύσσει την εφαρμοσμένη έρευνα για τις νέες ενεργειακές τεχνολογίες, αφετέρου υποστηρίζει τεχνικά την αγορά για τη διείσδυση και εφαρμογή των νέων ενεργειακών τεχνολογιών.
- Στη δράση του ως Εθνικό Κέντρο Ενέργειας, όπου αφενός μελετά τα θέματα ενεργειακού σχεδιασμού και πολιτικής για τις ΑΠΕ και την Εξοικονόμηση Ενέργειας και αφετέρου αναπτύσσει την απαραίτητη υποδομή για την υποστήριξη της υλοποίησης επενδυτικών προγραμμάτων ΑΠΕ και ΕΞΕ.

Το ΚΑΠΕ έχει διαμορφώσει μια δυναμική παρουσία στον Ελληνικό και διεθνή χώρο, έχοντας να παρουσιάσει πρωτότυπο ερευνητικό έργο και μεγάλο αριθμό συμβολαίων που υλοποίησε για την Ελληνική Κυβέρνηση, την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και Κυβερνήσεις Τρίτων Χωρών σε θέματα υποστήριξης της σχεδίασης, αξιολόγησης και υλοποίησης επενδυτικών προγραμμάτων.

Στα πλαίσια της αποστολής του το ΚΑΠΕ:

- είναι ο επίσημος σύμβουλος της πολιτείας σε θέματα εθνικής πολιτικής, στρατηγικής και προγραμματισμού των ΑΠΕ
- εκτελεί εφαρμοσμένη έρευνα και αναπτύσσει νέες τεχνολογίες που είναι ταυτόχρονα τεχνικοοικονομικά βιώσιμες και περιβαλλοντικά φιλικές
- οργανώνει, επιβλέπει και εκτελεί επιδεικτικά και πιλοτικά προγράμματα με σκοπό την προώθηση των ως άνω τεχνολογιών

- υλοποιεί εφαρμογές ΑΠΕ σε έργα του ιδιωτικού τομέα, της Τοπικής Αυτοδιοίκησης, επαγγελματικών ενώσεων, κ.λ.π.
- παρέχει τεχνικές υπηρεσίες και συμβουλές με τη μορφή εξειδικευμένης τεχνογνωσίας και πληροφόρησης προς τρίτους
- προβαίνει σε δράσεις διάδοσης της τεχνολογίας σε τομείς της αρμοδιότητάς του και παρέχει αντικειμενική πληροφόρηση και υποστήριξη προς κάθε ενδιαφερόμενο φορέα και επενδυτή
- οργανώνει ή/και συμμετέχει σε τεχνικά και επιστημονικά σεμινάρια, εκπαιδευτικά προγράμματα, εξειδικευμένες εκπαιδευτικές εκδηλώσεις, συναντήσεις, κ.λ.π. (*Cres.gr*).

7^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

7.1. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Η εκμετάλλευση του βιοαερίου μπορεί να συμβάλλει στην ενεργειακή, αγροτική και περιβαλλοντική πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης και κατ' επέκταση της Ελλάδας. Η παραγωγή βιοαερίου εκτός από το ενεργειακό της περιεχόμενο, μπορεί να καταστεί μια αποτελεσματική μέθοδος διαχείρισης των αποβλήτων, παρέχοντας ένα φυσικό και υψηλής ποιότητας εδαφοβελτιωτικό για τη γεωργία καθώς και προστασία του περιβάλλοντος μειώνοντας τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου και συμβάλλοντας στη μείωση του φαινομένου.

Ωστόσο, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της εκμετάλλευσης και χρήσης του βιοαερίου απαιτούν προσεκτική μελέτη έτσι ώστε να χρησιμοποιηθούν με βιώσιμο τρόπο. Για παράδειγμα, αν και γενικότερα η εκμετάλλευση του βιοαερίου συνεισφέρει προς μια περισσότερο βιώσιμη διαχείριση αποβλήτων, σε ορισμένες περιπτώσεις η παραγωγή και η χρήση των πρώτων υλών (π.χ. καλλιέργεια ενεργειακών φυτών, εξάπλωση μονοκαλλιέργειας) ενδέχεται να είναι λιγότερο φιλική προς το περιβάλλον εάν δεν ληφθεί ειδική μέριμνα.

Για την προώθηση των πλεονεκτημάτων της παραγωγής βιοαερίου πρέπει να ληφθούν υπόψη η τοπική, Ευρωπαϊκή, διεθνής περιβαλλοντική και αγροτική νομοθεσία. Για παράδειγμα θα πρέπει να ληφθούν υπόψη η Οδηγία για τα Ενδυνάμωτα, η Οδηγία για την Προστασία των Πουλιών, η Διεθνής Συνθήκη για την Προστασία της Βιοποικιλότητας και η Διεθνής Συνθήκη για την Κλιματική Αλλαγή.

7.1.1. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΕΚΠΟΜΠΕΣ

Η χρήση των ορυκτών καυσίμων όπως ο λιγνίτης, ο λιθάνθρακας, το αργό πετρέλαιο, το φυσικό αέριο μετατρέπουν τον άνθρακα, ο οποίος είναι αποθηκευμένος για εκατομμύρια χρόνια στο φλοιό της γης, και τον απελευθερώνουν με τη μορφή διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Η αύξηση της συγκέντρωσης του υπάρχοντος διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα έχει προκαλεί την αύξηση της θερμοκρασίας της γης, καθώς το διοξείδιο του άνθρακα είναι ένα από τα αέρια που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η καύση του βιοαερίου απελευθερώνει επίσης διοξείδιο του άνθρακα. Ωστόσο η κύρια διαφορά, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα, είναι ότι ο άνθρακας από το βιοαέριο προέρχεται από την ατμόσφαιρα μέσω

της φωτοσυνθετικής διαδικασίας των φυτών. Επομένως, ο κύκλος του άνθρακα του βιοαερίου είναι κλειστός και με πολύ μικρή χρονική διάρκεια.

Η παραγωγή βιοαερίου με τη μέθοδο της αναερόβιας χώνευσης, οδηγεί στη μείωση του μεθανίου (CH_4) και του διοξειδίου του αζώτου (N_2O) από την αποθήκευση και χρήση της ζωικής κοπριάς σαν λίπασμα. Οι εκπομπές μεθανίου παγκοσμίως που προέρχονται από την αγροτική παραγωγή αποτελούν το 33% των συνολικών παγκόσμιων ανθρωπογενών εκπομπών μεθανίου.

Η κτηνοτροφία μόνη της συνεισφέρει κατά 16%, ακολουθούμενη από την καλλιέργεια ρυζιού με 12% και τη ζωική κοπριά με 5%. Ενώ το μεθάνιο που απελευθερώνεται από τη χώνευση των μηρυκαστικών δύσκολα μπορεί να μειωθεί, οι εκπομπές μεθανίου που προέρχονται από τα ζωικά απόβλητα μπορούν να αιχμαλωτιστούν και να χρησιμοποιηθούν με ενεργητικό τρόπο μέσω της αναερόβιας διεργασίας.

Ο όγκος των εκπομπών μεθανίου εξαρτάται από τις ζωοτροφές, τον τύπο των ζώων και το σύστημα διαχείρισης των ζωικών αποβλήτων. Για παράδειγμα, το δυναμικό των εκπομπών μεθανίου από αγελάδες γαλακτοπαραγωγής στις βιομηχανικές χώρες είναι περίπου $0,24 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg}$ πτητικά στερεά, ενώ στις αναπτυσσόμενες χώρες είναι μόνο $0,13 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg}$ πτητικά στερεά.

Λαμβάνοντας όμως υπόψη το γεγονός ότι με τις αερόβιες συνθήκες των στερεών ζωικών αποβλήτων απελευθερώνεται μόνο το 5% των εκπομπών του μεθανίου, τα αναερόβια συστήματα διαχείρισης των υγρών αποβλήτων μέσω των αναερόβιων συνθηκών με την απελευθέρωση μεγάλων ποσοτήτων μεθανίου ευθύνονται κατά κύριο λόγο για την κλιματική αλλαγή.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το 90% των εκπομπών μεθανίου απελευθερώνεται. Από τους 30 τόνους μεθανίου που εκλύονται κάθε χρόνο από διάφορα συστήματα διαχείρισης ζωικών αποβλήτων (από την αποθήκευση στερεών αποβλήτων, τις αναερόβιες δεξαμενές, την αποθήκευση υγρής κοπριάς, τη βόσκηση) θα μπορούσαν να είχαν μειωθεί στο μισό μέσω της διαδικασίας της ελεγχόμενης αναερόβιας χώνευσης και της παραγωγής του βιοαερίου. Στην ανατολική Ευρώπη, την Ασία και τη μακρινή Ανατολή εκλύονται 6,2 τόννοι μεθανίου ετησίως. Ενώ στην Ανατολική Ευρώπη οι εκπομπές οφείλονται κυρίως από τη χρήση ακατάλληλων συστημάτων διαχείρισης των

αποβλήτων , στην Ανατολική Ασία οφείλονται από το μεγάλο ζωικό κεφάλαιο (Poeschl, et al. 2011).

Η χρήση του βιοαερίου έχει σαν αποτέλεσμα την εκτόπιση των ορυκτών καυσίμων και κατά συνέπεια τη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα, του μεθανίου και του διοξειδίου του αζώτου, συμβάλλοντας στη μείωση της υπερθέρμανσης του πλανήτη.

Από την άλλη πλευρά, για να επιτευχθεί πλήρης και υψηλής ποιότητας καύση του βιοαερίου απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στο σχεδιασμό, τη διαχείριση και τη λειτουργία της εγκατάστασης του βιοαερίου. Αυτό είναι πολύ σημαντικό επειδή το βιοαέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και σε 50-70%. Επίσης, οι διαρροές μεθανίου από τους χωνευτήρες, τις εγκαταστάσεις αποθήκευσης των προϊόντων της χώνευσης, καθώς και από τις σωληνώσεις θα πρέπει να αποφευχθούν.

Επιπλέον, καθίσταται αναγκαία η αποτροπή εκπομπών από την αποθήκευση των πρώτων υλών, ιδιαίτερα περιλαμβάνονται οικιακά και βιομηχανικά απόβλητα. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται ενεργειακά φυτά για την παραγωγή βιοαερίου, θα πρέπει να θεωρηθεί ότι η υπερβολική χρήση ορυκτών αζωτούχων λιπασμάτων ενδέχεται να προκαλέσει εκπομπές οξειδίων του αζώτου τα οποία επίσης συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή. Αυτό μπορεί να αποφευχθεί με τη λίπανση των ενεργειακών καλλιεργειών με προϊόντα της αναερόβιας χώνευσης.

Επιπρόσθετες εκπομπές αερίων που σχετίζονται με την παραγωγή βιοαερίου είναι:

1. Το υδρόθειο (H_2O) είναι πιθανόν η ουσία στο βιοαέριο με τον μεγαλύτερο κίνδυνο. Αρκετές μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μείωση της συγκέντρωσης του υδρόθειου στο βιοαέριο (π.χ. καθαρισμός του βιοαερίου, εισαγωγή καθαρού αέρα).
2. Αζωτο (N_2) και οξυγόνο (O_2) ίσως υπάρχουν σε μικρές ποσότητες, αλλά αυτά τα αέρια δε λαμβάνονται ως περιβαλλοντικός κίνδυνος.
3. Μονοξείδιο του άνθρακα (CO) είναι πιθανό να υπάρχει σε ίχνη, αλλά εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα παράγονται μόνο όταν όλος ο

άνθρακας που υπάρχει μέσα στα απόβλητα δεν οξειδώνεται σε διοξείδιο του άνθρακα.

4. Η αμμωνία (NH₃) ίσως να υπάρχει σε ίχνη αλλά το ποσό της αμμωνίας είναι αμελητέο σε σχέση με το δυναμικό που απαιτείται για τη μείωση του αζώτου από τη βελτιωμένη χρήση του βιολιπάσματος (Σιούλας, 2009).

7.1.2. ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Μέχρι πρόσφατα, εκφράζονταν φόβοι και αμφιβολίες για το γεγονός ότι τα μεγάλα ενεργειακά σχέδια με τη χρήση βιομάζας θα απαιτούσαν πολύ μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή και τη διαχείριση των πρώτων υλών. Στις μέρες μας, η εμπειρία έχει δείξει ότι όταν το ισοζύγιο μάζας και ενέργειας έχουν εκτιμηθεί σωστά και βελτιστοποιηθεί και εάν οι καταναλώσεις και οι παραγωγές έχουν υπολογισθεί προσεκτικά, τότε αυτή είναι μια δύσκολη περίπτωση. Με περιβαλλοντικούς όρους, το ενεργειακό ισοζύγιο ενός εργοστασίου βιοαερίου είναι η αντανάκλαση των περιβαλλοντικών του επιπτώσεων. Όσο μικρότερη είναι η κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή των πρώτων υλών και τη λειτουργία της εγκατάστασης του βιοαερίου, τόσο μικρότερες είναι οι επιπτώσεις στο περιβάλλον. Απεναντίας, όσο μεγαλύτερη είναι η παραγωγή ενέργειας, τόσο μεγαλύτερη είναι η περιβαλλοντική προστασία λόγω του εκτοπισμού των ορυκτών καυσίμων και της ρύπανσης που θα προερχόταν από τη χρήση τους .

7.1.3. ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

Όπως γίνεται σε κάθε ενεργειακή εκμετάλλευση, έτσι και η παραγωγή της βιομάζας απαιτεί υδατικούς πόρους. Έτσι λοιπόν, η κατανάλωση νερού εξαρτάται από τις πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται καθώς και από τις κλιματικές συνθήκες.

Μια ακόμα σημαντική επίπτωση στους υδατικούς πόρους από την παραγωγή του βιοαερίου η οποία θα πρέπει να αποφευχθεί είναι η διαρροή υγρών αποβλήτων στο περιβάλλον.

7.1.4. ΕΔΑΦΟΣ

Η χρησιμοποίηση των λυμάτων για την παραγωγή βιοαερίου και η χρήση του σταθεροποιημένου οργανικού υλικού που προκύπτει από την αναερόβια χώνευση έχει ευεργετικά αποτελέσματα. Τα προϊόντα της ζύμωσης αποτελούν ένα υψηλής αποδοτικότητας λίπασμα, χάρη στην ομοιογένεια και της υψηλής θρεπτικής απόδοσης. Επιπλέον, η αναλογία άνθρακα προς άζωτο στο παραγόμενο οργανικό υλικό είναι υψηλή.

7.1.5. ΤΟΠΙΟ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΓΗΣ

Η χωροθέτηση και η κατασκευή των εγκαταστάσεων παραγωγής βιοαερίου μπορεί να προκαλέσει διατάραξη του τοπίου. Γι' αυτό θα πρέπει να γίνει μια εκτίμηση των επιπτώσεων από την κατασκευή και λειτουργία του εργοστασίου έτσι ώστε η δημιουργία της εγκατάστασης να μην επιφέρει καμία παρεμπόδιση οποιασδήποτε κοινής θέας και να μη οδηγήσει στη δημιουργία ενός μη αποδεκτού αισθητικού τοπίου.

7.1.6. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της παραγωγής βιοαερίου είναι η ικανότητα της μετατροπής των αποβλήτων σε έναν πολύτιμο πόρο, χρησιμοποιώντας σαν πρώτη ύλη για την αναερόβια χώνευση. Πολλές Ευρωπαϊκές χώρες αντιμετωπίζουν τεράστια προβλήματα τα οποία σχετίζονται με την υπερπαραγωγή οργανικών αποβλήτων προερχόμενα από τη βιομηχανία, την αγροτική παραγωγή και τα νοικοκυριά. Η παραγωγή του βιοαερίου είναι ένας εκπληκτικός τρόπος συμμόρφωσης, εφαρμόζοντας τους αυξανόμενους περιβαλλοντικούς περιορισμούς των εθνικών και Ευρωπαϊκών διατάξεων, και χρησιμοποίησης των οργανικών αποβλήτων για την παραγωγή ενέργειας ακολουθούμενη με την επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων σαν εδαφοβελτιωτικά. Οι τεχνολογίες του βιοαερίου συμβάλλουν στη μείωση του όγκου των αποβλήτων και του κόστους διάθεσής τους.

7.1.7. ΧΡΗΣΗ ΛΙΠΑΣΜΑΤΟΣ

Η μονάδα βιοαερίου δεν είναι μόνο ένας παραγωγός ενέργειας. Το οργανικό υλικό το οποίο προκύπτει από την αναερόβια ζύμωση είναι ένα πολύτιμο εδαφοβελτιωτικό, πλούσιο σε άζωτο, φώσφορο, κάλιο και μικροθρεπτικά συστατικά τα οποία μπορούν να διατεθούν στις καλλιέργειες με τη χρήση κατάλληλου εξοπλισμού για την εφαρμογή

υγρής κοπριάς και πολτού. Σε σύγκριση με την ακατέργαστη κοπριά, τα προϊόντα της ζύμωσης έχουν καλύτερη εδαφοβελτιωτική ικανότητα εξαιτίας της ομοιογένειας τους και της υψηλότερης επάρκειας τους σε θρεπτικά συστατικά, της καλύτερης αναλογίας άνθρακα προς άζωτο και της απουσίας σε μεγάλο βαθμό οσμών.

Ο κύκλος των θρεπτικών συστατικών κατά τη διαδικασία παραγωγής βιοαερίου (από την παραγωγή των οργανικών αποβλήτων μέχρι τη διάθεση των προϊόντων της ζύμωσης σαν εδαφοβελτιωτικό) είναι κλειστός. Οι ενώσεις του άνθρακα μειώνονται κατά την αναερόβια διαδικασία καθώς το μεθάνιο χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας και το διοξείδιο του άνθρακα απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα και προσλαμβάνεται από τα φυτά και τη φωτοσυνθετική διαδικασία.

Η παραγωγή του βιοαερίου μπορεί να ενσωματωθεί απόλυτα σε μια συμβατική και βιολογική αγροτική εκμετάλλευση, καθώς τα προϊόντα της ζύμωσης αντικαθιστούν ορυκτά λιπάσματα, τα οποία παράγονται με τη χρήση μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας που προέρχεται από την καύση ορυκτών πόρων (*Holm Nielsen, et al. 2009*).

7.2. ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Η παραγωγή βιοαερίου έχει πολλά κοινωνικά οφέλη συγκρινόμενη με τη χρήση των ενεργειακών ορυκτών πόρων. Οι περισσότερες από τις επιπτώσεις σχετίζονται με τη δημιουργία θέσεων εργασίας και την ανάπτυξη των αγροτικών περιοχών.

7.2.1. ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ

Η ανάπτυξη του τομέα του βιοαερίου σε εθνικό επίπεδο, θα έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία νέων επιχειρήσεων με σημαντικό οικονομικό δυναμικό, το οποίο θα αυξήσει το εισόδημα στις αγροτικές περιοχές και θα δημιουργήσει νέες θέσεις εργασίας. Σε σύγκριση με τη χρήση εισαγόμενων ορυκτών πόρων, η παραγωγή βιοαερίου με τη μέθοδο της αναερόβιας χώνευσης απαιτεί πολύ μεγαλύτερο εργατικό δυναμικό για την παραγωγή, τη συλλογή και τη μεταφορά των πρώτων υλών της χώνευσης, την κατασκευή του τεχνικού εξοπλισμού, την κατασκευή, τη λειτουργία και τη διατήρηση των εγκαταστάσεων του βιοαερίου. Επιπρόσθετα, στην περιοχή λειτουργίας αυτών των εγκαταστάσεων θα δημιουργηθούν μόνιμες θέσεις εργασίας.

7.2.2. ΑΓΡΟΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ

Γενικότερα, ο αγροτικός τομέας έχει χαρακτηριστεί ως ένας τομέας προτεραιότητας όσον αφορά οικονομική υποστήριξη από τα ταμεία της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Αυτά τα ταμεία στοχεύουν στη μείωση των ανισοτήτων μεταξύ των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης καθώς και μεταξύ των περιφερειών των χωρών αυτών, προωθώντας την οικονομική και κοινωνική συνοχή.

Η παραγωγή του βιοαερίου, ιδιαίτερα όταν αυτή γίνεται σε μικρές και μεσαίες αποκεντρωμένες εγκαταστάσεις βιοαερίου, ενδέχεται να προκαλέσει αξιοσημείωτες θετικές επιπτώσεις στις αγροτικές περιοχές όπως:

- Δίνει τη δυνατότητα στους ιδιοκτήτες των εγκαταστάσεων και στους αγρότες σε νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες καθώς και στην αύξηση της ανάπτυξης της περιοχής.
- Υποκαθιστά τα ακριβά ορυκτά καύσιμα που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού συνεισφέροντας με αυτό τον τρόπο στη διαφοροποίηση των πηγών ενέργειας, την ενεργειακή ασφάλεια, την ανταγωνιστικότητα, τη βιώσιμη παροχή ενέργειας και την αύξηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- Προσφέρει άμεσα ή έμμεσα, στη δημιουργία ευκαιριών εργασίας σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο και συμβάλλει στην ανάπτυξη δεξιοτήτων υψηλής αξίας.
- Συμβάλλει στη βελτίωση της κοινωνικής συνοχής του τοπικού πληθυσμού.

7.2.3. ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΑΠΟΔΟΧΗ

Οι περισσότερες κοινωνικές αντιδράσεις που εναντιώνονται στη δημιουργία εγκαταστάσεων βιοαερίου προέρχονται από τους κατοίκους των γειτονικών περιοχών. Οι ανησυχίες τους σχετίζονται με τη δημιουργία ανεπιθύμητων οσμών, οι οποίες θα προέρχονται από τις σχεδιαζόμενες εγκαταστάσεις, καθώς και από την αύξηση της ηχορύπανσης που ενδέχεται να δημιουργούνται από τη χρήση οχημάτων για την μεταφορά του οργανικού υλικού, καθώς και από τη μεταφορά των προϊόντων της αναερόβιας χώνευσης. Αυτές οι πτυχές του προβλήματος είναι σοβαρές και θα πρέπει

να ληφθούν υπόψη κατά τη διαδικασία σχεδιασμού της δραστηριότητας. Από την άλλη πλευρά, η λειτουργία των μονάδων βιοαερίου συμβάλλει στη μείωση των οσμών που προέρχονται από την κτηνοτροφία. Η αποθήκευση και η διάθεση των υγρών ζωικών αποβλήτων, της στερεής κοπριάς και άλλων οργανικών αποβλήτων η οποία τις περισσότερες φορές γίνεται ανεξέλεγκτα αποτελούν πηγές δυσάρεστων οσμών και προσέλκυσης ανεπιθύμητων εντόμων.

Η εφαρμογή της αναερόβιας χώνευσης οδηγεί στη μείωση κατά 80% αυτών των οσμών. Τα προϊόντα της χώνευσης είναι σχεδόν άοσμα και οι οσμές από την παραγόμενη αμμωνία εξαφανίζονται μετά τη διάθεση του εδαφοβελτιωτικού στις καλλιέργειες. Όμως, σε οποιαδήποτε περίπτωση θα υπάρχουν συνήθως κάποιες οσμές (*Madsen, et al. 2011*).

7.2.4. ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΥΓΕΙΑΣ

Οι μονάδες βιοαερίου λειτουργούν σαν εγκαταστάσεις διαχείρισης αποβλήτων και με αυτό τον τρόπο συμβάλλουν άμεσα στη βελτίωση των υγειονομικών συνθηκών. Η διάθεση των οργανικών προϊόντων της ζύμωσης σαν εδαφοβελτιωτικό βελτιώνει την κτηνιατρική ασφάλεια. Η αναερόβια χώνευση συνεπάγεται ελεγχόμενη υγιεινή των οργανικών προϊόντων της ζύμωσης έτσι ώστε να είναι κατάλληλα για χρήση σαν εδαφοβελτιωτικά. Η υγιεινή αυτών των προϊόντων μπορεί να επιτευχθεί μέσω της κατακράτησης στη θερμοκρασία της θερμοφιλης χώνευσης, της παστεριοποίησης, της αποστείρωσης ανάλογα με τον τύπο των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται. Σε όλες τις περιπτώσεις, ο στόχος είναι η απενεργοποίηση των παθογόνων μικροοργανισμών, των ζιζανίων και άλλων βιολογικών κινδύνων καθώς και τη διακοπή της αλυσίδας μετάδοσης των ασθενειών.

7.3. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Η παραγωγή του βιοαερίου έχει επιπτώσεις σε τοπικό, περιφερειακό και εθνικό επίπεδο. Γενικότερα ενδυναμώνει τις περιφερειακές και εθνικές οικονομίες, λόγω του γεγονότος ότι παράγεται στο εσωτερικό της χώρας και δεν εισάγεται. Από την άλλη πλευρά, στις περισσότερες χώρες η παραγωγή του βιοαερίου απαιτεί επιδοτήσεις και άλλα κίνητρα για να ανταγωνιστεί τα ορυκτά καύσιμα (τα οποία επιδοτούνται σε πολλές περιπτώσεις). Επομένως, αρνητικά εξωτερικά κόστη για τα ορυκτά καύσιμα συχνά δε λαμβάνονται υπόψη.

7.3.1. ΑΓΡΟΤΙΚΟ ΕΙΣΟΔΗΜΑ

Η γεωργική ή κτηνοτροφική παραγωγή σε συνδυασμό με τη λειτουργία των μονάδων βιοαερίου καθιστά τις τεχνολογίες του βιοαερίου οικονομικά ελκυστικές για τους αγρότες και συνεισφέρει στην αύξηση των εισοδημάτων τους. Εκτός από το επιπρόσθετο εισόδημα, οι αγρότες αποκτούν ένα νέο και σημαντικό όπως προμηθευτές ενέργειας καθώς και διαχειριστές εγκαταστάσεων αποβλήτων.

7.3.2. ΟΡΥΚΤΟΙ ΠΟΡΟΙ

Η σημερινή παγκόσμια παραγωγή ενέργειας εξαρτάται σε μεγάλο ποσοστό στους ενεργειακούς ορυκτούς πόρους (αργό πετρέλαιο, λιγνίτη, λιθάνθρακα, φυσικό αέριο). Αυτές οι πηγές είναι απολιθωμένα κατάλοιπα νεκρών φυτών και ζώων, τα οποία ήταν εκτεθειμένα σε συνθήκες υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας στο φλοιό της γης για εκατοντάδες εκατομμύρια χρόνια. Γι' αυτό το λόγο, τα ορυκτά καύσιμα θεωρούνται μη ανανεώσιμοι πόροι καθώς τα αποθέματα τους εξαντλούνται με ταχύτερο ρυθμό από ότι από αυτά που σχηματίζονται.

Η κορύφωση της παραγωγής πετρελαίου ορίζεται σαν το χρονικό σημείο στο οποίο η παγκόσμια παραγωγή αργού πετρελαίου θα φτάσει στο μέγιστο σημείο της παραγωγής και από εκείνο το σημείο θα αρχίσει η μείωση της παραγωγής. Σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα, η παραγωγή βιοαερίου με τη μέθοδο της αναερόβιας χώνευσης είναι μόνιμα μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, καθώς παράγεται από ανανεώσιμη βιομάζα. Το βιοαέριο από την αναερόβια χώνευση δε θα βελτιώσει μόνο την ενεργειακή επάρκεια μιας χώρας, αλλά θα έχει μια σημαντική συνεισφορά την διατήρηση των φυσικών πόρων και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Το βιοαέριο είναι μια ευέλικτη μορφή ενέργειας, κατάλληλη για πολλές εφαρμογές. Στις αναπτυσσόμενες χώρες, μια από τις απλούστερες χρήσης του βιοαερίου είναι η χρήση του για το μαγείρεμα και το φωτισμό. Σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες, το βιοαέριο χρησιμοποιείται για συνδυασμένη παραγωγή ενέργειας και θερμότητας. Το βιοαέριο επίσης αναβαθμίζεται και μετατρέπεται σε φυσικό αέριο το οποίο χρησιμοποιείται σαν καύσιμο αυτοκινήτου.

Η χρήση του βιοαερίου συμβάλλει στη διεύρυνση της γκάμας των καυσίμων τα οποία διατίθενται στην αγορά. Με αυτό τον τρόπο η παραγωγή ενέργειας σε τοπικό επίπεδο

μπορεί να αυξηθεί και παράλληλα να διευκολύνει την δημιουργία νέων οικονομικών δραστηριοτήτων καθώς η παροχή ενέργειας δε θα αποτελεί πλέον πρόβλημα.

7.3.3. ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Τα ορυκτά καύσιμα είναι μια περιορισμένη πηγή ενέργειας, συγκεντρωμένη σε μικρές γεωγραφικές περιοχές του πλανήτη μας. Αυτό το γεγονός έχει σαν αποτέλεσμα, οι χώρες που δεν έχουν αποθέματα ορυκτών πόρων, να είναι ενεργειακά εξαρτημένες. Οι περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό, όσον αφορά τα ορυκτά καύσιμα, από χώρες πλούσιες σε ορυκτούς πόρους όπως η Ρωσία και η Μέση Ανατολή. Αναπτύσσοντας και εφαρμόζοντας συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως η παραγωγή βιοαερίου μέσω της αναερόβιας χώνευσης, βασισμένη σε εθνικούς και περιφερειακούς πόρους, θα έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση βιωσιμότητας και την ασφάλεια της παροχής ενέργειας σε εθνικό επίπεδο καθώς και τη μείωση της εξάρτησης από τις εισαγωγές ενέργειας (Rutz, *et al.*, 2008).

8^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

8.1. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα τελευταία χρόνια, παρατηρούνται σημαντικές αλλαγές στον τομέα της ενέργειας στην Ελλάδα, καθώς και στην υπόλοιπη Ευρωπαϊκή Ένωση. Αυτό οφείλεται κυρίως, στις αλλαγές που έχουν προκύψει στην Εθνική και Ευρωπαϊκή πολιτική στους τομείς της ενέργειας και του περιβάλλοντος. Ωστόσο, το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας που παράγεται στη χώρα προέρχεται από την εκμετάλλευση των εισαγομένων και εγχώριων ορυκτών πόρων. Η προώθηση των Α.Π.Ε. στην Ελλάδα στηρίζεται όχι μόνο στο σημαντικό δυναμικό που έχει η χώρα, αλλά και στις προτεραιότητες που έχει η πολιτεία για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. καθώς και τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου.

Η υλοποίηση έργων βιοαερίου απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό, αφού ληφθούν υπόψη τεχνολογικοί, κοινωνικοί, περιβαλλοντικοί και οικονομικοί παράγοντες. Μερικές φορές είναι δύσκολο να αναπτυχθούν πολλά έργα λόγω της ιδιομορφίας των περιοχών και της διαθεσιμότητας της πρώτης ύλης. Μια εγκατάσταση παραγωγής βιοαερίου παρέχει τη δυνατότητα ενεργειακής αξιοποίησης των αποβλήτων, αλλά παράλληλα συμμετέχει και στη συνολική διαχείριση των αποβλήτων της κτηνοτροφικής εκμετάλλευσης.

Η παραγωγή βιοαερίου παρουσιάζει σημαντικά περιβαλλοντικά, γεωργικά και οικονομικά οφέλη όπως: λιγότερες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (CO₂, CH₄, NO_x), εξοικονόμηση χρημάτων και αύξηση της απασχόλησης στον πρωτογενή τομέα και μείωση εισαγωγών καυσίμων. 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.

Παράλληλα, η ενεργειακή αξιοποίηση των ζωικών αποβλήτων που παράγονται στις κτηνοτροφικές μονάδες μπορεί να γίνει με τη δημιουργία κεντρικών μονάδων βιοαερίου έχοντας ως κύρια προϊόντα το βιοαέριο και το οργανικό λίπασμα. Η λύση αυτή φαίνεται να είναι η πιο ιδανική για την Ελλάδα, καθώς επίσης και για την Περιφέρεια Θεσσαλίας, διότι στη χώρα μας, υπάρχει μεγάλος αριθμός κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων με μικρό αριθμό εκτρεφόμενων ζώων.

Η δημιουργία μιας μονάδας βιοαερίου έχει σημαντικά οικονομικά οφέλη, καθώς η πρώτη ύλη (κτηνοτροφικά απόβλητα, κλπ) έχει συχνά μηδενική ή αρνητική αξία και κατά δεύτερο λόγο 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 μπορεί να αποδώσει επιπρόσθετα έσοδα. Επιπλέον, η παραγωγή στερεού οργανικού υπολείμματος μπορεί να θεωρηθεί πηγή εσόδων αν το υπόλειμμα αυτό με διαχωρισμό και εξάτμιση τροποποιηθεί κατάλληλα και πωληθεί σαν στερεό και υγρό λίπασμα.

8.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η ενεργειακή αξιοποίηση των ζωικών αποβλήτων με τη μέθοδο της αναερόβιας χώνευσης και την παραγωγή βιοαερίου αποτελεί μια ιδανική λύση, καθώς επιλύει σημαντικά προβλήματα και έχει πολλαπλά περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη.

Όμως, οι επενδύσεις στον τομέα του βιοαερίου στην Ελλάδα, παρουσιάζουν σημαντική υστέρηση σε σχέση με την υπόλοιπη Ευρώπη. Αυτό οφείλεται κυρίως στα προβλήματα που προκύπτουν σχετικά με τα γραφειοκρατικά εμπόδια, ελλιπή ενημέρωση, αδυναμία χρηματοδότησης.

Για το λόγο αυτό, προτείνονται τα ακόλουθα μέτρα:

- Ενίσχυση της χρηματοδότησης

Η έλλειψη χρηματοδότησης αποτελεί τον κυριότερο ανασταλτικό παράγοντα για τη δημιουργία επενδύσεων. Οι τράπεζες, οι οποίες έχουν καθοριστικό ρόλο σε αυτή τη διαδικασία, θα πρέπει να χρηματοδοτούν τέτοιου είδους επενδυτικά σχέδια.

- Ενημέρωση ενδιαφερόμενων επενδυτών και πολιτών

Η ενημέρωση των επενδυτών καθώς και των πολιτών για τα οικονομικά, αγροτικά και περιβαλλοντικά οφέλη της ενεργειακής αξιοποίησης των αποβλήτων, είναι αναγκαία για την αύξηση των επενδύσεων.

- Μείωση της γραφειοκρατίας

Η μείωση του χρόνου αδειοδότησης αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα προσέλκυσης επενδύσεων. Για να καταστεί αυτό δυνατό, θα πρέπει να απλοποιηθούν οι διαδικασίες

αδειοδότησης των νέων μονάδων και να μειωθεί ο χρόνος διεκπεραίωσης των αιτήσεων.

- Αλλαγή της Ελληνικής Νομοθεσίας

Η Ελληνική Νομοθεσία θα πρέπει να ρυθμίζει ενιαία το κόστος διάθεσης των αποβλήτων με βάση την αρχή 'ο ρυπαίνων πληρώνει'. Αυτό θα οδηγήσει τους κτηνοτρόφους και όλους όσους παράγουν απόβλητα στην αναζήτηση εναλλακτικών λύσεων και κατά συνέπεια στην αύξηση των επενδύσεων.

Η λήψη των παραπάνω μέτρων θα βελτιώσει σημαντικά τις συνθήκες και θα οδηγήσει στην αύξηση των επενδύσεων στον τομέα της ενεργειακής αξιοποίησης των κτηνοτροφικών αποβλήτων.

Στη σημερινή εποχή, η ενεργειακή εκμετάλλευση των ζωικών αποβλήτων, μπορεί να δώσει λύσεις στα χρόνια προβλήματα της διαχείρισης και διάθεσης των αποβλήτων που ταλανίζουν την Ελληνική επικράτεια και να συμβάλλει στην αύξηση της παραγωγής από εγχώριες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Παράλληλα, μπορεί να αποτελέσει ένα πρότυπο βιώσιμης ανάπτυξης για τη χώρα, βγάζοντας την από το σημερινό οικονομικό, κοινωνικό και περιβαλλοντικό αδιέξοδο στο οποίο βρίσκεται.

Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

- Γεωργακάκης Δ. (2008). Περιβάλλον και γεωργο-πτηνο-κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις, Διαχείριση Αποβλήτων, τεύχος 1^ο, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Γεωργακάκης Δ. (2009) (α) Διεργασίες πρωτοβάθμιας επεξεργασίας γεωργοβιομηχανικών αποβλήτων και νερού, Διαχείριση αποβλήτων, τεύχος 2^ο, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Γεωργακάκης Δ. (2009) (β) Αναερόβιες Διεργασίες, Δευτεροβάθμια (βιολογική) επεξεργασία γεωργο- βιομηχανικών αποβλήτων, Διαχείριση αποβλήτων, τεύχος 3^ο, Μέρος Α'. Πανεπιστημιακές εκδόσεις, Γεωπονικό πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Διεύθυνση Κτηνιατρικής Περιφερειακής Ενότητας Λάρισας (2012).
- Ζαφείρης Χ. (2011). Ενεργειακή Αξιοποίηση του Βιοαερίου: Τάσεις και Προοπτικές. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Πικέρμι.
- Σιούλας Κ. (2009). Βιοαέριο στην Ελλάδα. Συνοπτική έκθεση. Βιοαέριο για την Ανατολική Ευρώπη. Κέντρο ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Αθήνα.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Al Seadi (2003). Good practice in quality management of AD residues from biogas production. Report made for the International Energy Agency. Oxfordshire. United Kingdom 2003.
- Angelidaki, I. and Sandres, W. (2004). Assessment of biodegradability of macropollutants. Reviews in Environmental Science and Biotechnology.
- Batzias, F.A., Sidiras, D.K., Spyrou, E.K., (2004). Evaluating livestock manures for biogas production: a GIS based method. Renewable Energy.

- Bernet, N. and Beline, F. (2008). Challenges and innovations on biological treatment of livestock effluents. *Bioresource Technology*.
- Castrillon, L., Fernandez-Nava, Y., Ormaechea, P., Maranon, E. (2011). Optimization of biogas production from cattle manure by pre-treatment with ultrasound and co-digestion with crude glycerine. *Bioresource Technology*.
- Chen, Y., Cheng, J., Creamer, K., (2007). Inhibition of anaerobic process: A review. *Bioresource Technology*.
- Chen, Y., Jiang, S., Yuan, H., Zhou, Q., Gu, G., (2007). Hydrolysis and acidification of waste activated sludge at different pHs. *Water Research*.
- De Groot, P., Hemstock, S., Woods, J., (2007/2008). *The Biomass Assessment Handbook*. London. Earthscan.
- Faaij, A.P.C. (2004). Biomass combustion. *En cyclopedia of Energy*.
- Jingura, R., Matengaifa, R., (2007). Optimization of biogas production by anaerobic digestion for sustainable energy development in Zimbabwe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Held, J., Mathiasson, A., Nylander, A. (2008). Report. Biogas from manure and waste products- Swedish case studies. Swedish Biogas Association.
- Holm-Nielsen, J.B., Al Seadi, T., Oleskowicz-Popiel P., (2009). The future of anaerobic digestion and biogas utilization. *Bioresource Technology*.
- Iakovou, E., Karagiannidis, A., Vlachos, D., Toka, A. and Malamakis, A. (2009). Biomass and waste-to-energy supply chain networks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Kobayashi, N., Guilin, P., Kobayashi, J., Hatano S., Itaya, Y., Mori, S., (2008). A new pulverized biomass utilization technology. *Powder Technology*.
- Laaber, M., Lindorfer, H., Madlener, R., Kirchmayr, R. and Braun, R., (2006). Optimised digestion of energy crops and agricultural wastes in Austrian biogas

plants. Research Programme: Energie systeme der Zukunft. Austrian Federal Ministry for Transport, Innovation and Technology.

- Li, Y., Park, S., Zhu, J. (2010) Solid-state anaerobic digestion for methane production from organic waste. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Luostarinen, S., (2011). Knowledge Report. Examples of Good Practices on Existing Manure Energy Use: Biogas, Combustion and Thermal Gasification.
- Luostarinen, S., Normak, A., Edstrom, M. (2011). Overview of Biogas Technology. Baltic forum for Innovative Technologies for Sustainable Manure Management.
- Madsen, M., Holm-Nielsen, J.B., Esbensen, K., (2011). Monitoring of anaerobic digestion processes: A review perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Monnet, F. (2003). An Introduction to Anaerobic Digestion of Organic Wastes. Final Report. Remade Scotland.
- Murphy, J. and Power, N., (2006). A technical, economic and environmental comparison of composting and anaerobic digestion of biodegradable municipal waste. *Journal of Environmental science and Health Part*.
- Myint, M., Nirmalkhandan, N., Speece, R.E. (2006). Anaerobic fermentation of Cattle manure: Modeling of Hydrolysis and Acidogenesis. *Water Research*.
- Poeschl, M., Ward, S., Owende, P., (2011). Environmental Impacts of biogas deployment –Part II: life cycle assessment of multiple production and utilization pathways. *Journal of Cleaner Production*.
- Puig-Arvanat, M., Bruno J.C., Coronas, A., (2010). Review and analysis of biomass gasification models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Richardson, J. and Verwijst, T., 2007. Multiple benefits from sustainable bioenergy systems. *Biomass and Bioenergy*.

- Rutz, D., Sioulas, K., Dimitrova, D., Kulisic, B., Dzene, I., Ofiteru, A., Grmek, M., (2008). Impact of biogas production in Bulgaria, Croatia, Greece, Latvia, Romania and Slovenia. Project: Biogas for Eastern Europe.
- Salminen, E. and Rintala, J., (2001). Anaerobic digestion of organic solid poultry slaughterhouse waste- a review. Bioresource Technology.
- Serna, E., (2009). Waste to energy Research and Technology council.
- Smith, E.J. Biotechnology (2003). Edition 3rd. Cambridge University press.
- Van Loo, S. and Koppejan, J. (2008). The handbook of Biomass Combustion and Co- firing. London. Earthscan.
- Vavilin, V., Fernandez, B., Palatsi, J. Flotats, X. (2007). Hydrolysis kinetics in anaerobic degradation of particulate organic material: An overview. Waste Management.

Πηγές Διαδικτύου

- www.aebiom.org
- www.anaerobic-digestion.com/html/pros_cons.html, Advantages and Disadvantages of Anaerobic Treatment
- www.biomassenergy.gr
- www.cres.gr
- www.desmie.gr
- www.et.gr
- www.euroobserver.org
- www.metener.webnode.com/biogas-plant-design
- www.tx.nrcs.usda.gov
- www.wtert.eu