


ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ

βιοαερίου



Με την υποστήριξη του

Intelligent Energy  Europe

ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ

βιοαερίου

Στοιχεία έκδοσης

Συγγραφείς

Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen, Κωνσταντίνος Σιούλας (συγγραφή κεφαλαίου για την Ελλάδα)

Ανασκόπηση κειμένων αγγλικού εγχειριδίου

Dominik Rutz, Teodorita Al Seadi, Κωνσταντίνος Σιούλας, Biljana Kulisic

Επιμέλεια κειμένων αγγλικού εγχειριδίου

Teodorita Al Seadi

Διόρθωση και επεξεργασία αγγλικού εγχειριδίου

Stud. MA Catrineda Al Seadi, Stud. MSc Iwona Cybulska

Μετάφραση, διόρθωση και επεξεργασία κειμένων στα Ελληνικά

Αθηνά Νούκα, Χαράλαμπος Μαλαματένιος, Φλώρα Στεφάνου

ISBN 978-87-992962-3-1

Εκδόθηκε από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ), 19ο χλμ. Λεωφόρου Μαραθώνος, 19009 – Πικέριμι, Αττική, <http://www.cres.gr>

Σχεδιασμός εξωφύλλου: Catrineda Al Seadi

Φωτογραφία εξωφύλλου: Copyright © 2008 www.lemvigbiogas.com

Σχεδιασμός - Εκτύπωση: [exoplan](http://www.exoplan.gr)

Διατηρούνται όλα τα δικαιώματα. Κανένα μέρος αυτού του εγχειριδίου δεν μπορεί να αναπαραχθεί σε οποιαδήποτε μορφή ή με οποιοδήποτε μέσο, χωρίς τη γραπτή άδεια του κατόχου των πνευματικών δικαιωμάτων και του εκδότη. Η ομάδα επιμέλειας της έκδοσης δεν εγγυάται την ακρίβεια και/ή την πληρότητα των πληροφοριών και των δεδομένων που περιλαμβάνονται ή που περιγράφονται στο παρόν εγχειρίδιο.

Ευχαριστίες

Το εγχειρίδιο αυτό εκπονήθηκε από τις κοινές προσπάθειες μιας ομάδας εμπειρογνομόνων του βιοαερίου από τη Δανία, τη Γερμανία, την Αυστρία και την Ελλάδα, στα πλαίσια του έργου BiG>East (EIE/07/214/SI2.467620), που υλοποιείται την περίοδο από τον Σεπτέμβριο του 2007 έως τον Φεβρουάριο του 2010, με γενικό στόχο την προώθηση της ανάπτυξης των τεχνολογιών Αναερόβιας Χώνευσης στην Ανατολική Ευρώπη. Το έργο BiG>East συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, στα πλαίσια του προγράμματος «Ευφυής Ενέργεια για την Ευρώπη». Η αγγλική έκδοση του εγχειριδίου στη συνέχεια μεταφράστηκε στα Βουλγάρικα, Κροατικά, Ελληνικά, Λετονικά, Ρουμάνικα και Σλοβένικα, τις γλώσσες δηλαδή των χωρών στις οποίες απευθυνόταν το έργο BiG>East. Αυτές οι μεταφρασμένες εκδόσεις περιλαμβάνουν ένα συμπληρωματικό κεφάλαιο με ειδικές πληροφορίες για κάθε χώρα.

Η ομάδα επιμέλειας ευχαριστεί όλους τους συγγραφείς καθώς και όλους όσους συνεισέφεραν στην υλοποίηση του Εγχειριδίου για την εξαιρετική ομαδική εργασία τους.

Teodorita Al Seadi

Οκτώβριος 2008



Η πλήρης ευθύνη για το περιεχόμενο αυτής της δημοσίευσης εναπόκειται στους συντάκτες της. Δεν απεικονίζει κατ'ανάγκη την άποψη των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δεν είναι αρμόδια για οποιαδήποτε χρήση που μπορεί να γίνει των πληροφοριών που περιλαμβάνονται σ' αυτήν.

Πίνακας περιεχομένων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
Ο ΣΤΟΧΟΣ ΚΑΙ Ο ΤΡΟΠΟΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟΥ	10
ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΚΑΙ ΓΙΑΤΙ ΤΟ ΧΡΕΙΑΖΟΜΑΣΤΕ;	11
1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	11
1.1 ΟΦΕΛΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΟΙΝΩΝΙΑ	11
1.1.1 Ανανεώσιμη πηγή ενέργειας	11
1.1.2 Συμβολή στη μείωση των εκπομπών ΑΦΘ και της παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας	11
1.1.3 Μειωμένη εξάρτηση από τα εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα	12
1.1.4 Συμβολή στους στόχους της ΕΕ για την ενέργεια και την προστασία του περιβάλλοντος	12
1.1.5 Μείωση των αποβλήτων	12
1.1.6 Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας	12
1.1.7 Ευέλικτη και αποδοτική τελική χρήση του βιοαερίου	13
1.1.8 Χαμηλές ανάγκες σε νερό	13
1.2 ΟΦΕΛΗ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΓΕΩΡΓΟΥΣ	13
1.2.1 Πρόσθετη πηγή εσόδων για τους εμπλεκόμενους γεωργούς	13
1.2.2 Χρήση του χωνεμένου υπολείμματος ως εδαφοβελτιωτικό	13
1.2.3 Κλειστός κύκλος θρεπτικών συστατικών	13
1.2.4 Ευελιξία χρήσης διαφορετικών πρώτων υλών	13
1.2.5 Μειωμένες οσμές και μύγες	14
1.2.6 Κτηνιατρική ασφάλεια	15
2 ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΑΠΟ ΑΧ	15
2.1 ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΤΑΣΕΙΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΗΣ ΑΧ	15
2.2 ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	16
3 ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ (ΑΧ)	17
3.1 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΧ	17
3.2 Η ΒΙΟΧΗΜΙΚΗ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΧ	23
3.2.1 Υδρόλυση	24
3.2.2 Οξεογένεση	25
3.2.3 Οξικογένεση	25
3.2.4 Μεθανογένεση	25
3.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΗΣ ΑΧ	25
3.3.1 Θερμοκρασία	26
3.3.2 Τιμές pH και βέλτιστα διαστήματα	28
3.3.3 Πτηνικά λιπαρά οξέα (VFA)	28
3.3.4 Αμμωνία	29
3.3.5 Ιχνοστοιχεία, θρεπτικές ουσίες και τοξικές ενώσεις	29
3.4 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	30
3.4.1 Οργανικό φορτίο	30
3.4.2 Υδραυλικός χρόνος παραμονής (ΥΧΠ)	30
3.4.3 Άλλες παράμετροι λειτουργίας	30
4 ΚΥΡΙΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	32
4.1 ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	32
4.1.1 Μονάδες βιοαερίου οικογενειακής κλίμακας	32
4.1.2 Μονάδες βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος	33
4.1.3 Κεντρικές (κοινές) εγκαταστάσεις συγχώνευσης	36
4.2 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	39
4.3 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΗΜΟΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (ΔΣΑ)	39
4.4 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	40
4.5 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΑΕΡΙΟΥ ΧΩΜΑΤΕΡΗΣ	41
5 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	42
5.1 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	43
5.2 ΑΜΕΣΗ ΚΑΥΣΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	44
5.3 ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (ΣΗΘ)	44

5.3.1	Μηχανές αερίου Otto	46
5.3.2	Μηχανή προέγχυσης καυσίμου	46
5.3.3	Μηχανές Stirling	47
5.4	ΜΙΚΡΟΣΤΡΟΒΙΟΙ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	47
5.5	ΚΥΨΕΛΕΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	47
5.6	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ (ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΜΕΘΑΝΙΟΥ).....	49
5.6.1	Το βιοαέριο ως καύσιμο οχημάτων	50
5.6.2	Βιομεθάνιο για έγχυση στο δίκτυο	51
5.6.3	Παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα και μεθανίου ως χημικών προϊόντων.....	52
6	ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΧΩΝΕΜΕΝΟΥ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΟΣ	52
6.1	ΑΧ- ΜΙΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΖΩΙΚΗΣ ΣΤΕΡΕΗΣ ΚΑΙ ΥΔΑΡΟΥΣ ΚΟΠΡΙΑΣ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΝΤΑΤΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.....	52
6.2	ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΚΑΤΕΡΓΑΣΤΗ ΥΔΑΡΗ ΚΟΠΡΙΑ ΣΤΟ ΧΩΝΕΜΕΝΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ ΩΣ ΕΔΑΦΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟ	53
6.2.1	Βιοδιάσπαση της οργανικής ουσίας.....	53
6.2.2	Μείωση των οσμών.....	53
6.2.3	Υγιεινή.....	54
6.2.4	Καταστροφή των σπόρων των ζιζανίων	54
6.2.5	Αποφυγή του καψίματος των φυτών.....	54
6.2.6	Βελτίωση του λιπάσματος.....	54
6.3	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΧΩΝΕΜΕΝΟΥ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΟΣ ΩΣ ΕΔΑΦΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟ	55
6.4	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ ΧΩΝΕΜΕΝΟΥ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΧΩΜΑ	56
6.5	ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ.....	57
6.6	ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΧΩΝΕΜΕΝΟΥ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΟΣ.....	58
6.6.1	Στρατηγικές βελτίωσης του χωνεμένου υπολείμματος	58
6.6.2	Απαραίτητες εκτιμήσεις - Παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπ' όψη	60
6.7	ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΧΩΝΕΜΕΝΟΥ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΟΣ.....	60
6.7.1	Δειγματοληψία, ανάλυση και χαρακτηρισμός προϊόντος του χωνεμένου υπολείμματος.....	60
6.7.2	Διαχείριση των θρεπτικών ουσιών στο χωνεμένο υπόλειμμα	61
6.7.3	Γενικά μέτρα για τον ποιοτικό έλεγχο και την ασφαλή ανακύκλωση του χωνεμένου υπολείμματος.....	62
7	ΤΜΗΜΑΤΑ ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	62
7.1	ΜΟΝΑΔΑ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΠΡΩΤΗΣ ΥΛΗΣ	65
7.2	ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΠΡΩΤΗΣ ΥΛΗΣ	65
7.2.1	Αποθήκευση της πρώτης ύλης	65
7.2.2	Βελτίωση της πρώτης ύλης.....	67
7.3	ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ.....	69
7.3.1	Αντλίες για τη μεταφορά της αντλήσιμης πρώτης ύλης	70
7.3.2	Μεταφορά στοιβάσιμης πρώτης ύλης	72
7.4	ΠΑΡΕΛΚΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ.....	74
7.5	ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ – ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΧΩΝΕΥΤΗ	75
7.6	ΧΩΝΕΥΤΕΣ	76
7.6.1	Χωνευτές ασυνεχούς τύπου.....	77
7.6.2	Χωνευτές συνεχούς τύπου.....	78
7.6.3	Συντήρηση των χωνευτών.....	81
7.7	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΑΔΕΥΣΗΣ.....	82
7.7.1	Μηχανική ανάδευση.....	82
7.7.2	Πνευματική ανάδευση	84
7.7.3	Υδραυλική ανάδευση	84
7.8	ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	84
7.8.1	Δεξαμενές χαμηλής πίεσης.....	85
7.8.2	Αποθήκευση βιοαερίου μέσης και υψηλής πίεσης.....	86
7.8.3	Πυρσοί βιοαερίου.....	86
7.9	ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	88
7.9.1	Βελτίωση του αερίου	88
7.9.2	Αποθείωση	89
7.9.3	Ξήρανση.....	92

7.10	ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΤΟΥ ΧΩΝΕΜΕΝΟΥ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΟΣ	92
7.11	ΜΟΝΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	94
7.11.1	Ποσότητα εισροής αντλούμενης πρώτης ύλης	96
7.11.2	Επίπεδο πλήρωσης του χωνευτή	96
7.11.3	Επίπεδο πλήρωσης των δεξαμενών αερίου	96
7.11.4	Θερμοκρασία της διεργασίας	96
7.11.5	Τιμή του pH	97
7.11.6	Προσδιορισμός των λιπαρών οξέων (VFA)	97
7.11.7	Ποσότητα του αερίου	97
7.11.8	Σύνθεση του αερίου	97
ΠΩΣ ΓΙΝΕΤΑΙ Η ΑΡΧΗ		98
8	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	98
8.1	ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΝΟΣ ΕΡΓΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	98
8.2	ΕΞΑΣΦΑΛΙΣΗ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ ΜΕ ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ	100
8.2.1	Διαστασιολόγηση της μονάδας τροφοδοτούμενη με πρώτη ύλη προερχόμενη από αγροκτήματα	100
8.2.2	Διαστασιολόγηση της μονάδας για βιομηχανικά/αστικά απόβλητα	102
8.2.3	Σχήματα εφοδιασμού πρώτης ύλης	102
8.3	ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	103
8.4	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗΣ	104
8.5	ΕΝΑΡΞΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	104
9	ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	106
9.1	ΠΡΟΛΗΨΗ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ ΚΑΙ ΕΚΡΗΞΗΣ	106
9.2	ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΔΗΛΗΤΗΡΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΑΣΦΥΞΙΑΣ	107
9.3	ΑΛΛΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ	108
9.4	ΘΕΜΑΤΑ ΥΓΙΕΙΝΗΣ, ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΩΝ ΠΑΘΟΓΟΝΩΝ ΚΑΙ ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΗΣ	109
9.4.1	Θέματα υγιεινής των μονάδων βιοαερίου	109
9.4.2	Παράμετροι για τις αποδόσεις υγιεινής των μονάδων βιοαερίου	110
9.4.3	Βιολογικοί δείκτες	112
9.4.4	Απαιτήσεις για την υγιεινή	113
10	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	116
10.1	ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ	116
10.2	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΓΙΑ ΕΝΑ ΕΡΓΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	116
10.2.1	Συμπεράσματα της οικονομικής πρόβλεψης ενός έργου βιοαερίου	117
ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΡΓΩΝ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ		119
11	ΤΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	119
11.1	ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	119
11.2	ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	120
11.3	ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΚΑΙ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ	121
11.3.1	Πολιτική για τις ΑΠΕ στην Ελλάδα	121
11.3.2	Βασικό Θεσμικό και Κανονιστικό πλαίσιο	123
11.3.3	Χρηματοδότηση	127
11.3.4	Η αγορά ενέργειας	128
11.4	ΕΜΠΟΔΙΑ	129
11.5	ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΣΤΟΥΣ ΕΘΝΙΚΟΥΣ ΣΤΟΧΟΥΣ	130
11.6	ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ	131
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ		132
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1. ΓΛΩΣΣΑΡΙΟ, ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ		132
ΓΛΩΣΣΑΡΙΟ		132
ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ		139
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ		139
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		140
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3. ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ		144
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ		148

Εισαγωγή

Ένα από τα κύρια περιβαλλοντικά προβλήματα της κοινωνίας σήμερα είναι η συνεχώς αυξανόμενη παραγωγή αποβλήτων. Σε πολλές χώρες, η αειφόρος διαχείριση, αλλά και η πρόληψη παραγωγής και η μείωση των αποβλήτων έχουν καταστεί σημαντικές προτεραιότητες της πολιτικής και συνιστούν ένα σημαντικό μέρος των προσπαθειών που καταβάλλονται για τη μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος και των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, αλλά και τη μετρίαση των αλλαγών του παγκόσμιου κλίματος. Οι πρακτικές της ανεξέλεγκτης εναπόθεσης των αποβλήτων δεν είναι πλέον αποδεκτές. Σήμερα η ελεγχόμενη διάθεση στους χώρους ταφής απορριμμάτων αλλά και η αποτέφρωση των οργανικών αποβλήτων δεν προτιμούνται ως μέθοδοι, δεδομένου ότι τα περιβαλλοντικά πρότυπα που ισχύουν είναι πολύ πιο αυστηρά, ενώ ζητούμενο είναι η ανάκτηση της ενέργειας και η ανακύκλωση των θρεπτικών και οργανικών ουσιών.

Η παραγωγή βιοαερίου από την αναερόβια χώνευση (ΑΧ) της ζωικής στερεής και υδαρούς κοπριάς καθώς και ενός ευρύτατου φάσματος οργανικών αποβλήτων μετατρέπει αυτά τα υποστρώματα σε ανανεώσιμη ενέργεια και προσφέρει ένα φυσικό εδαφοβελτιωτικό για τη γεωργία. Συγχρόνως, η αφαίρεση του οργανικού μέρους από το ρεύμα των αποβλήτων αυξάνει την απόδοση της μετατροπής ενέργειας κατά την αποτέφρωση των εναπομενόντων αποβλήτων, αλλά και τη βιοχημική σταθερότητα στους χώρους εναπόθεσης των απορριμμάτων.

Η ΑΧ είναι μια μικροβιολογική διεργασία αποσύνθεσης της οργανικής ουσίας, απουσία οξυγόνου, η οποία είναι συνήθης σε πολλά φυσικά περιβάλλοντα και εφαρμόζεται σήμερα για να παραχθεί το βιοαέριο σε αεροστεγείς δεξαμενές που λειτουργούν ως αντιδραστήρες, οι οποίες συνήθως ονομάζονται χωνευτές. Ένα ευρύ φάσμα μικροοργανισμών εμπλέκεται στην αναερόβια διεργασία που έχει δύο κύρια τελικά προϊόντα: το βιοαέριο και το χωνεμένο υπόλειμμα. Το βιοαέριο είναι ένα αέριο καύσιμο που αποτελείται από μεθάνιο, διοξείδιο του άνθρακα και από μικρές ποσότητες άλλων αερίων και ιχνοστοιχείων. Το χωνεμένο υπόλειμμα είναι το αποδομημένο υπόστρωμα, πλούσιο σε θρεπτικές ουσίες και έτσι χρησιμοποιείται ως εδαφοβελτιωτικό για τα φυτά.

Η παραγωγή και η συλλογή του βιοαερίου από μια βιολογική διεργασία τεκμηριώθηκε για πρώτη φορά στο Ηνωμένο Βασίλειο το 1895 (METCALF και EDDY, 1979). Από τότε, η διεργασία αναπτύχθηκε περαιτέρω και εφαρμόστηκε ευρέως για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων και τη σταθεροποίηση της ιλύος. Η ενεργειακή κρίση στις αρχές της δεκαετίας του '70 αναθέρμανε το ενδιαφέρον για τη χρήση των ανανεώσιμων καυσίμων, συμπεριλαμβανομένου του βιοαερίου από την ΑΧ. Το ενδιαφέρον για το βιοαέριο έχει αυξηθεί περισσότερο σήμερα λόγω των προσπαθειών σε παγκόσμια κλίμακα για την αντιμετάσταση των ορυκτών καυσίμων στην παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, καθώς και της ανάγκης για εξεύρεση περιβαλλοντικά αειφόρων λύσεων επεξεργασίας και ανακύκλωσης της ζωικής στερεής κοπριάς και των οργανικών αποβλήτων.

Οι μονάδες βιοαερίου από ΑΧ, που επεξεργάζονται τα γεωργικά υποστρώματα είναι μερικές από τις πιο σημαντικές εφαρμογές της ΑΧ σήμερα. Στην Ασία, αρκετά εκατομμύρια πολύ απλοί, μικρής κλίμακας χωνευτές βιοαερίου βρίσκονται σε λειτουργία σε χώρες όπως η Κίνα, η Ινδία, το Νεπάλ και το Βιετνάμ παράγοντας βιοαέριο για μαγείρεμα και φωτισμό. Αρκετές χιλιάδες αγροτικές μονάδες βιοαερίου είναι σε λειτουργία στην Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική. Πολλές από αυτές είναι μεγάλης κλίμακας και με χρήση υψηλής τεχνολογίας και ο αριθμός τους έχει αυξηθεί αρκετά τα τελευταία έτη. Μόνο στη Γερμανία το 2007 λειτουργούσαν περισσότερες από 3.700 αγροτικές μονάδες βιοαερίου.

Το βιοαέριο από την ΑΧ όπως και τα άλλα βιοκαύσιμα, αποτελεί προτεραιότητα της ευρωπαϊκής πολιτικής στους τομείς ενέργειας και μεταφορών ως μία οικονομική και ουδέτερη σε CO₂ πηγή ανανεώσιμης ενέργειας, που προσφέρει τη δυνατότητα αξιοποίησης και ανακύκλωσης ενός ευρέως φάσματος υπολειμμάτων και υποπροϊόντων γεωργικής προέλευσης, διάφορων βιολογικών αποβλήτων, υγρών ορ-

γανικών αποβλήτων από τη βιομηχανία, και της ύλης καθαρισμού των λυμάτων με έναν αειφόρο και φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο. Συγχρόνως, παρέχει διάφορα κοινωνικο-οικονομικά οφέλη συνολικά για την κοινωνία καθώς επίσης και για τους εμπλεκόμενους με τις μονάδες βιοαερίου.

Η διεύρυνση της Ευρωπαϊκής Ένωσης έφερε νέα μέλη στην οικογένεια των ευρωπαϊών παραγωγών βιοαερίου, που θα ωφεληθούν από τη εφαρμογή τεχνολογιών ΑΧ για την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας. Παράλληλα, η εφαρμογή των τεχνολογιών αυτών θα συμβάλλει στην επίλυση σημαντικών προβλημάτων ρύπανσης του περιβάλλοντος, ενώ θα ενισχύσει τη βιώσιμη ανάπτυξη των αγροτικών κοινοτήτων.

Teodorita Al Seadi και Dominik Rutz

Ο στόχος και ο τρόπος χρήσης του εγχειριδίου

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα για τους ενδιαφερόμενους σχετικά με τις τεχνολογίες του βιοαερίου είναι η έλλειψη μίας ενιαίας πηγής πληροφόρησης για τη διαδικασία της ΑΧ, τις τεχνικές και μη τεχνικές πτυχές του προγραμματισμού, της κατασκευής και της λειτουργίας των μονάδων βιοαερίου, καθώς και για τη χρήση του βιοαερίου και του χωνεμένου υπολείμματος. Οι πληροφορίες αυτές είναι διεσπαρμένες στη βιβλιογραφία και, κατά συνέπεια, απαιτείται μία ενοποιημένη προσέγγιση και αποσαφήνιση των πληροφοριών.

Το εγχειρίδιο βιοαερίου προορίζεται να χρησιμοποιηθεί ως ένας οδηγός «ορθού τρόπου προσέγγισης», ο οποίος παρέχει τις βασικές πληροφορίες για το βιοαέριο από ΑΧ, με εστίαση στις αγροτικές μονάδες βιοαερίου. Το εγχειρίδιο αυτό απευθύνεται πρωτίστως στους γεωργούς και τους μελλοντικούς χειριστές των αγροτικών μονάδων βιοαερίου, αλλά και σε όλους όσους εμπλέκονται στην παραγωγή και τη χρήση του βιοαερίου.

Το εγχειρίδιο αποτελείται από τέσσερα κύρια μέρη. Το πρώτο μέρος, **«Τι είναι το βιοαέριο και γιατί το χρειαζόμαστε»**, παρέχει τις βασικές πληροφορίες για τις τεχνολογίες του βιοαερίου, περιγράφοντας τη μικροβιολογική διεργασία της ΑΧ και των κύριων εφαρμογών της στην κοινωνία, την αειφόρο χρήση του βιοαερίου και του χωνεμένου υπολείμματος, και τα κύρια τεχνικά στοιχεία των μονάδων βιοαερίου. Το δεύτερο μέρος του εγχειριδίου, με τίτλο **«Πώς γίνεται η αρχή»**, επιδεικνύει το πώς μπορεί κανείς να προσεγγίσει τον προγραμματισμό και την κατασκευή μιας μονάδας βιοαερίου, τα θέματα ασφάλειας που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, καθώς επίσης και την ανάλυση κόστους-οφέλους μιας τέτοιας μονάδας. Για το σκοπό αυτό αναπτύχθηκε και ένα εργαλείο υπολογισμού σε EXCEL το οποίο είναι διαθέσιμο στην ιστοσελίδα του έργου: <http://www.big-east.eu>. Το τρίτο μέρος, **«Υλοποίηση έργων βιοαερίου στην Ελλάδα»** παρέχει ειδικότερα πληροφορίες για το βιοαέριο στην Ελλάδα. Το τέταρτο μέρος, **«Παραρτήματα»**, περιλαμβάνει την επεξήγηση των όρων, των συντμήσεων και των μονάδων μετροποίησης, συνιστώμενη βιβλιογραφία, σχετική ελληνική νομοθεσία και στοιχεία επικοινωνίας.

Σε όλο το εγχειρίδιο χρησιμοποιείται το κόμμα για να υποδηλώσει τους δεκαδικούς αριθμούς.

Τι είναι το βιοαέριο και γιατί το χρειαζόμαστε;

1 Πλεονεκτήματα των τεχνολογιών βιοαερίου

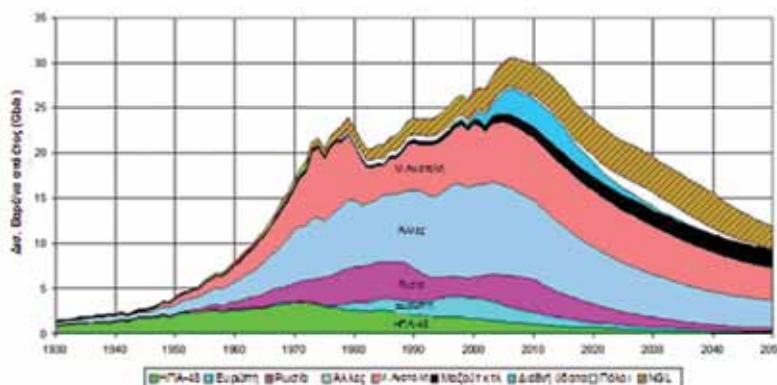
Η παραγωγή και η χρήση του βιοαερίου από την ΑΧ παρέχουν πολλά περιβαλλοντικά και κοινωνικο-οικονομικά οφέλη για την κοινωνία ως σύνολο και για τους εμπλεκόμενους γεωργούς. Η παραγωγή του βιοαερίου ενισχύει της τοπικές οικονομίες, εξασφαλίζει θέσεις εργασίας στις αγροτικές περιοχές και αυξάνει την αγοραστική δύναμη. Επίσης, βελτιώνει το βιοτικό επίπεδο και συμβάλλει στην οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη.

1.1 Οφέλη για την κοινωνία

1.1.1 Ανανεώσιμη πηγή ενέργειας

Η παγκόσμια ενεργειακή τροφοδοσία εξαρτάται σήμερα ιδιαίτερα από τις ορυκτές πηγές ενέργειας (αργό πετρέλαιο, λιγνίτης, λιθάνθρακας, φυσικό αέριο). Οι πηγές αυτές είναι τα απολιθωμένα κατάλοιπα νεκρών φυτών και ζώων, που έχουν εκτεθεί σε θερμότητα και πίεση στο φλοιό της γης κατά τη διάρκεια εκατομμυρίων ετών. Για το λόγο αυτό, τα ορυκτά καύσιμα είναι μη ανανεώσιμοι πόροι και τα αποθέματα τους μειώνονται πολύ γρηγορότερα απ' ό,τι διαμορφώνονται νέα.

Οι οικονομίες σε όλο τον κόσμο σήμερα εξαρτώνται από το αργό πετρέλαιο. Υπάρχει κάποια διαφωνία μεταξύ των επιστημόνων για το πόσο θα διαρκέσει αυτό το ορυκτό καύσιμο, αλλά σύμφωνα με κάποιους ερευνητές, έχει ήδη επέλθει η «πετρελαϊκή αιχμή»* ή αναμένεται να επέλθει πολύ σύντομα (Σχήμα 1.1).



Σχήμα 1.1: Σενάριο εξέλιξης της παγκόσμιας παραγωγής πετρελαίου και «πετρελαϊκή αιχμή» (ASPO 2008)

*Ως πετρελαϊκή αιχμή ορίζεται “το χρονικό σημείο κατά το οποίο έχει επιτευχθεί ο μέγιστος ρυθμός παραγωγής αργού πετρελαίου παγκοσμίως, μετά από το οποίο ο ρυθμός παραγωγής αρχίζει να φθίνει”

Σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα, το βιοαέριο από την ΑΧ αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, καθώς έχει παραχθεί από βιομάζα, η οποία είναι μία έμβια αποθήκη της ηλιακής ενέργειας μέσω της φωτοσύνθεσης. Το βιοαέριο από την ΑΧ δεν βελτιώνει μόνο το ενεργειακό ισοζύγιο μιας χώρας αλλά συμβάλλει σημαντικά στη διατήρηση των φυσικών πόρων και στην προστασία του περιβάλλοντος.

1.1.2 Συμβολή στη μείωση των εκπομπών ΑΦΘ και της παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας

Η χρήση των ορυκτών καυσίμων, όπως είναι ο λιγνίτης, ο λιθάνθρακας, το αργό πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, μετατρέπει τον άνθρακα που είναι αποθηκευμένος για εκατομμύρια έτη στο φλοιό της Γης και τον απελευθερώνει ως διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) στην ατμόσφαιρα. Η αύξηση της υφιστάμενης συγκέντρωση του CO_2 στην ατμόσφαιρα προκαλεί την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας δεδομένου

ότι το διοξείδιο του άνθρακα είναι ένα αέριο του φαινομένου του θερμοκηπίου (ΑΦΘ). Η καύση του βιοαερίου επίσης απελευθερώνει CO₂, αλλά η κύρια διαφορά, όταν συγκρίνεται με τα ορυκτά καύσιμα, είναι ότι ο άνθρακας στο βιοαέριο ελήφθη πρόσφατα από την ατμόσφαιρα, από τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φυτών. Έτσι, ο κύκλος άνθρακα του βιοαερίου είναι κλειστός σε ένα βραχύ χρονικό διάστημα (από ένα έως λίγα έτη). Η παραγωγή βιοαερίου από την ΑΧ μειώνει επίσης τις εκπομπές του μεθανίου (CH₄) και του νιτρώδους οξειδίου (N₂O) λόγω της αποθήκευσης και χρήσης της ζωικής στερεής κοπριάς ως εδαφοβελτιωτικό. Το δυναμικό ΑΦΘ του μεθανίου είναι 23 φορές και του νιτρώδους οξειδίου 296 φορές υψηλότερο απ' ό,τι του διοξειδίου του άνθρακα. Η χρήση του βιοαερίου υποκαθιστά τα ορυκτά καύσιμα από την παραγωγή ενέργειας και τις μεταφορές και μειώνει έτσι τις εκπομπές του CO₂, του CH₄ και του N₂O, συμβάλλοντας στο να μετριαστεί η παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου.

1.1.3 Μειωμένη εξάρτηση από τα εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα

Τα ορυκτά καύσιμα είναι περιορισμένα και συγκεντρώνονται σε πολύ λίγες γεωγραφικές περιοχές του πλανήτη. Το γεγονός αυτό, δημιουργεί για τις χώρες που βρίσκονται εκτός αυτών των περιοχών ένα μόνιμο και μη ασφαλές αίσθημα εξάρτησης από τις εισαγωγές ενεργειακών πόρων. Οι περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες έχουν σημαντική εξάρτηση από τις εισαγωγές ορυκτών καυσίμων από περιοχές πλούσιες σε αυτά, όπως είναι η Ρωσία ή η Μέση Ανατολή. Η ανάπτυξη και υλοποίηση συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως είναι το βιοαέριο από ΑΧ, στηριζόμενα σε εθνικούς και περιφερειακούς πόρους, αυξάνει την αειφορία και την ασφάλεια του εθνικού ενεργειακού εφοδιασμού και μειώνει την εξάρτηση από τις εισαγωγές ενέργειας.

1.1.4 Συμβολή στους στόχους της ΕΕ για την ενέργεια και την προστασία του περιβάλλοντος

Η αντιμετώπιση της παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι μια από τις κύριες προτεραιότητες της ενεργειακής και της περιβαλλοντικής πολιτικής της ΕΕ. Οι ευρωπαϊκοί στόχοι για την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμους πόρους, τη μείωση των εκπομπών ΑΦΘ και την αειφόρο διαχείριση των αποβλήτων στηρίζονται στη δέσμευση των χωρών μελών της ΕΕ να εφαρμόσουν τα κατάλληλα μέτρα για να τους επιτύχουν. Η παραγωγή και η χρήση του βιοαερίου από ΑΧ ικανοποιούν και τους τρεις αυτούς στόχους συγχρόνως.

1.1.5 Μείωση των αποβλήτων

Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα της παραγωγής βιοαερίου είναι η δυνατότητα μετατροπής των αποβλήτων σε έναν πολύτιμο πόρο, με τη χρήση τους ως πρώτη ύλη για την ΑΧ. Πολλές ευρωπαϊκές χώρες αντιμετωπίζουν τεράστια προβλήματα που σχετίζονται με μια υπερπαραγωγή οργανικών αποβλήτων από τη βιομηχανία, τον γεωργικό τομέα και τα νοικοκυριά. Η παραγωγή βιοαερίου είναι ένας άριστος τρόπος συμμόρφωσης με τους όλο και περισσότερο περιοριστικούς εθνικούς και ευρωπαϊκούς κανονισμούς στον τομέα της αξιοποίησης των οργανικών αποβλήτων για την παραγωγή ενέργειας, ενώ το χωνεμένο υπόστρωμα ανακυκλώνεται ως εδαφοβελτιωτικό. Η ΑΧ συμβάλει επίσης στη μείωση του όγκου των αποβλήτων και των δαπανών για τη διάθεσή τους.

1.1.6 Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας

Η παραγωγή βιοαερίου από την ΑΧ απαιτεί εργατικό δυναμικό για την παραγωγή, συλλογή και μεταφορά της πρώτης ύλης ΑΧ, την κατασκευή του τεχνικού εξοπλισμού, την κατασκευή, λειτουργία και συντήρηση των μονάδων παραγωγής βιοαερίου. Αυτό σημαίνει ότι η ανάπτυξη ενός εθνικού τομέα βιοαερίου συμβάλλει στη δημιουργία νέων επιχειρήσεων, κάποιων με σημαντικό οικονομικό δυναμικό, αυξάνει τα εισοδήματα στις αγροτικές περιοχές και δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας.

1.1.7 Ευέλικτη και αποδοτική τελική χρήση του βιοαερίου

Το βιοαέριο είναι ένας ευέλικτος ενεργειακός φορέας, κατάλληλος για πολλές διαφορετικές εφαρμογές. Μία από τις απλούστερες εφαρμογές του βιοαερίου είναι το μαγείρεμα και ο φωτισμός, αλλά σε πολλές χώρες το βιοαέριο χρησιμοποιείται για τη συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) ή αναβαθμίζεται και τροφοδοτείται στα δίκτυα φυσικού αερίου, χρησιμοποιείται ως καύσιμο οχημάτων ή σε κυψέλες καυσίμου.

1.1.8 Χαμηλές ανάγκες σε νερό

Ακόμα και όταν συγκρίνεται με άλλα βιοκαύσιμα, το βιοαέριο έχει μερικά πλεονεκτήματα. Ένα από αυτά είναι ότι για να γίνει η διεργασία της ΑΧ χρειάζεται τη μικρότερη ποσότητα νερού. Αυτή η πτυχή είναι τόσο σημαντική όσο η ενεργειακή αποδοτικότητα του βιοαερίου, λόγω των αναμενόμενων μελλοντικών ελλείψεων υδάτινων πόρων σε πολλές περιοχές του κόσμου.

1.2 Οφέλη για τους γεωργούς

1.2.1 Πρόσθετη πηγή εσόδων για τους εμπλεκόμενους γεωργούς

Η παραγωγή της πρώτης ύλης για τη λειτουργία των μονάδων βιοαερίου καθιστά τις τεχνολογίες του βιοαερίου οικονομικά ελκυστικές για τους γεωργούς και συμβάλλει στην αύξηση του εισοδήματός τους. Επίσης, οι γεωργοί αποκτούν ένα νέο και σημαντικό κοινωνικό ρόλο ως προμηθευτές ενέργειας και ως υπεύθυνοι για την επεξεργασία των αποβλήτων.

1.2.2 Χρήση του χωνεμένου υπολείμματος ως εδαφοβελτιωτικό

Μια μονάδα βιοαερίου δεν είναι μόνο προμηθευτής ενέργειας. Το χωνεμένο υπόστρωμα, που συνήθως ονομάζεται “χωνεμένο υπόλειμμα”, είναι ένα πολύτιμο εδαφοβελτιωτικό εδάφους, πλούσιο σε άζωτο, φώσφορο, κάλιο και θρεπτικούς μικροοργανισμούς, το οποίο μπορεί να εφαρμοστεί στα εδάφη με το συνηθισμένο εξοπλισμό εφαρμογής της υγρής κοπριάς. Σε σχέση με την ακατέργαστη ζωική στερεή κοπριά, το χωνεμένο υπόλειμμα έχει βελτιωμένη αποδοτικότητα λίπανσης λόγω της ομοιογένειας και της υψηλότερης διαθεσιμότητας θρεπτικών συστατικών, την καλύτερη αναλογία C/N και τις σημαντικά μειωμένες οσμές.

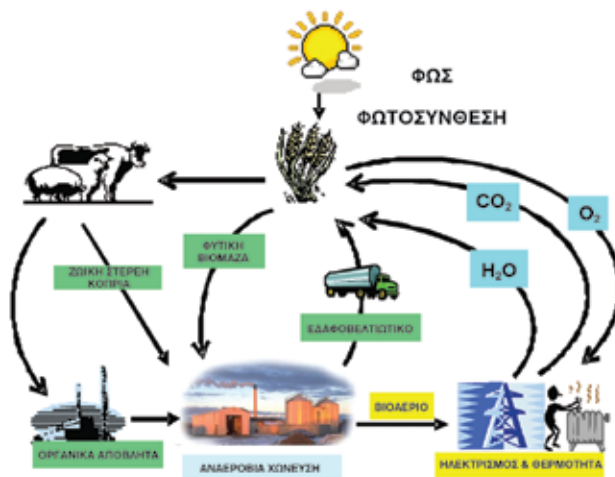
1.2.3 Κλειστός κύκλος θρεπτικών συστατικών

Από την παραγωγή της πρώτης ύλης έως την εφαρμογή του χωνεμένου υπολείμματος ως εδαφοβελτιωτικό, το βιοαέριο από την ΑΧ παρέχει ένα κλειστό κύκλο θρεπτικών συστατικών και άνθρακα (Σχήμα 1.2). Το μεθάνιο (CH_4) χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας και το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα και ξαναδεσμεύεται από τα φυτά κατά τη φάση της φωτοσύνθεσης. Μερικές ενώσεις άνθρακα παραμένουν στο χωνεμένο υπόλειμμα, βελτιώνοντας την περιεκτικότητα σε άνθρακα των εδαφών κατά την εφαρμογή του ως εδαφοβελτιωτικό. Η παραγωγή βιοαερίου μπορεί να ενσωματωθεί τέλεια στη συμβατική και οργανική γεωργία, όπου το χωνεμένο υπόλειμμα αντικαθιστά τα χημικά λιπάσματα, που παράγονται με την κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας από ορυκτά καύσιμα.

1.2.4 Ευελιξία χρήσης διαφορετικών πρώτων υλών

Πολλοί διαφορετικοί τύποι πρώτης ύλης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή του βιοαερίου: στερεή ζωική και υδαρής κοπριά, υπολείμματα καλλιεργειών, οργανικά απόβλητα από την παραγωγή γαλακτοκομικών, τις βιομηχανίες τροφίμων και τις αγροτοβιομηχανίες, ιλύς υγρών αποβλήτων, οργανικό κλάσμα των δημοτικών στερεών αποβλήτων, τα οργανικά απόβλητα από τα νοικοκυριά και τις επιχειρήσεις εστίασης, ενεργειακές καλλιέργειες. Βιοαέριο μπορεί επίσης να συλλεχθεί, με ειδικές εγκαταστάσεις, από τις χωματερές.

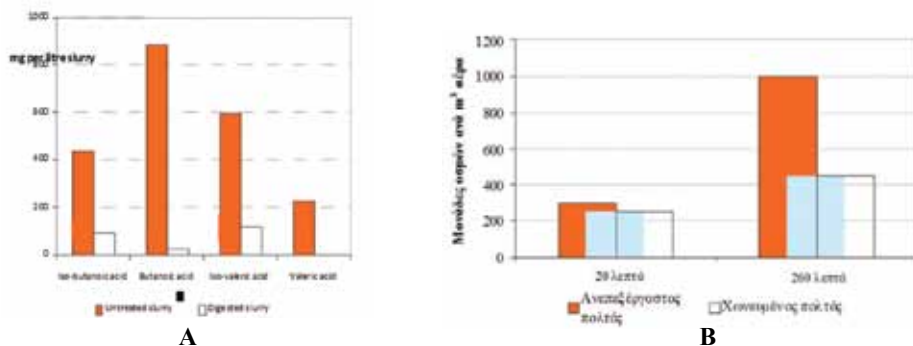
Ένα κύριο πλεονέκτημα της παραγωγής βιοαερίου είναι η δυνατότητα χρήσης διάφορων τύπων «υγρής βιομάζας» ως πρώτη ύλη, που χαρακτηρίζονται από περιεχόμενο υγρασίας περισσότερο από 60-70% (π.χ. ιλύς από επεξεργασία λυμάτων, ζωική υδαρής κοπριά, ιλύς επίπλευσης από την επεξεργασία τροφίμων). Τα τελευταία 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 και οι κατεστραμμένες καλλιέργειες, αυτές δηλαδή που είναι ακατάλληλες για βρώση ή δεν αναπτύχθηκαν σωστά ή επηρεάστηκαν από δυσμενείς καιρικές συνθήκες, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιοαερίου και εδαφοβελτιωτικού. Ένας αριθμός ζωικών υποπροϊόντων, μη κατάλληλων για κατανάλωση από ανθρώπους, μπορούν επίσης να υποβληθούν σε επεξεργασία στις μονάδες βιοαερίου. Μία πιο λεπτομερής περιγραφή των υποστρωμάτων που χρησιμοποιούνται για την ΑΧ παρατίθεται στο Κεφάλαιο 3.1.



Σχήμα 1.2: Ο αειφόρος κύκλος του βιοαερίου από ΑΧ (AL SEADI 2001)

1.2.5 Μειωμένες οσμές και μύγες

Η αποθήκευση και η εφαρμογή της υγρής κοπριάς, της ζωικής κοπριάς και πολλών οργανικών αποβλήτων αποτελούν την πηγή έμμενων, δυσάρεστων οσμών και προσέλκυσης μυγών. Η ΑΧ μειώνει αυτές τις οσμές κατά 80% (Σχήμα 1.3). Το χωνεμένο υπόλειμμα είναι σχεδόν άοσμο και οι υπόλοιπες αναθυμιάσεις αμμωνίας εξαφανίζονται σε λίγες ώρες μετά από την εφαρμογή.



Σχήμα 1.3: (Α) Συγκεντρώσεις των πτητικών λιπαρών οξέων με δυσάρεστη οσμή στην ανεπεξεργαστη και τη χωνεμένη υδαρή κοπριά (Β) Συγκέντρωση οσμών σε δείγματα αέρα που συλλέχθηκαν επάνω από τους αγρούς μετά από την εφαρμογή της ανεπεξεργαστης και χωνεμένης υδαρούς κοπριάς (HANSEN et al. 2004)

1.2.6 Κτηνιατρική ασφάλεια

Η χρήση του χωνεμένου υπολείμματος ως εδαφοβελτιωτικό βελτιώνει την κτηνιατρική ασφάλεια, όταν συγκρίνεται με τη μη επεξεργασμένη στερεή και υδαρή κοπριά. Προκειμένου να καταστεί κατάλληλο για τη χρήση του ως εδαφοβελτιωτικό το χωνεμένο υπόλειμμα πρέπει να υποστεί μια διεργασία ελεγχόμενης υγιεινής. Η “απολύμανση” του χωνεμένου υπολείμματος επιτυγχάνεται μέσω της ίδιας της διαδικασίας της ΑΧ, καθώς υπάρχει ένας ελάχιστος χρόνος παραμονής του υποστρώματος μέσα στο χωνευτή, σε θερμόφιλη θερμοκρασία, ενώ μπορεί επίσης να επιτευχθεί σε επιμέρους τμήμα της διαδικασίας, με παστερίωση ή αποστείρωση υπό πίεση, ανάλογα με τον τύπο της χρησιμοποιούμενης πρώτης ύλης. Σε όλες τις περιπτώσεις, ο στόχος είναι να αδρανοποιηθούν τα παθογόνα, να καθαριστούν οι σπόροι και οι άλλοι βιολογικοί κίνδυνοι και να αποφευχθεί η μετάδοση ασθενειών μέσω της εφαρμογής του χωνεμένου υπολείμματος ως εδαφοβελτιωτικό.

2 Παρούσα κατάσταση και δυναμικό του βιοαερίου από ΑΧ

2.1 Παρούσα κατάσταση και τάσεις εξέλιξης της ΑΧ

Κατά τα τελευταία έτη η παγκόσμια αγορά για το βιοαέριο αυξήθηκε κατά 20 ως 30% το χρόνο και πολλές χώρες έχουν αναπτύξει σύγχρονες τεχνολογίες βιοαερίου και έχουν πετύχει να καθιερώσουν ανταγωνιστικές εθνικές αγορές βιοαερίου μετά από δεκαετίες εντατικής έρευνας και τεχνολογικής ανάπτυξης (Ε&ΤΑ) λαμβάνοντας σημαντικές επιχορηγήσεις και δημόσια υποστήριξη.

Ο ευρωπαϊκός τομέας του βιοαερίου αριθμεί χιλιάδες εγκαταστάσεις, και χώρες όπως η Γερμανία, η Αυστρία, η Δανία και η Σουηδία είναι μεταξύ των πρωτοπόρων, με το μεγαλύτερο αριθμό σύγχρονων μονάδων βιοαερίου. Μεγάλος αριθμός τέτοιων εγκαταστάσεων λειτουργούν επίσης και σε άλλα μέρη του κόσμου. Στην Κίνα, εκτιμάται ότι το 2006 λειτουργούσαν πάνω από 18 εκατομμύρια αγροτικοί οικιακοί χωνευτές βιοαερίου, και το συνολικό δυναμικό βιοαερίου της Κίνας υπολογίζεται ότι είναι 145 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα. Στην Ινδία την περίοδο αυτή βρίσκονται σε λειτουργία περίπου 5 εκατομμύρια μονάδες βιοαερίου μικρής κλίμακας. Άλλες χώρες όπως το Νεπάλ και το Βιετνάμ έχουν επίσης σημαντικούς αριθμούς οικιακών μονάδων βιοαερίου πολύ μικρής κλίμακας.

Οι περισσότερες μονάδες βιοαερίου στην Ασία χρησιμοποιούν απλές τεχνολογίες, και επομένως είναι εύκολο να σχεδιαστούν και να γίνει αναπαραγωγή τους. Στην άλλη πλευρά του Ατλαντικού, χώρες όπως οι ΗΠΑ, ο Καναδάς και πολλές χώρες της Λατινικής Αμερικής έχουν ξεκινήσει την ανάπτυξη σύγχρονων τομέων βιοαερίου και παράλληλα εφαρμόζονται ευνοϊκά πολιτικά πλαίσια, για την υποστήριξη αυτής της ανάπτυξης.

Σημαντικές ερευνητικές προσπάθειες σε συνδυασμό με εφαρμογές σε πλήρη κλίμακα διεξάγονται σε όλο τον κόσμο, με σκοπό τη βελτίωση των τεχνολογιών μετατροπής, καθώς και της ευστάθειας και απόδοσης της λειτουργίας και της διεργασίας. Συνεχώς αναπτύσσονται και δοκιμάζονται νέοι χωνευτές, νέοι συνδυασμοί υποστρωμάτων ΑΧ, συστήματα τροφοδοσίας, εγκαταστάσεις αποθήκευσης και άλλες συνιστώσες του εξοπλισμού.

Παράλληλα με τους παραδοσιακούς τύπους πρώτης ύλης ΑΧ, σε μερικές χώρες έχει εισαχθεί η χρήση των ενεργειακών καλλιιεργειών για την παραγωγή βιοαερίου, ενώ καταβάλλονται ερευνητικές προσπάθειες προς την κατεύθυνση της αύξησης της παραγωγικότητας και της ποικιλομορφίας των ενεργειακών καλλιιεργειών, καθώς και για την αξιολόγηση του δυναμικού τους για την παραγωγή βιοαερίου. Έχουν εισαχθεί νέες πρακτικές καλλιέργειας και αναμένεται να καθοριστούν νέα συστήματα αμειψισποράς, όπου η καλλιέργεια με δύο σοδειές και η συνδυασμένη καλλιέργεια αποτελούν επίσης αντικείμενα εντατικής έρευνας.

Η χρήση του βιοαερίου για συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) έχει καταστεί μια τυποποιημένη εφαρμογή για τις περισσότερες σύγχρονες τεχνολογίες του βιοαερίου στην Ευρώπη.

Σε χώρες όπως η Σουηδία, η Ελβετία και η Γερμανία, αναβαθμισμένο βιοαέριο χρησιμοποιείται ως βιοκαύσιμο στις μεταφορές. Σε αυτές τις χώρες εγκαθίστανται δίκτυα σταθμών αναβάθμισης καυσίμου και πρατήρια καυσίμων. Μια σχετικά νέα εφαρμογή, είναι η αναβάθμιση και τροφοδότηση του βιοαερίου στο δίκτυο του φυσικού αερίου και οι πρώτες εγκαταστάσεις, στη Γερμανία και την Αυστρία, τροφοδοτούν με βιομεθάνιο τα δίκτυα του φυσικού αερίου. Η νεώτερη χρήση του βιοαερίου είναι στις κυψέλες καυσίμου, οι οποίες αποτελούν μία ώριμη εμπορική τεχνολογία, και ήδη λειτουργούν σε χώρες όπως η Γερμανία και οι ΗΠΑ.

Η συνδυασμένη παραγωγή βιοκαυσίμων (βιοαέριο, βιοαιθανόλη και βιοντίζελ), τροφίμων και πρώτων υλών για τη βιομηχανία, ως τμήμα της ίδιας αρχής των βιοδυλιστηρίων αποτελεί σήμερα έναν από τους σημαντικούς τομείς της έρευνας, όπου το βιοαέριο παρέχει την ενέργεια διεργασίας για την παραγωγή των υγρών βιοκαυσίμων και χρησιμοποιεί τα απόβλητα της διεργασίας ως πρώτη ύλη για την ΑΧ. Η συνδυασμένη αρχή των βιοδυλιστηρίων θεωρείται ότι μπορεί να προσφέρει διάφορα πλεονεκτήματα σχετικά με την ενεργειακή αποδοτικότητα, τις οικονομικές επιδόσεις και τη μείωση των εκπομπών ΑΦΘ. Γι' αυτό το λόγο, στην Ευρώπη και σε όλο τον κόσμο έχουν υλοποιηθεί διάφορα πιλοτικά έργα και τα αποτελέσματά τους σε πλήρη κλίμακα θα είναι διαθέσιμα τα επόμενα έτη.

2.2 Δυναμικό του βιοαερίου

Οι υπάρχουσες πηγές βιομάζας στον πλανήτη, δίνουν μία εικόνα για το παγκόσμιο δυναμικό παραγωγής βιοαερίου. Το δυναμικό αυτό εκτιμήθηκε από διάφορους ειδικούς και επιστήμονες, σύμφωνα με διάφορα σενάρια και υποθέσεις. Ανεξάρτητα από τα αποτελέσματα των εκτιμήσεων αυτών, το τελικό συμπέρασμα όλων ήταν ότι σήμερα χρησιμοποιείται μόνο ένα μικρό μέρος αυτού του δυναμικού, ενώ υπάρχει δυνατότητα σημαντικής αύξησης της πραγματικής παραγωγής του βιοαερίου. Η Ευρωπαϊκή Ένωση Βιομάζας (AEBIOM) υπολογίζει ότι η ευρωπαϊκή παραγωγή ενέργειας που βασίζεται στην βιομάζα μπορεί να αυξηθεί από τα 72 ΜΤΙΠ που ήταν το 2004 σε 220 ΜΤΙΠ το 2020. Το μεγαλύτερο δυναμικό για αύξηση εμφανίζει η βιομάζα που προέρχεται από τη γεωργία όπου το βιοαέριο παίζει σημαντικό ρόλο. Σύμφωνα με την AEBIOM, 20 έως 40 εκατομμύρια εκτάρια (Mha) εδάφους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση, χωρίς καμία επίδραση στον ευρωπαϊκό ανεφοδιασμό με τρόφιμα.



Σχήμα 2.1: Ο ευρωπαϊκός χάρτης του φυσικού αερίου και πιθανοί διάδρομοι (κίτρινα) κατάλληλοι για την παραγωγή βιοαερίου και την έγχυση βιομεθανίου (THRAN et al. 2007)

Σύμφωνα με το Γερμανικό Ινστιτούτο για την Ενέργεια και το Περιβάλλον, το δυναμικό του βιοαερίου στην Ευρώπη είναι πολύ υψηλό, τόσο που είναι δυνατό να αντικαταστήσει τη συνολική κατανάλωση φυσικού αερίου, μέσω της έγχυσης αναβαθμισμένου βιοαερίου (βιομεθάνιο) στο δίκτυο του φυσικού αερίου (Σχήμα 2.1). Η εκτίμηση του δυναμικού του βιοαερίου στην Ευρώπη εξαρτάται από διαφορετικούς παράγοντες και υποθέσεις που περιλαμβάνονται στους υπολογισμούς, όπως για παράδειγμα η διαθεσιμότητα των γαιών για γεωργικές χρήσεις που δεν έχει επιπτώσεις στην παραγωγή τροφίμων, η παραγωγικότητα των ενεργειακών καλλιιεργειών, η παραγωγή μεθανίου και η ενεργειακή αποδοτικότητα της τελικής χρήσης του βιοαερίου.

3 Περισσότερα στοιχεία για την Αναερόβια Χώνευση (AX)

Η AX είναι μια βιοχημική διεργασία κατά τη διάρκεια της οποίας σύνθετα οργανικά στοιχεία αποσυντίθεται απουσία οξυγόνου από διάφορους τύπους αναερόβιων μικροοργανισμών. Η διεργασία της AX είναι κοινή σε πολλά φυσικά περιβάλλοντα όπως τα ιζήματα θαλάσσιου ύδατος, το στομάχι των μηρυκαστικών ή τα έλη τύρφης. Σε μία μονάδα βιοαερίου, το αποτέλεσμα της διεργασίας της AX είναι το *βιοαέριο* και το *χωνεμένο υπόλειμμα*. Όταν το υπόστρωμα για την AX είναι ένα ομοιογενές μείγμα από δύο ή περισσότερους τύπους πρώτων υλών (π.χ. ζωικές υδαρείς κοπριές και οργανικά απόβλητα από τις βιομηχανίες τροφίμων) τότε έχουμε την λεγόμενη «συγχώνευση» ή «συνδυασμένη χώνευση», η οποία είναι συνήθης σε πολλές από τις εφαρμογές του βιοαερίου σήμερα.

3.1 Υπόστρώματα για την AX

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα ευρύ φάσμα τύπων βιομάζας ως υπόστρωμα (πρώτη ύλη) για την παραγωγή βιοαερίου από την AX (Σχήματα 3.1, 3.2 και 3.3). Οι πιο κοινές κατηγορίες πρώτης ύλης που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή του βιοαερίου στην Ευρώπη είναι οι εξής (βλ. επίσης Πίνακα 3.1):

- Στερεή και υδαρή κοπριά
- Γεωργικά υπολείματα και υποπροϊόντα
- Οργανικά απόβλητα που μπορούν να υποστούν χώνευση από τρόφιμα και αγροτοβιομηχανίες (φυτικής και ζωικής προέλευσης)
- Το οργανικό κλάσμα των αστικών αποβλήτων και των υπολειμμάτων εστίασης (φυτικής και ζωικής προέλευσης)
- Λυματολάσπη
- Ενεργειακές καλλιέργειες (π.χ. αραβόσιτος, μίσχανθος, σόργος, τριφύλλι).

Πίνακας 3.1: Απόβλητα, κατάλληλα για βιολογική επεξεργασία, σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων (ΕΚΑ 2007)

Κωδικός αποβλήτων	Περιγραφή αποβλήτων	
02 00 00 ¹	Απόβλητα από γεωργία, κηπευτική, υδατοκαλλιέργεια, δασοκομία, θήρα και αλιεία, προετοιμασία και επεξεργασία τροφίμων	Απόβλητα από γεωργία, κηπευτική, υδατοκαλλιέργεια, δασοκομία, θήρα και αλιεία
		Απόβλητα από την προπαρασκευή και επεξεργασία κρέατος, ψαριού και άλλων τροφίμων ζωικής προέλευσης
		Απόβλητα από την προπαρασκευή και κατεργασία φρούτων, λαχανικών, δημητριακών, βρωσίμων ελαίων, κακάο, καφέ, τσαγιού και καπνού, παραγωγή κονσερβών, παραγωγή ζύμης και εκχυλισμάτων ζύμης, προπαρασκευή και ζύμωση μελάσσας
		Απόβλητα από τη διεργασία παραγωγής ζάχαρης
		Απόβλητα από τη βιομηχανία γαλακτοκομικών προϊόντων
		Απόβλητα από τη βιομηχανία αρτοποιίας και ζαχαροπλαστικής
		Απόβλητα από την παραγωγή αλκοολούχων και μη αλκοολούχων ποτών (εξαιρουμένων των καφέ, κακάο και τσαγιού)
03 00 00	Απόβλητα από την κατεργασία ξύλου και την παραγωγή ταμπλάδων και επίπλων, καθώς και πολτού, χαρτιού και χαρτονιού	Απόβλητα από την κατεργασία ξύλου και την παραγωγή ταμπλάδων και επίπλων
		Απόβλητα από την παραγωγή και κατεργασία πολτού, χαρτιού και χαρτονιών
04 00 00	Απόβλητα από τις βιομηχανίες δέρματος, γούνας και υφαντουργίας	Απόβλητα από τη βιομηχανία δέρματος και γούνας
		Απόβλητα από τη βιομηχανία υφαντουργίας
15 00 00	Απόβλητα από συσκευασίες – απορροφητικά υλικά, υφάσματα σκουπίσματος, υλικά φίλτρων και προστατευτικός ρουχισμός μη προδιαγραφόμενα αλλιώς	Συσκευασία (περιλαμβανομένων ιδιαιτέρως συλλεγέντων δημοτικών αποβλήτων συσκευασίας)
19 00 00	Απόβλητα από τις μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων, εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων εκτός σημείου παραγωγής και την προετοιμασία ύδατος προοριζόμενου για κατανάλωση από τον άνθρωπο και ύδατος για βιομηχανική χρήση	Απόβλητα από την αναερόβια επεξεργασία αποβλήτων
		Απόβλητα από εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων μη προδιαγραφόμενα αλλιώς
		Απόβλητα από την προπαρασκευή νερού που προορίζεται για κατανάλωση από τον άνθρωπο ή νερού για βιομηχανική χρήση
20 00 00	Δημοτικά απόβλητα (οικιακά απόβλητα και παρόμοια απόβλητα από εμπορικές δραστηριότητες, βιομηχανίες και ιδρύματα), περιλαμβανομένων μερών χωριστά συλλεγέντων	Χωριστά συλλεγόμενα μέρη (εκτός από το σημείο 15 01)
		Απόβλητα κήπων και πάρκων (περιλαμβάνονται απόβλητα νεκροταφείων)
		Άλλα δημοτικά απόβλητα

¹ Ο εξαψήφιος κωδικός αναφέρεται στην αντίστοιχη καταχώρηση στον ευρωπαϊκό κατάλογο αποβλήτων (ΕΚΑ) που υιοθετήθηκε με απόφαση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής.



Σχήμα 3.1: Δημοτικά στερεά απόβλητα τροφοδοτούμενα σε μονάδα βιοαερίου στη Γερμανία (RUTZ 2008)



Σχήμα 3.2: Απόβλητα εστιατορίων (RUTZ 2007)



Σχήμα 3.3: Χορτονομή αραβοσίτου (RUTZ 2007)

Η χρήση της ζωικής στερεής και υδαρούς κοπριάς ως πρώτη ύλη για την ΑΧ έχει μερικά πλεονεκτήματα λόγω των παρακάτω ιδιοτήτων:

- Του φυσικού περιεχομένου τους σε αναερόβια βακτήρια
- Του υψηλού περιεχομένου τους σε νερό (4-8% Ξηρή Ουσία στην υδαρή κοπριά), το οποίο ενεργεί ως διαλύτης για τα άλλα ομο-υποστρώματα και εξασφαλίζει την κατάλληλη ανάμειξη και ροή της βιομάζας
- Της χαμηλής τιμής τους
- Της υψηλής προσβασιμότητας, καθώς συλλέγονται ως υπόλειμμα από την κτηνοτροφία.

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών, σε πολλές χώρες έχει εξεταστεί και εισαχθεί μια άλλη κατηγορία πρώτων υλών ΑΧ, οι γνωστές ως «ειδικού προορισμού» ενεργειακές καλλιέργειες (ΕΠΕΚ), οι οποίες καλλιεργούνται ειδικά για την παραγωγή ενέργειας (αντίστοιχα για την παραγωγή βιοαερίου). Οι ΕΠΕΚ μπορεί να είναι ποώδεις (χλόη, αραβόσιτος, αγριοκράμβη κ.λπ.) αλλά και ξυλώδεις καλλιέργειες (ιτιά, λεύκα, βελανιδιά), αν και οι ξυλώδεις καλλιέργειες χρειάζονται ειδική προ-επεξεργασία για την απολιγνίτωσή τους πριν την ΑΧ.

Επιπλέον, τα υποστρώματα της ΑΧ μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με διάφορα κριτήρια: την προέλευσή τους, το περιεχόμενό τους σε ξηρή ουσία (ΞΟ), την παραγωγή μεθανίου κ.λπ. Ο Πίνακας 3.2 παρέχει μια επισκόπηση των χαρακτηριστικών μερικών από τους τύπους των κατάλληλων για χώνευση πρώτων υλών. Τα υποστρώματα με περιεκτικότητα ΞΟ χαμηλότερη από 20% χρησιμοποιούνται για τη λεγόμενη υγρή χώνευση (υγρή ζύμωση). Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει τις ζωικές στερεές και υδαρείς κοπριές καθώς επίσης και διάφορα υγρά οργανικά απόβλητα από βιομηχανίες τροφίμων. Όταν η περιεκτικότητα σε ΞΟ είναι αρκετά υψηλή (π.χ. 35%), τότε μιλάμε για ξηρή χώνευση (ξηρή ζύμωση), που είναι χαρακτηριστική για τις ενεργειακές καλλιέργειες και τις χορτονομές. Η επιλογή του τύπου και της ποσότητας της πρώτης ύλης για το μείγμα του υποστρώματος της ΑΧ εξαρτάται από την περιεκτικότητα σε ΞΟ καθώς επίσης και από την περιεκτικότητα σε σάκχαρα, λιπίδια και πρωτεΐνες.

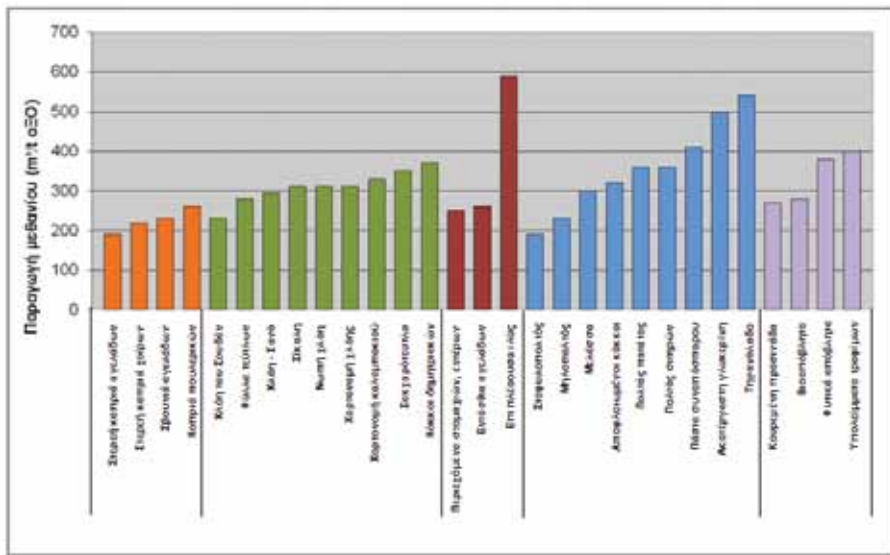
Τα υποστρώματα που περιέχουν υψηλές ποσότητες λιγνίνης, κυτταρίνης και ημικυτταρινών μπορούν επίσης να αφομοιωθούν, αλλά σε αυτήν την περίπτωση συνήθως εφαρμόζεται μια προ-επεξεργασία προκειμένου να ενισχυθεί η ικανότητα χώνευσής τους.

Η πιθανή παραγωγή μεθανίου αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα κριτήρια αξιολόγησης των διαφορετικών υποστρωμάτων της ΑΧ (Σχήμα 3.4). Αξιοσημείωτο είναι ότι, η ζωική στερεή κοπριά έχει μια σχετικά χαμηλή παραγωγή μεθανίου. Γι' αυτό, στην πράξη, η ζωική στερεή κοπριά δεν υφίσταται χώνευση μόνη της, αλλά αναμειγνύεται και με άλλα ομο-υποστρώματα, με υψηλή παραγωγή μεθανίου, προκειμένου να ενισχυθεί η παραγωγή βιοαερίου. Τα πιο κοινά ομο-υποστρώματα που προστίθενται για συγχώνευση μαζί με τη στερεή και υδαρή κοπριά είναι ελαιώδη υπολείμματα από τις βιομηχανίες τροφίμων, αλειάς και τροφών, αλκοολούχα απόβλητα από τις βιομηχανίες ζυθοποιίας και ζάχαρης ή και ΕΠΕΚ.

Πίνακας 3.2: Τα χαρακτηριστικά μερικών τύπων πρώτων υλών κατάλληλων για χώνευση (AL SEADI 2001)

Τύπος πρώτης ύλης	Οργανικό περιεχόμενο	Αναλογία C:N	ΞΟ %	VS % της ΞΟ	Παραγωγή βιοαερίου $m^3 \cdot kg^{-1}$ VS	Ανεπιθύμητες φυσικές ακαθαρσίες	Άλλα ανεπιθύμητα υλικά
Υδαρής κοπριά χοίρων	Υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπίδια	3-10	3-8	70-80	0,25-0,50	Ξέσματα ξύλου, σκληρές τρίχες, νερό, άμμος, σχοινιά, άχυρο	Αντιβιοτικά, απολυμαντικά
Υδαρής κοπριά βοοειδών	Υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπίδια	6-20	5-12	80	0,20-0,30	Σκληρές τρίχες, χώμα, νερό, άχυρα, ξύλα	Αντιβιοτικά, απολυμαντικά, NH_4^+
Υδαρής κοπριά πουλερικών	Υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπίδια	3-10	10-30	80	0,35-0,60	Αμμοχάλικο, άμμος, φτερά	Αντιβιοτικά, απολυμαντικά, NH_4^+
Περιεχόμενα στομαχιών, εντέρων	Υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπίδια	3-5	15	80	0,40-0,68	Ζωικοί ιστοί	Αντιβιοτικά, απολυμαντικά
Τυρόγαλο	75-80% λακτόζη 20-25% πρωτεΐνες	n.a.*	8-12	90	0,35-0,80	Ακαθαρσίες μεταφοράς	
Συμπυκνωμένος ορός γάλακτος	75-80% λακτόζη 20-25% πρωτεΐνες	n.a.*	20-25	90	0,80-0,95	Ακαθαρσίες μεταφοράς	
Ιλύς επίπλευσης	65-70% πρωτεΐνες 30-35% λιπίδια					Ζωικοί ιστοί	Βαριά μέταλλα, απολυμαντικά, οργανικοί ρύποι
Αποπλύματα της ζύμωσης	Υδατάνθρακες	4-10	1-5	80-95	0,35-0,78	Τα μη διασπώμενα υπολείμματα φρούτων	
Άχυρο	Υδατάνθρακες, λιπίδια	80-100	70-90	80-90	0,15-0,35	Άμμος, αμμοχάλικο	
Απόβλητα από κήπους		100-150	60-70	90	0,20-0,50	Χώμα, κυτταρινούχα συστατικά	Φυτοφάρμακα
Χλόη		12-25	20-25	90	0,55	Αμμοχάλικο	Φυτοφάρμακα
Σωρός χλόης		10-25	15-25	90	0,56	Αμμοχάλικο	
Απόβλητα από φρούτα		35	15-20	75	0,25-0,50		
Ιχθυέλαια	30-50% λιπίδια	n.a.*					
Έλαια σόγιας/μαργαρίνη	90% φυτικά έλαια	n.a.*					
Αλκοόλ	40% αλκοόλ	n.a.*					
Υπολείμματα τροφίμων			10	80	0,50-0,60	Κόκαλα, πλαστικό	Απολυμαντικά
Οργανικά οικιακά απόβλητα						Πλαστικό, μέταλλο, πέτρες, ξύλο, γυαλί	Βαρέα μέταλλα, οργανικοί ρύποι
Λυματολόαση							Βαρέα μέταλλα, οργανικοί ρύποι

* μη διαθέσιμη τιμή



Σχήμα 3.4: Σημεία αναφοράς για τις ειδικές παραγωγές μεθανίου (PRABL 2007)

Η πρώτη ύλη για την ΑΧ μπορεί να περιέχει χημικούς, βιολογικούς ή φυσικούς μολυσματικούς παράγοντες. Ο ποιοτικός έλεγχος όλων των τύπων πρώτης ύλης αποτελεί βασική παράμετρο προκειμένου να εξασφαλιστεί η ασφαλής ανακύκλωση του χωνεμένου υπολείμματος ως εδαφοβελτιωτικό. Ο Πίνακας 3.3 παρουσιάζει το πιθανό φορτίο των ακαθαρσιών, τους μολυσματικούς παράγοντες και παθογόνους οργανισμούς για μερικούς κοινούς τύπους πρώτης ύλης ΑΧ. Τα απόβλητα ζωικής προέλευσης απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή εάν παρέχονται ως υπόστρωμα για την αναερόβια χώνευση. Ο Κανονισμός 1774/2002 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου καθόρισε τους κανόνες υγιεινής σχετικά με το χειρισμό και τη χρήση των ζωικών υποπροϊόντων που δεν προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση.

Ο Κανονισμός θέτει τους ελάχιστους κανόνες και τα μέτρα που πρέπει να εφαρμόζονται και καθορίζει επίσης ποιοι τύποι ζωικών υποπροϊόντων μπορούν να υποβληθούν σε επεξεργασία στις μονάδες βιοαερίου. Το πλήρες κείμενο του κανονισμού είναι διαθέσιμο στην διεύθυνση: <http://europa.eu/scadplus/leg/en/lvb/f81001.htm>.

Πίνακας 3.3: Κατηγοριοποίηση μερικών υποστρωμάτων ΑΧ, σχετικά με τον πιθανό φόρτο των προβληματικών υλικών τους, τους μολυσματικούς παράγοντες και παθογόνους οργανισμούς

		Κίνδυνος			
		Ασφαλή	Υγειονομικοί κίνδυνοι	Περιέχει προβληματικά υλικά	Κίνδυνος για μολυσματικούς παράγοντες
Πρώτη ύλη	Υλικό κοινοτικών υπολειμμάτων	Πρασινάδα, υπολείμματα κοπής του γρασιδιού			Βιολογικά απόβλητα, πρασινάδα στην άκρη των δρόμων
	Υλικά βιομηχανικών υπολειμμάτων	Φυτικά απόβλητα, πολτοποίηση, στέμφυλα, κ.λπ.	Ληγμένα τρόφιμα, τρόφιμα με φορές κατά τη μεταφορά		Υπόλειμμα από την παραγωγή φυτικού ελαίου
	Αγροτικά υπολείμματα	Υδαρής κοπριά, στερεή κοπριά Φύλλα τεύτλων, άχυρο			Cu και Zn
	Ανανεώσιμες πρώτες ύλες	Σωρός καλαμποκιού, χορτονομή			
	Απόβλητα σφαγίων		Πεπτικό σύστημα, περιεχόμενα στομαχιών-εντέρων, διαχωρισμένα λίπη, πηγμένο αίμα, κ.λπ.		Διαχωρισμένα λίπη
	Διάφορα		Απόβλητα βιομηχανικών κουζίνας, οικιακά απόβλητα		

3.2 Η βιοχημική διεργασία της ΑΧ

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η ΑΧ είναι η μικροβιολογική διαδικασία αποσύνθεσης της οργανικής ύλης απουσία οξυγόνου. Τα βασικά προϊόντα αυτής της διεργασίας είναι το βιοαέριο και το χωνεμένο υπόλειμμα. Το βιοαέριο είναι ένα αέριο καύσιμο, αποτελούμενο κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα. Το χωνεμένο υπόλειμμα είναι το αποσυντεθειμένο υπόστρωμα, επακόλουθο της παραγωγής του βιοαερίου.

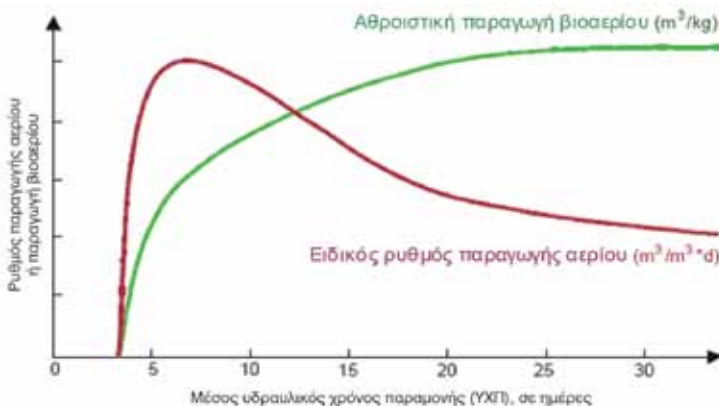
Κατά τη διάρκεια της ΑΧ παράγεται πολύ λίγη θερμότητα σε αντίθεση με την αερόβια αποσύνθεση (παρουσία οξυγόνου), όπως είναι η κομποστοποίηση. Η ενέργεια, που είναι χημικά δεσμευμένη μέσα στο υπόστρωμα, παραμένει κυρίως στο παραγόμενο βιοαέριο με τη μορφή μεθανίου.

Η διεργασία σχηματισμού του βιοαερίου είναι ένα αποτέλεσμα συνδυαστικών σταδίων, στα οποία το αρχικό υλικό συνεχώς διασπάται σε μικρότερα στοιχεία. Ειδικές ομάδες μικροοργανισμών εμπλέκονται σε καθένα από τα μεμονωμένα αυτά στάδια. Αυτοί οι οργανισμοί αποσυνθέτουν διαδοχικά τα προϊόντα των προηγούμενων σταδίων. Ένα απλουστευμένο διάγραμμα της διεργασίας της ΑΧ παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.5, όπου διακρίνονται τα τέσσερα κύρια στάδια της διεργασίας: η υδρόλυση, η οξεογένεση, η οξικογένεση, και η μεθανογένεση.



Σχήμα 3.5: Τα κύρια βήματα της διεργασίας της AX (AL SEADI 2001)

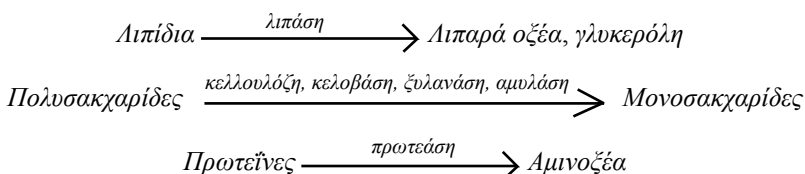
Τα στάδια της διεργασίας που αναφέρονται στο Σχήμα 3.5 λαμβάνουν χώρα παράλληλα στο χώρο και το χρόνο, στη δεξαμενή χώνευσης. Η ταχύτητα της συνολικής διεργασίας αποσύνθεσης καθορίζεται από την πιο αργή αντίδραση της αλυσίδας. Στην περίπτωση των μονάδων βιοαερίου όπου γίνεται επεξεργασία των φυτικών υποστρωμάτων που περιέχουν κυτταρίνη, ημι-κυτταρίνη ή λιγνίνη, η υδρόλυση είναι αυτή που καθορίζει την ταχύτητα της διεργασίας. Κατά την υδρόλυση, παράγονται σχετικά μικρές ποσότητες βιοαερίου. Η παραγωγή βιοαερίου φθάνει στην αιχμή της κατά την μεθανογένεση.



Σχήμα 3.6: Παραγωγή βιοαερίου μετά από την προσθήκη του υποστρώματος (LFU 2007)

3.2.1 Υδρόλυση

Η υδρόλυση είναι θεωρητικά το πρώτο βήμα της AX, κατά τη διάρκεια της οποίας η σύνθετη οργανική ουσία (πολυμερή) αποσυντίθεται σε μικρότερα στοιχεία (μονο- και oligομερή). Τα πολυμερή, όπως οι υδατάνθρακες, τα λιπίδια, τα νουκλεϊκά οξέα και οι πρωτεΐνες, μετατρέπονται σε γλυκόζη, γλυκερίνη, πουρίνες, πυριδίνες, κ.λπ. Τα υδρολυτικά βακτήρια εκκρίνουν υδρολυτικά ένζυμα, μετατρέποντας τα βιοπολυμερή σε απλούστερες και διαλυτές ενώσεις, ως εξής:



Μια μεγάλη ποικιλία μικροοργανισμών εμπλέκονται στην υδρόλυση, η οποία πραγματοποιείται από τα εξωένζυμα, που παράγονται από τους μικροοργανισμούς εκείνους που αποσυνθέτουν το αδιάλυτο μοριακό υλικό. Τα προϊόντα που προκύπτουν από την υδρόλυση αποσυντίθενται περαιτέρω από τους εμπλεκόμενους μικροοργανισμούς και χρησιμοποιούνται για τις δικές τους διεργασίες μεταβολισμού.

3.2.2 Οξεογένεση

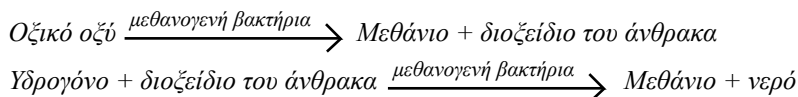
Κατά τη διάρκεια της οξεογένεσης, τα προϊόντα της υδρόλυσης μετατρέπονται από οξεογενή βακτηρίδια σε μεθανογενή υποστρώματα. Τα απλά σάκχαρα, τα αμινοξέα και τα λιπαρά οξέα υποβιβάζονται σε οξικό άλας, διοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο (70%), καθώς επίσης και σε πτητικά λιπαρά οξέα (VFA) και αλκοόλες (30%).

3.2.3 Οξικογένεση

Κατά τη διάρκεια της οξικογένεσης, τα προϊόντα της οξεογένεσης που δεν μπορούν να μετατραπούν άμεσα σε μεθάνιο από τα μεθανογενή βακτηρίδια μετατρέπονται σε μεθανογενή υποστρώματα. Τα πτητικά λιπαρά οξέα και οι αλκοόλες οξειδώνονται σε μεθανογενή υποστρώματα, όπως οξικό οξύ, υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα. Τα πτητικά λιπαρά οξέα με αλυσίδες άνθρακα με περισσότερους από δύο δεσμούς και οι αλκοόλες με αλυσίδες άνθρακα με περισσότερους από ένα δεσμό οξειδώνονται σε οξικό οξύ και υδρογόνο. Η παραγωγή του υδρογόνου αυξάνει την μερική πίεσή του. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως «υπόλειμμα» της οξικογένεσης και εμποδίζει το μεταβολισμό των οξικογενών βακτηρίων. Κατά τη διάρκεια της μεθανογένεσης, το υδρογόνο μετατρέπεται σε μεθάνιο. Η οξικογένεση και η μεθανογένεση συνήθως λαμβάνουν χώρα παράλληλα, ως συμβίωση δύο ομάδων οργανισμών.

3.2.4 Μεθανογένεση

Η παραγωγή του μεθανίου και του διοξειδίου του άνθρακα από ενδιάμεσα προϊόντα πραγματοποιείται από τα μεθανογενή βακτήρια. Το 70% του διαμορφωμένου μεθανίου προέρχεται από οξικό άλας, ενώ το υπόλοιπο 30% παράγεται από τη μετατροπή του υδρογόνου και του CO₂ σύμφωνα με την ακόλουθη αντίδραση:



Η μεθανογένεση είναι ένα κρίσιμο βήμα σε ολόκληρη τη διεργασία της χώνευσης, δεδομένου ότι είναι η πιο αργή βιοχημική αντίδραση της διεργασίας. Η μεθανογένεση επηρεάζεται σοβαρά από τις συνθήκες λειτουργίας. Η σύνθεση της πρώτης ύλης, ο ρυθμός τροφοδοσίας, η θερμοκρασία και το pH είναι παραδείγματα παραγόντων που επηρεάζουν τη μεθανογένεση. Η υπερπλήρωση του χωνευτή, οι αλλαγές θερμοκρασίας ή η μεγάλη είσοδος οξυγόνου οδηγούν συνήθως στον τερματισμό της παραγωγής μεθανίου.

3.3 Παράμετροι της AX

Η αποδοτικότητα της AX εξαρτάται από μερικές κρίσιμες παραμέτρους, οπότε είναι σημαντικό να παρέχονται οι κατάλληλες συνθήκες για τους αναερόβιους μικροοργανισμούς. Η ανάπτυξη και η δραστηριότητά τους επηρεάζεται σημαντικά από την απουσία οξυγόνου, τη θερμοκρασία, την τιμή του pH, τον ανεφοδιασμό με θρεπτικές ουσίες, την ένταση της ανάδευσης, καθώς και από την παρουσία και την ποσότητα ανασταλτικών παραγόντων (π.χ. αμμωνία). Τα βακτήρια μεθανίου είναι δύσκολοι αναερόβιοι οργανισμοί, οπότε πρέπει να αποφεύγεται αυστηρά η παρουσία οξυγόνου στη διεργασία της χώνευσης.

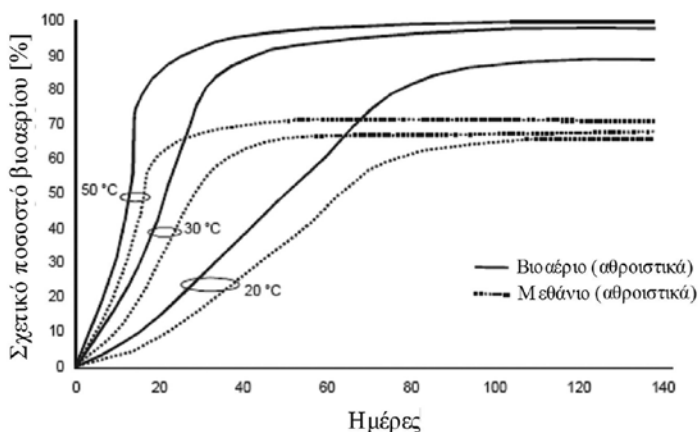
3.3.1 Θερμοκρασία

Η διεργασία της ΑΧ μπορεί να πραγματοποιηθεί σε διαφορετικές θερμοκρασίες, που χωρίζονται σε τρία θερμοκρασιακά εύρη: ψυχρόφιλη (κάτω από 25°C), μεσόφιλη (25 - 45°C), και θερμόφιλη (45-70°C). Υπάρχει μια άμεση συσχέτιση μεταξύ της θερμοκρασίας της διεργασίας και του ΥΧΠ (Πίνακας 3.4).

Πίνακας 3.4: Θερμικά στάδια και χαρακτηριστικοί χρόνοι παραμονής

Θερμικό στάδιο	Θερμοκρασίες διεργασίας	Ελάχιστος χρόνος παραμονής
ψυχρόφιλο	< 20 °C	70 έως 80 ημέρες
μεσόφιλο	30 έως 42 °C	30 έως 40 ημέρες
θερμόφιλο	43 έως 55 °C	15 έως 20 ημέρες

Η σταθερότητα της θερμοκρασίας έχει καθοριστική σημασία για την ΑΧ. Στην πράξη, η θερμοκρασία λειτουργίας επιλέγεται σε συνάρτηση με τη χρησιμοποιούμενη πρώτη ύλη και η θερμοκρασία διεργασίας συνήθως παρέχεται από ενδοδαπέδια ή επιτοιχία συστήματα θέρμανσης, μέσα στον χωνευτή. Το σχήμα 3.7 δείχνει τους σχετικούς ρυθμούς παραγωγής βιοαερίου ανάλογα με τη θερμοκρασία και το χρόνο παραμονής.



Σχήμα 3.7: Σχετικοί ρυθμοί παραγωγής βιοαερίου ανάλογα με τη θερμοκρασία και τον χρόνο παραμονής (LPU 2007)

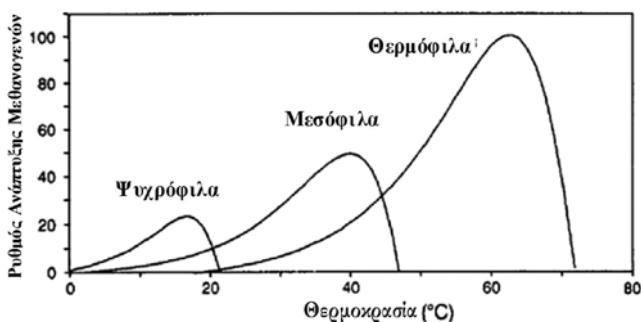
Πολλές σύγχρονες μονάδες βιοαερίου λειτουργούν σε θερμόφιλες θερμοκρασίες διεργασίας, καθώς η θερμόφιλη παρέχει αρκετά πλεονεκτήματα έναντι της μεσόφιλης και ψυχρόφιλης, όπως:

- Αποτελεσματική καταστροφή των παθογόνων οργανισμών
- Υψηλότερο ποσοστό αύξησης μεθανογενών βακτηρίων σε υψηλότερες θερμοκρασίες
- Μειωμένος χρόνος παραμονής, που καθιστά τη διεργασία γρηγορότερη και αποδοτικότερη
- Βελτιωμένη ικανότητα χώνευσης και διαθεσιμότητα των υποστρωμάτων
- Καλύτερη διάσπαση των στερεών υποστρωμάτων και καλύτερη χρήση των υποστρωμάτων
- Καλύτερη δυνατότητα διαχωρισμού των υγρών και στερεών κλασμάτων.

Τα κύρια μειονεκτήματα της θερμόφιλης διεργασίας είναι:

- Ο μεγαλύτερος βαθμός αστάθειας
- Η μεγαλύτερη ζήτηση ενέργειας λόγω της υψηλής θερμοκρασίας
- Ο υψηλότερος κίνδυνος παρεμπόδισης της αμμωνίας.

Η θερμοκρασία λειτουργίας επηρεάζει την τοξικότητα της αμμωνίας. Αυτή αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας και μπορεί να ελαττωθεί με τη μείωση της θερμοκρασίας της διεργασίας. Ωστόσο, κατά τη μείωση της θερμοκρασίας στους 50°C ή και λιγότερο, ο ρυθμός αύξησης των θερμοφίλων μικροοργανισμών μειώνεται δραστικά και μπορεί να εμφανιστεί κίνδυνος έκπλυσης του μικροβιακού πληθυσμού, λόγω ενός ρυθμού αύξησης χαμηλότερου από τον πραγματικό ΥΧΠ (Angelidaki, 2004). Αυτό σημαίνει ότι ένας καλά λειτουργών θερμοφίλος χωνευτής μπορεί να φορτωθεί σε ένα υψηλότερο βαθμό ή να λειτουργήσει σε ένα χαμηλότερο ΥΧΠ απ' ό,τι π.χ. ένας μεσόφιλος, εξαιτίας του ρυθμού αύξησης των θερμοφίλων οργανισμών (Σχήμα 3.8). Η εμπειρία δείχνει ότι σε υψηλή φόρτωση ή χαμηλό ΥΧΠ, ένας χωνευτής που λειτουργεί θερμοφίλα έχει υψηλότερη παραγωγή αερίου και μεγαλύτερο ρυθμό μετατροπής σε σχέση μ' ένα μεσόφιλο χωνευτή.



Σχήμα 3.8: Σχετικός ρυθμός ανάπτυξης των μεθανογενών (ANGELIDAKI 2004)

Η διαλυτότητα των διάφορων συστατικών (NH_3 , H_2 , CH_4 , H_2S , VFA) εξαρτάται επίσης από τη θερμοκρασία (Πίνακας 3.5). Αυτό μπορεί να έχει μεγάλη σημασία για τα υλικά που έχουν ανασταλτική επίδραση στη διεργασία.

Πίνακας 3.5: Σχέση μεταξύ της θερμοκρασίας και της διαλυτότητας μερικών αερίων στο νερό (ANGELIDAKI 2004)

Αέριο	Θερμοκρασία (°C)	Διαλυτότητα mmol/l νερού	Μεταβολή διαλυτότητας 50°C-35°C
H_2	35	0,749	3,3 %
	50	0,725	
CO_2	35	26,6	36 %
	50	19,6	
H_2S	35	82,2	31 %
	50	62,8	
CH_4	35	1,14	19 %
	50	0,962	

Το ιξώδες των χωνευόμενων συστατικών είναι αντιστρόφως ανάλογο της θερμοκρασίας. Το υπόστρωμα είναι περισσότερο ρευστό στις υψηλές θερμοκρασίες και έτσι διευκολύνεται η διάχυση του διαλυμένου υλικού. Η θερμοφίλη θερμοκρασία λειτουργίας οδηγεί σε γρηγορότερους ρυθμούς χημικής αντίδρασης, κατά συνέπεια σε καλύτερη αποδοτικότητα παραγωγής μεθανίου, υψηλότερη διαλυτότητα και χαμηλότερο ιξώδες.

Η υψηλότερη ζήτηση ενέργειας στη θερμοφίλη διεργασία δικαιολογείται λόγω της υψηλότερης παραγωγής βιοαερίου. Είναι σημαντικό να κρατηθεί μια σταθερή θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της διεργασίας της χώνευσης, δεδομένου ότι οι αλλαγές ή οι διακυμάνσεις στη θερμοκρασία έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στην παραγωγή του βιοαερίου. Τα θερμοφίλα βακτήρια είναι πιο ευαίσθητα σε διακυμάνσεις της θερμοκρασίας κατά $\pm 1^\circ\text{C}$ και απαιτούν περισσότερο χρόνο στο να προσαρμοστούν

σε μια νέα θερμοκρασία, προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη παραγωγή μεθανίου. Τα μεσόφιλα βακτήρια είναι λιγότερο ευαίσθητα. Είναι δυνατόν να εμφανιστούν διακυμάνσεις της θερμοκρασίας της τάξης των $\pm 3^{\circ}\text{C}$ χωρίς σημαντικές μειώσεις στην παραγωγή μεθανίου.

3.3.2 Τιμές pH και βέλτιστα διαστήματα

Η τιμή του pH είναι το μέτρο της οξύτητας/αλκαλικότητας του διαλύματος (ανάλογα με το μείγμα του υποστρώματος, στην περίπτωση της AX) και εκφράζεται σε μέρη ανά εκατομμύριο (ppm). Το pH του υποστρώματος της AX επηρεάζει την αύξηση των μεθανογενών μικροοργανισμών και μπορεί να έχει επιπτώσεις στο διαχωρισμό μερικών ενώσεων που έχουν σημασία για τη διεργασία της AX (αμμωνία, σουλφίδιο, οργανικά οξέα). Η εμπειρία δείχνει ότι ο σχηματισμός του μεθανίου πραγματοποιείται μέσα σε ένα σχετικά μικρό εύρος pH, περίπου από 5,5 έως 8,5, με ένα βέλτιστο εύρος από 7 έως 8 για τους περισσότερους μεθανογενείς οργανισμούς. Οι οξικογενείς οργανισμοί έχουν, σε πολλές περιπτώσεις, μια χαμηλότερη τιμή του βέλτιστου pH.

Το βέλτιστο εύρος pH για τη μεσόφιλη χώνευση είναι μεταξύ 6,5 και 8 και η διεργασία παρεμποδίζεται σοβαρά εάν η τιμή του pH μειωθεί κάτω από 6 ή αυξηθεί πάνω από το 8,3. Η διαλυτότητα του διοξειδίου του άνθρακα στο νερό μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Η τιμή του pH στους θερμοφίλους χωνευτές είναι επομένως υψηλότερη απ' ό,τι στους μεσόφιλους, καθώς το διαλελυμένο διοξείδιο του άνθρακα παράγει ανθρακικό οξύ από την αντίδραση του με το νερό. Η τιμή του pH μπορεί να αυξηθεί από την αμμωνία που παράγεται κατά την διάσπαση των πρωτεϊνών, ή από την παρουσία αμμωνίας στο ρεύμα τροφοδοσίας, ενώ η συσσώρευση πτητικών λιπαρών οξέων (VFA) μειώνει την τιμή του pH.

Η τιμή του pH στους αναερόβιους αντιδραστήρες ελέγχεται κυρίως από το σύστημα ανάσχεσης των διττανθρακικών αλάτων. Επομένως, η τιμή του pH των χωνευτών βιοαερίου εξαρτάται από τη μερική πίεση του CO_2 και τη συγκέντρωση αλκαλικών και όξινων συστατικών στην υγρή φάση. Εάν συσσωρεύονται βάσεις ή οξέα, η ικανότητα ανάσχεσης ισοσταθμίζει τις αλλαγές στο pH μέχρι ένα ορισμένο επίπεδο. Όταν ξεπερνείται η ικανότητα ανάσχεσης του συστήματος, εμφανίζονται δραστικές αλλαγές στις τιμές του pH, εμποδίζοντας εξ' ολοκλήρου τη διεργασία. Για το λόγο αυτό δεν μπορεί να προταθεί μια τιμή του pH ως αυτόνομη παράμετρος ελέγχου της διεργασίας.

Η δυνατότητα προσωρινής αποθήκευσης του υποστρώματος της AX μπορεί να ποικίλλει. Η εμπειρία από τη Δανία δείχνει ότι η δυνατότητα της προσωρινής αποθήκευσης της στερεής κοπριάς των βοοειδών ποικίλλει ανάλογα με την εποχή, επηρεαζόμενη ενδεχομένως από τη σύνθεση της τροφής των βοοειδών. Η τιμή του pH της ζωικής στερεής κοπριάς αποτελεί επομένως μια μεταβλητή που είναι δύσκολο να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της αστάθειας της διεργασίας, δεδομένου ότι αλλάζει πολύ λίγο και πολύ αργά. Είναι, εντούτοις, σημαντικό να σημειωθεί ότι η τιμή του pH μπορεί να είναι ένας γρήγορος, σχετικά αξιόπιστος και φθηνός τρόπος καταγραφής της αστάθειας στα συστήματα με μικρές δυνατότητες προσωρινής αποθήκευσης, όπως είναι η AX των διάφορων τύπων υγρών αποβλήτων.

3.3.3 Πτητικά λιπαρά οξέα (VFA)

Η ευστάθεια της διεργασίας της AX επηρεάζεται από τη συγκέντρωση των ενδιάμεσων προϊόντων όπως είναι τα πτητικά λιπαρά οξέα (VFA). Τα VFA είναι ενδιάμεσες ενώσεις (οξικά, προπιονικά, βουτυρικά, γαλακτικά άλατα), που παράγονται κατά τη διάρκεια της οξικογένεσης, με μια αλυσίδα άνθρακα από έξι ή λιγότερα άτομα. Στις περισσότερες περιπτώσεις, αστάθεια στη διεργασία θα οδηγήσει στη συσσώρευση VFA μέσα στο χωνευτή, και αυτό μπορεί να οδηγήσει σε πτώση της τιμής του pH. Η συσσώρευση VFA, εντούτοις, δεν εκφράζεται πάντοτε ως πτώση του pH, λόγω της ικανότητας ανάσχεσης μερικών τύπων βιομάζας. Για παράδειγμα η ζωική στερεή κοπριά έχει ένα πλεόνασμα αλκαλικότητας, το οποίο σημαίνει ότι η συσσώρευση VFA πρέπει να υπερβεί ένα ορισμένο επίπεδο προτού να μπορέσει να ανιχνευθεί λόγω της σημαντικής μείωσης της τιμής του pH. Σε ένα τέτοιο σημείο, η συγκέντρωση οξέων στο χωνευτή θα είναι τόσο υψηλή ώστε η διεργασία της AX θα έχει ήδη εμποδιστεί σημαντικά.

Η εμπειρία δείχνει ότι δύο διαφορετικοί χωνευτές μπορεί να συμπεριφέρονται τελείως διαφορετικά ως προς την ίδια συγκέντρωση VFA, με την έννοια ότι η συγκεκριμένη συγκέντρωση VFA μπορεί να είναι βέλτιστη για μία δεξαμενή χώνευσης, αλλά ανασταλτική για μία άλλη. Μια από τις πιθανές εξηγήσεις είναι το γεγονός ότι η σύνθεση των πληθυσμών μικροοργανισμών ποικίλλει από χωνευτή σε χωνευτή. Για το λόγο αυτό, όπως και στην περίπτωση του pH, η συγκέντρωση των VFA δεν μπορεί να προταθεί ως μια αυτόνομη παράμετρος ελέγχου της διεργασίας.

3.3.4 Αμμωνία

Η αμμωνία (NH_3) είναι μια σημαντική ένωση, με ιδιαίτερη λειτουργία στη διεργασία της AX. Είναι μια σημαντική θρεπτική ουσία που χρησιμεύει ως προδρομικό υλικό των τροφίμων και των λιπασμάτων και κανονικά συναντάται ως αέριο, με τη χαρακτηριστική έντονη οσμή. Οι πρωτεΐνες είναι η κύρια πηγή αμμωνίας στη διεργασία της AX.

Η πολύ υψηλή συγκέντρωση αμμωνίας μέσα στο χωνευτή, ειδικότερα η ελεύθερη αμμωνία (στη μη ιονισμένη μορφή της), είναι υπεύθυνη για την παρεμπόδιση της διεργασίας. Το γεγονός αυτό είναι σύνηθες στην AX της ζωικής στερεής κοπριάς, λόγω της υψηλής συγκέντρωσης αμμωνίας που προέρχεται από την ουρία. Γι' αυτό το λόγο, η συγκέντρωση της αμμωνίας πρέπει να διατηρείται κάτω από 80 mg/l. Τα μεθανογενή βακτήρια είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στην παρεμπόδιση από την αμμωνία. Η συγκέντρωση της ελεύθερης αμμωνίας είναι ευθέως ανάλογη προς τη θερμοκρασία, οπότε υφίσταται αυξημένος κίνδυνος παρεμπόδισης λόγω της αμμωνίας των διεργασιών AX που λαμβάνουν χώρα στις θερμοφίλες θερμοκρασίες, σε σύγκριση με τις μεσόφιλες. Η συγκέντρωση ελεύθερης αμμωνίας υπολογίζεται από τη σχέση:

$$[\text{NH}_3] = \frac{[\text{T-NH}_3]}{\left(1 + \frac{H^+}{K_a}\right)}$$

όπου $[\text{NH}_3]$ και $[\text{T-NH}_3]$ είναι οι συγκεντρώσεις της ελεύθερης και της συνολικής αμμωνίας, αντίστοιχα, και K_a είναι η σταθερά διαχωρισμού, με τιμές που αυξάνονται με τη θερμοκρασία. Αυτό σημαίνει ότι το αυξανόμενο pH και η αυξανόμενη θερμοκρασία θα οδηγήσουν σε αυξανόμενη παρεμπόδιση, δεδομένου ότι οι παράγοντες αυτοί αυξάνουν το ποσοστό της ελεύθερης αμμωνίας. Όταν μια διεργασία παρεμποδίζεται από την αμμωνία, μια αύξηση στη συγκέντρωση των VFA θα οδηγήσει σε μείωση του pH. Αυτό αλληλοαναιρεί εν μέρει την επίδραση της αμμωνίας, λόγω της μείωσης στη συγκέντρωση της ελεύθερης αμμωνίας.

3.3.5 Ιχνοστοιχεία, θρεπτικές ουσίες και τοξικές ενώσεις

Τα ιχνοστοιχεία όπως το σίδηρο, το νικέλιο, το κοβάλτιο, το σελήνιο, το μολυβδαίνιο ή το βολφράμιο είναι εξίσου σημαντικά για την αύξηση και την επιβίωση των μικροοργανισμών της AX (άνθρακας, άζωτο, φώσφορος και θείο). Η βέλτιστη αναλογία των θρεπτικών στοιχείων άνθρακα, αζώτου, φωσφόρου, και θείου (C:N:P:S) είναι 600:15:5:1. Η ανεπαρκής παροχή θρεπτικών ουσιών και ιχνοστοιχείων, καθώς επίσης και η πάρα πολύ υψηλή δυνατότητα χώνευσης του υποστρώματος μπορούν να προκαλέσουν παρεμπόδιση και διαταραχές στη διεργασία της AX.

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει τη δραστηριότητα των αναερόβιων μικροοργανισμών είναι η παρουσία τοξικών ενώσεων. Αυτές μπορούν να μεταφερθούν στο σύστημα AX μαζί με την πρώτη ύλη, αλλά μπορούν επίσης να παραχθούν κατά τη διάρκεια της διεργασίας. Είναι δύσκολη η εφαρμογή κατώτατων οριακών τιμών για τις τοξικές ουσίες, αφενός μεν επειδή αυτές μπορούν συχνά να δεσμευθούν με χημικές διεργασίες και αφετέρου επειδή οι αναερόβιοι μικροοργανισμοί είναι σε θέση να προσαρμοστούν, εντός ορισμένων ορίων, στις περιβαλλοντικές συνθήκες, στην προκειμένη περίπτωση στην παρουσία τοξικών ενώσεων.

3.4 Παράμετροι λειτουργίας

3.4.1 Οργανικό φορτίο

Η κατασκευή των μονάδων βιοαερίου απαιτεί ένα συνδυασμό οικονομικών και τεχνικών εκτιμήσεων. Η μέγιστη παραγωγή βιοαερίου που λαμβάνεται από την πλήρη χώνευση του υποστρώματος θα απαιτούσε ένα μεγάλο υδραυλικό χρόνο παραμονής (YXΠ) και ένα αντίστοιχο μέγεθος χωνευτή. Στην πράξη, η επιλογή του συστήματος (π.χ. το μέγεθος και ο τύπος του χωνευτή) βασίζεται σε έναν συμβιβασμό μεταξύ της μέγιστης παραγωγής βιοαερίου και της οικονομικής βιωσιμότητας της μονάδας. Από αυτή την άποψη, το οργανικό φορτίο είναι μια σημαντική παράμετρος λειτουργίας, η οποία δείχνει πόση οργανική ξηρή ουσία μπορεί να τροφοδοτηθεί στον χωνευτή, ανά m^3 όγκου και μονάδα χρόνου, σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση:

$$B_R = m \cdot c / V_R$$

B_R	οργανικό φορτίο [$\text{kg/d} \cdot \text{m}^3$]
m	μάζα τροφοδοτούμενου υποστρώματος ανά μονάδα χρόνου [kg/d]
c	συγκέντρωση οργανικής ουσίας [%]
V_R	όγκος του χωνευτή [m^3]

3.4.2 Υδραυλικός χρόνος παραμονής (YXΠ)

Μια σημαντική παράμετρος για τη διαστασιολόγηση του χωνευτή είναι ο υδραυλικός χρόνος παραμονής (YXΠ). Ο YXΠ είναι το μέσο χρονικό διάστημα κατά το οποίο διατηρείται το υπόστρωμα μέσα στη δεξαμενή του χωνευτή. Ο YXΠ σχετίζεται με τον όγκο του χωνευτή (V_R), και τον όγκο του υποστρώματος που τροφοδοτείται στη μονάδα του χρόνου, σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

$$\text{YXΠ} = V_R / V$$

YXΠ	υδραυλικός χρόνος παραμονής [ημέρες]
V_R	όγκος του χωνευτή [m^3]
V	όγκος του υποστρώματος που τροφοδοτείται στη μονάδα του χρόνου [m^3/d]

Σύμφωνα με την παραπάνω εξίσωση, όσο αυξάνεται το οργανικό φορτίο θα μειώνεται ο YXΠ. Ο χρόνος παραμονής πρέπει να είναι αρκετά μεγάλος για να εξασφαλιστεί ότι η ποσότητα των βακτηρίων που αφαιρείται με το χωνεμένο υπόλειμμα δεν θα είναι υψηλότερη από την ποσότητα των αναπαραγόμενων βακτηρίων (π.χ. ο ρυθμός διπλασιασμού των αναερόβιων βακτηρίων είναι 10 ημέρες ή περισσότερο). Ένας μικρός YXΠ παρέχει μια καλή παροχή υποστρώματος αλλά χαμηλή παραγωγή αερίου. Είναι επομένως σημαντικό να προσαρμοστεί ο YXΠ στο συγκεκριμένο ρυθμό αποσύνθεσης των χρησιμοποιούμενων υποστρωμάτων. Ξέροντας το επιθυμητό YXΠ, την καθημερινή εισαγωγή πρώτης ύλης και τον ρυθμό αποσύνθεσης του υποστρώματος, είναι δυνατό να υπολογιστεί ο απαραίτητος όγκος του χωνευτή.

3.4.3 Άλλες παράμετροι λειτουργίας

Μία σειρά παραμέτρων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση των μονάδων βιοαερίου (Πίνακας 3.6) και τη σύγκριση μεταξύ των διαφορετικών συστημάτων. Στη βιβλιογραφία μπορούν να βρεθούν δύο κύριες κατηγορίες παραμέτρων:

- Στοιχεία λειτουργίας, τα οποία μπορούν να καθοριστούν από μετρήσεις
- Παράμετροι που μπορούν να υπολογιστούν από καταγραφές.

Προκειμένου να αξιολογηθούν οι ικανότητες απόδοσης μιας μονάδας βιοαερίου πρέπει να γίνει μια πολυκριτηριακή ανάλυση. Οι αξιολογήσεις που βασίζονται σε μια μόνο παράμετρο δεν μπορούν ποτέ να είναι αξιόπιστες. Πρέπει πάντοτε να περιλαμβάνονται οι οικονομικές παράμετροι προκειμένου να καθοριστεί εάν μια μονάδα βιοαερίου μπορεί να παρέχει απόσβεση στην επένδυση σε ένα αποδεκτό χρονικό ορίζοντα.

Πίνακας 3.6: Παράμετροι λειτουργίας των μονάδων βιοαερίου

Παράμετρος	Σύμβολο	Μονάδα	Τρόπος καθορισμού
Θερμοκρασία	T	°C	Μέτρηση κατά τη λειτουργία
Πίεση λειτουργίας	P	mbar	Μέτρηση κατά τη λειτουργία
Ικανότητα, ρυθμοαπόδοση	V	m ³ /d, t/d	Μέτρηση
Όγκος αντιδραστήρα	V _R	m ³	Καθορισμένος από την κατασκευή
Ποσότητα αερίου	V ανά ημέρα, V ανά έτος	m ³ /d, m ³ /a	Μέτρηση κατά τη λειτουργία και μετατροπή σε Nm ³
Χρόνος παραμονής (υδραυλικός, ελάχιστος εγγυημένος)	ΥΧΠ, ΕΕΧΠ	d	Υπολογισμός από τα στοιχεία λειτουργίας
Οργανικό φορτίο		kg οTS / (m ³ * d)	Υπολογισμός από τα στοιχεία λειτουργίας
Συγκέντρωση μεθανίου στο βιοαέριο	CH ₄	%	Μέτρηση κατά τη λειτουργία
Ειδική παραγωγή βιοαερίου		%	Υπολογισμός από τα στοιχεία λειτουργίας
Ειδική παραγωγή βιοαερίου		m ³ / m ³	Υπολογισμός από τα στοιχεία λειτουργίας
Ακαθάριστη ενέργεια		kWh	Προσδιορισμός από τη ποσότητα του βιοαερίου και την συγκέντρωση μεθανίου
Παραγωγή ηλεκτρισμού		kWh	Μέτρηση στη γεννήτρια ΒΤΤΡ
Τροφοδοσία στο δίκτυο		kWh	Μέτρηση μετά από τη γεννήτρια ΒΤΤΡ
Αποδοτικότητα του ΒΤΤΡ	η	%	Υπολογισμός από τα στοιχεία λειτουργίας
Τροφοδοσία σταθμού θερμική/ηλεκτρικός		kWh	Βάσει σχεδιασμού, κατόπιν μέτρησης κατά τη λειτουργία
Ειδική τροφοδοσία σταθμού θερμική/ηλεκτρική		kWh/m ³ Εισόδου kWh/GV*	Υπολογισμός από τα στοιχεία λειτουργίας
Παραγωγή ενέργειας		kWh	Άθροισμα της ενέργειας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Υπολογισμός από τα στοιχεία λειτουργίας
Αποδοτικότητα μονάδας	η	%	Η καθαρή ενέργεια που προέρχεται από την ακαθάριστη ενέργεια
Διαθεσιμότητα		%	Ποσοστό των ωρών σε ένα έτος κατά τις οποίες λειτουργεί πλήρως η μονάδα
Χρήση		%	Αναλογία της πραγματικής ποσότητας εισόδου προς την προβλεπόμενη δυναμικότητα
Συνολική επένδυση		€	Όλες οι δαπάνες της μονάδας βιοαερίου
Επιχορηγήσεις		€	Προκαθορισμένες
Ποσοστό επιχορήγησης		%	Ποσοστό όλων των επιχορηγήσεων ως προς το συνολικό ύψος της επένδυσης
Ειδικές επενδύσεις		€/m ³ χωνευτή €/GV*	Έχει έννοια μόνο όταν χρησιμοποιείται πρώτιστα ως στερεή κοπριά από την κτηνοτροφική παραγωγή
Ειδικές δαπάνες επεξεργασίας		€/m ³ εισόδου €/GV*	Υπολογισμός

*GV: ακαθάριστος όγκος

4 Κύριες εφαρμογές του βιοαερίου

Η παραγωγή βιοαερίου από την ΑΧ χρησιμοποιείται ευρέως στις σύγχρονες κοινωνίες για την επεξεργασία της στερεής και υδαρούς κοπριάς των εκτρεφόμενων ζώων. Σκοπός είναι να παραχθεί ανανεώσιμη ενέργεια και να βελτιωθούν οι ιδιότητες λίπανσης της κοπριάς. Στις χώρες με μεγάλη αγροτική παραγωγή, οι συνεχώς αυστηρότεροι κανονισμοί σχετικά με την αποθήκευση και ανακύκλωση του λιπάσματος και των φυτικών υπολειμμάτων, αύξησαν το ενδιαφέρον για την ΑΧ. Επιπλέον, οι πρόσφατες εξελίξεις στην Ευρώπη, την Αμερική και άλλα μέρη στον κόσμο έχουν επίσης καταδείξει ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον μεταξύ των γεωργών για τις ενεργειακές καλλιέργειες, με στόχο να χρησιμοποιηθούν ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαερίου. Η ΑΧ αποτελεί επίσης την κύρια τεχνολογία για τη σταθεροποίηση της πρωτεύουσας και δευτερεύουσας λυματολάσπης, για την επεξεργασία των βιομηχανικών υγρών αποβλήτων από τις βιομηχανίες επεξεργασίας τροφίμων και ζύμωσης, καθώς επίσης και για την κατεργασία του οργανικού κλάσματος των αστικών στερεών αποβλήτων. Μια ειδική εφαρμογή είναι η ανάκτηση του βιοαερίου από τις χωματερές.

4.1 Αγροτικές μονάδες βιοαερίου

Οι αγροτικές μονάδες βιοαερίου επεξεργάζονται τα υποστρώματα πρώτης ύλης που κυρίως προέρχονται από την αγροτική παραγωγή. Τα συνηθέστερα είδη πρώτης ύλης για αυτές τις εγκαταστάσεις είναι η ζωική στερεή και η υδαρής κοπριά, τα υπολείμματα και τα υποπροϊόντα από τη συγκομιδή λαχανικών και άλλων αγροτικών προϊόντων και οι ενεργειακές καλλιέργειες. Η στερεή και η υδαρής κοπριά από βοοειδή και χοίρους είναι η κύρια πρώτη ύλη των περισσότερων αγροτικών μονάδων βιοαερίου αν και ο αριθμός των εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη τις ενεργειακές καλλιέργειες αυξάνεται τα τελευταία χρόνια.

Οι ακατέργαστες ζωικές στερεές και υδαρείς κοπριές συνήθως χρησιμοποιούνται ως οργανικά λιπάσματα, αλλά η ΑΧ βελτιώνει τις ιδιότητες λίπανσής τους καθώς:

- Οι στερεές και υδαρείς κοπριές από διαφορετικά ζώα (π.χ. βοοειδή, χοίροι, πουλερικά) αναμειγνύονται στον ίδιο χωνευτή, παρέχοντας έτσι ένα περισσότερο ισορροπημένο περιεχόμενο σε θρεπτικές ουσίες
- Η ΑΧ διαλύει τα σύνθετα οργανικά υλικά (συμπεριλαμβανομένου του οργανικού αζώτου) και αυξάνει την ποσότητα των διαθέσιμων θρεπτικών ουσιών
- Η συγχώνευση της στερεής κοπριάς με άλλα υποστρώματα (π.χ. απόβλητα σφαγείων, υπολείμματα από λίπη και έλαια, οικιακά απόβλητα, φυτικά υπολείμματα, κ.λπ.) προσθέτει σημαντικές ποσότητες θρεπτικών ουσιών στο μείγμα της πρώτης ύλης.

Ο σχεδιασμός και η τεχνολογία των μονάδων βιοαερίου διαφέρουν από χώρα σε χώρα, ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες και τα εθνικά πλαίσια (νομοθεσία και πολιτικές σε θέματα ενέργειας), την ενεργειακή διαθεσιμότητα και προσιτότητα. Σύμφωνα με το σχετικό τους μέγεθος, τη λειτουργία και θέση τους, υπάρχουν τρεις κύριες κατηγορίες αγροτικών εγκαταστάσεων ΑΧ:

- Οι μονάδες βιοαερίου οικογενειακής κλίμακας (μικρής κλίμακας)
- Οι μονάδες βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος (μεσαίας έως μεγάλης κλίμακας)
- Οι κεντρικές μονάδες βιοαερίου / κοινή συγχώνευση (μεσαίας έως μεγάλης κλίμακας).

4.1.1 Μονάδες βιοαερίου οικογενειακής κλίμακας

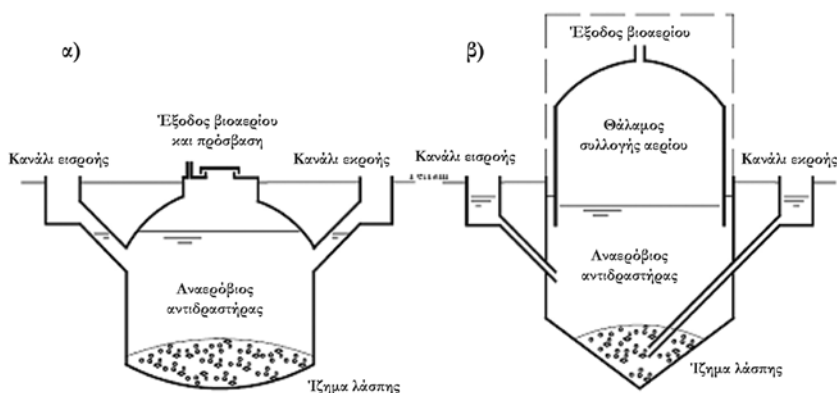
Σε χώρες όπως το Νεπάλ, η Κίνα ή η Ινδία λειτουργούν εκατομμύρια μονάδες βιοαερίου οικογενειακής κλίμακας, οι οποίες χρησιμοποιούν πολύ απλές τεχνολογίες. Η πρώτη ύλη της ΑΧ που χρησιμοποιείται σε αυτές τις μονάδες βιοαερίου προέρχεται από τα νοικοκυριά και/ή τη μικρή αγροτική τους δραστηριότητα και το παραγόμενο βιοαέριο χρησιμοποιείται για το μαγείρεμα και το φωτισμό.

Οι χωνευτές είναι απλοί, φθηνοί, γεροί, εύκολοι στη λειτουργία και τη συντήρησή τους, και μπορούν να κατασκευαστούν με διαθέσιμα επί τόπου υλικά. Συνήθως, δεν υπάρχουν όργανα ελέγχου και καμία διεργασία θέρμανσης (ψυχρόφιλη ή μεσόφιλη λειτουργία), καθώς πολλοί από αυτούς λειτουργούν σε θερμότερα κλίματα και έχουν μεγάλους χρόνους ΥΧΠ. Διακρίνονται οι εξής τύποι:

α) Ο Κινέζικος τύπος (Σχήμα 4.1α) είναι ένας υπόγειος αντιδραστήρας τυπικού όγκου 6 έως 8 m³. Τροφοδοτείται με οικιακά λύματα, ζωική στερεή κοπριά και οργανικά οικιακά απόβλητα. Ο αντιδραστήρας λειτουργεί κατά έναν ημι-συνεχή τρόπο, όπου προστίθεται νέο υπόστρωμα μία φορά την ημέρα και αντίστοιχα αφαιρείται μία ανάλογη ποσότητα μεταγγισμένου αναμειγμένου υγρού μια φορά την ημέρα. Ο αντιδραστήρας δεν αναδεύεται, οπότε η ιζηματογένεση των αιωρούμενων στερεών πρέπει να αφαιρείται 2-3 φορές το χρόνο. Με την ευκαιρία αυτή, αφαιρείται ένα μεγάλο μέρος του υποστρώματος και αφήνεται ως μπόλιασμα ένα μικρό μέρος (περίπου το ένα πέμπτο της περιεκτικότητας του αντιδραστήρα).

β) Ο Ινδικός τύπος (Σχήμα 4.1β) είναι παρόμοιος με τον κινέζικο τύπο, δεδομένου ότι είναι ένας απλός υπόγειος αντιδραστήρας για τα οικιακά απόβλητα και τα απόβλητα μικρών καλλιέργειών. Η διαφορά είναι ότι τα λύματα συλλέγονται στο κατώτατο σημείο του αντιδραστήρα και ένας θάλαμος (καμπάνα) συλλογής αερίου λειτουργεί ως δεξαμενή του βιοαερίου.

γ) Μια άλλη μικρής κλίμακας μονάδα βιοαερίου είναι ο τύπος μετατόπισης, ο οποίος αποτελείται από έναν οριζόντιο κυλινδρικό αντιδραστήρα. Το υπόστρωμα τροφοδοτείται από τη μία πλευρά και το χωνεμένο υπόλειμμα συλλέγεται στην αντίθετη πλευρά. Το υπόστρωμα κινείται σε συνεχή ροή μέσω του αντιδραστήρα, και ένα μέρος του κατά την έξοδο ανακυκλοφορεί για να αραιώσει τη νέα εισαγωγή και να παράσχει το αναγκαίο μπόλιασμα.



Σχήμα 4.1: Αρχές λειτουργίας των αγροτικών τύπων αντιδραστήρων βιοαερίου:
α) Κινέζικος τύπος, β) Ινδικός τύπος (ANGELIDAKI 2004)

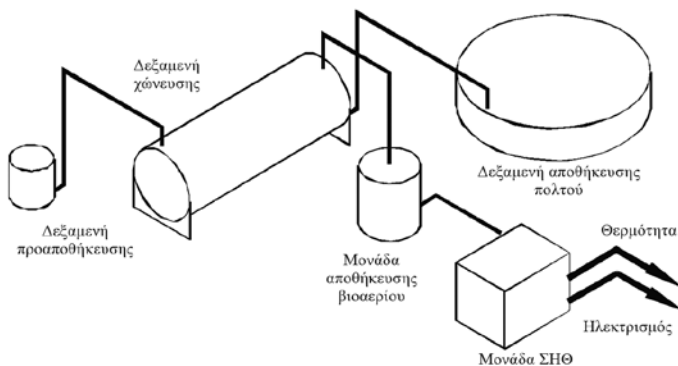
4.1.2 Μονάδες βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος

Μια μονάδα βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος εξυπηρετεί ένα μόνο αγρόκτημα, χωνεύοντας την πρώτη ύλη που παράγεται σε αυτή. Επίσης σε πολλές εγκαταστάσεις γίνεται συγχώνευση μικρών ποσοτήτων υποστρωμάτων πλούσιων σε μεθάνιο (π.χ. ελαιούχα απόβλητα της επεξεργασίας ψαριών και υπολείμματα φυτικού ελαίου), με στόχο την αύξηση της παραγωγής βιοαερίου. Είναι επίσης δυνατό μία μονάδα βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος να λαμβάνει και να επεξεργάζεται ζωικές υδαρείς κοπριές από ένα ή περισσότερα γειτονικά αγροκτήματα (π.χ. μέσω σωληνώσεων, που συνδέουν τα αγροκτήματα αυτά με την αντίστοιχη μονάδα ΑΧ).

Υπάρχουν πολλοί τύποι και βασικοί σχεδιασμοί μονάδων βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος σε όλο τον κόσμο. Στην Ευρώπη, χώρες όπως η Γερμανία, η Αυστρία και η Δανία είναι πρωτοπόρες στην παραγωγή βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος. Το ενδιαφέρον των ευρωπαίων γεωργών για τις εφαρμογές της ΑΧ αυξάνεται τα τελευταία χρόνια, όχι μόνο επειδή η αγροτική παραγωγή βιοαερίου μετατρέπει τα απόβλητα σε πολύτιμους φυσικούς πόρους και παράγει υψηλής ποιότητας εδαφοβελτιωτικό, αλλά και επειδή δημιουργεί νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες για τους εμπλεκόμενους αγρότες και τους δίνει μία νέα διέξοδο, ως προμηθευτές ανανεώσιμης ενέργειας.

Οι μονάδες βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος έχουν διάφορα μεγέθη, σχεδιασμούς και τεχνολογίες. Μερικές είναι πολύ μικρές και τεχνολογικά απλές, ενώ άλλες είναι πολύ μεγάλες και σύνθετες, παρόμοιες με τις κεντρικές εγκαταστάσεις συγχώνευσης (βλ. Κεφάλαιο 4.1.3). Ωστόσο, όλες έχουν μια κοινή αρχή σχεδίασης: η στερεή κοπριά συλλέγεται σε μια δεξαμενή προ-αποθήκευσης (κοντά στον χωνευτή) και αντλείται στο χωνευτή, ο οποίος είναι μια αεροστεγής δεξαμενή, κατασκευασμένη από χάλυβα ή σκυρόδεμα, μονωμένη ώστε να διατηρεί μια σταθερή θερμοκρασία διεργασίας. Οι χωνευτές μπορεί να είναι οριζόντιοι (Σχήματα 4.2 και 4.3) ή κατακόρυφοι, συνήθως με συστήματα ανάδευσης, που βοηθούν στη μείξη και την ομογενοποίηση του υποστρώματος και συντελούν στην ελαχιστοποίηση των κινδύνων σχηματισμού επιπλεόντων στρωμάτων και ιζηματογένεσης. Ο μέσος ΥΧΠ είναι συνήθως μεταξύ 20 και 40 ημέρες, ανάλογα με τον τύπο του υποστρώματος και τη θερμοκρασία χώνευσης.

Το χωνεμένο υπόλειμμα χρησιμοποιείται ως εδαφοβελτιωτικό στο αγρόκτημα και το πλεόνασμα μπορεί να πωληθεί σε άλλα αγροκτήματα της περιοχής. Το παραγόμενο βιοαέριο χρησιμοποιείται σε μια μηχανή αερίου, για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας. Περίπου το 10 με 30% της παραχθείσας θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιείται για τη λειτουργία της μονάδας του βιοαερίου και για τις οικιακές ανάγκες του αγρότη, ενώ το πλεόνασμα πωλείται στις επιχειρήσεις ηλεκτρισμού και, αντίστοιχα, στους γειτονικούς καταναλωτές θερμότητας.



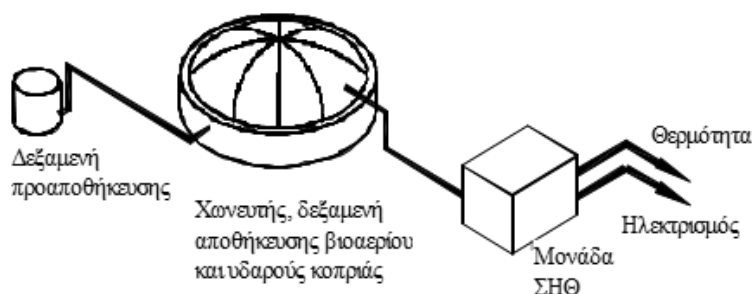
Σχήμα 4.2: Σχηματική απεικόνιση μιας μονάδας βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος με οριζόντιο χωνευτή από χάλυβα (HJORT-GREGERSEN 1998)

Εκτός από το χωνευτή που είναι εξοπλισμένος με σύστημα ανάδευσης, η μονάδα μπορεί να περιλαμβάνει δεξαμενή προ-αποθήκευσης για τη νωπή βιομάζα, δεξαμενή αποθήκευσης για τη χωνεμένη βιομάζα και για το βιοαέριο, καθώς και μια μονάδα ΣΗΘ.



Σχήμα 4.3: Οριζόντιος χωνευτής, κατασκευασμένος στην Δανία (Nordisk Folkecenter 2001)

Ο χωνευτής μπορεί επίσης να είναι κατακόρυφος, με ή χωρίς κωνική βάση (Σχήματα 4.4 και 4.5), γνωστός και ως «δύο σε μία» δεξαμενή αποθήκευσης υδαρούς κοπριάς και χώνευσης, όπου ο χωνευτής κατασκευάζεται εντός της δεξαμενής αποθήκευσης του χωνεμένου υπολείμματος. Οι δύο δεξαμενές καλύπτονται με μια αεροστεγή μεμβράνη, η οποία διογκώνεται από το παραγόμενο αέριο, και υφίστανται ανάδευση από μια ηλεκτρική έλικα. Επιπλέον, μπορεί να υπάρχει μια δεξαμενή προ-αποθήκευσης για το συνυπόστρωμα και μια μονάδα ΣΗΘ.



Σχήμα 4.4: Σχηματική αναπαράσταση των «δύο σε μία» εγκαταστάσεων κλίμακας αγροκτήματος, με κάλυψη μαλακής μεμβράνης (HJORT-GREGERSEN 1998)



Σχήμα 4.5: Μονάδα βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος στη Δανία, για συγχώνευση υδαρών κοπριών και ενεργειακών καλλιεργειών (GROENGAS A/S)



Σχήμα 4.6: Κατακόρυφος χωνευτής στη Γερμανία, που επεξεργάζεται στερεές κοπριές από χοίρους, πουλερικά και χορτονομές (KRIEG & FISHER 2008)

Μια πρόσφατη εξέλιξη των μονάδων βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος είναι ο σχεδιασμός τους με βάση τις ενεργειακές καλλιέργειες. Το πλεονέκτημά τους είναι ότι το ενεργειακό περιεχόμενο των ενεργειακών καλλιεργειών είναι πολύ υψηλότερο απ' ό,τι αυτό των περισσότερων οργανικών αποβλήτων. Ωστόσο, περιορισμοί και ανησυχίες προκύπτουν όσον αφορά στα κόστη λειτουργίας, καθώς και στη χρήση και τη διαθεσιμότητα του εδάφους.



Σχήμα 4.7: Κατακόρυφη μονάδα βιοαερίου στη Γερμανία που κατασκευάστηκε το 2005 για τη χώνευση ενεργειακών καλλιεργειών (KRIEG & FISHER 2008)

4.1.3 Κεντρικές (κοινές) εγκαταστάσεις συγχώνευσης

Η κεντρική συγχώνευση είναι μια έννοια που βασίζεται στη χώνευση ζωικής στερεής και υδαρούς κοπριάς που συλλέγεται από διάφορα αγροκτήματα, σε μια μονάδα βιοαερίου, η οποία είναι εγκατεστημένη κεντρικά στην περιοχή συλλογής της κοπριάς. Η κεντρική θέση των μονάδων βιοαερίου στοχεύει στο να μειώσει τις δαπάνες, τον χρόνο και το εργατικό δυναμικό για τη μεταφορά της κοπριάς από και προς την μονάδα βιοαερίου. Η στερεή κοπριά υφίσταται συγχώνευση με ποικίλους άλλους τύπους κατάλληλης πρώτης ύλης (π.χ. τα χωνευόμενα αγροτικά υπολείμματα, απόβλητα από τις βιομηχανίες τροφίμων και ιχθύων, οργανικά απόβλητα διαχωριζόμενα στην πηγή, λυματολάσπη, κ.λπ.). Οι κεντρικές εγκαταστάσεις συγχώνευσης (ονομάζονται επίσης και «κοινές» εγκαταστάσεις συγχώνευσης) αναπτύσσονται και εφαρμόζονται ευρέως στη Δανία (Σχήμα 4.8), αλλά και σε άλλες περιοχές του κόσμου με εντατική κτηνοτροφία.

Στερεές και υδαρείς κοπριές συλλέγονται από τις δεξαμενές προ-αποθήκευσης ή από τα κανάλια υδαρούς κοπριάς του αγροκτήματος και μεταφέρονται με ειδικά βυτιοφόρα στη μονάδα του βιοαερίου, σύμφωνα με ένα προσυμφωνημένο χρονοδιάγραμμα. Εκεί, αναμειγνύονται με άλλα ομο-υποστρώματα, ομογενοποιούνται και αντλούνται στη δεξαμενή του χωνευτή. Η μονάδα του βιοαερίου είναι υπεύθυνη για τη συλλογή και μεταφορά της νωπής στερεής κοπριάς από τους αγρότες στη μονάδα βιοαερίου και του χωνεμένου υπολείμματος από τη μονάδα στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης των αγροτών (αυτές ενίοτε είναι κοινές για πολλούς αγρότες), οι οποίες βρίσκονται κοντά στα αγροκτήματα όπου το χωνεμένο υπόλειμμα εφαρμόζεται ως εδαφοβελτιωτικό.

Η διεργασία της χώνευσης πραγματοποιείται σε μεσόφιλες ή θερμόφιλες θερμοκρασίες και ο ΥΧΠ είναι 12-25 ημέρες. Σύμφωνα με την ευρωπαϊκή νομοθεσία, πριν από την χώνευση λαμβάνει χώρα μία ελεγχόμενη διεργασία υγιεινής του υποστρώματος, προκειμένου να επιτευχθεί αποτελεσματική μείωση των παθογόνων και των ζιζανίων και να εξασφαλισθεί η ασφαλής ανακύκλωση του χωνεμένου υπολείμματος.

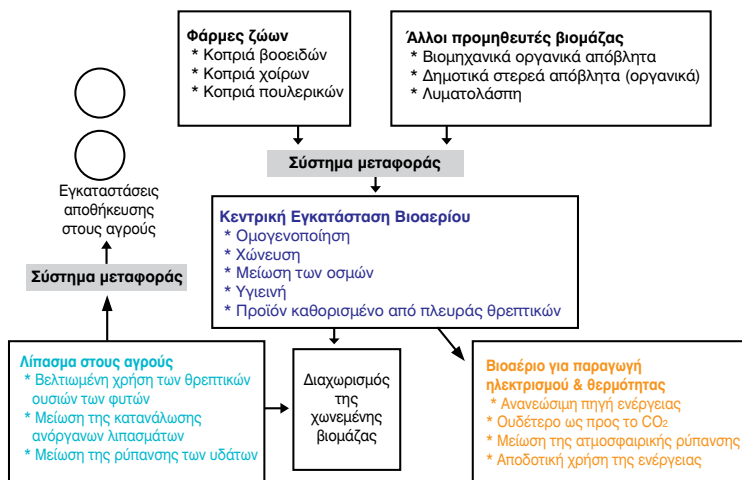


Σχήμα 4.8: Μονάδα συγχώνευσης στη Δανία (LEMVIG BIOGAS)

Το σύστημα τροφοδοσίας είναι συνεχές και το μείγμα βιομάζας αντλείται μέσα και έξω από τους χωνευτές σε ίσες ποσότητες μέσω αλληλουχιών ακριβείας των αντλιών. Το χωνεμένο υπόλειμμα, όπως αντλείται από τον χωνευτή, μεταφέρεται με σωληνώσεις στις δεξαμενές αποθήκευσης. Σε πολλές περιπτώσεις, οι μονάδες αυτού του είδους καλύπτονται με μια αεροστεγή μεμβράνη, όπου πραγματοποιείται η συλλογή της συμπληρωματικής παραγωγής βιοαερίου (μέχρι 15% του συνόλου) σε χαμηλότερη θερμοκρασία. Πριν από την έξοδο του από τη μονάδα βιοαερίου, το παραγόμενο χωνεμένο υπόλειμμα αναλύεται και καθορίζονται τα θρεπτικά συστατικά του (ΞΟ, VS, N, P, K, pH). Οι αγρότες παραλαμβάνουν μόνο εκείνη την ποσότητα του χωνεμένου υπολείμματος που από τη νομοθεσία επιτρέπεται να διασκορπιστεί στους αγρούς. Η περίσσεια πωλείται ως εδαφοβελτιωτικό στους καλλιεργητές της περιοχής. Σε κάθε περίπτωση, το χωνεμένο υπόλειμμα ενσωματώνεται στο σχέδιο λίπανσης κάθε αγροκτήματος, αντικαθιστώντας τα ανόργανα εδαφοβελτιωτικά. Με τον τρόπο αυτό, η παραγωγή βιοαερίου είναι μέρος του κλειστού κύκλου ανακύκλωσης των θρεπτικών ουσιών από τις κοπριές και τα οργανικά απόβλητα (Σχήμα 4.9). Όλο και περισσότερες μονάδες βιοαερίου εξοπλίζονται επίσης με μονάδες διαχωρισμού του χωνεμένου υπολείμματος σε υγρά και στερεά τμήματα.



Σχήμα 4.9: Απεικόνιση του κλειστού κύκλου AX σε κεντρικές μονάδες (AL SEADI 2001)



Σχήμα 4.10: Τα κύρια τμήματα μιας κεντρικής μονάδας συγχώνευσης

Με αυτό τον τρόπο, η κεντρική συγχώνευση αντιπροσωπεύει ένα ολοκληρωμένο σύστημα παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας, επεξεργασίας οργανικών αποβλήτων και ανακύκλωσης θρεπτικών ουσιών. Η εμπειρία δείχνει ότι το σύστημα (Σχήμα 4.10) μπορεί να δημιουργήσει αγροτικά, περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη για τους αγρότες και την κοινωνία, όπως:

- Παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας
- Φθινή και περιβαλλοντικά ασφαλή ανακύκλωση της στερεής κοπριάς και των οργανικών αποβλήτων
- Μείωση της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου
- Βελτιωμένη κτηνιατρική ασφάλεια μέσω της υγιεινής του χωνεμένου υπολείμματος
- Βελτιωμένη αποδοτικότητα λίπανσης
- Μειωμένη όχληση από οσμές και μύγες
- Οικονομικά οφέλη για τους αγρότες.

Οι περισσότερες κεντρικές εγκαταστάσεις συγχώνευσης μπορούν να οργανωθούν ως συνεταιριστικές επιχειρήσεις, με τους αγρότες να παραδίδουν τη στερεή κοπριά (πρώτη ύλη) στις εγκαταστάσεις ως μέτοχοι και ιδιοκτήτες. Συνήθως, αυτές οι επιχειρήσεις έχουν ένα διοικητικό συμβούλιο, αρμόδιο για τη διαχείριση της μονάδας και την απασχόληση του απαραίτητου προσωπικού, καθώς και για όλες τις οικονομικές και δεσμευτικές ως προς τους νόμους συμφωνίες σχετικά με την κατασκευή της μονάδας, του εφοδιασμού με πρώτη ύλη, τη διανομή και πώληση του χωνεμένου υπολείμματος, την πώληση του βιοαερίου ή/και της ενέργειας, και την αναγκαία χρηματοδότηση. Στη Δανία, έχει αποδειχθεί ότι η συνεταιριστική επιχείρηση είναι μια οικονομικά εφικτή και λειτουργική οργανωτική δομή, αλλά είναι συχνοί και άλλοι τύποι επιχειρήσεων όπως οι Εταιρείες Περιορισμένης Ευθύνης (ΕΠΕ) ή οι δημοτικές επιχειρήσεις.

4.2 Εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

Η ΑΧ χρησιμοποιείται ευρέως για την επεξεργασία της πρωτεύουσας και δευτερεύουσας λάσπης που προκύπτει από την αερόβια επεξεργασία των οικιακών λυμάτων. Το σύστημα εφαρμόζεται σε πολλές χώρες, σε συνδυασμό με προηγμένα συστήματα επεξεργασίας οικιακών υγρών αποβλήτων, όπου η διεργασία της ΑΧ χρησιμοποιείται για να σταθεροποιήσει και να μειώσει την τελική ποσότητα της λύου. Οι περισσότερες τεχνικές εταιρείες που παρέχουν σχήματα επεξεργασίας των λυμάτων έχουν επίσης την ικανότητα να παρέχουν και συστήματα ΑΧ. Στις ευρωπαϊκές χώρες, ένα ποσοστό μεταξύ του 30 και 70% της λυματολάσπης υφίσταται επεξεργασία μέσω της ΑΧ, ανάλογα με το εθνικό νομοθετικό πλαίσιο και τις εκάστοτε προτεραιότητες.

Το υπόλειμμα χρησιμοποιείται ως εδαφοβελτιωτικό σε γεωργικά εδάφη ή για παραγωγή ενέργειας μέσω αποτέφρωσης. Σε μερικές χώρες διατίθεται επίσης στις χωματερές. Η πρακτική αυτή θεωρείται ότι έχει αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον λόγω των διαρροών των θρεπτικών ουσιών στα υπόγεια ύδατα και των εκπομπών στην ατμόσφαιρα, κατά συνέπεια απαγορεύεται στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες.



Σχήμα 4.11: Εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ) στην Ψυτάλλεια, Ελλάδα (ΕΥΔΑΠ Α.Ε.)

4.3 Εγκαταστάσεις επεξεργασίας δημοτικών στερεών αποβλήτων (ΔΣΑ)

Σε πολλές χώρες, τα δημοτικά (αστικά) στερεά απόβλητα συλλέγονται ανάμεικτα και αποτεφρώνονται άμεσα σε μεγάλες εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής ή καταλήγουν σε χώρους ταφής απορριμμάτων. Αυτή η πρακτική είναι στην ουσία σπατάλη ενέργειας και θρεπτικών ουσιών, καθώς το οργανικό μέρος των αποβλήτων μπορεί να διαχωριστεί στην πηγή και να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη ΑΧ. Ακόμη και τα αταξινόμητα (συλλεγόμενα χύδην) απόβλητα μπορούν να υποβληθούν σε περαιτέρω επεξεργασία και να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιοαερίου.

Τα τελευταία χρόνια, εμφανίζουν ολοένα και μεγαλύτερο ενδιαφέρον τόσο η διαλογή στην πηγή όσο και η ανακύκλωση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχουν σήμερα διαθέσιμα διαχωρισμένα μέρη των ΔΣΑ για πιο προηγμένη επεξεργασία ανακύκλωσης πριν από τη διάθεσή τους. Η προέλευση των οργανικών αποβλήτων είναι σημαντική στον καθορισμό της πιο κατάλληλης μεθόδου επεξεργασίας. Τα απόβλητα από τις κουζίνες είναι γενικά πάρα πολύ υγρά και ελλειμματικά στη δομή για αερόβια κομποστοποίηση, αλλά παρέχουν μια άριστη πρώτη ύλη για την ΑΧ. Από την άλλη, τα ξυλώδη απόβλητα περιέχουν μεγάλα ποσοστά λιγνοκυτταρικού υλικού και, εκτός εάν υποστούν κάποια προ-επεξεργασία, ταιριάζουν καλύτερα στην κομποστοποίηση.

Η χρήση του διαχωρισμένου στην πηγή οργανικού κλάσματος των αποβλήτων από νοικοκυριά για την παραγωγή βιοαερίου έχει μεγάλο δυναμικό και αρκετές εκατοντάδες εγκαταστάσεις ΑΧ, που επεξεργάζονται το οργανικό κλάσμα των ΔΣΑ βρίσκονται σε λειτουργία σε όλο τον κόσμο. Ο στόχος είναι να μειωθεί το ρεύμα των οργανικών αποβλήτων σε άλλα συστήματα επεξεργασίας, π.χ. τις χλωματερές ή την αποτέφρωση και να οδηγηθούν προς την ανακύκλωση των θρεπτικών ουσιών πίσω στο γεωργικό τομέα.

4.4 Βιομηχανικές μονάδες βιοαερίου

Οι αναερόβιες διεργασίες χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των βιομηχανικών και των υγρών αποβλήτων για περισσότερο από έναν αιώνα. Η αναερόβια χώνευση των αποβλήτων είναι σήμερα μια τυπική τεχνολογία επεξεργασίας διάφορων βιομηχανικών υγρών αποβλήτων από την επεξεργασία των τροφίμων, τις αγροτοβιομηχανίες και τις φαρμακευτικές βιομηχανίες. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την προ-επεξεργασία των πλούσιων σε οργανικά στοιχεία βιομηχανικών υγρών αποβλήτων πριν από την τελική διάθεσή τους. Με τις πρόσφατες βελτιώσεις στις τεχνολογίες επεξεργασίας μπορούν επίσης να χωνευθούν τα αραιωμένα βιομηχανικά υγρά απόβλητα.

Η Ευρώπη έχει κυρίαρχη θέση στον κόσμο σχετικά με αυτήν την εφαρμογή της ΑΧ. Τα τελευταία χρόνια οι ενεργειακές και οι περιβαλλοντικές ανησυχίες έχουν αυξήσει περαιτέρω το ενδιαφέρον για την άμεση αναερόβια επεξεργασία των οργανικών βιομηχανικών αποβλήτων, ενώ η διαχείριση των οργανικών στερεών αποβλήτων από τη βιομηχανία ελέγχεται όλο και περισσότερο από περιβαλλοντικές νομοθεσίες. Στις βιομηχανίες που χρησιμοποιούν την ΑΧ για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων περιλαμβάνονται οι εξής:

- Βιομηχανίες κατεργασίας τροφίμων: π.χ. κονσερβοποίηση λαχανικών, παραγωγή γάλακτος και τυριών, σφαγεία, βιομηχανία επεξεργασίας πατάτας
- Βιομηχανίες ποτών: π.χ. ζυθοποιεία, μη αλκοολούχα ποτά, αποστακτήρια, καφές, χυμοί φρούτων
- Βιομηχανικών προϊόντων: π.χ. χαρτί και χαρτόνια, ελαστικά, χημικές ουσίες, άμυλο, φαρμακευτικά είδη.

Οι βιομηχανικές μονάδες βιοαερίου προσφέρουν διάφορα οφέλη στην κοινωνία και στις βιομηχανίες όπως είναι:

- Προστιθέμενη αξία μέσω της ανακύκλωσης των θρεπτικών ουσιών και των μειωμένων δαπανών για την διάθεση των υπολειμμάτων
- Το βιοαέριο χρησιμοποιείται για να παράγει ενέργεια για διεργασίες
- Η επεξεργασία των αποβλήτων βελτιώνει την περιβαλλοντική εικόνα των βιομηχανιών.

Αναμένεται ότι τα περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη και οι υψηλές δαπάνες των άλλων εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης των αποβλήτων θα αυξήσουν στο μέλλον τον αριθμό των εφαρμογών του βιομηχανικού βιοαερίου.

4.5 Εγκαταστάσεις ανάκτησης αερίου χωματερής

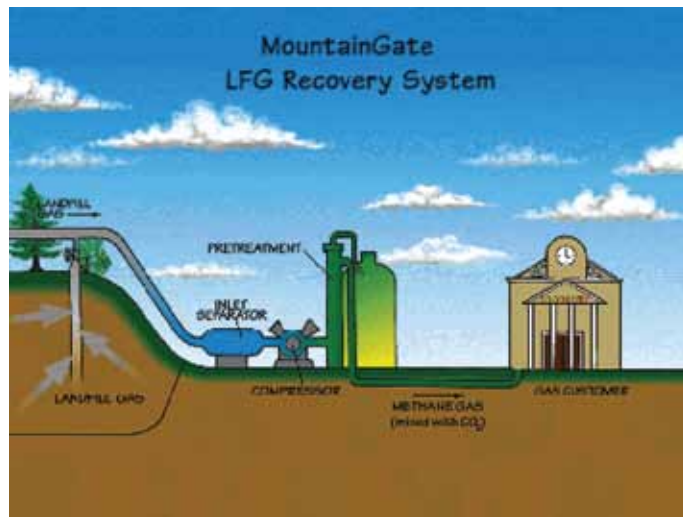
Οι χωματερές μπορούν να θεωρηθούν ως μεγάλες αναερόβιες εγκαταστάσεις, με τη διαφορά ότι η διεργασία της αποσύνθεσης είναι λιγότερο συνεχής και εξαρτάται από την ηλικία της χωματερής. Το αέριο χωματερής έχει παρόμοια σύνθεση με το βιοαέριο, αλλά μπορεί να περιέχει τοξικά αέρια, προερχόμενα από την αποσύνθεση των αποβλήτων στην περιοχή.

Η ανάκτηση του αερίου χωματερής είναι σημαντική όχι μόνο για την προστασία του περιβάλλοντος και τη μείωση των εκπομπών του μεθανίου και άλλων αερίων χωματερής (Σχήμα 4.12), αλλά και επειδή είναι μια φθηνή πηγή ενέργειας, που παράγει οφέλη μέσω της πιο γρήγορης σταθεροποίησης της περιοχής της χωματερής και έσοδα από τη χρήση του αερίου. Λόγω της απομακρυσμένης θέσης των χωματερών, το αέριο αυτό συνήθως χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά είναι δυνατή και η χρήση του σε πλήρη κλίμακα, από τη θέρμανση χώρων μέχρι την αναβάθμισή του σε καύσιμο μεταφορών και για τροφοδοσία στα δίκτυα φυσικού αερίου (Σχήματα 4.13 και 4.14).

Η ανάκτηση του αερίου χωματερής μπορεί να βελτιστοποιηθεί μέσω της διαχείρισης της περιοχής, με τον τεμαχισμό των αποβλήτων, την ανακυκλοφορία του οργανικού μέρους και το χειρισμό του χώρου ως βιολογικού αντιδραστήρα. Ένας τέτοιος βιολογικός αντιδραστήρας είναι ένας ελεγχόμενος χώρος ταφής απορριμμάτων σχεδιασμένος ώστε να επιταχύνει τη μετατροπή των στερεών αποβλήτων σε μεθάνιο και διαιρείται τυπικά σε κυψέλες, στις οποίες υπάρχει ένα σύστημα για τη συλλογή των εκχυλισμάτων από τη βάση της κάθε κυψέλης. Τα συλλεγόμενα εκχυλίσματα αντλούνται πίσω στην επιφάνεια και επανατροφοδοτούνται διαμέσου των κυψελών των αποβλήτων, μετασχηματίζοντας μια χωματερή, ουσιαστικά, σε ένα μεγάλο χωνευτή με υψηλό περιεχόμενο σε στερεά.



Σχήμα 4.12: Οι εκπομπές και τα εκχυλίσματα στα υπόγεια νερά των χωματερών αποτελούν σοβαρές απειλές για το περιβάλλον



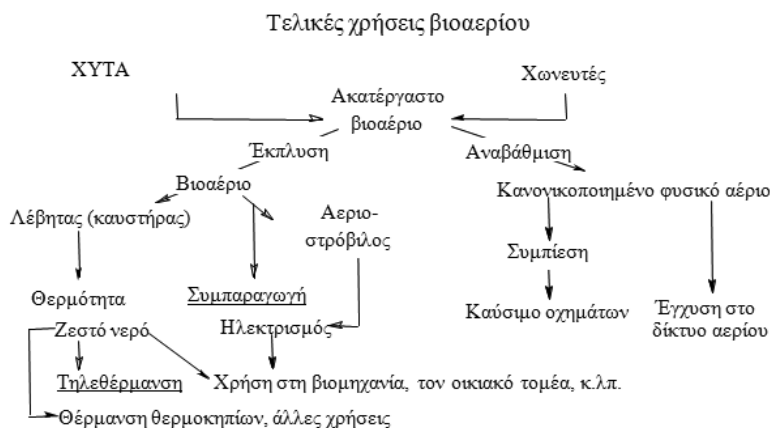
Σχήμα 4.13: Σύστημα ανάκτησης αερίου χωματερής (NST ENGINEERS 2007)



Σχήμα 4.14: Έργο εκμετάλλευσης του βιοαερίου στον χώρο διάθεσης απορριμμάτων των Ανω Λιοσίων, Αττική, Ελλάδα (Κ. ΣΙΟΥΛΑΣ, 2005)

5 Χρήση του βιοαερίου

Το βιοαέριο έχει πολλές ενεργειακές χρήσεις, ανάλογα με τη φύση της πηγής και την τοπική ζήτηση για μια συγκεκριμένη μορφή ενέργειας. Γενικά, το βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμότητας μέσω άμεσης καύσης, παραγωγή ηλεκτρισμού από κυψέλες καυσίμου ή μικροστροβίλους, συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) ή ως καύσιμο οχημάτων (Σχήμα 5.1).



Σχήμα 5.1: Επισκόπηση των χρήσεων του βιοαερίου

5.1 Ιδιότητες του βιοαερίου

Το ενεργειακό περιεχόμενο του βιοαερίου από την ΑΧ είναι χημικά δεσμευμένο στο μεθάνιο. Οι ιδιότητες και η σύστασης του βιοαερίου ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο και τη δομή της πρώτης ύλης, το σύστημα της μονάδας, τη θερμοκρασία, τον χρόνο παραμονής και άλλους παράγοντες. Στον Πίνακα 5.1 παρουσιάζονται κάποιες από τις μέσες τιμές σύστασης του βιοαερίου με βάση την βιβλιογραφία. Θεωρώντας ότι το βιοαέριο περιέχει 50% μεθάνιο, η μέση θερμοαντική τιμή του είναι περίπου 21 MJ/Nm³, η μέση πυκνότητα 1,22 kg/Nm³ και η μάζα του είναι παρόμοια με αυτή του αέρα (1,29 kg/Nm³).

Πίνακας 5.1: Σύσταση του βιοαερίου

Συστατικό	Χημικός τύπος	Περιεκτικότητα (κατ' όγκο-%)
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
Υδρόθειο	H ₂ S	<1

Η βιοχημική σύσταση των διαφορετικών τύπων πρώτης ύλης ποικίλλει και είναι καθοριστική για τη θεωρητική παραγωγή του μεθανίου, όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.2.

Πίνακας 5.2: Θεωρητική παραγωγή βιοαερίου

Υπόστρωμα	Λίτρα αερίου / kg TS*	CH ₄ [%]	CO ₂ [%]
Ακατέργαστη πρωτεΐνη	700	70 με 71	29 με 30
Ακατέργαστο λίπος	1.200 με 1.250	67 με 68	32 με 33
Υδατάνθρακες	790 με 800	50	50

* TS= Ολικά Στερεά (Total Solids)

Η παραγωγή μεθανίου των διαφόρων υποστρωμάτων της ΑΧ εξαρτάται από το περιεχόμενό τους σε πρωτεΐνες, λίπη, και υδατάνθρακες, όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.3.

Πίνακας 5.3: Παραγωγή μεθανίου από διαφορετικές πρώτες ύλες

Πρώτη ύλη	Παραγωγή μεθανίου [%]	Παραγωγή βιοαερίου [m ³ /tΦΠΥ*]
Υδαρής κοπριά βοοειδών	60	25
Υδαρής κοπριά χοίρων	65	28
Υπολείμματα αποστακτηρίων με διαλυτά	61	40
Στερεή κοπριά βοοειδών	60	45
Στερεή κοπριά χοίρων	60	60
Στερεή κοπριά πουλερικών	60	80
Τεύτλα	53	88
Οργανικά απόβλητα	61	100
Γλυκό σόργο	54	108
Τεύτλα κτηνοτροφής	51	111
Σωρός χλόης	54	172
Σωρός καλαμποκιού	52	202

* ΦΠΥ (FF) = Φρέσκια Πρώτη Ύλη (Fresh Feedstock)

5.2 Άμεση καύση και χρήση της θερμότητας

Ο απλούστερος τρόπος χρήσης του βιοαερίου είναι η άμεση καύση του σε λέβητες ή καυστήρες, που χρησιμοποιούνται κατά κόρον, για το βιοαέριο που παράγεται από μικρούς οικογενειακούς χωνευτές.

Η άμεση καύση εφαρμόζεται σε αρκετές χώρες, σε καυστήρες φυσικού αερίου. Το βιοαέριο μπορεί να καεί για την παραγωγή θερμότητας είτε επί τόπου, είτε να μεταφερθεί με σωληνώσεις στους τελικούς χρήστες. Για τις εφαρμογές θέρμανσης το βιοαέριο δεν χρειάζεται καμία αναβάθμιση, ενώ το επίπεδο μόλυνσής του δεν περιορίζει τη χρήση του αερίου τόσο όσο στην περίπτωση άλλων εφαρμογών. Ωστόσο, το βιοαέριο πρέπει να υποβληθεί σε συμπύκνωση και αφαίρεση των σωματιδίων, συμπίεση, ψύξη και ξήρανση.

5.3 Συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ)

Η συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) είναι η τυπική εφαρμογή του βιοαερίου από την ΑΧ σε πολλές χώρες και θεωρείται ως μια πολύ αποδοτική χρήση του βιοαερίου για την παραγωγή ενέργειας. Πριν από τη μετατροπή στη ΣΗΘ, το βιοαέριο στραγγίζεται και ξηραίνεται. Οι περισσότερες μηχανές αερίου έχουν μέγιστα όρια για το υδρόθειο, τους αλογονικούς υδρογονάνθρακες και τις ενώσεις οργανοπυριτίου (σιλοξάνες) στο βιοαέριο. Μια μονάδα ΣΗΘ που χρησιμοποιεί μηχανή εσωτερικής καύσης έχει αποδοτικότητα μέχρι 90% και παράγει 35% ηλεκτρική ενέργεια και 65% θερμότητα.

Η πιο συνήθης εφαρμογή των μονάδων ΣΗΘ είναι οι θερμικές εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής τύπου συστοιχίας (BTTP), με κινητήρες καύσης που συνδέονται με μια γεννήτρια. Οι γεννήτριες έχουν συνήθως μια σταθερή ταχύτητα περιστροφής (1.500 στροφές/λεπτό) προκειμένου να είναι συμβατές με τη συχνότητα του δικτύου. Οι κινητήρες μπορεί να είναι μηχανές έγχυσης τύπου Otto, Ντίζελ ή πιλοτικές. Τόσο οι μηχανές αερίου Ντίζελ όσο και οι Otto λειτουργούν χωρίς πετρέλαιο ανάφλεξης, σύμφωνα με την αρχή του Otto. Η διαφορά αυτών των μηχανών είναι μόνο στη συμπίεση. Κατά συνέπεια, στο υπόλοιπο κείμενο και οι δύο αυτοί τύποι μηχανών θα αναφέρονται ως μηχανές Otto.

Οι εναλλακτικές τεχνολογίες που είναι ακόμα σε στάδιο ανάπτυξης είναι οι μικροί αεριοστρόβιλοι, οι μηχανές Stirling και οι κυψέλες καυσίμου. Οι τεχνολογίες αυτές περιγράφονται λεπτομερέστερα στα κεφάλαια που ακολουθούν.



Σχήμα 5.2: Καυστήρας βιοαερίου για παραγωγή θερμότητας (AGRINZ 2008)

Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από το βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ενέργεια διεργασίας για τον ηλεκτρικό εξοπλισμό, όπως είναι οι αντλίες, τα συστήματα ελέγχου και οι αναδευτήρες. Σε πολλές χώρες με υψηλά τιμολόγια αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, όλη η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια πωλείται στο δίκτυο και η ηλεκτρική ενέργεια της διεργασίας αγοράζεται από το ίδιο το δίκτυο.

Σημαντικό ζήτημα για την ενεργειακή και την οικονομική αποδοτικότητα των εγκαταστάσεων του βιοαερίου αποτελεί η χρήση της παραγόμενης θερμότητας. Συνήθως, ένα μέρος της θερμότητας χρησιμοποιείται για τη θέρμανση των χωνευτών (θερμότητα διεργασίας) και περίπου τα δύο τρίτα όλης της παραγόμενης ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εξωτερικές χρήσεις. Πολλές μονάδες βιοαερίου, σε χώρες όπως η Γερμανία, σχεδιάστηκαν αποκλειστικά για ηλεκτροπαραγωγή, χωρίς πρόβλεψη για τη διάθεση της θερμότητας. Σήμερα, για την επίτευξη οικονομικής βιωσιμότητας της μονάδας είναι υποχρεωτική η χρήση της θερμότητας. Οι τιμές της βιομάζας (π.χ. καλαμπόκι) έχουν αυξηθεί και, για πολλές εγκαταστάσεις, δεν είναι αρκετή μόνο η πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας για την επίτευξη οικονομικής βιωσιμότητας. Οι νέες μονάδες βιοαερίου πρέπει να περιλαμβάνουν πάντα στο γενικό σχεδιασμό τους και τη διάθεση της θερμότητας.

Η θερμότητα από βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις βιομηχανικές διεργασίες, στις αγροτικές δραστηριότητες ή για τη θέρμανση κτιρίων. Ο καταλληλότερος χρήστης της θερμότητας είναι η βιομηχανία, δεδομένου ότι η ζήτηση είναι σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η ποιότητα της θερμότητας (θερμοκρασία) είναι ένα σημαντικό ζήτημα για τις βιομηχανικές εφαρμογές. Η χρήση της θερμότητας από βιοαέριο για τη θέρμανση κτιρίων και νοικοκυριών (μίνι-δίκτυο ή τηλεθέρμανση) είναι μια άλλη επιλογή, αν και αυτή η εφαρμογή έχει χαμηλή ζήτηση κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και υψηλή, κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Η θερμότητα από βιοαέριο μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την ξήρανση προϊόντων, τεμαχίων ξύλου ή για το διαχωρισμό και την περαιτέρω επεξεργασία του χωνεμένου υπολείμματος. Τέλος, η θερμότητα μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμένα συστήματα «ηλεκτρισμού, θερμότητας, δροσισμού». Αυτή η διεργασία είναι γνωστή από τα ψυγεία και χρησιμοποιείται π.χ. για την ψυχρή αποθήκευση τροφίμων ή τον κλιματισμό. Η ενέργεια εισαγωγής είναι θερμότητα, η οποία μετατρέπεται σε ψύξη μέσω μιας διεργασίας απορρόφησης (γίνεται μια διαφοροποίηση μεταξύ της προσρόφησης και της διεργασίας δροσισμού με απορρόφηση). Το πλεονέκτημα της ψύξης μέσω της απορρόφησης είναι οι μικρές φθορές, λόγω των ελάχιστων μηχανικών μερών, και η μικρή κατανάλωση ενέργειας, σε σύγκριση με τις εγκαταστάσεις δροσισμού με συμπίεση. Η χρήση του συνδυασμού «ηλεκτρισμός-θερμότητα-δροσισμός» στις μονάδες βιοαερίου εξετάζεται αυτήν την περίοδο μέσω διάφορων πιλοτικών προγραμμάτων.

5.3.1 Μηχανές αερίου Otto

Οι μηχανές Otto πιο συγκεκριμένα αναπτύσσονται για τη χρήση του βιοαερίου σύμφωνα με την αρχή του Otto. Οι μηχανές (ανεπαρκούς καύσης) λειτουργούν με πλεόνασμα αέρα, προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα. Αυτό οδηγεί σε μικρότερη κατανάλωση αερίου και μειωμένη απόδοση του κινητήρα, τα οποία αντισταθμίζονται με τη χρήση ενός στροβιλοφυστήρα καυσαερίων. Οι μηχανές αερίου Otto απαιτούν βιοαέριο περιεκτικότητας 45% σε μεθάνιο. Οι μικρότερες μηχανές, μέχρι 100 kW_{el}, είναι συνήθως μηχανές Otto. Για υψηλότερη ηλεκτρική απόδοση χρησιμοποιούνται συστοιχίες προσαρμοσμένων ντιζελοκινητήρων. Και οι δύο μηχανές ονομάζονται «Μηχανές Αερίου Otto» δεδομένου ότι η βασική λειτουργία τους βασίζεται στην αρχή του Otto. Οι μηχανές Otto (Σχήμα 5.3) μπορούν να λειτουργούν με βιοαέριο ή φυσικό αέριο. Αυτό είναι χρήσιμο κατά την φάση της εκκίνησης των μονάδων βιοαερίου, όταν η θερμότητα χρησιμοποιείται για να θερμάνει τους χωνευτές.



Σχήμα 5.3: Μηχανές αερίου Otto (RUTZ 2007)

5.3.2 Μηχανή προέγχυσης καυσίμου

Η Μηχανή Προέγχυσης Καυσίμου (γνωστή και ως μηχανή φυσικού αερίου πιλοτικής έγχυσης ή μηχανή διπλού καυσίμου) βασίζεται στην αρχή της μηχανής ντίζελ. Αυτές οι μηχανές συχνά χρησιμοποιούνται στους ελκυστήρες και τα βαρέα οχήματα. Το βιοαέριο αναμειγνύεται με τον αέρα καύσης σε έναν αναμείκτη αερίου. Αυτό το μείγμα περνά μέσω ενός συστήματος έγχυσης στο θάλαμο καύσης όπου αναφλέγεται από το εγχέομενο πετρέλαιο ανάφλεξης. Συνήθως, εγχέεται αυτόματα και καίγεται πετρέλαιο ανάφλεξης μέχρι 10%. Οι μηχανές προέγχυσης λειτουργούν με μεγάλη περίσσεια αέρα.

Στην περίπτωση διακοπής του εφοδιασμού με βιοαέριο, οι μηχανές προέγχυσης μπορούν επίσης να λειτουργήσουν με καθαρό πετρέλαιο ανάφλεξης ή ντίζελ χωρίς οποιοδήποτε πρόβλημα. Μπορεί να είναι απαραίτητη η αντικατάσταση του βιοαερίου από πετρέλαιο ή ντίζελ κατά τη διάρκεια της φάσης εκκίνησης των μονάδων βιοαερίου για την παραγωγή θερμότητας διεργασίας. Το πετρέλαιο ανάφλεξης μπορεί να είναι είτε τα συμβατικά ντίζελ και πετρέλαιο θέρμανσης, είτε τα «ανανεώσιμα» βιοντίζελ (μεθυλεστέρας αγριοκράμβης) και φυτικό έλαιο. Το πλεονέκτημα των ανανεώσιμων ελαίων ανάφλεξης είναι ότι δεν περιέχουν διοξείδιο του θείου και εκπέμπουν λιγότερο μονοξείδιο του άνθρακα. Επιπλέον είναι βιοδιασπάσιμα, που είναι σημαντικό στην περίπτωση διαρροής υγρών και δημιουργίας κηλίδων. Ωστόσο, εάν χρησιμοποιούνται βιοκαύσιμα πρέπει να ληφθούν υπόψη η μεγαλύτερη φθορά των φίλτρων, η απόφραξη των εκτοξευτήρων και το χαμηλότερο ιξώδες του φυτικού ελαίου. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι η απελευθέρωση νιτρώδους οξειδίου. Σε κάθε περίπτωση, είναι σημαντικό να ακολουθούνται οι οδηγίες των κατασκευαστών των μηχανών όσον αφορά στην ποιότητα του καυσίμου.

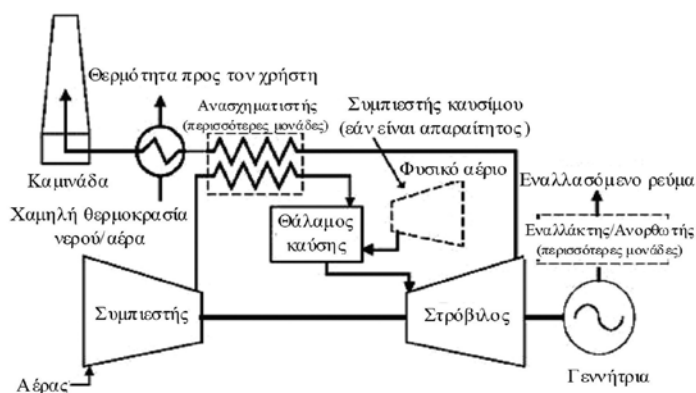
5.3.3 Μηχανές Stirling

Η μηχανή Stirling λειτουργεί χωρίς εσωτερική καύση, βάσει της αρχής ότι οι αλλαγές στη θερμοκρασία των αερίων οδηγούν σε αλλαγές του όγκου τους. Τα έμβολα της μηχανής κινούνται από την διαστολή ενός εσώκλειστου αερίου, ως αποτέλεσμα της πρόσδοσης θερμότητας από μια εξωτερική πηγή ενέργειας. Η απαραίτητη θερμότητα μπορεί να παρασχεθεί από διάφορες πηγές ενέργειας, όπως ένας καυστήρας αερίου που λειτουργεί με βιοαέριο. Προκειμένου να χρησιμοποιηθούν οι μηχανές Stirling για το βιοαέριο είναι απαραίτητη κάποια τεχνική προσαρμογή τους. Λόγω της εξωτερικής καύσης, μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί βιοαέριο με χαμηλότερη περιεκτικότητα σε μεθάνιο.

Η ηλεκτρική αποδοτικότητά τους κυμαίνεται μεταξύ 24 και 28%, που είναι χαμηλότερη από την αποδοτικότητα των μηχανών αερίου Otto. Οι θερμοκρασίες των καυσαερίων είναι μεταξύ 250 και 300°C. Η ισχύς των μηχανών Stirling είναι συνήθως μικρότερη από 50 kW_{el}. Λόγω της περιορισμένης φθοράς των τμημάτων μίας μηχανής Stirling, είναι χαμηλές οι δαπάνες συντήρησης. Η μηχανή Stirling μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε θερμικές εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής τύπου συστοιχίας.

5.4 Μικροστρόβιλοι βιοαερίου

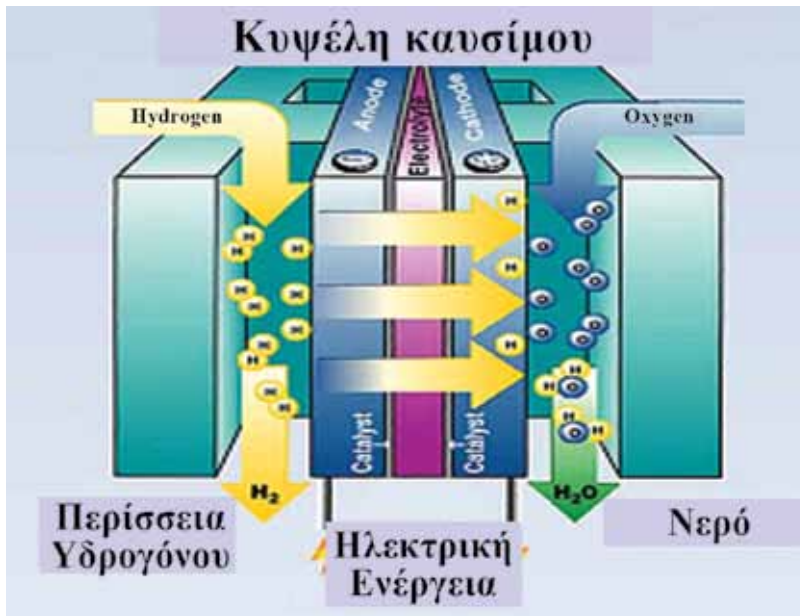
Στους μικροστρόβιλους βιοαερίου ο αέρας συμπιέζεται σε έναν θάλαμο καύσης, σε υψηλή πίεση και αναμειγνύεται με το βιοαέριο. Το μείγμα αέρα-βιοαερίου καίγεται και λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας, το αέριο μείγμα διαστέλλεται. Τα καυτά αέρια διέρχονται μέσω ενός στρόβιλου, ο οποίος συνδέεται με την ηλεκτρογεννήτρια (Σχήμα 5.4). Η ηλεκτρική ισχύς των μικροστρόβιλων είναι εν γένει κάτω από 200 kW_{el}. Σήμερα, οι μικροστρόβιλοι βιοαερίου είναι πάρα πολύ ακριβοί ώστε να είναι οικονομικά ανταγωνιστικοί, αλλά διεξάγεται έρευνα με το βιοαέριο και αναμένονται μακροπρόθεσμα μειώσεις στα κόστη.



Σχήμα 5.4: Δομή μικροστρόβιλου (www.energysolutionscenter.org)

5.5 Κυψέλες καυσίμου

Οι κυψέλες καυσίμου είναι ηλεκτροχημικές συσκευές που μετατρέπουν τη χημική ενέργεια μιας αντίδρασης άμεσα σε ηλεκτρική ενέργεια. Η βασική φυσική δομή (δομική μονάδα) μιας κυψέλης καυσίμου αποτελείται από μια στρώση ηλεκτρολύτη σε επαφή με μια πορώδη άνοδο και κάθοδο και στις δύο πλευρές (Σχήμα 5.5). Σε μια χαρακτηριστική κυψέλη καυσίμου, το αέριο καύσιμο (βιοαέριο) τροφοδοτείται συνεχώς στο διαμέρισμα της ανόδου (αρνητικό ηλεκτρόδιο) και ένα οξειδωτικό (οξυγόνο από τον αέρα) τροφοδοτείται συνεχώς στο διαμέρισμα της καθόδου (θετικό ηλεκτρόδιο). Μια ηλεκτροχημική αντίδραση λαμβάνει χώρα στα ηλεκτρόδια, παράγοντας ηλεκτρικό ρεύμα.



Σχήμα 5.5: Απλουστευμένο σχηματικό διάγραμμα μιας κυψέλης καυσίμου (EMERGING ENVIRONMENTAL ISSUES 2005)

Υπάρχουν διάφοροι τύποι κυψελών καυσίμου που ονομάζονται σύμφωνα με τον τύπο του χρησιμοποιούμενου ηλεκτρολύτη. Μπορούν να είναι κυψέλες καυσίμου χαμηλής (AFC, PEM), μέσης (PAFC) ή υψηλής θερμοκρασίας (MCFC, SOFC). Η επιλογή της κυψέλης καυσίμου εξαρτάται από το αέριο εισαγωγής και τη χρήση της θερμότητας.

Η κυψέλη καυσίμου με μεμβράνη ανταλλαγής πρωτονίων (PEM) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το βιοαέριο. Λόγω της θερμοκρασίας λειτουργίας της που είναι 80°C, η θερμότητα μπορεί να τροφοδοτηθεί άμεσα σε ένα δίκτυο θερμότητας/ζεστού νερού. Ο τύπος του ηλεκτρολύτη που χρησιμοποιείται επηρεάζει τη λειτουργική ζωή των PEM, που είναι πολύ ευαίσθητες στις ακαθαρσίες του αερίου καυσίμου, συμπεριλαμβανομένου του διοξειδίου του άνθρακα. Για το λόγο αυτό, είναι πολύ σημαντικός ο καθαρισμός του αερίου.

Η περισσότερο αναπτυγμένη κυψέλη καυσίμου είναι η κυψέλη καυσίμου φωσφορικού οξέως (PAFC), που συχνά χρησιμοποιείται παγκοσμίως με φυσικό αέριο. Σε αντίθεση με άλλες κυψέλες καυσίμου, η ηλεκτρική αποδοτικότητά της είναι χαμηλή, αλλά το πλεονέκτημά της έγκειται στο γεγονός ότι είναι λιγότερο ευαίσθητη στην παρουσία διοξειδίου του άνθρακα και μονοξειδίου του άνθρακα στο αέριο.

Η κυψέλη καυσίμου τηγμένων ανθρακικών αλάτων (MCFC) χρησιμοποιείται με μια ροή ρευστού άνθρακα ως ηλεκτρολύτη. Η MCFC δεν επηρεάζεται από το μονοξείδιο του άνθρακα, ενώ επιδέχεται συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα μέχρι και 40% κατ' όγκο. Λόγω της θερμοκρασίας λειτουργίας της, που είναι από 600 έως 700°C, η μετατροπή του μεθανίου σε υδρογόνο, γνωστή και ως «αναμόρφωση», μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσα στην κυψέλη. Η διάσπαρτη θερμότητά της, μπορεί, για παράδειγμα, να χρησιμοποιηθεί σε έναν κατάντη στρόβιλο.

Μια άλλη υψηλής θερμοκρασίας κυψέλη καυσίμου είναι η κυψέλη καυσίμου σταθεροποιημένων οξειδίων (SOFC), η οποία λειτουργεί σε θερμοκρασίες μεταξύ 750 και 1.000°C. Η κυψέλη καυσίμου SOFC έχει υψηλή ηλεκτρική αποδοτικότητα και ο μετασχηματισμός του μεθανίου σε υδρογόνο μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσα στη κυψέλη. Είναι ιδανική για τη χρήση βιοαερίου λόγω της χαμηλής ευαισθησίας της στο θείο.



Σχήμα 5.6: Η πρώτη παγκοσμίως κυψέλη καυσίμου τύπου MCFC για βιοαέριο, που λειτουργεί στη Γερμανία (RUTZ 2007)

Τα κόστη επένδυσης όλων των κυψελών καυσίμου βιοαερίου είναι πολύ υψηλά (12.000 €/kW), και είναι πολύ πιο υψηλά απ' ό,τι των BTTP που λειτουργούν με μηχανές εσωτερικής καύσης. Όπως και στην περίπτωση των μικροστροβίλων βιοαερίου, η έρευνα και τεχνολογική ανάπτυξη σε αυτόν τον τομέα έχει ως στόχο την επίτευξη ανταγωνιστικών τιμών για τα μελλοντικά μοντέλα.

5.6 Αναβάθμιση του βιοαερίου (παραγωγή βιομεθανίου)

Το βιοαέριο μπορεί να διανεμηθεί μέσω των υπαρχόντων δικτύων φυσικού αερίου και να χρησιμοποιηθεί για τους ίδιους σκοπούς με το φυσικό αέριο ή μπορεί να συμπιεστεί και να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο οχημάτων. Πριν από τη χρησιμοποίησή του για έγχυση στο δίκτυο φυσικού αερίου ή ως καύσιμο οχημάτων, το βιοαέριο πρέπει να υποστεί μία διαδικασία αναβάθμισης, όπου αφαιρούνται όλοι οι μολυσματικοί παράγοντες και το διοξείδιο του άνθρακα και ενισχύεται το περιεχόμενό του σε μεθάνιο, από το συνηθισμένο 50-75% σε περισσότερο από 95%. Το αναβαθμισμένο βιοαέριο ονομάζεται βιομεθάνιο.

Διάφορες τεχνολογίες μπορούν να εφαρμοστούν για την αφαίρεση των μολυσματικών παραγόντων και για την αύξηση της περιεκτικότητας του βιοαερίου σε μεθάνιο. Η αφαίρεση του διοξειδίου του άνθρακα πρέπει να γίνεται προκειμένου να επιτευχθεί ο απαιτούμενος δείκτης Wobbe του αερίου. Κατά την αφαίρεση του διοξειδίου του άνθρακα από το βιοαέριο αφαιρούνται επίσης και μικρές ποσότητες μεθανίου (CH_4). Το μεθάνιο είναι ένα αέριο του θερμοκηπίου 23 φορές ισχυρότερο από το CO_2 (δηλ. ένα μόριο μεθανίου είναι 23 φορές πιο αποδοτικό ως προς τη δέσμευση της θερμότητας από τη γη από ένα μόριο CO_2). Είναι σημαντικό να κρατηθούν χαμηλές αυτές οι απώλειες μεθανίου, τόσο για οικονομικούς όσο και για περιβαλλοντικούς λόγους. Υπάρχουν δύο συνήθεις μέθοδοι για την αφαίρεση του διοξειδίου του άνθρακα, η απορρόφηση (καθαρισμός μέσω ύδατος ή οργανικού διαλύτη) και η προσρόφηση (προσρόφηση με μετάπτωση πίεσης, PSA). Άλλες τεχνικές, λιγότερο συνηθισμένες, είναι ο διαχωρισμός μέσω μεμβρανών και ο κρυογενής διαχωρισμός, ενώ μία σχετικά νέα μέθοδος που βρίσκεται υπό ανάπτυξη τελευταία είναι η αναβάθμιση εσωτερικά στη διεργασία.



Σχήμα 5.7: Μονάδα συστήματος PSA (αριστερά) και σύνδεση με το δίκτυο φυσικού αερίου (δεξιά) της μονάδας βιομεθανίου στο Pliening, Γερμανία (RUTZ 2007)

Το συνολικό κόστος για τον καθαρισμό και την αναβάθμιση του βιοαερίου αποτελείται από το κόστος της επένδυσης, καθώς και από τη λειτουργία της μονάδας και τη συντήρηση του εξοπλισμού. Στην περίπτωση του κόστους επένδυσης, ένας σημαντικός παράγοντας είναι το μέγεθος της μονάδας. Το συνολικό κόστος επένδυσης αυξάνεται με την αύξηση της δυναμικότητας, αλλά το κόστος επένδυσης ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος είναι χαμηλότερο για τις μεγαλύτερες εγκαταστάσεις σε σχέση με τις μικρές (οικονομία κλίμακας). Στην περίπτωση των λειτουργικών δαπανών, το μεγαλύτερο μέρος της επεξεργασίας αφορά στην αφαίρεση του διοξειδίου του άνθρακα.

5.6.1 Το βιοαέριο ως καύσιμο οχημάτων

Η χρήση του βιοαερίου (βιομεθανίου) στον τομέα των μεταφορών είναι μια τεχνολογία με μεγάλο δυναμικό και σημαντικά κοινωνικοοικονομικά οφέλη. Το βιοαέριο χρησιμοποιείται ήδη ως καύσιμο οχημάτων σε χώρες όπως η Σουηδία, η Γερμανία και η Ελβετία.

Ο αριθμός των ιδιωτικών αυτοκινήτων, των οχημάτων δημόσιας χρήσης, και των φορτηγών που κινούνται με αέριο αυξάνεται σημαντικά. Το βιομεθάνιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο με τον ίδιο τρόπο και στα ίδια οχήματα όπως το φυσικό αέριο. Ένας αυξανόμενος αριθμός ευρωπαϊκών πόλεων αλλάζουν τα πετρελαιοκίνητα λεωφορεία τους με άλλα που τροφοδοτούνται με βιομεθάνιο.

Τα περισσότερα ιδιωτικά αυτοκίνητα που κινούνται με αέριο έχουν υποστεί κάποια μετατροπή, κατά την οποία έχει τοποθετηθεί στο χώρο αποσκευών μία δεξαμενή συμπιεσμένου αερίου και το σύστημα εφοδιασμού αερίου, επιπλέον του συστήματος συμβατικού καυσίμου.

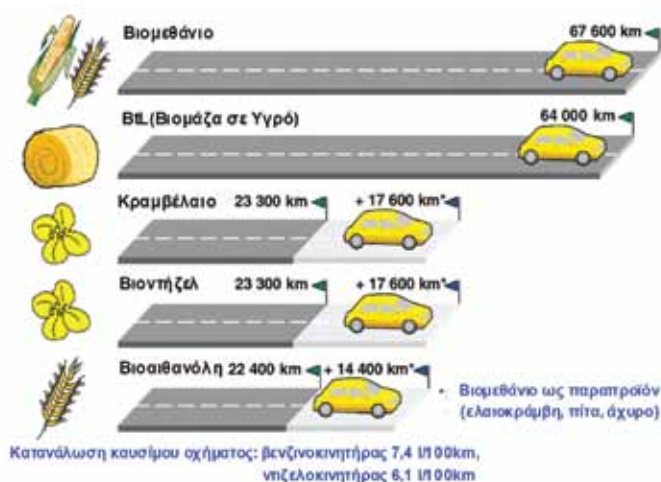
Επίσης υπάρχουν, ειδικά κατασκευασμένα οχήματα αερίου που βελτιστοποιούνται για καλύτερη απόδοση και πιο βολική τοποθέτηση των φιαλών αερίου, χωρίς απώλειες στο χώρο αποσκευών. Το αέριο αποθηκεύεται σε 200 έως 250 bar, σε δοχεία πίεσης που είναι φτιαγμένα από χάλυβα ή σύνθετα υλικά αλουμινίου. Σήμερα, περισσότεροι από 50 κατασκευαστές παγκοσμίως προσφέρουν περίπου 250 μοντέλα μετατρέπομένων ελαφρών και βαρέων οχημάτων με αέριο καύσιμο.

Τα βαρέα οχήματα μπορούν να μετατραπούν ώστε να τροφοδοτούνται μόνο με αέριο μεθάνιο, αλλά σε μερικές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται και κινητήρες διπλού καυσίμου. Ένας κινητήρας διπλού καυσίμου χρησιμοποιεί ένα σύστημα έγχυσης πετρελαίου ντίζελ καθώς το αέριο αναφλέγεται με την έγχυση μιας μικρής ποσότητας ντίζελ. Οι κινητήρες διπλού καυσίμου δεν χρειάζονται ιδιαίτερη εξέλιξη του κινητήρα και διατηρούν την ίδια οδηγική ικανότητα με ενός πετρελαιοκίνητου οχήματος. Εντούτοις οι τιμές των εκπομπών δεν είναι τόσο καλές όσο για το αντίστοιχο ειδικά κατασκευασμένο

όχημα αερίου και η τεχνολογία των κινητήρων παραμένει ένα υβρίδιο του κινητήρα ανάφλεξης με σπινθήρα και του κινητήρα ντίζελ.

Τα οχήματα βιομεθανίου έχουν σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των οχημάτων με κινητήρες βενζίνης ή ντίζελ. Οι συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μειώνονται δραστικά, ανάλογα με το υπόστρωμα πρώτης ύλης και τον τρόπο με τον οποίο παράγεται η ηλεκτρική ενέργεια (από συμβατικές ή ανανεώσιμες πηγές) που χρησιμοποιείται για την αναβάθμιση και την συμπίεση του αερίου. Μειώνονται επίσης δραστικά οι εκπομπές σωματιδίων και αιθάλης, ακόμη και σε σύγκριση με πολύ σύγχρονους κινητήρες ντίζελ που εξοπλίζονται με φίλτρα σωματιδίων. Επίσης παρατηρείται σημαντική μείωση των εκπομπών NO_x και μη μεθανογενών υδρογονανθράκων (NMHC).

Το αναβαθμισμένο βιοαέριο (βιομεθάνιο) θεωρείται ότι έχει το υψηλότερο δυναμικό ως καύσιμο οχημάτων συγκρινόμενο με άλλα βιοκαύσιμα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.8 όπου παρουσιάζεται μια σύγκριση των βιοκαυσίμων μεταφορών σε σχέση με την απόσταση που καλύπτεται από ένα αυτοκίνητο κινούμενο με το αντίστοιχο βιοκαύσιμο, το οποίο παράγεται από πρώτη ύλη βιομάζας προερχόμενης από 1 εκτάριο καλλιεργήσιμης γης. Το δυναμικό του βιομεθανίου στον τομέα των μεταφορών είναι ακόμα υψηλότερο, εάν χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη απόβλητα αντί των ενεργειακών καλλιεργειών.



Σχήμα 5.8: Σύγκριση βιοκαυσίμων: Αυτονομία ενός ΙΧ αυτοκινήτου κινούμενου με βιοκαύσιμα τα οποία παράγονται από πρώτες ύλες βιομάζας/ενεργειακές καλλιέργειες προερχόμενες από 1 εκτάριο καλλιεργήσιμης γης (FNR 2008)

5.6.2 Βιομεθάνιο για έγχυση στο δίκτυο

Το αναβαθμισμένο βιοαέριο (βιομεθάνιο) μπορεί να εγχυθεί και να διανεμηθεί μέσω του δικτύου του φυσικού αερίου, αφού του έχει συμπίεστεί στην αντίστοιχη πίεση των αγωγών μεταφοράς. Σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες, η πρόσβαση στο δίκτυο του αερίου είναι εγγυημένη για όλους τους προμηθευτές βιοαερίου.

Υπάρχουν διάφορα πλεονεκτήματα χρήσης του δικτύου αερίου για τη διανομή του βιομεθανίου. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι το δίκτυο συνδέει τη θέση παραγωγής του βιομεθανίου, η οποία συνήθως βρίσκεται σε αγροτικές περιοχές, με τις πιο πυκνοκατοικημένες περιοχές. Αυτό επιτρέπει στο αέριο να φθάσει στους νέους πελάτες. Είναι επίσης δυνατό να αυξηθεί η παραγωγή του βιοαερίου σε μια απομακρυσμένη περιοχή χωρίς να χρειάζεται κανείς να ανησυχεί για τη χρήση της περίσσειας θερμότητας. Η έγχυση στο δίκτυο σημαίνει ότι η μονάδα βιοαερίου χρειάζεται μόνο μία μικρή μονάδα ΣΗΘ για την παραγωγή της ενέργειας διεργασίας ή έναν καυστήρα βιοαερίου.

Χώρες όπως η Σουηδία, η Ελβετία, η Γερμανία και η Γαλλία διαθέτουν πρότυπα (συστήματα πιστοποίησης) για την έγχυση του βιοαερίου στο δίκτυο του φυσικού αερίου. Τα πρότυπα, που προκαθορίζουν τα όρια για συστατικά όπως το θείο, το οξυγόνο, τα σωματίδια και το σημείο δρόσου του ύδατος, έχουν ως στόχο την αποφυγή της μόλυνσης του δικτύου του αερίου ή των τελικών χρηστών. Για την αποφυγή επιδράσεων στις μετρήσεις του αερίου και την τελική χρήση έχει εισαχθεί ο δείκτης Wobbe. Τα πρότυπα στις περισσότερες περιπτώσεις είναι εύκολα επιτεύξιμα μέσω των υφιστάμενων διεργασιών αναβάθμισης. Σε τέτοιου είδους εφαρμογές, το αέριο χωματερής μπορεί να είναι δύσκολο να αναβαθμιστεί σε αποδεκτή ποιότητα λόγω, της υψηλής περιεκτικότητάς του σε άζωτο.

Στην Ευρώπη, εγκαταστάσεις τροφοδοσίας βιοαερίου βρίσκονται σε λειτουργία στη Σουηδία, τη Γερμανία, την Αυστρία, την Ολλανδία, την Ελβετία και τη Γαλλία. Τα κύρια εμπόδια για την έγχυση του βιομεθανίου είναι τα υψηλά κόστη της αναβάθμισης και της σύνδεσης στο δίκτυο. Η έγχυση στο δίκτυο περιορίζεται επίσης από τη θέση των κατάλληλων περιοχών παραγωγής και αναβάθμισης του βιομεθανίου, οι οποίες πρέπει να είναι κοντά στο δίκτυο του φυσικού αερίου.

5.6.3 Παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα και μεθανίου ως χημικών προϊόντων

Η παραγωγή καθαρού μεθανίου και CO_2 από το βιοαέριο μπορεί να είναι μια βιώσιμη εναλλακτική λύση στην παραγωγή μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα από ορυκτές πηγές ενέργειας. Και οι δύο αυτές ουσίες είναι σημαντικές για τη χημική βιομηχανία. Το καθαρό CO_2 χρησιμοποιείται για την παραγωγή πολυανθράκων, ξηρού πάγου ή για την επεξεργασία επιφανειών (αμμοβολή με CO_2). Το CO_2 από το βιοαέριο μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί στη γεωργία, ως εδαφοβελτιωτικό στα θερμοκήπια.

6 Χρήση του χωνεμένου υπολείμματος

Η παραγωγή βιοαερίου από αγροτικές δραστηριότητες αποτελεί τμήμα της ολιστικής γεωργίας, η οποία λαμβάνει υπόψη όχι μόνο τα οικονομικά κόστη και κέρδη των αγροτικών δραστηριοτήτων, αλλά και κοινωνικοοικονομικές και περιβαλλοντικές πτυχές. Η παραγωγή βιοαερίου από αγροτικές δραστηριότητες παρέχει έναν συνδυασμό αγροτικών οικονομικών και περιβαλλοντικών οφελών και, για το λόγο αυτό, οι πρωτοπόροι των τεχνολογιών βιοαερίου στην Ευρώπη, μετά από την πετρελαϊκή κρίση, ήταν οι γεωργοί που ασχολήθηκαν με τη βιολογική γεωργία, οι οποίοι έβλεπαν την ΑΧ όχι μόνο ως έναν τρόπο για παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας, αλλά και για τη βελτίωση της εδαφοβελτιωτικής ποιότητας της ζωικής στερεής κοπριάς.

6.1 ΑΧ - Μία τεχνολογία διαχείρισης της ζωικής στερεής και υδαρούς κοπριάς σε περιοχές εντατικής καλλιέργειας

Η κτηνοτροφία είναι επίσης γνωστή για την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων ζωικής στερεής κοπριάς. Συνηθέστερα, οι γεωργικές εκτάσεις που διαθέτουν οι κτηνοτροφικές μονάδες δεν επαρκούν για τη βέλτιστη χρήση των παραχθέντων στερεών και υδαρών κοπριών ως λίπασμα. Το πλεόνασμα των ζωικών στερεών κοπριών απαιτεί τη λήψη επαρκών μέτρων για τη διαχείρισή τους, ώστε να αποτραπούν πιθανές σοβαρές επιπτώσεις από την υπερβολική λίπανση με στερεή κοπριά σε αυτές τις περιοχές, όπως είναι:

- Η ρύπανση του εδάφους και των επιφανειακών υδάτων μέσω της διαρροής θρεπτικών ουσιών
- Η καταστροφή της δομής και της μικροβιολογίας του εδάφους
- Η καταστροφή συγκεκριμένων πληθυσμών χορτολιβαδικής βλάστησης και ο σχηματισμός χαρακτηριστικής «βλάστησης υδαρούς κοπριάς»
- Σοβαροί κίνδυνοι εκπομπών μεθανίου και αμμωνίας
- Η όχληση λόγω οσμών και μυρών, από την αποθήκευση και την εφαρμογή της στερεής κοπριάς
- Ο κίνδυνος μόλυνσης και διάδοσης των παθογόνων μικροοργανισμών.

Η ΑΧ των ζωικών στερεών και υδαρών κοπριών μπορεί να είναι η λύση στα ανωτέρω προβλήματα, επιτρέποντας τις φιλικές προς το περιβάλλον γεωργικές πρακτικές.

6.2 Από την ακατέργαστη υδαρή κοπριά στο χωνεμένο υπόλειμμα ως εδαφοβελτιωτικό

6.2.1 Βιοδιάσπαση της οργανικής ουσίας

Η επεξεργασία των ζωικών στερεών και υδαρών κοπριών στις μονάδες βιοαερίου οδηγεί στη βιοδιάσπαση των οργανικών ενώσεων σε ανόργανες ουσίες και μεθάνιο. Στην πράξη, οι μονάδες βιοαερίου που επεξεργάζονται τις στερεές και υδαρείς κοπριές έχουν ένα κλάσμα διάσπασης της οργανικής ουσίας της τάξης του 40% για την υδαρή κοπριά βοοειδών και 65% για την υδαρή κοπριά χοίρων. Το κλάσμα διάσπασης εξαρτάται κυρίως από τον τύπο της πρώτης ύλης (Πίνακας 6.1), τον υδραυλικό χρόνο παραμονής (ΥΧΠ) και τη θερμοκρασία της διεργασίας. Λόγω της υποβάθμισης της οργανικής ουσίας, γίνεται ευκολότερο να αντληθεί το χωνεμένο υπόλειμμα και να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό, με μειωμένη ανάγκη για ανάδευση, σε σύγκριση με την μη επεξεργασμένη υδαρή κοπριά.

Πίνακας 6.1: Κατανομή των θρεπτικών ουσιών στο χωνεμένο υπόλειμμα

	Ξηρή ουσία %	Σύνολο N kg/ton	NH ₄ -N kg/ton	P kg/ton	K kg/ton	pH
Υδαρής κοπριά βοοειδών	6,0	5,0	2,8	0,8	3,5	6,5
Υδαρής κοπριά χοίρων	4,0	5,0	3,8	1,0	2,0	7,0
Χωνεμένη υδαρής κοπριά	2,8	5,0	4,0	0,9	2,8	7,5

6.2.2 Μείωση των οσμών

Μια από τις αξιοπρόσεχτες θετικές εξελίξεις λόγω της ΑΧ της στερεής κοπριάς, είναι η σημαντική μείωση των οσμών (πτητικά οξέα, φαινόλη και παράγωγα φαινολών). Η εμπειρία δείχνει ότι από την ΑΧ μπορεί να μειωθεί μέχρι και το 80% των οσμών των υποστρωμάτων πρώτης ύλης. Δεν πρόκειται μόνο για μείωση της έντασης και της διατήρησης των οσμών (Σχήμα 6.1), αλλά και μια θετική αλλαγή στη σύνθεση των οσμών, καθώς το χωνεμένο υπόλειμμα δεν έχει πλέον τη δυσάρεστη μυρωδιά της υδαρούς κοπριάς, αλλά μυρίζει περισσότερο όπως η αμμωνία. Ακόμα κι αν αποθηκεύεται για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους, το χωνεμένο υπόλειμμα δεν παρουσιάζει καμία αύξηση στην εκπομπή οσμών. Το Σχήμα 6.1 δείχνει ότι 12 ώρες μετά από την εφαρμογή του χωνεμένου υπολείμματος, η μυρωδιά έχει σχεδόν εξαφανιστεί.



Σχήμα 6.1: Επηρεαζόμενη περιοχή και διατήρηση της όχλησης λόγω οσμών, μετά την εφαρμογή του χωνεμένου υπολείμματος και της μη επεξεργασμένης υδαρούς κοπριάς, σε γεωργικές εκτάσεις με βορειοδυτικό άνεμο (BIRKMOSE 2002)

6.2.3 Υγιεινή

Η διεργασία της ΑΧ αδρανοποιεί τους ιούς, τα βακτήρια και τα παράσιτα στα επεξεργασμένα υποστρώματα πρώτης ύλης, επίδραση που συνήθως καλείται «υγιεινή». Η αποδοτικότητα της υγιεινής της ΑΧ εξαρτάται από το χρόνο παραμονής της πρώτης ύλης μέσα στο χωνευτή (ΥΧΠ), τη θερμοκρασία της διεργασίας, την τεχνική ανάδευσης και τον τύπο του χωνευτή. Η βέλτιστη υγιεινή επιτυγχάνεται στις θερμοφίλες θερμοκρασίες (50-55°C) σε έναν επιμήκη αντιδραστήρα στρωτής ροής, με τον κατάλληλο χρόνο παραμονής. Σε αυτόν τον τύπο χωνευτή δεν λαμβάνει χώρα καμία μείξη του χωνεμένου υπολείμματος με τη νωπή πρώτη ύλη, επιτρέποντας την καταστροφή όλων των παθογόνων σε ποσοστό άνω του 99%.

Προκειμένου να εξασφαλιστεί η κτηνιατρικώς ασφαλής ανακύκλωση του χωνεμένου υπολείμματος ως εδαφοβελτιωτικό, η ευρωπαϊκή νομοθεσία απαιτεί συγκεκριμένα μέτρα υγιεινής στην περίπτωση των τύπων πρώτης ύλης ζωικής προέλευσης. Ανάλογα με τον τύπο της πρώτης ύλης απαιτείται προ-υγιεινή μέσω παστερίωσης ή μέσω αποστείρωσης υπό πίεση πριν την παροχή του υποστρώματος στον χωνευτή. Για περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με την υγιεινή δείτε το κεφάλαιο 7.2.

6.2.4 Καταστροφή των σπόρων των ζιζανίων

Μια σημαντική μείωση της ικανότητας δημιουργίας βλάστησης των σπόρων των ζιζανίων προκύπτει μέσω της διεργασίας της ΑΧ. Με αυτόν τον τρόπο, η παραγωγή του βιοαερίου συμβάλλει στην οικολογική μείωση των ζιζανίων. Η εμπειρία δείχνει ότι, η απώλεια της ικανότητας δημιουργίας βλάστησης μπορεί να εμφανιστεί για την πλειοψηφία των σπόρων ζιζανίων μέσα σε 10-16 ημέρες ΥΧΠ, αν και υπάρχουν διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ των διαφορετικών τύπων σπόρων των φυτών. Όπως και στην περίπτωση της υγιεινής, η επίδραση αυξάνεται με το χρόνο παραμονής και τη θερμοκρασία.

6.2.5 Αποφυγή του καψίματος των φυτών

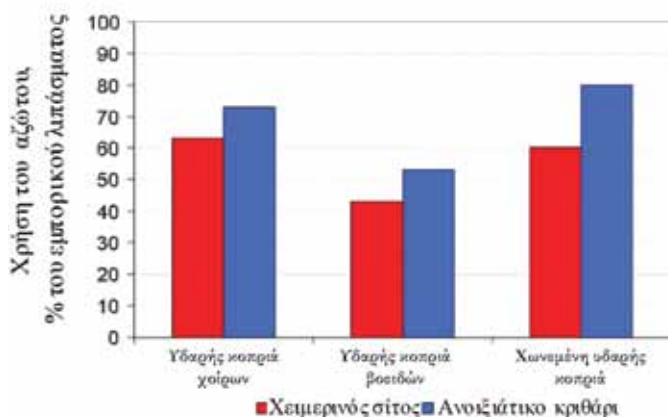
Η εφαρμογή της ακατέργαστης υδαρούς κοπριάς ως λίπασμα μπορεί να προκαλέσει το κάψιμο των φύλλων των φυτών, λόγω της επίδρασης των χαμηλής πυκνότητας λιπαρών οξέων, όπως το οξικό οξύ. Κατά τη λίπανση με χωνεμένο υπόλειμμα, αποφεύγεται το κάψιμο των φυτών, δεδομένου ότι τα περισσότερα λιπαρά οξέα έχουν διαλυθεί από τη διεργασία της ΑΧ. Το χωνεμένο υπόλειμμα ρέει ευκολότερα από τα φυτά απ' ό,τι η μη χωνεμένη υδαρής κοπριά, πράγμα που μειώνει το χρόνο της άμεσης επαφής μεταξύ του χωνεμένου υπολείμματος και των υπέργειων τμημάτων των φυτών και μέσω αυτού τον κίνδυνο ζημιάς των φύλλων.

6.2.6 Βελτίωση του λιπάσματος

Μέσω της διεργασίας της ΑΧ, οι πιο οργανικά συνδεδεμένες θρεπτικές ουσίες, ιδιαίτερα το άζωτο, είναι μεταλλοποιημένες και διατίθενται εύκολα στα φυτά. Το Σχήμα 6.2 παρουσιάζει τη χρήση του αζώτου από χωνεμένη υδαρή κοπριά, που εφαρμόζεται στα χειμερινά σιτηρά και το ανοιξιότικο κριθάρι, έναντι της χρήσης αζώτου από μη επεξεργασμένη υδαρή κοπριά. Λόγω της αυξανόμενης διαθεσιμότητας αζώτου, το χωνεμένο υπόλειμμα μπορεί να ενσωματωθεί πλήρως στα σχέδια λίπανσης των αγροκτημάτων, καθώς είναι δυνατό να υπολογιστούν τα αποτελέσματα λίπανσής του με τον ίδιο τρόπο όπως και για τα χημικά λιπάσματα.

Το χωνεμένο υπόλειμμα έχει χαμηλότερη αναλογία C/N έναντι της ακατέργαστης στερεής κοπριάς. Η χαμηλότερη αναλογία C/N σημαίνει ότι το χωνεμένο υπόλειμμα έχει καλύτερη δυναμικότητα

βραχυπρόθεσμης λίπανσης με άζωτο. Όταν η τιμή της αναλογίας C/N είναι πάρα πολύ υψηλή, οι μικροοργανισμοί υπερισχύουν στο χώμα, καθώς ανταγωνίζονται επιτυχώς με τις ρίζες των φυτών για το διαθέσιμο άζωτο.



Σχήμα 6.2: Χρήση του αζώτου στο χωνεμένο υπόλειμμα σε σύγκριση με την μη επεξεργασμένη υδαρή κοπριά χοίρων και βοοειδών (BIRKMOSE 2002)

6.3 Εφαρμογή του χωνεμένου υπολείμματος ως εδαφοβελτιωτικό

Το χωνεμένο υπόλειμμα είναι πιο ομογενοποιημένο σε σχέση με την ακατέργαστη υδαρή κοπριά, με μια βελτιωμένη ισορροπία N-P. Έχει ένα συγκεκριμένο περιεχόμενο φυτικών θρεπτικών ουσιών, που επιτρέπει την ακριβή δοσολογία και την ένταξη στα σχέδια λίπανσης των αγροκτημάτων. Το χωνεμένο υπόλειμμα περιέχει περισσότερο ανόργανο άζωτο, ευκολότερα προσβάσιμο στα φυτά, από τη μη επεξεργασμένη υδαρή κοπριά. Εάν το χωνεμένο υπόλειμμα χρησιμοποιείται ως εδαφοβελτιωτικό σύμφωνα με την ορθή γεωργική πρακτική, θα αυξηθεί αρκετά η αποδοτικότητα σε άζωτο και θα ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες των θρεπτικών ουσιών από τη διύλιση και την εξάτμιση.

Για τη βέλτιστη χρήση του χωνεμένου υπολείμματος ως εδαφοβελτιωτικό πρέπει να εξεταστούν οι ίδιες βασικές πτυχές, όπως και στην περίπτωση της χρήσης της μη επεξεργασμένης στερεής και υδαρούς κοπριάς:

- Ικανοποιητική ικανότητα αποθήκευσης (ελάχιστο 6 μήνες)
- Εποχιακοί περιορισμοί για την εφαρμογή ως εδαφοβελτιωτικό (κατά τη διάρκεια της βλάστησης)
- Ποσότητα που εφαρμόζεται ανά εκτάριο (με βάση το σχέδιο λίπανσης)
- Τεχνική εφαρμογής (άμεση ενσωμάτωση και ελάχιστες θρεπτικές απώλειες).

Λόγω των ιδιοτήτων της υψηλότερης ομοιογένειας και ροής, το χωνεμένο υπόλειμμα διεισδύει στο έδαφος γρηγορότερα από την ακατέργαστη υδαρή κοπριά. Ωστόσο, η εφαρμογή του χωνεμένου υπολείμματος ως εδαφοβελτιωτικό εμπεριέχει κινδύνους απωλειών αζώτου μέσω των εκπομπών αμμωνίας και της διαρροής νιτρικών αλάτων. Προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν αυτοί οι κίνδυνοι, πρέπει να τηρούνται μερικοί απλοί κανόνες ορθής γεωργικής πρακτικής:

- Αποφυγή της υπερβολικής ανάδευσης του χωνεμένου υπολείμματος πριν από την εφαρμογή
- Εφαρμογή μόνο του ψυχρού χωνεμένου υπολείμματος, από την δεξαμενή προ-αποθήκευσης
- Η εφαρμογή στα αγροκτήματα πρέπει να γίνεται με εύκαμπτους συρόμενους σωλήνες, άμεση έγχυση στο χώμα ή με δισκοειδείς εγχυτήρες
- Εάν εφαρμόζεται στην επιφάνεια του εδάφους, είναι απαραίτητη η άμεση ενσωμάτωσή του στο χώμα

- Εφαρμογή στην αρχή της περιόδου ανάπτυξης ή κατά τη διάρκεια της βλαστητικής αύξησης
- Η εφαρμογή στις χειμερινές καλλιέργειες πρέπει να αρχίσει με το 1/3 της συνολικής απαίτησης σε άζωτο
- Οι βέλτιστες καιρικές συνθήκες για την εφαρμογή του χωνεμένου υπολείμματος είναι: βροχερός καιρός, με υψηλή υγρασία και άπνοια. Ο ξηρός, ηλιόλουστος και με ισχυρούς ανέμους καιρός μειώνει σημαντικά την αποδοτικότητα σε άζωτο.

Αναλόγως των καλλιεργιών, η εμπειρία δείχνει ότι, στην Ευρώπη, ο καλύτερος χρόνος για την εφαρμογή του χωνεμένου υπολείμματος είναι κατά την έντονη βλαστητική αύξηση. Το χωνεμένο υπόλειμμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως επιφανειακό εδαφοβελτιωτικό στις καλλιέργειες σε πλήρη ανάπτυξη. Αυτή η εφαρμογή δεν προκαλεί ανησυχία για την απώλεια αζώτου ως νιτρικό άλας στα υπόγεια ύδατα, δεδομένου ότι το κύριο μέρος των θρεπτικών ουσιών απορροφάται άμεσα από τα φυτά. Η εμπειρία στην Δανία δείχνει ότι, με την εφαρμογή του χωνεμένου υπολείμματος ως επιφανειακό εδαφοβελτιωτικό, ένα μέρος των θρεπτικών ουσιών απορροφάται μέσω των φύλλων.

6.4 Επιπτώσεις της εφαρμογής του χωνεμένου υπολείμματος στο χόμα

Η αποδόμηση της οργανικής ουσίας, η οποία συμβαίνει μέσω της διεργασίας της ΑΧ, περιλαμβάνει τη διάσπαση των δεσμών του άνθρακα, των οργανικών οξέων, καθώς επίσης και των ευωδών και των καυστικών ουσιών. Για το λόγο αυτό, όταν εφαρμόζεται στο έδαφος, το χωνεμένο υπόλειμμα δημιουργεί τη λιγότερη ένταση και το καταλληλότερο περιβάλλον για τους εδαφικούς οργανισμούς, έναντι της εφαρμογής της ακατέργαστης υδαρούς κοπριάς. Οι μετρήσεις του βιολογικά απαιτούμενου οξυγόνου (BOD) της χωνεμένης υδαρούς κοπριάς βοοειδών και χοίρων παρουσίασαν 10 φορές μικρότερη ζήτηση οξυγόνου απ' ό,τι στην περίπτωση της μη χωνεμένης υδαρούς κοπριάς. Αυτό σημαίνει ότι τα εδάφη που λιπαίνονται με το χωνεμένο υπόλειμμα δεν εισέρχονται σε μια αναερόβια φάση, και χρησιμοποιούν αναλόγως λιγότερο οξυγόνο. Όπως μειώνεται η κατανάλωση οξυγόνου, το ίδιο συμβαίνει και με τη τάση διαμόρφωσης ανοξικών εδαφικών περιοχών, δηλαδή ζωνών ελευθέρων οξυγόνου και περιέχουν άζωτο. Επίσης υψηλότερη είναι η ικανότητα ενίσχυσης με νέο χόμα και αναπαραγωγής του φυτοχώματος μέσω της παρεχόμενης οργανικής ουσίας, εάν συγκριθεί με τη λίπανση με μη επεξεργασμένη υδαρή κοπριά.

Οδηγίες καλής πρακτικής

για την ελαχιστοποίηση της εξάτμισης της αμμωνίας κατά την διάρκεια της αποθήκευσης και της εφαρμογής του χωνεμένου υπολείμματος

- Πρέπει πάντα να υπάρχει μια μόνιμη κάλυψη ή ένα καλά διαμορφωμένο φύλλο κρούστας /στρώμα επίπλευσης στις δεξαμενές αποθήκευσης του χωνεμένου υπολείμματος
- Το χωνεμένο υπόλειμμα πρέπει πάντα να αντλείται στο κάτω μέρος της δεξαμενής αποθήκευσης, για να αποφεύγεται η ανάδευση και πρέπει να γίνεται ανάδευση ακριβώς πριν την εφαρμογή
- Η δεξαμενή αποθήκευσης πρέπει να τοποθετείται σε σκιερό μέρος, προστατευμένο από τον άνεμο
- Οι περισσότερες εκπομπές μπορούν να αποφευχθούν εάν το χωνεμένο υπόλειμμα εισαχθεί άμεσα στο χόμα
- Για την εφαρμογή του χωνεμένου υπολείμματος, πρέπει να προτιμούνται οι συρόμενοι εύκαμπτοι σωλήνες από τις τεχνολογίες ψεκασμού. Οι τεχνολογίες ψεκασμού αυξάνουν τις εκπομπές αμμωνίας και διασκορπίζουν ανεπιθύμητα αερολύματα σε μεγάλες περιοχές
- Η εφαρμογή πρέπει να πραγματοποιείται σε βέλτιστες καιρικές συνθήκες (καιρός δροσερός, υγρός και χωρίς αέρα)
- Η προσθήκη οξέος στο χωνεμένο υπόλειμμα πριν από την εφαρμογή μειώνει την τιμή του pH και, με αυτό τον τρόπο, την τάση της αμμωνίας να εξατμίζεται



Σχήμα 6.3: Οχήματα για τη διασπορά του χωνεμένου υπολείμματος ως εδαφοβελτιωτικό με την χρήση εύκαμπτων σωλήνων (AGRINZ 2008)

Συγκρίνοντας την εφαρμογή του κομπόστ και της μη επεξεργασμένης υδαρούς κοπριάς, το χωνεμένο υπόλειμμα παρέχει μεγαλύτερα ποσοστά άνθρακα, διαθέσιμα για την αναπαραγωγή των οργανικών ουσιών στα εδάφη. Κατά τη διάρκεια της AX, διαλύονται τα διασπώμενα οργανικά συστατικά όπως η κυτταρίνη και τα λιπαρά οξέα. Τα συστατικά λιγνίνης, τα οποία είναι πολύτιμα για το σχηματισμό του φυτοχώματος, παραμένουν. Τα βακτήρια μεθανίου από μόνα τους παράγουν μια ολόκληρη σειρά αμινοξέων, τα οποία είναι διαθέσιμα για τα φυτά και άλλους ζωντανούς οργανισμούς στο χώμα. Μελέτες στη Γερμανία που έγιναν με χωνεμένη υδαρή κοπριά χοίρων παρουσίασαν μια αύξηση στον δείκτη αποδοτικότητας της παραγωγής φυτοχώματος από 0,82 μέχρι 1,04.

6.5 Πρακτική εμπειρία

Αν και υπάρχουν διαφορετικές απόψεις μεταξύ των επιστημόνων για τις επιπτώσεις της εφαρμογής του χωνεμένου υπολείμματος ως εδαφοβελτιωτικό, ειδικά σχετικά με το άζωτο, η υπάρχουσα εμπειρία και τα αποτελέσματα από την πράξη είναι αδιαμφισβήτητα. Για πολλούς γεωργούς που χρησιμοποιούν χωνεμένο υπόλειμμα, η βελτίωση του λιπάσματος από τη δικιά τους στερεή και υδαρή κοπριά έχει μεγάλη σημασία. Μέσω της χρήσης του χωνεμένου υπολείμματος οι συμβατικοί γεωργοί παρατηρούν μικρότερη χρήση χημικών ψεκασμών καθώς επίσης και λιγότερη ανάγκη για ανόργανα λιπάσματα.

Έχουν παρατηρηθεί ελάφια και λαγοί να αναζητούν τροφή στα αγροκτήματα αμέσως μετά την εφαρμογή του χωνεμένου υπολείμματος, ενώ και τα βοοειδή είναι επίσης πρόθυμα να φάνε τη χλόη σε σύντομο χρονικό διάστημα αφού έχει εφαρμοστεί το χωνεμένο υπόλειμμα στα αγροκτήματα, πράγμα που σημαίνει λιγότερη απώλεια της γευστικότητας σε σχέση με την εφαρμογή της ακατέργαστης υδαρούς κοπριάς.

Η διεργασία της AX αδρανοποιεί τους περισσότερους από τους σπόρους ζιζανίων στη στερεή κοπριά, σπάει ο κύκλος διάδοσης των ζιζανίων και η ποσότητα των ζιζανίων στα αγροκτήματα μειώνεται. Πολλοί γεωργοί που έχουν χρησιμοποιήσει χωνεμένο υπόλειμμα ως εδαφοβελτιωτικό για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα, επιβεβαιώνουν τις αυξανόμενες ποσότητες πολύτιμων χορτολιβαδικών φυτών στα αγροκτήματά τους.

Οι γεωργοί που δραστηριοποιούνται στη βιολογική γεωργία και χρησιμοποιούν την AX για την επεξεργασία της στερεής κοπριάς και άλλων οργανικών αποβλήτων που παράγονται στα αγροκτήματά τους, έχουν αναφέρει αυξημένη μικροβιολογική δραστηριότητα του εδάφους και πιο υγιή φυτά, αυξημένη συγκομιδή άχυρου και σανού, καθώς επίσης και καλύτερης ποιότητας καλλιέργειες. Δεδομένου ότι η οργανική καλλιέργεια στοχεύει στην ελαχιστοποίηση οποιασδήποτε εξωτερικής παροχής, συμπεριλαμβανομένης και της χρήσης ενέργειας, η AX όχι μόνο παρέχει στο αγρόκτημα υψηλής ποιότητας εδαφοβελτιωτικό, αλλά και την απαραίτητη ενέργεια, στη μορφή ηλεκτρισμού και θερμότητας.

6.6 Βελτίωση του χωνεμένου υπολείμματος

Το χωνεμένο υπόλειμμα έχει υψηλή περιεκτικότητα σε νερό / υγρασία και συνεπώς μεγάλο όγκο. Η βελτίωση του χωνεμένου υπολείμματος στοχεύει στη μείωση του όγκου και τη συγκέντρωση των θρεπτικών ουσιών. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στις περιοχές με εντατική κτηνοτροφία, όπου υπάρχει περίσσεια θρεπτικών ουσιών από στερεή κοπριά ενώ δεν διατίθεται ικανοποιητική έκταση για την εφαρμογή τους. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η περίσσεια των θρεπτικών ουσιών πρέπει να μεταφερθεί σε άλλες περιοχές με έναν οικονομικό και αποδοτικό τρόπο. Η βελτίωση του χωνεμένου υπολείμματος δεν παρέχει μόνο την ευκαιρία μείωσης των δαπανών μεταφοράς των θρεπτικών ουσιών, αλλά και μείωσης των εκπομπών ρύπων και οσμών.

6.6.1 Στρατηγικές βελτίωσης του χωνεμένου υπολείμματος

Το χωνεμένο υπόλειμμα μπορεί να είναι μερικώς ή πλήρως βελτιωμένο. Η αποδοτικότητα χώνευσης των αγροτικών μονάδων βιοαερίου είναι τυπικά της τάξης του 50-60% (ANGELIDAKI, 2004). Αυτό σημαίνει ότι το χωνεμένο υπόλειμμα περιέχει 40-50% της αρχικής οργανικής ξηρής ουσίας, κυρίως ως ίνες.

Η μερική βελτίωση σημαίνει το διαχωρισμό του στερεού υλικού (ίνες) από το χωνεμένο υπόλειμμα, χρησιμοποιώντας διαχωριστές τύπου κοχλία ή αποσταλακτήρες. Η μερική βελτίωση μέσω του διαχωρισμού των ινών έγινε αρχικά με στόχο την παραγωγή εμπορικού κομποστ. Αργότερα, έγιναν δοκιμές σε πλήρη κλίμακα όπου το χωρισμένο μέρος των ινών, με περιεχόμενο ξηρής ουσίας πάνω από 45%, χρησιμοποιήθηκε ως συμπληρωματικό καύσιμο σε λέβητες ρινισμάτων ξύλου, βελτιώνοντας τη συνολική ενεργειακή αποδοτικότητα κατά περίπου 15%, μέσω της συμπληρωματικής παραγωγής θερμότητας (ANGELIDAKI, 2004). Παράλληλα, ένα όφελος που τελευταία φαίνεται να προσθέτει στην επίτευξη του διαχωρισμού, είναι η αφαίρεση και εξαγωγή της περίσσειας του φωσφόρου, η οποία είναι κυρίως δεσμευμένη στις ίνες. Για το λόγο αυτό, η μερική βελτίωση μέσω του διαχωρισμού απόσταξης (Πίνακας 6.2 και Σχήμα 6.4) είναι μια τεχνολογία κατάλληλη σε καταστάσεις όπου υπάρχει περίσσεια φωσφόρου. Μπορούν να εξαχθούν οι ίνες, ενώ το υπόλοιπο υγρό κλάσμα, που περιέχει το κύριο μέρος του αζώτου, μπορεί να εφαρμοστεί ως εδαφοβελτιωτικό. Ερευνητικά αποτελέσματα δείχνουν ότι τα διαχωρισμένα μέρη των ινών, μετά από μείξη με άλλα ομο-υποστρώματα, μπορούν να τροφοδοτηθούν πάλι στο χωνευτή, βελτιώνοντας την περιεκτικότητα σε ΞΟ και αυξάνοντας το δυναμικό μεθανίου του υποστρώματος.

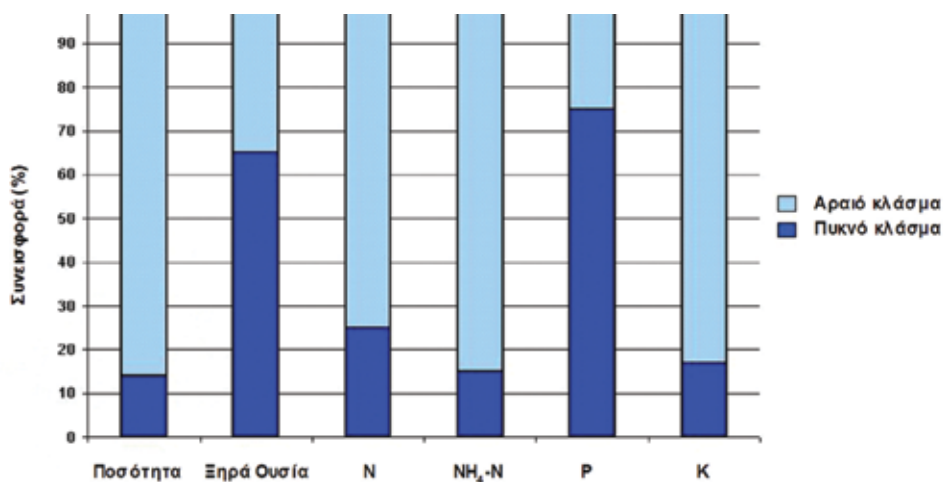
Πίνακας 6.2: Τα διαχωρισμένα μέρη από τη φυγοκέντρωση απόσταξης (AL SEADI & MOELLER 2003)

	Ποσότητες (%)	ΞΟ (%)	N (%)	NH ₄ -N (%)	P (%)	K (%)
Ακατέργαστη υδαρής κοπριά	100	100 (6,4%)	100 (5,7%)	100 (4,2%)	100 (1,6%)	100 (2,6%)
Στερεό μέρος	14	65 (30%)	25 (10,1%)	15 (4,5%)	75 (8,7%)	17 (3,1%)
Υγρό μέρος	86	35 (2,6%)	75 (4,9%)	85 (4,2%)	25 (0,5%)	83 (2,5%)

Η πλήρης βελτίωση χωρίζει το χωνεμένο υπόλειμμα σε τρία τελικά προϊόντα: καθαρό νερό, συγκεντρωμένες θρεπτικές ουσίες και οργανικές ίνες. Όλες οι θρεπτικές ουσίες (άζωτο, φώσφορος, και κάλιο) και οι οργανικές ενώσεις διαχωρίζονται από το κύριο ρεύμα σε μια ιδιαίτερα συγκεντρωμένη

μορφή και μπορούν να εξαχθούν από την περιοχή με την περίσσεια θρεπτικών ουσιών. Το υπόλοιπο καθαρό νερό μπορεί να διατεθεί στο σύστημα επιφανειακών υδάτων ή να χρησιμοποιηθεί ως νερό διεργασίας. Η πλήρης βελτίωση χρησιμοποιείται στις γεωργικές περιοχές που περιέχουν περίσσεια αζώτου.

Και στις δύο περιπτώσεις (μερική ή πλήρης βελτίωση), το πρώτο βήμα είναι ο διαχωρισμός των μερών των υγρών και των ινών, το οποίο διαιρεί το χωνεμένο υπόλειμμα σε ένα στερεό μέρος εμπλουτισμένο με συγκεντρωμένο άνθρακα και φώσφορο και ένα πλούσιο σε άζωτο ρευστό μέρος. Ανάλογα με τη διαμόρφωση των εγκαταστάσεων και τον τύπο της βελτίωσης, η πλήρης βελτίωση συγκεντρώνει ή διαχωρίζει περαιτέρω τις θρεπτικές ουσίες NPK. Οι περισσότερο χρησιμοποιούμενες διεργασίες περιλαμβάνουν την τεχνολογία διαχωρισμού μεμβρανών, την προσρόφηση ή αφαίρεση της αμμωνίας, και την εξάτμιση ή βιολογική επεξεργασία.



Σχήμα 6.4: Κατανομή της ξηρής ουσίας και των θρεπτικών ουσιών σε διαχωρισμένα μέρη από φυγοκέντρηση απόσταξης (AL SEADI & MOELLER 2003)

Ο διαχωρισμός των ινών γίνεται με διαχωριστές ή ελικοειδής σίτες, φυγοκεντρητές και, περιστασιακά, με πρέσες μεταφορικής ταινίας-σίτας (Σχήμα 6.5). Το 15-20% των στερεών διαχωρίζεται με ελικοειδής σίτες και περισσότερο από το 60% με φυγοκεντρήσεις σε φυγοκεντρητή. Το μεγαλύτερο μέρος του αζώτου (έως και το 90%) διαχωρίζεται με το υγρό μέρος, ενώ το φωσφορικό άλας αφαιρείται μερικώς, καθώς το κύριο μέρος δεσμεύεται στις ίνες/σωματίδια του στερεού υλικού.

Οι διεργασίες πλήρους βελτίωσης (συμπεριλαμβανομένης της εξαγωγής του ύδατος) χρησιμοποιούν δύο κύριες τεχνολογίες: την τεχνολογία διαχωρισμού μεμβράνης ή την τεχνική της εξάτμισης. Και οι δύο είναι τεχνολογικά σύνθετες και απαιτούν σημαντική κατανάλωση ενέργειας. Για τον λόγο αυτό, είναι οικονομικά εφικτές για τις μονάδες βιοαερίου με εγκατεστημένη ισχύ πάνω από 700 kW.



Σχήμα 6.5: Βαγόνι συλλογής των ινών, με κοχλία ως διανομέα (ANGELIDAKI 2004)

Τεχνολογία διαχωρισμού μεμβράνης

Μια μεμβράνη είναι ένα φίλτρο με πολύ λεπτούς πόρους, οι οποίοι μπορούν να διαχωρίσουν τα σωματίδια και τις διαλυτές ουσίες από τα περισσότερα υγρά σε μοριακή κλίμακα. Η απόφαση να χρησιμοποιηθεί η μικρο-, υπερ- ή νανο- διήθηση ή η αντίστροφη όσμωση των διαλυτών ουσιών εξαρτάται από το μέγεθος του υλικού που πρόκειται να διαχωριστεί. Η κινητήρια δύναμη για το διαχωρισμό της ξηρής ουσίας είναι η διαφορά της πίεσης μεταξύ των δύο πλευρών της μεμβράνης. Συχνά εφαρμόζονται διάφορα στάδια βελτίωσης σε διαδοχική σειρά, προκειμένου να επιτευχθεί ο επιθυμητός διαχωρισμός. Για παράδειγμα, τα μεγαλύτερα σωματίδια αφαιρούνται από ένα διήθημα φυγοκεντρική μέσω ενός πρώτου βήματος υπερ-διήθησης και, έπειτα, οι διαλυτές ουσίες αφαιρούνται σε ένα δεύτερο βήμα με αντίστροφη όσμωση. Εκτός από το καθαρό νερό, ο διαχωρισμός μεμβράνης παράγει ένα συμπύκνωμα πλούσιο σε θρεπτικά στοιχεία, το οποίο είτε μπορεί να πωληθεί άμεσα ως υγρό εδαφοβελτιωτικό, είτε να υποβληθεί σε περαιτέρω επεξεργασία για μείωση του όγκου μέσω της εξάτμισης.

Εξάτμιση

Μέσω της εξάτμισης, η υγρή φάση καθαρίζεται περαιτέρω και διαχωρίζεται σε θρεπτικές ουσίες και καθαρό νερό. Οι εγκαταστάσεις εξάτμισης εμφανίζουν υψηλή κατανάλωση ενέργειας. Στις περισσότερες περιπτώσεις, σε εγκαταστάσεις εξάτμισης χρησιμοποιείται το πλεόνασμα της θερμότητας από την παραγωγή της ΣΗΘ, αυξάνοντας την αποδοτικότητα της ενεργειακής χρήσης και συμβάλλοντας στην κάλυψη ενός μέρους των δαπανών της μονάδας βελτίωσης.

Για την επιλογή της τεχνολογίας εξάτμισης κρίσιμα είναι τα χαρακτηριστικά του υποστρώματος που πρόκειται να υποβληθεί σε εξάτμιση. Στην περίπτωση του χωνεμένου υπολείμματος, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί ένας εξατμιστής κλειστής κυκλοφορίας, στον οποίο η μετάδοση της θερμότητας και η κυρίως διαδικασία της εξάτμισης λαμβάνουν χώρα ξεχωριστά. Αυτό εξασφαλίζει μια σταθερότερη διεργασία, ειδικά εάν το προς εξάτμιση υπόστρωμα έχει την τάση να στρωματοποιείται.

6.6.2 Απαραίτητες εκτιμήσεις-Παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη

Οι τεχνολογίες βελτίωσης (ειδικά η πλήρης βελτίωση) απαιτούν μεγάλη κατανάλωση ενέργειας προκειμένου να δημιουργηθεί η απαραίτητη πίεση που χρησιμοποιείται στις τεχνολογίες μεμβράνης, ή για την παραγωγή θερμότητας που χρησιμοποιείται στις διαδικασίες εξάτμισης. Μέχρι και το 50% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο είναι απαραίτητο για την πλήρη βελτίωση του παραγόμενου χωνεμένου υπολείμματος με τη χρήση της τεχνολογίας μεμβράνης. Η μερική βελτίωση είναι λιγότερο απαιτητική σε ενέργεια, φθηνότερη και, στις περιοχές όπου υπάρχει πλεόνασμα φωσφόρου, είναι η πιο οικονομική τεχνολογία βελτίωσης.

Σε όλες τις περιπτώσεις, η τεχνολογία βελτίωσης επιλέγεται σύμφωνα με τα χημικά και φυσικά χαρακτηριστικά του χωνεμένου υπολείμματος, και εδώ είναι που πρέπει να ληφθεί πρόνοια για την τάση του χωνεμένου υπολείμματος να στρωματοποιείται. Εάν ο στόχος είναι η πλήρης βελτίωση, είναι σημαντικό να αφαιρείται το μεγαλύτερο μέρος της χωνευόμενης ξηρής ουσίας, μέσω του πλήρους διαχωρισμού του υγρού και των ινών, ακολουθούμενου από υπερ-διήθηση ($< 0.2 \text{ mm}$), έτσι ώστε το υπόλοιπο υγρό μέρος να έχει σχεδόν την ποιότητα του καθαρού νερού. Εάν τα διαχωρισμένα μέρη δεν φθάσουν στο απαραίτητο επίπεδο καθαρότητας, ή εάν οι επιλεγμένες μεμβράνες και διαδικασίες δεν είναι κατάλληλες για το χωνεμένο υπόλειμμα, οι δαπάνες για ενέργεια, εργατικά, συντήρηση και καθαρισμό του συστήματος θα αυξηθούν αρκετά.

6.7 Διαχείριση της ποιότητας του χωνεμένου υπολείμματος

6.7.1 Δειγματοληψία, ανάλυση και χαρακτηρισμός προϊόντος του χωνεμένου υπολείμματος

Η ανακύκλωση του χωνεμένου υπολείμματος ως εδαφοβελτιωτικό στην γεωργία πρέπει να γίνεται μέσω της ενσωμάτωσής του στο πρόγραμμα λίπανσης του αγροκτήματος. Αυτό συνεπάγεται τη χορήγηση

της ακριβούς δόσης που είναι εφικτή, επειδή το χωνεμένο υπόλειμμα αναλύεται χημικά πριν την έξοδο του από την μονάδα βιοαερίου. Πρέπει να ληφθούν τυπικά δείγματα όλων των φορτίων του χωνεμένου υπολείμματος και να καθοριστεί το περιεχόμενο σε N, P και K, η ΞΟ, τα πτητικά και το pH. Εάν στη μονάδα του βιοαερίου συγχωνεύονται οργανικά απόβλητα, πρέπει να καθοριστεί επίσης η παρουσία βαρέων μετάλλων και έμμονων οργανικών μολυσματικών παραγόντων στο χωνεμένο υπόλειμμα, καθώς η συγκέντρωσή τους δεν μπορεί να υπερβαίνει τα όρια ανίχνευσης που ορίζονται από τη νομοθεσία. Για να εφαρμοστεί ακίνδυνα ως εδαφοβελτιωτικό, το χωνεμένο υπόλειμμα δεν πρέπει να έχει παθογόνα, μεταδιδόμενες ασθένειες μέσω του πρίον και φυσικές ακαθαρσίες.

6.7.2 Διαχείριση των θρεπτικών ουσιών στο χωνεμένο υπόλειμμα

Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες σχετικά με την ανακύκλωση του χωνεμένου υπολείμματος είναι το φορτίο των θρεπτικών ουσιών στο καλλιεργήσιμο έδαφος. Μπορεί να εμφανιστεί διύλιση νιτρικών αλάτων ή υπερπλήρωση φωσφόρου λόγω ακατάλληλου χειρισμού, αλλά και της αποθήκευσης και εφαρμογής του χωνεμένου υπολείμματος ως εδαφοβελτιωτικό.

Στην Ευρώπη, η Οδηγία για τη Νιτρορύπανση (91/676/ΕΕΚ) ρυθμίζει την εισαγωγή νιτρικού άλατος στο καλλιεργήσιμο έδαφος, έχοντας ως στόχο να προστατεύσει το περιβάλλον των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων από τη ρύπανση με νιτρικά άλατα, επιτρέποντας ως μέγιστο όριο τα 170 kg N/ha/έτος. Στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες η διάθεση θρεπτικών ουσιών στο καλλιεργήσιμο έδαφος ρυθμίζεται δια νόμου (Πίνακας 6.3).

Πίνακας 6.3: Παραδείγματα εθνικών κανονισμών για τη διάθεση των θρεπτικών ουσιών στο καλλιεργήσιμο έδαφος (NORDBERG 1999)

	Μέγιστο φορτίο θρεπτικών ουσιών	Απαιτούμενη ικανότητα αποθήκευσης	Υποχρεωτική εποχή για τη διασπορά
Αυστρία	170 kg N/ha/έτος	6 μήνες	28/2-25/10
Δανία	170 kg N/ha /έτος (βοοειδή) 140 kg N/ha/έτος (χοίροι)	9 μήνες	1/2-συγκομιδή
Ιταλία	170-500 kg N/ha /έτος	90-180 ημέρες	1/2- 1/12
Σουηδία	Με βάση τις μονάδες των εκτρεφόμενων ζώων	6-10 μήνες	1/2- 1/12

Η εφαρμογή του χωνεμένου υπολείμματος ως εδαφοβελτιωτικό πρέπει να γίνεται βάσει ενός σχεδίου λίπανσης. Το σχέδιο λίπανσης πρέπει να διαμορφώνεται ειδικά για κάθε αγροτεμάχιο, βάσει του τύπου της συγκομιδής, της προγραμματισμένης παραγωγής της καλλιέργειας, του προσδοκώμενου ποσοστού χρήσης των θρεπτικών ουσιών στο χωνεμένο υπόλειμμα, του τύπου του εδάφους (σύσταση, δομή, ποιότητα, pH), του υπάρχοντος αποθέματος μακρο- και μικρο- θρεπτικών ουσιών, της προ-συγκομιδής και των συνθηκών άρδευσης, και ανάλογα με τη γεωγραφική περιοχή.

Η εμπειρία από τη Δανία δείχνει ότι τόσο από περιβαλλοντικής όσο και από οικονομικής άποψης, μία βέλτιστη εφαρμογή του χωνεμένου υπολείμματος ως εδαφοβελτιωτικό σημαίνει την ικανοποίηση από το χωνεμένο υπόλειμμα των απαιτήσεων των καλλιεργειών σε φώσφορο. Η εφαρμογή του χωνεμένου υπολείμματος για την ικανοποίηση των απαιτήσεων σε φώσφορο υποδηλώνει περαιτέρω και την συμπλήρωση των απαιτήσεων των καλλιεργειών σε άζωτο. Οι λοιπές απαιτήσεις σε άζωτο μπορούν να καλυφθούν με την εφαρμογή ανόργανου λιπάσματος.

6.7.3 Γενικά μέτρα για τον ποιοτικό έλεγχο και την ασφαλή ανακύκλωση του χωνεμένου υπολείμματος

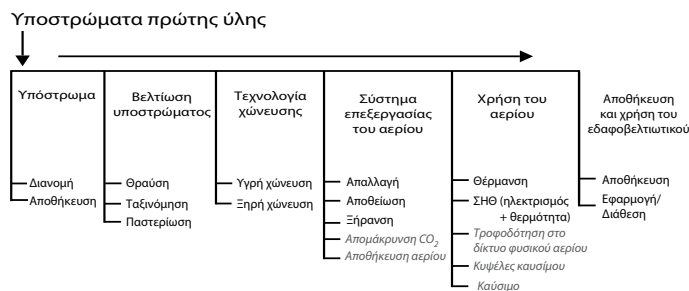
Η εμπειρία από την Ευρώπη με την ασφαλή ανακύκλωση του χωνεμένου υπολείμματος ως λίπασμα δείχνει ότι πρέπει πάντα να εξετάζονται τα παρακάτω θέματα:

- Μόνιμος έλεγχος της ευστάθειας της διεργασίας της ΑΧ (θερμοκρασία, χρόνος παραμονής, κ.λπ.) για να ληφθεί ένα σταθερό τελικό προϊόν (χωνεμένο υπόλειμμα)
- Υγιεινή του χωνεμένου υπολείμματος, σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα, για αποτελεσματική μείωση των παθογόνων
- Περιοδική δειγματοληψία, ανάλυση και καταγραφή του χωνεμένου υπολείμματος
- Ανακύκλωση του χωνεμένου υπολείμματος με την ένταξή του στο σχέδιο λίπανσης του αγροκτήματος και με χρήση της «ορθής γεωργικής πρακτικής» για την εφαρμογή του χωνεμένου υπολείμματος στο καλλιεργήσιμο έδαφος
- Προσεκτική επιλογή των τύπων και φορτίων της πρώτης ύλης της ΑΧ, βάσει της πλήρους καταγραφής και περιγραφής του κάθε φορτίου πρώτης ύλης, δηλώνοντας κατ'ελάχιστο: την προέλευση, τη σύσταση, το pH, το περιεχόμενο σε ΞΟ, το περιεχόμενο σε βαρέα μέταλλα και έμμενες οργανικές ενώσεις, τη μόλυνση με παθογόνα και άλλους πιθανούς κινδύνους.

7 Τμήματα μιας μονάδας βιοαερίου

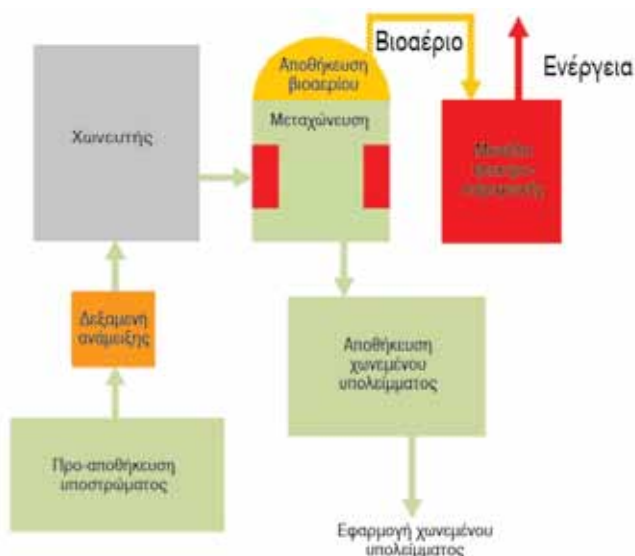
Μια μονάδα βιοαερίου είναι μια σύνθετη μονάδα, που αποτελείται από διάφορα τμήματα. Η διάταξη μιας τέτοιας μονάδας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τους τύπους και τις ποσότητες της παρεχόμενης πρώτης ύλης. Δεδομένου ότι υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι πρώτης ύλης, διαφορετικής προέλευσης, που είναι κατάλληλοι για χώνευση σε μονάδες βιοαερίου, υπάρχουν, αντίστοιχα, διάφορες τεχνικές για το χειρισμό αυτών, αλλά και διαφορετικές κατασκευές χωνευτών και συστήματα λειτουργίας. Επιπλέον, ανάλογα με τον τύπο, το μέγεθος και τις συνθήκες λειτουργίας της κάθε μονάδας βιοαερίου, μπορούν να εφαρμοστούν διάφορες τεχνολογίες για τη βελτίωση, την αποθήκευση και τη χρήση του βιοαερίου. Όσον αφορά στην αποθήκευση και τη χρήση του χωνεμένου υπολείμματος, αυτό που πρωτίστως ενδιαφέρει είναι η χρήση του ως εδαφοβελτιωτικό και τα απαραίτητα μέτρα για την προστασία του περιβάλλοντος που σχετίζονται με αυτό.

Τα κύρια βήματα της διεργασίας σε μια μονάδα βιοαερίου παρουσιάζονται στο Σχήμα 7.1. Τα βήματα της διεργασίας που περιγράφονται με πλάγιους χαρακτήρες δεν αποτελούν στάνταρ πρακτικές για τις αγροτικές μονάδες βιοαερίου. Η διαφοροποίηση της υγρής και ξηρής ΑΧ είναι μόνο θεωρητική, δεδομένου ότι οι μικροβιολογικές διεργασίες πραγματοποιούνται πάντα σε ρευστά μέσα. Το όριο μεταξύ της υγρής και της ξηρής χώνευσης καθορίζεται από την «αντλησιμότητα» της πρώτης ύλης. Ένα περιεχόμενο ξηρής ουσίας (ΞΟ) άνω του 15% σημαίνει ότι το υλικό δεν είναι «αντλήσιμο» και η ΑΧ σε αυτήν την περίπτωση ορίζεται ως ξηρή χώνευση. Η άμεση τροφοδοσία σχετικά ξηρής πρώτης ύλης (π.χ. χορτονομή) στον χωνευτή αυξάνει την περιεκτικότητα σε ΞΟ του μείγματος πρώτης ύλης.

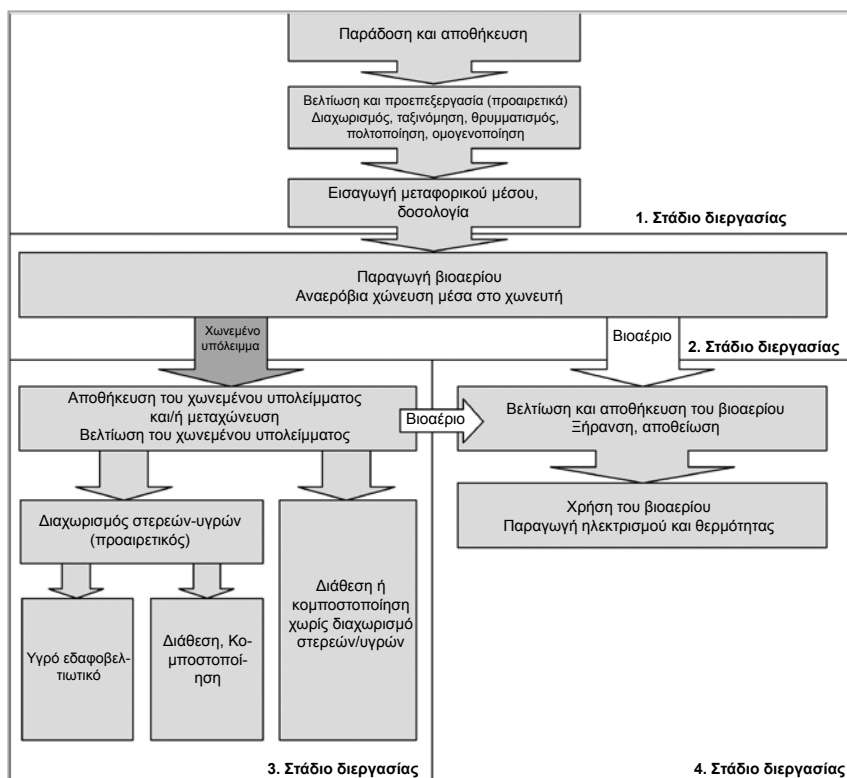


Σχήμα 7.1: Τα βήματα της διεργασίας των τεχνολογιών βιοαερίου (LfU 2007)

Το κύριο τμήμα μιας μονάδας βιοαερίου είναι ο χωνευτής (η δεξαμενή του αντιδραστήρα της ΑΧ), ο οποίος συνοδεύεται από έναν αριθμό άλλων τμημάτων (Σχήμα 7.2).



Σχήμα 7.2: Κύρια τμήματα μιας μονάδας βιοαερίου(PRABL 2008)



Σχήμα 7.3: Στάδια διεργασίας των αγροτικών μονάδων βιοαερίου (JÄKEL 2002)

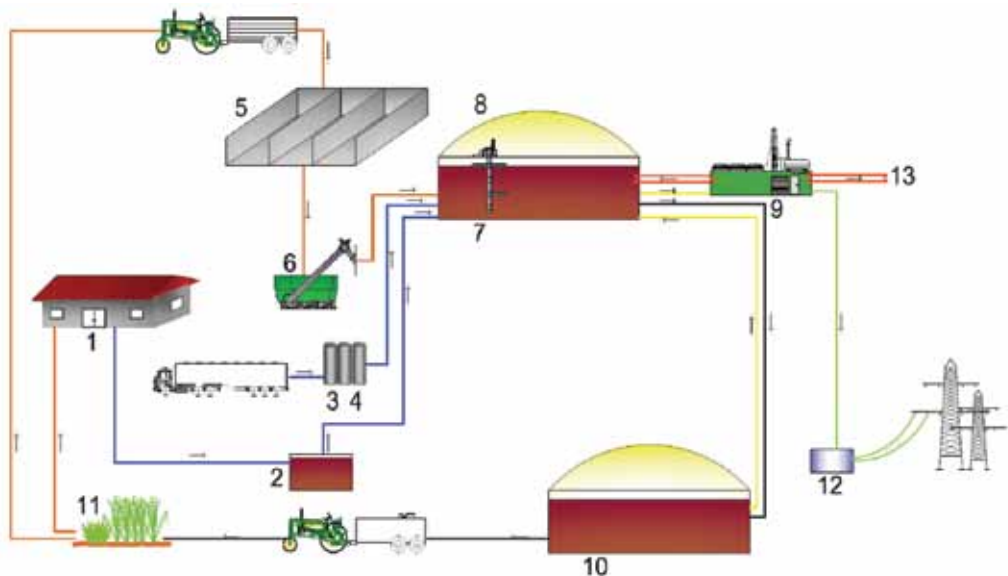
Οι αγροτικές μονάδες βιοαερίου λειτουργούν συνήθως σε τέσσερα διαφορετικά στάδια διεργασίας (Σχήμα 7.3):

1. Μεταφορά, παράδοση, αποθήκευση και προεπεξεργασία της πρώτης ύλης
2. Παραγωγή βιοαερίου (Αναερόβια Χώνευση)
3. Αποθήκευση του χωνεμένου υπολείμματος, ενδεχόμενη βελτίωση και χρήση
4. Αποθήκευση του βιοαερίου, βελτίωση και χρήση

Τα στάδια της διεργασίας του Σχήματος 7.3 παρουσιάζονται περαιτέρω στο Σχήμα 7.4, το οποίο παρουσιάζει μια απλουστευμένη απεικόνιση μιας χαρακτηριστικής αγροτικής μονάδας συγχώνευσης.

1. Το πρώτο στάδιο της διεργασίας (αποθήκευση, βελτίωση, μεταφορά και εισαγωγή της πρώτης ύλης) περιλαμβάνει τη δεξαμενή αποθήκευσης της υγρής κοπριάς (2), τα δοχεία συλλογής (3), τη δεξαμενή υγιεινής (4), τις δεξαμενές αποθήκευσης με είσοδο οχήματος (5) και το σύστημα τροφοδοσίας της στερεής πρώτης ύλης (6).
2. Το δεύτερο στάδιο της διεργασίας περιλαμβάνει την παραγωγή του βιοαερίου στον αντιδραστήρα βιοαερίου (7), γνωστός επίσης ως χωνευτής.
3. Το τρίτο στάδιο της διεργασίας απαρτίζεται από τη δεξαμενή αποθήκευσης του χωνεμένου υπολείμματος (10) και τη χρήση αυτού ως εδαφοβελτιωτικό στις γεωργικές εκτάσεις (11).
4. Το τέταρτο στάδιο της διεργασίας (αποθήκευση, βελτίωση και χρήση του βιοαερίου) αποτελείται τη δεξαμενή αποθήκευσης αερίου (8) και τη μονάδα συνδυασμένης παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) (9).

Αυτά τα τέσσερα στάδια της διεργασίας συνδέονται στενά μεταξύ τους (π.χ.: το στάδιο 4 παρέχει την απαραίτητη θερμότητα διεργασίας για το στάδιο 2).



- 1 Στάβλοι
- 2 Δεξαμενές υγρής κοπριάς
- 3 Δοχεία συλλογής για τα βιοαπόβλητα
- 4 Δεξαμενή υγιεινής
- 5 Δεξαμενή αποθήκευσης με είσοδο του οχήματος
- 6 Σύστημα τροφοδοσίας της στερεάς πρώτης ύλης
- 7 Χωνευτής (αντιδραστήρας βιοαερίου)

- 8 Δεξαμενή αποθήκευσης βιοαερίου
- 9 Μονάδα ΣΗΘ
- 10 Αποθήκευση του χωνεμένου υπολείμματος
- 11 Γεωργικές εκτάσεις
- 12 Μετασχηματιστής/Τροφοδοσία δικτύου
- 13 Χρήση θερμότητας

Σχήμα 7.4: Αγροτική μονάδα συγχώνευσης βιοαερίου που χρησιμοποιεί στερεή κοπριά και χορτονομή αραβοσίτου (LORENZ 2008)

Όταν κατασκευάζεται μία μονάδα βιοαερίου, η επιλογή του τύπου και του σχεδιασμού της μονάδας πρωτίστως εξαρτώνται από την ποσότητα και τον τύπο της διαθέσιμης πρώτης ύλης. Η ποσότητα της πρώτης ύλης καθορίζει τη διαστασιολόγηση του μεγέθους του χωνευτή, των δυναμικοτήτων αποθήκευσης και της μονάδας ΣΗΘ. Η ποιότητα της πρώτης ύλης (περιεχόμενο ΞΟ, δομή, προέλευση κ.λπ.) καθορίζει την τεχνολογία της διεργασίας.

Ανάλογα με τη σύνθεση της πρώτης ύλης, μπορεί να απαιτείται να διαχωριστούν τα προβληματικά υλικά, να τεμαχιστεί η πρώτη ύλη, ή να προστεθεί νερό, προκειμένου να μετατραπεί σε ένα μείγμα ικανό να αντληθεί. Εάν η παρεχόμενη πρώτη ύλη είναι επιρρεπής σε μολύνσεις είναι απαραίτητο να περιληφθεί ένα βήμα υγιεινής στη γενική διάρθρωση του σχεδίου της μελλοντικής μονάδας.

Στην περίπτωση της υγρής ΑΧ, συνήθως χρησιμοποιούνται μονοβάθμιες εγκαταστάσεις ΑΧ που λειτουργούν ως «δια μέσου της ροής». Στη διεργασία διπλής βαθμίδας, τοποθετείται ένας προ-χωνευτής πριν από τον κύριο χωνευτή. Ο προ-χωνευτής δημιουργεί τις βέλτιστες συνθήκες για τα πρώτα δύο βήματα της διεργασίας της ΑΧ (υδρόλυση και σχηματισμός οξέων). Μετά από τον προ-χωνευτή, η πρώτη ύλη εισάγεται στον κύριο χωνευτή, όπου πραγματοποιούνται τα επόμενα βήματα της ΑΧ.

Το χωνεμένο υπόστρωμα (χωνεμένο υπόλειμμα) αντλείται από το χωνευτή και αποθηκεύεται σε δεξαμενές αποθήκευσης. Αυτές οι δεξαμενές αποθήκευσης πρέπει να καλύπτονται με αεροστεγείς μεμβράνες, όπου μπορεί να συνεχιστεί η παραγωγή και συλλογή του βιοαερίου σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (μετα-χώνευση). Εναλλακτικά, το χωνεμένο υπόλειμμα μπορεί να αποθηκευτεί σε ανοικτά δοχεία με φυσικό ή τεχνητό επιπλέον στρώμα, με στόχο την ελαχιστοποίηση των επιφανειακών εκπομπών.

Το παραγόμενο βιοαέριο αποθηκεύεται, βελτιώνεται και χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας. Η τυπική χρήση του βιοαερίου είναι για ΣΗΘ π.χ. σε θερμικές εγκαταστάσεις τύπου συστοιχίας (BTTP), για την ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας.

7.1 Μονάδα παραλαβής πρώτης ύλης

Η μεταφορά και η παράδοση της πρώτης ύλης παίζουν σημαντικό ρόλο στη λειτουργία των μονάδων βιοαερίου. Είναι πολύ σημαντικός ο σταθερός και συνεχής εφοδιασμός με πρώτη ύλη στην κατάλληλη ποιότητα και ποσότητα. Εάν ο χειριστής της μονάδας βιοαερίου είναι συγχρόνως και ο παραγωγός της πρώτης ύλης, τότε μπορεί να θεωρηθεί ως εγγυημένος ο εφοδιασμός με υψηλής ποιότητας πρώτη ύλη.

Σε πολλές περιπτώσεις, οι μονάδες βιοαερίου προμηθεύονται πρόσθετες πρώτες ύλες που παράγονται από γειτονικά αγροκτήματα, βιομηχανίες ή νοικοκυριά. Σε αυτές τις περιπτώσεις, είναι απαραίτητη η διαχείριση της πρώτης ύλης, προκειμένου να ελεγχθεί, να υπολογιστεί και να αναγνωριστεί το παρεχόμενο υλικό. Σε πρώτη φάση, είναι απολύτως απαραίτητο να γίνει οπτικός έλεγχος κάθε φορτίου πρώτης ύλης. Κατόπιν, πρέπει να καταγραφούν το βάρος και όλα τα στοιχεία της πρώτης ύλης (προμηθευτής, ημερομηνία, ποσότητα, τύπος πρώτης ύλης, διαδικασίες προέλευσης και ποιότητας). Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται για τους τύπους πρώτης ύλης που ταξινομούνται ως απόβλητα, για τα οποία μπορεί να είναι απαραίτητο να τηρούνται κάποιοι κανονισμοί (ανάλογα με την κατηγορία αποβλήτων), καθώς επίσης και νομικοί και διοικητικοί περιορισμοί.

7.2 Αποθήκευση και βελτίωση της πρώτης ύλης

7.2.1 Αποθήκευση της πρώτης ύλης

Η αποθήκευση της πρώτης ύλης χρησιμεύει πρωτίστως στο να αντισταθμιστούν οι εποχιακές διακυμάνσεις του εφοδιασμού πρώτης ύλης. Επίσης διευκολύνει την ανάμειξη των διαφορετικών ομοιοποστρωμάτων για συνεχή εφαρμογή στο χωνευτή.

Ο τύπος των εγκαταστάσεων αποθήκευσης εξαρτάται από την πρώτη ύλη. Οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης μπορούν να ταξινομηθούν κυρίως σε αποθήκες τύπου σιλό για τη στερεή πρώτη ύλη (π.χ. χορτονομή αραβόσιτου) και σε δεξαμενές αποθήκευσης της υγρής πρώτης ύλης (π.χ. υγρή και υδαρής κοπριά). Συνήθως, τα σιλό αποθήκευσης έχουν την ικανότητα να αποθηκεύουν πρώτη ύλη για παραπάνω από ένα έτος και οι δεξαμενές αποθήκευσης της κοπριάς έχουν την ικανότητα να αποθηκεύουν πρώτη ύλη για αρκετές ημέρες. Σε μερικές περιπτώσεις, μπορεί να χρησιμοποιούνται επίσης κάθετα κυλινδρικά σιλό. Η διαστασιολόγηση των εγκαταστάσεων αποθήκευσης καθορίζεται από τις ποσότητες που πρόκειται να αποθηκευτούν, τις περιόδους παράδοσης, καθώς επίσης και από τις ποσότητες που καθημερινά τροφοδοτούνται στο χωνευτή.

Αποθήκες τύπου σιλό για ενεργειακές καλλιέργειες

Οι αποθήκες σιλό αναπτύχθηκαν αρχικά για την αποθήκευση της χορτονομής για ζωοτροφή έτσι ώστε να μπορεί να ρυθμιστεί η εποχιακή διαθεσιμότητά της. Σήμερα, αυτή η πρακτική χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο για την αποθήκευση της πρώτης ύλης για την παραγωγή βιοαερίου και, συγκεκριμένα, των ενεργειακών καλλιεργειών.

Η χορτονομή πρέπει να προέρχεται από φυτικό ιστό με την κατάλληλη περιεκτικότητα σε υγρασία (55-70%, ανάλογα, με το μέσο της αποθήκευσης, το βαθμό συμπίεσης και την περιεκτικότητα σε νερό που θα χαθεί κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης). Η χορτονομή περνά από μια διεργασία ζύμωσης και τα βακτήρια χρησιμοποιούν ενέργεια για την παραγωγή πτητικών λιπαρών οξέων (VFA), όπως οξικό, προπιονικό, αλκυλικό, λακτικό, βουτυρικό, τα οποία συντηρούν τη χορτονομή. Το αποτέλεσμα είναι ότι η χορτονομή έχει χαμηλότερη ενέργεια απ' ό,τι ο αρχικός φυτικός ιστός, δεδομένου ότι τα βακτήρια χρησιμοποιούν μερικούς από τους υδατάνθρακες για να παράγουν τα VFA.

Σε χώρες όπως η Γερμανία, η χορτονομή αποθηκεύεται σε αποθήκες σιλό κατασκευασμένες από σκυρόδεμα (Σχήμα 7.5) ή σε μεγάλους σωρούς στο έδαφος (Σχήμα 7.6). Η χορτονομή τυλίγεται σε ρολό από ένα τρακτέρ προκειμένου να συσκευαστεί όσο το δυνατόν πιο συμπαγώς και έτσι να αφαιρεθεί απεξω όλος ο αέρας. Είναι απαραίτητη η ελαχιστοποίηση της περιεκτικότητας σε οξυγόνο προκειμένου να αποφευχθούν οι αερόβιες διεργασίες. Έτσι, η χορτονομή καλύπτεται συνήθως από πλαστικά φύλλα, τα οποία συγκρατούνται σφιχτά με ελαστικά αυτοκινήτων ή σακούλες με άμμο. Εναλλακτικά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν φυσικά καλύμματα όπως ένα στρώμα χλόης, το οποίο μπορεί επίσης να σκεπάσει την αποθήκη σιλό. Σε μερικά σιλό επίσης φυτεύεται σίτος, ενώ κάποια σιλό δεν καλύπτονται καθόλου. Αυτό μειώνει τις δαπάνες για την κάλυψη, αλλά αυξάνει τις ενεργειακές απώλειες από τη χορτονομή.

Για τις αποθήκες τύπου σιλό, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι η διεργασία ζύμωσης του χορταριού απελευθερώνει υγρά που μπορούν να μολύνουν τους διαύλους του νερού, εκτός εάν λαμβάνονται προφυλάξεις. Η υψηλή περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά μπορεί να οδηγήσει σε ευτροφισμό (αύξηση των αλγών). Τα υγρά απόβλητα του σιλό περιέχουν νιτρικό οξύ (HNO_3), το οποίο είναι διαβρωτικό.



Σχήμα 7.5: Αποθήκες τύπου σιλό (WIKIPEDIA 2008)



Σχήμα 7.6: Χορτονομή αραβοσίτου που αποθηκεύεται σε έναν μεγάλο σωρό στο έδαφος, καλυπτόμενο από ένα στρώμα χλόης (RUTZ 2007)

Δεξαμενές αποθήκευσης για αντλήσιμη πρώτη ύλη

Η αντλήσιμη πρώτη ύλη γενικά αποθηκεύεται σε σφραγισμένες, υδατοστεγείς και κατασκευασμένες από ενισχυμένο σκυρόδεμα δεξαμενές μέσα στο έδαφος. Αυτές οι δεξαμενές, που είναι παρόμοιες με αυτές που χρησιμοποιούνται στην κτηνοτροφία, για την αποθήκευση της υγρής κοπριάς, έχουν ικανοποιητική χωρητικότητα για την αποθήκευση πρώτης ύλης για μία έως δύο ημέρες. Για την αποτροπή εκπομπών, όλες οι δεξαμενές αποθήκευσης πρέπει να είναι καλυμμένες. Η λύση που θα επιλεγεί για την κάλυψη πρέπει να εξασφαλίζει το εύκολο άνοιγμα για την αφαίρεση των δημιουργούμενων ιζημάτων. Εάν η δεξαμενή αποθήκευσης τοποθετηθεί σε ένα υψηλότερο επίπεδο σε σχέση με το χωνευτή (επικλινή τοπογραφία), η υδραυλική κλίση εξαλείφει την ανάγκη για εξοπλισμό μεταφοράς (αντλίες) και εξοικονομείται ενέργεια.

Τα ομο-υποστρώματα (υγρά ή στοιβάσιμα) μπορούν να αναμειχθούν με τα κύρια υποστρώματα στη δεξαμενή αποθήκευσης, να θρυμματισθούν, ομογενοποιηθούν και να μετασχηματιστούν σε ένα αντλήσιμο μείγμα. Πρέπει να αποφεύγονται η απόφραξη, η ιζηματογένεση, η δημιουργία επιπλέοντων στρωμάτων, και ο διαχωρισμός φάσης του μείγματος της πρώτης ύλης. Για το λόγο αυτό, οι δεξαμενές αποθήκευσης εξοπλίζονται με αναδευτήρες που συχνά συνδυάζονται με εργαλεία απόσχισης και κοπής για την θραύση της πρώτης ύλης. Η ανάδευση στις δεξαμενές αποθήκευσης γίνεται με την ίδια τεχνική ανάδευσης που χρησιμοποιείται για την ανάδευση στους χωνευτές.

Οι δεξαμενές αποθήκευσης απαιτούν περιορισμένη συντήρηση, περιλαμβανομένης της αφαίρεσης των ιζηματικών στρωμάτων από άμμο και πέτρες που μειώνουν την ικανότητα αποθήκευσης των δεξαμενών. Τα ιζήματα αφαιρούνται χρησιμοποιώντας δάπεδα καθαρισμού, μεταφορικούς κοχλίες, αντλίες φρεατίων, δεξαμενές συλλογής ή συστήματα φρεζαρίσματος.

Για τις πρώτες ύλες βιομηχανικής προέλευσης μπορεί να χρειάζεται να ληφθούν μέτρα υγιεινής, και επομένως πρέπει πάντα πριν υποστούν επεξεργασία στον εξοπλισμό υγιεινής να διακινούνται και να αποθηκεύονται αυστηρά σε διαφορετικούς χώρους από το σταθμό παράδοσης της αγροτικής πρώτης ύλης, προκειμένου να αποτραπεί η ανάμειξη επικίνδυνης με μη επικίνδυνη πρώτη ύλη.

Προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η εκπομπή οσμών από τις μονάδες βιοαερίου, αλλά και για πρακτικούς λόγους, η παράδοση, η αποθήκευση και η προετοιμασία της πρώτης ύλης πρέπει να πραγματοποιούνται σε κλειστές αίθουσες εξοπλισμένες με εξαερισμό βιοδιύλισης. Με αυτόν τον τρόπο προστατεύεται ο εξοπλισμός και μπορούν να πραγματοποιούνται οι δραστηριότητες λειτουργίας και ελέγχου ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες.

7.2.2 Βελτίωση της πρώτης ύλης

Η βελτίωση της πρώτης ύλης επηρεάζει τη ροή και την αποδοτικότητα της διεργασίας της ΑΧ. Στόχος της βελτίωσης της πρώτης ύλης είναι αφενός να εκπληρωθούν οι απαιτήσεις υγιεινής και αφετέρου να αυξηθεί η δυνατότητα χώνευσης.

Η βελτίωση της πρώτης ύλης παρέχει σημαντική δυνατότητα για βελτιστοποίηση της διεργασίας, αυξάνει τους ρυθμούς χώνευσης και την παραγωγή βιοαερίου. Υπάρχουν διάφορες δυνατότητες για βελτίωση της πρώτης ύλης και βελτιστοποίηση του οργανικού φορτίου της μονάδας, όπως είναι η μηχανική σύνθλιψη, οι διεργασίες αποσύνθεσης (χρησιμοποιούνται ήδη στην επεξεργασία λυμάτων), και το στάδιο της ανάντη υδρόλυσης.

Ταξινόμηση και διαχωρισμός της πρώτης ύλης

Η ανάγκη για ταξινόμηση και διαχωρισμό των ακαθαρσιών και των προβληματικών υλικών από το υπόστρωμα της πρώτης ύλης εξαρτάται από την προέλευση και τη σύνθεσή της. Η χορτονομή είναι μεταξύ των καθαρότερων υλικών πρώτης ύλης, ενώ π.χ. η στερεή κοπριά και τα οικιακά απόβλητα μπορούν να περιέχουν πέτρες και άλλες φυσικές ακαθαρσίες. Αυτά συνήθως διαχωρίζονται με ιζηματογένεση στις δεξαμενές αποθήκευσης (και στην περίπτωση της άμμου, ακόμη και μέσα στους χωνευτές) και πρέπει να αφαιρούνται από το κατώτατο σημείο των δεξαμενών ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιείται μια προ-δεξαμενή, εξοπλισμένη με ειδικές σχάρες για να συγκρατεί τις πέτρες και άλλες φυσικές ακαθαρσίες πριν αντληθεί η πρώτη ύλη μέσα στην κύρια δεξαμενή αποθήκευσης.

Τα οικιακά απόβλητα, τα απόβλητα από τις υπηρεσίες εστίασης και τα τρόφιμα μπορούν να περιέχουν διάφορες ακαθαρσίες (υπολείμματα συσκευασίας και περιτυλίγματος από πλαστικό, μέταλλο, ξύλο, γυαλί και άλλα μη βιοδιασπάσιμα υλικά -Σχήμα 7.7 δεξιά), που μπορούν να βλάψουν τις αντλίες και να φράξουν τους σωλήνες και τους χωνευτές. Αυτές οι ακαθαρσίες μπορούν να αφαιρεθούν με τη βοήθεια ενός ξεχωριστού συστήματος συλλογής από τα οικιακά απόβλητα ή να αφαιρεθούν από τα χύδην συλλεγόμενα απόβλητα με μηχανικές, μαγνητικές και χειρωνακτικές μεθόδους.



Σχήμα 7.7: Σύστημα τροφοδότησης για τον καθαρισμό αστικών στερεών αποβλήτων (αριστερά) και «προβληματικό υλικό» που έχει διαχωριστεί από απόβλητα σίτισης (δεξιά) (RUTZ 2007)

Υγιεινή

Ο χειρισμός, η επεξεργασία και η ανακύκλωση της πρώτης ύλης πρέπει να γίνεται χωρίς να προκαλείται βλάβη στους ανθρώπους, τα ζώα και το περιβάλλον. Οι ευρωπαϊκές και εθνικές νομοθεσίες ρυθμίζουν τις πρακτικές επεξεργασίας των αποβλήτων όσον αφορά στους επιδημικούς και υγειονομικούς κινδύνους, όπου καθορίζεται η θερμική προ-επεξεργασία που απαιτείται για τα κρίσιμα υλικά. Περισσότερες λεπτομέρειες παρατίθενται στο κεφάλαιο 9.4.4. Σε κάθε περίπτωση, πρέπει να γίνουν η αποστείρωση υπό πίεση και η παστερίωση πριν αντληθεί η αντίστοιχη πρώτη ύλη στο χωνευτή. Στόχος είναι η αποφυγή μόλυνσης ολόκληρου του φορτίου της πρώτης ύλης και η διατήρηση των δαπανών υγιεινής σε χαμηλά επίπεδα. Η υγιεινή πραγματοποιείται συνήθως σε θερμαινόμενες δεξαμενές από ανοξείδωτο χάλυβα, συνδεδεμένες με το σύστημα τροφοδοσίας του χωνευτή. Οι χαρακτηριστικές παράμετροι ελέγχου για την υγιεινή περιλαμβάνουν τη θερμοκρασία, το χρόνο παραμονής (EEXII), την πίεση και τον όγκο.

Η θερμοκρασία του υλικού μετά από τη διεργασία υγιεινής είναι υψηλότερη από τη θερμοκρασία της διεργασίας της ΑΧ. Για το λόγο αυτό, και πριν τροφοδοτηθεί στον χωνευτή, το αποστειρωμένο υλικό διέρχεται μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας, όπου ένα μέρος της θερμότητας μεταφέρεται στην κρύα πρώτη ύλη, η οποία αντλείται στη συνέχεια στο χωνευτή.

Θραύση

Η θραύση της πρώτης ύλης προετοιμάζει τις επιφάνειες των σωματιδίων για τη βιολογική διεργασία της αποσύνθεσης και την εν συνεχεία παραγωγή μεθανίου. Ως γενικός κανόνας ισχύει ότι, η διεργασία της αποσύνθεσης είναι γρηγορότερη όταν το μέγεθος των σωματιδίων είναι μικρότερο. Ωστόσο, το μέγεθος των σωματιδίων επηρεάζει μόνο το χρόνο της χώνευσης, και δεν αυξάνει απαραίτητα την παραγωγή μεθανίου. Η θραύση της πρώτης ύλης συνήθως συνδέεται άμεσα με το σύστημα τροφοδοσίας. Και τα δύο συστήματα μπορούν να τροφοδοτηθούν από έναν ηλεκτρικό κινητήρα ή από τον άξονα κίνησης ενός τρακτέρ.

Πολτοποίηση, ομογενοποίηση

Μπορεί να είναι απαραίτητη η πολτοποίηση της πρώτης ύλης προκειμένου να ληφθεί πρώτη ύλη με σχετικά υψηλή περιεκτικότητα σε νερό, η οποία μπορεί έπειτα να τροφοδοτηθεί στο χωνευτή μέσω αντλιών. Η πολτοποίηση πραγματοποιείται στις δεξαμενές αποθήκευσης ή τους προ-χωνευτές, πριν αντληθεί το υλικό στον κύριο χωνευτή. Τα υγρά που χρησιμοποιούνται για τη διεργασία πολτοποίησης εξαρτώνται από τη διαθεσιμότητα και είναι συνήθως ακατέργαστη υγρή κοπριά, χωνεμένο υπόλειμμα, νερό διεργασιών ή ακόμα και γλυκό νερό.

Το πλεονέκτημα της χρήσης του χωνεμένου υπολείμματος για την πολτοποίηση έγκειται στη μείωση της κατανάλωσης γλυκού νερού και στον εμποτισμό του υποστρώματος με μικροοργανισμούς ΑΧ από το χωνευτή. Αυτό μπορεί να είναι σημαντικό μετά από τη διεργασία υγιεινής ή στη διεργασία εμβολικής ροής. Ωστόσο, η χρήση του χωνεμένου υπολείμματος για την πολτοποίηση μπορεί ως επακόλουθο να αυξήσει το περιεχόμενο σε θρεπτικές ουσίες και άλατα του υποστρώματος και να οδηγήσει σε αστάθεια ή παρεμπόδιση της διεργασίας. Οι ίδιες προφυλάξεις πρέπει να λαμβάνονται εάν χρησιμοποιείται για την πολτοποίηση νερό από διεργασίες καθαρισμού, δεδομένου ότι τα απολυμαντικά μπορούν να έχουν αρνητική επίδραση στους μικροοργανισμούς της ΑΧ. Η χρήση του πόσιμου νερού πρέπει να αποφεύγεται λόγω του μεγάλου κόστους.

Εκτός από την αντλησιμότητα, η ομοιογένεια του υποστρώματος αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τη σταθερότητα της διεργασίας της ΑΧ. Η αντλήσιμη πρώτη ύλη ομογενοποιείται με την ανάδευση στη δεξαμενή αποθήκευσης ενώ η στερεή πρώτη ύλη πρέπει να ομογενοποιείται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας τροφοδοσίας. Οι μεγάλες διακυμάνσεις των παρεχόμενων τύπων πρώτης ύλης και της σύνθεσης της πρώτης ύλης προκαλούν πρόβλημα στους μικροοργανισμούς ΑΧ, δεδομένου ότι θα πρέπει να προσαρμοστούν στα νέα υποστρώματα και τις μεταβαλλόμενες συνθήκες. Η εμπειρία δείχνει ότι συνήθως αυτό οδηγεί σε χαμηλότερους ρυθμούς παραγωγής αερίου, ενώ είναι σημαντικό να υπάρχει ένας σταθερός και συνεχής εφοδιασμός σε πρώτη ύλη, για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, προκειμένου να υπάρξει μια σταθερή και ισορροπημένη διεργασία ΑΧ, με έναν υψηλό ρυθμό παραγωγής μεθανίου.

7.3 Σύστημα τροφοδοσίας

Μετά από την αποθήκευση και την προεπεξεργασία, η πρώτη ύλη της ΑΧ τροφοδοτείται στο χωνευτή. Η τεχνική τροφοδοσίας εξαρτάται από τον τύπο της πρώτης ύλης και την ικανότητα άντλησής της. Η αντλήσιμη πρώτη ύλη μεταφέρεται με αντλίες από τις δεξαμενές αποθήκευσης στο χωνευτή. Αυτή η κατηγορία συμπεριλαμβάνει τις ζωικές υδαρείς κοπριές και ένα μεγάλο αριθμό υγρών οργανικών αποβλήτων (επιπλέονσα ιλύς, απόβλητα γαλακτοκομίας, ιχθυέλαια κλπ.). Οι τύποι της πρώτης ύλης που είναι μη αντλήσιμοι (ινώδη υλικά, χλόη, χορτονομή αραβοσίτου, στερεή κοπριά με υψηλή περιεκτικότητα σε άχυρο, κ.λπ.) μπορούν να μεταφερθούν από έναν φορτωτή στο σύστημα τροφοδοσίας και έπειτα να διοχετευθούν στο χωνευτή (π.χ. μέσω ενός συστήματος κοχλιωτού σωλήνα). Και οι δύο τύποι πρώτης ύλης (αντλήσιμη και μη αντλήσιμη) μπορούν να τροφοδοτούνται ταυτόχρονα στο χωνευτή. Σε αυτή την περίπτωση είναι προτιμότερο να τροφοδοτείται η μη αντλήσιμη πρώτη ύλη μέσω παρακάμψεων.

Από μικροβιολογική άποψη, η ιδανική κατάσταση για μια σταθερή διεργασία ΑΧ είναι μια συνεχής ροή της πρώτης ύλης στο χωνευτή. Στην πράξη, η πρώτη ύλη προστίθεται σχεδόν συνεχώς στο χωνευτή, σε αρκετές δόσεις κατά τη διάρκεια της ημέρας. Έτσι εξοικονομείται ενέργεια καθώς τα συστήματα τροφοδοσίας δεν λειτουργούν συνεχώς. Υπάρχουν διάφορα συστήματα τροφοδοσίας και η επιλογή τους εξαρτάται από την ποιότητα της πρώτης ύλης, εν προκειμένω την αντλησιμότητά της, και από τα διαστήματα τροφοδοσίας.

Προσοχή χρειάζεται η θερμοκρασία της πρώτης ύλης που τροφοδοτείται στο χωνευτή. Μπορούν να εμφανιστούν μεγάλες διαφορές μεταξύ της θερμοκρασίας της νέας πρώτης ύλης και της θερμοκρασίας λειτουργίας του χωνευτή εάν η πρώτη ύλη έχει υποστεί υγειονομική επεξεργασία (μέχρι 130°C) ή κατά τη διάρκεια του χειμώνα (κάτω από 0°C). Οι διαφορές θερμοκρασίας διαταράσσουν τη μικροβιολογία της διεργασίας, προκαλώντας απώλεια στην παραγωγή αερίου και πρέπει να αποφεύγονται. Υπάρχουν διάφορες τεχνικές λύσεις σε αυτό το πρόβλημα, όπως η χρήση αντλιών ή εναλλακτών θερμότητας για την προθέρμανση της πρώτης ύλης πριν από την εισαγωγή της στο χωνευτή.

7.3.1 Αντλίες για τη μεταφορά της αντλήσιμης πρώτης ύλης

Η μεταφορά του υποστρώματος αντλήσιμης πρώτης ύλης από τη δεξαμενή αποθήκευσης στο χωνευτή γίνεται με αντλίες. Δύο κύριοι τύποι αντλιών χρησιμοποιούνται συχνά: φυγοκεντρικές αντλίες και αντλίες μετατόπισης. Οι φυγοκεντρικές (περιστροφικές) αντλίες είναι συχνά βυθιζόμενες, αλλά μπορούν επίσης να τοποθετούνται σε έναν στεγνό άξονα, δίπλα στο χωνευτή. Για ειδικές εφαρμογές διατίθενται οι αντλίες κοπής, οι οποίες χρησιμοποιούνται για υλικά με μακριές ίνες (άχυρο, υπολείμματα τροφών, κουρεμένη χλόη). Οι αντλίες μετατόπισης (αντλίες περιστρεφόμενου εμβόλου, αντλίες έκκεντρου κοχλίας) είναι ανθεκτικότερες στην πίεση από τις περιστροφικές αντλίες. Αναρροφούν από μόνες τους, λειτουργούν σε δύο κατευθύνσεις και επιτυγχάνουν σχετικά μεγάλες πιέσεις, με μια μειωμένη όμως ικανότητα μεταβίβασης. Ωστόσο, λόγω της χαμηλότερης τιμής τους, οι φυγοκεντρικές αντλίες επιλέγονται συχνότερα από τις αντλίες μετατόπισης.

Φυγοκεντρικές αντλίες

Μια φυγοκεντρική αντλία είναι μία δυναμική αντλία, που χρησιμοποιεί ένα περιστρεφόμενο στροφέιο για να αυξήσει την ταχύτητα του ρευστού. Το ρευστό εισέρχεται στο στροφέιο της αντλίας κατά μήκος ή κοντά στον περιστρεφόμενο άξονά της και επιταχύνεται από το στροφέιο ρέοντας ακτινικά προς τα έξω σε έναν διασκορπιστή ή ελικοειδή θάλαμο, από όπου βγαίνει στο κατάντη σύστημα σωληνώσεων. Οι φυγοκεντρικές αντλίες χρησιμοποιούνται συνήθως για να κινήσουν υγρά μέσω ενός συστήματος σωληνώσεων, οπότε συχνά χρησιμοποιούνται για το χειρισμό των υγρών και υδαρών κοπριών.

Αντλίες μετατόπισης πίεσης

Για τη μεταφορά «παχιάς» υγρής πρώτης ύλης, με υψηλό περιεχόμενο σε ξηρή ουσία, συχνά χρησιμοποιούνται οι αντλίες μετατόπισης πίεσης (αντλίες περιστρεφόμενου εμβόλου και έκκεντρου κοχλίας). Η ποσότητα του μεταφερόμενου υλικού εξαρτάται από την ταχύτητα περιστροφής, η οποία επιτρέπει τον καλύτερο έλεγχο της αντλίας και την ακριβή δοσολογία της αντλούμενης πρώτης ύλης. Οι αντλίες μετατόπισης αναρροφούν από μόνες τους και είναι περισσότερο ευσταθείς ως προς την πίεση από τις φυγοκεντρικές αντλίες. Έτσι, η απόδοση εξαρτάται λιγότερο από τη διαφορά ύψους. Δεδομένου ότι οι αντλίες μετατόπισης πίεσης είναι σχετικά επιρρεπείς σε προβλήματα που προκαλούνται από το πλούσιο περιεχόμενο σε ίνες των αντλούμενων υλικών, είναι σκόπιμο να εξοπλίζονται με κόπτες και διαχωριστές, προκειμένου να προστατεύονται από το μεγάλο μέγεθος των μορίων και των ινώδη υλικών.

Η επιλογή των κατάλληλων αντλιών και της τεχνολογίας άντλησης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των υλικών που θα χειριστούν οι αντλίες (τύπος υλικού, περιεκτικότητα σε ΞΟ, μέγεθος σωματιδίων

και επίπεδο προετοιμασίας). Οι μονάδες βιοαερίου χρησιμοποιούν συνήθως τις ίδιες αντλίες που χρησιμοποιούνται για την υγρή κοπριά, οι οποίες έχουν αποδειχθεί κατάλληλες για την τροφοδοσία του χωνευτή και το χειρισμό του χωνεμένου υποστρώματος. Η εμπειρία δείχνει ότι ο σχηματισμός εμφράξεων στην είσοδο και την έξοδο μπορεί να αποτραπεί από μια ικανοποιητική διάμετρο των σωλήνων. Οι υπό πίεση σωλήνες, για την πλήρωση ή τη μείξη, πρέπει να έχουν διάμετρο τουλάχιστον 150 mm, ενώ οι άνευ πίεσης σωλήνες, όπως οι σωλήνες υπερχειλίσσης ή αυτοί της εξόδου, πρέπει να έχουν διάμετρο τουλάχιστον 200 mm για τη μεταφορά της στερεής κοπριάς και 300 mm εάν είναι υψηλή η περιεκτικότητα σε άχυρο.

Όλα τα κινητά μέρη των αντλιών υφίστανται σημαντικές φθορές και πρέπει να αντικαθίστανται ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Αυτό θα πρέπει να γίνεται εφικτό χωρίς διακοπή της παραγωγής του βιοαερίου. Για το λόγο αυτό, οι αντλίες πρέπει να εξοπλίζονται με βαλβίδες διακοπής (Σχήμα 7.8), οι οποίες επιτρέπουν την τροφοδοσία και την εκκένωση των χωνευτών και των σωληνώσεων. Οι αντλίες και οι σωλήνες πρέπει να είναι εύκολα προσβάσιμες και πρέπει να εξασφαλίζεται ικανοποιητικός χώρος ώστε να μπορούν να γίνουν οι εργασίες συντήρησης.

Η λειτουργία των αντλιών και η μεταφορά μέσω αυτών του αντλήσιμου υποστρώματος ελέγχεται αυτόματα, με τη χρήση υπολογιστών και χρονομέτρων. Σε πολλές περιπτώσεις ολόκληρη η μεταφορά της πρώτης ύλης μέσα σε μία μονάδα βιοαερίου πραγματοποιείται από μία ή δύο αντλίες, που βρίσκονται σε ένα αντλιοστάσιο (Σχήμα 7.8 δεξιά και Σχήμα 7.9).



Σχήμα 7.8: Βαλβίδες διακοπής (αριστερά) και σύστημα άντλησης (δεξιά) (RUTZ 2006)



Σχήμα 7.9: Συστήματα άντλησης (AGRINZ 2008)

7.3.2 Μεταφορά στοιβάσιμης πρώτης ύλης

Η στοιβάσιμη πρώτη ύλη, όπως η χλόη, η χορτονομή αραβοσίτου, η στερεή κοπριά με υψηλό περιεχόμενο σε άχυρο, τα φυτικά υπολείμματα κ.λπ., πρέπει να μεταφέρεται από τη μονάδα αποθήκευσης (σιλό φόρτωσης) στο σύστημα τροφοδότησης του χωνευτή. Αυτό γίνεται συνήθως με φορτωτές ή τρακτέρ (Σχήμα 7.10 και 7.11) και η πρώτη ύλη τροφοδοτείται στο χωνευτή χρησιμοποιώντας για παράδειγμα ένα σύστημα μεταφοράς κοχλιωτού σωλήνα, όπως αυτά που παρουσιάζονται στο Σχήμα 7.12.

Γενικά, το σύστημα τροφοδότησης περιλαμβάνει ένα κιβώτιο το οποίο φορτώνεται με στοιβάσιμη πρώτη ύλη από ένα τρακτέρ και ένα σύστημα μεταφοράς, το οποίο την τροφοδοτεί στο χωνευτή. Το σύστημα μεταφοράς ελέγχεται αυτόματα και αποτελείται από δάπεδα τριβής, κινούμενα δάπεδα, ράβδους ώθησης και μεταφορικούς κοχλίες.

Τα δάπεδα τριβής και οι υπερυψωμένες ράβδοι ώθησης χρησιμοποιούνται για να μεταφέρουν την πρώτη ύλη στους μεταφορικούς κοχλίες. Είναι σε θέση να μεταφέρουν σχεδόν όλες τις στοιβάσιμες πρώτες ύλες, είτε οριζοντίως είτε με μια ελαφριά κλίση, και επομένως χρησιμοποιούνται στα πολύ μεγάλα προσωρινής αποθήκευσης κιβώτια, αλλά δεν είναι κατάλληλα για τροφοδοσία σε δόσεις.

Οι μεταφορικοί κοχλίες μπορούν να μεταφέρουν την πρώτη ύλη σχεδόν σε όλες τις κατευθύνσεις. Η μόνη προϋπόθεση είναι η μη ύπαρξη μεγάλων λίθων και άλλων φυσικών ακαθαρσιών. Για τη βέλτιστη λειτουργία, η χονδροειδής πρώτη ύλη πρέπει να τεμαχιστεί προκειμένου να μπορεί να αγκιστρωθεί στον κοχλία και να αρμόσει στις έλικές του.



Σχήμα 7.10: Σύστημα κιβωτίων τροφοδοσίας για ξηρή πρώτη ύλη χορτονομή αραβοσίτου και στερεή κοπριά πουλερικών (αριστερά) και μηχανήμα φόρτωσης με χορτονομή αραβοσίτου (δεξιά) (RUTZ 2008)



Σχήμα 7.11: Φορτωτής που αδειάζει χορτονομή αραβοσίτου μέσα σε ένα κοντέινερ (RUTZ 2008)

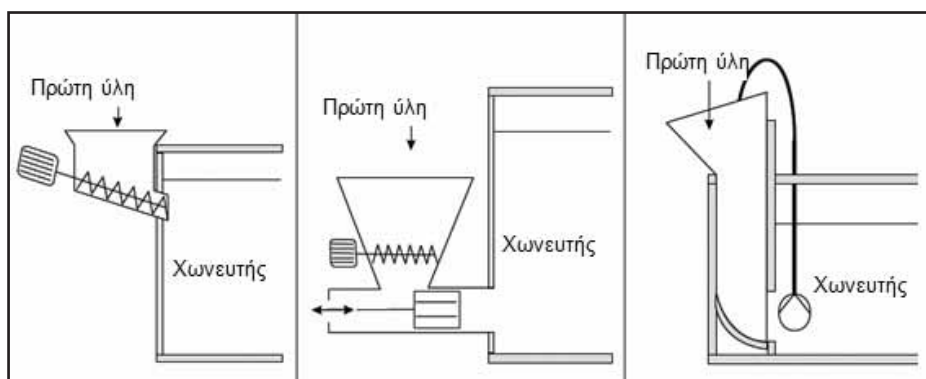


Σχήμα 7.12: Σύστημα μεταφοράς κοχλιωτής σωλήνας (αριστερά) και μεταφορικοί κοχλίες έτοιμοι για εγκατάσταση (δεξιά) (RUTZ 2007)

Η εισαγωγή της πρώτης ύλης στο χωνευτή πρέπει να γίνεται αεροστεγώς και να μην επιτρέπεται η διαρροή βιοαερίου. Γι' αυτό το λόγο, το σύστημα τροφοδοσίας εισάγει την πρώτη ύλη κάτω από την επιφάνεια του στρώματος του χωνεμένου υπολείμματος (Σχήμα 7.13). Συνήθως χρησιμοποιούνται τρία συστήματα: φρεάτια απόπλυσης, έμβολα τροφοδοσίας και μεταφορικοί κοχλίες.

Φρεάτια απόπλυσης

Η τροφοδοσία στερεών στο χωνευτή μέσω των φρεατίων ή υδροφραχτών απόπλυσης, με τη χρήση εκσκαφέα ή φορτωτή, επιτρέπει την παράδοση μεγάλων ποσοτήτων στερεών οποτεδήποτε και άμεσα στο χωνευτή (Σχήμα 7.13).



Σχήμα 7.13: Φρεάτιο απόπλυσης, έμβολα τροφοδοσίας και μεταφορικό σύστημα εισαγωγής της πρώτης ύλης μέσα στο χωνευτή (FAL 2006)

Έμβολα τροφοδοσίας

Όταν χρησιμοποιούνται τα έμβολα τροφοδοσίας (Σχήμα 7.13), η πρώτη ύλη εισάγεται άμεσα στο χωνευτή από υδραυλικούς κυλίνδρους, οι οποίοι ωθούν την πρώτη ύλη μέσω ενός ανοίγματος στον τοίχο του χωνευτή. Αυτή η υπόγεια εισαγωγή σημαίνει ότι η πρώτη ύλη διαβρέχεται στο υγρό περιεχόμενο του χωνευτή, μειώνοντας τον κίνδυνο σχηματισμού στρώματος επίπλευσης. Το σύστημα εξοπλίζεται με αντίθετα περιστρεφόμενους κυλίνδρους μείξης, οι οποίοι μεταφέρουν τα ομο-υποστρώματα στους χαμηλότερους οριζόντιους κυλίνδρους και, συγχρόνως, συνθλίβουν τα υλικά με μακριές ίνες.

Μεταφορικοί κοχλίες

Η τροφοδοσία των ομο-υποστρωμάτων στο χωνευτή μπορεί να γίνει με τη χρήση κοχλίων τροφοδοσίας ή μεταφοράς (Σχήμα 7.13). Σε αυτήν την περίπτωση, το υλικό τροφοδοτείται υπό πίεση κάτω από το επίπεδο του υγρού στο χωνευτή, χρησιμοποιώντας σφηνοειδείς κοχλίες. Η μέθοδος έχει το πλεονέκτημα της πρόληψης διαφυγής αερίου κατά τη διάρκεια της τροφοδοσίας. Ο απλούστερος τρόπος να γίνει αυτό είναι να τοποθετηθεί ένα οδοντωτό έλασμα στο χωνευτή, έτσι ώστε να είναι απαραίτητος μόνο ένας κοχλίας παρεμβολής. Για την τροφοδοσία του κοχλία χρησιμοποιούνται κιβώτια προσωρινής αποθήκευσης, με ή χωρίς εργαλεία σύνθλιψης.



Σχήμα 7.14: Σύστημα τροφοδότησης για χορτονομή (AGRINZ 2006)

7.4 Παρελκόμενα και σωληνώσεις

Τα παρελκόμενα και οι σωληνώσεις που χρησιμοποιούνται για τα συστήματα παραγωγής βιοαερίου πρέπει να είναι αντιαβρωτικά και κατάλληλα για το χειρισμό υλικών αυτού του είδους (βιοαέριο και βιομάζα). Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για τις σωληνώσεις εξαρτώνται από το μεταφερόμενο φορτίο και το επίπεδο της πίεσης, και σε αυτά περιλαμβάνονται το PVC, το HDPE, ο χάλυβας ή ο ανοξείδωτος χάλυβας. Τα παρελκόμενα, όπως είναι οι συζεύξεις, οι ατμοσύρτες, οι βαλβίδες τύπου πεταλούδας, τα ανοίγματα καθαρισμού και τα μανόμετρα, πρέπει να είναι προσπελάσιμα για λόγους συντήρησης και προστατευμένα από τον παγετό. Σε μερικές περιπτώσεις είναι απαραίτητη η μόνωση των σωλήνων (Σχήμα 7.15). Για την ασφαλή λειτουργία των μονάδων βιοαερίου πρέπει να είναι εγγυημένες οι ελάχιστες απαιτήσεις για τις σωληνώσεις και τα παρελκόμενα, όσον αφορά στις ιδιότητες των υλικών τους, τα χαρακτηριστικά ασφάλειας και την στεγανότητά τους.

Οι σωληνώσεις βιομάζας πρέπει να έχουν διάμετρο 300 mm. Πρέπει να αποτρέπεται η επιστροφή του υποστρώματος από το χωνευτή μέσα στις δεξαμενές αποθήκευσης με την κατάλληλη διάθρωση των σωληνώσεων. Κατά την εγκατάσταση των σωλήνων, πρέπει να διατηρηθεί μια κλίση της τάξης του 1-2%, προκειμένου να επιτρέπεται ο πλήρης καθαρισμός. Προσοχή πρέπει να δίνεται στην κατάλληλη στεγανοποίηση της μονάδας. Σωληνώσεις μεγάλου μήκους και με γωνίες είναι επιρρεπείς σε απώλειες πίεσης.



Σχήμα 7.15: Μονωμένες σωληνώσεις αερίου (αριστερά) και σωληνώσεις για το χωνεμένο υπόλειμμα (δεξιά) (RUTZ 2008)

Οι σωληνώσεις αερίου πρέπει να εγκαθίστανται υπό κλίση και να εξοπλίζονται με βαλβίδες, προκειμένου να απελευθερώνεται το συμπύκνωμα. Ακόμη και πολύ μικρές ποσότητες συμπυκνώματος θα μπορούσαν να οδηγήσουν στη πλήρη έμφραξη των γραμμών αερίου λόγω, της χαμηλής πίεσης στο σύστημα.

7.5 Σύστημα θέρμανσης - θέρμανση χωνευτή

Η σταθερή θερμοκρασία της διεργασίας είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες για τη σταθερή λειτουργία της μονάδας και την υψηλή παραγωγή βιοαερίου. Οι διακυμάνσεις στη θερμοκρασία, συμπεριλαμβανομένων των χρονικών διακυμάνσεων, λόγω της εποχής και των καιρικών συνθηκών, και των τοπικών (αυτές δηλαδή που παρατηρούνται σε διαφορετικές περιοχές του χωνευτή), πρέπει να κρατηθούν όσο το δυνατόν χαμηλότερες. Οι μεγάλες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας μπορούν να οδηγήσουν σε αστάθεια της διεργασίας της ΑΧ και, στη χειρότερη περίπτωση στην διακοπή της.

Οι αιτίες των διακυμάνσεων της θερμοκρασίας ποικίλουν:

- Προσθήκη νέας πρώτης ύλης, με διαφορετική θερμοκρασία από αυτήν της διεργασίας
- Σχηματισμός θερμοκρασιακών στρωμάτων ή ζωνών λόγω ανεπαρκούς μόνωσης, μη αποτελεσματικής ή λανθασμένης διαστασιολόγησης του συστήματος θέρμανσης ή ανεπαρκούς ανάδευσης
- Λάθος τοποθέτηση των θερμαντικών στοιχείων
- Ακραίες θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος
- Αποτυχία της δυναμικής αλληλουχίας.

Προκειμένου να επιτευχθεί και να διατηρηθεί σταθερή θερμοκρασία διεργασίας και για να αντισταθμιστούν οι απώλειες θερμότητας, οι χωνευτές πρέπει να μονώνονται και να θερμαίνονται από εξωτερικές πηγές θέρμανσης (Σχήμα 7.16). Η συνηθέστερα χρησιμοποιούμενη πηγή είναι η απορριπτόμενη θερμότητα από τη μονάδα ΣΗΘ της εγκατάστασης του βιοαερίου.

Η θέρμανση της πρώτης ύλης μπορεί να γίνεται είτε κατά τη φάση της τροφοδοσίας (προθέρμανση), μέσω εναλλακτών θερμότητας ή μέσα στο χωνευτή, με τη βοήθεια θερμαντικών στοιχείων (Σχήμα 7.17), καυτού ατμού κ.λπ. Η προθέρμανση των υποστρωμάτων πρώτης ύλης κατά τη διάρκεια της τροφοδοσίας έχει το πλεονέκτημα της αποφυγής διακυμάνσεων της θερμοκρασίας μέσα στο χωνευτή. Πολλές μονάδες βιοαερίου χρησιμοποιούν ένα συνδυασμό και των δύο τύπων θέρμανσης της πρώτης ύλης.



Σχήμα 7.16: Σύστημα θέρμανσης μιας μονάδας βιοαερίου (αριστερά) και μόνωση ενός τσιμεντένιου χωνευτή που είναι υπό κατασκευή (δεξιά) (RUTZ 2008)



Σχήμα 7.17: Σωληνώσεις θέρμανσης εγκατεστημένες στο χωνευτή (AGRINZ 2008)

7.6 Χωνευτές

Ο πυρήνας μιας μονάδας βιοαερίου είναι ο χωνευτής: ένας αεροστεγής αντιδραστήρας όπου πραγματοποιείται η αποσύνθεση της πρώτης ύλης, απουσία οξυγόνου, και παράγεται το βιοαέριο. Τα κοινά χαρακτηριστικά όλων των χωνευτών, εκτός από την αεροστεγανότητα, είναι ότι διαθέτουν ένα σύστημα τροφοδότησης της πρώτης ύλης, καθώς και συστήματα εξαγωγής του βιοαερίου και του χωνεμένου υπολείμματος. Στις ευρωπαϊκές κλιματικές συνθήκες οι αναερόβιοι χωνευτές πρέπει να μονώνονται και να θερμαίνονται.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι χωνευτών βιοαερίου που λειτουργούν στην Ευρώπη και παγκοσμίως. Κατασκευάζονται από σκυρόδεμα, χάλυβα, τούβλο ή πλαστικό, είναι διαμορφωμένοι ως σιλό, σκάφες, λεκάνες ή λιμνούλες, και μπορεί να τοποθετούνται υπόγεια ή επιφανειακά. Το μέγεθος των μονάδων βιοαερίου προκύπτει από το μέγεθος των χωνευτών, το οποίο ποικίλλει από λίγα κυβικά μέτρα στην περίπτωση των μικρών οικιακών εγκαταστάσεων έως μερικές χιλιάδες κυβικά μέτρα στις μεγάλες εμπορικές εγκαταστάσεις με αρκετούς χωνευτές.

Η επιλογή του σχεδίου και ο τύπος του χωνευτή καθορίζονται από το περιεχόμενο σε ξηρή ουσία του χωνευόμενου υποστρώματος. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η ΑΧ λειτουργεί με βασικούς τρόπους: ως υγρή χώνευση, όταν το μέσο περιεχόμενο ξηρής ουσίας (ΞΟ) του υποστρώματος είναι χαμηλότερο από 15% και ως ξηρή χώνευση, όταν η περιεκτικότητα σε ΞΟ του υποστρώματος είναι μεγαλύτερη από αυτήν την τιμή, συνήθως μεταξύ 20 και 40%. Αυτοί οι ορισμοί και τα όριά τους παρουσιάζουν κατά

τόπους διαφοροποιήσεις και, σε μερικές περιπτώσεις, διαφοροποιούνται από τη νομοθεσία και τους υποστηρικτικούς μηχανισμούς, όπως συμβαίνει στη Γερμανία.

Η υγρή χώνευση περιλαμβάνει συνήθως την ΑΧ της κοπριάς και της λυματολάσπης, ενώ η ξηρή χώνευση εφαρμόζεται στην παραγωγή βιοαερίου από στερεή κοπριά με υψηλή περιεκτικότητα σε άχυρο, από οικιακά απόβλητα και στερεά αστικά βιοαπόβλητα, κλαδέματα και χλόη από τη συντήρηση κήπων, ενεργειακές καλλιέργειες (φρέσκες ή αποθήκες σε σιλό). Στα επόμενα περιγράφονται οι χωνευτές τόσο της ξηρής όσο και της υγρής ΑΧ, με έμφαση στα συστήματα υγρής χώνευσης.

Από την άποψη της εισαγωγής και εξαγωγής της πρώτης ύλης, υπάρχουν δύο βασικοί τύποι χωνευτών: ασυνεχούς τύπου και συνεχούς τύπου.

7.6.1 Χωνευτές ασυνεχούς τύπου

Η ιδιαιτερότητα στη λειτουργία των χωνευτών ασυνεχούς τύπου είναι ότι βασίζεται στην πλήρωση με ένα μέρος (παρτίδα) νοπής πρώτης ύλης, το οποίο αφήνεται να χωνευθεί και έπειτα αφαιρείται εντελώς. Ένα νέο μέρος τροφοδοτείται στο χωνευτή και η διεργασία επαναλαμβάνεται. Οι χωνευτές ασυνεχούς τύπου είναι απλοί στην κατασκευή τους και χρησιμοποιούνται συνήθως για ξηρή χώνευση.

Ένα παράδειγμα χωνευτών ασυνεχούς τύπου είναι οι αποκαλούμενοι χωνευτές «τύπου γκαράζ» (Σχήμα 7.18), οι οποίοι κατασκευαζόμενοι από σκυρόδεμα και χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των διαχωριζόμενων στην πηγή βιοαποβλήτων από τα νοικοκυριά, της κουρεμένης χλόης, της στερεής κοπριάς και των ενεργειακών καλλιεργειών. Η ικανότητα επεξεργασίας αυτών κυμαίνεται από 2.000 έως 50.000 τόνους το χρόνο. Η οργανική ουσία εμβολιάζεται με το χωνεμένο υπόλειμμα και τροφοδοτείται στο χωνευτή. Ο συνεχής εμβολιασμός της πρώτης ύλης με βακτηριακή βιομάζα γίνεται μέσω της επανακυκλοφορίας του υγρού διήθησης, το οποίο ψεκάζεται επάνω από το υπόστρωμα στο χωνευτή.

Αντίθετα από την υγρή χώνευση, η ξηρή χώνευση δεν χρειάζεται ανάδευση ή ανάμειξη του υποστρώματος ΑΧ κατά τη διάρκεια της χώνευσης. Η θερμοκρασία της διεργασίας και του υγρού διήθησης ρυθμίζεται μέσα στο χωνευτή από ένα ενσωματωμένο στο δάπεδο σύστημα θέρμανσης, και έναν εναλλάκτη θερμότητας, ο οποίος λειτουργεί ως δεξαμενή για το υγρό διήθησης.

Συγκρινόμενη με άλλα συστήματα η σταδιακή χώνευση έχει διάφορα πλεονεκτήματα, όπως για παράδειγμα το χαμηλότερο κόστος της διεργασίας και του αναγκαίου μηχανολογικού εξοπλισμού με μειονέκτημα την υψηλή κατανάλωση ενέργειας για τη διεργασία και υψηλές δαπάνες συντήρησης.



Σχήμα 7.18: Χωνευτής τύπου γκαράζ, τροφοδοτούμενος από φορτωτή (BEKON 2004)

Μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση για την πλήρως ξηρή τεχνολογία ΑΧ είναι η χρήση πλαστικών σάκων ή σωλήνων από φύλλα αλουμινίου. Η ιδέα είναι να μειωθούν οι δαπάνες επένδυσης με τη χρήση της πλαστικής επικάλυψης από την τεχνολογία των σάκων σιλό, όπου τα υποστρώματα της ΑΧ (στερεή κοπριά, βιοαπόβλητα, ενεργειακές καλλιέργειες) αποθηκεύονται σε αεροστεγείς πλαστικούς σάκους.

Οι ασυνεχείς χωνευτές χρησιμοποιούνται επίσης για τη συνδυασμένη ξηρή και υγρή χώνευση στην περίπτωση στοιβάσιμων τύπων πρώτης ύλης, όπου χρησιμοποιείται πρόσθετο απόβλητο νερό ή υγρό διήθησης σε μεγαλύτερες ποσότητες για την υπερχειλίση ή τη διήθηση.

Η δυνατότητα χειρισμού των υποστρωμάτων, όχι μόνο μέσω της προ-επεξεργασίας και της διήθησης, αλλά και με τον «αερισμό» υπό υψηλή πίεση και την υπερχειλίση, επιτρέπει να χρησιμοποιηθεί η ξηρή ζύμωση ως κατάλληλη διεργασία επεξεργασίας στους ελεγχόμενους χώρους ταφής απορριμμάτων.

7.6.2 Χωνευτές συνεχούς τύπου

Σε ένα χωνευτή συνεχούς τύπου τα υποστρώματα της πρώτης ύλης τροφοδοτούνται στο χωνευτή συνεχώς. Το υλικό κινείται μέσα στο χωνευτή είτε μηχανικά είτε υπό την πίεση του νεο-τροφοδοτούμενου υποστρώματος που εξωθεί το χωνεμένο υλικό. Αντίθετα από τους χωνευτές ασυνεχούς τύπου οι συνεχείς χωνευτές παράγουν βιοαέριο χωρίς διακοπή για τη φόρτωση νέας πρώτης ύλης και την εκφόρτωση των χωνεμένων υπολειμμάτων. Η παραγωγή βιοαερίου είναι σταθερή και προβλέψιμη.

Υπάρχουν τρία βασικά είδη συνεχών χωνευτών: κατακόρυφοι, οριζόντιοι και συστήματα πολλαπλών δεξαμενών. Ανάλογα με τη λύση που επιλέγεται για την ανάδευση του υποστρώματος ΑΧ, οι συνεχείς χωνευτές μπορούν να ταξινομηθούν στους χωνευτές πλήρους ανάμειξης και τους χωνευτές στρωτής ροής (Πίνακας 7.1). Οι χωνευτές πλήρους ανάμειξης είναι κυρίως κατακόρυφοι και οι χωνευτές στρωτής ροής οριζόντιοι.

Πίνακας 7.1: Τύποι χωνευτών

Χωνευτές πλήρους ανάμειξης	Χωνευτές στρωτής ροής
Κυκλικοί, κατασκευή μονής δεξαμενής, κατακόρυφοι	Επιμήκεις, οριζόντια δεξαμενή
Πλήρης μείξη	Κατακόρυφης ανάμειξης
Κατάλληλοι για πρώτη ύλη (υγρή κοπριά)	Κατάλληλοι για δύσκολες πρώτες ύλες (στερεή κοπριά)
Τμήματα μη χωνεμένης πρώτης ύλης μπορεί να φθάσουν στην εκροή	Κανονικά καμία σύνδεση μεταξύ εισροής και εκροής-εξασφαλισμένη υγιεινή
Θερμοκρασία διεργασίας 20-37 °C	Θερμοκρασία διεργασίας 35-55 °C
Χρόνος παραμονής 30 - 90 ημέρες	Χρόνος παραμονής 15 - 30 ημέρες

Κατακόρυφοι χωνευτές

Στην πράξη, οι περισσότεροι χωνευτές είναι κατακόρυφοι. Οι κατακόρυφοι χωνευτές κατασκευάζονται συνήθως επιτίπου (Σχήμα 7.19), και αποτελούνται από στρογγυλές δεξαμενές από χάλυβα ή ενισχυμένο σκυρόδεμα, συχνά με ένα κωνικό πυθμένα για εύκολη ανάδευση και εκκένωση των ιζημάτων άμμου. Είναι αεροστεγείς, μονωμένοι, θερμαινόμενοι και εξοπλισμένοι με αναδευτήρες ή αντλίες. Οι χωνευτές καλύπτονται από μία οροφή από σκυρόδεμα ή χάλυβα και το παραγόμενο βιοαέριο διοχετεύεται με σωλήνες και αποθηκεύεται σε μια μονάδα εξωτερικής αποθήκευσης, κοντά στο χωνευτή. Σε άλλες περιπτώσεις, η οροφή μπορεί να είναι μία αεροστεγής μεμβράνη, που διευκολύνει την αποθήκευση του παραγόμενου βιοαερίου. Η μεμβράνη διογκώνεται από το παραγόμενο βιοαέριο ή μπορεί να είναι στερεωμένη σε έναν κεντρικό ιστό (Σχήμα 7.20).



Σχήμα 7.19: Επιτόπου κατασκευή κατακόρυφων χωνευτών από σκυρόδεμα (RUTZ 2007)

Οι χωνευτές που κατασκευάζονται από ενισχυμένο σκυρόδεμα είναι αρκετά αεροστεγείς λόγω του κορεσμού σε νερό του σκυροδέματος από την υγρασία που υπάρχει στην πρώτη ύλη και το βιοαέριο. Οι δεξαμενές από σκυρόδεμα μπορούν να τοποθετηθούν πλήρως ή μερικώς μέσα στο έδαφος. Η μη σωστή κατασκευή μπορεί να οδηγήσει σε ραγίσματα, διαρροές, διάβρωση και σε ακραίες περιπτώσεις στην κατάρρευση του χωνευτή. Αυτά τα προβλήματα μπορούν να αποφευχθούν μέσω της κατάλληλης ποιότητας του σκυροδέματος και του σωστού σχεδιασμού και κατασκευής του χωνευτή.



Σχήμα 7.20: Κατακόρυφοι χωνευτές καλυμμένοι από αεροστεγείς μεμβράνες. Η μεμβράνη διογκώνεται από το παραγόμενο βιοαέριο - αριστερά (AGRINZ 2008). Η μεμβράνη είναι στερεωμένη σε έναν κεντρικό ιστό - δεξιά (RUTZ 2006)

Οι χαλύβδινοι χωνευτές εγκαθίστανται σε μια βάση από σκυρόδεμα. Οι χαλύβδινες πλάκες είτε συγκολλούνται είτε συρράβονται μεταξύ τους και οι ραφές πρέπει να στεγανοποιηθούν. Οι χωνευτές από χάλυβα εγκαθίστανται πάντοτε επάνω στο έδαφος.

Το πλεονέκτημα των κατακόρυφων χωνευτών είναι ότι οι υφιστάμενες δεξαμενές στερεής κοπριάς, οι οποίες υπάρχουν ήδη στα αγροκτήματα, μπορούν να μετατραπούν εύκολα σε χωνευτές βιοαερίου με την προσθήκη μόνωσης και συστήματος θέρμανσης. Για την εκ των υστέρων μόνωση, αδιάβροχες μονωτικές πλάκες (πολυστυρένιο) συνδέονται με σφήνες στα εσωτερικά τοιχώματα της δεξαμενής. Μια άλλη επιλογή για τη μόνωση των πρώην δεξαμενών στερεής κοπριάς είναι η πλήρης επίστρωση με αφρό του εσωτερικού της δεξαμενής, για αεροστεγανότητα, εργασία η οποία πρέπει να γίνει από ειδικευμένες εταιρίες. Οι δεξαμενές καλύπτονται στο τέλος με μια αεροστεγή οροφή μονής ή διπλής μεμβράνης.

Ένα ειδικό σύστημα AX που χρησιμοποιείται στις μονάδες βιοαερίου που επεξεργάζονται ζωικά απόβλητα είναι τα αποκαλούμενα συστήματα συσσώρευσης-συνεχούς ροής (σύστημα ΣΣΡ). Σε αυτά τα συστήματα, ολόκληρη η δεξαμενή της στερεής κοπριάς χρησιμεύει ταυτόχρονα και ως χωνευτής

και ως εγκατάσταση αποθήκευσης της στερεής κοπριάς. Αυτά τα είδη μονάδων εγκαταστάθηκαν σε αγροκτήματα όπου έπρεπε να κατασκευαστούν υποχρεωτικά δεξαμενές αποθήκευσης. Το ελάχιστο φορτίο επιτυγχάνεται το καλοκαίρι, μετά από την τελευταία εφαρμογή του χωνεμένου υπολείμματος ως εδαφοβελτιωτικό. Κατά το φθινόπωρο και το χειμώνα ο χωνευτής γεμίζει. Σε αυτό το στάδιο, το σύστημα λειτουργεί με συνεχή ροή και έχει έναν υψηλό χρόνο παραμονής και καλούς ρυθμούς παραγωγής αερίου. Το χωνεμένο υπόλειμμα ρέει στην δεξαμενή αποθήκευσης, η οποία λειτουργεί επίσης ως μετα-χωνευτής.

Οριζόντιοι χωνευτές

Οι οριζόντιοι χωνευτές (Σχήμα 7.21) έχουν οριζόντιο άξονα και κυλινδρικό σχήμα. Αυτός ο τύπος χωνευτή συνήθως κατασκευάζεται και μεταφέρεται στη μονάδα βιοαερίου ως ένα κομμάτι, οπότε είναι περιορισμένοι στο μέγεθος και τον όγκο. Ο κλασσικός τύπος για τις μικρής κλίμακας λύσεις είναι μία οριζόντια δεξαμενή από χάλυβα των 50-150 m³, που χρησιμοποιείται ως κύριος χωνευτής για μικρότερες μονάδες βιοαερίου ή ως προ-χωνευτής για μεγαλύτερες εγκαταστάσεις. Υπάρχει επίσης μια εναλλακτική λύση από σκυρόδεμα, ο χωνευτής τύπου καναλιού, ο οποίος επιτρέπει μεγαλύτερους όγκους μέχρι 1.000 m³.

Οι οριζόντιοι χωνευτές μπορούν επίσης να λειτουργούν παράλληλα, προκειμένου να επιτευχθούν μεγαλύτερες τιμές ρυθμαπόδοσης. Λόγω της μορφής τους, εφαρμόζεται αυτόματα το ρεύμα στρωτής ροής. Η πρώτη ύλη ρέει αργά από την πλευρά εισόδου στην πλευρά εκκένωσης, διαμορφώνοντας μια στρωτή ροή στον χωνευτή. Έτσι ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος της εκκένωσης μη χωνεμένου υποστρώματος και εξασφαλίζεται ένας συγκεκριμένος χρόνος παραμονής για όλο το υπόστρωμα μέσα στο χωνευτή. Οι οριζόντιοι χωνευτές συνεχούς ροής συνήθως χρησιμοποιούνται για πρώτες ύλες όπως είναι η στερεή κοπριά των πουλερικών, η χλόη, η χορτονομή αραβοσίτου ή η στερεή κοπριά με υψηλή περιεκτικότητα σε άχυρο.

Ο μονωμένος χωνευτής είναι εξοπλισμένος με σύστημα θέρμανσης, θόλο αερίου, σωλήνες στερεής κοπριάς και έναν αναδευτήρα. Το σύστημα θέρμανσης αποτελείται από κινούμενους θερμοσωλήνες, με περιστρεφόμενη τροφοδοσία - αποχέτευση ζεστού νερού, ή από διαγώνια ενσωματωμένα θερμαντικά σώματα. Οι βραχίονες του αργά κινούμενου αναδευτήρα με περύγια διευθετούνται ελικοειδώς στον άξονα ανάδευσης, προκειμένου να εξασφαλιστεί η ίση κατανομή της ροής. Ο μεγάλος αριθμός αναδευτήρων μπορεί να μεταφέρει κατακρημνίσεις άμμου στις δεξαμενές αποστράγγισης.

Με την εξασφάλιση μιας συνεχούς προς τα μέσα και προς τα έξω ροής της πρώτης ύλης, μπορεί να επιτευχθεί ένας μέσος χρόνος παραμονής 15-30 ημερών. Η στάθμη πλήρωσης του χωνευτή φθάνει πάντα στο ίδιο ύψος και αυξομειώνεται μέσα στο θόλο αερίου κατά τη διάρκεια της πλήρωσης και της ανάδευσης. Η στάθμη ρυθμίζεται από ένα σιφόνι στην εκροή. Ο χωνευτής εφοδιάζεται με ένα στεγανό κάλυμμα ή τοποθετείται κάτω από μία στέγη. Μπορεί να συναρμολογηθεί είτε επιτόπου είτε να κατασκευαστεί κατά παραγγελία. Οι χωνευτές από χάλυβα και ανοξείδωτο χάλυβα κατασκευάζονται πάντα επάνω στο έδαφος, τοποθετούνται σε μία βάση από σκυρόδεμα και στερεώνονται σε αυτή. Οι συνδέσεις με βίδες πρέπει να σφραγίζονται.

Συστήματα πολλαπλών δεξαμενών

Οι μεγάλες εγκαταστάσεις συγχώνευσης κλίμακας αγροκτήματος αποτελούνται συνήθως από ένα αριθμό συστημάτων πολλαπλών δεξαμενών. Κανονικά χρησιμοποιούνται ως ένα σύστημα συνεχούς ροής, και περιλαμβάνουν έναν ή περισσότερους κύριους χωνευτές και μετα-χωνευτές. Οι χωνευτές μπορεί να είναι μόνο κατακόρυφοι ή συνδυασμός από κατακόρυφους και οριζόντιους. Οι δεξαμενές αποθήκευσης του χωνεμένου υπολείμματος λειτουργούν επίσης ως μετα-χωνευτές και θα πρέπει πάντα να καλύπτονται με αεροστεγή μεμβράνη.



Σχήμα 7.21: Οριζόντιος χωνευτής στρωτής ροής (RUTZ 2006)

7.6.3 Συντήρηση των χωνευτών

Αφαίρεση των ιζημάτων από το χωνευτή

Στο εσωτερικό των χωνευτών συνεχούς τύπου μπορεί να συσσωρευτούν ιζήματα βαρέων υλικών, όπως είναι η άμμος και άλλα μη χωνευόμενα υλικά. Τα περισσότερα από αυτά τα υλικά μπορούν να αφαιρεθούν κατά τη διαδικασία της προ-αποθήκευσης ή κατά την τροφοδοσία. Ωστόσο, η άμμος μπορεί να προσκολληθεί πολύ στενά στις οργανικές ουσίες και είναι δύσκολο να διαχωριστεί πριν από τη χώνευση. Ένα μεγάλο μέρος της άμμου απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια της βιολογικής διεργασίας ΑΧ στο χωνευτή. Η ζωική κοπριά (υδαρής κοπριά χοίρων, κοπριά πουλερικών), αλλά και άλλοι τύποι βιομάζας μπορούν να περιέχουν διάφορες ποσότητες άμμου. Η συσσώρευση της άμμου μέσα στις δεξαμενές και τους χωνευτές μειώνει τον ενεργό όγκο τους. Η παρουσία άμμου στη ροή της βιομάζας επιβαρύνει σημαντικά τα συστήματα ανάδευσης, τις αντλίες και τους εναλλάκτες θερμότητας, προκαλώντας ρύπανση, αποφράξεις και σημαντική φθορά. Τα στρώματα ιζήματος μπορούν να σκληρύνουν εάν δεν αφαιρούνται περιοδικά και τότε μπορούν να αφαιρεθούν μόνο με βαρύ εξοπλισμό. Η συνεχής αφαίρεση των στρωμάτων ιζήματος από τους χωνευτές μπορεί να γίνει με τη χρήση αυλακίων ή ενός οχετού δαπέδου. Εάν ο σχηματισμός ιζήματος είναι πάρα πολύ μεγάλος, μπορεί να μη λειτουργήσουν τα συστήματα αφαίρεσης ιζήματος και τότε θα είναι απαραίτητο να τεθεί εκτός λειτουργίας ο χωνευτής, να ανοιχτεί και να αφαιρεθεί με το χέρι ή με μηχανήμα το στρώμα ιζήματος, ανάλογα με το μέγεθος του χωνευτή. Η στατική πίεση των πολύ ψηλών χωνευτών (πάνω από 10 m) μπορεί να είναι επαρκής για την αφαίρεση της άμμου, των επικαθίσεων και της ιλύος.

Τα προβλήματα που προκαλούνται από τα ιζήματα μπορούν να ελαχιστοποιηθούν εάν ληφθούν μερικά βασικά μέτρα:

- Τακτική εκκένωση των δεξαμενών προ-αποθήκευσης και αποθήκευσης
- Εγκατάσταση δεξαμενής προ-αποθήκευσης μεγάλης χωρητικότητας
- Επαρκής μέθοδος ανάδευσης
- Σωστή τοποθέτηση των βάσεων των σωλήνων άντλησης, προκειμένου να αποφευχθεί η κυκλοφορία της άμμου
- Αποφυγή των τύπων πρώτων υλών με υψηλή περιεκτικότητα σε άμμο
- Χρήση ειδικά αναπτυγμένων μεθόδων εκκένωσης της άμμου από τους χωνευτές.

Μέτρα κατά των στρωμάτων αφρού

Η δημιουργία στρωμάτων αφρού και υλικών που επιπλέουν εξαρτάται από τους τύπους της παρεχόμενης πρώτης ύλης ή μπορεί να προκληθεί από αστάθεια της διαδικασίας. Η παρουσία τους στην επιφάνεια του χωνευτή μπορεί να προκαλέσει την απόφραξη των γραμμών του αερίου. Για να αποτραπεί αυτό, οι γραμμές του αερίου πρέπει να εγκαθίστανται όσο το δυνατόν υψηλότερα μέσα στο χωνευτή. Οι παγίδες αφρού μπορούν να αποτρέψουν τη διείσδυση του αφρού στους σωλήνες πρώτης ύλης προς τον μετα-χωνευτή ή τις λεκάνες αποθήκευσης. Μπορεί να εγκατασταθεί ένας αισθητήρας αφρού στο επάνω μέρος του χωνευτή για να αρχίσει αυτόματα να ψεκάξει κάποιον επιβραδυντή αφρού στο χωνευτή, εάν υπάρχει πολύς αφρός στην επιφάνεια. Οι επιβραδυντές αφρού πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο σε έκτακτη ανάγκη, δεδομένου ότι συνήθως είναι ενώσεις πυριτικών αλάτων που μπορούν να προκαλέσουν ζημιά στις εγκαταστάσεις ΣΗΘ.

7.7 Τεχνολογίες ανάδευσης

Η ελάχιστη ανάδευση της βιομάζας μέσα στο χωνευτή γίνεται με παθητικό τρόπο. Αυτή προκαλείται από την εισαγωγή της νέας πρώτης ύλης και τα επακόλουθα ρεύματα θερμικής μεταφοράς, καθώς επίσης και από τη ροή προς τα επάνω των φυσαλίδων αερίου. Καθώς η παθητική ανάδευση δεν επαρκεί για τη βέλτιστη λειτουργία του χωνευτή, πρέπει να εφαρμοσθεί *ενεργητική ανάδευση* με τη χρήση μηχανικού, υδραυλικού ή πνευματικού εξοπλισμού. Στο 90% περίπου των μονάδων βιοαερίου γίνεται μηχανική ανάδευση.

Το περιεχόμενο του χωνευτή πρέπει να αναδεύεται αρκετές φορές ημερησίως προκειμένου να αναμειχθεί η νέα πρώτη ύλη με το υπάρχον υπόστρωμα μέσα στο χωνευτή. Η ανάδευση αποτρέπει το σχηματισμό κρούστας και ιζημάτων, ενώ διευκολύνει τη μεταφορά των βακτηρίων (μικροοργανισμών) στα σωματίδια της νέας πρώτης ύλης, την ανοδική ροή των φυσαλίδων αερίου και την ομογενοποίηση της κατανομής της θερμότητας και των θρεπτικών ουσιών.

Γενικά, οι αναδευτήρες μπορεί να λειτουργούν συνεχώς ή κατά διαστήματα. Η εμπειρία δείχνει ότι τα διαστήματα ανάδευσης μπορούν να βελτιστοποιηθούν εμπειρικά και να προσαρμοστούν στις ιδιαιτερότητες της εκάστοτε μονάδας βιοαερίου (μέγεθος δεξαμενής, ποιότητα πρώτης ύλης, τάση δημιουργίας επιπλεόντων στρωμάτων κ.λπ.). Μετά από την αρχική φόρτωση και την εκκίνηση της μονάδας, η εμπειρία και ο έλεγχος είναι αυτά που καθορίζουν τη βέλτιστη διάρκεια και τη συχνότητα των διαστημάτων ανάδευσης, καθώς επίσης και τις ρυθμίσεις στους αναδευτήρες.

Η εμπειρία από τη Δανία δείχνει ότι οι βυθιζόμενοι, ηλεκτρικά οδηγούμενοι αναδευτήρες μέσης ταχύτητας, που χρησιμοποιούνταν ευρέως στο παρελθόν, απεδείχθησαν ακριβοί στη λειτουργία τους και δύσκολα προσβάσιμοι για συντήρηση και επιθεώρηση. Στη συνέχεια, οι αργά περιστρεφόμενοι αναδευτήρες, που εγκαθίστανται σε κεντρικά, στο επάνω μέρος των χωνευτών, αποδείχθηκαν μια καλή εναλλακτική λύση, αν και η χρήση τους απαιτεί ένα σωστά ρυθμισμένο επίπεδο βιομάζας στο χωνευτή, προκειμένου να αποφευχθούν τα επιπλέοντα στρώματα.

7.7.1 Μηχανική ανάδευση

Η μηχανική ανάδευση των χωνευτών πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας αναδευτήρες, οι οποίοι μπορούν να ταξινομηθούν ως ταχέως περιστρεφόμενοι αναδευτήρες, αναδευτήρες μέσης ταχύτητας περιστροφής και αργά περιστρεφόμενοι αναδευτήρες.



Σχήμα 7.22: Αναδευτήρας έλικας με καταδύόμενο μοτέρ (AGRINZ 2006)



Σχήμα 7.23: Αναδευτήρες κρεμασμένων πτερυγίων (αριστερά) και η αντίστοιχη μηχανή ανάδευσης (δεξιά) (AGRINZ 2006)



Σχήμα 7.24: Αναδευτήρες πτερυγίων (AGRINZ 2006)

Στους κατακόρυφους χωνευτές χρησιμοποιούνται συχνά οι αναδευτήρες έλικας με βυθιζόμενο μοτέρ (Σχήμα 7.22). Αυτοί οδηγούνται από ηλεκτρικά μοτέρ χωρίς γρανάζια, με υδατοστεγή κουβούκλια και

αντιδιαβρωτικά επιχρίσματα, τα οποία ψύχονται από το περιβάλλον ρευστό. Βυθίζονται εντελώς στην πρώτη ύλη και συνήθως έχουν δύο ή τρεις πετωτές (με γεωμετρικά βελτιστοποιημένες έλικες). Λόγω του συστήματος οδήγησής τους, που αποτελείται από ένα ικρίωμα, ένα βαρούλκο καλωδίων και την οδηγό διάταξη, οι αναδευτήρες μπορούν συνήθως να προσαρμοστούν ως προς το ύψος, την κλίση και ως προς την κατεύθυνση.

Οι αναδευτήρες με περύγια έχουν έναν οριζόντιο, κατακόρυφο ή διαγώνιο άξονα (Σχήματα 7.23 και 7.24). Το μοτέρ τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του χωνευτή. Οι συνδέσεις, εκεί όπου ο άξονας διέρχεται από την οροφή του χωνευτή, η στέγη από μεμβράνη ή τα τοιχώματα του χωνευτή πρέπει να είναι στεγανά.

Μια άλλη δυνατότητα για μηχανική μείξη είναι οι αξονικοί αναδευτήρες. Αυτοί συνήθως λειτουργούν συνεχώς. Οι αξονικοί αναδευτήρες τοποθετούνται συνήθως σε άξονες που εγκαθίστανται κεντρικά στην οροφή του χωνευτή. Η ταχύτητα του μοτέρ που είναι έξω από το χωνευτή, αυξομειώνεται μέσω ενός συστήματος μετάδοσης της κίνησης. Οι αναδευτήρες πρέπει να δημιουργήσουν ένα σταθερό ρεύμα στο χωνευτή που να ρέει από τον πυθμένα προς τα τοιχώματα.

Στους οριζόντιους χωνευτές, συνήθως χρησιμοποιούνται οι αργά περιστρεφόμενοι αναδευτήρες περυγίων-πηνίου, οι οποίοι μπορούν επίσης να εγκατασταθούν και στους κατακόρυφους χωνευτές. Τα περύγια στερεώνονται στον οριζόντιο άξονα ανάδευσης, ο οποίος αναμειγνύει και προωθεί (στρωτή ροή) την πρώτη ύλη της ΑΧ. Η επίδραση της ανάδευσης αφορά μόνο την κατακόρυφη μείξη της πρώτης ύλης. Το οριζόντιο ρεύμα στρωτής ροής διασφαλίζεται από την εισαγωγή νωπής πρώτης ύλης στο χωνευτή. Σωλήνες θέρμανσης της πρώτης ύλης της ΑΧ είναι συχνά ενσωματωμένοι στον άξονα κίνησης και στους βραχίονες του αναδευτήρα. Οι αναδευτήρες έλικα ή πηνίου λειτουργούν αρκετές φορές την ημέρα, με σύντομες περιόδους και χαμηλή ταχύτητα.

7.7.2 Πνευματική ανάδευση

Η πνευματική ανάδευση χρησιμοποιεί το βιοαέριο που αναβλύζει από τον πυθμένα του χωνευτή μέσω της μάζας της πρώτης ύλης. Οι φυσαλίδες του ανερχόμενου αερίου προκαλούν μια κατακόρυφη μετακίνηση και αναδεδούν την πρώτη ύλη. Αυτό το σύστημα έχει το πλεονέκτημα ότι ο απαραίτητος εξοπλισμός (αντλίες και συμπιεστές) τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του χωνευτή, οπότε η φθορά είναι μικρότερη. Η πνευματική ανάδευση της πρώτης ύλης ΑΧ δεν χρησιμοποιείται συχνά στις αγροτικές μονάδες βιοαερίου. Η τεχνολογία δεν είναι κατάλληλη για την αποδόμηση των στρωμάτων επιπλέοντων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για λεπτή υγρή πρώτη ύλη με χαμηλή τάση δημιουργίας επιπλέοντος στρώματος.

7.7.3 Υδραυλική ανάδευση

Όταν γίνεται υδραυλική ανάδευση, η πρώτη ύλη συμπιέζεται από αντλίες και οριζόντια ή πρόσθετα κατακόρυφα περιστρεφόμενα ανοίγματα, στο χωνευτή. Η αναρρόφηση και η εκκένωση της πρώτης ύλης ΑΧ πρέπει να σχεδιαστούν κατά τέτοιο τρόπο ώστε το περιεχόμενο του χωνευτή να αναδεύεται όσο το δυνατόν περισσότερο. Τα συστήματα υδραυλικής ανάδευσης έχουν το πλεονέκτημα ότι τα μηχανικά μέρη των αναδευτήρων είναι τοποθετημένα εξωτερικά του χωνευτή, οπότε υφίστανται λιγότερη φθορά και μπορούν να συντηρηθούν εύκολα. Η υδραυλική ανάδευση είναι περιστασιακά μόνο κατάλληλη για την αποδόμηση των επιπλέοντων στρωμάτων και χρησιμοποιείται μόνο για λεπτή υγρή πρώτη ύλη με χαμηλή τάση δημιουργίας επιπλέοντος στρώματος (όπως και η πνευματική ανάδευση).

7.8 Αποθήκευση του βιοαερίου

Η παραγωγή του βιοαερίου πρέπει να διατηρείται όσο το δυνατόν πιο σταθερή και συνεχής. Μέσα στο χωνευτή, το βιοαέριο σχηματίζεται σε κυμαινόμενες ποσότητες και με αιχμές απόδοσης. Όταν το βιοαέριο χρησιμοποιείται, για παράδειγμα σε μια μονάδα ΣΗΘ, μπορεί να μεταβάλλεται η απαιτούμενη

ποσότητά του. Για να αντισταθμιστούν όλα αυτά, είναι απαραίτητο να αποθηκεύεται προσωρινά το παραγόμενο βιοαέριο σε κατάλληλες εγκαταστάσεις αποθήκευσης.

Σήμερα υπάρχουν διάφορες επιλογές για τις εγκαταστάσεις αποθήκευσης του βιοαερίου. Η πιο απλή λύση είναι η αποθήκευση του βιοαερίου στο επάνω μέρος των χωνευτών με τη χρήση μιας ειδικής μεμβράνης, η οποία επίσης χρησιμοποιείται ως κάλυμμα του χωνευτή. Στις μεγαλύτερες εγκαταστάσεις συνήθως δημιουργούνται ξεχωριστές δεξαμενές αποθήκευσης του βιοαερίου, είτε ως αυτόνομες διατάξεις είτε συμπεριλαμβανόμενες σε κτίρια αποθήκευσης. Οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης του βιοαερίου μπορούν να λειτουργούν σε χαμηλή, μέση ή υψηλή πίεση.

Η σωστή επιλογή και διαστασιολόγηση του συστήματος αποθήκευσης έχει ουσιαστική συμβολή στην αποδοτικότητα, την αξιοπιστία και την ασφάλεια των μονάδων βιοαερίου, εξασφαλίζοντας τον σταθερό εφοδιασμό με βιοαέριο και μειώνοντας τις απώλειες.

Όλες οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης βιοαερίου πρέπει να είναι αεροστεγείς και, ανθεκτικές στην πίεση, και στην περίπτωση των εγκαταστάσεων αποθήκευσης που δεν είναι προστατευμένες σε κτήρια, πρέπει να είναι ανθεκτικές στη θερμοκρασία, τις καιρικές συνθήκες και την υπεριώδη ακτινοβολία (UV). Πριν από την εκκίνηση της μονάδας, οι δεξαμενές αποθήκευσης του αερίου πρέπει να ελεγχθούν ως προς τη στεγανότητά τους. Για λόγους ασφάλειας πρέπει να είναι εξοπλισμένες με βαλβίδες ασφαλείας (για υποπίεση και υπερπίεση) (Σχήμα 7.25) ώστε να αποτραπούν οι ζημιές και άλλοι κίνδυνοι ασφαλείας. Πρέπει επίσης να είναι εγγυημένη η προστασία από έκρηξη και απαιτείται η ύπαρξη ενός πυρσού έκτακτης ανάγκης. Η δεξαμενή πρέπει να έχει την ικανότητα να αποθηκεύει τουλάχιστον το ένα τέταρτο της ημερήσιας παραγωγής βιοαερίου. Συνήθως, προτείνεται η δυνατότητα αποθήκευσης του παραγόμενου βιοαερίου διάρκειας μίας ή δύο ημερών.



Σχήμα 7.25: Εγκαταστάσεις πίεσης και βαλβίδες ασφαλείας (AGRINZ 2006)

7.8.1 Δεξαμενές χαμηλής πίεσης

Οι συχνότερα χρησιμοποιούμενες δεξαμενές χαμηλής πίεσης λειτουργούν σε υπερπίεση από 0,05 έως 0,5 mbar και κατασκευάζονται από ειδικές μεμβράνες που πρέπει να πληρούν μία σειρά απαιτήσεων ασφαλείας. Οι δεξαμενές μεμβράνης εγκαθίστανται ως εξωτερικοί ταμιευτήρες αερίου ή ως θόλοι / καλύμματα αερίου επάνω από το χωνευτή.

Οι εξωτερικές δεξαμενές χαμηλής πίεσης μπορούν να σχεδιαστούν με τη μορφή μαξιλαριών από μεμβράνη / μπαλονιών αερίου (Σχήμα 7.26). Τα μαξιλάρια από μεμβράνη τοποθετούνται σε κτίρια για προστασία από τα καιρικά φαινόμενα ή εφοδιάζονται με μια δεύτερη μεμβράνη.

Εάν για την αποθήκευση βιοαερίου χρησιμοποιείται ο χωνευτής ή ο μετα-χωνευτής, αυτοί πρέπει να καλύπτονται με αεροστεγείς θόλους μεμβράνης (δεξαμενές διπλής μεμβράνης) (Σχήμα 7.27 *αριστερά*), που στερεώνονται στο άνω άκρο του χωνευτή. Για να συγκρατείται η μεμβράνη όταν ο χωνευτής είναι κενός μπορεί να εγκατασταθεί ένα πλαίσιο στήριξης. Η μεμβράνη εκτείνεται ανάλογα με τον όγκο του περιεχόμενου αερίου. Προκειμένου να περιοριστεί η επέκταση της μεμβράνης πέραν των ορίων της, μπορεί να τοποθετηθεί ένα ειδικό πλέγμα γύρω από αυτή (Σχήμα 7.27 *δεξιά*).



Σχήμα 7.26: Εξωτερικές δεξαμενές αποθήκευσης αερίου χαμηλής πίεσης (RUTZ 2007)



Σχήμα 7.27: Κάλυμμα χωνευτή από αεροστεγή μεμβράνη, όπως φαίνεται από το εσωτερικό της δεξαμενής - *αριστερά* (AGRINZ 2006), εφοδιασμένο εξωτερικά με πλέγμα διαστολής - *δεξιά* (RUTZ 2006)

7.8.2 Αποθήκευση βιοαερίου μέσης και υψηλής πίεσης

Το βιοαέριο μπορεί επίσης να αποθηκευτεί σε δεξαμενές μέσης και υψηλής πίεσης, σε πιέσεις μεταξύ 5 και 250 bar, σε χαλύβδινες δεξαμενές πίεσης και φιάλες. Αυτά τα είδη αποθήκευσης χαρακτηρίζονται από υψηλή κατανάλωση ενέργειας. Για τις δεξαμενές αερίου μέχρι 10 bar, πρέπει να υπολογιστούν απαιτήσεις σε ενέργεια έως $0,22 \text{ kWh/m}^3$ και για τις δεξαμενές υψηλής πίεσης από 200 έως 300 bar, η ανάγκη σε ενέργεια είναι της τάξης των $0,31 \text{ kWh/m}^3$. Λόγω του μεγάλου κόστους τους, αυτά τα είδη αποθήκευσης του βιοαερίου χρησιμοποιούνται σπάνια στις αγροτικές μονάδες βιοαερίου.

7.8.3 Πυρσοί βιοαερίου

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου παράγεται περισσότερο βιοαέριο απ' ό,τι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας. Αυτό μπορεί να συμβεί λόγω ενός εξαιρετικά υψηλού ρυθμού παραγωγής αερίου ή

εξ' αιτίας της διακοπής λειτουργίας (π.χ. λόγω συντήρησης) του συστήματος ανάκτησης της ενέργειας. Σε τέτοιες περιπτώσεις είναι απαραίτητη η ύπαρξη εφεδρικών λύσεων, όπως η πρόσθετη αποθήκευση βιοαερίου ή πρόσθετα συστήματα παραγωγής ενέργειας. Η αποθήκευση του βιοαερίου για μικρές χρονικές περιόδους είναι δυνατή χωρίς συμπίεση, αλλά για περιόδους της τάξης των μερικών ωρών γενικά δεν είναι εφικτή, λόγω του μεγάλου όγκου του αερίου. Τα πρόσθετα συστήματα ανάκτησης της ενέργειας (π.χ. μία δεύτερη μονάδα ΣΗΘ) μπορεί να είναι πολύ ακριβά. Για το λόγο αυτό, κάθε μονάδα βιοαερίου είναι εξοπλισμένη με έναν «πυρσό» βιοαερίου. Όταν υπάρχει περίσσεια βιοαερίου που δεν μπορεί να αποθηκευτεί ή να χρησιμοποιηθεί, η ανάφλεξη είναι η τελευταία λύση, απαραίτητη για την εξάλειψη οιοδήποτε κινδύνου ασφάλειας και για την προστασία του περιβάλλοντος. Σε εξαιρετικές καταστάσεις, όταν δεν είναι εφικτή η ανάκτηση ενέργειας, η ανάφλεξη θα μπορούσε να είναι η λύση για την ασφαλή διάθεση του βιοαερίου που παρήχθη από τις διεργασίες της ΑΧ.

Η διεργασία της καύσης καθορίζει τα πλεονεκτήματα ενός τύπου πυρσού σε σχέση με κάποιον άλλον. Η φλόγα του πυρσού ρυθμίζεται από τα πρότυπα εκπομπών και τα κριτήρια απόδοσης του εκάστοτε χρησιμοποιούμενου πυρσού. Δύο παράμετροι, η θερμοκρασία και ο χρόνος παραμονής, διαμορφώνουν τις προδιαγραφές απόδοσης για τους σύγχρονους τύπους πυρσούς. Ο σχεδιασμός των πυρσών πρέπει να στοχεύει στη μεγιστοποίηση της μετατροπής του μεθανίου προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η απελευθέρωση άκαυστου μεθανίου και κάθε άλλου υποπροϊόντος της ατελούς καύσης (π.χ. το μονοξείδιο του άνθρακα). Ανάλογα με το λόγο του αέρα, τη θερμοκρασία και την κινητική των αντιδράσεων της καύσης, ενδέχεται να σχηματισθούν αρκετά ανεπιθύμητα υποπροϊόντα της καύσης του βιοαερίου. Προκειμένου να μεγιστοποιηθούν οι επιθυμητές αντιδράσεις και να ελαχιστοποιηθούν οι ανεπιθύμητες το εύρος της θερμοκρασίας, πρέπει να είναι 850-1.200 °C και ο χρόνος παραμονής 0,3 δευτερόλεπτα το ελάχιστο.

Ανεξάρτητα από τον τύπο του πυρσού, η ασφαλής και αξιόπιστη λειτουργία του απαιτεί την ύπαρξη διαφόρων συνιστωσών πέραν του καυστήρα και του θαλάμου, όπως είναι ένας αναστολέας φλόγας, μία βαλβίδα ασφαλείας και ένα σύστημα ανάφλεξης, με ενσωματωμένο ανιχνευτή φλόγας. Είναι επίσης αναγκαίος ένας ανεμιστήρας αερίου για την αύξηση της πίεσης του αερίου σε 3-15 kPa στον καυστήρα. Η ανάγκη για καθαρισμό ή βελτίωση του αερίου εξαρτάται από την ποιότητα του αερίου και εάν το αέριο χρησιμοποιείται σε μια εγκατάσταση ανάκτησης της ενέργειας, όπου υπάρχει χαμηλότερη ανοχή για τα παρασυσρόμενα σωματίδια τα διάφορα όξινα αέρια που σχηματίζονται κατά τη διάρκεια της καύσης. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι πυρσών βιοαερίου: οι ανοικτού και οι κλειστού τύπου.

Οι *ανοικτού τύπου πυρσοί* είναι ουσιαστικά απλοί καυστήρες, με έναν μικρό ανεμοφράκτη για να προστατευτεί η φλόγα. Ο έλεγχος του αερίου είναι στοιχειώδης - σε πολλές περιπτώσεις, γίνεται με μια κοινή χειροκίνητη βαλβίδα. Το πλούσιο σε αέριο μείγμα, η έλλειψη μόνωσης και η φτωχή ανάμειξη οδηγούν σε ατελή καύση και μια φωτεινή φλόγα, η οποία συχνά είναι εμφανής επάνω από τον ανεμοφράκτη. Η απώλεια θερμότητας ακτινοβολίας είναι σημαντική και αυτό οδηγεί σε ψυχρές περιοχές στην άκρη της φλόγας και τον τερματισμό των αντιδράσεων καύσης, με αποτέλεσμα να παράγονται πολλά ανεπιθύμητα υποπροϊόντα.

Ιστορικά, οι ανοικτού τύπου πυρσοί ήταν δημοφιλείς στο παρελθόν λόγω της απλότητας και του χαμηλού κόστους τους και λόγω της πρώιμης ή ανύπαρκτης νομοθεσίας και ελέγχων σχετικά με τα πρότυπα των εκπομπών. Εφεξής, οι αυστηροί κανονισμοί και ο έλεγχος των εκπομπών είναι πιθανό να περιορίσουν τη χρήση τους.

Οι *κλειστού τύπου πυρσοί* συνήθως τοποθετούνται στο έδαφος, σε μόνιμες εγκαταστάσεις που στεγάζουν ένα μόνο καυστήρα ή μια σειρά καυστήρων οι οποίοι εσωκλείονται μέσα σε ένα κυλινδρικό περίβλημα που καλύπτεται από πυρίμαχο υλικό. Σχεδιασμένο για το σκοπό αυτό, το περίβλημα αποτρέπει την διακοπή και, κατά συνέπεια, η καύση είναι πιο ομοιόμορφη και οι εκπομπές χαμηλές. Ο έλεγχος της διεργασίας είναι σχετικά απλός και εν γένει περιλαμβάνει συνεχή έλεγχο της θερμοκρασίας, των

υδρογονανθράκων και του μονοξειδίου του άνθρακα. Ο βελτιούμενος μηχανικός σχεδιασμός και ο έλεγχος της διεργασίας παρέχουν μεγαλύτερη ευελιξία ελάττωσης της έντασης (ο λόγος της ελάχιστης ροής βιοαερίου προς τη μέγιστη ροή βιοαερίου κάτω από την οποία διατηρούνται ικανοποιητικές συνθήκες λειτουργίας). Οι κατασκευαστές συνήθως αναφέρουν ελάττωση της έντασης 4-5:1, για ποιότητα βιοαερίου με 20-60% μεθάνιο (κατ' όγκο). Είναι εφικτή και μεγαλύτερη ελάττωση της έντασης, έως 10:1, αλλά εις βάρος της ποιότητας καύσης, καθώς η απελευθέρωση θερμότητας δεν επιτρέπει την επίτευξη επαρκών θερμοκρασιών.



Σχήμα 7.28: Σύγχρονοι πυρσσοί βιοαερίου (RUTZ 2007)

7.9 Καθαρισμός του βιοαερίου

7.9.1 Βελτίωση του αερίου

Όταν το βιοαέριο εξέρχεται από το χωνευτή είναι διαποτισμένο με υδρατμούς και περιέχει, εκτός από μεθάνιο (CH_4), διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και ποσότητες υδρόθειου (H_2S). Το υδρόθειο είναι τοξικό, με μία ιδιαίτερη, δυσάρεστη οσμή, και συνδυαζόμενο με τους υδρατμούς στο βιοαέριο, δημιουργεί θειικό οξύ. Το θειικό οξύ είναι διαβρωτικό και μπορεί να προκαλέσει φθορές στις μηχανές ΣΗΘ, τις σωληνώσεις του αερίου, τις καμινάδες, κ.λπ. Για το λόγο αυτό, είναι απαραίτητη η αποθείωση και η ξήρανση του βιοαερίου.

Οι κατασκευαστές των μονάδων ΣΗΘ παρέχουν τις απαιτούμενες προδιαγραφές για τις ιδιότητες του καυσίμου (Πίνακας 7.2). Οι ιδιότητες της καύσης πρέπει να είναι εγγυημένες προκειμένου να αποτραπεί η φθορά των μηχανών. Αυτό ισχύει και για τη χρήση του βιοαερίου. Ανάλογα με τη χρήση του βιοαερίου (π.χ. ως καύσιμο οχημάτων, στις κυψέλες καυσίμου), είναι απαραίτητα περαιτέρω μέτρα βελτίωσής του.

Πίνακας 7.2: Ελάχιστες ιδιότητες για αέρια καύσιμα με σχετική περιεκτικότητα σε οξυγόνο 5%

Θερμογόνος δύναμη (χαμηλότερη θερμογόνος δύναμη)	H _u	≥ 4 kWh/m ³
Περιεκτικότητα σε θείο (συνολική)	S	≤ 2,2 g/m ³ CH ₄
ή περιεκτικότητα σε H ₂ S	H ₂ S	< 0,15 Vol.-%
Περιεκτικότητα σε χλώριο (συνολική)	Cl	≤ 100,0 mg/m ³ CH ₄
Περιεκτικότητα σε φθόριο (συνολική)	F	≤ 50,0 mg/m ³ CH ₄
Σύνολο χλωρίου και φθορίου	(Cl + F)	≤ 100,0 mg/m ³ CH ₄
Σκόνη (3 ... 10 μm)		≤ 10,0 mg/m ³ CH ₄
Σχετική υγρασία (στη χαμηλότερη θερμοκρασία αέρα εισαγωγής, δηλ. συμπύκνωση στο σωλήνα εισαγωγής και την πορεία ελέγχου του αερίου)	φ	< 90 %
Πίεση ροής πριν από την είσοδο μέσα στην πορεία ελέγχου του αερίου	p _{Gas}	20 ... 100 mbar
Διακύμανση της πίεσης του αερίου		< ± 10 % of set value
Θερμοκρασία αερίου	T	10 ... 50 °C
Υδρογονάνθρακες (> C ₅)		< 0,4 mg/m ³ CH ₄
Πυρίτιο (σε Si >5 mg/m ³ CH ₄ μέταλλα <15mg/kg του δείγματος)	Si	< 10,0 mg/m ³ CH ₄
Αναλογία μεθανίου (το περιεχόμενο μεθανίου στο βιοαέριο είναι περίπου 135)	MZ	> 135

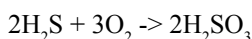
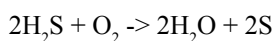
7.9.2 Αποθείωση

Το ξηρό βιοαέριο από την AX της ζωικής στερεής κοπριάς έχει ένα μέσο περιεχόμενο 1.000-3.000 ppm σε υδρόθειο (H₂S) (Agelidaki, 2003). Το βιοαέριο που παράγεται κατά τη συγχώνευση της ζωικής στερεής κοπριάς με άλλα υποστρώματα μπορεί να περιέχει διάφορα επίπεδα H₂S. Όταν το βιοαέριο χρησιμοποιείται σε μηχανές αερίου, το περιεχόμενο σε υδρόθειο πρέπει να είναι κάτω από 700 ppm, προκειμένου να αποφευχθεί η υπερβολική διάβρωση και η ταχύτατη και δαπανηρή φθορά του λιπαντέλαιου.

Η αφαίρεση του υδρόθειου (H₂S) από το βιοαέριο (αποθείωση) μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους βιολογικές ή χημικές στο εσωτερικό ή εξωτερικά του χωνευτή. Η αποθείωση εξαρτάται από το περιεχόμενο σε H₂S και την τιμή ρυθμαπόδοσης όλου του εξοπλισμού αποθείωσης. Η ρυθμαπόδοση μπορεί να κυμαίνεται σημαντικά, ανάλογα με τη διεργασία. Συνεπώς η μεγαλύτερη παραγωγή βιοαερίου και οι υψηλότερες τιμές ρυθμαπόδοσης μπορούν να παρατηρηθούν μετά από την εισαγωγή της νέας πρώτης ύλης στο χωνευτή και κατά τη διάρκεια της ανάδευσης. Τιμές άνω του 50% του κανονικού μπορούν να εμφανιστούν για σύντομα χρονικά διαστήματα. Για το λόγο αυτό και προκειμένου να εξασφαλιστεί πλήρης αποθείωση, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιείται υπερδιαστασιοποιημένος εξοπλισμός αποθείωσης, σε σύγκριση με τη μέση τιμή ρυθμαπόδοσης.

Βιολογική αποθείωση στο χωνευτή

Η βιολογική οξείδωση είναι μια από τις συχνότερα χρησιμοποιούμενες μεθόδους, βασιζόμενη στην έγχυση μιας μικρής ποσότητας αέρα (2-8%) στο ακατέργαστο βιοαέριο. Με αυτόν τον τρόπο, το υδρόθειο οξειδώνεται βιολογικά είτε σε ελεύθερο (στερεό) θείο (Σχήμα 7.29) είτε σε υδατώδες θειώδες οξύ (H₂SO₃) σύμφωνα με τις ακόλουθες εξισώσεις:



Στην πράξη το παραγόμενο θείο συλλέγεται και οδηγείται στη δεξαμενή αποθήκευσης όπου αναμειγνύεται με το χωνεμένο υπόλειμμα ώστε να βελτιωθούν οι ιδιότητές του. Η βιολογική αποθείωση συνήθως λαμβάνει χώρα μέσα στο χωνευτή και είναι μία οικονομικά αποδοτική μέθοδος. Γι' αυτό τον τύπο αποθείωσης χρειάζονται οξυγόνο και *οξειδωτικά σουλφοβακτήρια*, για τη μετατροπή του υδρόθειου σε στοιχειακό θείο παρουσία οξυγόνου. Τα *οξειδωτικά σουλφοβακτήρια* είναι παρόντα μέσα στο χωνευτή (δεν χρειάζεται να προστεθούν), δεδομένου ότι το υπόστρωμα της ΑΧ περιέχει τις απαραίτητες θρεπτικές ουσίες για το μεταβολισμό τους. Το οξυγόνο παρέχεται με έγχυση αέρα στο επάνω μέρος του χωνευτή. Αυτό μπορεί να γίνει με έναν πολύ μικρό συμπιεστή. Οι σωλήνες εγχύσεως αέρα μέσα στο χωνευτή πρέπει να τοποθετούνται στην αντίθετη πλευρά της εξαγωγής του βιοαερίου, προκειμένου να αποφευχθεί η παρεμπόδιση του σωλήνα εξαγωγής.

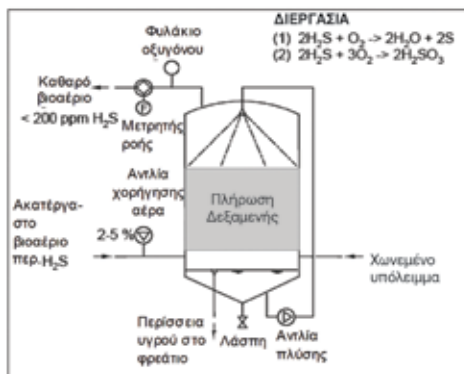


Σχήμα 7.29: Στοιχειακό θείο, που προκύπτει από βιολογική αποθείωση μέσα στο χωνευτή (RUTZ 2007)

Ο αέρας εγχέεται απευθείας στον κύριο χώρο του χωνευτή και οι αντιδράσεις λαμβάνουν χώρα στον χώρο αυτό του αντιδραστήρα, στο επιπλέον στρώμα (εάν υπάρχει) και στα τοιχώματα του αντιδραστήρα. Λόγω της όξινης φύσης των προϊόντων υπάρχει ο κίνδυνος διάβρωσης. Η διεργασία επίσης εξαρτάται από την ύπαρξη ενός σταθερού επιπλέοντος στρώματος μέσα στο χωνευτή. Για τους λόγους αυτούς, η διεργασία συχνά λαμβάνει χώρα σε έναν χωριστό αντιδραστήρα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 7.30.

Βιολογική αποθείωση έξω από το χωνευτή

Η βιολογική αποθείωση μπορεί να γίνει έξω από το χωνευτή, σε δεξαμενές ή στήλες αποθείωσης. Η μέθοδος αυτή διευκολύνει τον έλεγχο της διεργασίας αποθείωσης και την ακριβή ρύθμιση της προσθήκης οξυγόνου.



Σχήμα 7.30 Σχηματικό διάγραμμα του συστήματος για τη βιολογική οξείδωση του H_2S (ANGELIDAKI 2004)

Ο αντιδραστήρας (Σχήμα 7.31) είναι παρόμοιος με ένα σύστημα απολέπισης, αποτελούμενος από μια πορώδη γόμωση (τυχαία συσκευασμένα πλαστικά στοιχεία ή κάτι παρόμοιο) όπου μπορούν να αναπτυχθούν μικροοργανισμοί, ένα φρεάτιο, μία αντλία και μία διάταξη ακροφυσίων, που επιτρέπει το τακτικό ράντισμα της γόμωσης. Ο αντιδραστήρας που παρουσιάζεται στο Σχήμα 7.31 έχει χωρητικότητα 80 m³ με 50 m³ υλικού πλήρωσης. Το H₂S οξειδώνεται μέσω βιολογικής διεργασίας σε όξινα προϊόντα ή ελεύθερο θείο, με την ανάντη έγχυση μιας μικρής ποσότητας ατμοσφαιρικού αέρα.



Σχήμα 7.31 Αντιδραστήρας για την αφαίρεση του υδρόθειου (ANGELIDAKI 2004)

Το ράντισμα χρησιμοποιείται για να ξεπλένει τα όξινα προϊόντα και να παρέχει θρεπτικές ουσίες στους μικροοργανισμούς. Το φρεάτιο πρέπει επομένως να περιέχει ένα υγρό με υψηλή αλκαλικότητα και πλούσιο σε ζωτικές θρεπτικές ουσίες. Το χωνεμένο υπόλειμμα, κατά προτίμηση κοσκινισμένο, είναι η ιδανική διαθέσιμη επιλογή σ' αυτή την περίπτωση.

Η συνήθης επιλογή είναι η πλήρωση του αντιδραστήρα περίπου με 10 m³/h βιοαερίου ανά m³ του αντιδραστήρα και μια θερμοκρασία διεργασίας γύρω στους 35°C. Η διεργασία έχει αποδειχθεί πολύ αποδοτική, υπό τον όρο ότι εγχέεται ικανοποιητική ποσότητα αέρα (ελαφρώς περισσότερος από αυτόν που χρειάζεται στοιχειομετρικά). Το pH στο φρεάτιο πρέπει να διατηρείται στην τιμή 6,0 ή υψηλότερη. Ανά τακτά χρονικά διαστήματα πρέπει να πραγματοποιείται μια διεργασία πλύσης, όπου τα στοιχεία της γόμωσης ραντίζονται κατευθείαν με ένα μείγμα αέρα/ύδατος, προκειμένου να αποτραπούν οι εναποθέσεις ελεύθερου θείου από το κλείσιμο της γόμωσης του αντιδραστήρα.

Σε μερικές περιπτώσεις, όταν το βιοαέριο αποθηκεύεται ή περνάει από το χωνεμένο υπόλειμμα μετά την αποθήκευση, ο αντιδραστήρας H₂S παραλείπεται και εγχέεται μόνο αέρας. Ο καθαρισμός τότε στηρίζεται στο σχηματισμό ενός επιπλέοντος στρώματος στη μετα-αποθήκευση, όπου μπορούν να αναπτυχθούν οι μικροοργανισμοί και να διενεργήσουν την οξείδωση. Ένα επιπλέον στρώμα μπορεί συνήθως να διατηρηθεί με την επιλογή χαμηλής έντασης για τη μείξη, χωρίς πάρα πολλά προβλήματα στη λειτουργία της δεξαμενής ως χώρου προσωρινής αποθήκευσης. Αυτή η λύση είναι οικονομικά πιο αποδοτική, αλλά και λιγότερο αξιόπιστη, καθώς τα επιπλέοντα στρώματα είναι ασταθή, μπορούν δηλαδή να βυθιστούν κατά τη διάρκεια της νύχτας ανά πάσα στιγμή και να ξαναβρεθούν στην επιφάνεια μερικές ημέρες αργότερα. Έτσι, θα υπάρξουν μερικές περιόδους με χαμηλή αποδοτικότητα αφαίρεσης του H₂S.

Χημική αποθείωση στο χωνευτή

Η αποθείωση μπορεί να γίνει με την προσθήκη μιας χημικής ουσίας στο μείγμα της πρώτης ύλης, μέσα στο χωνευτή. Έτσι, το θείο δεσμεύεται χημικά κατά τη διάρκεια της ΑΧ, αποτρέποντας την απελευθέρωση του υδρόθειου στο βιοαέριο. Έτσι, το θείο δεν χάνεται, αλλά παραμένει στο χωνεμένο υπόλειμμα.

Χημική αποθείωση έξω από το χωνευτή

Η χημική αποθείωση του βιοαερίου μπορεί να λάβει χώρα έξω από το χωνευτή, χρησιμοποιώντας π.χ. μία βάση (συνήθως υδροξείδιο του νατρίου). Για τη μέθοδο αυτή απαιτείται ειδικός εξοπλισμός.

Μια άλλη χημική μέθοδος για να μειωθεί το περιεχόμενο του υδρόθειου είναι η προσθήκη σιδηρούχου διαλύματος στην πρώτη ύλη. Οι σιδηρούχες ενώσεις δεσμεύουν το θείο σε μια αδιάλυτη ένωση στην υγρή φάση, και έτσι αποτρέπεται η παραγωγή αερίου υδρόθειου. Η μέθοδος είναι αρκετά ακριβή, δεδομένου ότι η κατανάλωση σιδηρούχου υλικού σε στοιχειομετρική βάση έχει αποδειχθεί ότι είναι διπλάσια ή τριπλάσια από την επιθυμητή μείωση του αερίου υδρόθειου (ANGELIDAKI 2004). Μια οικονομικότερη λύση είναι να τροφοδοτηθούν απόβλητα προϊόντα με σιδηρούχο περιεχόμενο ως ομοιοποστρώματα και να χρησιμοποιηθεί η προσθήκη σιδηρούχων ως εφεδρική λύση.

7.9.3 Ξήρανση

Η σχετική υγρασία του βιοαερίου μέσα στο χωνευτή είναι 100% (το αέριο είναι διαποτισμένο με υδρατμούς). Για να προστατευθούν οι μονάδες ΣΗΘ από τη διάβρωση και από ενδεχόμενες βλάβες, πρέπει να αφαιρείται το νερό από το παραγόμενο βιοαέριο.

Η ποσότητα του νερού που τελικά περιέχεται στο βιοαέριο εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Ένα μέρος των υδρατμών μπορεί να συμπυκνωθεί με τη ψύξη του αερίου. Αυτό γίνεται συχνά στις σωληνώσεις που μεταφέρουν το βιοαέριο από το χωνευτή στη μονάδα ΣΗΘ. Το νερό συμπυκνώνεται στα τοιχώματα των κεκλιμένων σωλήνων και μπορεί να συλλεχθεί σε έναν διαχωριστή συμπυκνώματος, στο χαμηλότερο σημείο της σωληνώσεως. Προϋπόθεση για την αποτελεσματική ψύξη του βιοαερίου στις σωληνώσεις είναι το ικανοποιητικό μήκος τους. Εάν οι σωληνώσεις του αερίου είναι υπόγειες, το αποτέλεσμα της ψύξης είναι ακόμα καλύτερο. Είναι πολύ σημαντικό να τοποθετούνται υπόγειοι σωλήνες, σε σταθερή βάση προκειμένου να είναι εγγυημένη η κλίση τους (αυτή μπορεί να επηρεαστεί από ένα βυθιζόμενο ή κινούμενο έδαφος). Ο διαχωριστής συμπυκνώματος πρέπει να προστατεύεται από τον πάγο και να είναι εύκολα προσβάσιμος, για να εκκενώνεται τακτικά. Εκτός από τους αφαιρούμενους υδρατμούς, η συμπύκνωση αφαιρεί επίσης μερικές από τις ανεπιθύμητες ουσίες, όπως υδροδιαλυτά αέρια και αερολύματα.

Μια άλλη δυνατότητα ξήρανσης του βιοαερίου είναι η ψύξη του σε ηλεκτρικά τροφοδοτούμενα δοχεία ψύξης αερίου, σε θερμοκρασίες κάτω από 10°C, με την οποία επιτυγχάνεται η αφαίρεση σημαντικών ποσοτήτων υγρασίας. Προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η σχετική υγρασία, (όχι η απόλυτη υγρασία), το αέριο μπορεί να αναθερμανθεί, προκειμένου να αποτραπεί η συμπύκνωση κατά μήκος των σωληνώσεων του αερίου.

7.10 Αποθήκευση του χωνεμένου υπολείμματος

Το χωνεμένο υπόλειμμα αντλείται έξω από τον χωνευτή και μεταφέρεται μέσω αγωγών στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης που βρίσκονται κοντά του, όπου αποθηκεύεται προσωρινά (μερικές ημέρες).

Όταν το χωνεμένο υπόλειμμα χρησιμοποιείται ως εδαφοβελτιωτικό μεταφέρεται από τη μονάδα

βιοαερίου μέσω σωληνώσεων ή με ειδικά βυτιοφόρα και αποθηκεύεται σε δεξαμενές που βρίσκονται π.χ. στα αγροκτήματα όπου εφαρμόζεται το χωνεμένο υπόλειμμα. Η συνολική χωρητικότητα αυτών των δεξαμενών πρέπει να είναι αρκετή για την αποθήκευση του παραγόμενου χωνεμένου υπολείμματος για αρκετούς μήνες. Σύμφωνα με την υφιστάμενη νομοθεσία σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες, απαιτούνται έξι έως εννέα μήνες αποθηκευτικής ικανότητας για τη στερεή και υδαρή κοπριά και το χωνεμένο υπόλειμμα, προκειμένου να εξασφαλισθεί η βέλτιστη και αποδοτική χρήση τους ως λιπάσματος και να αποφευχθεί η εφαρμογή τους κατά τη χειμερινή περίοδο.

Η αποθήκευση του χωνεμένου υπολείμματος μπορεί να γίνει σε δεξαμενές από σκυρόδεμα ή τεχνητές λίμνες οι οποίες είναι καλυμμένες από φυσικά ή τεχνητά επιπλέον στρώματα ή από μεμβράνες.



Σχήμα 7.32: Δεξαμενές αποθήκευσης με φυσικό επιπλέον στρώμα (DANISH BIOGAS ASSOCIATION 2008)



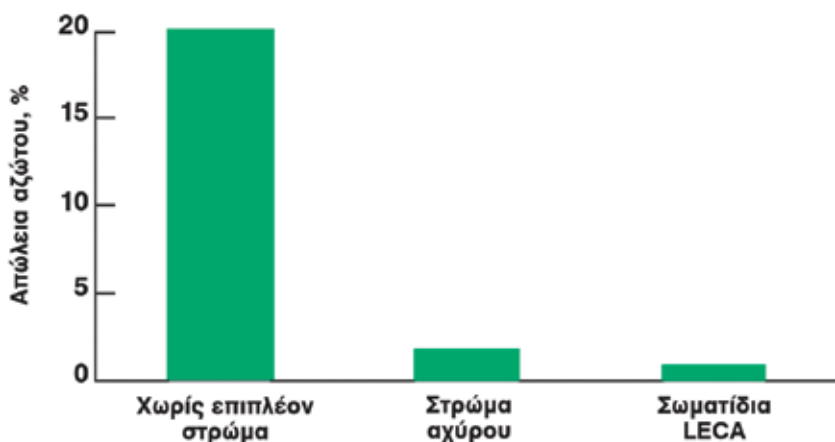
Σχήμα 7.33: Δεξαμενές αποθήκευσης καλυμμένες με μεμβράνες (DANISH BIOGAS ASSOCIATION 2008)



Σχήμα 7.34: Ανοικτές τεχνητές λίμνες για την αποθήκευση του χωνεμένου υπολείμματος (AGRINZ 2006)

Είναι πιθανό να συμβούν απώλειες μεθανίου και θρεπτικών ουσιών κατά την αποθήκευση και επεξεργασία του χωνεμένου υπολείμματος. Έως και το 20% της συνολικής παραγωγής βιοαερίου μπορεί να λάβει χώρα έξω από το χωνευτή, στις δεξαμενές αποθήκευσης του χωνεμένου υπολείμματος. Προκειμένου να αποτραπούν οι εκπομπές μεθανίου και να συλλεχθεί η πρόσθετη παραγωγή αερίου, οι δεξαμενές αποθήκευσης πρέπει πάντα να καλύπτονται με μια αεροστεγή μεμβράνη για ανάκτηση του αερίου. Στις σύγχρονες μονάδες βιοαερίου οι δεξαμενές αποθήκευσης του χωνεμένου υπολείμματος σφραγίζονται με μια αεροστεγή μεμβράνη.

Όταν το χωνεμένο υπόλειμμα μεταφέρεται σε εγκαταστάσεις αποθήκευσης στα αγροκτήματα, και αυτές πρέπει επίσης να καλύπτονται με ένα φυσικό επιπλέον στρώμα, κατ' ελάχιστο, προκειμένου να μειωθεί ο κίνδυνος εξάτμισης της αμμωνίας. Η εμπειρία δείχνει ότι η καθιέρωση του τεχνητού επιπλέοντος καλύμματος στις δεξαμενές αποθήκευσης του χωνεμένου υπολείμματος μπορεί να μειώσει την αεριοποίηση της αμμωνίας από 20% σε λιγότερο από 2% (Σχήμα 7.35).



Σχήμα 7.35: Το επιπλέον κάλυμμα στις δεξαμενές αποθήκευσης του χωνεμένου υπολείμματος μειώνει την αεριοποίηση της αμμωνίας (BIRKMOSE 2002)

7.11 Μονάδα ελέγχου

Η μονάδα βιοαερίου είναι μια σύνθετη εγκατάσταση με αλληλεξαρτήσεις μεταξύ όλων των τμημάτων της. Η κεντρική, αυτοματοποιημένη παρακολούθηση και ο κεντρικός έλεγχος αποτελούν ένα σημαντικό μέρος της συνολικής λειτουργίας της μονάδας που πρέπει να εγγυάται την επιτυχία (Σχήματα 7.36 και 7.37). Η τυποποίηση και η περαιτέρω ανάπτυξη της τεχνολογίας είναι δυνατές μόνο με το συστηματικό έλεγχο και την τεκμηρίωση των σημαντικών δεδομένων της διεργασίας της ΑΧ. Η παρακολούθηση και η τεκμηρίωση είναι επίσης απαραίτητες στις σταθερές διεργασίες προκειμένου να αναγνωρίζονται οι αποκλίσεις από τις τυπικές τιμές. Κατ' αυτόν τον τρόπο είναι δυνατή η έγκαιρη επέμβαση και λήψη των αντίστοιχων διορθωτικών μέτρων.

Η διαδικασία ελέγχου παρακολούθησης περιλαμβάνει τη συλλογή και την ανάλυση χημικών και φυσικών παραμέτρων. Για τη βελτιστοποίηση της διεργασίας της ΑΧ και την αποφυγή της ανάσχεσης ή αστοχίας της παραγωγής βιοαερίου απαιτείται η διενέργεια συνήθων εργαστηριακών δοκιμών.

Πρέπει να παρακολουθούνται, κατ' ελάχιστο, οι εξής παράμετροι:

- Ο τύπος και η ποσότητα της εισερχόμενης πρώτης ύλης (καθημερινά)
- Η θερμοκρασία της διεργασίας (καθημερινά)
- Η τιμή του pH (καθημερινά)

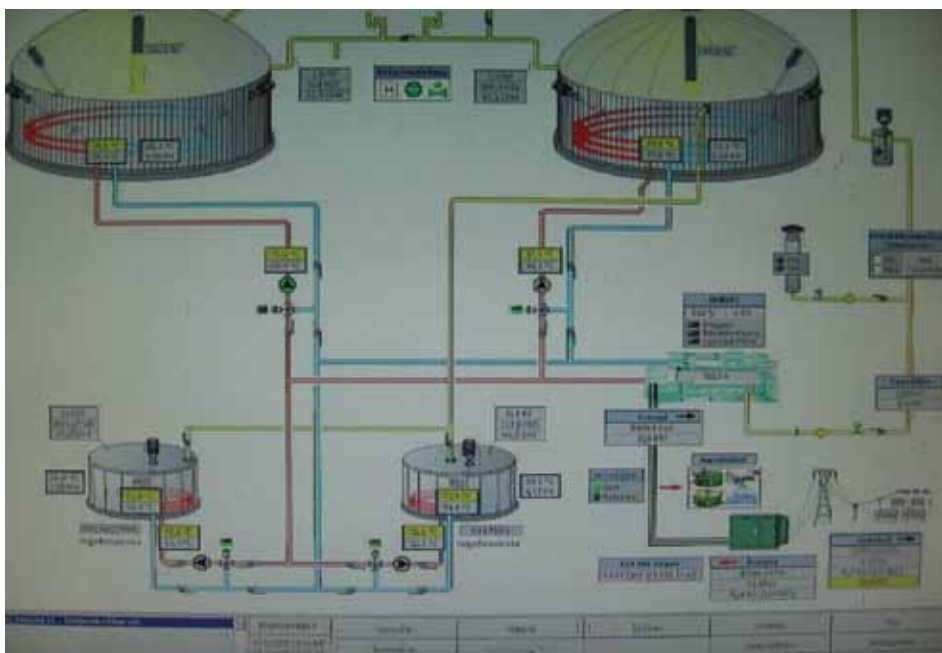
- Η ποσότητα και η σύνθεση του αερίου (καθημερινά)
- Η περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα βραχείας αλυσίδας
- Το επίπεδο πλήρωσης του χωνευτή και της δεξαμενής αερίου.

Η διαδικασία της παρακολούθησης πρέπει να υποστηρίζεται από τον κατασκευαστή της μονάδας, όπως περιγράφεται στη σύμβαση συντήρησης, η οποία πρέπει να ακολουθεί τη φάση κατασκευής της μονάδας.

Ο έλεγχος των μονάδων βιοαερίου αυτοματοποιείται όλο και περισσότερο με τη χρήση ειδικών συστημάτων ελέγχου της διεργασίας μέσω υπολογιστή. Ακόμη είναι δυνατός και ο ασύρματος έλεγχος εξ' αποστάσεως. Σήμερα συνήθίζεται ο έλεγχος των ακόλουθων διεργασιών:

- Τροφοδοσία της πρώτης ύλης
- Υγιεινή
- Θέρμανση του χωνευτή
- Ένταση και συχνότητα της ανάδευσης
- Αφαίρεση των ιζημάτων
- Μεταφορά της πρώτης ύλης εντός της μονάδας
- Διαχωρισμός υγρών και στερεών
- Αποθείωση
- Παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας.

Ο τύπος του εξοπλισμού παρακολούθησης και ελέγχου ποικίλλει από τα απλά χρονόμετρα μέχρι την απεικόνιση του ελέγχου με τη βοήθεια υπολογιστή με σύστημα τηλεειδοποίησης. Ωστόσο, στην πράξη, ο τεχνικός εξοπλισμός μετρήσεων και ελέγχου των αγροτικών μονάδων βιοαερίου είναι συχνά πολύ απλός, λόγω οικονομικών παραγόντων.



Σχήμα 7.36: Απεικόνιση ενός συστήματος παρακολούθησης με τη βοήθεια υπολογιστή, για μία αγροτική μονάδα βιοαερίου με δύο κύριους χωνευτές (AGRINZ 2006)



Σχήμα 7.37: Συστήματα ελέγχου μέσω υπολογιστή (RUTZ 2007)

7.11.1 Ποσότητα εισροής αντλούμενης πρώτης ύλης

Η ποσότητα της αντλούμενης πρώτης ύλης που έχει εισαχθεί στο χωνευτή μπορεί να καθοριστεί χρησιμοποιώντας κατάλληλα όργανα μέτρησης της ροής, που ονομάζονται ροόμετρα. Τα ροόμετρα πρέπει να είναι ανθεκτικά και να μην χάνουν την ευαισθησία τους σε περίπτωση που λερωθούν. Σήμερα, χρησιμοποιούνται επαγωγικά και δυναμικά ροόμετρα, ενώ όλο και περισσότερο εφαρμόζονται όργανα που χρησιμοποιούν μετρήσεις υπερήχων και θερμικής αγωγιμότητας. Τα ροόμετρα με μηχανικά μέρη είναι λιγότερο κατάλληλα για τις μονάδες βιοαερίου.

Για τον προσδιορισμό της εισερχόμενης στερεής πρώτης ύλης, (π.χ. χορτονομή αραβοσίτου), χρησιμοποιείται κατάλληλος εξοπλισμός ζύγισης, ο οποίος επιτρέπει τη ρύθμιση της δόσης των στερεών.

7.11.2 Επίπεδο πλήρωσης του χωνευτή

Η παρακολούθηση του επιπέδου πλήρωσης στους χωνευτές και τους χώρους αποθήκευσης γίνεται εφαρμόζοντας τεχνικές υπερήχων ή ραντάρ, οι οποίες μετρούν την υδροστατική πίεση στο πάτωμα του χωνευτή ή την απόσταση έως την επιφάνεια του υγρού.

7.11.3 Επίπεδο πλήρωσης των δεξαμενών αερίου

Η μέτρηση του επιπέδου πλήρωσης των δεξαμενών αερίου είναι σημαντική (π.χ. για τη λειτουργία των εγκαταστάσεων ΣΗΘ). Εάν είναι διαθέσιμο πολύ λίγο βιοαέριο, η μονάδα ΣΗΘ αυτόματα θα τεθεί εκτός λειτουργίας και θα επανεκκινήσει όταν το επίπεδο πλήρωσης είναι επάνω από το ελάχιστο για τη λειτουργία της. Η μέτρηση του επιπέδου πλήρωσης πραγματοποιείται συνήθως με αισθητήρες πίεσης.

7.11.4 Θερμοκρασία της διεργασίας

Η θερμοκρασία μέσα στο χωνευτή πρέπει να διατηρείται σταθερή και επομένως παρακολουθείται συνεχώς. Υπάρχουν διάφορα σημεία μέτρησης στο χωνευτή για τον έλεγχο της θερμοκρασίας ολόκληρης της διεργασίας. Οι μετρούμενες τιμές αποστέλλονται με ένα καταγραφικό δεδομένων σε υπολογιστή και μπορούν να απεικονιστούν γραφικά. Έτσι γίνεται και ο αυτόματος έλεγχος του κύκλου θέρμανσης.

7.11. 5 Τιμή του pH

Η τιμή του pH παρέχει σημαντικές πληροφορίες για την απόδοση της διεργασίας της AX. Η παρακολούθηση του pH γίνεται σε αντιπροσωπευτικό δείγμα από το περιεχόμενο του χωνευτή, το οποίο λαμβάνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Το pH χρησιμοποιώντας τα συνήθη pH-μέτρα που είναι διαθέσιμα στην αγορά.

7.11.6 Προσδιορισμός των λιπαρών οξέων (VFA)

Η παρακολούθηση των λιπαρών οξέων διευκολύνει την αξιολόγηση της διεργασίας της AX. Με τον τρόπο αυτό μετριοούνται το φάσμα και η συγκέντρωση των λιπαρών οξέων βραχείας αλυσίδας. Είναι δύσκολο να πραγματοποιηθεί συνεχής μέτρηση επιτόπου λόγω των δύσκολων μεθόδων ανάλυσης. Η αξιολόγηση της πραγματικής βιολογικής διεργασίας είναι δύσκολη ακόμα κι αν τα δείγματα μετριοούνται στο εργαστήριο, λόγω του χρόνου που μεσολαβεί μεταξύ της στιγμής που λαμβάνεται το δείγμα έως την ανάλυσή του στο εργαστήριο. Πολλοί κατασκευαστές μονάδων βιοαερίου και εταιρείες συμβούλων προσφέρουν την ανάλυση λιπαρών οξέων στο πλαίσιο των συμβατικών τους υποχρεώσεων. Ως εναλλακτική λύση, ή πέρα από τις συγκεντρώσεις των λιπαρών οξέων, μπορεί να παρακολουθείται συνεχώς το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD).

7.11.7 Ποσότητα του αερίου

Η μέτρηση της ποσότητας του αερίου είναι ένα σημαντικό εργαλείο για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας της διεργασίας. Οι αυξομειώσεις στην παραγωγή του αερίου μπορούν να υποδείξουν την ύπαρξη διαταραχών στη διεργασία και έτσι διευκολύνονται οι ρυθμίσεις. Η μέτρηση της ποσότητας του βιοαερίου γίνεται από όργανα που περιλαμβάνονται στη γενική κατηγορία μετρητών αερίων. Οι μετρητές αερίου συνήθως εγκαθίστανται κατευθείαν στις γραμμές αερίου. Οι μετρούμενες ποσότητες βιοαερίου πρέπει να καταγράφονται για την αξιολόγηση των τάσεων και της συνολικής απόδοσης της μονάδας του βιοαερίου.

7.11.8 Σύνθεση του αερίου

Η σύνθεση του αερίου μπορεί να παρακολουθείται συνεχώς μέσω της ανάλυσης του αερίου και της χρήσης των κατάλληλων μετρητικών διατάξεων. Τα αποτελέσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο της διεργασίας της AX και για τις επακόλουθες διεργασίες, όπως είναι ο καθαρισμός του αερίου.

Για τον προσδιορισμό της σύνθεσης του αερίου χρησιμοποιούνται αισθητήρες που βασίζονται στη θερμική αλλαγή της σύστασης ενός μετάλλου, στη μεταφορά θερμότητας, την απορρόφηση υπέρυθρης ακτινοβολίας, την χημειοπροσρόφηση ή την ηλεκτροχημική ανίχνευση. Οι υπέρυθροι αισθητήρες είναι κατάλληλοι για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων του μεθανίου και του διοξειδίου του άνθρακα. Ηλεκτροχημικοί αισθητήρες χρησιμοποιούνται για την περιεκτικότητά του σε υδρογόνο, οξυγόνο και υδρόθειο.

Η μέτρηση της σύνθεσης του αερίου γίνεται με αυτόματο ή μη τρόπο. Οι μη αυτόματες συσκευές μέτρησης μπορούν να παρέχουν πληροφορίες για την πραγματική σύνθεση του αερίου, αλλά είναι δύσκολη στη συνέχεια η ενσωμάτωση των στοιχείων σε ένα αυτοματοποιημένο σύστημα ελέγχου της μονάδας. Επομένως, οι αυτόματες μετρήσεις της σύνθεσης του αερίου είναι προτιμότερες.

Πώς γίνεται η αρχή

8 Σχεδιασμός και κατασκευή μιας μονάδας βιοαερίου

Το κεφάλαιο αυτό παρέχει γενικές οδηγίες σχετικά με τη διαμόρφωση μιας μονάδας βιοαερίου καθώς και τη διαδικασία σχεδιασμού και κατασκευής της.

8.1 Ανάπτυξη ενός έργου βιοαερίου

Ο στόχος για την εγκατάσταση μίας μονάδας βιοαερίου μπορεί να ποικίλει και να αφορά τόσο στην προστασία του περιβάλλοντος και τη μείωση των αποβλήτων, όσο και την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας, και μπορεί να περιλαμβάνει οικονομικά και μη κίνητρα. Αυτοί που συνήθως ξεκινούν τις διαδικασίες για την ανάπτυξη έργων βιοαερίου είναι οι γεωργοί και οι τοπικές οργανώσεις των γεωργών, οι παραγωγοί και συλλογείς οργανικών αποβλήτων, οι δήμοι, οι παραγωγοί ενέργειας κ.λπ. Από την αρχική έμπνευση για το έργο μέχρι την αποσυναρμολόγηση της μονάδας του βιοαερίου στο τέλος της διάρκειας ζωής της, η διαδικασία ακολουθεί τα εξής βήματα:

1. Σύλληψη της ιδέας του έργου
2. Προ-μελέτη σκοπιμότητας
3. Μελέτη σκοπιμότητας
4. Λεπτομερής σχεδιασμός της μονάδας βιοαερίου
5. Διαδικασία αδειοδότησης
6. Κατασκευή της μονάδας βιοαερίου
7. Λειτουργία και συντήρηση
8. Επανεπένδυση, ανανέωση και αντικατάσταση των επιμέρους τμημάτων
9. Αποσυναρμολόγηση ή αναβάθμιση.

Προκειμένου να γίνει πιο συγκεκριμένη μια ιδέα για ένα έργο βιοαερίου, πρέπει να απαντηθούν οι ακόλουθες ερωτήσεις:

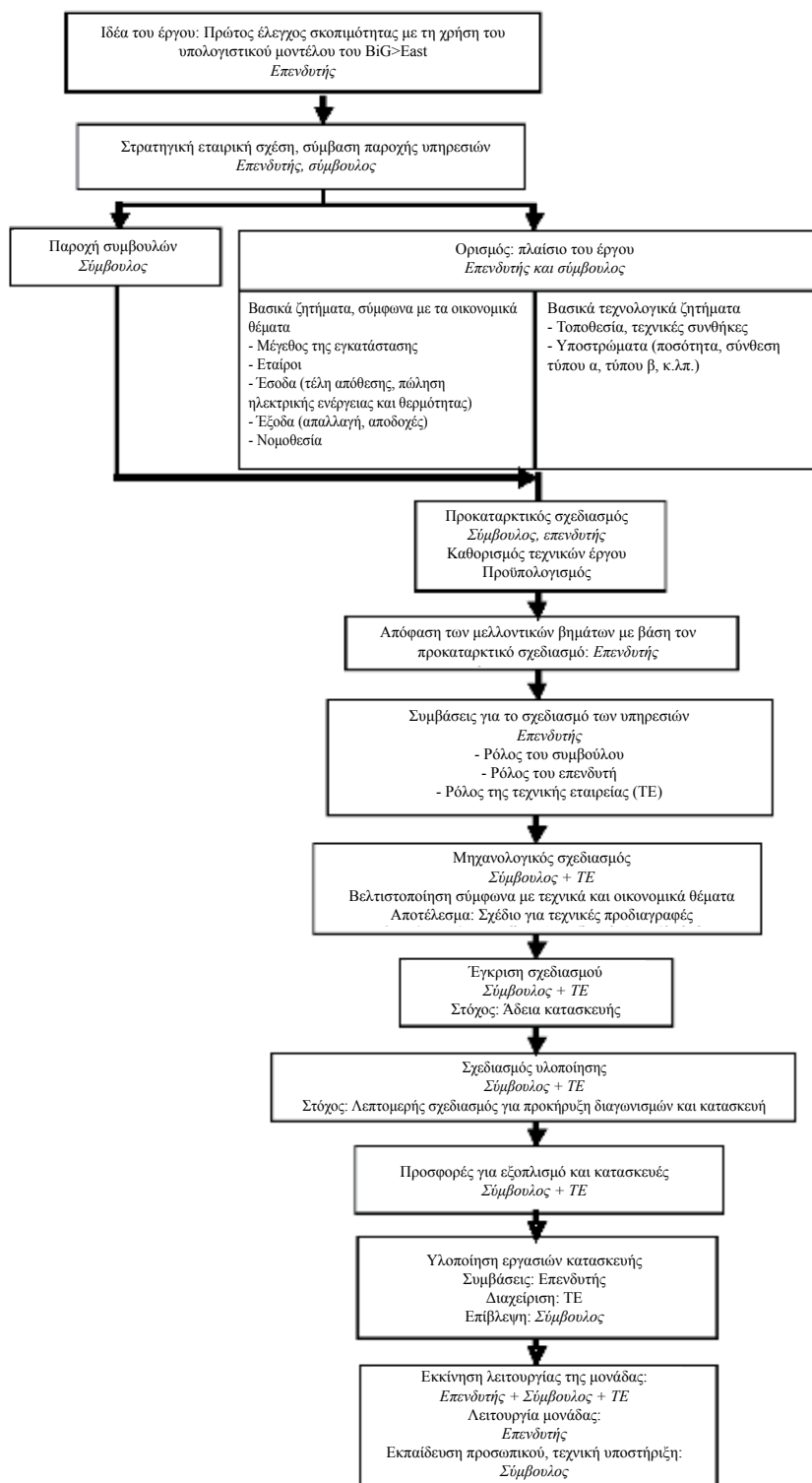
- Ποιός είναι ο στόχος του έργου του βιοαερίου;
- Ποιά είναι η ικανότητα του επενδυτή να υλοποιήσει το έργο;
- Πώς μπορεί να εξασφαλιστεί ο συνεχής εφοδιασμός πρώτης ύλης;
- Πού μπορεί να εγκατασταθεί η μονάδα βιοαερίου;

Οι βασικές προϋποθέσεις για την υλοποίηση ενός έργου βιοαερίου είναι η ύπαρξη και η διαθεσιμότητα της πρώτης ύλης. Επιπλέον, πρέπει να εξασφαλιστεί η δυνατότητα πώλησης ή χρήσης των τελικών προϊόντων της μονάδας βιοαερίου, δηλαδή το βιοαέριο/ βιομεθάνιο, ο ηλεκτρισμός, η θερμότητα και το χωνεμένο υπόλειμμα. Το επόμενο βήμα είναι να αξιολογηθεί εάν το έργο είναι βιώσιμο υπό τις τοπικές συνθήκες. Έτσι, θα πρέπει να εξεταστούν τα ακόλουθα ζητήματα:

- Καθορισμός και αξιολόγηση ενός επιχειρηματικού σχεδίου και μιας στρατηγικής χρηματοδότησης
- Εμπλοκή μιας πεπειραμένης εταιρείας σχεδιασμού
- Συμμετοχή, από τα πρώτα στάδια υλοποίησης του έργου, άλλων βασικών εμπλεκομένων, όπως οι τοπικές αρχές, οι δήμοι, οι προμηθευτές πρώτης ύλης, οι χρηματοδότες και το ευρύ κοινό.

Υπάρχουν διάφορα επιτυχημένα πρότυπα σχετικά με την ανάπτυξη ενός έργου βιοαερίου, ανάλογα με τη διαθεσιμότητα πρώτης ύλης και την οικονομική δυνατότητα των επενδυτών.

Κάθε έργο είναι διαφορετικό και χρειάζεται ιδιαίτερη προσέγγιση (έργο ειδικά σχεδιασμένο για μία συγκεκριμένη θέση), μολοντί κάποια βασικά στάδια είναι ίδια για όλα τα έργα βιοαερίου (Σχήμα 8.1).



Σχήμα 8.1: Σχηματικό διάγραμμα των κύριων σταδίων υλοποίησης ενός έργου βιοαερίου

Η διαδικασία ξεκινάει με τη σύλληψη της ιδέας του έργου και τον πρώτο έλεγχο για τη δυνατότητα υλοποίησής του, ο οποίος μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας το υπολογιστικό εργαλείο του έργου BiG>East. Εάν ο εντολέας και ο επενδυτής του έργου καταλήξουν στο σημείο να λάβουν τη σχετική απόφαση, πρέπει να εμπλακεί σε αυτό το στάδιο μία εταιρεία συμβούλων με εμπειρία σε θέματα βιοαερίου. Μπορεί επίσης να είναι απαραίτητη η βοήθεια από μία τεχνική εταιρεία (π.χ. εργολάβος έργων).

Παράλληλα με αυτά τα βήματα, πρέπει να αναπτυχθεί και το οικονομικό σχήμα. Ο τρόπος χρηματοδότησης είναι αυτός που καθορίζει τα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν. Η συνήθης πρακτική είναι η αυτοχρηματοδότηση του έργου μέχρι του σημείου ολοκλήρωσης του προκαταρκτικού σχεδιασμού, χωρίς την ανάμιξη τραπεζών ή εξωτερικών χρηματοδοτών. Εάν αυτό δεν είναι εφικτό, θα μπορούσαν να προκύψουν αμφιβολίες σχετικά με το ίδιο το έργο ή ως προς την αξιοπιστία του επενδυτή. Ο επενδυτής πρέπει επίσης να λάβει υπόψη του τα αναμενόμενα πλεονεκτήματα και τους κινδύνους μιας τέτοιας επένδυσης.

Ο προκαταρκτικός σχεδιασμός συνοψίζει όλες τις βασικές παραμέτρους (τεχνολογικά θέματα και προϋπολογισμό της επένδυσης) που είναι σημαντικές για έναν εξωτερικό χρηματοδότη. Η έκθεση του προκαταρκτικού σχεδιασμού πρέπει να διανεμηθεί στους πιθανούς χρηματοδότες οι οποίοι θα μπορούσαν να είναι τράπεζες, θεσμικοί επενδυτές, ιδιώτες, ομάδες ιδιωτών, κ.λπ. Συνιστάται η σύναψη μιας συμφωνίας εμπιστευτικότητας με εκείνους που λαμβάνουν την έκθεση του προκαταρκτικού σχεδιασμού.

Οι χρηματοδοτικές επιλογές εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις τοπικές συνθήκες και τις δυνατότητες του εντολέα του έργου, οπότε δεν μπορούν να δοθούν ενιαίες οδηγίες γι' αυτές. Ωστόσο, στο Κεφάλαιο 10 του εγχειριδίου παρατίθενται μερικές περαιτέρω διευκρινήσεις και γενικές κατευθύνσεις.

8.2 Εξασφάλιση συνεχούς εφοδιασμού με πρώτη ύλη

Το πρώτο βήμα στη σύλληψη της ιδέας για την υλοποίηση ενός έργου βιοαερίου είναι η καταγραφή των διαθέσιμων τύπων και ποσοτήτων οργανικής πρώτης ύλης στην περιοχή. Υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες βιομάζας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρώτη ύλη σε μία μονάδα βιοαερίου. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τα υλικά που προέρχονται από αγροκτήματα όπως στερεές και υδαρείς κοπριάς, ενεργειακές καλλιέργειες (π.χ. αραβόσιτος, χορτονομή χλόης), υπολείμματα λαχανικών, γεωργοκτηνοτροφικά υποπροϊόντα και αγροτικά απόβλητα. Η δεύτερη κατηγορία αποτελείται από ένα εύρος κατάλληλων οργανικών αποβλήτων, όπως είναι τα απόβλητα υπηρεσιών σίτισης, τα αστικά στερεά απόβλητα και τα απόβλητα από τις βιομηχανίες τροφίμων και ειδών διατροφής και τις φαρμακευτικές βιομηχανίες. Η καταλληλότητα όλων των τύπων πρώτης ύλης πρέπει να αξιολογηθεί σχετικά με το δυναμικό τους σε μεθάνιο, τη δυνατότητα χώνευσης, την πιθανή μόλυνση με χημικούς, βιολογικούς ή φυσικούς μολυσματικούς παράγοντες, καθώς επίσης και από οικονομικής πλευράς (π.χ. τέλη απόθεσης, δαπάνες συλλογής και μεταφοράς, εποχικότητα).

Κατά την ανάπτυξη ενός έργου βιοαερίου υπάρχει στενή συσχέτιση μεταξύ της ποσότητας της διαθέσιμης πρώτης ύλης για συνεχή τροφοδοσία και του μεγέθους της μελλοντικής μονάδας βιοαερίου. Οι δαπάνες για προμήθεια με μια συγκεκριμένη πρώτη ύλη πρέπει πάντα να λαμβάνονται υπόψη στην αξιολόγηση της καταλληλότητας της για ΑΧ. Όταν γίνονται οι διαπραγματεύσεις για τον εφοδιασμό με πρώτη ύλη της μελλοντικής μονάδας βιοαερίου, τα χαρακτηριστικά της πρώτης ύλης που περιγράφονται στα υποκεφάλαια 8.2.1 και 8.2.2 μπορούν να δώσουν χρήσιμες πληροφορίες για τη διεργασία.

8.2.1 Διαστασιολόγηση της μονάδας τροφοδοτούμενη με πρώτη ύλη προερχόμενη από αγροκτήματα

Η στερεή ζωική κοπριά και οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι μεταξύ των πιο κοινών τύπων πρώτης ύλης για μονάδες βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος. Τα κύρια χαρακτηριστικά τους περιγράφονται στον Πίνακα 8.1.

Πίνακας 8.1: Τυπικά δεδομένα για μια σειρά πρώτων υλών προερχόμενων από αγροκτήματα (FINSTERWALDER 2008)

	Περιεχόμενο ΞΟ [%]	Περιεχόμενο οΞΟ [%]	Παραγωγή βιοαερίου [m ³ /t οΞΟ]	Παραγωγή βιοαερίου [m ³ /t ΦΠΥ]	Περιεχόμενο σε μεθάνιο [%]
Στερεή κοπριά βοοειδών	10	75	340	25	55
Στερεή κοπριά χοίρων	8	75	400	24	58
Χορτονομή χλόης	40	85,6	656	225	55
Χορτονομή αραβόσιτου	32	95,4	611	187	53

Προκειμένου να καθοριστεί το κατάλληλο μέγεθος της μονάδας, π.χ. εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς, είναι απαραίτητο να εξεταστεί η διαθέσιμη πρώτη ύλη. Τα δύο παραδείγματα που ακολουθούν περιγράφουν πώς μπορεί να υπολογιστεί κατά προσέγγιση η κατάλληλη εγκατεστημένη ισχύς της μονάδας σε kW_{el}.

Παράδειγμα για τον υπολογισμό του μεγέθους και της εγκατεστημένης ισχύος μιας μονάδας βιοαερίου τροφοδοτούμενη από στερεή κοπριά:

- Πρέπει να καθοριστεί ο ημερήσιος όγκος της στερεής κοπριάς (m³/ημέρα)
- Πρέπει να διευκρινιστεί η περιεκτικότητα των ολικών στερεών στη στερεή / υδαρή κοπριά (ΞΟ%)

Εάν η περιεκτικότητα σε ΞΟ της στερεής / υδαρούς κοπριάς είναι 9-10%, η δυνητική ηλεκτρική ισχύς υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τον ημερήσιο όγκο της στερεής κοπριάς με 2,4 kW_{el} ημέρα/m³.

Ένας αγρότης που έχει 200 αγελάδες γαλακτοπαραγωγής θα παράγει περίπου 10 m³/ημέρα υδαρή/στερεή κοπριά με 10% ΞΟ. Ο υπολογισμός της εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος θα είναι:

$$10 \text{ m}^3/\text{ημέρα} \times 2,4 \text{ kW}_{el} \text{ ημέρα}/\text{m}^3 = 24 \text{ kW}_{el}$$

Παράδειγμα για τον υπολογισμό του μεγέθους μιας μονάδας βιοαερίου τροφοδοτούμενη με ενεργειακές καλλιέργειες:

- Πρέπει να καθοριστεί η διαθέσιμη επιφάνεια για την καλλιέργεια (π.χ. αραβόσιτος, χλόη) σε εκτάρια (ha).
- Το δυναμικό ηλεκτρικής ισχύος ανά εκτάριο και έτος (kW_{el}/ha/έτος) υπολογίζεται, βάσει της ποιότητας του μέσου εδάφους και των εκάστοτε καιρικών συνθηκών.

Υποθέτοντας ότι κάθε εκτάριο ισοδυναμεί με ηλεκτρική ισχύ το χρόνο ίση με 2,5 kW_{el}, το δυνητικό δυναμικό ηλεκτρικής ισχύος υπολογίζεται με τον πολλαπλασιασμό της διαθέσιμης καλλιεργούμενης επιφάνειας επί 2,5 kW_{el}/ha:

$$200 \text{ ha} \times 2,5 \text{ kW}_{el}/\text{ha} = 500 \text{ kW}_{el}$$

Έχοντας τα δεδομένα από τη στερεή κοπριά και τις ενεργειακές καλλιέργειες, το άθροισμα των αποτελεσμάτων δίνει την πιθανή παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος της μελλοντικής μονάδας βιοαερίου.

Τέτοιου τύπου μονάδες βιοαερίου μπορούν να επωφεληθούν από το πλεονέκτημα της οικονομίας κλίμακας. Η εμπειρία από τη Γερμανία δείχνει ότι, στην περίπτωση της χρήσης ενεργειακών καλλιεργειών ως πρώτη ύλη, οι μονάδες βιοαερίου με μεγέθη κάτω από 250 kW_{el} εγκατεστημένης ισχύος χρειάζονται ειδικές συνθήκες για να καταστούν οικονομικά βιώσιμες. Εάν μετά από τον πρώτο έλεγχο, το μέγεθος της μονάδας του βιοαερίου είναι πάρα πολύ μικρό, μπορεί να αξίζει η επιδίωξη συνεργασίας με άλλους γεωργούς, ώστε να επιτευχθεί ένα μέγεθος που να είναι οικονομικά κερδοφόρο. Η κατάσταση αυτή είναι πολύ συνήθης στην Ευρώπη, όπου υπάρχουν μονάδες βιοαερίου που λειτουργούν με τη συνεργασία αρκετών γεωργών.

8.2.2 Διαστασιολόγηση της μονάδας για βιομηχανικά/αστικά απόβλητα

Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι δήμοι και οι φορείς συλλογής αποβλήτων πρέπει να επεξεργάζονται τα απόβλητα που συγκεντρώνουν. Υπάρχουν πολλές μονάδες βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος όπου γίνεται συγχώνευση βιομηχανικών οργανικών αποβλήτων ή διαχωρισμένων στην πηγή οργανικών αποβλήτων από δήμους.

Όταν προγραμματίζεται η τροφοδοσία αυτών των ειδών αποβλήτων σε μια μελλοντική μονάδα βιοαερίου, το πρώτο βήμα είναι η αξιολόγηση της ποιότητας της πρώτης ύλης και το δυναμικό μεθανίου. Κατόπιν μπορεί να υπολογιστεί το πιθανό μέγεθος της μονάδας βάσει των προαναφερθέντων στοιχείων. Η πιθανή παραγωγή αερίου των υποστρωμάτων ποικίλλει από παραγωγό σε παραγωγό, ανάλογα με την τεχνολογία και τις χρησιμοποιούμενες πρώτες ύλες. (Πίνακας 8.2.)

Πίνακας 8.2: Δεδομένα για μερικούς τύπους αποβλήτων που χρησιμοποιούνται συχνά ως υποστρώματα AX (FINSTERWALDER 2008)

	Περιεχόμενο ΞΟ [%]	Περιεχόμενο οΞΟ [%]	Παραγωγή βιοαερίου [m ³ /t οΞΟ]	Παραγωγή βιοαερίου [m ³ /t ΦΠΥ]	Περιεχόμενο σε μεθάνιο [%]
Υπολείμματα τροφίμων	27	92	720	179	65
Βιοαπόβλητα (Διαχωρισμένα στην πηγή)	40	80	454	145	60
Αποκομιδές λιποσυλλεκτών (αφυδατωμένο)	36	69	1 200	298	61

Η ποιότητα των οργανικών αποβλήτων ποικίλλει από χώρα σε χώρα και από περιοχή σε περιοχή, καθώς εξαρτάται από τις τοπικές καταναλωτικές συνήθειες. Δεν είναι απίθανο ακόμη και ένας πεπειραμένος σύμβουλος να μην είναι σε θέση να υπολογίσει την παραγωγή βιοαερίου των αποβλήτων μόνο με την οπτική τους εξέταση. Μετά από τον έλεγχο της διαθεσιμότητας ενός ορισμένου τύπου αποβλήτων, είναι απαραίτητο να γίνει δοκιμή με ευδιόμετρο¹ της παραγωγής και της ποιότητας του αερίου, για την κατάλληλη διαστασιολόγηση της μελλοντικής μονάδας βιοαερίου.

8.2.3 Σχήματα εφοδιασμού με πρώτη ύλη

Ο επιτυχής προγραμματισμός ενός έργου βιοαερίου προϋποθέτει την εξεύρεση σχημάτων εφοδιασμού με πρώτη ύλη. Υπάρχουν διάφοροι τύποι σχημάτων εφοδιασμού, π.χ. από έναν προμηθευτή ή από αρκετούς προμηθευτές.

1. Ένας προμηθευτής (π.χ. αγρόκτημα, παραγωγός οργανικών αποβλήτων) διαθέτει αρκετή στερεή κοπριά, οργανικά απόβλητα, γεωργική γη ή όλα τα παραπάνω, ώστε να παρέχει την απαραίτητη πρώτη ύλη σε μια μονάδα βιοαερίου.
2. Αρκετοί προμηθευτές (π.χ. μικρότερα αγροκτήματα, παραγωγοί οργανικών αποβλήτων) συμπράττουν σε μια κοινοπραξία (π.χ. σε μια συνεταιριστική επιχείρηση, εταιρεία περιορισμένης ευθύνης) για να κατασκευάσουν, να λειτουργήσουν και να παρέχουν πρώτη ύλη σε μια μονάδα βιοαερίου.

¹ Ευδιόμετρο = Μία εργαστηριακή γυάλινη συσκευή που μετράει την αλλαγή στον όγκο ενός αέριου μείγματος, αμέσως μετά από μια αντίδραση. Χρησιμοποιείται για την ανάλυση των αερίων και τον καθορισμό των διαφορών στις χημικές αντιδράσεις.

Και στις δύο περιπτώσεις, είναι σημαντικό να εξασφαλιστεί ο σταθερός και μακροπρόθεσμος εφοδιασμός της απαραίτητης πρώτης ύλης της ΑΧ. Αυτό είναι μάλλον απλό εάν ο προμηθευτής είναι ένα μόνο αγρόκτημα, με την αντίστοιχη ιδιόκτητη καλλιεργήσιμη έκταση. Στην περίπτωση μιας κοινοπραξίας ιδιοκτητών και προμηθευτών πρώτης ύλης, κάθε προμηθευτής πρέπει να υπογράψει μία πολυετή σύμβαση που να περιέχει κατ' ελάχιστο τα ακόλουθα:

- Διάρκεια της σύμβασης
- Εγγυημένη ποσότητα της πρώτης ύλης ή της καλλιεργούμενης έκτασης
- Εξασφαλισμένη ποιότητα της παραδιδόμενης βιομάζας
- Πληρωμές που απορρέουν από την παραδιδόμενη ποσότητα και ποιότητα.

Στην περίπτωση όπου οι προμηθευτές της πρώτης ύλης είναι επίσης και επενδυτές ή συν-ιδιοκτήτες της μονάδας βιοαερίου, πρέπει να συναφθεί μια ξεχωριστή σύμβαση με καθέναν από αυτούς που θα ορίζει τα καθήκοντα και τις ευθύνες τους.

8.3 Χωροθέτηση της μονάδας βιοαερίου

Το δεύτερο στάδιο προγραμματισμού στην υλοποίηση ενός έργου βιοαερίου είναι να βρεθεί η κατάλληλη θέση για την εγκατάσταση της μονάδας. Ο παρακάτω κατάλογος παρουσιάζει μερικές σημαντικές σκέψεις που πρέπει να γίνονται πριν επιλεγεί η θέση της μελλοντικής μονάδας:

- Η θέση πρέπει να βρίσκεται σε κατάλληλη απόσταση από κατοικημένες περιοχές προκειμένου να αποφευχθούν αναστατώσεις, οχλήσεις και ως εκ τούτου διενέξεις σχετικές με τις οσμές και την αυξημένη κυκλοφορία από και προς τη μονάδα βιοαερίου
- Πρέπει να εξεταστεί η κατεύθυνση των κύριων ανέμων προκειμένου να αποφευχθεί να φθάσουν σε κατοικημένες περιοχές οι οσμές που μεταφέρονται από τον αέρα
- Η θέση πρέπει να έχει εύκολη πρόσβαση σε υποδομές όπως είναι το δίκτυο ηλεκτρισμού, προκειμένου να διευκολυνθεί η πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας, και το οδικό δίκτυο προκειμένου να διευκολυνθεί η μεταφορά της πρώτης ύλης και του χωνεμένου υπολείμματος
- Πρέπει να διερευνηθούν τα εδαφολογικά στοιχεία της θέσης πριν αρχίσει η κατασκευή
- Η επιλεγμένη θέση δεν πρέπει να βρίσκεται σε περιοχή που μπορεί να πληγεί από πλημύρα
- Η θέση πρέπει να βρίσκεται σχετικά κοντά (στο κέντρο) στην παραγωγή αγροτικής πρώτης ύλης (στερεή κοπριά, υδαρής κοπριά, ενεργειακές καλλιέργειες) στοχεύοντας στην ελαχιστοποίηση των αποστάσεων, του χρόνου και των δαπανών για τη μεταφορά της πρώτης ύλης στη μονάδα
- Για λόγους οικονομικής αποδοτικότητας, η μονάδα του βιοαερίου πρέπει να βρίσκεται όσο το δυνατόν πιο κοντά στους δυνητικούς χρήστες της παραγόμενης θερμότητας. Εναλλακτικά, μπορούν να μεταφερθούν πιο κοντά στη θέση της μονάδας βιοαερίου άλλοι δυνητικοί χρήστες της θερμότητας, όπως βιομηχανίες με απαιτήσεις σε θερμότητα, θερμοκήπια κ.λπ.
- Το μέγεθος του οικοπέδου πρέπει να είναι κατάλληλο για τις προβλεπόμενες δραστηριότητες και τη διακίνηση-αποθήκευση της βιομάζας.

Η απαιτούμενη έκταση για μια μονάδα βιοαερίου δεν μπορεί να υπολογιστεί με απλό τρόπο. Η εμπειρία δείχνει ότι για παράδειγμα μία μονάδα βιοαερίου δυναμικότητας 500 kW_{el} ηλεκτρικής ισχύος χρειάζεται μια επιφάνεια περίπου 8.000 m². Η τιμή αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο ως ενδεικτική, καθώς η πραγματική επιφάνεια εξαρτάται επίσης από την επιλεγμένη τεχνολογία.

Το ακόλουθο παράδειγμα παρουσιάζει μια προεκτίμηση του μεγέθους μιας μονάδας βιοαερίου με χρήση ενεργειακών καλλιεργειών ως υπόστρωμα πρώτης ύλης. Ο υπολογισμός καθορίζει το μέγεθος του σιλό (αποθήκη σιλό) που απαιτείται για την αποθήκευση της πρώτης ύλης.

$$ΕΣ = ΜΣ / (ΠΠ * ΥΣ)$$

ΜΣ:	Μάζα της πρώτης ύλης που αποθηκεύεται στο σιλό	[t]
ΠΠ:	Πυκνότητα της πρώτης ύλης στο σιλό	[t/m³]
ΥΣ:	Ύψος του σιλό	[m]
ΕΣ:	Επιφάνεια του σιλό	[m²]

Ο υπολογισμός ισχύει στην περίπτωση των σιλό με ύψη πλήρωσης περίπου τριών μέτρων. Μία μονάδα βιοαερίου δυναμικότητας 250-750 kW_{el} χρησιμοποιείται εδώ ως παράδειγμα. Το μέγεθος του οικοπέδου που απαιτείται για ένα συγκεκριμένο έργο βιοαερίου πρέπει πάντα να προκύπτει ως αποτέλεσμα λεπτομερών υπολογισμών. Γενικά μια μονάδα βιοαερίου χρειάζεται τη διπλάσια επιφάνεια από αυτή του σιλό. Αυτό σημαίνει:

$$ΕΒ = 2 * ΕΣ$$

ΕΒ:	Επιφάνεια της μονάδας βιοαερίου
ΕΣ:	Επιφάνεια του σιλό

8.4 Διαδικασία Αδειοδότησης

Η διαδικασία, τα κριτήρια και η τεκμηρίωση που απαιτούνται προκειμένου να ληφθεί η άδεια για την κατασκευή μιας μονάδας βιοαερίου είναι διαφορετικά από χώρα σε χώρα.

Προκειμένου να αποκτηθεί η οικοδομική άδεια, ο επενδυτής πρέπει να τεκμηριώσει τη συμμόρφωση του έργου με την εθνική νομοθεσία όσον αφορά ζητήματα σχετικά με το χειρισμό και την ανακύκλωση της στερεής κοπριάς και των οργανικών αποβλήτων, τις οριακές τιμές για τις εκπομπές, τις εκπομπές καυσαερίων, το θόρυβο και τις οσμές, την επίπτωση στα υπόγεια ύδατα, την διαφύλαξη του τοπίου, την ασφάλεια στην εργασία, την ασφάλεια των κτιρίων κ.λπ.

Η εμπειρία δείχνει ότι είναι πολύ σημαντικό να εμπλακούν οι τοπικές αρχές από τα αρχικά στάδια του έργου, να τους παρασχεθούν πληροφορίες από πρώτο χέρι και να ζητηθεί η συνδρομή τους στη διαδικασία αδειοδότησης και την υλοποίηση του έργου.

Μπορεί να είναι χρήσιμη ή απαραίτητη η ανάμειξη μιας πεπειραμένης εταιρείας σχεδιασμού στη διαδικασία λήψης της οικοδομικής άδειας, ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες. Μερικές κατασκευαστικές εταιρείες είναι πρόθυμες να αναλάβουν αυτήν την εργασία με χαμηλή αμοιβή, προσβλέποντας στην ανάληψη της σύμβασης κατασκευής της μονάδας στη συνέχεια.

8.5 Έναρξη της λειτουργίας μιας μονάδας βιοαερίου

Η κατασκευή μιας μονάδας βιοαερίου είναι παρόμοια με διαδικασία κατασκευής σε οποιοδήποτε άλλο επιχειρηματικό τομέα, αλλά η έναρξη λειτουργίας της μονάδας βιοαερίου είναι μια διαδικασία που πρέπει να διεξαχθεί από πεπειραμένους ανθρώπους, οι οποίοι είναι εξοικειωμένοι με το σχεδιασμό των εγκαταστάσεων και με τη μικροβιολογία της διεργασίας της ΑΧ.

Η εκκίνηση λειτουργίας μιας μονάδας βιοαερίου πρέπει να γίνεται πάντα από την εταιρεία που σχεδίασε και κατασκεύασε τη μονάδα. Κατά τη διάρκεια της εκκίνησης, ο διευθυντής της μονάδας και το προσωπικό που είναι αρμόδιο και υπεύθυνο για τη μελλοντική λειτουργία της, εκπαιδεύονται στη λειτουργία και τη συντήρησή της. Ο τρόπος που γίνεται αυτή η εργασία είναι διαφορετικός σε κάθε περίπτωση.

Πριν τεθεί σε λειτουργία η μονάδα του βιοαερίου, ο ιδιοκτήτης της μονάδας πρέπει να ελέγξει εάν πληρούνται όλες οι υποχρεώσεις που περιλαμβάνονται στην οικοδομική άδεια. Το επόμενο στάδιο είναι η πλήρωση των χωνευτών με στερεή κοπριά ή με χωνεμένο υπόλειμμα από μία καλώς λειτουργούσα μονάδα βιοαερίου με σκοπό τον εμβολιασμό του νέου χωνευτή με πληθυσμούς μικροοργανισμών απαραίτητων για τη διαδικασία της ΑΧ. Πριν αρχίσει η τροφοδοσία του συστήματος, η πρώτη ύλη πρέπει να θερμανθεί μέχρι τη θερμοκρασία της διεργασίας.

Για μία μονάδα βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος, με ηλεκτρική ισχύ έως 500 kW_{el}, ο χρόνος λειτουργίας και συντήρησης είναι συνήθως περίπου τέσσερις ώρες ανά ημέρα. Στην περίπτωση των μονάδων επεξεργασίας αποβλήτων, ο χρόνος λειτουργίας και συντήρησης αποτελεί μέρος του διακανονισμού μεταξύ του σχεδιαστή της μονάδας και του πελάτη.

9 Ασφάλεια των μονάδων βιοαερίου

Η κατασκευή και η λειτουργία μιας μονάδας βιοαερίου σχετίζεται με έναν αριθμό από σημαντικά ζητήματα ασφάλειας που, εάν δεν ληφθούν υπ' όψη, εγκυμονούν πιθανούς κινδύνους για τους ανθρώπους, τα ζώα και το περιβάλλον. Η λήψη των κατάλληλων προφυλάξεων και μέτρων ασφάλειας έχει ως σκοπό την αποφυγή οποιωνδήποτε κινδύνων και επικινδύνων καταστάσεων και συμβάλει στην εξασφάλιση μιας ασφαλούς λειτουργίας της μονάδας. Η έγκριση της οικοδομικής άδειας εξαρτάται, μεταξύ άλλων, από την εκπλήρωση των σημαντικών ζητημάτων ασφάλειας και τη λήψη καθαρά προληπτικών μέτρων και ελέγχου των βλαβών όπως:

- Πρόληψη έκρηξης
- Πρόληψη πυρκαγιάς
- Μηχανικοί κίνδυνοι
- Στατικότητα της κατασκευής
- Ηλεκτρική ασφάλεια
- Αντικεραυνική προστασία
- Θερμική ασφάλεια
- Προστασία από εκπομπές θορύβου
- Πρόληψη για ασφυξία, δηλητηρίαση
- Υγιεινή και κτηνιατρική ασφάλεια
- Αποφυγή των ρυπογόνων εκπομπών αερίων
- Πρόληψη των διαρροών στα υπόγεια και επιφανειακά ύδατα
- Αποφυγή της απελευθέρωσης ρύπων κατά τη διάρκεια της διάθεσης των αποβλήτων
- Αντιπλημμυρική ασφάλεια.

9.1 Πρόληψη πυρκαγιάς και έκρηξης

Υπό ορισμένες συνθήκες, το βιοαέριο σε συνδυασμό με τον αέρα μπορεί να δημιουργήσει ένα εκρηκτικό αέριο μείγμα. Ο κίνδυνος πυρκαγιάς και έκρηξης είναι ιδιαίτερα υψηλός κοντά στους χωνευτές και τις δεξαμενές αερίου. Κατά συνέπεια, κατά τη διάρκεια της κατασκευής και λειτουργίας των μονάδων βιοαερίου πρέπει να τηρούνται συγκεκριμένα μέτρα ασφάλειας. Στους πίνακες 9.1 και 9.2 συγκρίνονται το βιοαέριο και τα κύρια συστατικά του με άλλα αέρια, όσον αφορά στην ικανότητα έκρηξης. Και στις δύο περιπτώσεις, η μέση σύνθεση βιοαερίου κατ' όγκο είναι: Μεθάνιο 60%, Διοξείδιο του άνθρακα 38% και άλλα αέρια 2%.

Πίνακας 9.1: Ιδιότητες των αερίων (FNR 2006)

	Μονάδα	Βιοαέριο	Φυσικό αέριο	Προπάνιο	Μεθάνιο	Υδρογόνο
Θερμογόνος δύναμη	kWh/m ³	6	10	26	10	3
Πυκνότητα	kg/m ³	1,2	0,7	2,01	0,72	0,09
Αναλογία πυκνότητας αερίου προς τον αέρα		0,9	0,54	1,51	0,55	0,07
Θερμοκρασία ανάφλεξης	°C	700	650	470	600	585
Εύρος έκρηξης	κατ' όγκον-%	6 – 12	4,4 – 15	1,7 - 10,9	4,4 - 16,5	4 - 77

Πίνακας 9.2: Ιδιότητες των συστατικών του βιοαερίου TLV= κατώτατο όριο² (FNR 2006)

	Μονάδα	CH ₄	CO ₂	H ₂ S	CO	H
Πυκνότητα	kg/m ³	0,72	1,85	1,44	1,57	0,084
Αναλογία πυκνότητας βιοαερίου προς τον αέρα		0,55	1,53	1,19	0,97	0,07
Θερμοκρασία ανάφλεξης	°C	600	-	270	605	585
Εύρος έκρηξης	Vol.-%	4,4 – 16,5	-	4,3 - 45,5	10,9 - 75,6	4 - 77
Τιμή - TLV	ppm		5 000	10	30	

Στην Ευρώπη, τα μέτρα ασφάλειας κατά των εκρήξεων καθορίζονται από την Ευρωπαϊκή Οδηγία 1999/92/EK, και οι επικίνδυνοι χώροι ταξινομούνται σε ζώνες βάσει της συχνότητας και της διάρκειας εμφάνισης μιας εκρηκτικής ατμόσφαιρας.

Ζώνη 0

Χώρος στον οποίο υπάρχει μονίμως, ή για μεγάλο χρονικό διάστημα ή πολύ συχνά, εκρηκτική ατμόσφαιρα αποτελούμενη από μείγμα με αέρα εύφλεκτων ουσιών υπό μορφή αερίων, ατμού ή συγκέντρωσης σταγονιδίων.

Ζώνη 1

Χώρος στον οποίο είναι δυνατόν να δημιουργηθεί περιστασιακά κατά τη συνήθη λειτουργία εκρηκτική ατμόσφαιρα αποτελούμενη από μείγμα με αέρα εύφλεκτων ουσιών υπό μορφή αερίων, ατμού ή συγκέντρωσης σταγονιδίων.

Ζώνη 2

Χώρος στον οποίο δεν θεωρείται δυνατόν να δημιουργηθεί κατά τη συνήθη λειτουργία εκρηκτική ατμόσφαιρα αποτελούμενη από μείγμα με αέρα εύφλεκτων ουσιών υπό μορφή αερίων, ατμού ή συγκέντρωσης σταγονιδίων, αλλά εάν δημιουργηθεί, θα διαρκέσει για μικρό μόνο χρονικό διάστημα.

Αν και, στις περιπτώσεις των μονάδων βιοαερίου, οι εκρήξεις συμβαίνουν μόνο κάτω από ορισμένες συνθήκες, υπάρχει πάντα ο κίνδυνος πυρκαγιάς στην περίπτωση των ανοικτών φλογών, ανάφλεξης των κυκλωμάτων των ηλεκτρικών συσκευών ή πτώσης κεραυνών.

9.2 Κίνδυνοι δηλητηρίασης και ασφυξίας

Εάν το βιοαέριο εισπνέεται σε αρκετά υψηλή συγκέντρωση μπορεί να οδηγήσει σε συμπτώματα δηλητηρίασης ή ασφυξίας, ακόμη και στο θάνατο. Ειδικότερα η παρουσία του υδρόθειου (H₂S) σε μη-αποθειωμένο βιοαέριο μπορεί να είναι εξαιρετικά τοξική, ακόμη και σε χαμηλές συγκεντρώσεις.

Πίνακας 9.3: Τοξική επίδραση του υδρόθειου (FNR 2006)

Συγκέντρωση (στον αέρα)	Επίδραση
0,03 – 0,15 ppm	Κατώτατο όριο αντίληψης (μυρωδιά κλούβιου αυγού)
15 – 75 ppm	Ερεθισμός των ματιών και των αναπνευστικών οδών, αδιαθεσία, εμετοί, πονοκέφαλοι
150 – 300 ppm (0,015 – 0,03 %)	Παράλυση των οσφρητικών νευρών
> 375 ppm (0,038 %)	Θάνατος από δηλητηρίαση (μετά από αρκετές ώρες)
> 750 ppm (0,075 %)	Απώλεια αισθήσεων και θάνατος από αναπνευστική ανεπάρκεια μέσα σε 30 με 60 λεπτά
από 1000 ppm (0,1 %)	Γρήγορος θάνατος από αναπνευστική παράλυση σε λίγα λεπτά

² Το Κατώτατο Όριο (TLV) μίας χημικής ουσίας είναι το επίπεδο μέχρι του οποίου πιστεύεται ότι μπορεί να εκτεθεί ένας εργάτης μέρα με τη μέρα για όλη την διάρκεια εργασίας του χωρίς να υποστεί μη αναστρέψιμες βλάβες στη υγεία.

Ειδικά σε κλειστούς χαμηλοτάβανους χώρους (π.χ. κελάρια, υπόγειες αίθουσες κ.λπ.) μπορεί να προκληθεί ασφυξία από την εκτόπιση του οξυγόνου από βιοαέριο. Το βιοαέριο είναι ελαφρύτερο από τον αέρα, με σχετική πυκνότητα περίπου $1,2 \text{ kg/Nm}^3$, αλλά έχει την τάση να διασπάζεται στα συστατικά του. Το διοξείδιο του άνθρακα, που είναι βαρύτερο (Πυκνότητα = $1,85 \text{ kg/m}^3$) κατέρχεται στα χαμηλότερα στρώματα ενώ το μεθάνιο, που είναι ελαφρύτερο (Πυκνότητα = $0,72 \text{ kg/m}^3$), ανέρχεται στην ατμόσφαιρα. Για τους λόγους αυτούς, σε κλειστούς χώρους πρέπει να λαμβάνονται προφυλάξεις ώστε να διασφαλίζεται ικανοποιητικός εξαερισμός. Επιπλέον, πρέπει να χρησιμοποιείται ο εξοπλισμός ασφάλειας (π.χ. συσκευές προειδοποίησης αερίου, προστασία αναπνοής κλπ.) κατά τη διάρκεια των εργασιών σε ενδεχομένως επικίνδυνες περιοχές.

9.3 Άλλοι κίνδυνοι

Εκτός από τους κινδύνους δηλητηρίασης και ασφυξίας, υπάρχουν και άλλοι πιθανοί κίνδυνοι σχετιζόμενοι με τις δραστηριότητες σε μία μονάδα παραγωγής βιοαερίου, που είναι οι εξής:

- Στις πιθανές αιτίες ατυχημάτων περιλαμβάνονται οι κίνδυνοι πτώσης από σκάλες ή μη καλυμμένες περιοχές (π.χ. χοάνες τροφοδοσίας, φρεάτια συντήρησης) ή τραυματισμού από τα κινητά μέρη της μονάδας (π.χ. αναδευτήρες).
- Μηχανήματα όπως οι αναδευτήρες, οι αντλίες και ο εξοπλισμός τροφοδοσίας λειτουργούν με ρεύμα υψηλής τάσης. Η μη σωστή λειτουργία αυτών ή πιθανά ελαττώματα της μονάδας ΣΗΘ μπορούν να οδηγήσουν σε μοιραίες ηλεκτροπληξίες.
- Επιπλέον, υπάρχουν κίνδυνοι εγκαυμάτων λόγω των συστημάτων θέρμανσης ή ψύξης των μονάδων βιοαερίου (π.χ. ψύκτες των μηχανών, θέρμανση χωνευτών, αντλίες θερμότητας). Αυτό ισχύει επίσης για τμήματα της μονάδας ΣΗΘ και για τον πυρσό αερίου.

Προκειμένου να αποφευχθούν αυτοί οι τύποι ατυχημάτων, πρέπει να τοποθετηθούν ευκρινείς προειδοποιητικές σημάνσεις στα αντίστοιχα τμήματα της μονάδας και πρέπει να εκπαιδευθεί κατάλληλα το προσωπικό λειτουργίας.

9.4 Θέματα υγιεινής, ελέγχου των παθογόνων και κτηνιατρικής

9.4.1 Θέματα υγιεινής των μονάδων βιοαερίου

Τα απόβλητα ζωικής και ανθρώπινης προέλευσης που χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη στην ΑΧ, περιέχουν διάφορα παθογενή βακτήρια, παράσιτα και ιούς. Τα είδη των παθογόνων που είναι πολύ συχνά παρόντα στις στερεές, υδαρείς κοπριές και τα οικιακά απόβλητα είναι βακτήρια (π.χ. *Salmonellae*, *Enterobacter*, *Clostridiae*, *Listeria*), παράσιτα (π.χ. *Ascaris*, *Trichostrongylidae*, *Coccidae*), ιοί και μύκητες. Η συγχώνευση των αποβλήτων των σφαγείων και μονάδων επεξεργασίας ψαριών, της λυματολάσσης και των βιοαποβλήτων ενδεχομένως αυξάνει την ποικιλομορφία των παθογόνων που μπορεί να είναι διασκορπισμένα στο έδαφος και μπορεί να εισαχθούν στις τροφικές αλυσίδες των ζώων και των ανθρώπων.

Το παραγόμενο χωνεμένο υπόλειμμα μιας μονάδας βιοαερίου συνήθως χρησιμοποιείται ως εδαφοβελτιωτικό στους αγρούς που ανήκουν σε διάφορα μεμονωμένα αγροκτήματα, με τον κίνδυνο της διάδοσης των παθογόνων από το ένα αγρόκτημα στο άλλο.

Η παραγωγή βιοαερίου από συγχώνευση της ζωικής στερεής κοπριάς και των βιογενών αποβλήτων καθώς επίσης και η χρήση του βιοαερίου και του χωνεμένου υπολείμματος **μπορεί να μην οδηγήσουν** σε νέες οδούς μετάδοσης των παθογόνων και των νόσων μεταξύ των ζώων, των ανθρώπων και του περιβάλλοντος. Αυτό μπορεί να αποτραπεί με την εφαρμογή τυποποιημένων μέτρων κτηνιατρικής ασφάλειας.

Οι **υγειονομικοί κανόνες** που αναφέρονται κατωτέρω συμβάλλουν στον αποτελεσματικό έλεγχο των παθογόνων:

- **Έλεγχος της υγείας των κοπαδιών.** Δεν πρέπει να παραλαμβάνονται ζωικές στερεές και υδαρείς κοπριές από οποιοδήποτε κοπάδι με προβλήματα υγείας.
- **Έλεγχος της πρώτης ύλης.** Οι τύποι βιομάζας με υψηλό κίνδυνο μόλυνσης από παθογόνα πρέπει να αποκλείονται από την ΑΧ.
- Είναι υποχρεωτική η **χωριστή προ-υγιεινή** συγκεκριμένων κατηγοριών πρώτης ύλης, όπως ορίζεται από τον Ευρωπαϊκό Κανονισμό ΕΚ 1774/2002³. Ανάλογα με την κατηγορία της πρώτης ύλης, ο κανονισμός απαιτεί είτε την παστερίωση (στους 70°C για μία ώρα), είτε την αποστείρωση υπό πίεση (κατ' ελάχιστο σε 133°C για τουλάχιστον 20 λεπτά και με απόλυτη πίεση ατμού τουλάχιστον 3 bar παραγόμενη από κεκορεσμένο ατμό).
- **Ελεγχόμενη υγιεινή.** Στην περίπτωση των κατηγοριών πρώτης ύλης που, σύμφωνα με τον Κανονισμό ΕΚ 1774/2002, δεν απαιτούν χωριστή προ-υγιεινή, ο συνδυασμός της θερμοκρασίας της διεργασίας της ΑΧ και ενός ελάχιστου εγγυημένου χρόνου παραμονής (ΕΕΧΠ) σε αυτήν την θερμοκρασία, μέσα στον χωνευτή, θα παράσχει αποτελεσματική αδρανοποίηση/μείωση των παθογόνων στο χωνεμένο υπόλειμμα.
- **Έλεγχος της αποδοτικότητας της μείωσης των παθογόνων** στο χωνεμένο υπόλειμμα με τη χρήση βιολογικών δεικτών. Η αποδοτικότητα της μείωσης των παθογόνων δεν πρέπει να υποτίθεται, αλλά να πιστοποιείται με τη χρήση μίας από τις αναγνωρισμένες μεθόδους βιολογικών δεικτών (βλ. κεφάλαιο 9.4.3).

³ Το πλήρες κείμενο του Κανονισμού ΕΚ 1774/2002 «για τον καθορισμό υγειονομικών κανόνων σχετικά με τα ζωικά υποπροϊόντα που δεν προορίζονται για κατανάλωση από τους ανθρώπους» είναι διαθέσιμο στην ιστοσελίδα www.big-east.eu.

9.4.2 Παράμετροι για τις αποδόσεις υγιεινής των μονάδων βιοαερίου

Η αποτελεσματική μείωση των παθογόνων στο χωνεμένο υπόλειμμα παρέχεται από την εφαρμογή μιας χωριστής διαδικασίας προ-υγιεινής, για τους τύπους πρώτης ύλης που απαιτούν ιδιαίτερη υγιεινή (π.χ. υγρά απόβλητα σφαγείων, υπολείμματα τροφών και υπηρεσιών σίτισης, επιπλέονσα ιλύς κ.λπ.). Για τους τύπους πρώτης ύλης που δεν απαιτούν χωριστή υγιεινή (ζωική στερεή και υδαρής κοπριά, ενεργειακές καλλιέργειες, φυτικά υπολείμματα όλων των ειδών κλπ.) η απαραίτητη υγιεινή και μείωση των παθογόνων εξασφαλίζονται με την ίδια τη διεργασία της ΑΧ. Μερικές παράμετροι της διεργασίας, όπως η θερμοκρασία, ο χρόνος παραμονής μέσα στο χωνευτή, το pH κλπ., έχουν άμεση ή έμμεση επιρροή στην αποδοτικότητα της υγιεινής της διεργασίας ΑΧ.

Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία της διεργασίας επιδρά στην υγιεινή των παρεχόμενων υποστρωμάτων. Σε περίπτωση προεπεξεργασίας της πρώτης ύλης, η αποδοτικότητα της μείωσης των παθογόνων αυξάνεται με την αύξηση των θερμοκρασιών.

Χρόνος παραμονής

Στην περίπτωση των μονάδων βιοαερίου που επεξεργάζονται ζωική στερεή και υδαρή κοπριά, φυτική βιομάζα από καλλιεργητικές δραστηριότητες, καθώς επίσης και άλλους μη-προβληματικούς τύπους πρώτης ύλης, η υγιεινή είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού των θερμοκρασιών και του ελάχιστου εγγυημένου χρόνου παραμονής (EEXΠ).

Η επίδραση της θερμοκρασίας και του EEXΠ στην καταστροφή των παθογόνων παρατίθεται στον Πίνακα 9.4, όπου παρουσιάζονται οι χρόνοι αποδεκάτισης για μερικούς κοινούς τύπους παθογόνων από τις ζωικές υδαρείς κοπριές. Στην περίπτωση π.χ. της *Salmonella typhi murium*, η καταστροφή του 90% του πληθυσμού συμβαίνει σε 0,7 ώρες σε ένα χωνευτή που λειτουργεί στους 53°C (θερμόφιλη χώνευση), σε 2,4 ημέρες σε ένα χωνευτή που λειτουργεί στους 35°C (μεσόφιλη χώνευση), αλλά η ίδια μείωση της σαλμονέλας μπορεί να χρειαστεί 2 έως 6 εβδομάδες σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, σε μη επεξεργασμένη υδαρή κοπριά.

Πίνακας 9.4: Χρόνος αποδεκάτισης (T-90)* μερικών παθογόνων βακτηρίων - σύγκριση μεταξύ της ΑΧ υδαρούς ζωικής κοπριάς και της μη επεξεργασμένης υδαρούς κοπριάς (BENDIXEN 1999)

Βακτήρια	Υδαρής κοπριά που χρησιμοποιείται από την ΑΧ		Μη επεξεργασμένη υδαρής κοπριά	
	53°C (θερμοκρασία θερμόφιλης διεργασίας)	35°C (θερμοκρασία μεσόφιλης διεργασίας)	18-21°C	6-15°C
	ώρες	ημέρες	εβδομάδες	εβδομάδες
<i>Salmonella typhi murium</i>	0,7	2,4	2,0	5,9
<i>Salmonella dublin</i>	0,6	2,1	-	-
<i>Escherichia coli</i>	0,4	1,8	2,0	8,8
<i>Staphylococcus aureus</i>	0,5	0,9	0,9	7,1
<i>Mycobacterium paratuberculosis</i>	0,7	6,0	-	-
<i>Coliform bacteria</i>	-	3,1	2,1	9,3
Ομάδα των <i>D-Streptococi</i>	-	7,1	5,7	21,4
<i>Streptococcus faecalis</i>	1,0	2,0	-	-

*Ο χρόνος αποδεκάτισης T-90 είναι ο χρόνος επιβίωσης των μικροοργανισμών που παρακολουθούνται. Ο χρόνος αποδεκάτισης T-90, ορίζεται ως ο χρόνος που απαιτείται για τις εφικτές μετρήσεις ενός πληθυσμού έως ότου μειωθεί κατά μία λογαριθμική μονάδα (log10), το οποίο ισοδυναμεί με μία μείωση κατά 90% (SCHLUNDT, 1984).

Τιμή του pH

Η μείωση των μικροοργανισμών (βακτήρια) μπορεί να συμβεί σε όξινο ή αλκαλικό περιβάλλον. Για τον λόγο αυτό, η προ-υδρόλυση συγκεκριμένων τύπων βιομάζας προκαλεί μια σημαντική πτώση στην τιμή του pH και μειώνει τους μικροοργανισμούς μέχρι και 90% (λόγω μιας τοξικής επίδρασης των οργανικών οξέων).

Προέλευση της υγρής κοπριάς

Η διάρκεια ζωής των παθογόνων εξαρτάται από την προέλευση της υγρής κοπριάς. Οι σαλμονέλες για παράδειγμα επιζούν περισσότερο στην υδαρή κοπριά των βοοειδών, αλλά η υδαρής κοπριά των χοίρων, από την άλλη, περιέχει πιο μολυσματικούς οργανισμούς λόγω της υψηλότερης πυκνότητας των σταβλισμένων ζώων και της παρουσίας παθογόνων στην τροφή.

Θετικές/αρνητικές επιπτώσεις

Η προστατευτική συσσώρευση των μικροοργανισμών (βακτήρια) μπορεί να παρατείνει τη διαδικασία αδρανοποίησης των παθογόνων.

Περιεχόμενο ξηρής ουσίας

Κάποια από τα στοιχεία της σαλμονέλας επιζούν περισσότερο σε υλικά με περιεχόμενο ΞΟ μεγαλύτερο από 7%.

Περιεκτικότητα σε αμμωνία

Η αδρανοποίηση των παθογόνων είναι αποτελεσματικότερη στα υποστρώματα με υψηλή περιεκτικότητα σε αμμωνία. Όπως η συγκέντρωση αμμωνίας στο χωνεμένο υπόλειμμα είναι υψηλότερη απ' ό,τι στην ακατέργαστη υδαρή κοπριά, το ίδιο συμβαίνει και με την αποδοτικότητα της αδρανοποίησης των παθογόνων.

Σύστημα χωνευτή

Στους χωνευτές πλήρους ανάμειξης, η νωπή πρώτη ύλη μπορεί πάντα να μολύνει το ήδη υγιεινοποιημένο υπόστρωμα. Ακόμη και σε έναν αντιδραστήρα εμβολικής ροής, όπου τα σωματίδια κινούνται ομοιόμορφα διαμέσω του αντιδραστήρα, δεν μπορούν να αποτραπούν οι παρακαμτήριοι οδοί. Επομένως, δεν μπορεί να διασφαλισθεί ένας ελάχιστος χρόνος παραμονής στους αντιδραστήρες ανάμειξης. Αυτό μπορεί να γίνει μόνο σε ένα σύστημα κατά παρτίδες (ασυνεχές), όπου ο χωνευτής αρχικά γεμίζεται πλήρως και έπειτα εκκενώνεται εντελώς μετά από την χώνευση (π.χ. μέθοδος παρτίδων συστήματος ξηρής ΑΧ).

9.4.3 Βιολογικοί δείκτες

Είναι αδύνατο να αναλυθεί το χωνεμένο υπόλειμμα για όλα τα παθογόνα είδη που μπορούν να είναι παρόντα. Έτσι υπάρχει μια απαίτηση για τον προσδιορισμό βιολογικών δεικτών που να μπορούν να χρησιμοποιηθούν αξιόπιστα για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας της μείωσης των παθογόνων στο χωνεμένο υπόλειμμα. Η χρήση βιολογικών δεικτών για την αξιολόγηση της καταστροφής των πιθανών παθογόνων βασίζεται στην ενεργοποίηση, την αύξηση και τη μολυσματικότητα των δοκιμαστικών οργανισμών.

Μια από τις περισσότερο χρησιμοποιούμενες μεθόδους είναι ο δεκαδικός αριθμός (\log_{10}) του FS, που βασίζεται στη μέτρηση των περιττωματικών στρεπτόκοκκων (*Faecale Streptococci* - FS) στο χωνεμένο υπόλειμμα. Διάφορα κτηνιατρικά ερευνητικά προγράμματα στη Δανία ερεύνησαν την επιβίωση των βακτηριδίων, των ιών και των αυγών των παρασίτων στις στερεές ζωικές κοπριές υπό ποικίλες συνθήκες αποθήκευσης και αναερόβιας επεξεργασίας. Επιλέχτηκε ο βιολογικός δείκτης των περιττωματικών στρεπτόκοκκων (εντερόκοκκοι) επειδή αυτό το είδος στρεπτόκοκκου επιζεί στη θερμική επεξεργασία για πολύ χρόνο μετά, απ' ό,τι τα άλλα παθογενή βακτήρια, οι και αυγά παρασίτων τα οποία πεθαίνουν.

Στη Γερμανία ερευνήθηκε από την άποψη της υγιεινής η τροφοδοσία λυματολάσπης και βιοαποβλήτων ως πρώτης ύλης για τις αναερόβιες εγκαταστάσεις συγχώνευσης. Χρησιμοποιήθηκαν οι απαιτήσεις που έχουν ήδη τεθεί σε ισχύ όσον αφορά τις πτυχές υγιεινής της αερόβιας παραγωγής κομπόστ, και απορρίφθηκαν πολλοί από τους πιθανούς βιολογικούς δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν στη μικροβιολογία της δημόσιας υγείας λόγω της επικράτησής τους στα περιβάλλοντα των εδαφών και των υδάτων. Όσον αφορά την συγχώνευση των βιοαποβλήτων, ο Böhm και οι συνεργάτες του κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η απουσία της σαλμονέλας παρείχε τον καλύτερο δείκτη της αποτελεσματικής υγιεινής στις εγκαταστάσεις ΑΧ συγχώνευσης. Είδη Σαλμονέλας ανιχνεύθηκαν σε πάνω από το 90% των επιλεγμένων δειγμάτων των αποβλήτων. Έτσι, προτάθηκε να χρησιμοποιείται η Σαλμονέλα ως ένας βιολογικός δείκτης, με τη σύσταση ότι η Σαλμονέλα πρέπει να είναι απύουσα από τα δοκιμασμένα δείγματα των 50g. Αντίθετα από τη μέθοδο FS, που χρησιμοποιείται στη Δανία, η διαδικασία του τεστ Σαλμονέλας απαιτεί στάδια καλλιέργειας, προ-εμπλουτισμού και εμπλουτισμού σε ρυθμιστικό διάλυμα νερού πεπτόνης και επιλεκτικά μέσα, πριν από τον θετικό προσδιορισμό.

Έχει επίσης ερευνηθεί στη Γερμανία η ανάγκη εξασφάλισης της φυτο-υγιεινής. Αντίθετα από το βακτηριακό σύστημα, δεν υπάρχει κανένας αναγνωρισμένος βιολογικός δείκτης για την πιθανή παρουσία παθογόνων στα φυτά. Ο μόνος δείκτης που βρίσκεται ευρέως στα οικιακά βιοαπόβλητα είναι οι σπόροι ντομάτας. Έτσι, στη Γερμανία, ο όρος «φυτο-υγιεινή ασφάλεια» σημαίνει την απουσία στα επεξεργασμένα απόβλητα και τα απόβλητα ύδατα περισσότερων από δύο σπόρων ντομάτας ικανών για βλάστηση ή/και αναπαραγωγήσιμων μερών φυτών σε ένα λίτρο επεξεργασμένων αποβλήτων.

Αντίστοιχες μελέτες έχουν καταδείξει την επίδραση της θερμοκρασίας στην αδρανοποίηση των ιών. Για την πλειοψηφία των υπό δοκιμή ιών, η θερμότητα βρέθηκε να είναι το μόνο και πιο σημαντικό αντιβιοτικό. Στην περίπτωση του κοκκοϊού, άλλοι παράγοντες εκτός της θερμότητας συνέβαλαν ουσιαστικά στη θνησιμότητά του. Αυτό συνάδει με τα συμπεράσματα άλλων ερευνητών, που ισχυρίζονται ότι παράγοντες όπως το υψηλό pH, η αμμωνία, τα καθαριστικά και οι μικροβιακοί μεταβολίτες μπορούν να συμβάλουν στην αδρανοποίηση των ιών.

9.4.4 Απαιτήσεις για την υγιεινή

Πολλές ευρωπαϊκές χώρες έχουν εθνικούς κανονισμούς που απαιτούν την εφαρμογή προτύπων υγιεινής στις μονάδες βιοαερίου όπου χωνεύεται στερεή ζωική κοπριά από διάφορα αγροκτήματα ή γίνεται συγχώνευση στερεής ζωικής κοπριάς και οργανικών αποβλήτων.

Ένας από τους σημαντικότερους Ευρωπαϊκούς Κανονισμούς που επηρεάζει την ΑΧ είναι ο αποκαλούμενος *Κανονισμός Ζωικών Υποπροϊόντων ΕΚ 1774/2002*, σχετικά με την επεξεργασία και την ανακύκλωση των αποβλήτων ζωικής προέλευσης. Ο Κανονισμός προσδιορίζει τρεις κύριες κατηγορίες ζωικών υποπροϊόντων και καθορίζει τις απαιτήσεις επεξεργασίας και υγιεινής, τον απαραίτητο εξοπλισμό, κλπ. Σύμφωνα με τον Πίνακα 9.5, δεν επιτρέπεται η επεξεργασία των ζωικών υποπροϊόντων της *Κατηγορίας 1* στις μονάδες βιοαερίου.

Πίνακας 9.5: Ζωικά υποπροϊόντα μη προοριζόμενα για κατανάλωση από τους ανθρώπους: κατηγορίες και κανόνες για τη χρήση τους σύμφωνα με τον Κανονισμό ΕΚ 1774/2002

Κατηγορία και περιγραφή	Κανόνες χρήσης
1. Ζώα για τα οποία υπάρχει υπόνοια ότι έχουν μολυνθεί με Μεταδοτική Σπογγώδη Εγκεφαλοπάθεια (ΜΣΕ), υλικό ειδικού κινδύνου - ζώων, πλην των εκτρεφόμενων και των άγριων ζώων, όπως τα ζώα συντροφιάς και τα ζώα ζωολογικών κήπων και τσίρκων - υπολείμματα τροφίμων από μεταφορικά μέσα που εκτελούν διεθνείς μεταφορές	Πάντα καταστροφή - αποτέφρωση
2. Κοπριά από όλα τα είδη και το περιεχόμενο του πεπτικού συστήματος από τα θηλαστικά - όλα τα υλικά ζωικής προέλευσης που συλλέγονται κατά την επεξεργασία λυμάτων από σφαγεία, ή από μονάδες μεταποίησης υλικών της κατηγορίας 2, πλην εκείνων που συλλέγονται κατά την επεξεργασία λυμάτων από τις μονάδες μεταποίησης υλικών της κατηγορίας 1 - προϊόντα ζωικής προέλευσης, που περιέχουν κατάλοιπα κτηνιατρικών φαρμάκων. Νεκρά ζώα, άλλα από τα μηρυκαστικά	Για την ΑΧ πρέπει να αποστειρωθούν υπό πίεση, για 20 λεπτά στους 133°C και σε πίεση 3 bar. Σημείωση: Η κοπριά και τα περιεχόμενα του πεπτικού συστήματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ΑΧ χωρίς προ-επεξεργασία.
3. Όλα τα μέρη των σφαγέντων ζώων, που δηλώνονται ως κατάλληλα για κατανάλωση από τους ανθρώπους, ή που δεν φέρουν σημεία ασθενειών - Δορές, δέρματα	Για την ΑΧ πρέπει να υποστούν υγιεινή σε χωριστές δεξαμενές για 1 ώρα στους 70°C.

Η κοπριά και το περιεχόμενο του πεπτικού συστήματος που έχει αποχωριστεί από τον πεπτικό σωλήνα, το γάλα και το πρωτόγαλα, εφόσον κατά τη γνώμη της αρμόδιας αρχής δεν υπάρχει κίνδυνος να μεταδώσουν σοβαρές μεταδοτικές νόσους, καθώς και όλα τα ζωικά υποπροϊόντα της *Κατηγορίας 2* πριν μετασχηματιστούν σε μία μονάδα βιοαερίου, πρέπει να θερμαίνονται σε θερμοκρασία ανώτερη των 133°C τουλάχιστον επί 20 λεπτά χωρίς διακοπή σε (απόλυτη) πίεση 3 bar παραγόμενη από κεκορεσμένο ατμό. Η θερμική επεξεργασία μπορεί να εφαρμόζεται ως ανεξάρτητη διαδικασία ή ως φάση αποστείρωσης πριν ή μετά τη διαδικασία. Εάν το μέγεθος των σωματιδίων των προς μεταποίηση ζωικών υποπροϊόντων είναι μεγαλύτερο από 50 mm, πρέπει να περιορίζεται με τη βοήθεια κατάλληλου εξοπλισμού, ώστε το μέγεθος των σωματιδίων μετά τη μείωση να μην υπερβαίνει τα 50 mm.

Για τα πρώην τρόφιμα ζωικής προέλευσης ή τα πρώην τρόφιμα που περιέχουν προϊόντα ζωικής προέλευσης, πλην των υπολειμμάτων τροφίμων, ισχύουν οι εθνικές απαιτήσεις. Τα λοιπά ζωικά υποπροϊόντα της *Κατηγορίας 3*, τα οποία χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη σε μονάδα παραγωγής βιοαερίου εξοπλισμένη με μονάδα παστερίωσης/εξυγίανσης, πρέπει να πληρούν τις εξής στοιχειώδεις απαιτήσεις: α) μέγιστο μέγεθος των σωματιδίων πριν από την εισαγωγή τους στη μονάδα παστερίωσης/εξυγίανσης: 12 mm, β) ελάχιστη θερμοκρασία του υλικού στη μονάδα παστερίωσης/εξυγίανσης: 70°C, γ) ελάχιστος χρόνος συνεχούς παραμονής στη μονάδα παστερίωσης/εξυγίανσης: 60 λεπτά.

Εκτός από την υποχρεωτική θερμική επεξεργασία, ο Κανονισμός των Ζωικών Υποπροϊόντων καθορίζει πολλές άλλες υποχρεωτικές συνθήκες διεργασίας για τη λειτουργία των μονάδων βιοαερίου και τις απαιτήσεις υγιεινής για το τελικό προϊόν. Για τα υπολείμματα των μαγειρίων και τροφίμων της *Κατηγορίας 3*, οι αρμόδιες εθνικές αρχές μπορούν, με την προϋπόθεση ότι εφαρμόζεται η ισοδύναμη εξυγίανση σύμφωνα με τον Πίνακα 9.6, να επιτρέπουν την εφαρμογή κανόνων μεταποίησης διαφορετικών από τους προαναφερθέντες, αρκεί να εξασφαλίζουν ισοδύναμο αποτέλεσμα όσον αφορά την καταστροφή των παθογόνων παραγόντων.

Πίνακας 9.6: Παράδειγμα από τη Δανία ελεγχόμενης εξυγίανσης, ισοδύναμης με 70°C για 1 ώρα (BENDIXEN 1995)

Θερμοκρασία	Χρόνος παραμονής (EEXII) σε μία θερμόφιλη δεξαμενή χώνευσης ^(α)	Χρόνος παραμονής (EEXII) κατά την επεξεργασία σε μια χωριστή δεξαμενή υγιεινής ^(β)	
		πριν ή μετά την χώνευση σε μια θερμόφιλη δεξαμενή ^(γ)	πριν ή μετά την χώνευση σε μια μεσόφιλη δεξαμενή ^(δ)
52,0°C	10 ώρες		
53,5°C	8 ώρες		
55,0°C	6 ώρες	5,5 ώρες	7,5 ώρες
60,0°C		2,5 ώρες	3,5 ώρες

Η επεξεργασία πρέπει να πραγματοποιείται σε μια δεξαμενή χώνευσης, στη θερμοκρασία της θερμόφιλης φάσης, ή σε μια δεξαμενή υγιεινής σε συνδυασμό με χώνευση σε θερμόφιλη ή μεσόφιλη δεξαμενή. Πρέπει να εφαρμόζονται αυστηρά οι συγκεκριμένοι συνδυασμοί θερμοκρασίας και EEXII.

- (α) Η θερμόφιλη χώνευση γίνεται σε αυτήν την περίπτωση στους 52°C. Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής (ΥΧΠ) στο χωνευτή πρέπει να είναι τουλάχιστον 7 ημέρες.
- (β) Η χώνευση μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε πριν είτε μετά από την παστερίωση.
- (γ) Δείτε το σημείο (α).
- (δ) Η μεσόφιλη θερμοκρασία χώνευσης πρέπει να είναι από 20°C έως 52°C. Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής πρέπει να είναι τουλάχιστον 14 ημέρες.

Οι απαιτήσεις υγιεινής είναι διαφορετικές ανάλογα με τον τύπο της μονάδας του βιοαερίου (θερμόφιλη ή μεσόφιλη διεργασία). Επιπλέον, για τη συλλογική επεξεργασία υλικών διαφορετικών κατηγοριών εφαρμόζεται ο πιο αυστηρός κανονισμός που ισχύει γι' αυτά.

Για τα υπολείμματα μαγειρίων και τροφίμων και τα πρώην τρόφιμα που δεν έχουν έλθει σε επαφή με άλλα ζωικά προϊόντα ή με ζώντα ζώα που παρουσιάζουν κίνδυνο μετάδοσης σοβαρής μεταδοτικής νόσου, πρέπει να εξασφαλίζονται οι ακόλουθες παράμετροι για την αναερόβια χώνευση ως θερμόφιλη διεργασία: θερμοκρασία $\geq 55^{\circ}\text{C}$, υδραυλικός χρόνος παραμονής 20 ημέρες με έναν εγγυημένο ελάχιστο χρόνο διαμονής 24 ωρών, μέγεθος σωματιδίων $\leq 12\text{ mm}$.

Στις μεσόφιλες μονάδες βιοαερίου (θερμοκρασία γύρω στους 37°C) η θερμική υγιεινή λαμβάνει χώρα σε περιορισμένη μόνο έκταση. Εδώ, η υγιεινή επιτυγχάνεται μέσω της θερμικής επεξεργασίας όλων των υλικών που περιέχουν υπολείμματα μαγειρείων από νοικοκυριά, ή με τη σχετική απόδειξη μιας ικανοποιητικής μείωσης των παθογόνων στοιχείων.

Για την αποφυγή των κινδύνων μόλυνσεων, ο κανονισμός απαιτεί τον σαφή διαχωρισμό των χώρων κτηνοτροφικής παραγωγής και των θέσεων των μονάδων βιοαερίου. Αυστηρά ρυθμίζονται η μεταφορά, η ενδιάμεση αποθήκευση, η αναγκαία προεπεξεργασία (τεμαχισμός, μείωση μεγέθους σωματιδίων) καθώς επίσης και η διεργασία στη μονάδα του βιοαερίου.

Το ίδιο ισχύει και για τους απαραίτητους τομείς καθαρισμού, τις συσκευές καθαρισμού, τις περιοχές απολύμανσης, τις υποχρεώσεις ελέγχου, καταγραφής και τεκμηρίωσης των παρασίτων, τους υγειονομικούς ελέγχους, την κατάλληλη συντήρηση όλων των εγκαταστάσεων και τη βαθμονόμηση όλων των οργάνων μέτρησης. Επιπλέον, όλες οι μονάδες βιοαερίου πρέπει να διαθέτουν ένα εξουσιοδοτημένο εργαστήριο ή να χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες ενός εξωτερικού εξουσιοδοτημένου εργαστηρίου για την ανάλυση δειγμάτων και την πραγματοποίηση δοκιμών της αποδοτικότητας μείωσης των παθογόνων.

Η περιοχή της μονάδας βιοαερίου πρέπει να χωρίζεται σε καθαρή και ρυπασμένη και οι δύο περιοχές πρέπει να διατηρούνται αυστηρά χωρισμένες. Πρέπει επίσης να προβλεφθούν εγκαταστάσεις καθαρισμού για τα οχήματα μεταφοράς, τα βυτιοφόρα και για το προσωπικό της μονάδας. Το Σχήμα 9.1 παρουσιάζει ένα παράδειγμα μιας τυποποιημένης διαδικασίας για τον καθαρισμό των οχημάτων μεταφοράς βιομάζας στην Μονάδα Βιοαερίου Ribe στη Δανία.

Τυπική διαδικασία καθαρισμού των οχημάτων μεταφοράς υδαρούς κοπριάς:

- Όταν το περιεχόμενο βιομάζας αποστραγγίζεται πλήρως από το βυτίο, όλες οι εσωτερικές επιφάνειες της δεξαμενής ξεπλένονται με πόσιμο νερό, έως ότου τα απόνερα να είναι τελείως καθαρά.
- Όταν η δεξαμενή είναι άδεια και καθαρή, σε όλες τις εσωτερικές επιφάνειες εκτοξεύεται ένα διάλυμα 0,2% NaOH, τουλάχιστον 200 λίτρα για μία μεγάλη δεξαμενή και 150 για μία μικρή.
- Μετά από 2 λεπτά αναμονής, η δεξαμενή είναι έτοιμη να ξαναγεμιστεί με χωνεμένη βιομάζα.
- Ενώ πραγματοποιείται η απολύμανση, ξεπλένονται όλα τα εξωτερικά μέρη του βυτίου και το όχημα, ιδιαίτερα οι τροχοί.



Σχήμα 9.1: Παράδειγμα μιας τυποποιημένης διαδικασίας καθαρισμού στη μονάδα βιοαερίου Ribe στη Δανία

Προκειμένου να αποφευχθούν τα κενά φορτίου δρομολόγια, τα βυτιοφόρα μεταφέρουν νωπή υδαρή κοπριά από τους γεωργούς στη μονάδα βιοαερίου και χωνεμένη υδαρή κοπριά από τη μονάδα βιοαερίου στους γεωργούς. Για να αποφευχθεί η μόλυνση μεταξύ της νωπής και της χωνεμένης υδαρούς κοπριάς, το βυτίο πρέπει να καθαρίζεται μετά από κάθε μεταφορά, σύμφωνα με την προαναφερθείσα διαδικασία. Η μόλυνση μεταξύ των αγροκτημάτων αποφεύγεται με την εξυπηρέτηση ενός αγροκτήματος κάθε φορά και την αποφυγή των μετακινήσεων μεταξύ αυτών.

10 Οικονομικά μεγέθη των μονάδων βιοαερίου

10.1 Χρηματοδότηση του έργου

Τα έργα βιοαερίου απαιτούν υψηλές επενδύσεις. Η χρηματοδότηση είναι επομένως ένα από τα βασικά στοιχεία για τη διασφάλιση της βιωσιμότητας του έργου. Το σχήμα χρηματοδότησης ενός έργου βιοαερίου διαφέρει από χώρα σε χώρα, αλλά εν γένει, χρησιμοποιούνται τα μακροχρόνια χαμηλότοκα δάνεια. Δεν χρησιμοποιούνται συχνά τα κοινά ενυπόθηκα δάνεια. Τα δάνεια κυμαινόμενου επιτοκίου είναι χαμηλότοκα δάνεια τα οποία διασφαλίζουν τον επενδυτή έναντι του πληθωρισμού μέσω του επανακαθορισμού των απλήρωτων οφειλών σύμφωνα με το ύψος του πληθωρισμού. Η περίοδος αποπληρωμής είναι πάνω από 20 έτη. Αυτός ο τύπος δανείου αποδείχθηκε ως ο καταλληλότερος για τις μονάδες βιοαερίου, αφού ικανοποιεί τις απαιτήσεις για μεγάλη διάρκεια, χαμηλό επιτόκιο και χαμηλές αρχικές δόσεις. Το μειονέκτημα των δανείων αυτού του τύπου είναι ότι αυτά αυξάνονται από τις συνήθεις πωλήσεις των ομολόγων, στην τιμή αγοράς του χρηματιστηρίου, το οποίο συνεπάγεται έναν κίνδυνο ελάττωσης της αξίας της επένδυσης που μπορεί να προκαλέσει κάποια αβεβαιότητα στη φάση του προγραμματισμού.

Σε χώρες όπως η Δανία, πολλά έργα βιοαερίου χρηματοδοτούνται μέσω δανείων κυμαινόμενου επιτοκίου, τα οποία είναι εγγυημένα από τους δήμους. Τα περισσότερα από τα έργα αυτά λαμβάνουν συμπληρωματικές κρατικές επιχορηγήσεις, που αντιπροσωπεύουν μέχρι και το 30% του κόστους επένδυσης του έργου.

10.2 Οικονομική πρόβλεψη για ένα έργο βιοαερίου

Αυτοί που κατά πάσα πιθανότητα θα υλοποιήσουν επιτυχή έργα βιοαερίου συνήθως είναι, είτε ένας γεωργός μόνος του, είτε μια κοινοπραξία γεωργών ή ένας δήμος. Η επιτυχία του έργου εξαρτάται από μερικούς παράγοντες που μπορούν να ρυθμιστούν και επηρεάζονται από στρατηγικές αποφάσεις σχετικά με τις δαπάνες επένδυσης και τις λειτουργικές δαπάνες. Η επιλογή της καλύτερης τεχνολογίας με βάση το ύψος της επένδυσης και τις λειτουργικές δαπάνες είναι πολύ δύσκολη. Όταν διεξάγεται διαγωνισμός για μία μονάδα βιοαερίου, είναι σημαντικό να λαμβάνονται προσφορές για τα λειτουργικά κόσθη ως εξής:

- Λειτουργικό κόστος της μονάδας ΣΗΘ, το οποίο περιλαμβάνει όλες τις υπηρεσίες και τα ανταλλακτικά (€/kWh)
- Συνολικό κόστος συντήρησης της μονάδας βιοαερίου (% της επένδυσης/έτος)
- Ιδία ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, συμπεριλαμβανομένης της ζήτησης της μονάδας ΣΗΘ (kWh/έτος)
- Μέσος όρος εργασιμων ωρών/ημερών του προσωπικού (για τη συντήρηση και την τροφοδοσία του συστήματος).

Η επιτυχία του έργου επηρεάζεται επίσης από μερικούς παράγοντες που δεν μπορούν να ελεγχθούν, όπως είναι:

- οι όροι δανεισμού
- η πρόσβαση στο δίκτυο και οι προκαθορισμένες τιμές αγοράς του παραγόμενου ηλεκτρισμού
- οι συνθήκες για την τιμή της πρώτης ύλης στην παγκόσμια αγορά (π.χ. ενεργειακές καλλιέργειες)
- ο ανταγωνισμός για την πρώτη ύλη από άλλους τομείς.

Οι συλλογείς βιομηχανικών αποβλήτων αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της εξασφάλισης της πρώτης ύλης για μεγάλο χρονικό διάστημα. Αυτό θα μπορούσε να καταστεί πρόβλημα, επειδή η αγορά ανακύκλωσης αποβλήτων είναι ιδιαίτερα ανταγωνιστική και οι συμβάσεις με τους παραγωγούς αποβλήτων σπάνια γίνονται για περιόδους άνω των πέντε ετών.

Αρκετά συχνά, προτού προσφερθεί να χρηματοδοτήσει το έργο της μονάδας βιοαερίου μία τράπεζα, πρέπει να αποδειχθεί η μακροπρόθεσμη οικονομική επιτυχία του έργου μέσω ενός υπολογισμού/μιας μελέτης σκοπιμότητας. Ο υπολογισμός κανονικά γίνεται από μια πεπειραμένη εταιρεία συμβούλων / προγραμματισμού (βλ. Κεφάλαιο 8.1), αλλά σε πολλές περιπτώσεις και ειδικά στα έργα βιοαερίου που βασίζονται σε ένα αγρόκτημα, αυτή η εργασία μπορεί να γίνει από τον υπεύθυνο για την ανάπτυξη/εταίροι του έργου, με δύο συνεπαγόμενα πλεονεκτήματα: οι υπεύθυνοι για την ανάπτυξη του έργου αναγκάζονται να έχουν μια πολύ στενή άποψη των διαφορετικών πτυχών του έργου και σε περίπτωση ακύρωσής του, δεν θα έχει γίνει καμία δαπάνη προς τρίτους.

Στην περίπτωση μιας μονάδας βιοαερίου επεξεργασίας δημοτικών αστικών αποβλήτων, συστήνεται η συνεργασία με μια πεπειραμένη εταιρεία συμβούλων. Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων είναι πολύ πιο σύνθετες όσον αφορά τον χειρισμό της πρώτης ύλης, τη βιολογική σταθερότητα του συστήματος και τον σχεδιασμό ολόκληρης της μονάδας, σε σχέση με μία μονάδα βασιζόμενη σε ένα αγρόκτημα.

Για ειδικούς υπολογισμούς της οικονομικής βιωσιμότητας ανά περίπτωση, στα πλαίσια του έργου BiG>East αναπτύχθηκε ένα υπολογιστικό μοντέλο, το οποίο επιτρέπει την προκαταρκτική εκτίμηση των δαπανών, τη διαστασιολόγηση (μέγεθος) της μονάδας, το τεχνικό περίγραμμα κλπ. Το υπολογιστικό μοντέλο και οι οδηγίες για τη χρήση του είναι διαθέσιμα στην ηλεκτρονική διεύθυνση: <http://www.big-east.eu>.

10.2.1 Συμπεράσματα της οικονομικής πρόβλεψης ενός έργου βιοαερίου

Το αποτέλεσμα των προκαταρκτικών υπολογισμών που μπορούν να γίνουν χρησιμοποιώντας το υπολογιστικό εργαλείο του BiG>East, όπως προτείνεται στο κεφάλαιο αυτό, θα είναι μια απεικόνιση των οικονομικών μεγεθών του έργου.

Όπως περιγράφηκε παραπάνω, τα αρχικά και τα λειτουργικά κόστη μπορούν να επηρεαστούν από στρατηγικές αποφάσεις, για παράδειγμα από την επιλογή της καλύτερης κατά περίπτωση τεχνολογίας. Έτσι, εάν είναι φθηνό το εργατικό δυναμικό σε μια χώρα, τότε μπορεί να είναι προτιμότερο να απασχολούνται περισσότεροι εργαζόμενοι από το να γίνει επένδυση σε συστήματα αυτοματισμών για τη μονάδα.

Είναι δύσκολο να επηρεάσει κανείς την πλευρά των εσόδων ενός έργου. Οι προκαθορισμένες τιμές αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας προκύπτουν από την εθνική νομοθεσία. Στην περίπτωση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας αποβλήτων οι μέγιστες τιμές για την απόρριψη των αποβλήτων είναι αυτές που καθορίζονται από την αγορά. Από την άλλη υπάρχουν κάποιες δυνατότητες για να βελτιώσει κανείς την πλευρά των εσόδων ενός έργου:

- Χρησιμοποιώντας/πουλώντας την παραγόμενη θερμότητα, ή/και
- Πουλώντας το χωνεμένο υπόλειμμα ως εδαφοβελτιωτικό.

Εάν για το έργο προκύψει ένας εσωτερικός βαθμός απόδοσης κεφαλαίου (IRR) χαμηλότερος του 9%, θα πρέπει να επανεξεταστούν όλες οι παράμετροι του έργου και να βελτιωθούν μερικές από αυτές. Εάν ο IRR είναι πάνω από 9% οι προϋποθέσεις είναι καλές, επομένως αξίζει να συνεχιστεί το έργο και να προχωρήσει ο επενδυτής στην επόμενη φάση του προγραμματισμού. Είναι σημαντικό να γίνεται συνεχής σύγκριση των υποθέσεων με την παρούσα κατάσταση. Αυτό βοηθά στο να σχηματίζεται μια

ρεαλιστική άποψη για την ίδια τη μονάδα βιοαερίου, τον χώρο που απαιτείται, την ροή τροφοδοσίας και τις πραγματικές δαπάνες κατασκευής.

Το υπολογιστικό μοντέλο είναι χρήσιμο για την παροχή των αρχικών πληροφοριών και στοιχείων που είναι απαραίτητα για να ξεκινήσει η φάση του προγραμματισμού. Για τα περαιτέρω στάδια του έργου, είναι υποχρεωτική η εξεύρεση ενός ανεξάρτητου και αξιόπιστου συνεργάτη (βλ. τα στάδια του έργου όπως περιγράφηκαν στο κεφάλαιο 8.1).

Υλοποίηση έργων βιοαερίου στην Ελλάδα

11 Το βιοαέριο στην Ελλάδα

11.1 Παρούσα κατάσταση

Στην δεκαετία του '80, στην Ελλάδα υλοποιήθηκε μία σειρά έργων για την ενεργειακή αξιοποίηση του βιοαερίου με πρώτη ύλη κυρίως κτηνοτροφικά απόβλητα και απόβλητα από βιομηχανίες επεξεργασίας τροφίμων, όπως απόβλητα ελαιοτριβείων. Κάποια από αυτά ήταν επιδεικτικά έργα τα οποία, μετά τον αρχικό ενθουσιασμό και την εξασφάλιση επιστημονικής υποστήριξης σταμάτησαν την λειτουργία τους⁴.

Στις μέρες μας, η εκμετάλλευση του βιοαερίου αποτελεί μια γνωστή τεχνολογία στις περιπτώσεις των ΧΥΤΑ και των Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ). Παρ' όλα αυτά, υπάρχει ακόμη έλλειψη γνώσης και πληροφόρησης όχι μόνο των αγροτών αλλά και των βιομηχανιών και του ευρύτερου κοινού γενικότερα, σχετικά με τις δυνατότητες ενεργειακής αξιοποίησης των αποβλήτων, της τελικής τους χρήσης (π.χ. παραγωγή ηλεκτρισμού, κάλυψη θερμικών αναγκών, έγχυση στο δίκτυο του φυσικού αερίου, χρήση ως καύσιμο στις μεταφορές) και των πλεονεκτημάτων τους.

Γενικά, η αναερόβια χώνευση (ΑΧ) χρησιμοποιείται ως μία μέθοδος διαχείρισης των αποβλήτων και δε συνοδεύεται από την παραγωγή βιοαερίου και ενέργειας (τουλάχιστον όχι σε ευρεία κλίματα μέχρι στιγμής). Αυτό που γίνεται στις περισσότερες περιπτώσεις είναι η διάθεση των αποβλήτων μετά από κάποια επεξεργασία, αντί της υιοθέτησης μιας γνωστής και ολοκληρωμένης τεχνολογίας - όπως είναι η αναερόβια χώνευση - για την παράλληλη παραγωγή βιοαερίου και τη χρήση του υπολείμματος ως εδαφοβελτιωτικό.

Επιπρόσθετα, η διάθεση ανεπεξέργαστων αποβλήτων δεν έχει δημιουργήσει σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα έως τώρα, σε σύγκριση με τις χώρες της Δυτικής Ευρώπης. Στις περισσότερες δε των περιπτώσεων, η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει» δεν εφαρμόζεται επαρκώς, αν και η ελληνική περιβαλλοντική νομοθεσία είναι αυστηρή.

Το 2006 οι ΑΠΕ συνεισέφεραν 1,8 ΜΤΠΠ της ακαθάριστης εγχώριας κατανάλωσης. Η βιομάζα συνεισέφερε το 56% αυτού καλύπτοντας κυρίως θερμικές ανάγκες⁵. Το βιοαέριο που παρήχθη από ΕΕΛ, ΧΥΤΑ και λίγες βιομηχανικές εφαρμογές συνεισέφερε 36 χιλιάδες ΤΠΠ, κυρίως λόγω της ηλεκτροπαραγωγής. Η εγκατεστημένη ισχύς των μονάδων βιοαερίου ανήλθε σε 24MW, ενώ η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των ΑΠΕ ήταν 3.894 MW. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο ανήλθε σε 92 GWh (1,1% στο σύνολο της ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ)⁶.

Το έτος 2007 στην Ελλάδα λειτουργούσαν δεκαπέντε μονάδες βιοαερίου, όπως φαίνεται στο Σχήμα 11.17. Στις περισσότερες των περιπτώσεων η εκμετάλλευση του βιοαερίου καλύπτει τις θερμικές ανάγκες των μονάδων. Παρ' όλα αυτά, η εγκατεστημένη ισχύς των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής από βιοαέριο ανήλθε σε 37,4 MW και η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια σε 155,9 GWh⁸. Το μεγαλύτερο τμήμα της ενέργειας παρήχθη στην Αθήνα, λόγω της λειτουργίας μονάδων βιοαερίου στην ΕΕΛ της Ψυττάλλειας και στον ΧΥΤΑ των Άνω Λιοσίων, χώροι οι οποίοι επεξεργάζονται υγρά και στερεά απόβλητα αντίστοιχα.

⁴ ΜΠΟΥΚΗΣ Ι & Α. ΧΑΤΖΗΘΑΝΑΣΙΟΥ (2000) State of Biogas production, energy exploitation schemes and incentives in Greece, 1st World Conference on Biomass for Energy and Industry, σελ. 1346-1349.

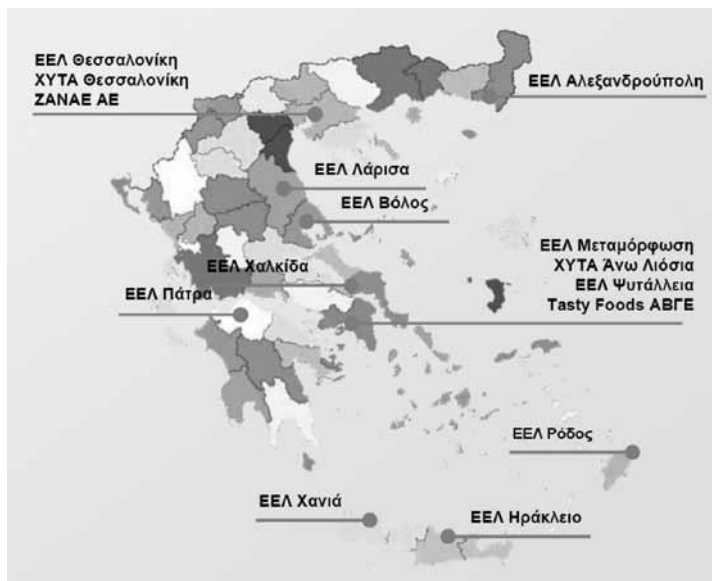
⁵ Υπουργείο Ανάπτυξης (2008). Ενεργειακό Ισοζύγιο 2006, www.ypan.gr

⁶ Υπουργείο Ανάπτυξης (2007). 1η Έκθεση για τον Μακροχρόνιο Ενεργειακό Σχεδιασμό της Ελλάδας 2008-2020 Μέρος 1, Αθήνα, Αύγουστος.

⁷ ΚΑΠΕ, Βάση δεδομένων Δ/σης Ενεργειακής Πολιτικής & Σχεδιασμού.

⁸ ΔΕΣΜΗΕ (www.desmie.gr)

Η κύρια αγορά βιοαερίου στην Ελλάδα αφορά στην ηλεκτροπαραγωγή (από ΧΥΤΑ και Βιολογικούς Καθαρισμούς) ενώ η κάλυψη θερμικών αναγκών είναι περιορισμένη (γίνεται μόνο για εσωτερική χρήση στις μονάδες ΑΧ). Σήμερα υπάρχει μία αρκετά ώριμη ενεργειακή αγορά στην Ελλάδα σχετικά με το βιοαέριο. Παρ' όλα αυτά χρειάζεται η περαιτέρω ενδυνάμωση της εγχώριας ενεργειακής βιομηχανίας, με στόχο να προωθηθεί περαιτέρω η ανάπτυξη έργων βιοαερίου και να μειωθούν τα κόστη επένδυσης.



Σχήμα 11.1: Μονάδες βιοαερίου στην Ελλάδα (σε λειτουργία το έτος 2007)

11.2 Δυναμικό βιοαερίου

Στην Ελλάδα, στις περισσότερες των περιπτώσεων, υπεύθυνοι για τη συλλογή, επεξεργασία και τελική διάθεση των υγρών και στερεών οικιακών αποβλήτων και τη χάραξη πολιτικής είναι η Τοπική Αυτοδιοίκηση και Περιφερειακοί-Εθνικοί Φορείς αντίστοιχα. Στις περιπτώσεις αυτές η διαθεσιμότητα των αποβλήτων είναι σταθερή και δεδομένη (με εξαίρεση εποχιακές διακυμάνσεις λόγω του τουρισμού).

Αντίθετα, τα γεωργοκτηνοτροφικά απόβλητα αποτελούν ιδιαίτερο ζήτημα, λόγω του υψηλού δυναμικού τους αλλά και της χωρικής τους διασποράς σε ολόκληρη την χώρα. Σε κάποιες περιπτώσεις υπάρχει έλλειψη γνώσης για το δυναμικό των αποβλήτων και της εναλλακτικής δυνατότητας εκμετάλλευσης του βιοαερίου. Για τη βιολογική διαδικασία και την παραγωγή βιοαερίου, παράμετροι όπως η σταθερή διαθεσιμότητα των αποβλήτων και η σύνθεσή τους είναι σημαντικοί. Σε χώρες όπως η Ελλάδα, η εποχιακή παραγωγή αποβλήτων (π.χ. απόβλητα χυμοποιείων, ελαιοτριβείων κ.λπ.) αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την επιτυχή υλοποίηση ενός έργου βιοαερίου.

Αν και σε επίπεδο χώρας υπάρχει σημαντικό δυναμικό οργανικών αποβλήτων, ειδικότερα ζωικά απόβλητα, δεν λειτουργούν πολλές μικρές μονάδες βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος (farm-scale plants). Αξίζει να σημειωθεί ότι λαμβάνοντας υπόψη μόνο τους εκτρεφόμενους πληθυσμούς ζώων στην Ελλάδα (βοοειδή και χοίρους) και βασίζόμενοι σε διαφορετικές παραδοχές, αρκετοί συγγραφείς έχουν εκτιμήσει ότι η θεωρητική παραγωγή ζωικών αποβλήτων σε ετήσια βάση ανέρχεται σε 10-17 εκατομμύρια τόνους.

Σύμφωνα με εκτιμήσεις του ΚΑΠΕ⁹, βασιζόμενοι σε συντηρητικά σενάρια, υπολογίζεται ότι η Αναερόβια Χώνευση ζωικών αποβλήτων και αποβλήτων σφαγείων και γαλακτοβιομηχανιών θα μπορούσε να τροφοδοτήσει μονάδες συμπαραγωγής συνολικής ισχύος 350 MW με μέση ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας 1.121.389 MWh_e.

Αναλυτική παρουσίαση σε ότι αφορά του δυναμικού που μπορεί να αξιοποιηθεί για την παραγωγή βιοαερίου στην Ελλάδα και στις άλλες 5 χώρες γίνεται στο παραδοτέο 2.3 του έργου BiG-East (www.big-east.eu).

11.3 Νομοθεσία και Χρηματοδότηση

11.3.1 Πολιτική για τις ΑΠΕ στην Ελλάδα

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) διαφαίνεται ότι θα έχουν σημαντική συνεισφορά στο ενεργειακό σύστημα της χώρας στα επόμενα χρόνια. Παράλληλα, την τελευταία δεκαετία έχει δημιουργηθεί θετικό κλίμα για την αντικατάσταση των συμβατικών ενεργειακών πηγών καθώς συνεισφέρουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και η χρήση τους σχετίζεται με μία σειρά περιβαλλοντικών προβλημάτων. Για το λόγο αυτό οι ΑΠΕ καταλαμβάνουν ολοένα και ψηλότερη θέση στην ενεργειακή ατζέντα.

Η ανάπτυξη και περαιτέρω διείσδυση των ΑΠΕ μπορεί να συνεισφέρει όχι μόνο στο ενεργειακό σύστημα αλλά και στην προστασία του περιβάλλοντος και στις ενεργειακές και περιβαλλοντικές δεσμεύσεις της χώρας. Οι κύριοι υποστηρικτικοί μηχανισμοί σήμερα στην Ελλάδα στα θέματα ΑΠΕ είναι: α) η εγγυημένη τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας και β) η δημόσια χρηματοδότηση έργων ΑΠΕ.

Το Υπουργείο Ανάπτυξης είναι επιφορτισμένο με την ενεργειακή πολιτική στην Ελλάδα. Οι βασικοί στόχοι της πολιτικής αυτής είναι¹⁰:

- η διασφάλιση της ασφαλούς ενεργειακής τροφοδοσίας της ενεργειακής αγοράς
- η μείωση της πετρελαϊκής εξάρτησης της χώρας και η σταδιακή υποκατάσταση του πετρελαίου από το φυσικό αέριο
- η ενίσχυση του συστήματος παραγωγής, μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας
- η αύξηση της συμμετοχής των ΑΠΕ και των βιοκαυσίμων στο ενεργειακό σύστημα
- η επέκταση της χρήσης του φυσικού αερίου με την ανάπτυξη νέων δικτύων μεταφοράς και διανομής
- η απελευθέρωση των αγορών του ηλεκτρισμού και του φυσικού αερίου
- η ενίσχυση των διεθνών διασυνδέσεων της χώρας, στους τομείς του φυσικού αερίου, του πετρελαίου και του ηλεκτρισμού, με σκοπό να καταστεί η Ελλάδα σύγχρονο διεθνές διαμετακομιστικό κέντρο ενέργειας
- η επέκταση των ελέγχων σε όλους τους κρίκους της αλυσίδας της αγοράς των πετρελαιοειδών, με σκοπό την ενίσχυση του ανταγωνισμού
- η υλοποίηση των ενεργειακών υποδομών και των ιδιωτικών ενεργειακών επενδύσεων μέσω χρηματοδοτικών εργαλείων
- η κατάρτιση Μακροχρόνιου Ενεργειακού Σχεδιασμού με ορίζοντα το 2020.

Σύμφωνα με την Οδηγία 2001/77/EK «για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας» (ΟJ L283/27.10.2001), τέθηκε για την Ελλάδα ένας ενδεικτικός στόχος. Ειδικότερα, στο Παράρτημα Ι της Οδηγίας αναφέρονται οι ενδεικτικοί

⁹ Ζαφείρης Χ. (2007). Biogas in Greece. Current situation and perspectives. European Biogas Workshop proceedings “The Future of Biogas in Europe – III”, University of Southern Denmark Esbjerg, Δανία, 14-16 Ιουνίου 2007.

¹⁰ Υπουργείο Ανάπτυξης (2007). 1η Έκθεση για τον Μακροχρόνιο Ενεργειακό Σχεδιασμό της Ελλάδας 2008-2020 Μέρος 1, Αθήνα, Αύγουστος.

εθνικοί στόχοι κάλυψης από ΑΠΕ ως ποσοστό της ακαθάριστης κατανάλωσης ενέργειας κατά το έτος 2010 για τα κράτη μέλη. Για την Ελλάδα ο στόχος αυτός ήταν 20,1% (συμπεριλαμβανομένων των μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων) ενώ για την Ευρώπη των 15 ο στόχος αυτός ήταν το 22%.

Σύμφωνα με εκτιμήσεις του Υπουργείου Ανάπτυξης και τις εθνικές εκθέσεις που υποβάλλονται στο πλαίσιο της Οδηγίας 2001/77/ΕΚ, οι απαιτήσεις σε εγκατεστημένη ισχύ ΑΠΕ για το 2010 προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος φαίνονται στον Πίνακα 11.1¹¹. Ο Νόμος 3468/2006 παρέχει το νομοθετικό πλαίσιο και εναρμονίζει την Οδηγία 2001/77/ΕΚ στο εθνικό δίκαιο.

Πίνακας 11.1: Απαιτήσεις εγκατάστασης ΑΠΕ για επίτευξη του στόχου για το 2010

	Απαιτήσεις σε Εγκατεστημένη ισχύ το 2010 σε MW	Παραγωγή ενέργειας το 2010 σε δις kWh	Ποσοστιαία συμμετοχή ανά τύπο ΑΠΕ το 2010
Αιολικά πάρκα	3.648	7,67	10,67
Μικρά υδροηλεκτρικά	364	1,09	1,52
Μεγάλα υδροηλεκτρικά	3.325	4,58	6,37
Βιομάζα	103	0,81	1,13
Γεωθερμία	12	0,10	0,14
Φωτοβολταϊκά	200	0,20	0,28
Σύνολο	7.652	14,45	20,10

Πηγή: Υπουργείο Ανάπτυξης

Αξίζει να σημειωθεί ότι, ο στόχος της Οδηγίας 2001/77/ΕΚ έρχεται σε συμφωνία με τις διεθνείς δεσμεύσεις της χώρας και ειδικότερα το Πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο υπεγράφη το 1997 στα πλαίσια της Σύμβασης-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις κλιματικές μεταβολές (σύμφωνα με το πρωτόκολλο του Κιότο, η Ευρωπαϊκή Ένωση δεσμεύτηκε να πετύχει την περίοδο 2008-2012 μείωση των ανθρωπογενών εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κατά 8% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990 και στην Ελλάδα δόθηκε η δυνατότητα μέγιστης επιτρεπόμενης αύξησης της τάξης του 25%).

Σύμφωνα με το άρθρο 1 της Οδηγίας 2003/30/ΕΚ σχετικά με την προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για τις μεταφορές: «Η παρούσα Οδηγία επιδιώκει να προάγει τη χρήση βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων προς αντικατάσταση του πετρελαίου ντίζελ ή της βενζίνης στις μεταφορές σε κάθε κράτος μέλος, προκειμένου να συμβάλει στην επίτευξη στόχων όπως η τήρηση των δεσμεύσεων σχετικά με τις κλιματικές μεταβολές, η φιλική προς το περιβάλλον ασφάλεια του εφοδιασμού και η προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας». Η Οδηγία θέτει ενδεικτικούς στόχους για τα βιοκαύσιμα και τα άλλα ανανεώσιμα καύσιμα και συγκεκριμένα 2% μέχρι τις 31.12.2005 και 5,75% μέχρι τις 31.12.2010. Οι στόχοι αυτοί υπολογίζονται βάσει του ενεργειακού περιεχομένου, επί του συνόλου της βενζίνης και του πετρελαίου ντίζελ, προς χρήση στις μεταφορές. Η Οδηγία μεταφέρθηκε στο εθνικό δίκαιο με το Νόμο 3423/2005. Υπολογίζεται ότι οι ποσότητες βιοντίζελ και βιοαιθανόλης που απαιτούνται για να ικανοποιηθούν οι ανάγκες της Ελλάδας, σύμφωνα με τις επιταγές της Οδηγίας 2003/30/ΕΚ για το έτος 2010 είναι περίπου 148.000 και 390.000 τόνοι αντίστοιχα¹².

¹¹ Υπουργείο Ανάπτυξης (2007). 4η εθνική έκθεση για την διείσδυση της Ανανεώσιμης Ενέργειας το 2010, Αθήνα Οκτώβριος

¹² Υπουργείο Ανάπτυξης (2004). 1η εθνική έκθεση σχετικά με την προώθηση της χρήσης των βιοκαυσίμων και άλλων ανανεώσιμων καυσίμων στις μεταφορές στην Ελλάδα την περίοδο 2005-2010.

Το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ) έχει την ευθύνη χάραξης της περιβαλλοντικής πολιτικής της Ελλάδας. Το περιβαλλοντικό θεσμικό πλαίσιο βασίζεται σε Διεθνείς Συμφωνίες και Συνθήκες καθώς και στην Ευρωπαϊκή και εθνική νομοθεσία. Ο Νόμος 1650/85 όπως τροποποιήθηκε αποτελεί τον βασικό νόμο για την προστασία του περιβάλλοντος στην Ελλάδα. Επιπρόσθετα, το ΥΠΕΧΩΔΕ είναι επιφορτισμένο με την τήρηση των διατάξεων του Πρωτοκόλλου του Κιότο, σύμφωνα με τον Νόμο 3017/2002 με τον οποίο επικυρώθηκε το Πρωτόκολλο.

Η περιβαλλοντική πολιτική¹³ στην Ελλάδα βασίζεται στις ακόλουθους αρχές:

- **αρχή της πρόληψης:** επιχειρείται η πρόληψη και όχι η αποκατάσταση μιας περιβαλλοντικής ζημιάς
- **αρχή ο «ρυπαίνων πληρώνει»:** καταλογίζεται η ευθύνη στον ρυπαίνων ο οποίος και καλείται να λάβει επανορθωτικά μέτρα
- **αρχή της ισότητας και συνευθύνης:** η κατανομή βαρών για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων πρέπει να λάβει υπόψη της τόσο το μερίδιο ευθύνης όσο και τις δυνατότητες κάθε πλευράς να συμμετάσχει στην επίλυσή τους.

Μεταξύ άλλων, το ΥΠΕΧΩΔΕ έχει τον συντονισμό και την ευθύνη για την υποβολή ετήσιων εθνικών απογραφών εκπομπών/απορροφήσεων αερίων του θερμοκηπίου στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή και στη Γραμματεία της Σύμβασης - Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή. Με βάση την διαθέσιμη ετήσια έκθεση του 2008¹⁴:

- Οι εκπομπές βάσης για την Ελλάδα (1990 για τα CO₂, CH₄ και N₂O – 1995 για τα F-gases) υπολογίζονται σε 106,83 Mt CO₂ eq.
- Το 2006 οι συνολικές εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου (δεν συμπεριλαμβάνεται ο τομέας Χρήσεων Γης, Αλλαγών Χρήσεων Γης και Δασοπονίας - ΧΤΑΧΤΖ), ανέρχονταν σε 133,11 εκατομ. τόνους ισδύναμου CO₂ παρουσιάζοντας αύξηση κατά 24,6% έναντι των εκπομπών βάσης και κατά 27,3% σε σχέση με τις εκπομπές του 1990.
- Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα αποτελούν την πλειοψηφία των εκπομπών με συμμετοχή 82% στις συνολικές εκπομπές (δεν συμπεριλαμβάνεται ο τομέας ΧΤΑΧΤΖ) για το έτος 2006, παρουσιάζοντας αύξηση κατά 32% σε σχέση με το 1990. Οι εκπομπές υποξειδίου του αζώτου συμμετέχουν κατά 7,8% περίπου στις συνολικές εκπομπές και μειώθηκαν κατά 14% σε σχέση με τις εκπομπές του 1990, ενώ οι εκπομπές μεθανίου, με ποσοστό συμμετοχής 6,3% στις συνολικές εκπομπές, μειώθηκαν κατά 8%.
- Τέλος οι εκπομπές φθοριούχων αερίων (F-gases) αποτελούν το 3,6% των συνολικών εκπομπών και αυξήθηκαν κατά 38% σε σχέση με τις εκπομπές του 1995 (έτος αναφοράς για τα F-gases).

11.3.2 Βασικό Θεσμικό και Κανονιστικό πλαίσιο

Το κύριο νομοθετικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ είναι το ακόλουθο:

- **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 αν και εφαρμόστηκε σε περιορισμένο βαθμό.

¹³ www.minenv.gr

¹⁴ ΥΠΕΧΩΔΕ (2008). Annual inventory submission under the Convention and the Kyoto protocol for Greenhouse and other gases for the years 1990-2006, Athens.

- **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 αντίστοιχο γερμανικό νόμο (Stromeinspeisungsgesetz), και αποτέλεσε την ουσιαστική αρχή για την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην Ελλάδα.
- **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 ΑΠΕ και απελευθέρωσης της αγοράς ενέργειας (ενσωματώνει σε σημαντικό βαθμό το Νόμο 2244/94). Ο Νόμος 2773/99 εισήγαγε μία νέα άδεια, την Άδεια Παραγωγής, η οποία σήμερα είναι η πρώτη άδεια που απαιτείται να εξασφαλίσει κανείς για την υλοποίηση ενός ενεργειακού έργου με μια αδειοδοτική διαδικασία που περιλαμβάνει, μεταξύ των άλλων, προκαταρκτική περιβαλλοντική εκτίμηση και αξιολόγηση, έγκριση περιβαλλοντικών όρων, άδεια παραγωγής, άδεια εγκατάστασης, άδεια λειτουργίας κ.λπ.
- **Νόμος 2941/2001** «Απλοποίηση διαδικασιών ίδρυσης εταιρειών, αδειοδότηση 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 ΑΠΕ, τις προϋποθέσεις εγκατάστασης έργων ΑΠΕ σε δάση και το χαρακτηρισμό όλων των έργων ΑΠΕ ως έργα κοινής 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/ΕΕ και 96/61/ΕΕ, 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 και αναθεωρώντας το βασικό νόμο 1650/86 για το περιβάλλον.
- **Νόμος 3175/2003** «Αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού, τηλεθέρμανση και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 207/Α/03). Σχετίζεται με την χρήση της γεωθερμικής ενέργειας και θέτει τους βασικούς κανόνες για την εκμετάλλευσή της.
- **Νόμος 3423/2005** «Εισαγωγή στην Ελληνική Αγορά των Βιοκαυσίμων και των άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων» (ΦΕΚ 304/Α/05). Μέσω αυτού του νόμου η Οδηγία 2003/30/ΕΚ μεταφέρθηκε στο εθνικό δίκαιο για την προώθηση των βιοκαυσίμων.
- **Νόμος 3468/2006** «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις» (ΦΕΚ 129/Α/06). Ο Νόμος αυτός επιχειρεί να προωθήσει τις ΑΠΕ, να απλοποιήσει την αδειοδοτική διαδικασία και να αναμορφώσει την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ. Ο Νόμος θέτει το νέο περιβάλλον ηλεκτροπαραγωγής, η εγγυημένη τιμή ενέργειας αυξάνεται και η πώληση ενέργειας επεκτείνεται από 10 σε 20 χρόνια. Η νέα εγγυημένη τιμή πώλησης της ενέργειας από ΑΠΕ & Συμπαράγωγή ανέρχεται σε 73€/MWh (75,82€/MWh για το 2007) για τα έργα βιοαερίου (βλέπε παρακάτω πίνακα).

Εγγυημένη τιμή πώλησης ενέργειας από ΑΠΕ & Συμπααραγωγή

Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από:	Τιμή Ενέργειας (€/MWh)	
	Διασυνδεδεμένο Σύστημα	Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά
(α) Αιολική ενέργεια	73	84,6
(β) Αιολική ενέργεια από αιολικά πάρκα στη θάλασσα	90	
(γ) Υδραυλική ενέργεια που αξιοποιείται με μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς με Εγκατεστημένη Ισχύ έως δεκαπέντε (15) MWe	73	84,6
(δ) Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από φωτοβολταϊκές μονάδες, με Εγκατεστημένη Ισχύ μικρότερη ή ίση των εκατό (100) kWpeak, οι οποίες εγκαθίστανται σε ακίνη ιδιοκτησίας ή νόμιμης κατοχής ή όμορα ακίνητα του ίδιου ιδιοκτήτη ή νομίμου κατόχου	450	500
(ε) Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από φωτοβολταϊκές μονάδες, με Εγκατεστημένη Ισχύ μεγαλύτερη των εκατό (100) kWpeak	400	450
(στ) Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από μονάδες άλλης τεχνολογίας, πλην αυτής των φωτοβολταϊκών, με Εγκατεστημένη Ισχύ έως πέντε (5) MWe	250	270
(ζ) Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από μονάδες άλλης τεχνολογίας, πλην αυτής των φωτοβολταϊκών, με Εγκατεστημένη Ισχύ μεγαλύτερη των πέντε (5) MWe	230	250
(η) Γεωθερμική ενέργεια, βιομάζα, αέρια εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής και από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και βιοαέρια	73	84,6
(θ) Λοιπές ΑΠΕ	73	84,6
(ι) Σ.Η.Θ.Υ.Α	73	84,6

Οι βασικές αλλαγές στην αδειοδοτική διαδικασία είναι αυτές που παρατίθενται στον Πίνακα 11.2¹⁵.

Πίνακας 11.2: Αλλαγές στην αδειοδοτική διαδικασία των έργων ΑΠΕ

Παλιό νομοθετικό πλαίσιο	Νέο νομοθετικό πλαίσιο
Διαδικασία αδειοδότησης	
1) Άδεια εγκατάστασης	
Εκτιμάται μέσος χρόνος από την υποβολή της αίτησης μέχρι την έκδοση αυτής των 3 ετών	Έκδοση της άδειας εγκατάστασης σε διάστημα μικρότερο του ενός έτους από την υποβολή της σχετικής αίτησης για άδεια παραγωγής.
2) Εξαίρεση από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής	
Συστήματα ΑΠΕ μέχρι 20 kW	α) Γεωθερμικά συστήματα $\leq 0,5$ MW β) Βιομάζα ή βιοκαύσιμα ≤ 100 kW γ) Φωτοβολταϊκά συστήματα ≤ 150 kW δ) Συστήματα αιολικής ενέργειας <ul style="list-style-type: none"> ▪ Απομονωμένα Μικροδίκτυα: ≤ 20 kW ▪ Μη διασυνδεδεμένα νησιά: ≤ 40 kW ▪ Διασυνδεδεμένο Σύστημα: ≤ 50 kW ε) Από άλλα συστήματα ΑΠΕ: ≤ 50 kW
3) Πλαίσιο για τη λειτουργία αιολικών πάρκων στη θάλασσα, υβριδικών και γεωθερμικών σταθμών	
Δεν υπήρχε	Καθορίζεται και προδιαγράφεται για πρώτη φορά συστηματική αδειοδοτική διαδικασία για την κατασκευή και λειτουργία γεωθερμικών και υβριδικών σταθμών.
4) Απόσυρση του ανωτάτου ορίου των 50 MW για την έκδοση άδειας λειτουργίας	
5) Ευνοϊκή αντιμετώπιση της αξιολόγησης των αιτήσεων για έκδοση άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που υποβάλλονται από πολυσυμμετοχικές επιχειρήσεις (λαϊκής βάσης) και με συμμετοχή των φορέων τοπικής αυτοδιοίκησης.	
Τιμολογιακή πολιτική	
Οι τιμές εξαρτώνται από την τιμολογιακή πολιτική της ΔΕΗ	Πίνακας τιμών για την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α που δεν εξαρτάται από το καθεστώς τιμολογίων της ΔΕΗ και διαφοροποιείται ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία.
1) Εξομοίωση της αμοιβής των αυτοπαραγωγών του πλεονάσματος της παραγόμενης ενέργειας από σταθμούς Α.Π.Ε. με αυτή των ανεξάρτητων παραγωγών	
2) Διάρκεια σύμβασης πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α.	
Διάρκεια σύμβασης πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α για 10 χρόνια	Εγγύηση της διάρκειας της σύμβασης πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. για 10 χρόνια, με δυνατότητα επέκτασης για άλλα 10 χρόνια.
Ειδικό τέλος προς Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ)	
Το ύψος του ειδικού τέλους που αποδίδεται στους ΟΤΑ θεσπίζεται στο 2%	Το ύψος του ειδικού τέλους που αποδίδεται στους ΟΤΑ αυξάνεται στο 3%, ενώ εξαιρούνται από την καταβολή του παραγωγοί ενέργειας από ΑΠΕ με τη χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων.
Εγγυήσεις προέλευσης	
Δεν προβλέπονταν	Θεσπίζεται σύστημα έκδοσης Εγγυήσεων Προέλευσης για την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από ΑΠΕ.

¹⁵ ΚΑΠΕ (2007). Εγχειρίδιο ΑΠΕ και μικρών συστημάτων συμπαραγωγής για μικρά καταλύματα. Παρήχθη στα πλαίσια του έργου Green Lodges, Αρ. Συμβολαίου: ΕΙΕ/04/252/S07.38608.

- **Νόμος 3661/2008** «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 89/Α/08). Με το νόμο αυτό μεταφέρθηκε στο εθνικό δίκαιο η Οδηγία 2002/91/ΕΚ. Τα βασικά άρθρα του νόμου περιέχουν κανονισμούς και απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση των υφισταμένων και νέων κτιρίων.
- **ΚΥΑ 49828/2008** «Έγκριση ειδικού πλαισίου χωροταξικού σχεδιασμού και αιφόρου ανάπτυξης για τις ΑΠΕ και της στρατηγικής ΜΠΕ αυτού» (ΦΕΚ2464/Β/08). Με βάση το Νόμο 2741/1999, το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού & Αειφόρου Ανάπτυξης για τις ΑΠΕ εκπονήθηκε για λογαριασμό του ΥΠΕΧΩΔΕ όχι μόνο για να καταδείξει την προτεραιότητα που πρέπει να δοθεί στις ΑΠΕ αλλά και γενικότερα την κατεύθυνση προς μία αειφόρο ανάπτυξη. Το Πλαίσιο θέτει κανόνες χωροθέτησης των έργων ΑΠΕ και δίνει κατευθύνσεις στα υπόλοιπα επίπεδα σχεδιασμού (τοπικό και περιφερειακό). Επιπρόσθετα περιέχει ειδικές ρυθμίσεις και αναφορές σε έργα ΑΠΕ όπως τα αιολικά Πάρκα και τα ΜΥΗΕ. Σε ό,τι αφορά στο βιοαέριο, ως κατάλληλοι χώροι θεωρούνται οι χώροι που βρίσκονται κοντά στην παραγωγή και διάθεση της πηγής ενέργειας. Το Πλαίσιο προσδιορίζει κατηγορίες ζωνών αποκλεισμού.
- **Νόμος 3734/2009** «Προώθηση της συμπαραγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας» (ΦΕΚ 08/Α/09). Με τις διατάξεις του εναρμονίζεται η ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 2004/8/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 11ης Φεβρουαρίου 2004 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.

Η σχετική εθνική νομοθεσία παρουσιάζεται συνοπτικά στο **Παράρτημα 3**.

11.3.3 Χρηματοδότηση

Η χρηματοδότηση των επενδύσεων ΑΠΕ παραμένει ένα σημαντικό και κρίσιμο ζήτημα. Σήμερα, όλο και περισσότεροι εν δυνάμει επενδυτές ενδιαφέρονται για την ανάπτυξη «πράσινων επενδύσεων». Η εξασφάλιση χρηματοδότησης και η ανάπτυξη επαρκούς χρηματοδοτικού πλαισίου είναι δύο μόνο από τους πολλούς παράγοντες που σχετίζονται με την υλοποίηση έργων βιοαερίου.

Σήμερα, μεταξύ άλλων, υπάρχουν δύο βασικά εργαλεία δημόσιας χρηματοδότησης έργων ΑΠΕ:

- Ο Αναπτυξιακός Νόμος 3299/2004 όπως τροποποιήθηκε από το άρθρο 37 του Νόμου 3522/2006 (ΦΕΚ 276/Α/2006)
- Το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα» (ΕΠΑΝ), ένα από τα έντεκα (11) εθνικά και δεκατρία (13) περιφερειακά προγράμματα, στα οποία χωρίζεται το Γ' Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης (ΚΠΣ) για την Ελλάδα (το ΕΠΑΝ II του ΕΣΠΑ συνεχίζει την χρηματοδότηση έργων αυτού του είδους για την περίοδο 2007-2013).

Αναπτυξιακός Νόμος

Ο Νόμος 3299/2004, όπως τροποποιήθηκε από τον άρθρο 37 του Νόμου 3522/2006 (ΦΕΚ 276/Α/06), καλύπτει όλες τις ιδιωτικές επενδύσεις που υλοποιούνται στην Ελλάδα και αφορά όλους τους τομείς της οικονομικής δραστηριότητας. Περιοχές που αντιμετωπίζουν συγκεκριμένα προβλήματα, όπως χαμηλό κατά κεφαλήν εισόδημα ή υψηλούς ρυθμούς ανεργίας, πριμοδοτούνται με υψηλότερα ποσοστά επιχορήγησης σε σχέση με άλλες. Για το λόγο αυτό, ο Νόμος έχει έντονα περιφερειακό χαρακτήρα (η χώρα χωρίζεται σε τρεις ζώνες). Οι επενδύσεις ΑΠΕ (παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας) τυγχάνουν ειδικού καθεστώτος από το Νόμο. Προτάσεις για χρηματοδότηση μπορούν να υποβληθούν

στον Αναπτυξιακό Νόμο οποτεδήποτε. Ο Νόμος δεν αναφέρει συγκεκριμένο τελικό προϋπολογισμό, κατά συνέπεια δεν υπάρχει (θεωρητικά) όριο στον αριθμό και τον προϋπολογισμό των προτάσεων που χρηματοδοτούνται. Μεταξύ άλλων, ο Αναπτυξιακός Νόμος παρέχει κίνητρα σε έργα προστασίας του περιβάλλοντος και διαχείρισης των αποβλήτων, συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας και παραγωγής ενέργειας από βιομάζα.

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα» (ΕΠΑΝ) – Γ' ΚΠΣ

Το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα» (ΕΠΑΝ), που αντλούσε πόρους από το Γ' Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης (ΚΠΣ), παρείχε δημόσια ενίσχυση για τις ΑΠΕ και την εξοικονόμηση ενέργειας, υποκατάσταση συμβατικών καυσίμων και άλλες σχετικές με την ενέργεια δράσεις, ύψους 1,644 δις €. Το ποσοστό δημόσιας ενίσχυσης ξεκινούσε από το 30% του επιλέξιμου κόστους και έφτανε κατά περίπτωση έως το 60% (σε συγκεκριμένες περιπτώσεις). Η χρηματοδότηση των έργων προέκυπτε κατόπιν κύκλων δημόσιας προκήρυξης για την υποβολή προτάσεων και αξιολόγησής τους (ανά κύκλο). Οι εγκεκριμένοι προϋπολογισμοί και τα αντίστοιχα ποσά δημόσιας χρηματοδότησης των σχετικών με τις ΑΠΕ έργων του ΕΠΑΝ δίνονται στον Πίνακα 11.3.

Πίνακας 11.3: Συνοπτικά στοιχεία κόστους και παραγωγής από εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής με χρήση ΑΠΕ και χρηματοδότηση από πόρους του Γ' ΚΠΣ (στο πλαίσιο του ΕΠΑΝ)

	Αιολικά	Μικρά ΥΗΕ	Φωτοβολταϊκά	Βιομάζα	Σύνολο
Αριθμός επενδύσεων	51	27	91	3	172
Συνολικός προϋπολογισμός σε εκατ. Ευρώ	549,59	122,20	38,30	25,70	735,79
Συνολική δημόσια δαπάνη σε εκατ. Ευρώ	175,40	49,70	17,30	10,30	252,70
Συνολ. εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς σε MW	554,69	88,40	4,32	17,30	664,71
Ετήσια παραγωγή ενέργειας σε GWh	1.392,30	318,70	5,32	136,30	1.852,62

Πηγή: Υπουργείο Ανάπτυξης¹⁶

Αντίστοιχο πρόγραμμα με το ΕΠΑΝ υπήρχε και στο Β' ΚΠΣ την περίοδο 1994-1999. Το πρόγραμμα με τίτλο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ενέργειας (ΕΠΕ) χορήγησε περίπου 80 εκ. € σε 42 έργα ΑΠΕ συνολικού προϋπολογισμού 197 εκ. € και εγκατεστημένης ισχύος 154MW. Το ΕΠΕ ήταν χρήσιμο για την υλοποίηση ενός μεγάλου αριθμού έργων ΑΠΕ εμπορικής κλίμακας την περίοδο αυτή. Οι επενδύσεις ΑΠΕ μπορούν να λάβουν οικονομική υποστήριξη και από άλλα προγράμματα, όπως αυτά που διαχειρίζεται το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων.

Περισσότερες πληροφορίες για τις πηγές χρηματοδότησης και τα οικονομικά κίνητρα των ενεργειακών επενδύσεων δίνονται, μεταξύ άλλων, στην ιστοσελίδα του ΚΑΠΕ: www.cres.gr, και του ΕΠΑΝ: www.antagonistikotita.gr.

11.3.4 Η αγορά ενέργειας

Η δημιουργία μίας ενιαίας ενεργειακής αγοράς (απελευθερωμένης και ανταγωνιστικής) στα κράτη μέλη της ΕΕ είναι μια μεγάλη πρόκληση για την Ευρωπαϊκή Ένωση. Η λειτουργία της αγοράς αυτής

¹⁶ 4η Εθνική έκθεση για το επίπεδο διεύθυνσης της Ανανεώσιμης Ενέργειας το έτος 2010 (άρθρο 3 Οδηγίας 2001/77/ΕΚ), Αθήνα Οκτώβριος.

θα έχει σοβαρές επιπτώσεις στους καταναλωτές, όπως η βιομηχανία και οι οικιακοί χρήστες, και θα επηρεάσει με τον ένα ή τον άλλο τρόπο τις επιλογές τους.

Πρόσδος στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας

Η Οδηγία 96/92/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου σχετικά με την απελευθέρωση της εσωτερικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας τέθηκε σε ισχύ στις 19 Φεβρουαρίου 1997. Στην Ελλάδα, η απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας ξεκίνησε στις 19/02/2001 (νόμος 2773/99). Ο Νόμος 2773/99 τροποποιήθηκε με τον νόμο 3426/2005, προκειμένου να υιοθετηθούν οι διατάξεις της Οδηγίας 2003/54/ΕΚ (κοινοί κανόνες για την εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας). Πιο συγκεκριμένα, ο Νόμος 3426/2005 προβλέπει την περαιτέρω απελευθέρωση της αγοράς, με την σταδιακή ανάπτυξη της επιλεξιμότητας των δικαιωμάτων σε όλους τους πελάτες (από 1ης Ιουλίου 2007 όλοι οι πελάτες θεωρούνται επιλέξιμοι). Στην Ελλάδα, αν και η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας έχει πλήρως απελευθερωθεί από την 1η Ιουλίου του 2007, η διαδικασία είναι μάλλον αργή.

Πρόσδος της αγοράς φυσικού αερίου

Λόγω του γεγονότος ότι το φυσικό αέριο εισήχθη στο ελληνικό ενεργειακό μείγμα το 1996 η χώρα είχε εξαίρεση έως το Νοέμβριο του 2006 για την εφαρμογή της Οδηγίας 98/30/ΕΚ. Ωστόσο, ο Νόμος 3175/2003 είναι το πρώτο βήμα προς την απελευθέρωση της αγοράς φυσικού αερίου. Το πλήρες πλαίσιο για την απελευθέρωση της αγοράς αυτής τέθηκε με τον Νόμο 3428/2005 «Απελευθέρωση της Αγοράς Φυσικού Αερίου», ο οποίος μεταφέρει την Οδηγία 2003/55/ΕΚ (Οδηγία για το φυσικό αέριο) στην ελληνική νομοθεσία. Σύμφωνα με το άρθρο 39 του Νόμου 3428/2005 (ΦΕΚ 313/Α/2005): «Η χρήση Συστημάτων Φυσικού Αερίου κατά τις διατάξεις του νόμου αυτού επιτρέπεται και για τη διακίνηση βιοαερίου, αερίου που παράγεται από Βιομάζα και άλλων τύπων αερίων, εφόσον αυτή είναι δυνατή, από τεχνική άποψη και πληρούνται οι προδιαγραφές ασφάλειας, αφού ληφθούν υπόψη οι απαιτήσεις ποιότητας και τα χημικά χαρακτηριστικά των αερίων αυτών».

11.4 Εμπόδια

Δεν υπάρχει συγκεκριμένη νομοθεσία για το βιοαέριο στην Ελλάδα. Η ανάπτυξη των έργων βιοαερίου και η εκμετάλλευση του βιοαερίου εντάσσονται κυρίως στο πλαίσιο των διατάξεων της γενικότερης νομοθεσίας για τις ΑΠΕ και των υφιστάμενων οικονομικών κινήτρων, καθώς και στην ελληνική περιβαλλοντική πολιτική για τη διαχείριση των αποβλήτων.

Κατά την διάρκεια των τελευταίων ετών, η ανάπτυξη των ΑΠΕ στην Ελλάδα επηρεάστηκε θετικά από το σημαντικό δυναμικό της χώρας και την πολιτική της σ' αυτόν τον τομέα. Το θεσμικό πλαίσιο βελτιώθηκε σημαντικά με την εισαγωγή νέας νομοθεσίας στα θέματα των ΑΠΕ και του περιβάλλοντος. Εντούτοις, αν και το θεσμικό πλαίσιο (π.χ. ενεργειακή και περιβαλλοντική πολιτική, εθνικές και ευρωπαϊκές δεσμεύσεις, νέος νόμος για τις ΑΠΕ, κλπ) και το χρηματοδοτικό και επενδυτικό περιβάλλον άλλαξαν την εικόνα, έτσι ώστε να δημιουργηθούν και να λειτουργήσουν νέες μονάδες, υπάρχουν ακόμη εμπόδια (κυρίως μη τεχνολογικά) που επηρεάζουν την περαιτέρω ανάπτυξη έργων βιοαερίου (π.χ. αντίληψη του κοινού, εμπειρία και ευαισθητοποίηση κυρίως σε μικρές μονάδες βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος και βιομηχανικές εφαρμογές, έλλειψη τιμής για την πώληση της θερμικής ενέργειας, αδειοδοτική διαδικασία, απουσία τέλους απόθεσης αποβλήτων, εξωτερικά κόστη όπως ο ευτροφισμός, η υποβάθμιση των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων, η υποκατάσταση συμβατικών καυσίμων, η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από βιοαέριο, κ.λπ).

Αναλυτική παρουσίαση των εμποδίων για την υλοποίηση έργων βιοαερίου στην Ελλάδα γίνεται στο παραδοτέο 3.2 του έργου BiG>EAST (www.big-east.eu).

11.5 Συνεισφορά στους εθνικούς στόχους

Τον Νοέμβριο του 1997, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε την Λευκή Βίβλο με τίτλο «Ενέργεια για το μέλλον: ανανεώσιμες πηγές ενέργειας». Στη Βίβλο τίθεται ο φιλόδοξος στόχος του διπλασιασμού από 6 σε 12% του μεριδίου των ΑΠΕ στη συνολική ζήτηση ενέργειας. Η βιομάζα θα πρέπει να παράγει περισσότερο από το 80% της συνολικής επιπρόσθετης συνεισφοράς των ΑΠΕ το 2010 (ειδικά η γεωργία αναμένεται να παράγει περισσότερο από το 50% της συνολικής συνεισφοράς), μέσω των ενεργειακών καλλιεργειών και της χρήσης των υπολειμμάτων. Για το βιοαέριο (κτηνοτροφία, επεξεργασία των λυμάτων, χώροι υγειονομικής ταφής απορριμμάτων) ο στόχος για το 2010 είναι 15 ΜΤΠΠ. Έτσι, πρέπει να αναληφθούν σημαντικές προσπάθειες με επίκεντρο τους γεωργούς, καθώς η εμπλοκή τους στην αξιοποίηση της βιομάζας είναι πρωταρχική. Οι χώρες της Ανατολικής Ευρώπης θα επηρεάσουν σημαντικά τη μελλοντική εικόνα του αγροτικού τομέα στην Ευρώπη.

Σύμφωνα με εκτιμήσεις του Υπουργείου Ανάπτυξης, προκειμένου να καλύψει η Ελλάδα ένα μέρος της ακαθάριστης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι το 2010 από ΑΠΕ, η συνεισφορά της βιομάζας θα πρέπει να είναι της τάξης των 103 MW (0,81 TWh ή 1,19% του μεριδίου των ΑΠΕ το 2010).

Παράλληλα, το 2003 εγκρίθηκε το 2^ο Εθνικό Πρόγραμμα για την κλιματική αλλαγή (Πράξη 5 της 27.2.2003), με στόχο τη θέσπιση πολιτικών μέτρων για τη μείωση των εκπομπών αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου. Στόχος του Προγράμματος αυτού ήταν να ανταποκριθεί η Ελλάδα στις απαιτήσεις των δεσμεύσεων της που απορρέουν από το Πρωτόκολλο του Κιότο για την περίοδο 2008-2012 (μέγιστη επιτρεπόμενη αύξηση των εκπομπών αυτών κατά 25% σε σχέση με το έτος αναφοράς).

Οι κύριες δράσεις που προβλέπονται στο 2^ο Εθνικό Πρόγραμμα περιλαμβάνουν:

- Περαιτέρω διεύρυνση του φυσικού αερίου σε όλους του τομείς τελικής ζήτησης και στην ηλεκτροπαραγωγή, συμπεριλαμβανομένης και της συμπαραγωγής
- Προώθηση των ΑΠΕ για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας
- Εξοικονόμηση ενέργειας στη βιομηχανία και στον οικιακό - τριτογενή τομέα.

Επιπρόσθετα, το αναθεωρημένο Εθνικό Πρόγραμμα για την κλιματική αλλαγή, εκτιμά ότι η διεύρυνση των ΑΠΕ μπορεί να συνεισφέρει σε μια μείωση των εκπομπών CO₂ της τάξης των 4,5 Mt CO₂-eq. Μεταξύ άλλων εκτιμάται ότι η Αναερόβια Χώνευση ζωικών αποβλήτων χοίρων (35% των ζώων το 2010 και 50% των ζώων το 2015 αντίστοιχα) μπορούν να συνεισφέρουν σε μείωση των αερίων του θερμοκηπίου κατά 60.000 t CO₂-eq το 2010 και 83.000 t CO₂-eq το 2015.

Σύμφωνα με στοιχεία του ΥΠΕΧΩΔΕ (εθνική απογραφή εκπομπών/απορροφήσεων αερίων του θερμοκηπίου του 2008), η συνολική ανάκτηση CH₄ από τους ΧΥΤΑ Αθηνών, Πάτρας, Θεσσαλονίκης και Λάρισας το 2006 εκτιμάται σε 53.800 kt (οι εκπομπές CH₄ από την ελεγχόμενη και μη διάθεση απορριμμάτων το 2006 ανήλθε σε 123.860 kt).

11.6 Προοπτικές

Ο ενεργειακός τομέας στην Ελλάδα αντιμετωπίζει τα τελευταία χρόνια σημαντικές αλλαγές λόγω των Ευρωπαϊκών και Εθνικών πολιτικών σε ό,τι αφορά στην ενέργεια και το περιβάλλον (π.χ. πλήρης απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας, προστασία του περιβάλλοντος). Η επίδραση και τα αποτελέσματα των πολιτικών αυτών δεν είναι ακόμη ορατά, ειδικότερα σε μεσο-μακροπρόθεσμο ορίζοντα (π.χ. τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας, ενεργειακό μείγμα). Ο λιγνίτης, η κύρια εγχώρια ενεργειακή πηγή της χώρας διαφαίνεται ότι θα συνεχίσει να παίζει κυρίαρχο ρόλο στο ενεργειακό μείγμα της Ελλάδας και για τα επόμενα χρόνια, αλλά η περαιτέρω διείσδυση των ΑΠΕ παραμένει επιτακτική.

Η προώθηση των ΑΠΕ στην Ελλάδα βασίζεται όχι μόνο στο σημαντικό της δυναμικό αλλά και στις προτεραιότητες της πολιτείας για ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ και μείωση των αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου. Αν και ακόμη και σήμερα ο κρατικός παρεμβατισμός στα θέματα της οικονομίας είναι σημαντικός, η πολιτική για το μέλλον είναι η μείωση του ρόλου του κράτους και η ανάπτυξη υποστηρικτικών μηχανισμών από την ίδια την αγορά.

Η υλοποίηση έργων βιοαερίου απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό, καθώς και να ληφθούν υπόψη όλοι οι τεχνολογικοί, κοινωνικοί (ενημέρωση εμπλεκομένων), περιβαλλοντικοί και οικονομικοί παράγοντες. Μερικές φορές είναι δύσκολο να αναπτυχθούν κάποια έργα λόγω της ιδιομορφίας των περιοχών και της διαθεσιμότητας της πρώτης ύλης. Στις περισσότερες όμως των περιπτώσεων τα μη τεχνολογικά εμπόδια αναφέρονται ως τα πιο σημαντικά για την υλοποίηση έργων βιοαερίου.

Αν και η κοινωνική πίεση, οι οικονομικές συνθήκες και η νομοθεσία έχουν βελτιώσει το πλαίσιο για την παραγωγή βιοαερίου, υπάρχουν ακόμη εμπόδια που πρέπει να ξεπεραστούν στην Ελλάδα, ειδικότερα σε ό,τι αφορά στην υλοποίηση μονάδων μικρής κλίμακας. Τα κύρια εμπόδια σχετίζονται με την κοινωνική στάση, ενημέρωση και εμπειρία (κυρίως σε έργα αγροτικά και βιομηχανικά), την απουσία αγοράς θερμικής ενέργειας, το υψηλό κόστος επένδυσης, τα χρηματοοικονομικά μεγέθη και τα κέρδη, καθώς και την αδειοδοτική διαδικασία.

Ο Νόμος 3468/2006, που είναι προσανατολισμένος στην προώθηση των ΑΠΕ, θέτει ένα νέο περιβάλλον στην ηλεκτροπαραγωγή και μεταξύ άλλων, απλοποιεί την αδειοδοτική διαδικασία των έργων, αυξάνει την εγγυημένη τιμή (με το νέο σύστημα ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ και συμπαραγωγή η τιμή για το βιοαέριο τέθηκε στα 73€/MWh για το έτος 2006 και 75,82€/MWh για το 2007) ενώ μειώνεται ο συνολικός χρόνος αδειοδότησης.

Παραρτήματα

Παράρτημα 1. Γλωσσάριο, μονάδες μετατροπής και συντομογραφίες

Γλωσσάριο

Αειφορία:	Μία κατάσταση του οικοσυστήματος στην οποία διατηρούνται κατά τη διάρκεια των ετών η βιοποικιλότητα, η ανανεωσιμότητα και η παραγωγικότητα των πόρων.
Αέρια φαινομένου του θερμοκηπίου (ΑΦΘ):	Αέρια που παγιδεύουν τη θερμότητα του ήλιου στη γήινη ατμόσφαιρα, δημιουργώντας το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Τα δύο κύρια αέρια του θερμοκηπίου είναι ο υδρατμός και το διοξείδιο του άνθρακα. Σ' αυτά περιλαμβάνονται ακόμα το μεθάνιο, το όζον, οι χλωροφλωράνθρακες και το οξείδιο του νατρίου.
Αεριοποίηση:	Η διεργασία στην οποία ένα στερεό καύσιμο μετατρέπεται σε ένα αέριο, επίσης γνωστή ως πυρολυτική απόσταξη ή πυρόλυση.
Αεριοστρόβιλος (συν. Στρόβιλος καύσης):	Ένας στρόβιλος που μετατρέπει την ενέργεια των θερμών συμπιεσμένων καυσαερίων (που παράγονται με την καύση του καυσίμου από συμπιεσμένο αέρα) σε μηχανική ισχύ. Τα χρησιμοποιούμενα καύσιμα είναι συνήθως φυσικό αέριο ή πετρέλαιο.
Αμμωνία:	Μια αερίωδης ένωση του υδρογόνου και του αζώτου, (NH_3), με έντονη μυρωδιά και γεύση.
Αναερόβια βακτήρια:	Μικροοργανισμοί που ζουν και αναπαράγονται σε ένα περιβάλλον που δεν περιέχει καθόλου «ελεύθερο» ή διαλυμένο οξυγόνο. Χρησιμοποιούνται για την αναερόβια χώνευση.
Αναερόβια χώνευση (συν. πέψη, ζύμωση):	Η μικροβιολογική διεργασία της αποσύνθεσης οργανικής ουσίας, σε συνθήκες πλήρους έλλειψης οξυγόνου, που πραγματοποιείται από τις συντονισμένες ενέργειες ενός φάσματος μικροοργανισμών. Η αναερόβια χώνευση (ΑΧ) έχει δύο κύρια τελικά προϊόντα: <i>βιοαέριο</i> (ένα αέριο που αποτελείται από ένα μείγμα μεθανίου, διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων και ιχνοστοιχείων) και <i>χωνεμένο υπόλειμμα</i> (το χωνευμένο υπόστρωμα). Η διεργασία της ΑΧ είναι κοινή σε πολλά φυσικά περιβάλλοντα και εφαρμόζεται σήμερα για να παραχθεί βιοαέριο σε αεροστεγείς αντιδραστήρες, που κοινώς ονομάζονται χωνευτές.
Ανανεώσιμη ενέργεια:	βλ. Βιοενέργεια.
Ανανεώσιμοι πόροι:	Φυσικά αναπληρούμενοι, αλλά περιορισμένης ροής ενεργειακοί πόροι. Είναι ουσιαστικά ανεξάντλητοι όσον αφορά στη «διάρκειά» τους, αλλά περιορισμένοι ως προς το ποσό ενέργειας που είναι διαθέσιμο

ανά μονάδα του χρόνου. Μερικοί (όπως η γεωθερμία και η βιομάζα) μπορεί να είναι περιορισμένης «αποθήκευσης», καθώς τα αποθέματα μειώνονται από τη χρήση, αλλά σε μια χρονική κλίμακα δεκαετίας, ή ίσως εκατονταετίας, μπορούν πιθανώς να ξανασηματιστούν. Οι ανανεώσιμοι ενεργειακοί πόροι περιλαμβάνουν: τη βιομάζα, την υδροενέργεια, τη γεωθερμία, την ηλιακή και την αιολική ενέργεια. Στο μέλλον θα μπορούσαν επίσης να περιλάβουν τη χρήση των τεχνολογιών εκμετάλλευσης της ωκεάνιας θερμικής βαθμίδας, καθώς και της δράσης των κυμάτων και των παλινροιών. Οι εφαρμογές των ανανεώσιμων πόρων σε κλίμακα επιχείρησης κοινής ωφέλειας περιλαμβάνουν τη μαζική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, την επιτόπια παραγωγή ηλεκτρισμού, τη διανεμημένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, την μη-συνδεδεμένη στο δίκτυο παραγωγή, και τις τεχνολογίες μείωσης της ζήτησης (ενεργειακή αποδοτικότητα).

Αποδοτικότητα της μεταφοράς
θερμότητας:

Ο λόγος της ωφέλιμης εκλύμενης θερμότητας προς την πραγματική θερμότητα που παράγεται στον φλογόθαλαμο.

Αποκλειστικές ενεργειακές
καλλιέργειες: (EEK)

Συγκομιδές που καλλιεργούνται ειδικά για την αξία τους ως καύσιμα. Αυτές περιλαμβάνουν βρώσιμες καλλιέργειες, όπως το καλαμπόκι και το ζαχαροκάλαμο, και μη βρώσιμες καλλιέργειες, όπως τις λεύκες και το switchgrass. Αυτή την περίοδο, βρίσκονται υπό ανάπτυξη δύο τύποι ενεργειακών καλλιεργειών: οι ξυλώδεις καλλιέργειες βραχείας εναλλαγής οι οποίες είναι ταχέως αναπτυσσόμενα δέντρα με σκληρό ξύλο που θερίζονται σε 5 έως 8 έτη, και οι ποώδεις ενεργειακές καλλιέργειες, όπως οι αιωνόβιες χλόες, οι οποίες θερίζονται ετησίως (μετά την παρέλευση 2 έως 3 ετών για να φθάσουν σε πλήρη παραγωγικότητα).

Απορροή:

Το υγρό ή αέριο που αποβάλλεται από μια διεργασία ή έναν χημικό αντιδραστήρα, και που συνήθως περιέχει χωνεμένα υπολείμματα από τη διεργασία.

Αστικά Στερεά Απόβλητα
(ΑΣΑ):

Όλα τα είδη των στερεών αποβλήτων που παράγονται από μία κοινότητα (νοικοκυριά και εμπορικοί οίκοι), τα οποία συνήθως συλλέγονται από οργανισμούς τοπικής αυτοδιοίκησης.

Βάση:

Παραδοσιακά θεωρείται οποιαδήποτε χημική ένωση που, όταν διαλύεται στο νερό, δίνει ένα διάλυμα με pH μεγαλύτερο από 7,0.

Βατ (W):

Μια πρότυπη μονάδα μέτρησης (σύστημα SI) για τον ρυθμό με τον οποίο καταναλώνεται η ενέργεια από κάποιον εξοπλισμό ή τον ρυθμό με τον οποίο η ενέργεια κινείται από μία θέση προς μία άλλη. Είναι επίσης η πρότυπη μονάδα μέτρησης για την ηλεκτρική ισχύ. Ο όρος “kW” αντιστοιχεί στα “kilowatt” ή 1.000 Watt. Ο όρος “MW” αντιστοιχεί στα “Megawatt” ή 1.000.000 Watt.

Βιοαέριο:	Ένα αέριο καύσιμο που προήλθε από την αποσύνθεση βιολογικών αποβλήτων υπό αναερόβιες συνθήκες. Το βιοαέριο αποτελείται συνήθως από 50-60% μεθάνιο.
Βιοαντιδραστήρας (συν. χωνευτής):	Συσκευή για τη βελτιστοποίηση της χώνευσης της βιομάζας ή/και της ζωικής κοπριάς, και ενδεχομένως για την ανάκτηση του βιοαερίου για παραγωγή ενέργειας.
Βιοενέργεια (συν. Ενέργεια βιομάζας):	Ανανεώσιμη ενέργεια παραγόμενη από οργανική ουσία. Αλλιώς, η μετατροπή των σύνθετων υδατανθράκων της οργανικής ουσίας σε ενέργεια. Η οργανική ουσία μπορεί είτε να χρησιμοποιηθεί άμεσα ως καύσιμο είτε να μετατραπεί σε υγρά και αέρια βιοκαύσιμα.
Βιολογική ζήτηση οξυγόνου (BOD):	Χημική διαδικασία για τον καθορισμό του πόσο γρήγορα οι βιολογικοί οργανισμοί χρησιμοποιούν το οξυγόνο μέσα σε ένα υδάτινο σώμα.
Βιοχημική μετατροπή:	Η χρήση της αναερόβιας ή αερόβιας χώνευσης για την παραγωγή καυσίμων και χημικών ουσιών από οργανικές πηγές.
Βολτ (V):	Μια μονάδα της ηλεκτρικής πίεσης καθώς μετράει τη δύναμη ή την ώθηση της ηλεκτρικής ενέργειας. Τα βολτ αντιπροσωπεύουν πίεση, αντίστοιχη της πίεσης του ύδατος σε έναν σωλήνα. Ένα βολτ είναι η μονάδα της ηλεκτρεγερτικής δύναμης ή της ηλεκτρικής πίεσης ανάλογης με την πίεση του ύδατος σε λίβρες ανά τετραγωνική ίντσα. Είναι η ηλεκτρεγερτική δύναμη που, εάν εφαρμοσθεί σταθερά σε ένα κύκλωμα που έχει μια αντίσταση ενός ohm, θα παράγει ένα ρεύμα έντασης ενός αμπερ.
Γιγαβάτ (GW):	Ένα μέτρο του ηλεκτρικού δυναμικού ίσο με 1 δισεκατομμύριο βάτ ή 1 εκατομμύριο κιλοβάτ.
Δυναμικότητα:	Η μέγιστη ισχύς που μπορεί να παράγει μία μηχανή ή ένα σύστημα με ασφάλεια. Η μέγιστη στιγμιαία παραγωγή ενός πόρου υπό καθορισμένες συνθήκες. Η δυναμικότητα του παραγωγικού εξοπλισμού εκφράζεται γενικά σε κιλοβάτ ή μεγαβάτ.
Εγκατάσταση/Μονάδα:	Μία διάταξη που περιέχει κινητήριες μηχανές, ηλεκτρογεννήτριες, και άλλο εξοπλισμό για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
Εγκατεστημένο δυναμικό:	Η συνολική δυναμικότητα των συσκευών ηλεκτροπαραγωγής σε έναν σταθμό ή ένα σύστημα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος.
Εκπομπές:	Καπνοί ή αέρια που βγαίνουν από τις καπνοδόχους και τις εξατμίσεις, διαρρέουν μέσα από τα εργοστάσια ή εισάγονται στην ατμόσφαιρα απευθείας από τις φλόγες των πετρελαιοπηγών, τις απορρίψεις των σκουπιδιών, τη σηπόμενη βλάστηση και τα αποσυντιθέμενα δέντρα, ή άλλες πηγές. Περιλαμβάνουν διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο και οξείδιο του νατρίου, τα οποία προκαλούν το μεγαλύτερο μέρος του παγκόσμιου φαινομένου του θερμοκηπίου.

Εναλλάκτης θερμότητας:	Μια συσκευή που κατασκευάζεται για την αποδοτική μεταφορά θερμότητας από ένα ρευστό σε ένα άλλο. Τα ρευστά είτε χωρίζονται από ένα στερεό τοίχωμα έτσι ώστε να μην αναμιγνύονται ποτέ, είτε έρχονται σε άμεση επαφή.
Ενεργειακή ισορροπία:	Ποσοτικοποιεί την ενέργεια που χρησιμοποιείται και που παράγεται κατά τη διεργασία.
Ζύμωση:	βλ. Αναερόβια Χώνευση.
Ηλεκτρικό δίκτυο:	Το σύστημα μεταφοράς και διανομής των εταιρειών ηλεκτρισμού κοινής ωφέλειας που συνδέει τις εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρισμού με τους πελάτες μέσω μιας γραμμής μεταφοράς υψηλής τάσης (110 kilovolt [kV] έως 765 kV), η πρωτεύουσα κάλυψη υψηλής τάσης για βιομηχανικές εφαρμογές και τα συστήματα κίνησης των τραμ και τρόλεϊ (23 kV - 138 kV), η πρωτεύουσα κάλυψη μέσης τάσης για εμπορικές και βιομηχανικές εφαρμογές (4 kV έως 35 kV) και η δευτερεύουσα κάλυψη για τους εμπορικούς και οικιακούς πελάτες (120 V έως 480 V). Η λέξη «δίκτυο» μπορεί επίσης να αναφέρεται στη διαμόρφωση ενός συστήματος διανομής αερίου σε μια πόλη ή κωμόπολη όπου οι σωλήνες τοποθετούνται και στις δύο κατευθύνσεις στις οδούς και συνδέονται στις διακλαδώσεις.
Θερμογόνος ικανότητα:	Η μέγιστη ποσότητα ενέργειας που είναι διαθέσιμη από την καύση μιας ουσίας.
Θερμότητα διεργασίας:	Η θερμότητα που χρησιμοποιείται σε μια βιομηχανική διεργασία αντί για τη θέρμανση χώρων ή άλλες εφαρμογές οικιακής οικονομίας.
Θερμόφιλη χώνευση:	Αναερόβια χώνευση που πραγματοποιείται βέλτιστα γύρω στους 50°-52°C, αλλά και σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες (μέχρι τους 70°C), όπου τα θερμοφιλά βακτηρίδια είναι οι κύριοι παρόντες μικροοργανισμοί.
Θρύμματα ξύλου:	Ξυλώδες υλικό που κόβεται σε κοντά, λεπτά τεμάχια. Τα θρύμματα ξύλου χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη για την πολτοποίηση και την κατασκευή μοριοσανίδων ή ως καύσιμο βιομάζας.
Ιπτάμενη τέφρα:	Μικρά σωματίδια τέφρας που μεταφέρονται μετέωρα στα προϊόντα της καύσης.
Ισοδύναμο CO ₂ :	Το ισοδύναμο CO ₂ είναι μια μονάδα που χρησιμοποιείται για την τυποποίηση των μετρήσεων. Για παράδειγμα, το μεθάνιο είναι ένα αέριο του θερμοκηπίου που είναι 21 φορές πιο ισχυρό από το διοξείδιο του άνθρακα στην πρόκληση του παγκοσμίου φαινομένου του θερμοκηπίου. Επομένως, ένας τόνος μεθανίου αντιστοιχεί σε 21 τόνους ισοδυναμού CO ₂ .
Βαρέλι ισοδύναμου πετρελαίου (boe):	Η ποσότητα ενέργειας που περιλαμβάνεται σε ένα βαρέλι ακατέργαστου πετρελαίου, δηλ. περίπου 6,1 GJ, που ισοδυναμεί με 1.700 kWh. Ένα «βαρέλι πετρελαίου» είναι ένα μέτρο υγρών ίσο με 42 γαλόνια ΗΠΑ (35 βρετανικά γαλόνια ή 159 λίτρα) – περίπου 7,2 βαρέλια είναι ισοδύναμα με έναν τόνο (μετρικό) πετρελαίου.

Ισοδύναμο πετρελαίου:	Ο τόνος ισοδύναμου πετρελαίου (toe) είναι μια μονάδα ενέργειας: το ποσό της ενέργειας που απελευθερώνεται με την καύση ενός τόνου ακατέργαστου πετρελαίου, περίπου 42 GJ.
Ισχύς:	Η ποσότητα του έργου που παράγεται ή της ενέργειας που μεταφέρεται ανά μονάδα χρόνου.
Καθαρή παραγωγή:	Η ακαθάριστη παραγωγή μείον την ενέργεια που καταναλώνεται στον σταθμό παραγωγής για τη λειτουργία του.
Κιλοβάτ (kW):	Ένα μέτρο της ηλεκτρικής ισχύος ίσο με 1.000 βατ. 1 Κιλοβάτ = 3.413 Btu/hr = 1,341 HP.
Κιλοβατώρα (kWh):	Η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη μονάδα μέτρησης που εκφράζει το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται με το χρόνο. Αντιστοιχεί σε ένα κιλοβάτ ηλεκτρικής ενέργειας που παρέχεται για μία ώρα.
Κιλοβόλτ (kV):	1.000 βολτ. Το ποσό της ηλεκτρικής ισχύος που μεταφέρεται από μια γραμμή μεταφοράς υψηλής τάσης μετριέται σε κιλοβόλτ.
Χωνεμένο υπόλειμμα: (συν. υπολείμματα AX, χωνεμένη βιομάζα, χωνεμένη υδαρής κοπριά)	Οι επεξεργασμένες χωνεμένες απορροές από τη διεργασία της AX.
Κυψέλη καυσίμου:	Μια συσκευή που μετατρέπει την ενέργεια ενός καυσίμου άμεσα σε ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα, χωρίς καύση.
Λυματολάσπη:	Βιο-στερεά που διαχωρίζονται από τα υγρά κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας. Μπορεί να περιέχουν μέχρι και 97% κατ' όγκο νερό.
Μεθάνιο (CH ₄):	Ένα εύφλεκτο, εκρηκτικό, άχρωμο, άοσμο, άγευστο αέριο που είναι ελαφρώς διαλυτό στο νερό και διαλυτό στην αλκοόλη και τον αιθέρα. Βράζει στους -161,6°C και παγώνει στους -182,5°C. Διαμορφώνεται στα έλη και τους βάλτους από την αποσύνθεση οργανικών ουσιών και κάτω από το έδαφος αποτελεί ένα σημαντικό αίτιο για πρόκληση έκρηξης. Το μεθάνιο είναι το κύριο συστατικό (μέχρι 97%) του φυσικού αερίου και χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για τα πετροχημικά και ως καύσιμο.
Μεσόφιλη χώνευση:	Πραγματοποιείται ιδανικά γύρω στους 37-41 °C ή σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος μεταξύ 20 και 45 °C, όπου τα μεσόφιλα βακτήρια είναι οι κύριοι παρόντες μικροοργανισμοί.
Μικρο-στρόβιλος:	Ένας μικρός στρόβιλος καύσης με δυναμικό παραγωγής από 25 έως 500 kW. Οι μικρο-στρόβιλοι αποτελούνται από έναν συμπιεστή, θάλαμο καύσης, στρόβιλο, μετασχηματιστή, εναλλάκτη, και μία γεννήτρια. Σε σχέση με άλλες τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής μικρής κλίμακας, οι μικρο-στρόβιλοι προσφέρουν διάφορα πλεονεκτήματα, μεταξύ των οποίων είναι ο μικρός αριθμός κινούμενων μερών, το συμπαγές

μέγεθος, το μικρό βάρος, η μεγαλύτερη αποδοτικότητα, οι χαμηλότερες εκπομπές, το χαμηλότερο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας, το δυναμικό τους για μαζική παραγωγή χαμηλού κόστους, και οι ευκαιρίες που παρέχουν για τη χρήση αποβλήτων καυσίμων.

Μίνι-δίκτυο:	Ένα ολοκληρωμένο τοπικό σύστημα παραγωγής, μεταφοράς και διανομής που εξυπηρετεί πολυάριθμους πελάτες.
Ολικά Στερεά (συν. Ξηρό στερεό):	Το υπόλειμμα που παραμένει όταν εξατμίζεται το νερό από το υπόλειμμα κατά την ξήρανσή του με τη βοήθεια θερμότητας.
Οξύ:	Παραδοσιακά θεωρείται οποιαδήποτε χημική ένωση που, όταν διαλύεται στο νερό, δίνει ένα διάλυμα με pH λιγότερο από 7,0.
Ορυκτά καύσιμα:	Στερεά, υγρά ή αέρια καύσιμα που διαμορφώνονται στο έδαφος μετά από εκατομμύρια έτη λόγω των χημικών και φυσικών αλλαγών που υφίστανται τα υπολείμματα φυτών και ζώων κάτω από υψηλή θερμοκρασία και πίεση. Το ακατέργαστο πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και ο άνθρακας είναι ορυκτά καύσιμα.
pH:	Μια έκφραση της έντασης του αλκαλικού ή όξινου σθένους του ύδατος. Οι τιμές του κυμαίνονται από 0-14, όπου το 0 αντιστοιχεί στο πιο όξινο, το 14 στο περισσότερο αλκαλικό, και το 7 στο ουδέτερο.
Παγκόσμια θέρμανση:	Η βαθμιαία θέρμανση της γήινης ατμόσφαιρας που, σύμφωνα με τα υπάρχοντα στοιχεία, προκαλείται από την καύση των ορυκτών καυσίμων και τους βιομηχανικούς ρυπαντές.
Πίεση λειτουργίας:	Η πίεση του συστήματος του αέριου ή του χωνευτή κατά την κανονική λειτουργία.
Πιλοτική κλίμακα:	Το μέγεθος ενός συστήματος μεταξύ του μεγέθους ενός μικρού εργαστηριακού προτύπου (υπό έκθεμα κλίμακα) και ενός συστήματος σε πλήρες μέγεθος.
Πράσινα Πιστοποιητικά (συν. Πιστοποιητικά Ανανεώσιμης Ενέργειας - ΠΑΕ):	Πιστοποιητικό που αποδεικνύει ότι συγκεκριμένη ποσότητα ηλεκτρισμού παράγεται χρησιμοποιώντας ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Τυπικά, ένα πιστοποιητικό αντιπροσωπεύει την παραγωγή 1 MWh (μεγαβατώρα) ηλεκτρικής ενέργειας.
Πρώτη ύλη βιομάζας:	Οργανική ουσία διαθέσιμη σε ανανεώσιμη βάση. Η βιομάζα περιλαμβάνει τα υπολείμματα δασών και πριονιστηρίων, τις γεωργοκτηνοτροφικές συκομιδές και απόβλητα, το ξύλο και τα ξυλώδη απόβλητα, τα ζωικά απόβλητα, τα υπολείμματα της λειτουργίας εκτροφείων ζώων, τα υδρόβια φυτά, τα ταχέως αναπτυσσόμενα δέντρα και φυτά και τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα.

Πρώτη ύλη:	Οποιοδήποτε υλικό που μετατρέπεται σε μια άλλη μορφή ή προϊόν.
Πτητικά λιπαρά οξέα (VFA):	Αυτά είναι οξέα που παράγονται από μικρόβια που υπάρχουν στη χορτονομή από τα σάκχαρα και άλλες πηγές υδατανθράκων. Εξ ορισμού είναι πτητικά, το οποίο σημαίνει ότι εξαερώνονται, ανάλογα με τη θερμοκρασία. Αποτελούν το πρώτο προϊόν της αναερόβιας χώνευσης πριν από τη δημιουργία του μεθανίου.
Πτητικά στερεά (VS):	Εκείνα τα στερεά που υφίστανται στο νερό ή σε άλλα υγρά και χάνονται με την ανάφλεξη των ξηρών στερεών στους 550°C.
Στρόβιλος:	Μια μηχανή για τη μετατροπή της θερμικής ενέργειας του ατμού ή ενός αέριου υψηλής θερμοκρασίας σε μηχανική ενέργεια. Σε έναν στρόβιλο, διέρχεται μέσω των διαδοχικών σειρών ακτινικών πτερυγίων που είναι στερεωμένα σε ένα κεντρικό άξονα μια ροή υψηλής ταχύτητας του ατμού ή αερίου.
Κεντρική Αναερόβια Χώνευση (ΣΑΧ):	Παροχή κοπριάς ζώων από διάφορες κτηνοτροφικές μονάδες σε κεντρικά τοποθετημένη μονάδα βιοαερίου, για να ομοχωνευθεί με άλλη κατάλληλη πρώτη ύλη.
Συμπαγωγή:	βλ. Συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ)
Συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) (συν. Συμπαγωγή):	Η διαδοχική παραγωγή ηλεκτρισμού και ωφέλιμης θερμικής ενέργειας από μια κοινή πηγή καυσίμου. Η απορριπτόμενη από τις βιομηχανικές διεργασίες θερμότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να τροφοδοτήσει μια ηλεκτρογεννήτρια (σύστημα κάτω κύκλου). Αντιθέτως, η πλεονάζουσα θερμότητα από μία εγκατάσταση ηλεκτροπαραγωγής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για βιομηχανικές διεργασίες, ή για τη θέρμανση χώρων και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (σύστημα άνω κύκλου).
Σύστημα δικτύου:	Μια διαρρύθμιση ηλεκτροφόρων καλωδίων που συνδέουν τις εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρισμού και τους καταναλωτές σε μια μεγάλη περιοχή.
Τζάουλ (J):	Μετρική μονάδα της ενέργειας, ισοδύναμη με το έργο που παράγεται από μία δύναμη ενός Newton που εφαρμόζεται σε μια απόσταση ενός μέτρου ($= 1 \text{ kg m}^2/\text{s}^2$). Ένα Τζάουλ (J) = 0,239 θερμίδες (1 θερμίδα = 4,187 J).
Τροφοδοσία κατά παρτίδες:	Μία διεργασία κατά την οποία γεμίζεται ο αντιδραστήρας με πρώτη ύλη σε διακριτές ποσότητες, αντί για συνεχώς.
Υπόστρωμα:	βλ. πρώτη ύλη βιομάζας.
Φαινόμενο θερμοκηπίου:	Η επίδραση ορισμένων αερίων στη γήινη ατμόσφαιρα όσον αφορά στην παγίδευση θερμότητας από τον ήλιο.

Φωτοσύνθεση:	Διεργασία μέσω της οποίας τα κύτταρα που περιέχουν χλωροφύλλη στα πράσινα φυτά μετατρέπουν το προσπίπτον φως σε χημική ενέργεια, συλλαμβάνοντας διοξείδιο του άνθρακα υπό τη μορφή υδατανθράκων.
Χώνευση:	βλ. Αναερόβια Χώνευση

Μονάδες μετατροπής

Kilowatt (kW)	= 1 000 Watts
Megawatt (MW)	= 1 000 kW
Gigawatt (GW)	= 1 million kW
Terawatt (TW)	= 1 thousand million kW
1 Joule (J)	= 1 Watt second = 278×10^{-6} Wh
1Wh	= 3 600 J
1 cal	= 4,18 J
1 British Thermal Unit (BTU)	= 1 055 J
1 cubic meter (m ³)	= 1 000 liter (L)
1 bar	= 100 000 pascal (Pa)
1 millibar	= 100 Pa
1 psi	= 6894,76 Pa
1 torr	= 133,32 Pa
1 millimeter mercury (0°C)	= 133,32 Pa
1 hectopascal (hPa)	= 100 Pa

Συντομογραφίες

AX	- Αναερόβια Χώνευση
BOD	- Βιολογικά απαιτούμενο οξυγόνο (Biological Oxygen Demand)
ΣΗΘ	- Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας
Λόγος C:N	- Λόγος Άνθρακα προς Άζωτο
COD	- Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand)
ΕΠΕΚ	- Ειδικού Προορισμού Ενεργειακές Καλλιέργειες
ΞΟ	- Ξηρά Ουσία
FF	- Φρέσκια Πρώτη Ύλη (Fresh Feedstock)
ΑΦΘ	- Αέρια Φαινομένου του Θερμοκηπίου
ΥΧΠ	- Υδραυλικός Χρόνος Παραμονής
ΕΕΧΠ	- Ελάχιστος Εγγυημένος Χρόνος Παραμονής
kWh	- Κιλοβατώρα
kWh _{el}	- Ηλεκτρική κιλοβατώρα
ΟΞΟ	- Οργανικό μέρος της Ξηρής Ουσίας (DM = Dry Matter)
ppm	- Μέρη στο εκατομύριο (1ppm = 0,0001%)
ΕΑ&Ε	- Έρευνα, Ανάπτυξη και Επίδειξη
TLV	- Οριακή Τιμή Βάσης (Threshold Limit Value)
TS	- Ολικά Στερεά (Total Solids)
VFA	- Πτητικά Λιπαρά Οξέα (Volatile Fatty Acids)
VS	- Πτητικά Στερεά (Volatile Solids)
N-P	- Άζωτο σε Φώσφορο
NPK	- Άζωτο, Φώσφορος και Κάλιο

Παράρτημα 2. Βιβλιογραφία

Agapitidis I. and Zafiris C. (2006). ‘Energy Exploitation of Biogas: European and National perspectives’. 2nd International Conference of the Hellenic Solid Waste Management Association.

Al Seadi, T. (2001). Good practice in quality management of AD residues from biogas production. Report made for the International Energy Agency, Task 24- Energy from Biological Conversion of Organic Waste. Published by IEA Bioenergy and AEA Technology Environment, Oxfordshire, United Kingdom, 2001.

Al Seadi, T.; Holm Nielsen J. (2004). Utilisation of waste from food and agriculture: Solid waste: Assesment, Monitoring and Remediation; Waste management series 4; ELSEVIER; ISBN 0080443214, 735-754.

Al Seadi, T.; Moeller H., B. (2003). Separation of slurry - A potential option for the animal production sector. Proceedings report of European Biogas Workshop “The Future of Biogas in Europe III”, October 2-4, Esbjerg, Denmark.

Amon, T.; et al. (2006). Optimierung der Methanerzeugung aus Energiepflanzen mit dem Methanenergiewertsystem Published by Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien, Austria.

Amon, T.; Kryvoruchko, V.; Amon, B.; Moitzi, G.; Buga, S.; Lyson, D. F.; Hackl, E.; Jeremic, D.; Zollitsch, W.; Pötsch, E. (2003). Optimierung der Biogaserzeugung aus den Energiepflanzen Mais und Klee gras. Published by Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, Wien, Austria.

Amon, T.; Kryvoruchko, V.; Amon, B.; Schreiner, M. (2004). Untersuchungen zur Wirkung von Rohglycerin aus der Biovtriζελerzeugung als leistungssteigerndes Zusatzmittel zur Biogaserzeugung aus Silomais, Körnermais, Rapspresskuchen und Schweinegülle. Published by Südsteirische Energie- und Eiweiζerzeugung Reg.Gen.m.b.H., Mureck, Austria.

Amon, T.; Machmüller, A.; Kryvoruchko, V.; Milovanovic, D.; Hrbek, R.; Eder, M. W.; Stürmer, B. (2007). Optimierung der Methanausbeute aus Zuckerrüben, Silomais, Körnermais, Sonnenblumen, Ackerfutter, Getreide, Wirtschaftsdünger und Rohglyzerin unter den Standortbedingungen der Steiermark. Published by Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft in collaboration with Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Wien, Graz, Austria.

Angelidaki, I. et al. (2004). Environmental Biotechnology. AD – Biogas Production. Environment & Resources DTU, Technical University of Denmark.

ASPO-Association for the study of the peak oil (2008). <http://www.peakoil.net/>

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (STMUGV) (2004). Biogashandbuch Bayern. - www.ustmugv.bayern.de

Bendixen, H.J. et al. (1995). Smitsstofreduktion i biomasse. Landbrug og Fiskeriministeriet. Veterinærdirektoratet.

Birkmose, T. (2002). Centralised Biogas Plants. Landscentret, Planteavl. ISBN 87 7470 829 5.

Boukis I., K. Sioulas, A. Chatziathanassiou, A. Kakaniaris and D. Mavrogiorgos (2002). Development of networking and synergies for Anaerobic Digestion energy schemes based on agro-industrial wastes in Southern Europe. The citrus-processing industries case study. “Energy Efficiency and Agricultural Engineering” Proceedings of the Union of Scientists, Rousse-Bulgaria 2002, Volume I, 255-263. In English.

Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (2007). Technische Grundlage für die Beurteilung von Biogasanlagen. Published by Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Wien, Austria.

Chatziathanassiou A., K. Sioulas, D. Mavrogiorgou, A. Veneti and I. Boukis (2002). Stakeholders’ perceptions for Anaerobic Digestion Energy Schemes in Greece. 12th European Conference and Technology Exhibition on biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 17-21 June 2002, Amsterdam, The Netherlands. In English.

Environmental Protection Agency; An Gníomhaireacht um Chaomhnú Comhshaoil. (2002). P.O. Box 3000, Johnstown Castle Estate, County Wexford, Ireland. ISBN: 1- 84095-083-8

European Parliament (2002). Regulation (EC) no 1774/2002 of the European Parliament and of the Council of 3 October 2002 laying down health rules concerning animal by-products not intended for human consumption.

FNR (2006). Handreichung Biogasgewinnung und – Nutzung. – 3. überarbeitete Auflage; Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe edt.; Germany; ISBN 3-00-014333-5

Hansen, M.N.; Birkmose, T.; Mortensen, B.; Skaaning, K. (2004). Miljøeffekter af bioforgasning og separering af gylle. Grøn Viden, Markbrug nr. 296.

Hjort-Gregersen, K. (1998). Danish Farm Scale Biogas Concepts- at the point of commercial break trough. Danish Institute of Agricultural and Fisheries Economics. Proceedings of the International Conference Würzburg, Germany: Biomass for Energy and Industry, 8-11 June 1998, p 641-643.

Hornbachner, D.; Hutter, G.; Moor, D. (2005). Biogas-Netzeinspeisung – Rechtliche, wirtschaftliche und technische Voraussetzungen in Österreich. Published by Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien, Austria.

Ivan Simeonov, Dencho Denchev and Bayko Baykov (2006). “Development of new technologies for production of heat and electric power from organic wastes for increasing the economic efficiency of the final products”, Advances in Bulgarian Science, № 1, 15-24.

Jäkel K. (2002). Landwirtschaftliche Biogaserzeugung und – verwertung – Managementunterlage; Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Germany.

Jönsson, O. et al. (2001). Adding gas from biomass to the gas grid. Swedish Gas Center Report SGC 118.ISSN 1102-7371.

Kirchmeyr, F.; Kraus, J. (2005). Mit Biogas in das Erdgasnetz – Erste ö. Biogasaufbereitungs- und Einspeisungsanlage in Pucking. Published by ARGE Kompost & Biogas Österreich in collaboration with erdgas OÖ, Linz, Austria.

Krachler, M. M.; Dissemond, H.; Walla, C. (2003). BIOGAS - eine ökologische, volks- und betriebswirtschaftliche Analyse. Published by NÖ Landesakademie Bereich Umwelt und Energie, St. Pölten, Austria.

LandesEnergieVerein Steiermark (2003). Bauherrnmappe Biogas, Published by LandesEnergieVerein Steiermark, Graz, Austria.

LfU (2007). Biogashandbuch Bayern - Materialband. - Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg, Germany.

<http://www.lfu.bayern.de/abfall/fachinformationen/biogashandbuch/index.htm>

Metcalf and Eddy, Inc. (1979). Wastewater Engineering: Collection, Treatment, Disposal, McGraw-Hill, New York.

Meynell, P.J. (1976). Methane, Planning a Digester. Prism Press, Dorset, England.

Moller, H.et al. (2004). Methane productivity of manure, straw and solid fractions of manure. Biomass & Bioenergy 26, pp 485-495.

Nordberg, Å. (1999). EU and National Legislation of Relevance to Anaerobic Digestion.

Padinger, R. et al. (2006). Biogas Pilotanlage - Teilprojekt 1 - Stoffstromanalyse im Rahmen großtechnischer Versuche sowie quantitative und qualitative Bewertung der Einsatzstoffe. Published by Joanneum Research - Institut für Energieforschung, Graz, Austria.

Persson, M. (2007). Biogas-a renewablefuel for the transport sector for the present and the future. SGC, www.sgc.se.

Petz, W. (2000). Auswirkungen von Biogasgülledüngung auf Bodenfauna und einige Bodeneigenschaften. Published by Amt der Oberösterreichischen Landesregierung Landesrat für Wasserwirtschaft Dr. Achatz, Hallwang, Austria.

Preißler,D. et al. (2007). Anaerobic digestion of energy crops without manure addition. 35. Symposium "Actual Tasks of an Agricultural Engineering", Opatija, Croatia, S. 363-370.

Rutz D., Janssen R., Epp C., Helm P., Grmek M., Agrinz G., Prassl H., Sioulas K., Dzene I., Ivanov I., Dimitrova D., Georgiev K., Kulisic B., Finsterwalder T., Köttner M., Volk S., Kolev N., Garvanska S., Ofiteru A., Adamescu M., Bodescu F., Al Seadi T. (2008). The Biogas Market in Southern and Eastern Europe: Promoting Biogas by Non-technical Activities. - Proceedings of the 16th European Biomass Conference and Exhibition; Valencia, Spain; ISBN 978-88-89407-58-1

Sioulas K., D. Mavrogiorgou and A. Chatziathanassiou (2003). An assessment of social and environmental impacts and benefits associated with the development of the AnDigNet project in the 2nd International Conference on Ecological Protection of the Planet Earth, 5-8 June 2003, Sofia, Bulgaria.

Sioulas K, I. Boukis et.al. (1999). "Establishment of a network of competent partners for the treatment and energy valorisation, by means of Anaerobic Digestion of the residues generated by the citrus-processing industries (AnDigNet)" IPS-1999-00042, Final Report.

Stoyanov, M., B. Baykov, A. Danev (1996). “Development of Technological regimes for Producing Biogas from Buffalo Dung”, Bulgarian Journal of Agricultural Sciences, 2, 1996, 121 – 123;

Thrän D., Seiffert M., Müller-Langer F., Plättner A., Vogel A. (2007). Möglichkeiten einer Europäischen Einspeisungsstrategie. – Institut für Energie und Umwelt, Leipzig, Germany.

Wolfsgruber, S.; Löffler, G.; Gross, R. (2005). ENERGIE AUS BIOGAS - Leitfaden für landwirtschaftliche Biogasanlagen. Published by Umwelt.Service.Salzburg in collaboration with Land Salzburg, Salzburg, Austria.

Παράρτημα 3. Σχετική Ελληνική Νομοθεσία

► Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) 22912/1117/2005, ΦΕΚ 759/Β/2005

Η εν λόγω ΚΥΑ καθορίζει μέτρα και όρους για την πρόληψη και τον περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος από την αποτέφρωση των αποβλήτων. Με την ΚΥΑ αυτή μεταφέρεται στο εθνικό δίκαιο η Οδηγία 2000/76/ΕΚ για την αποτέφρωση των αποβλήτων.

► Νόμος 3468/2006, ΦΕΚ 129/Α/2006

Ο Νόμος 3468/2006 «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις» θέτει ένα νέο περιβάλλον στην ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ. Ο νόμος αυτός, μεταξύ άλλων:

- α) θέτει νέες διοικητικές διαδικασίες για την προώθηση των ΑΠΕ και απλουστεύει την αδειοδότηση,
- β) θεσπίζει ένα νέο σύστημα τιμολόγησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ και
- γ) αποσκοπεί στο να διαδραματίσει έναν κύριο ρόλο προς τον εθνικό στόχο για 20,1% της παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ μέχρι το 2010 και 29%, μέχρι το 2020.

Με το Νόμο αυτό η Οδηγία 2001/77/ΕΚ για την προαγωγή της ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ μεταφέρεται στο εθνικό δίκαιο.

Μία σειρά από Υπουργικές Αποφάσεις ακολούθησαν το Νόμο 3468/06 όπως οι Δ6/Φ1/21691/2006, Δ6/Φ1/5757, Δ5/Φ1/25968, Δ5/Φ1/13303, ΥΑ Δ6/Φ1/οικ.18359/2006 «Τύπος και περιεχόμενο συμβάσεων αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας στο Σύστημα και το Διασυνδεδεμένο Δίκτυο σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 12 παρ. 3 του ν. 3468/2006» (ΦΕΚ 1442/Β/06), Υπουργική Απόφαση (Υ.Α.) Δ6/Φ1/οικ.5707 «Κανονισμός Αδειών Παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και μέσω Συμπαράγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης» (ΦΕΚ 448/Β/07), Υπουργική Απόφαση Δ6/Φ1/οικ.1725 «Καθορισμός τύπου και περιεχομένου συμβάσεων πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται με χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας...» (ΦΕΚ 148/Β/07).

► Νόμος 3661/2008, ΦΕΚ 89/Α/2008

Ο Νόμος 3661/2008 αφορά στα μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και εκδόθηκε στις 19 Μαΐου 2008. Ο Νόμος εναρμονίζει στην ελληνική νομοθεσία την Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2002 «Για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων».

► Νόμος 3423/2005, ΦΕΚ 304/Α/2005

Ο Νόμος 3423/2005 «Εισαγωγή στην Ελληνική Αγορά των Βιοκαυσίμων και των Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων» αποσκοπεί στην προώθηση των βιοκαυσίμων και των άλλων ανανεώσιμων καυσίμων και εναρμονίζει στην ελληνική νομοθεσία την Οδηγία 2003/30/ΕΚ. Ο Νόμος αποτελεί προσθήκη και αντικαθιστά άρθρα του νόμου 3054/2002 «Οργάνωση της αγοράς πετρελαιοειδών και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 230/Α/02).

► Νόμος 3428/2005, ΦΕΚ 313/Α/2005

Ο Νόμος 3428/2005 «Απελευθέρωση Αγοράς Φυσικού Αερίου» ρυθμίζει το καθεστώς λειτουργίας της αγοράς φυσικού αερίου στην Ελλάδα. Συγκεκριμένα σύμφωνα με το άρθρο 39:

«Η χρήση Συστημάτων Φυσικού Αερίου κατά τις διατάξεις του νόμου αυτού επιτρέπεται και για τη διακίνηση βιοαερίου, αερίου που παράγεται από Βιομάζα και άλλων τύπων αερίων, εφόσον αυτή είναι δυνατή, από τεχνική άποψη και πληρούνται οι προδιαγραφές ασφάλειας,

αφού ληφθούν υπόψη οι απαιτήσεις ποιότητας και τα χημικά χαρακτηριστικά των αερίων αυτών».

Ο νόμος μεταφέρει στο εθνικό δίκαιο την Οδηγία 2003/55/ΕΚ.

► **ΚΥΑ Η.Π. 54409/2632/2004, ΦΕΚ 1931/Β/2004**

Η με αριθμ. Η.Π.54409/2632/2004 ΚΥΑ Σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2003/87/ΕΚ «σχετικά με τη θέσπιση συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου εντός της Κοινότητας και την τροποποίηση της οδηγίας 96/61/ΕΚ του Συμβουλίου» του Συμβουλίου της 13ης Οκτωβρίου 2003 και άλλες διατάξεις θέτει τις βάσεις για την εφαρμογή του Συστήματος Εμπορίας Εκπομπών στην Ελλάδα. Η Υ.Α. Η.Π. 9267/468/2007 τροποποιεί την ΚΥΑ 54409/2632/2004 και αναφέρεται στους μηχανισμούς έργων του Πρωτοκόλλου του Κιότο σύμφωνα με την Οδηγία 2004/101/ΕΚ.

► **ΚΥΑ 50910/2727/2003, ΦΕΚ 1909/Β/2003**

Η ΚΥΑ Η.Π. 50910/2727/2003, «Μέτρα και Όροι για τη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων, Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης» αποτελείται από τους ακόλουθους βασικούς άξονες:

- Προσαρμογή και έγκριση του Εθνικού Σχεδίου Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΕΣΔΑ), έτσι ώστε να ενσωματώσει τις βασικές αρχές, τους στόχους, τις πολιτικές και τις δράσεις για την ορθολογική διαχείριση των στερεών αποβλήτων,
- Κατάρτιση Περιφερειακού Σχεδίου Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ).

Η ΚΥΑ Η.Π. 50910/2727/2003 καταργεί την ΚΥΑ 113944/97 «εθνικός σχεδιασμός διαχείρισης στερεών αποβλήτων (Γενικές κατευθύνσεις της πολιτικής διαχείρισης των στερεών αποβλήτων)» (ΦΕΚ 1016/Β/97)» η οποία τροποποιήθηκε με την ΚΥΑ 14312/1302/00 (ΦΕΚ 723/Β/00).

► **ΚΥΑ 80568/4225/91, ΦΕΚ 641/Β/1991**

Η ΚΥΑ 80568/4225/1991 μεταφέρει στο εθνικό δίκαιο την Οδηγία 86/278/ΕΟΚ. Η απόφαση σχετίζεται με τις μεθόδους, τους όρους και τους περιορισμούς για τη χρησιμοποίηση στη γεωργία της ιλύος που προέρχεται από επεξεργασία οικιακών & αστικών λυμάτων.

► **ΚΥΑ 16190/1335/97, ΦΕΚ 519/Β/1997**

Η ΚΥΑ 16190/1335/97 «Μέτρα και όροι για την προστασία των νερών από τη νιτρορρύπανση γεωργικής προέλευσης» μεταφέρει την Οδηγία 91/676/ΕΚ στο εθνικό δίκαιο.

► **Νόμος 3010/2002, ΦΕΚ 91/Α/2002**

Ο Νόμος 3010/2002 «Εναρμόνιση του ν. 1650/86 με τις οδηγίες 97/11/ΕΕ και 96/61/ΕΕ, διαδικασία οριοθέτησης και ρυθμίσεις θεμάτων για τα υδατορέματα και άλλες διατάξεις» εναρμονίζει τον βασικό νόμο για το περιβάλλον με την ευρωπαϊκή νομοθεσία. Με το νόμο 3010/2002 και τις ΚΥΑ 15393/2332/2002, ΥΑ 25535/3281/2002, ΚΥΑ 11014/703/104/2003, ΚΥΑ 37111/2021/2003 ΚΥΑ 13727/724/2003, ΚΥΑ 19500/2004, ΚΥΑ 104247/2006 & 104248/2006 η περιβαλλοντική αδειοδοτική διαδικασία επικαιροποιήθηκε.

► **ΚΥΑ 29407/3508/2002, ΦΕΚ 1572/Β/2002**

Η ΚΥΑ 29407/3508/2002 σχετικά με τα μέτρα και τους όρους για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων εναρμονίζει το εθνικό δίκαιο με την Οδηγία 1999/31/ΕΚ.

► **Νόμος 3336/2005, ΦΕΚ 96/Α/2005**

Μεταφορά της Οδηγίας 2003/96/ΕΚ στο εθνικό δίκαιο για την επιβολή ειδικού φόρου κατανάλωσης στα ενεργειακά προϊόντα και την ηλεκτρική ενέργεια.

► **ΠΔ 211/2006, ΦΕΚ 211/Α/2006**

Το ΠΔ 211/2006 θέτει συμπληρωματικά μέτρα για την εκτέλεση του Κανονισμού 1774/2002/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 3ης Οκτωβρίου 2002 για τον καθορισμό υγιεινοοικονομικών κανόνων σχετικά με τα ζωικά υποπροϊόντα που δεν προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο.

► **Υπουργική Απόφαση (Υ.Α.) Δ1/1227/2007, ΦΕΚ 135/Β/2007**

Η Υπουργική Απόφαση Δ1/1227/2007 «Καθορισμός διαδικασίας σύνταξης, περιεχομένου και όρων των συμβάσεων για την άσκηση του δικαιώματος πρόσβασης και για τη χρήση του Εθνικού Συστήματος Φυσικού αερίου», καθορίζει την διαδικασία σύνταξης, το περιεχόμενο και τους όρους των Συμβάσεων Μεταφοράς Φυσικού Αερίου που συνάπτονται για την άσκηση του δικαιώματος πρόσβασης και τη χρήση του Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου (ΕΣΦΑ) και ειδικότερα το τμήμα του ΕΣΦΑ που αποτελεί το Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς Φυσικού Αερίου (ΕΣΜΦΑ).

► **ΥΑ 125347/568/2004, ΦΕΚ 142/Β/2004**

Η Υπουργική Απόφαση 125347/568/2004 σχετικά με τους «Κώδικες Ορθής Γεωργικής Πρακτικής» τροποποιήθηκε από την ΚΥΑ 140920 (ΦΕΚ 1710/Β/05).

► **ΥΑ 29457/1511/2005, ΦΕΚ 992/Β/2005**

Η ΥΑ αυτή αφορά στις εκπομπές στην ατμόσφαιρα από ορισμένες μεγάλες εγκαταστάσεις καύσης. Ειδικά, για τις μεγάλες εγκαταστάσεις καύσης, δηλαδή, εκείνες με ονομαστική θερμική ισχύ μεγαλύτερη από 50 MW, τα όρια εκπομπών και οι λοιπές διατάξεις της ΥΑ 29457/1511/2005 είναι σύμφωνες με την Οδηγία 88/609/ΕΚ και ισχύουν και για τις εγκαταστάσεις βιομάζας, καθώς και σε οποιοδήποτε άλλο είδος εγκατάστασης. Αυτή η ΥΑ αντικατέστησε τις Υ.Α. 76802/1033/96 (ΦΕΚ 596/Β/96) και 58751/2370/93 (ΦΕΚ 264/Β/93).

► **Νόμος 2939/2001, ΦΕΚ 179/Α/2001**

Το αντικείμενο του Νόμου 2939 «Συσκευασίες και εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και Άλλων Προϊόντων - Ίδρυση Εθνικού Οργανισμού Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και άλλων προϊόντων (ΕΟΕΔΣΑΠ) και άλλες διατάξεις» είναι η ρύθμιση της διαχείρισης των συσκευασιών και άλλων προϊόντων με στόχο την επαναχρησιμοποίηση ή την αξιοποίηση των αποβλήτων τους. Ο νόμος αυτός αποτελεί το γενικό νομικό πλαίσιο για την εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων κατηγοριών αποβλήτων. Σχετικά είναι τα Π.Δ. 82/2004 (ορυκτέλαια), 109/2004 (ελαστικά), 115/2004 (μπαταρίες), 116/2004 (οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους), 117/2004 και 15/2006 (απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού). Οι ΥΑ 106453/2003 (ΦΕΚ 391/Β/03) και 105857/2003 (ΦΕΚ 391/Β/03) ενέκριναν την λειτουργία δύο συλλογικών συστημάτων Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών. Ο νόμος τροποποιήθηκε από την Υ.Α. 9268/469/07 (ΦΕΚ 286/Β/07) με την οποία τροποποιήθηκαν οι ποσοτικοί στόχοι για την ανάκτηση και ανακύκλωση των αποβλήτων.

► **ΠΔ 33/2007, ΦΕΚ 31/Α/2007**

Το παρών Προεδρικό Διάταγμα ρυθμίζει τη λειτουργία της ανώνυμης εταιρίας με την επωνυμία «Διαχειριστής Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου Α.Ε.».

► **ΚΥΑ 5673/400/97, ΦΕΚ 192/Β/97**

Η εν λόγω ΚΥΑ καθορίζει τα μέτρα και τις προδιαγραφές για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων και εναρμονίζει το εθνικό δίκαιο με την Οδηγία 91/271/ΕΚ. Η ΚΥΑ συμπληρώθηκε αργότερα με τος ΥΑ 19661/1982/99 (ΦΕΚ 1811/Β/99) και 48392/939/02 (ΦΕΚ 405/Β/02). Η οδηγία 91/271/ΕΚ περιλαμβάνει διατάξεις για τη συλλογή και επεξεργασία των λυμάτων και έχει ορισμένες απαιτήσεις για τη συνεχή παρακολούθηση της ποιότητας των τελικών εκροών.

► Υγειονομική Διάταξη Υ1β/2000/1995, ΦΕΚ 343/Β/1995

Η Υγειονομική αυτή Διάταξη αναφέρεται στην ίδρυση και λειτουργία πτηνο-κτηνοτροφικών εγκαταστάσεων. Μεταξύ των άλλων διατάξεων το άρθρο 2 αναφέρεται στην απόσταση από άλλες εγκαταστάσεις και το άρθρο 7 στην διαχείριση των αποβλήτων.

► ΚΥΑ 49541/1424/1986, ΦΕΚ 444/Β/1986

Η ΚΥΑ 49541/1424/86 (“στερεά απόβλητα σε συμμόρφωση με την Οδηγία 75/442/ΕΟΚ...”) μεταξύ άλλων δίνει ορισμούς (π.χ. «στερεά απόβλητα», «διαχείριση στερεών αποβλήτων», «διάθεση στερεών αποβλήτων» κλπ.), δίνει το εθνικό πλαίσιο πολιτικής για τα απόβλητα, τις βασικές αρχές για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων και περιγράφει για πρώτη φορά την ανάγκη για σχέδια διαχείρισης και τις αναγκαίες διαδικασίες. Η ΚΥΑ 4951/1424/1986 μετέφερε την Οδηγία 75/442/ΕΚ για τα στερεά απόβλητα στο εθνικό δίκαιο και καταργήθηκε από την ΥΑ οικ. 69728/824/96 (358/Β/17.5.96) «Μέτρα και όροι για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων»

► ΚΥΑ 114218/1997, ΦΕΚ 1016/Β/1997

Η Υ.Α. οικ. 114218/1997 - Κατάρτιση πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων καθορίζει τα κριτήρια για την επιλογή των χώρων υγειονομικής ταφής, τις εγκαταστάσεις μηχανικής διαλογής και κομποστοποίησης και παρέχει το πλαίσιο των προδιαγραφών για τις μεθόδους επεξεργασίας των αποβλήτων.

► ΚΥΑ 13588/725/2006, ΦΕΚ 383/Β/2006

Η ΥΑ ΗΠ 13588/725/2006 «Μέτρα όροι και περιορισμοί για τη διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 91/689/ΕΟΚ.....» αποτελεί το πρώτο μήγμα του νομοθετικού πλαισίου για την διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων. Η ΥΑ αυτή συμπληρώθηκε από την ΚΥΑ 24944/1159/2006 (ΦΕΚ 791/Β/2006) για την Έγκριση Γενικών Τεχνικών Προδιαγραφών για τη διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων. Και οι δύο τροποποιήθηκαν από την ΥΑ 8668/07 (ΦΕΚ 187/Β/07) για την Έγκριση Εθνικού Σχεδιασμού Επικίνδυνων Αποβλήτων (ΕΣΔΕΑ).

► ΚΥΑ 486/2002

Η ΚΥΑ αναφέρεται στην μετεγκατάσταση κτηνοτροφικών μονάδων και την συμπλήρωση των εγκαταστάσεων διαχείρισης των αποβλήτων. Η ΚΥΑ αυτή τροποποιήθηκε από τις ΚΥΑ 268351/12.8.2004 και ΚΥΑ 310052/23.11.04.

► ΚΥΑ 487/2002

Η ΚΥΑ αναφέρεται στην ίδρυση κτηνοτροφικών πάρκων.

► Νόμος 3698/08

Ο Νόμος 3698/08 (ΦΕΚ 198 Α/2-10-2008) : Ρυθμίσεις θεμάτων κτηνοτροφίας και άλλες διατάξεις, καθορίζει μεταξύ άλλων την κατηγοριοποίηση των κτηνοτροφικών και πτηνοτροφικών εγκαταστάσεων με την τροποποίηση της αριθμ. Η.Π. 15393/2332/5.8.2002 κοινής υπουργικής απόφασης με το άρθρο 3. Επίσης το άρθρο 4 καθορίζει θέματα σχετικά με την ίδρυση και λειτουργία κτηνοπτηνοτροφικών μονάδων.

► Νόμος 3734, ΦΕΚ 8/Α/2009

Ο Νόμος αυτός αφορά στην προώθηση της συμπαραγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας και ρυθμίζει εκ νέου την τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από φωτοβολταϊκούς σταθμούς.

Παράρτημα 4. Στοιχεία επικοινωνίας

- 1. University of Southern Denmark (SDU)**
Institute of Chemical Engineering, Biotechnology and Environmental Technology (KBM)
Niels Bohrs Vej 9-10
DK-6700 Esbjerg
Δανία
Υπεύθυνος επικοινωνίας: MSc **Teodorita Al Seadi**, Principal Scientist
Τηλ.: (+45) 6550 4168, Fax: (+45) 6550 1091
e-mail: tas@bio.sdu.dk
Ιστοσελίδα: www.sdu.dk
- 2. WIP Renewable Energies**
Sylvensteinstr. 2
D-81369 Munich
Γερμανία
Υπεύθυνος επικοινωνίας: Dipl.-Ing. MSc **Dominik Rutz** και Dr. **Rainer Janssen**
Τηλ.: +49 89 720 12739, Fax: +49 89 720 12791
e-mail: dominik.rutz@wip-munich.de
Ιστοσελίδα: www.wip-munich.de
- 3. Finsterwalder Umwelttechnik GmbH & Co. KG (FITEC)**
Mailing Weg 5
83233 Bernau / Hittenkirchen
Γερμανία
Υπεύθυνος επικοινωνίας: Dipl.-Ing. **Tobias Finsterwalder**
Τηλ.: +49 (0) 8051-65390, Fax: +49 (0) 8051-65396
e-mail: info@fitec.com
Ιστοσελίδα: www.fitec.com
- 4. German Society for Sustainable Biogas and Bioenergy Utilisation (GERBIO)**
FnBB e.V. - Geschäftsstelle
Am Feuersee 8D - 74592 Kirchberg/Jagst
Γερμανία
Υπεύθυνος επικοινωνίας: **Michael Köttner** και **Silke Volk**
Τηλ.: + 49 (0) 7954 921 969, Fax: +49 (0) 7954 926 204
e-mail: office@fnbb.org
Ιστοσελίδα: www.fnbb.org
- 5. Ing. Gerhard Agrinz GmbH (AGRINZ)**
Emmerich-Assmann-Gasse 6
A-8430 Leibnitz
Αυστρία
Υπεύθυνος επικοινωνίας: Mag. **Heinz Ptraßl**
Τηλ.: +43 3452/73997-0, Fax: +43 3452/73997-9
e-mail: prassl@agrinz.at; office@agrinz.at
Ιστοσελίδα: www.agrinz.at

6. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ)

19^ο χλμ. Λεωφ. Μαραθώνος

19009, Πικέρμι Αττικής

Ελλάδα

Υπεύθυνος επικοινωνίας: MSc Κωνσταντίνος Σιούλας

Τηλ.: +30210 6603300, Fax: +30210 6603301/302

e-mail: ksioulas@cres.gr

Ιστοσελίδα: www.cres.gr

7. Energetski Institut Hrvoje Požar (ΕΙΗΡ)

Savska 163

HR-10000 Zagreb

Κροατία

Υπεύθυνος επικοινωνίας: MSc Biljana Kulišic

Τηλ.: 385 1 6326 169, Fax: 385 1 6040 599

e-mail: bkulisic@eihp.hr

Ιστοσελίδα: www.eihp.hr

ISBN 978-87-992962-3-1



**ΚΑΠΕ
CRES**

ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ
ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

19ο χλμ. Λεωφ. Μαραθώνος, 190 09 Πικέρμι Αττικής
Τηλ. 210 6603300, Fax. 210 6603301-2
www.cres.gr, cres@cres.gr