



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΔΙΑΪΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
(Δ.Π.Μ.Σ) ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ
ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Διαχείριση κτηνοτροφικών - ζωικών αποβλήτων για
παραγωγή βιοαερίου**

Κοκολάκη Σοφία

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Δρ, Παραλικά Μαρία

ΑΘΗΝΑ 2023

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: «ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΩΝ - ΖΩΙΚΩΝ
ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ»

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: ΠΑΡΑΛΙΚΑ ΜΑΡΙΑ

Η Τριμελής Επιτροπή

Γεώργιος Βαρελίδης,

Δημήτριος Αλεξάκης,

Μαρία Παραλίκα

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Κοκολάκη Σοφία του Εμμανουήλ, με αριθμό μητρώου 190 φοιτήτρια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Εφαρμοσμένες Πολιτικές και Τεχνικές Προστασίας Περιβάλλοντος» του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα



*“... στο Κιρουλίνη,
που στάθηκε δίπλα μου.”*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Είναι γεγονός ότι ο σύγχρονος τρόπος ζωής, εξαιτίας των υψηλών επιπέδων βιομηχανοποίησης, τόσο των καταναλωτικών αγαθών, όσο και των τροφίμων, έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργούνται σημαντικά προβλήματα στη κοινωνία με την αύξηση των αποβλήτων και η ορθή διαχείριση αυτών να αποτελεί ένα από τα πλέον συνήθη προβλήματα της σύγχρονης κοινωνίας. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι η αειφόρος διαχείριση, η πρόληψη της παραγωγής των αποβλήτων, καθώς επίσης και η μείωση αυτών, συνιστούν σημαντικές προτεραιότητες, σε όλο και περισσότερες χώρες του πλανήτη ιδίως δε, στις δυτικές αναπτυγμένες χώρες. Από την άλλη, δεν θα πρέπει να παραλείπεται και το γεγονός ότι η ανεξέλεγκτη απόθεση των απορριμμάτων δεν είναι πλέον αποδεκτή. Στα πλαίσια της βιώσιμης αυτής διαχείρισης των αποβλήτων, έμφαση δίνεται στην ανάκτηση ενέργειας, όπως επίσης και στην ανακύκλωση των θρεπτικών συστατικών και οργανικών ουσιών, οι οποίες περιέχονται σ' αυτά, εφόσον βέβαια γίνεται με τρόπο που διασφαλίζονται οι υγειονομικές συνθήκες και δεν δημιουργούνται δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία.

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία, αφορά την παραγωγή ενέργειας από μονάδες βιοαερίου με τη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης οργανικών αποβλήτων, ενώ δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στα κτηνοτροφικά και ζωικά απόβλητα και τα υποπροϊόντα αυτών (ΖΥΠ) με δεδομένο ότι στην Ελλάδα σε ετήσια βάση παράγεται μια σημαντική ποσότητα τέτοιου είδους αποβλήτων.

Επιπρόσθετα, μέσω της εργασίας αυτής, επιδιώκεται να αναλυθούν οι τεχνολογίες αναερόβιας χώνευσης, οι χρήσεις του βιοαερίου ως μορφή ενέργειας ενώ ιδιαίτερη σημασία δίνεται στην παρουσίαση μιας μονάδας βιοαερίου βιομηχανικής κλίμακας, όπου λαμβάνει χώρα η αναερόβια χώνευση κυρίως ζωικών αποβλήτων, προς την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με την ταυτόχρονη κομποστοποίηση αυτών .

Λέξεις-κλειδιά: Κτηνοτροφικά απόβλητα, Βιοαέριο, Αναερόβια χώνευση, συμπαραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας

Abstract

Livestock waste in Greece is a matter of significant concern due to the country's high level of livestock production. The considerable volume of organic waste generated on a daily basis pose both immediate and long-term environmental risks, particularly through bio-accumulation processes. Inadequate disposal of untreated livestock waste contributes to water and soil pollution, leading to adverse effects like Nitrate-induced pollution and Eutrophication.

However, effectively managing livestock waste is not only essential for environmental preservation but also presents an opportunity for energy generation. Through the process of anaerobic digestion, large quantities of livestock waste can be converted into biogas, which can be used for heating or

electricity production. Additionally, the byproduct of this process, known as digestate, can be utilized as an organic soil amendment, providing crops with a stable and cost-efficient fertilizer.

The utilization of livestock waste to produce biogas is considered a renewable energy source (RES). While renewable energy investments in Greece predominantly focus on solar and wind energy sectors, the potential of harnessing livestock waste should not be underestimated. This approach not only provides energy benefits but also addresses the issue of pollution. Greece has already taken steps in this direction, recognizing the importance of this technology.

The primary objective of this thesis is to highlight the effectiveness of the anaerobic digestion process in managing livestock waste. The study presents a case study of an existing biogas plant located near the town of Heraklion in Crete Island, Greece.

Keywords Livestock waste/effluent, Anaerobic Digestion, Biogas, Livestock waste cotreatment, co-production of electricity and heat

Συντομογραφίες και Ακρωνύμια

Χ.Υ.Τ.Α:	Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων
Χ.Υ.Τ.Υ:	Χώρος Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων
Χ.Υ.Τ :	Χώρος Υγειονομικής Ταφής
Χ.Α.Δ.Α.	Χώρους Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων
Ε.Κ.Α:	Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων
Ε.Σ.Δ.Α:	Εθνικό Σχέδια Διαχείρισης Αποβλήτων
Α.Χ:	Αναερόβια Χώνευση
ΖΥΠ:	Ζωικά υποπροϊόντα
ΠΠ:	Παράγωγα προϊόντα
ΣΗΘ:	Συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας
ΜΒ	Μονάδες βιοαερίου
ΕΒΑ	European Biogas Association
ΕΕΛ	Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας λυμάτων
ΠΟΕ	Πτητικές οργανικές ενώσεις

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Contents

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
Abstract	5
Συνοτομογραφίες και Ακρωνύμια	7
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	22
1. ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ - ΖΩΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΑΙ ΥΠΟΠΡΟΪΟΝΤΑ	25
1.1 Ορισμοί	25
1.1.1 Κτηνοτροφικά απόβλητα	25
1.1.2 Ζωικά υποπροϊόντα (ΖΥΠ)	25
1.2 Ποσοτικός προσδιορισμός κτηνοτροφικών αποβλήτων	27
1.3 Ποιοτικός προσδιορισμός κτηνοτροφικών αποβλήτων	32
1.4 Ρυπαντική ισχύς υγρών αποβλήτων.....	33
1.5 Χαρακτηριστικά απόβλητων επεξεργασίας παραγωγών προϊόντων	36
1.6 Επιπτώσεις στο περιβάλλον από την διάθεση των κτηνοτροφικών και ζωικών αποβλήτων	37
2.ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	40
2.1 Ευρωπαϊκή πολιτική ως προς τη διαχείρισης των αποβλήτων	40
2.2 Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ) 2020-2030	41
3. ΒΙΟΜΑΖΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ	44
3.1 Βιομάζα	44
3.2 Κυρίες κατηγορίες διεργασιών ενεργειακής μετατροπής βιομάζας	46
4.ΒΙΟΑΕΡΙΟ	48
4.1 Βιοαέριο	48
4.2 Μεθάνιο ως κύριο συστατικό του βιοαέριου	49
4.3 Υποστρώματα Αναερόβιας Χώνευσης προς παραγωγή βιοαέριου	50

5 ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ (ΑΧ)	56
5.1 Διεργασία ΑΧ	56
5.2 Υδρόλυση.....	57
5.3 Οξεογένεση	57
5.4 Ακετογένεση	58
5.5 Μεθανογένεση	58
5.6 Παράγοντες που επηρεάζουν τη διεργασία της ΑΧ.....	60
5.6.1 Θερμοκρασία	60
5.6.2 Οξύτητα (pH)	61
5.6.3 Αλκαλικότητα	62
5.6.4 Χημική σύσταση υποστρώματος ΑΧ.....	62
5.6.5 Λόγος C/N.....	63
5.6.6 Μέγεθος κλάσματος υποστρώματος	63
5.6.7 Περιεκτικότητα επί ξηρού	63
5.6.8 Πτητικά λιπαρά οξέα (VFA).....	63
5.6.9 Τοξικές ουσίες χημικά στοιχεία.....	63
5.7 Παράμετροι ρύθμισης διεργασίας ΑΧ.....	65
5.7.1 Υδραυλικός χρόνος παραμονής (HRT).....	65
5.7.2 Οργανική φόρτιση αναερόβιων συστημάτων επεξεργασίας	65
6. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ	67
6.1 Αντιδραστήρα σταθερού θόλου (fixed-dome reactor).....	67
6.2 Αντιδραστήρας κινητού θόλου (floating dome reactor).....	68
6.3 Χωνευτής καλυμμένης λίμνης (covered lagoon digester)	69
6.4 Χωνευτής στρωτής ροής (plug-flow reactor)	69
6.5 Αντιδραστήρας πλήρους ανάδευσης (CSTR)	70
6.6 Αντιδραστήρας Fixed Film	70
6.7 Αντιδραστήρας αιωρούμενων σωματιδίων	71
6.8 Χωνευτές – Συντήρηση.....	72

7 ΚΥΡΙΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	74
7.1 Αγροτικές εγκαταστάσεις βιοαερίου	74
7.1.1 Εγκαταστάσεις βιοαερίου οικογενειακής κλίμακας.....	74
7.1.2 Εγκαταστάσεις βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος	75
7.1.3 Κεντρικές (ή κοινές) εγκαταστάσεις συγχώνευσης.....	75
7.2 Βιομηχανικές εγκαταστάσεις βιοαερίου	76
7.3 Λοιπές εγκαταστάσεις	77
7.3.1 Εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων	77
7.3.2 Εγκαταστάσεις αξιοποίηση βιοαερίου σε ΧΥΤΑ	77
8. ΒΑΣΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	81
8.1 Βιοαντιδραστήρας (χωνευτήρας)	81
8.1.1 Χωνευτήρες ασυνεχούς τύπου	82
8.1.2 Χωνευτήρες συνεχούς τύπου	82
8.2 Δεξαμενές αποθήκευσης πρώτης ύλης.....	82
8.3 Κοχλιομεταφορείς- αντλίες τροφοδοσίας πρώτης ύλης	83
8.4 Συστήματα ανάδευσης	84
8.5 Σύστημα κατακράτησης αποθήκευσης βιοαερίου	85
8.6 Εγκαταστάσεις επεξεργασίας βιοαερίου (καθαρισμός βιοαερίου).....	86
8.6.1 Αποθείωση.....	86
8.6.1.1 Βιολογική αποθείωση εντός του χωνευτήρα	86
8.6.1.2 Χημική αποθείωση εκτός του χωνευτήρα	86
8.6.2 Αφύγρανση	87
8.7 Σταθμός θέρμανσης	87
8.8 Πυρσός εκτόνωσης-καύσης αερίου.....	88
8.9 Σύστημα ελέγχου εγκατάστασης	89
8.10 Μηχανικός διαχωριστής Υγρών/Στέρεων.....	89
8.11 Μονάδα Συμπαγωγής Ηλεκτρικής και Θερμικής ενέργειας (ΣΗΘ)	90

9 ΧΡΗΣΗ – ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ & ΚΑΤΑΛΟΙΠΟΥ ΔΙΑΣΠΑΣΗΣ ΑΠΟ ΤΗ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΧ	92
9.1 Τελικές χρήσεις βιοαέριου.....	92
9.2 Πρωτογενείς χρήσεις βιοαέριου	92
9.2.1 Άμεση καύση και χρήση της παραγομένης θερμότητας.....	92
9.2.2 Συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ).....	93
9.2.3 Μικροστρόβιλοι βιοαέριου	94
9.2.4 Κυψέλες καυσίμου	95
9.3 Δευτερογενείς χρήσεις βιοαέριου (Παραγωγή Βιομεθανίου - Αναβάθμιση βιοαερίου)	95
9.3.1 Το βιομεθάνιο ως καύσιμο οχημάτων	97
9.3.2 Βιομεθάνιο για έγχυση στο δίκτυο φυσικού αερίου	99
9.3.3 Μέθοδοι αναβάθμισης βιοαέριου	100
9.4 Εφαρμογές του χωνεμένου υπολείμματος	102
9.4.1 Εδαφοβελτιωτικό.....	104
9.4.2 Οργανικό λίπασμα.....	105
9.4.3 Υπόστρωμα καλλιεργειών	105
9.4.4 Υλικό επικάλυψης και αποκατάστασης τοπίων.....	105
9.4.5 Συστατικό (υλικό πλήρωσης) βιόφιλτρων.....	105
9.5 Προδιαγραφές ποιότητας κατάλοιπου ΑΧ	106
9.5.1 Ελάχιστες απαιτήσεις διεργασίας ΑΧ για την ασφαλή χρήση του χωνεμένου υπολείμματος	106
9.5.2 Έλεγχος καταλληλότητας χωνεμένου υπολείμματος ΑΧ ως προς το μικροβιολογικό φορτίο	106
9.5.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά και έλεγχος παραγόμενου κατάλοιπου ΑΧ για χρήση στο έδαφος	107
9.5.4 Λοιπές παράμετροι ελέγχου.....	109
9.6 Μέτρα ορθής εφαρμογής λιπασμάτων	110
9.7 Οφέλη από την χρήση του χωνεμένου υπολείμματος της ΑΧ	111

9.8 Μονάδες βιοαερίου στην Ελλάδα	113
9.9 Προβλήματα από την αξιοποίηση του βιοαερίου στην Ελλάδα	115
9.10 Βιοαέριο – Βιομεθάνιο-Προοπτικές ανάπτυξης στην ΕΕ	115
9.11 Βιοαέριο – Βιομεθάνιο-Προοπτικές ανάπτυξης στην Ελλάδα	118
9.12 Πλεονεκτήματα -μειονεκτήματα εφαρμογής Μονάδων Βιοαερίου	119
9.12.1 Πλεονεκτήματα.....	119
9.12.2 Μειονεκτήματα	123
9.13 Κόστος παραγωγής ενέργειας από ΜΒ.....	124
10 ΜΕΛΕΤΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ – ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ.....	125
10.1 Εισαγωγή	125
10.2 Δυναμικό ζωικού κεφαλαίου περιφέρειας Κρήτης.....	125
10.3 Χωροθέτηση μονάδας	127
10.4 Γενική περιγραφή φάσεων κατασκευής- λειτουργίας μονάδας	129
10.4.1 Κτιριακές εγκαταστάσεις-προσωπικό	132
10.4.2 Επιχειρηματικό ενδιαφέρον	132
10.5 Περιβαλλοντική κατάταξη έργου	133
10.6 Πρώτες ύλες -υπόστρωμα ΑΧ.....	134
10.7 Ενεργειακό ισοζύγιο βιοαερίου.....	136
10.8. Αρχή λειτουργίας μονάδας – μηχ. εξοπλισμός – παραγόμενα προϊόντα – υποπροϊόντα	137
10.8.1. Αρχή λειτουργίας μονάδας.....	139
10.8.2 Παρουσίαση βασικού μηχ. Εξοπλισμού μονάδας.....	146
10.8.2.1 Βιοαντιδραστήρες.....	146
10.8.2.2 Παστερίωση/ Εξυγίανση	148
10.8.2.3 ΣΗΘ.....	148
10.8.2.4 Διαχωριστής υγρού – στέρεου κλάσματος.....	149
10.8.2.5 Διάταξη ΕΕΛ- 3ο βαθμιο σύστημα βιολογικής επεξεργασίας υγρού κλάσματος. (MBR / MBBR – UF– RO)	150

10.9 Παραγόμενα απόβλητα κατά την λειτουργία της μονάδας.....	155
10.10 Παραγόμενα προϊόντα	156
10.10.1 Οργανικό βελτιωτικό εδάφους(υγρής μορφής)	156
10.10.2 Οργανικό βελτιωτικό εδάφους (στερεής μορφής).....	157
10.10.3 Παραγωγή ηλεκτρικής θερμικής ενέργειας.....	158
10.11 Πρόγραμμα παρακολούθησης παραγωγικής διαδικασίας και προστασίας περιβάλλοντος	158
10.11.1 Διασφάλιση της καταλληλότητας α υλών και παραγόμενων προϊόντων.....	158
10.11.1.1 Εφαρμογή συστημάτων και διαδικασιών HACCP	158
10.11.1.2 Μέτρα διασφάλισης υγείας κατά τη συλλογή μεταφορά και αποθήκευση α υλών	159
10.11.1.3 Μέτρα διασφάλισης του βαθμού παστερίωσης των ΖΥΠ και παραγωγών προϊόντων	160
10.11.1.4 Μέτρα αποτροπής κινδύνων επιμόλυνσης	161
10.11.2 Μέτρα προστασίας περιβάλλοντος και ασφάλειας εργαζομένων	161
11 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	163
Βιβλιογραφία.....	166
Ξενόγλωσση	166
Ελληνική	167
Πηγές Διαδικτύου	168
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ – ΕΘΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ.....	170
Νομοθεσία για ΖΥΠ.....	170
Ευρωπαϊκό Κοινοτικό Πλαίσιο	170
Εθνική Νομοθεσία	170
Εγκύκλιοι Ζωικών Υποπροϊόντων	171
Νομοθεσία για την προστασία του περιβάλλοντος από απόβλητα ζωικής προέλευσης	173
Νομοθεσία για τις μονάδες βιοαέριου	174
Νομοθεσία για τις ΑΠΕ	174

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΒ	176
---	------------

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1 Χρήσεις βιοαερίου (http://www.agroenergy.gr)	24
Σχήμα 2.Γράφημα - Κατανομή του ζωικού κεφαλαίου, κατά περιφέρεια 2009 2013- 2016 (https://www.statistics.gr)	31
Σχήμα 3: Πυραμίδα προτεραιότητας διαχείρισης των αποβλήτων(https://sdconsultants.gr)	40
Σχήμα 4 Αστικά απόβλητα ανά τύπο επεξεργασίας στην Ελλάδα, 2010-2019 (https://environment.ec.europa.eu)	42
Σχήμα 5: Ποσοστό ανακύκλωσης αστικών αποβλήτων, 2010-201916 (https://environment.ec.europa.eu)	43
Σχήμα 6:Ενδεικτικές Πηγές βιομάζας (https://hellenic-college.gr)	44
Σχήμα 7: Ο κλειστός κύκλος του CO2 στην ατμόσφαιρα και η συμβολή της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας με μηδενικό ανθρακικό αποτύπωμα (Φουρκιώτης Η. 2014)	45
Σχήμα 8: Παραγωγή Ενέργειας από Βιομάζα (Χρυσογιάννη Μ.,2019).....	47
Σχήμα 9: Παραγωγή μεθανίου από διαφορετικά υποστρώματα ΑΧ(Sioulas, K., et al., 2009)	54
Σχήμα 10: Στάδια Αναερόβιας Χώνευσης (Καλογερόπουλος Κ. 2018).....	57
Σχήμα 11:Μετατροπή πολυσακχαριτών σε λιπαρά οξέα και γλυκερόλη (Sioulas, K., et al., 2009)	57
Σχήμα 12: Μετατροπή του οξικού οξέος και του υδρογόνου σε μεθάνιο (Sioulas, K., et al., 2009)	58
Σχήμα 13 Επίδραση της θερμοκρασίας στον ρυθμό ανάπτυξης των μεθανογόνων βακτηρίων κατά στην ψυχρόφιλη, μεσόφιλη και θερμοφιλική περιοχή (Hansen et al., 2003)	59
Σχήμα 14 Σχετικοί ρυθμοί παραγωγής βιοαερίου ανάλογα με τη θερμοκρασία και το χρόνο παραμονής (Σιούλας Κ. κ.α., 2008).....	61
Σχήμα 15:Αντιδραστήρα σταθερού θόλου (https://www.researchgate.net)	68
Σχήμα 16 Σχήμα 5.2: Αντιδραστήρας κινητού θόλου (https://www.researchgate.net)	69
Σχήμα 17: Χωνευτής καλυμμένης λίμνης (https://www.epa.gov)	69
Σχήμα 18: Αντιδραστήρας Plug-Flow (https://www.epa.gov)	70
Σχήμα 19: Αντιδραστήρας CSTR (https://upload.wikimedia.org).....	70
Σχήμα 20.: Αντιδραστήρας fixedfilm (https://www.researchgate.net).....	71
Σχήμα 21 Αντιδραστήρας αιωρούμενων σωματιδίων, τύπου UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) (https://en.wikipedia.org).....	72

Σχήμα 22 Αντιδραστήρας, τύπου IBR (Induced Sludge Bed Anaerobic Reactor) (Hansen, C.L. et. al. 2005).....	72
Σχήμα 23: Σχηματική αναπαράσταση εγκαταστάσεων κλίμακας αγροκτήματος, (Hjort-Gregersen, K. 1998).....	75
Σχήμα 24 Κύρια ρεύματα αποβλήτων κεντρικών εγκαταστάσεων AX (Sioulas, K., et al., 2009)	76
Σχήμα 25 Παραγωγή βιοαερίου σε ΧΥΤΑ (http://tech-paralimni-amm.schools.ac.cy)	77
Σχήμα 26 Δίκτυο μεταφοράς βιοαερίου σε ΧΥΤΑ (https://www.geoengineer.org)	78
Σχήμα 27 Απεικόνιση δικτύων αξιοποίησης βιοαερίου σε ΧΥΤΑ - Σχηματική παράσταση κυττάρων βιοαερίου (https://esdak.gr).....	79
Σχήμα 28 Διαδικασία άντλησης βιοαερίου διάνοιξη γεωτρήσεων 1-2 και 3-4 λεπτομέρεια σταθμού βιοαερίου (http://portal.tee.gr)	80
Σχήμα 29 Απεικόνιση λειτουργίας Μονάδας παραγωγής βιοαερίου (http://www.envima.gr)	81
Σχήμα 30 Σχηματικό διαγράμμα λειτουργίας MB με σταδια παραγωγής (http://www.agroenergy.gr)	81
Σχήμα 31: Σωληνώσεις θέρμανσης μέσα στο χωνευτήρα (http://www.cres.gr)	82
Σχήμα 32 Τροφοδότηση Βιομάζας με Κοχλία (http://www.envima.gr) (http://www.cres.gr)	83
Σχήμα 33 Επικλινής Αναδευτήρας (http://www.envima.gr)	84
Σχήμα 34:Υποβρύχιος κατακόρυφος Αναδευτήρας(http://www.envima.gr)	84
Σχήμα 35: Σύστημα εσωτερικής κατακράτησης βιοαερίου και εξωτερικό σύστημα αποθήκευσης βιοαερίου (http://www.envima.gr)	85
Σχήμα 36:Σταθμός Θέρμανσης(http://www.envima.gr)	88
Σχήμα 37Πυρσός Καύσης Περίσσειας Βιοαερίου(http://www.envima.gr).....	88
Σχήμα 38Αυτοματισμοί και Έλεγχος(http://www.envima.gr)	89
Σχήμα 39 Διαχωριστής υγρών/στερεών (http://www.envima.gr)	90
Σχήμα 40 Μονάδα Συμπαγωγής Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας(http://www.envima.gr)	91
Σχήμα 41Τελικές χρήσεις βιοαερίου (Sioulas, K., et al., 2009).....	92
Σχήμα 42 Συγκριτικές αποδόσεις συστημάτων (Γιακουμέλος Λ., 2012).....	93
Σχήμα 43. Απλοποιημένο διάγραμμα ροής θερμικής μονάδας ΣΗΘ για χρήση της πλεονάζουσας θερμότητας (Rutz, et al. 2015)	94
Σχήμα 44. Η εφοδιαστική αλυσίδα του βιοαερίου (Khan, M. U.,et al. 2021).....	96
Σχήμα 45. Παραγωγή βιοκαυσίμων 1ης και 2ης γενιάς από βιοαέριο (https://www.iene.gr)	96

Σχήμα 46	Σύγκριση βιοκαυσίμων: Αυτονομία ενός ΙΧ αυτοκινήτου κινούμενου με βιοκαύσιμα τα οποία παράγονται από πρώτες ύλες βιομάζας/ενεργειακές καλλιέργειες προερχόμενες από 1 εκτάριο καλλιεργήσιμης γης (https://www.researchgate.net).....	98
Σχήμα 47	Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας διαχωρισμού μεμβρανών (Liangcheng Y., et al 2014) (https://advancedseparations.airliquide.com).....	101
Σχήμα 48	Τυπική διαταξη αναβαθμίσσης βιοαερίου (https://energies.airliquide.com).....	102
Σχήμα 49	Εξωτερική – εσωτερική άποψη συστήματος αναβάθμίσσης βιοαερίου σε βιομεθάνιο (https://www.researchgate.net).....	102
Σχήμα 50:	Διεργασίες κατά την κομποστοποίηση. (Rink et al. 1992).....	103
Σχήμα 51	Φάσεις κατά την κομποστοποίηση (Trautmann et al., 2014).....	104
Σχήμα 52	Συγκριτικό διάγραμμα μείωσης οσμών μεταξύ μη επεξεργασμένου και χωνευμένου κόπρου (Al Seadi, T. 2010).	111
Σχήμα 53	Συγκεντρώσεις των πτητικών λιπαρών οξέων με δυσάρεστη οσμή στον μη επεξεργασμένο και χωνευμένο κόπρο Φιλίππου, Π., 2012).....	112
Σχήμα 54	Συγκέντρωση οσμών σε δείγματα αέρα που συλλέχθηκαν επάνω από τους αγρούς μετά από την εφαρμογή του μη επεξεργασμένου και του χωνευμένου κόπρου Φιλίππου, Π., (2012)	112
Σχήμα 55	Παραγωγή βιομεθανίου στην Ευρώπη -EBA 2021 (https://www.europeanbiogas.eu).....	116
Σχήμα 56	Δυναμικό βιοαερίου – βιομεθανίου -προβλέψεις για 2030-2040-2050 στην Ευρώπη (πηγή EBA) (https://energypress.gr).....	116
Σχήμα 57	Δυναμικό βιοαερίου – βιομεθανίου προβλέψεις για το 2030(πηγή gas for climate ιουλιος 2022) (https://energypress.gr).....	117
Σχήμα 58	Εκτιμώμενη αύξηση παραγωγής του βιομεθανίου έως το 2030 ανά χώρα και πηγή πρώτων υλών (πηγή gas for climate ιουλιος 2022) (https://energypress.gr)	117
Σχήμα 59	Θεωρητικό δυναμικό βιομάζας στην Ελλάδα (https://energypress.gr).....	118
Σχήμα 60	Θεωρητική δυνατότητας παραγωγής βιομεθανίου στην Ελλάδα (https://energypress.gr).....	118
Σχήμα 61	Αναπτυξη δικτύων διανομής ΦΑ της ΔΕΔΑ (https://deda.gr)	119
Σχήμα 62	Ο αειφόρος κύκλος του βιοαερίου μέσω της Αναερόβιας Χώνευσης (http://www.agroenergy.gr)	122
Σχήμα 63	Απεικόνιση του κλειστού κύκλου AX Al Seadi, T. (2001).	123
Σχήμα 64	Διάγραμμα ροής μονάδας βιοαερίου	138
Σχήμα 65	Διαταξη ΣΗΘ	149
Σχήμα 66	Decanter	150
Σχήμα 67	Σύστημα IFAS (Integrated Fixed Film Activated Sludge System)	151

Σχήμα 68 Εμπορική συσκευασία βελτιωτικού εδάφους υγρής- στερεής μορφής σε διαφορες συσκευασίες	158
---	------------

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Θέση εγκατάστασης σταθμού βιοαερίου	129
Εικόνα 2 Κατασκευή 1ου βιοαντιδραστήρα	130
Εικόνα 3 Κατασκευή υπόγειας δεξαμενής ανάμειξης α υλών	130
Εικόνα 4 Ολοκλήρωση εγκαταστάσεων βιοαερίου και λειτουργία μονάδας με 1 βιοαντιδραστήρα και δυναμικότητα ισχύος σταθμού στα 500Kw	131
Εικόνα 5 Πανοραμική λήψη της μονάδας και των εγκαταστάσεων μετά την ολοκλήρωση κατασκευής του 2ου βιοαντιδραστήρα και επαύξηση της ισχύος σε 999KW	131
Εικόνα 6 Ζύγιση οχηματος αποβλήτων (ΖΥΠ)	139
Εικόνα 7 Εγκατάσταση λεκάνης απολύμανσης τροχών φορτηγών μεταφοράς α υλών	139
Εικόνα 8 Απολύμανση φορτηγού	140
Εικόνα 9 Απολύμανση καδων.....	140
Εικόνα 10 Καδοι μεταφοράς ΖΥΠ.....	141
Εικόνα 11 Μεταφορά ΖΥΠ στη μονάδα (αποκλειστικά μέσω μηχανικών μέσων).....	141
Εικόνα 12 Εισαγωγή ΖΥΠ σε σπάστηρα	141
Εικόνα 13 Διάταξη δυο παστεριωτών	142
Εικόνα 14 Βιοφίλτρο στην οροφή του κτιρίου	143
Εικόνα 15 Σύστημα εξαερισμού στην οροφή του κτιρίου	143
Εικόνα 16 Εγκατάσταση συστήματος πυρσού καύσης και καθαρισμού βιοαερίου (αποθείωση) στην οροφή του κτιρίου	144
Εικόνα 17 Άποψη εσωτερικού χώρου της μονάδας	145
Εικόνα 18 Άποψη εσωτερικού χώρου της μονάδας	145
Εικόνα 19 Άποψη εσωτερικής επιφάνειας βιοαντιδραστήρα.....	146
Εικόνα 20 Γενική άποψη βιοαντιδραστήρα.....	147
Εικόνα 21 Λεπτομέρεια υφιστάμενου βιοαντιδραστήρα	147
Εικόνα 22 Εγκατάσταση συστήματος βιολογικής επεξεργασίας(MBR & Βιοενίσχυση).....	153
Εικόνα 23 Εγκατάσταση συστήματος Ultra filtration membranes (UF) -RO (Double system)	153
Εικόνα 24 Τελικό προϊόν από την έξοδο της Ε/Λ.....	154

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 Εκμεταλλεύσεις και ζωικές μονάδες ανά κατηγορία ζώου στην Ελληνική επικράτεια για το έτος 2016 (https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SPK12/2016)	27
Πίνακας 2 Εκμεταλλεύσεις με ζώα, κατά είδος ζώου και περιφέρεια 2009 2013- 2016 (https://www.statistics.gr).....	29
Πίνακας 3: Αριθμός ζώων των εκμεταλλεύσεων, κατά είδος ζώου και περιφέρεια 2009 2013-2016 (https://www.statistics.gr)	30
Πίνακας 4: Είδη κτηνοτροφικών αποβλήτων ανά κατηγορία ρευστότητας (Γεωργακάκης Δ., 2003)	33
Πίνακας 5: Ρυπαντικό ισοδύναμο πληθυσμού της κόπρου (Μαρτζόπουλος Γ., 1998).	35
Πίνακας 6 Ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά κτηνοτροφικών αποβλήτων ανά είδος ζώου (Γεωργακάκης Δ., 1998).....	36
Πίνακας 7 Παράμετροι προσδιορισμού ρυπαντικού φορτίου κτηνοτροφικών αποβλήτων (Γεωργακάκης Δ., 1998).	36
Πίνακας 8 Περιεκτικότητα των αποβλήτων διαφόρων ειδών ζώων σε θρεπτικά στοιχεία (Καραμανλής Ξ., 2021)	36
Πίνακας 9 Επιπτώσεις αερίων από κτηνοτροφική μονάδα στον άνθρωπο (Γεωργακάκης Δ., 1998)	39
Πίνακας 10: Σύνθεση του βιοαερίου (Sioulas, K., et al., 2009).....	49
Πίνακας 11: Παραγωγή μεθανίου από διαφορετικές πρώτες ύλες (Sioulas, K., et al., 2009)	49
Πίνακας 12: Ενεργειακό περιεχόμενο του μεθανίου (Χρυσογιάννη Μ.,2019)	50
Πίνακας 13:Ποιοτικά χαρακτηριστικά ορισμένων οργανικών αποβλήτων κατάλληλων για Α.Χ. (Sioulas, K., et al., 2009)	51
Πίνακας 14 Βιοαπόβλητα, κατάλληλα για βιολογική επεξεργασία (https://eur-lex.europa.eu)	53
Πίνακας 15: Θερμικά στάδια και χαρακτηριστικοί χρόνοι παραμονής (Sioulas, K., et al., 2009)	61
Πίνακας 16. Σύσταση βιοαερίου, βιομεθανίου και αερίου σύνθεσης (Ζαφείρης Χ., 2010)	97
Πίνακας 17 Χαρακτηριστικά βιομεθανίου για κίνηση αυτοκινήτων στη Σουηδία(Ζαφείρης Χ., 2019)	98
Πίνακας 18 . Ποιοτικές απαιτήσεις για την έγχυση του βιοαερίου στο δίκτυο του φυσικού αερίου χωρών της ΕΕ (Ζαφείρης Χ., 2010).....	100

Πίνακας 19 Πίνακας 12.3: Μικροβιολογικά πρότυπα χωνεμένου υπολείμματος σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κανονισμό 142/2011	107
Πίνακας 20 Οριακές τιμές παραμέτρων σταθεροποιημένου χωνέματος ΑΧ (ΦΕΚ 3339/Β/12-12-2014)	108
Πίνακας 21 Απαιτήσεις Εργαστηριακού Ελέγχου	109
Πίνακας 22 Μονάδες παραγωγής βιοαερίου ανά περιφέρεια χώρας (https://habio.gr).....	114
Πίνακας 23 Θεωρητικό δυναμικό βιομάζας και ενεργειακό περιεχόμενο βιομεθανίου στην Ελλάδα (https://bioenergynews.gr)	118
Πίνακας 24 Σύγκριση βιοαερίου με άλλες μορφές ενέργειας (Κερατίωτης Χ. 2017).....	120
Πίνακας 25 Εξοικονομούμενες ποσότητες συμβατικών καυσίμων από χρήση ΑΠΕ (Κερατίωτης Χ. 2017).....	120
Πίνακας 26 Συγκεντρωτικός πίνακας κόστους ανάπτυξης και λειτουργίας τυπικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ στην Ελλάδα (Μαρκοπούλου, Α. 2018).....	124
Πίνακας 27 Αριθμός ζων κατά είδος και περιφερειακή ενότητα, περιφέρειας Κρήτης για το έτος 2016 (https://www.statistics.gr)	126
Πίνακας 28 Αριθμός εκμεταλλεύσεων ζων κατά είδος και περιφερειακή ενότητα, περιφέρειας Κρήτης για το έτος 2016 (https://www.statistics.gr)	126
Πίνακας 29 Συντελεστές παραγωγής κτηνοτροφικών αποβλήτων (Μελέτη ΠΕΣΔΑΚ, 2013)	127
Πίνακας 30 Εκτιμώμενες ποσότητες κτηνοτροφικών αποβλήτων (τόνοι/έτος).....	127
Πίνακας 31 Αποσπάσματα πίνακων παραρτήματων IV και IX του ΦΕΚ2471/β/2016	134
Πίνακας 32 Πίνακας αποβλήτων εισόδου στην εξεταζόμενη μονάδα βιοαερίου	135
Πίνακας 33 Ενεργειακό ισοζύγιο παραγομένου βιοαερίου ενδεικτικού μίγματος εισόδου	136
Πίνακας 34 Τεχνικά χαρακτηριστικά των ΣΗΘ	149
Πίνακας 35 Ποιοτική σύσταση βελτιωτικού εδάφους υγρής μορφής και προτεινόμενες δοσολογίες ανά καλλιέργεια.....	156
Πίνακας 36 Ποιοτική σύσταση βελτιωτικού εδάφους στερεής μορφής και προτεινόμενες δοσολογίες ανά καλλιέργεια.....	157

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην ανθρώπινη ιστορία, η εξέλιξη του ανθρώπινου είδους έχει συνδεθεί άρρηκτα με τη χρήση ενέργειας. Στην πρώιμη ιστορία του ανθρώπου, οι κύριες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούσε ήταν η δύναμη των μυών του και η βοήθεια από τα ζώα. Αργότερα, με την επανάσταση της βιομηχανίας και την ανάπτυξη των μηχανών, το ξύλο χρησιμοποιήθηκε και για την παραγωγή ενέργειας για τη λειτουργία των ατμομηχανών. Με την βιομηχανική επανάσταση οι γαιάνθρακες κυριάρχησαν ως μέσο παραγωγής ενέργειας ενώ τον 20^ο αιώνα και μετά το αργό πετρέλαιο αντικατέστησε σταδιακά τους γαιάνθρακες ως κυριότερο καύσιμο για την παραγωγή ενέργειας, κυρίως για τη βιομηχανία και τις μεταφορές.

Σήμερα, παράλληλα με τη χρήση των ορυκτών καυσίμων, έχουν αναπτυχθεί και άλλες πηγές ενέργειας όπως η πυρηνική ενέργεια, η ηλιακή ενέργεια, η αιολική ενέργεια, η υδροηλεκτρική ενέργεια και η βιοενέργεια, ανάλογα με τη χρήση και τις ανάγκες του κάθε τομέα.

Η χρήση αυτών των πηγών ενέργειας έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια, καθώς είναι πιο αειφόρες και μη ρυπογόνες σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα. Ωστόσο, ακόμη και σήμερα η κατανάλωση ορυκτών καυσίμων παραμένει υψηλή και συνεχίζει να αποτελεί την κυρίαρχη πηγή ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο.

Από την άλλη, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η ενεργειακή φτώχεια συνιστά σήμερα σημαντική απειλή για την αειφόρο ανάπτυξη του πληθυσμού των περισσότερων αναπτυσσόμενων χωρών. Επομένως, η εύρεση καθαρής, οικονομικής και συνάμα φιλικής προς το περιβάλλον ενέργειας, θεωρείται ότι είναι ύψιστης σημασίας, αφενός για το κοινωνικό αφετέρου δε, για το επιστημονικό επίπεδο. Επιπλέον, η μη ορθή διαχείριση των αποβλήτων και η ανεξέλικτη διάθεση αυτών, συνδέεται με τη παραγωγή περιβαλλοντικών ρύπων, όπως είναι για παράδειγμα η μόλυνση των υδάτινων συστημάτων, που μπορεί να συμβεί για παράδειγμα μέσω της διαδικασίας του ευτροφισμού των επιφανειακών υδάτων, είτε μέσω της νιτροποίησης αυτών.

Η διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης αποτελεί μια βιολογική διεργασία, η οποία λαμβάνει χώρα υπό συνθήκες έλλειψης οξυγόνου, με τη χρήση των πλέον κατάλληλων βακτηρίων. Αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής είναι η παραγωγή βιοαερίου από απόβλητα που εντάσσονται στην κατηγορία των βιοαποικοδομήσιμων (Vlyssides A., et al.,2015).

Με τον τρόπο αυτό, η αναερόβια χώνευση, δύναται να πετύχει δύο βασικούς στόχους που είναι: η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα, καθώς επίσης και η σταθεροποίηση των οργανικών αποβλήτων. Αποτέλεσμα της εν λόγω διαδικασίας είναι η παραγωγή δύο τελικών προϊόντων, όπου το πρώτο είναι το βιοαέριο, το οποίο αποτελεί και ενεργειακό καύσιμο, ενώ το δεύτερο είναι η σταθεροποιημένη ιλύ-λίπασμα(Vlyssides A. et al.,2015).

Η Αναερόβια Χώνευση, μπορεί να λάβει χώρα με φυσικό τρόπο και απαντάται σε διάφορα περιβάλλοντα, όπως για παράδειγμα είναι το εσωτερικό του στομαχίου των μηρυκαστικών, είτε τα έλη τύρφης αλλά και σε τεχνητές- βιομηχανικές μονάδες παραγωγής βιοαερίου που καλούνται

χωνευτές (digester). Στους αντιδραστήρες αυτούς όπου επικρατούν κατάλληλες συνθήκες, (όπως συνθήκες θερμοκρασίας, pH κτλ.) παράγεται το βιοαέριο.

Η πρώτη ύλη - βιομάζα που βρίσκεται μέσα στον χωνευτήρα καλείτε υπόστρωμα, ενώ με το πέρας της διεργασίας της ΑΧ το εξερχόμενο χωνεμένο υπόλειμμα (κατάλοιπο διάσπασης) δύναται να αξιοποιηθεί μετά το διαχωρισμό αυτού. Έτσι το στερεό κλάσμα δύναται να χρησιμοποιηθεί ως οργανικό λίπασμα, ή ως εδαφοβελτιωτικό, ή ως υλικό εδαφοκάλυψης σε χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων ή σε άλλης μορφής επιχωματώσεις (πχ για αποκατάσταση λατομείων), ενώ το υγρό κλάσμα μπορεί να αξιοποιηθεί για την άρδευση και την υγρή λίπανση καλλιεργειών.

Ιστορικά, η πρώτη φορά που υπήρξε παραγωγή και συλλογή βιοαερίου από κάποια βιολογική διεργασία, έγινε το 1895 στο Ηνωμένο Βασίλειο. Στο πέραςμα του χρόνου και υπό το πρίσμα της επιστημονικής έρευνας, αλλά και των διαρκών τεχνολογικών εξελίξεων, η διεργασία αυτή αναπτύχθηκε περισσότερο και σταδιακά άρχισε να εφαρμόζεται σε ευρεία κλίμα για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων, όπως επίσης και ως διεργασία για τη σταθεροποίηση της ιλύος. Μάλιστα την τελευταία δεκαετία, το ενδιαφέρον για τη χρήση των Ανανεώσιμων Πηγών αυξήθηκε εξαιτίας της ενεργειακής κρίσης ενώ σήμερα έχει αυξηθεί περισσότερο, συνεκτιμώντας την προσπάθεια που λαμβάνει χώρα σε διεθνές επίπεδο και αφορά τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής, αλλά και την αντικατάσταση των τρόπων παραγωγής ενέργειας με τρόπους που είναι περισσότερο φιλικό προς το περιβάλλον. Το αυξημένο ενδιαφέρον για το βιοαέριο συνδέεται και με το γεγονός ότι η παραγωγή αυτού συνιστά μια λύση φιλική προς το περιβάλλον.

Οι πρώτες ύλες για τις μονάδες αναερόβιας χώνευσης δύναται να προέρχονται από τρεις κύριες πηγές που είναι οι ακόλουθες :

- Αστικά απόβλητα, όπου πρόκειται για αέριο που προέρχεται από χώρους υγειονομικής ταφής και από μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.
- Βιομηχανικά απόβλητα, όπως είναι για παράδειγμα τα απόβλητα που παράγονται από γαλακτοβιομηχανίες, βιομηχανίες τροφίμων και ποτών, καθώς επίσης και από σφαγεία κτλ.
- Αγροτικά απόβλητα και ενεργειακές καλλιέργειες, όπως είναι η κοπριά βοειδών, χοίρων, πουλερικών, καθώς επίσης και οι ενεργειακές καλλιέργειες, αλλά και τα αγροτικά υπολείμματα.

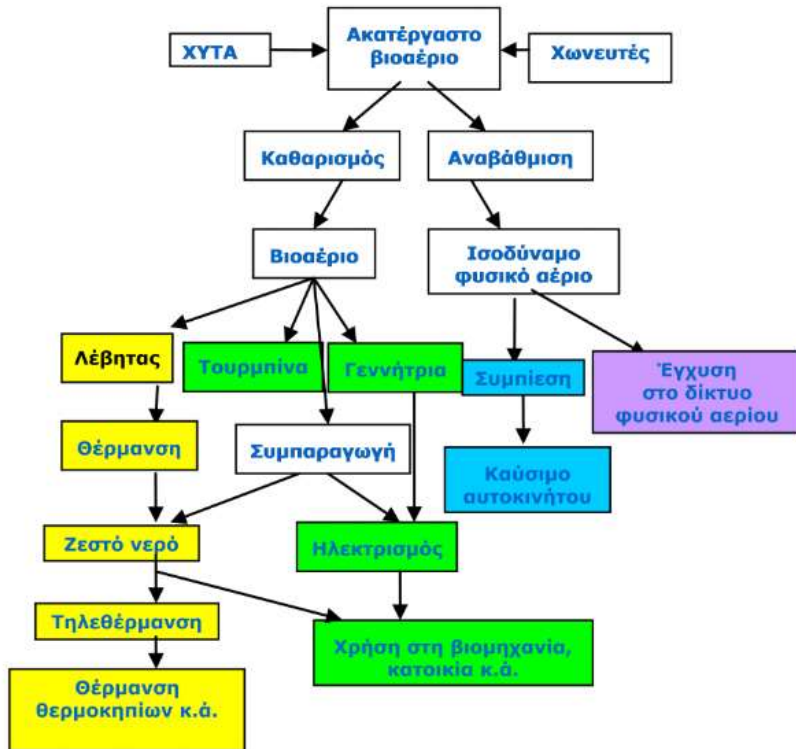
Το παραγόμενο βιοαέριο από τη διεργασία της Α.Χ. έχει πολλές ενεργειακές χρήσεις, οι οποίες όμως τις περισσότερες φορές σχετίζονται με τη φύση της πηγής προέλευσης των πρώτων υλών, της διαθέσιμης ποσότητα αυτών, αλλά και με την απόδοση της διαδικασίας παραγωγής .

Όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 1 που ακολουθεί, το βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις ακόλουθες χρήσεις:

- Για την παραγωγή θερμότητας, η οποία λαμβάνει χώρα μέσω της άμεσης καύσης.
- Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία λαμβάνει χώρα μέσω γεννήτριας
- Για τη συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας (ΣΗΘ).

Επίσης, μέσω της αναβάθμισης του βιοαερίου σε βιομεθάνιο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτό ως καύσιμο σε οχήματα, είτε να διοχετευθεί στο υφιστάμενο δίκτυο του φυσικού αερίου.

Παρακάτω παρουσιάζονται σχηματικά οι χρήσεις του βιοαερίου ανά πηγή προέλευσης αυτού



Σχήμα 1 Χρήσεις βιοαερίου (<http://www.agroenergy.gr>)

1. ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ - ΖΩΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΑΙ ΥΠΟΠΡΟΪΟΝΤΑ

1.1 Ορισμοί

1.1.1 Κτηνοτροφικά απόβλητα

Με τον όρο κτηνοτροφικά απόβλητα, νοείται το σύνολο των υγρών και στερεών αποβλήτων, τα οποία παράγονται από τα ενσταβλισμένα αγροτικά ζώα.

Με τον όρο "**ζωικά απόβλητα**" νοείται το μείγμα κοπράνων και ούρων ημίρρευσης ή στερεάς συστάσεως, το οποίο δεν περιέχει αχυρωστρωμένη ή άλλα ξένα υλικά. Αντίθετα με όρο "**ζωικά λύματα**" γίνεται αναφορά στα απόβλητα ζωοστασιών στα οποία όμως εμπεριέχεται ικανή ποσότητα ύδατος για την ευκολότερη απομάκρυνση τους. (Καραμανλής Ξ., 2021)

Κατά την ισχύουσα Ελληνική νομοθεσία (Υγειον. Διάταξη Υ1β/2000/4-5-1995) ο όρος "**υγρά απόβλητα**" αναφέρεται σε ένα μείγμα που μπορεί να περιλαμβάνει κόπρο, ούρα, νερό και, πιθανώς, μέρος της στρωμνής (όπως άχυρα κ.λπ.) και βρίσκεται σε κατάσταση υγρής ή ρευστής μορφής. Αντίστοιχα, ο όρος "στερεά κόπρος" αναφέρεται στην κόπρο, μαζί με το ενδεχόμενο μέρος της στρωμνής, πιθανώς με ελάχιστες ποσότητες ούρων ή νερού, καθώς επίσης και στο υπόλειμμα που προκύπτει από την αποστράγγιση κοπρoσωρών ή από τον διαχωρισμό των αποβλήτων γενικά με άλλο τρόπο.

Τα υγρά και στερεά απόβλητα παράγονται ως απόρροια της διαδικασίας του μεταβολισμού των ζώων και της παρεχόμενης προς αυτά τροφής, ενώ παράλληλα, προκύπτουν και ως αποτέλεσμα τυχόν διαφυγών, οι οποίες προκύπτουν κατά τη διαδικασία της διανομής σ' αυτά. Η ποσότητα των αποβλήτων που παράγεται συνδέεται με τη συχνότητα των γευμάτων που καταναλώνουν τα ζώα, καθώς επίσης και από τον αριθμό αυτών. Ωστόσο, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η παραγωγή των συγκεκριμένων αποβλήτων, έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχει έκλυση δυσάρεστων οσμών, όπως επίσης και παραγωγή οργανικών και ανόργανων ρύπων, οι οποίοι μπορεί να ρυπάνουν τον τελικό αποδέκτη των αποβλήτων, ανεξάρτητα από το αν ο αποδέκτης αυτός είναι υδάτινος ή εδαφικός (Γεωργακάκης Δ., 1998)

1.1.2 Ζωικά υποπροϊόντα (ΖΥΠ)

Σύμφωνα με τον Κανονισμό (ΕΚ) αριθμ. 1069/2009, άρθρο 3, σημείο 1, ως **ζωικά υποπροϊόντα** ορίζονται τα ολόκληρα πτώματα ή μέρη πτωμάτων ζώων, είτε προϊόντα ζωικής προέλευσης, καθώς και άλλα προϊόντα τα οποία λαμβάνονται από ζώα, και δεν προορίζονται για κατανάλωση από άνθρωπο, μεταξύ των οποίων μπορεί να είναι ωκύτταρα, έμβρυα, είτε σπέρμα.

Επομένως ως (ΖΥΠ) χαρακτηρίζονται τα απόβλητα ή και τα λύματα που προκύπτουν από χώρους όπου δραστηριοποιείται κάθε διεργασία το προϊόν της οποίας εμπεριέχει υλικά ζωικής προέλευσης. Τέτοιοι χώροι νοούνται εκτός τις αναφερόμενες παραπάνω κτηνοτροφικές μονάδες για παραγωγικά

ζώα ή ζώα συντροφιάς, τα σφαγεία, τα εργοστάσια επεξεργασίας ζωικών προϊόντων, οι χώροι εστίασης, οι μεταφορές τροφίμων, οι χώροι αναψυχής και εκπαίδευσης (όπως ζωολογικοί κήποι και τσίρκα), οι χώροι περιθαλψής (κτηνιατρεία, κτηνιατρικές κλινικές) και τα κτηνιατρικά εργαστήρια. Τα Ζωικά Υποπροϊόντα περιλαμβάνουν υλικά που προέρχονται από ζώα, όπως κρέας, οστά, λίπος, αίμα, κέρατα, τρίχες και άλλα ζωικά παράγωγα. (Καραμανλής Ξ., 2021)

Ως γνωστό η διαδικασία της σφαγής ενός ζώου περιλαμβάνει τον κτηνιατρικό έλεγχο για να καθοριστεί εάν το κρέας είναι κατάλληλο για ανθρώπινη κατανάλωση. Η καταλληλότητα του σφαγίου μπορεί να αποκλειστεί για υγειονομικούς ή μη υγειονομικούς λόγους. Οι υγειονομικοί λόγοι αφορούν τη Δημόσια Υγεία και περιλαμβάνουν τους κανόνες που αφορούν τη μετάδοση ασθενειών καθώς και την ποιότητα των ζωικών προϊόντων ως τροφίμων, συμπεριλαμβανομένης της διατροφικής αξίας, της γευστικής αίσθησης και της αισθητικής εικόνας. Οι μη υγειονομικοί λόγοι σχετίζονται κυρίως με τους κανόνες που διέπουν την κτηνοτροφία, όπως η ταυτοποίηση του ζώου (διαβατήριο), το βιβλιάριο με πληροφορίες σχετικά με τις συνθήκες διαβίωσής του, την υγεία του και τις θεραπευτικές αγωγές που έχει υποβληθεί. Ο έλεγχος αυτός διενεργείται από τον αρμόδιο κτηνίατρο πριν και μετά τη σφαγή του ζώου.

Ειδικά στα σφαγεία, εκτός από τα λύματα, παράγονται επίσης απόβλητα από μέρη των ζώων που δεν προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση, (πχ δέρματα, κέρατα, κτλ) αλλά και ολόκληρα σφάγια ή μέρη αυτών που απορρίπτονται για τους προαναφερθέντες λόγους. Όσον αφορά τη λειτουργία του σφαγείου, παράγονται επίσης λύματα που αποτελούνται από ένα μείγμα νερών καθαριότητας, αίματος, περιεχομένου του πεπτικού συστήματος, κοπράνων, ούρων και άλλων υλικών.

Σύμφωνα με την Νομοθεσία (Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1069/2009) οτιδήποτε προκύπτει ως Ζωικό Υποπροϊόν χαρακτηρίζεται ως **Υλικό Κατηγορίας 1, 2 ή 3** ανάλογα με τον βαθμό κινδύνου που εμπεριέχει.

Στα **υλικά κατηγορίας 1** συμπεριλαμβάνονται τα Υλικά Ειδικού Κινδύνου (ΥΕΚ) που προκύπτουν κατά τον έλεγχο των σφαγίων και σχετίζονται με τη διαπίστωση ασθενειών όπως οι Μεταδοτικές Σπογγώδεις Εγκεφαλοπάθειες (ΜΣΕ), η Κυστική κήρωση, η Τριχινίαση, η Φυματίωση και η Βρουκέλωση ή εμπεριέχουν κάποια από το σχετικό κατάλογο των απαγορευμένων ουσιών. Επίσης, στην ίδια κατηγορία περιλαμβάνονται τα πτώματα των ζώων συντροφιάς, των ζωολογικών κήπων και τα πτώματα των αγρίων ζώων, είτε είναι μολυσμένα είτε υπάρχει υπόνοια μόλυνσης, καθώς και των πειραματοζώων. Επιπλέον, στα υλικά κατηγορίας 1 περιλαμβάνονται και υπολείμματα τροφίμων από διεθνείς μεταφορές (Καραμανλής Ξ., 2021).

Στα **υλικά κατηγορίας 2** περιλαμβάνονται υλικά που δεν κρίνονται κατάλληλα για ανθρώπινη κατανάλωση πχ ζώα ή μέρη ζώων έχουν πεθάνει με άλλο τρόπο πλην της σφαγής και δεν ανήκουν στην κατηγορία 1. Επιπλέον, σε αυτήν την κατηγορία περιλαμβάνονται τα νεκρά έμβρυα των ζώων πριν από τη σφαγή των μητέρων τους, τα σφάγια που περιέχουν κτηνιατρικά φάρμακα και τα

τρόφιμα από εισαγωγές που κατάσχονται επειδή δεν πληρούν τις κτηνιατρικές προϋποθέσεις, τα νεκρά ψάρια, η κόπρος και το περιεχόμενο του πεπτικού σωλήνα.

Στα **υλικά Κατηγορίας 3** ανήκουν κυρίως τα σφάγια των ζώων που δεν οδηγούνται για ανθρώπινη κατανάλωση για μη υγειονομικούς λόγους, πχ το αίμα των ζώων, τα κέρατα και οι σπλές τους, φτερά και πέλματα των πτηνών, ληγμένα τρόφιμα, υπολείμματα αυγών και ιχθυηρών.

Σημειώνεται ότι οι συνήθεις μέθοδοι μεταποίησης των ΖΥΠ αναλόγως της κατηγορίας στην οποία ανήκουν και της επικινδυνότητας που τα χαρακτηρίζει, είναι η επεξεργασία τους μέσω τεχνικών αδρανιοποίησης (rendering) και στη συνέχεια η υγειονομική ταφή ή τα υλικά αυτά μπορεί να οδηγηθούν απλά σε υγειονομική ταφή, λιπασματοποίηση ή αποτέφρωση ή υπό αυστηρές προϋποθέσεις μετασχηματισμού αυτών δύναται να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ζωοτροφών.

1.2 Ποσοτικός προσδιορισμός κτηνοτροφικών αποβλήτων

Από αρχαιότατων χρόνων η Ελλάδα έχει μεγάλη παράδοση στην κτηνοτροφία. Σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Αρχή, οι συνολικές εκμεταλλεύσεις της χώρας ως προς το ζωικό κεφάλαιο υπολογίζονται στις 399.087 εκ των οποίων την πρώτη θέση κατέχουν τα πουλερικά (176.837) ενώ ακολουθούν τα προβατοειδή (86.030) και τις αίγες (64.049).

Πίνακας 1 Εκμεταλλεύσεις και ζωικές μονάδες ανά κατηγορία ζώου στην Ελληνική επικράτεια για το έτος 2016 (<https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SPK12/2016>)

	Εκμεταλλεύσεις (Holdings)	Αριθμός (Number Animals)	Ζώων Of
ΒΟΟΕΙΔΗ	14.699	615.123	
ΒΟΥΒΑΛΙΑ	72	4.580	
ΧΟΙΡΟΙ	17.829	769.127	
ΠΡΟΒΑΤΟΕΙΔΗ	86.030	8.227.631	
ΑΙΓΕΣ	64.049	3.541.675	
ΠΟΥΛΕΡΙΚΑ	176.837	30.385.557	
ΚΟΥΝΕΛΙΑ	23.384	451.324	
ΙΠΠΟΕΙΔΗ ΚΑΙ ΟΝΟΙ	6.877	16.756	
ΚΥΨΕΛΕΣ ΜΕΛΙΣΣΩΝ	9.022	789.907	
ΆΛΛΑ ΖΩΑ	285	72.959	
ΣΥΝΟΛΟ	399.087	44.874.639	

Σύμφωνα με το Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων, για τα έτη 2020-2030 τα απόβλητα κτηνοτροφικής εκμετάλλευσης υπολογίζονται

2018	2020	2025	2030
10.033.312 (t)	9.610.508 (t)	10.561.127(t)	11.045.010(t)

Εν συνέχεια παρουσιάζονται στατιστικά στοιχεία ανά περιφέρεια αναφορικά με τις εκμεταλλεύσεις με ζώα και των αριθμών αυτών ανά είδος για τα έτη 2009 και 2013 και 2016 σύμφωνα με την απογραφή στον τομέα της Γεωργίας – Κτηνοτροφίας του έτους 2009 και τις Έρευνες Διάρθρωσης Γεωργικών και Κτηνοτροφικών Εκμεταλλεύσεων για τα έτη 2013 και 2016.

Πίνακας 2 Εκμεταλλεύσεις με ζώα, κατά είδος ζώου και περιφέρεια 2009 2013- 2016 (<https://www.statistics.gr>)

Περιφέρειες	2009					2013					2016				
	Βοοειδή	Προβατοειδή	Αιγοειδή	Χοίροι	Πουλερικά	Βοοειδή	Προβατοειδή	Αιγοειδή	Χοίροι	Πουλερικά	Βοοειδή	Προβατοειδή	Αιγοειδή	Χοίροι	Πουλερικά
Σύνολο	16.679	91.933	71.585	19.332	215.373	15.899	94.448	68.274	18.941	189.252	14.699	86.030	64.049	17.829	176.837
Ανατολική Μακεδονία & Θράκη	3.373	4.220	2.877	1.152	19.839	3.244	4.241	2.762	1.019	17.342	2.946	3.897	2.627	934	13.562
Κεντρική Μακεδονία	3.140	5.422	4.194	1.514	22.108	2.809	5.245	3.612	1.351	13.634	2.642	4.798	3.482	952	13.968
Δυτική Μακεδονία	1.369	2.887	2.270	1.714	8.440	1.278	2.970	2.057	1.232	8.014	1.099	2.645	1.949	795	6.764
Ήπειρος	1.103	9.834	5.317	571	15.614	1.234	9.673	5.360	506	12.569	1.103	8.499	4.261	327	10.505
Θεσσαλία	1.548	9.392	4.930	1.901	24.539	1.657	9.886	5.006	1.557	19.744	1.564	8.251	4.201	1.332	18.589
Στερεά Ελλάδα	723	9.163	7.590	1.578	16.842	655	8.374	6.527	1.469	12.963	573	7.877	6.428	890	9.689
Ιόνια Νησιά	407	2.490	2.961	553	9.965	328	2.343	2.720	492	9.915	274	1.761	2.118	349	7.832
Δυτική Ελλάδα	1.742	17.974	11.534	3.911	36.708	1.728	19.019	10.664	3.379	34.780	1.591	17.855	12.122	5.695	38.538
Πελοπόννησος	903	8.198	8.203	1.278	23.168	768	8.388	7.708	1.516	21.714	920	7.281	6.265	952	17.264
Αττική	106	989	748	139	1.660	71	1.025	801	164	1.954	53	801	611	159	1.991
Βόρειο Αιγαίο	707	4.467	4.008	1.402	7.650	727	5.145	4.116	2.136	8.269	551	4.670	3.606	1.798	8.698
Νότιο Αιγαίο	1.349	3.698	4.678	1.837	6.118	1.309	3.594	4.426	1.965	6.358	1.183	3.498	4.125	1.675	5.557
Κρήτη	209	13.199	12.275	1.782	22.722	91	14.545	12.514	2.155	21.994	200	14.196	12.254	1.971	23.881

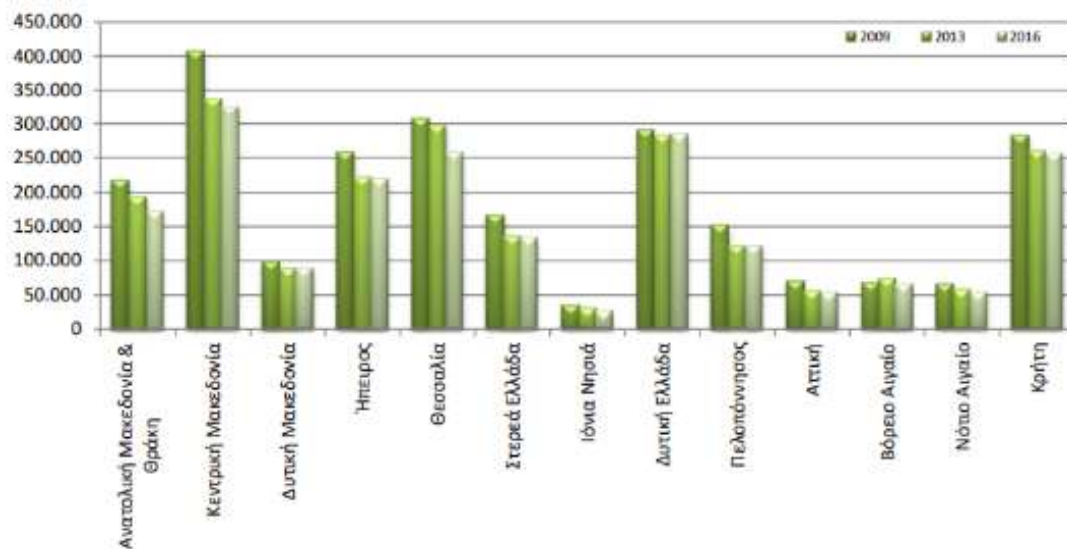
Πίνακας 3: Αριθμός ζώων των εκμεταλλεύσεων, κατά είδος ζώου και περιφέρεια 2009 2013- 2016 (<https://www.statistics.gr>)

Περιφέρειες	2009					2013					2016				
	Βοσειδή	Προβατσει- δή	Αιγοειδή	Χοίροι	Πουλερικά	Βοσειδή	Προβατσει- δή	Αιγοειδή	Χοίροι	Πουλερικά	Βοσειδή	Προβατσει- δή	Αιγοειδή	Χοίροι	Πουλερικά
Σύνολο	648.067	9.156.821	4.213.230	947.222	36.767.565	614.992	8.686.117	3.654.793	767.958	27.882.413	615.123	8.227.631	3.541.675	769.127	30.385.557
Ανατολική Μακεδονία & Θράκη	107.067	626.511	426.058	81.681	920.948	100.580	585.760	368.533	56.868	820.448	92.762	539.302	360.338	70.812	395.771
Κεντρική Μακεδονία	186.766	892.252	521.445	140.730	9.888.246	164.503	815.981	478.325	125.109	5.966.671	168.859	741.831	442.724	84.527	7.343.638
Δυτική Μακεδονία	40.230	400.301	163.732	22.209	307.141	35.502	384.392	146.981	16.025	239.064	37.019	366.202	160.611	12.832	300.714
Ήπειρος	61.368	805.156	198.690	108.429	10.588.644	60.585	622.393	156.696	132.814	8.323.766	61.211	559.771	149.790	125.545	9.829.539
Θεσσαλία	110.694	1.197.979	413.217	211.450	1.215.041	117.763	1.211.464	408.252	146.749	1.712.708	120.157	1.134.925	330.391	123.474	624.606
Στερεά Ελλάδα	27.727	547.925	371.849	100.037	2.929.127	24.905	511.263	306.062	71.765	1.729.717	25.549	496.464	284.988	94.276	3.256.878
Ιόνια Νησιά	5.523	123.701	120.445	4.259	307.402	4.256	116.256	112.663	1.929	217.385	3.572	103.703	111.303	1.498	147.676
Δυτική Ελλάδα	59.097	1.478.883	476.381	121.809	1.647.280	62.895	1.511.280	448.996	101.497	1.662.109	62.947	1.444.118	476.681	139.980	1.474.642
Πελοπόννησος	17.005	508.201	517.081	78.321	1.368.105	13.533	448.194	393.976	53.838	1.182.831	17.988	407.552	375.250	59.166	1.446.227
Αττική	4.361	80.195	39.611	6.504	5.141.997	3.240	83.805	33.672	3.281	3.579.529	2.284	69.843	22.538	3.361	3.623.791
Βόρειο Αιγαίο	8.755	428.037	105.747	8.304	281.987	9.048	485.001	107.680	9.239	211.106	6.279	453.592	114.332	5.579	172.939
Νότιο Αιγαίο	17.071	190.000	226.451	16.751	353.181	16.362	168.257	200.865	13.450	277.037	14.832	168.800	203.216	8.414	232.186
Κρήτη	2.403	1.877.680	632.523	46.738	1.818.466	1.819	1.742.072	492.092	35.395	1.960.044	1.663	1.741.529	509.514	39.664	1.536.952

Σύμφωνα με το παρακάτω διάγραμμα μεταβολής του ζωικού κεφαλαίου ανά περιφέρεια (σχήμα 2) παρατηρείται για το έτος 2016 συγκριτικά με το 2013 στο σύνολο της χώρας μείωση του αριθμού των εκμεταλλεύσεων κατά 6,9% και μείωση των ζωικών μονάδων κατά 4,3%.

Ομοίως για το 2013 σε σχέση με το 2009 παρουσιάζεται μείωση του αριθμού των εκμεταλλεύσεων κατά 6,2% και των ζωικών μονάδων κατά 11,0%.

Σημειώνεται ότι σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Αρχή ως ζωική μονάδα (ΖΜ) θεωρείται μια μονάδα αναφοράς που διευκολύνει την πρόσθεση ζωικού κεφαλαίου που προέρχεται από ζώα διαφορετικών ειδών και ηλικιών, χρησιμοποιώντας ειδικούς συντελεστές, οι οποίοι καθορίζονται βάσει των διατροφικών απαιτήσεων κάθε είδους ζώου. Μία (1) ζωική μονάδα αντιστοιχεί στο ισοδύναμο βόσκησης μιας ενήλικης αγελάδας γαλακτοπαραγωγής που παράγει 3.000kg γάλακτος ετησίως, χωρίς επιπλέον συμπυκνωμένες ζωοτροφές



Σχήμα 2.Γράφημα - Κατανομή του ζωικού κεφαλαίου, κατά περιφέρεια 2009 2013- 2016 (<https://www.statistics.gr>)

1.3 Ποιοτικός προσδιορισμός κτηνοτροφικών αποβλήτων

Τα απόβλητα που παράγονται από την κτηνοτροφία μπορούν να είναι υγρής ή στερεής μορφής, και η σύνθεσή τους διαφέρει ανάλογα με το είδος, την ηλικία και τις συνθήκες εκτροφής των ζώων, καθώς και τον τρόπο διαχείρισης και διαχωρισμού τους στις μονάδες.

Εκτροφές βοοειδών.

Για τις γαλακτοπαραγωγές αγελάδες τα ζωικά απόβλητα αποτελούνται κυρίως από κόπρωνα, ούρα και υλικό στρωμνής όπως άχυρο, ενώ προστίθενται και τα λύματα που προκύπτουν από τον καθαρισμό των εγκαταστάσεων και την συντήρησή τους. Μια αγελάδα παράγει καθημερινά απόβλητα που αντιστοιχούν στο 9% του σωματικού της βάρους. (Καραμανλής Ξ.,2021)

Σημειώνεται ότι τα παχυνόμενα βοοειδή καθώς συνήθως εκτρέφονται σε ελεύθερους στάβλους, τα απόβλητα έχουν χαρακτηριστικά που διαφέρουν από τα κόπρωνα που εκλύονται από τα ενήλικα ζώα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η σύνθεση των κοπράνων μεταβάλλεται κατά την παραμονή τους στην ύπαιθρο λόγω κλιματολογικών συνθηκών, της δράσης της μικροβιακής χλωρίδας και του γεγονότος ότι εκτρέφονται με συμπυκνωμένες τροφές, γάλα και παράγωγα του γάλακτος (Καραμανλής Ξ.,2021).

Εκτροφές αιγοπροβάτων.

Στην βιβλιογραφία γενικώς υπάρχει έλλειψη στοιχείων για τα απόβλητα εκτροφής αιγοπροβάτων. Υπολογίζεται ότι τα αιγοπρόβατα παράγουν καθημερινά απόβλητα σε ποσοστό που ανέρχεται στο 3,6% του σωματικού τους βάρους(Καραμανλής Ξ.,2021).

Εκτροφές χοίρων.

Τα απόβλητα που παράγονται από την εκτροφή χοίρων έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε μεταλλικά άλατα και προκαλούν έντονη και δυσάρεστη οσμή, ειδικά όταν η εκτροφή δεν διαθέτει καλό αερισμό. Η ποσότητα των αποβλήτων που παράγεται από ένα χοίρο ανέρχεται στο περίπου 5,1% του σωματικού του βάρους. Επειδή συνήθως οι χοίροι κρατούνται σε στάβλους με σχαρωτά δάπεδα, τα απόβλητα μεταφέρονται μέσω καναλιών και έχουν μορφή ρευστή (slurries) (Καραμανλής Ξ., 2021).

Εκτροφές πτηνών

Κάθε όρνιθα παράγει απόβλητα που ανέρχεται σε περίπου 5% του σωματικού της βάρους.

Επίσης τα κτηνοτροφικά απόβλητα ανάλογα με την περιεκτικότητα σε νερό δύναται να χαρακτηριστούν σε δύο κύριες κατηγορίες, τα υγρής μορφής με πάνω από 95% περιεκτικότητα σε νερό και στερεής μορφής με περιεκτικότητα κάτω από 80%. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι κατηγορίες των βασικών αποβλήτων με βάση την περιεκτικότητα σε νερό.

Πίνακας 4: Είδη κτηνοτροφικών αποβλήτων ανά κατηγορία ρευστότητας (Γεωργακάκης Δ., 2003)

	Νερό (%)	Είδος Αποβλήτων
Στερεά	<80%	Κοπριά βουστασίων και χοιροστασίων σε ανάμιξη με στρωμνή. Κοπριά αιγοπροβάτων και πτηνών. Στερεά μηχανικού διαχωρισμού υγρών αποβλήτων χοιροστασίου.
Ημιστερεά	75-80%	Στερεά απόβλητα από διαβροχή μέχρι κορεσμού με νερό (π.χ. νερό βροχής). Στερεά απόβλητα βουστασίων. Στερεά μηχανικού διαχωρισμού υγρών αποβλήτων μετά από διαβροχή τους μέχρι κορεσμού με νερό
Ημιυγρά	85-95%	Απόβλητα χοιροστασίων και βουστασίων (κοπριά, ούρα). Απόβλητα χοιροστασίων που προκύπτουν από αραίωση με νερά πλυσίματος. Ιζήματα των δεξαμενών συλλογής, επεξεργασίας και αποθήκευσης υγρών αποβλήτων.
Υγρά	>95%	Απόβλητα χοιροστασίων και βουστασίων που προκύπτουν από τους στάβλους μετά την αραίωση τους με νερά πλυσίματος και βροχής. Υγρά προερχόμενα από τη στράγγιση κοπρρωρών (χοιροστασίων και βουστασίων). Υγρά εξόδου των εγκαταστάσεων επεξεργασίας των αποβλήτων πριν την τελική τους διάθεση.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι ο συνολικός όγκος των υγρών ή ημιυγρών αποβλήτων που παράγονται από ζώα, όπως κοπριές και ούρα, αυξάνεται λόγω αραίωσης από νερά πλύσης ή άλλων τυχαίων διαρροών νερού, και πρακτικά είναι μεγαλύτερος από τον αρχικό όγκο των αποβλήτων που παράγονται από τα ζώα.

1.4 Ρυπαντική ισχύς υγρών αποβλήτων

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (World Health Organization, 1972), **ως ρύπανση**, νοείται η οποιαδήποτε μεταβολή του Φυσικού Περιβάλλοντος, η οποία επιφέρει την έμμεση ή άμεση φθορά της υγείας του ατόμου.

Έτσι ως **ρυπαντική ισχύς** των ζωικών αποβλήτων νοείται η ικανότητά τους να ρυπαίνουν το περιβάλλον ενώ για τη διαχείριση των ζωικών αποβλήτων, έχουν καθιερωθεί οι όροι «**ισοδύναμος πληθυσμός**» και «**ισοδύναμος σε ζώα**», που χρησιμοποιούνται για λόγους μεθοδολογίας.

Ως «**ισοδύναμο πληθυσμού**» (Population Equivalent, P.E.) χαρακτηρίζεται η αναλογία που υφίσταται ανάμεσα στη ρυπαντική ισχύ των ζωικών αποβλήτων και σ' αυτή που προκαλείται από ένα κάτοικο μιας σύγχρονης πόλης.

Αντίστοιχα, με τον όρο «**ισοδύναμο σε ζώα**» (Animal Equivalent, A.E.) χαρακτηρίζεται η αναλογία που υφίσταται ανάμεσα στην ρυπαντική ισχύ των αποβλήτων ενός είδους ζώου και εκείνης ενός βοοειδούς κρεοτοπαραγωγικής κατεύθυνσης, σωματικού βάρους (Σ.Β.) 500 Kg. (Καραμανλής Ξ.,2021).

Για την εκτίμηση του ρυπαντικής ισχύς των υγρών κτηνοτροφικών αποβλήτων ορίζονται οι παρακάτω παράμετροι:

Ολικά Στερεά (Total Solids). Σύμφωνα με τον (Βλυσίδης Α.,2007), τα Ο.Σ. σε ένα υγρό απόβλητο ορίζονται ως το στερεό υπόλειμμα που παραμένει ύστερα από εξάτμιση σε θερμοκρασία 103-105 °C προ-ζυγισμένου δείγματος αποβλήτου. Εκφράζεται σε mg/l ή σε % αναλογία (βάρος/όγκο). Χωρίζονται σε αιωρούμενα (Suspended Solids) και σε διαλυτά στερεά (Dissolved Solids).

Πτητικά στερεά (Volatile Solids). Τα Π.Σ. χρησιμοποιούνται πολύ για τον σχεδιασμό εγκαταστάσεων αναερόβιας επεξεργασίας λόγω της εύκολου προσδιορισμού τους σε εργαστήριο (Γεωργακάκης Δ., 2003). Προκύπτουν μετά τον προσδιορισμό των Ο.Σ. (ύστερα από ξήρανση στους 103-105 °C) μέσω της ελεγχόμενης αποτέφρωσης του δείγματος στους 550°C (Γεωργακάκης Δ., 2003). Εκφράζονται επί τοις εκατό (%) των Ο.Σ. και προσδιορίζονται από την σχέση :

$$\text{ΠΣ (\%ΟΣ)} = (\text{ξηρό δείγμα} - \text{τέφρα}) / (\text{ξηρό δείγμα}) \times 100.$$

Αιωρούμενα Στερεά (Suspended Solids). Τα Α.Σ. είναι η ποσότητα των στερεών που βρίσκονται σε αιώρηση στο δείγμα των αποβλήτων. Διακρίνονται σε ολικά αιωρούμενα (TSS) και πτητικά αιωρούμενα στερεά (VSS) αντίστοιχα προερχόμενα από τα ολικά και πτητικά στερεά.

Βιοχημική ζήτηση οξυγόνου πέντε ημερών (BOD5). Το BOD5 αποτελεί την βασική παράμετρο για τον προσδιορισμό του οργανικού ρυπαντικού φορτίου. Ορίζεται ως η καταναλωμένη ποσότητα οξυγόνου από αερόβιους μικροοργανισμούς για την βιοοξειδωση ενός λίτρου αποβλήτου (mg/l) σε θερμοκρασία 20 °C και μέσα σε διάστημα 5 ημερών (Βλυσίδης Α.,2007)

Χημική ζήτηση οξυγόνου (COD). Το COD είναι μια εναλλακτική παράμετρος του BOD5 η οποία δείχνει την ποσότητα οξυγόνου που χρειάζεται για την οξειδωση της οργανικής ύλης των αποβλήτων σε CO₂ και H₂O με χημικά μέσα (Γεωργακάκης Δ., 2003).

Η μέτρηση και των δύο παραμέτρων (COD και BOD5) αποτελεί ένδειξη τόσο της ύπαρξης τοξικών συνθηκών στο απόβλητο όσο και της ύπαρξης οργανικών ουσιών που δεν υφίστανται βιοαποικοδόμηση. (Βλυσίδης Α.,2007).

Επομένως, ο λόγος COD/BOD5 δίνει την ευκολία βιοαποικοδομησιμότητας ενός αποβλήτου. Σύμφωνα με τον (Γεωργακάκης Δ., 2003), όταν ο λόγος αυτός είναι μικρότερος του 2 τότε το απόβλητο έχει μεγάλο βαθμό βιοαποικοδομησιμότητας ενώ όταν είναι μεγαλύτερος του 5 τότε έχει μικρό, πιθανώς λόγω της παρουσίας τοξικών παραγόντων.

BOD ισοδύναμο πληθυσμού. Είναι μια παράμετρος που χρησιμοποιείται και συσχετίζει τον αριθμό των προσώπων που θα χρειάζονταν για να συνεισφέρουν με τα λύματά τους μια ισοδύναμη ποσότητα BOD5. Πρακτικά, ο όρος αυτός μεταφράζει την ρυπαντική ισχύ μιας βιομηχανικής αποβολής (πχ κτηνοτροφικά απόβλητα) σε όρους οικιακών λυμάτων (Βλυσίδης Α.,2007).

Παρακάτω παρατίθεται συγκριτικός πίνακας θεωρώντας ότι για τα ανθρώπινα απόβλητα λαμβάνεται, BOD= 59 grBOD5 / άτομο / ημέρα .

Πίνακας 5: Ρυπαντικό ισοδύναμο πληθυσμού της κόπρου (Μαρτζόπουλος Γ., 1998).

Είδος ^α	BOD (kg/d) ^α	Ισοδύναμο Πληθυσμού ^α
Άνθρωπος ^α	0,059 ^α	1 ^α
Αγελάδα-γαλακτοπαραγωγής ^α	0,875 ^α	14,8 ^α
Μόσχος ^α	0,360 ^α	6,1 ^α
Βοοειδή-κρεατοπαραγωγής ^α	0,463 ^α	7,8 ^α
Χοίρος ^α	0,136 ^α	2,36 ^α
Πουλερικά-ανά 50kg ^α	0,154 ^α	2,6 ^α

Έτσι σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα εκτιμάται ότι η ρύπανση που προκαλεί μια αγελάδα γαλακτοπαραγωγικής κατεύθυνσης αντιστοιχεί στη ρύπανση, με εκείνη που προκαλείται από 15 άτομα, ή εκτιμάται ότι ένα χοίρος ρυπαίνει τόσο όσο 3 άτομα και περίπου 50kg πουλιά όσο 2,6 άτομα.

Ολικό άζωτο, φώσφορος και κάλιο. Τα απόβλητα των ζώων αποτελούνται κυρίως από οργανική ύλη, ουρία και άλλα θρεπτικά συστατικά, τα οποία όμως είναι σημαντικά στους φυτικούς οργανισμούς. Γενικά τα κτηνοτροφικά απόβλητα περιέχουν αξιοσημείωτες ποσότητες N, (που προέρχεται κυρίως από την ουρία), P και K οπότε ο υπολογισμός της περιεκτικότητάς τους είναι σημαντική παράμετρος ως προς την διάθεση αυτών.

Οι όγκοι των κτηνοτροφικών αποβλήτων υπολογίζονται βάσει του ζωντανού βάρους του κάθε είδους και μπορεί να επηρεάζονται από παράγοντες όπως η ηλικία και η μέθοδος διατροφής των ζώων. Παρακάτω παρατίθενται στοιχεία ως προς τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των κοπριών και ούρων ανά κατηγορία ζώου πριν από την ανάμειξή τους με νερά πλυσίματος.

Πίνακας 6 Ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά κτηνοτροφικών αποβλήτων ανά είδος ζώου (Γεωργακάκης Δ., 1998)

Κατηγορία Ζώου	Ειδικό βάρος (kg/L)	Ημερήσιος Όγκος Αποβλήτων (L/kg Ζωντανού Βάρους)	Ολικά Στερεά(kg/100L αποβλήτου)	Πτητικά Στερεά (%Ολικά Στερεά καθαρό βάρος)
Αγελάδες	1,010	0,084	12	82
Μοσχάρια	0,977	0,053	14	82
Χοίροι	0,977	0,058	10	80
Πτηνά	1,060	0,056	27	74
Πρόβατα	0,977	0,040	25	85

Εν συνέχεια παρατίθεται πίνακας για τον προσδιορισμό του ρυπαντικού φορτίου των κτηνοτροφικών αποβλήτων ανά κατηγορία ζώου.

Πίνακας 7 Παράμετροι προσδιορισμού ρυπαντικού φορτίου κτηνοτροφικών αποβλήτων (Γεωργακάκης Δ., 1998).

Κατηγορία Ζώου	Ειδικό Βάρος (Kg/L)	Πτητικά Στερεά (% κ.β.)	BOD5 (%κ.β.)	COD (%κ.β.)	COD/BOD5
Αγελάδες	1,010	9,9	2,2	10,8	5,0
Μοσχάρια	0,977	11,5	2,8	13,0	4,7
Χοίροι	0,977	8,0	3,1	9,6	3,0
Πτηνά	1,060	20,0	6,8	25,1	3,7
Πρόβατα	0,977	21,3	2,3	29,5	13,1

Η περιεκτικότητα των ζωικών αποβλήτων (νωπή κοπριά) σε θρεπτικά στοιχεία (ενώσεις αζώτου και φωσφόρου), παρουσιάζεται παρακάτω:

Πίνακας 8 Περιεκτικότητα των αποβλήτων διαφόρων ειδών ζώων σε θρεπτικά στοιχεία (Καραμανλής Ξ., 2021)

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΑΓΕΛΑΔΕΣ	ΜΟΣΧΟΙ	ΠΡΟΒΑΤΑ	ΧΟΙΡΟΙ	ΟΡΝΙΘΕΣ
Αζωτο (% ολ. στερεών)	4,0	7,8	4,0	5,6	5,9
P2O5 (% ολ. στερεών)	1,1	1,2	1,4	2,5	4,6
K (% ολ. στερεών)	1,7	1,8	2,9	1,4	2,1

1.5 Χαρακτηριστικά απόβλητων επεξεργασίας παραγωγών προϊόντων

Παρακάτω αναφέρονται τα συνήθη απόβλητα που προκύπτουν από τα παράγωγα προϊόντα κατά την επεξεργασία και μεταποίηση των ζωοκομικών προϊόντων.

Απόβλητα σφαγείων

Τα σφαγεία παράγουν κυρίως απόβλητα όπως αίμα, περιεχόμενα του πεπτικού σωλήνα, λίπος, μη εδωδιμα σπλάχνα και τρίχες. Σε αυτά πρέπει να προστεθούν και τα νεκρά ζώα ή τμήματα αυτών που απορρίπτονται εξαιτίας υγειονομικών ή άλλων λόγων. Ένα ιδιαίτερο πρόβλημα αποτελούν τα φτερά ειδικά όταν πρόκειται για σφαγεία πτηνών. Η χωριστή συλλογή του αίματος μειώνει την τιμή B.O.D.5 των αποβλήτων των σφαγείων κατά 40%. Είναι σημαντικό να διαχειρίζονται σωστά αυτά τα απόβλητα, καθώς περιέχουν υψηλές ποσότητες οργανικών ουσιών και συχνά τοξικές ουσίες και χρωστικές, και ο τελικός προορισμός τους, ειδικά αν πρόκειται για υδάτινο περιβάλλον, πρέπει να διαχειρίζεται με προσοχή. (Καραμανλής Ξ.,2021).

Απόβλητα επεξεργασίας ιχθύων

Τα απόβλητα που παράγονται κατά την επεξεργασία ιχθύων ποικίλουν ανάλογα με το είδος που επεξεργάζεται. Συνήθως περιέχουν υγρά από το πλύσιμο και τον τεμαχισμό των ιχθύων, αίμα, τεμάχια κρέατος, δέρματος, λέπια και σπλάχνα. Αναφέρεται ότι η ρυπαντική ισχύς του μίγματος στερεών και υγρών αποβλήτων από την κατεργασία ιχθύων είναι πολύ μεγαλύτερη από το άθροισμα της ρυπαντικής ισχύος κάθε ξεχωριστού στοιχείου. Για αυτό το λόγο θα πρέπει τα στερεά απόβλητα να διατηρούνται, όσο είναι δυνατόν, χωριστά από τα υγρά (Καραμανλής Ξ.,2021).

Απόβλητα επεξεργασίας γάλακτος

Τα απόβλητα αυτά περιλαμβάνουν κυρίως ένα μείγμα από πλήρες γάλα, αποβουτυρωμένο γάλα, βουτυρογάλακτος και ορό γάλακτος (τυρόγαλο). Κύρια χαρακτηριστικά αυτών των αποβλήτων είναι η υψηλή τους περιεκτικότητα σε οργανικές ουσίες, πρωτεΐνες, λίπος, γαλακτικό οξύ και βουτυρικό οξύ (Καραμανλής Ξ.,2021).

Απόβλητα από βυρσοδεψίας

Τα απόβλητα των βυρσοδεψιών αποτελούνται από υγρά διαποτισμού των δερμάτων, αλκαλικά σκευάσματα, απόνερα που περιέχουν άσβεστο και τρίχες. Τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων αυτών είναι η υψηλή περιεκτικότητά τους σε στερεά, η σκληρότητα, η αλατότητα, τα θειούχα, το χρώμιο, η καθιζάνουσα άσβεστος, το υψηλό B.O.D. και το αλκαλικό pH. (Καραμανλής Ξ.,2021)

1.6 Επιπτώσεις στο περιβάλλον από την διάθεση των κτηνοτροφικών και ζωικών αποβλήτων

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται εντατικοποίηση της κτηνοτροφίας λόγω της αυξημένης ζήτησης για τροφή που οφείλεται στην αύξηση του πληθυσμού αλλά και των καταναλωτικών συνήθειων αυτού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των αποβλήτων που προκύπτουν από αυτόν τον κλάδο που σχετίζεται με την παραγωγή – επεξεργασία ζωικών προϊόντων.

Επιπτώσεις στο έδαφος

Συνήθως ο κύριος αποδέκτης των ζωικών αποβλήτων είναι το έδαφος. Ωστόσο, η συνεχής και υπερβολική διάθεση κοπριάς στο έδαφος μπορεί να προκαλέσει διάφορα προβλήματα, όπως η μεταβολή της δομής και των ιδιοτήτων του εδάφους, η δημιουργία φυτών με επιφανειακό ρίζωμα, ο θάνατος των γαιοσκώληκων, η αύξηση της συγκέντρωσης διαφόρων φυτοτοξικών ουσιών, η ακαταλληλότητα των αγρών για βόσκηση ζώων, η επιβίωση και διάδοση παθογόνων μικροοργανισμών (Σαλμονέλα, Βρουκέλλα, Εντεροϊοί) και παρασίτων, η δημιουργία δυσάρεστων

οσμών και η ρύπανση γειτονικών υδατοσυλλογών και υπόγειων ρευμάτων από οργανική ύλη, άλατα και βαριά μέταλλα.

Επιπτώσεις στα υδάτινα συστήματα

Η ρύπανση των υδάτων από ζωικά απόβλητα οφείλεται στο γεγονός ότι τα απόβλητα αυτά μεταφέρονται στα βρόχινα νερά και καταλήγουν στις επιφανειακές και υπόγειες υδατοσυλλογές, με αποτέλεσμα τη μόλυνση τους με θρεπτικά και άλλα συστατικά. Οι κύριοι υπεύθυνοι για την εμφάνιση του ευτροφισμού στα υδάτινα οικοσυστήματα είναι τα θρεπτικά στοιχεία.

Επιπλέον, τα ζωικά απόβλητα αποτελούν την κύρια πηγή ρύπανσης των υπογείων υδάτων με νιτρικά, που προέρχονται από τη νιτροποίηση των αποβλήτων. Αυτό αποτελεί ένα σοβαρό πρόβλημα δημόσιας υγείας, καθώς υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών στο πόσιμο νερό μπορεί να προκαλέσουν θαλασσαιμία στα βρέφη, (σοβαρή ασθένεια του αίματος). Η ανώτατη επιτρεπτή συγκέντρωση νιτρικών στα πόσιμα νερά έχει καθοριστεί στα 50 ppm σύμφωνα με την Υπουργική Απόφαση 46399/1352/3-7-1986.

Επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα

Η ρύπανση της ατμόσφαιρας από τα κτηνοτροφικά απόβλητα προκαλεί παραγωγή οσμών και άλλων τοξικών αερίων. Αυτές οι οσμές προκαλούν ενοχλήσεις στον πληθυσμό και αποτελούν ένα σημαντικό πρόβλημα. Οι οσμές οφείλονται σε δύσσομες ουσίες που προκύπτουν κατά την αναερόβια αποσύνθεση των αποβλήτων, όπως το NH₃, το H₂S, τα πτητικά οργανικά οξέα, οι μερκαπτάνες, οι αλκοόλες, οι αλδεΐδες και οι κετόνες.

Τοξικά αέρια

Οι κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις, τα συστήματα συλλογής αποβλήτων και η απόρριψη υγρών αποβλήτων στους αγρούς προκαλούν σημαντικά προβλήματα ρύπανσης της ατμόσφαιρας, από την έκλυση αμμωνίας τόσο στην περιοχή των κτηνοτροφιών και των χώρων αποθήκευσης της νωπής κοπριάς, όσο και στο γενικότερο περιβάλλον. Η αμμωνία είναι ένας από τους πρωταρχικούς παράγοντες που συντελούν στο σχηματισμό όξινης βροχής. Η όξινη βροχή είναι μια μορφή ρύπανσης της ατμόσφαιρας που προκαλείται από τις εκπομπές διάφορων ρύπων όπως οξείδια του αζώτου και του θείου. Η αμμωνία αντιδρά με τα οξείδια του αζώτου στην ατμόσφαιρα και σχηματίζει αμμωνιακά άλατα, τα οποία στη συνέχεια διαλύονται στη βροχή και προκαλούν τη ρύπανση του εδάφους και των υδάτων. Η όξινη βροχή έχει σοβαρές επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα και στην υγεία των ανθρώπων και των ζώων.

Επίσης, κάτω από αναερόβιες συνθήκες η αποσύνθεση της οργανικής ύλης των κτηνοτροφικών - ζωικών αποβλήτων προκαλεί την έκλυση μεθάνιου, υδροθείου, και διοξειδίου του άνθρακα.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι επιπτώσεις των εκλυόμενων αερίων από κτηνοτροφικές μονάδες στον άνθρωπο.

Πίνακας 9 Επιπτώσεις αερίων από κτηνοτροφική μονάδα στον άνθρωπο (Γεωργακάκης Δ., 1998)

Αέριο· μ	Οσμή· μ	Μέγιστη· επιτρεπόμενη· συγκέντρωση· (ppm) μ	Συγκέντρωση· (ppm) μ	Περίοδος· έκθεσης· (λεπτά) μ	Συμπτώματα μ
NH_3 · μ	Δριμεία μ	50 μ	400-500 μ	30' - 40' μ	Ερεθισμός· λάρυγγα/ματιών· βήχας· ασφυξία· θάνατος μ
H_2S · μ	Οσμή· από· σάπιο· αυγό μ	10 μ	100-1.000 μ	30' - 60' μ	Ερεθισμός· ματιών/μύτης· πονοκέφαλος· ζάλη· ναυτία· ασφυξία· θάνατος μ
CO_2 · μ	Άοσμο μ	5.000 μ	30.000-- 3*106 μ	30' μ	Έντονη αναπνοή· πονοκέφαλος· ασφυξία· θάνατος μ
CH_4 · μ	Άοσμο μ	1.000 μ	5.000 μ	- μ	Πονοκέφαλος· ασφυξία μ

2.ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

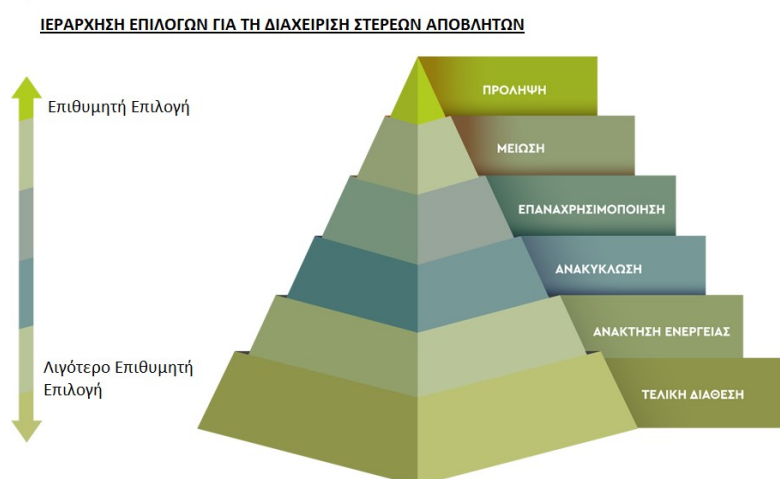
2.1 Ευρωπαϊκή πολιτική ως προς τη διαχείριση των αποβλήτων

Εδώ και πολλά χρόνια τώρα, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει αναγνωρίσει τα προβλήματα που μπορεί να προκύψουν από τα κτηνοτροφικά απόβλητα και τα προϊόντα ζωικής προέλευσης κυρίως ως προς τις επιπτώσεις αυτών στο περιβάλλον. Γι' αυτόν τον λόγο, έχουν εκδοθεί σχετικοί κανονισμοί, οδηγίες και νόμοι, που έχουν ενσωματωθεί στην ελληνική νομοθεσία. Στόχος αυτού του θεσμικού πλαισίου είναι η αντιμετώπιση των προβλημάτων που υπάρχουν ήδη και η πρόληψη πιθανών προβλημάτων στο μέλλον.

Εξάλλου τόσο η παγκόσμια όσο και η ευρωπαϊκή νομοθεσία που σχετίζεται με τα στερεά απόβλητα έχει ως κύριο στόχο τη μείωση της παραγωγής αποβλήτων και την αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης, εστιάζοντας στην προώθηση της κυκλικής οικονομίας. Με αυτήν την πολιτική, προωθείται η ανάπτυξη μιας κοινωνίας που ανακυκλώνει τα απόβλητα, χρησιμοποιεί τα απόβλητα ως πόρο και μειώνει τη δημιουργία νέων αποβλήτων.

Η **ιεραρχία διαχείρισης αποβλήτων** είναι ένα σύστημα που χρησιμοποιείται σε πολλές χώρες για τη διαχείριση των αποβλήτων και βασίζεται στην προτεραιότητα των μεθόδων διαχείρισης σύμφωνα με την περιβαλλοντική τους επίπτωση.

Η ιεραρχία διαχείρισης απορριμμάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση βασίζεται στα πέντε βήματα που αποτελούνται από τη Μείωση (Reduce), την Επαναχρησιμοποίηση (Reuse), την Ανακύκλωση (Recycle), την Ανάκτηση Ενέργειας και την Τελική Διάθεση (Απόρριψη). Αυτά τα βήματα ιεραρχούνται με βάση την προτεραιότητα της κάθε μιας μεθόδου στη μείωση των αποβλήτων και τη βιώσιμη διαχείρισή τους. Στην κορυφή της πυραμίδας βρίσκεται η Μείωση, ακολουθεί η Επαναχρησιμοποίηση, η Ανακύκλωση και η Ανάκτηση Ενέργειας, ενώ στη βάση βρίσκεται η Τελική Διάθεση (Απόρριψη) που είναι η λιγότερο προτιμητέα μέθοδος.



Σχήμα 3: Πυραμίδα προτεραιότητας διαχείρισης των αποβλήτων(<https://sdconsultants.gr>)

Οι μονάδες βιοαερίου βρίσκονται στην μέση της πυραμίδας συγκαταλέγονται στην κατηγορία της ανακύκλωσης με δεδομένο ότι από την αναερόβια χώνευση των οργανικών αποβλήτων παράγεται κομπόστ.

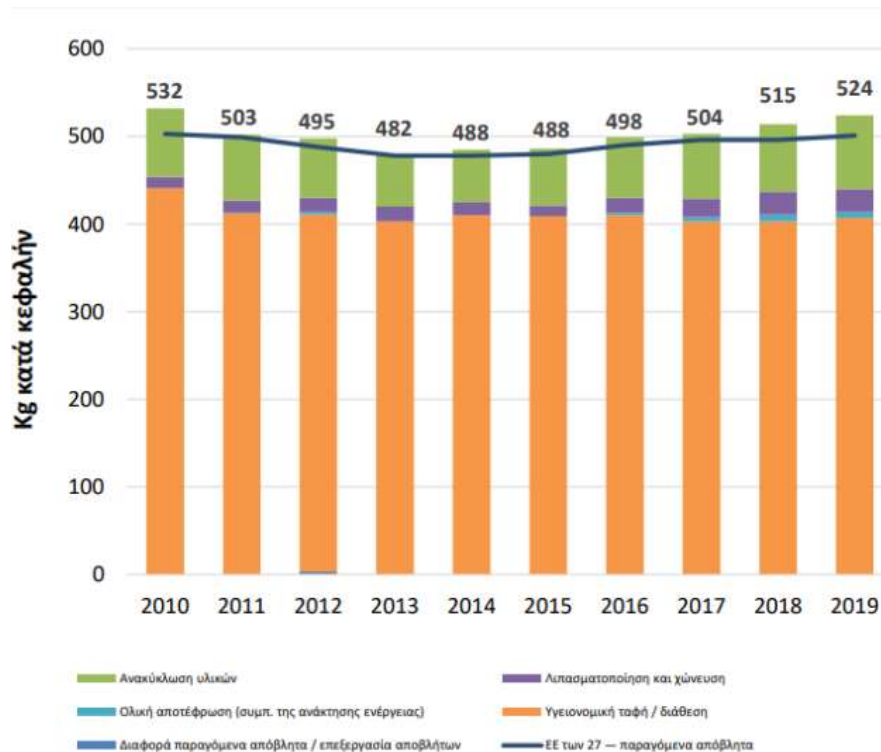
2.2 Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ) 2020-2030

Το Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων είναι ένας στρατηγικός σχεδιασμός που καθορίζει τους στόχους και τις προτεραιότητες για τη διαχείριση των αποβλήτων σε μια χώρα. Η Ευρωπαϊκή Ένωση υποχρεώνει τα κράτη μέλη να δημιουργήσουν Σχέδια Διαχείρισης Αποβλήτων βάσει της Οδηγίας 2008/98/ΕΚ, προκειμένου να βελτιωθεί η διαχείριση των αποβλήτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Το ΕΣΔΑ αφορά περίοδο δέκα ετών και αξιολογείται κάθε πέντε χρόνια και, εφόσον απαιτείται, αναθεωρείται σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στον ν.4685/2020(Α'92). Τα Σχέδια αυτά αποτελούν σημαντικό εργαλείο για την αντιμετώπιση του προβλήματος των αποβλήτων και την προώθηση της ανακύκλωσης και της ανάκτησης ενέργειας από τα απορρίμματα.

Σύμφωνα με τις εκθέσεις του ΥΠΕΝ, οι στόχοι του υφιστάμενου Εθνικού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων για την περίοδο 2015-2020 δεν επιτεύχθηκαν πλήρως. Η υψηλή φιλοδοξία τους σε συνδυασμό με το σύντομο χρονοδιάγραμμα επίτευξής τους απέδωσαν αποτελέσματα χαμηλότερα από τα αναμενόμενα, με αποτέλεσμα η Ελλάδα να υστερεί στη διαχείριση των απορριμμάτων σε σχέση με τους υπόλοιπους εταίρους της ΕΕ. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι στόχοι αυτοί είναι κρίσιμοι για την επίτευξη της βιωσιμότητας του περιβάλλοντος και τη διατήρηση της υγείας των ανθρώπων ενώ η υποχρέωση της κάθε χώρας να δημιουργεί σχέδια διαχείρισης αποβλήτων είναι ζωτικής σημασίας για την επίτευξη των στόχων αυτών.

Παρακάτω γίνεται αναφορά στην «Επισκόπηση της Εφαρμογής της Περιβαλλοντικής Πολιτικής» της ΕΕ 2022 για την Ελλάδα στον τομέα της Διαχείρισης αποβλήτων (<https://environment.ec.europa.eu>) κατά την οποία, ελάχιστη πρόοδος έχει σημειωθεί από την ΕΕΠ του 2019.

Η Ελλάδα απορρίπτει τα περισσότερα αστικά της απόβλητα σε χώρους υγειονομικής ταφής (78 %), ενώ μόλις το 21 % ανακυκλώνεται (48 % ο μέσος όρος στην ΕΕ). Το ποσοστό υγειονομικής ταφής σημείωσε μέτρια μείωση και το ποσοστό ανακύκλωσης αυξήθηκε ελαφρώς. Στην παρακάτω σχήμα 4 απεικονίζονται επίσης τα αστικά απόβλητα ανά τύπο επεξεργασίας, σε κιλά κατά κεφαλήν.



Σχήμα 4 Αστικά απόβλητα ανά τύπο επεξεργασίας στην Ελλάδα, 2010-2019 (<https://environment.ec.europa.eu>)

Επιπλέον, σύμφωνα με τις πληροφορίες που διαθέτει η Επιτροπή, υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός χώρων υγειονομικής ταφής στην Ελλάδα που είναι είτε παράνομοι είτε δεν πληρούν τα πρότυπα και παρουσιάζουν σοβαρούς κινδύνους για την υγεία και το περιβάλλον.

Αναφέρεται ότι, τρεις παράνομοι χώροι απόρριψης αποβλήτων δεν έχουν ακόμη κλείσει και αποκατασταθεί, ενώ 17 τέτοιοι χώροι είναι κλειστοί αλλά δεν έχουν αποκατασταθεί.

Σημειώνεται ότι κατόπιν δύο αποφάσεων του Δικαστηρίου της ΕΕ, η Ελλάδα καταβάλλει πρόστιμα (66,5 εκατ. EUR μέχρι στιγμής) για τις παραβάσεις αυτές. Η Ελλάδα έχει επίσης καταδικαστεί από το ΔΕΕ (ΔΙΚΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ) για την αναποτελεσματική διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων και έχει καταβάλει μέχρι στιγμής πρόστιμα ύψους 49,6 εκατ. EUR. (<https://environment.ec.europa.eu>)

Επιπλέον, αναφέρεται ότι περισσότερα οργανικά απόβλητα απορρίπτονται σε χώρους υγειονομικής ταφής με συνέπεια, τον Νοέμβριο του 2021, η Επιτροπή ξεκίνησε διαδικασία επί παραβάσει κατά της Ελλάδας για μη συμμόρφωση με την Οδηγία 1999/31/ΕΚ για την υγειονομική ταφή και την Οδηγία πλαίσιο για τα απόβλητα 2008/98/ΕΚ.

Στην τελευταία δεκαετία, η Ελλάδα εξέλαβε αργά βήματα όσον αφορά την αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης και την αποτελεσματική κατάργηση της υγειονομικής ταφής των αστικών αποβλήτων. Μάλιστα, υπήρξε οπισθοδρόμηση μεταξύ των ετών 2011 και 2016 όσον αφορά την αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης και τη σταδιακή κατάργηση της υγειονομικής ταφής των αστικών αποβλήτων. Το 2019, το ποσοστό ανακύκλωσης των αστικών αποβλήτων ανήλθε σε 21 % (16 % ανακυκλώθηκαν και 5 % μετατράπηκαν σε λίπασμα (κομπόστ), ποσοστό πολύ κάτω του μέσου όρου της ΕΕ (48 %).



Σχήμα 5: Ποσοστό ανακύκλωσης αστικών αποβλήτων, 2010-201916 (<https://environment.ec.europa.eu>)

Στην έκθεση έγκαιρης προειδοποίησης της Επιτροπής η Ελλάδα αναφέρεται ως μία από τις χώρες που κινδυνεύουν να μην εκπληρώσουν τον στόχο της ΕΕ για το 2020 σχετικά με την ανακύκλωση του 50% των αστικών αποβλήτων.

Στο παράρτημα Α αναφέρονται οι βασικές νομοθετικές διατάξεις τόσο σε ευρωπαϊκό αλλά και σε εθνικό επίπεδο. Επίσης γίνεται αναφορά για την νομοθεσία που διέπει τη διαχείριση των κτηνοτροφικών – ζωικών αποβλήτων και των παράγωγων προϊόντων αυτών καθώς και ειδικές διατάξεις που αφορούν τις ΜΒ αλλά και τις ΑΓΕ

3. ΒΙΟΜΑΖΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ

3.1 Βιομάζα

Σύμφωνα με την Οδηγία 2001/77/ΕΚ, η βιομάζα μπορεί να προσδιοριστεί ως το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των προϊόντων, υπολειμμάτων και αποβλήτων, τα οποία προέρχονται από τη γεωργία, όπου συμπεριλαμβάνονται φυτικές και ζωικές ουσίες. Ακόμη, η βιομάζα μπορεί να προέρχεται από δραστηριότητες δασοκομίας, όπως επίσης και από τις βιομηχανίες, ενώ πηγή βιομάζας συνιστά και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων.

Ουσιαστικά, η βιομάζα περιλαμβάνει οποιοδήποτε υλικό προέρχεται, είτε άμεσα, είτε έμμεσα από τον φυτικό κόσμο όπως οι φυτικές ύλες και τα υποπροϊόντα και κατάλοιπα της φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής, όπως απεικονίζεται και στο παρακάτω σχήμα 6.



Σχήμα 6: Ενδεικτικές Πηγές βιομάζας (<https://hellenic-college.gr>)

Τα γεωργικά απόβλητα προέρχεται κυρίως από: (Καραμανλής Ξ., 2021):

- 1) Την επεξεργασία των φυτικής και ζωικής προέλευσης τροφίμων.
- 2) Τις εγκαταστάσεις συσκευασίας τροφίμων και ζωοτροφών.
- 3) Τις κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις.
- 4) Τα χημικά λιπάσματα και φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούνται στη γεωργία.
- 5) Τα υπολείμματα των γεωργικών καλλιεργειών και της συγκομιδής.
- 6) Τα θερμοκήπια και τα φυτώρια.
- 7) Τα νεκρά ζώα και τα άχρηστα μηχανήματα.
- 8) Τον εξοπλισμό και τα κτίρια των γεωργικών εκμεταλλεύσεων.
- 9) Τα υπολείμματα των σφαγείων και των εργοστασίων επεξεργασίας δερμάτων.

Επομένως η έννοια της βιομάζας ως προς την διεθνή βιβλιογραφία είναι μια πολύ γενική έννοια που περιλαμβάνει πληθώρα γεωργικών κτηνοτροφικών και ζωικών αποβλήτων αλλά και προϊόντων ή παραπροϊόντων από την επεξεργασία και μεταποίηση αυτών.

Ως προς το ενεργειακή διαχείριση αυτής, θεωρείται πηγή ενέργειας και ανήκει στις ΑΠΕ, καθώς τα φυτά μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε αποθηκευμένη χημική. Εν συνέχεια καθώς τα φυτά αποτελούν τροφή για τα ζώα, «η αποθηκευμένη ενέργεια» μεταφέρεται σε αυτά και συνεπώς και στην παραγόμενη από αυτά βιομάζα.

Έτσι η ενέργεια της βιομάζας αποτελεί επι της ουσίας μια δευτερογενή ηλιακή ενέργεια, η οποία ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας μετασχηματίζεται, καταστρέφεται, αλλά και αναπαράγεται.

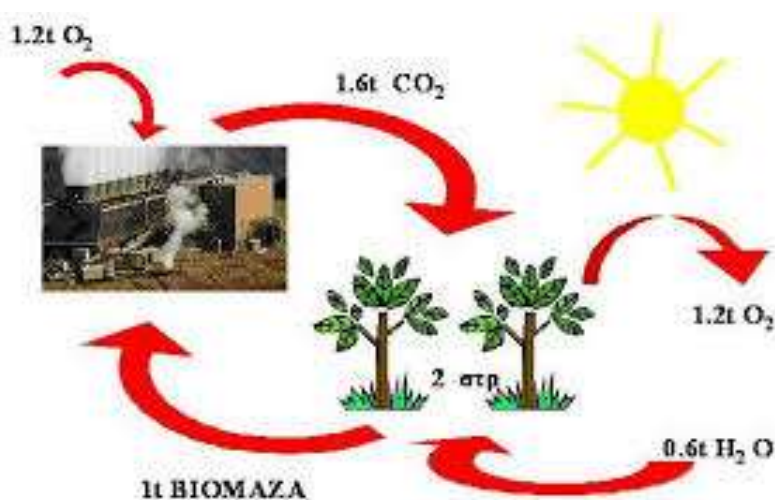
Οι βασικές πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για τη βιομάζα είναι το νερό, καθώς και ο άνθρακας ενώ η διεργασία σχηματισμού της είναι η παρακάτω:

ΝΕΡΟ + ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ + ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ + ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

→ **ΒΙΟΜΑΖΑ + ΟΞΥΓΟΝΟ**

Αποτέλεσμα της καύσης της βιομάζας είναι η απελευθέρωση διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), με βασική διαφορά σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα, να αποτελεί το γεγονός ότι ο άνθρακας δεσμεύτηκε πρόσφατα από την ατμόσφαιρα, μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης.

Εξετάζοντας αναλυτικά τον κύκλο διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), στην ατμόσφαιρα (Σχήμα 7.), προκύπτει ότι η βιομάζα αποτελεί μια ουδέτερη πηγή ενέργειας, σε σχέση με το αέριο του θερμοκηπίου CO_2 , το οποίο στη συνέχεια αποδίδεται πίσω σ' αυτή κατά την καύση της ίδιας ή των προϊόντων της, όπως για παράδειγμα είναι η καύση του βιοαερίου.



Σχήμα 7: Ο κλειστός κύκλος του CO_2 στην ατμόσφαιρα και η συμβολή της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας με μηδενικό ανθρακικό αποτύπωμα (Φουρκιώτης Η. 2014)

3.2 Κυρίες κατηγορίες διεργασιών ενεργειακής μετατροπής βιομάζας

Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως έχει για την παραγωγή ενέργειας (π.χ. καύση ξύλου για θέρμανση), είτε μετά από επεξεργασία. Παρόλο που η χρήση της ξυλώδους βιομάζας ως έχει είναι πιο απλή και δεν απαιτεί περαιτέρω χρόνο και κόστος για τη μεταποίησή της, δεν είναι τόσο αποδοτική όσο μετά την μεταποίησή αυτής της (όπως πέλετες ή μπρικότες). Σημειώνεται ότι η χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα και τα υψηλά ποσοστά υγρασίας και τέφρας που εμπεριέχει η ξυλώδης βιομάζα μειώνουν την ενέργεια που εκλύεται κατά τη χρήση της.

Τα βιοκαύσιμα (βιοντίζελ και η βιοαιθανόλη) αποτελούν μία ακόμη μορφή ενέργειας που παράγεται από τη βιομάζα και μάλιστα από διαφορετικούς τύπους αποβλήτων.

Η πιο διαδεδομένη τακτική μεταποίησης της μη-ξυλώδους βιομάζας, όπως στην περίπτωση των κτηνοτροφικών- ζωικών απόβλητων, είναι η παραγωγή βιοαερίου το οποίο στη συνέχεια χρησιμοποιείται ως καύσιμο για την παραγωγή ενέργειας.

Οι τύποι βιομάζας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα για την παραγωγή ενέργειας είναι περιορισμένοι, με εξαίρεση την ξυλεία και τα απόβλητα ξυλείας. Συνήθως, απαιτείται επεξεργασία και εξευγενισμός της βιομάζας προτού μετατραπεί σε χρήσιμο καύσιμο.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι σημαντικότερες κατηγορίες διεργασιών επεξεργασίας βιομάζας:

Θερμοχημική επεξεργασία

- Ανθρακοποίηση, όπως για παράδειγμα συμβαίνει κατά την παραγωγή κάρβουνου.
- Πυρόλυση, όπως είναι η παραγωγή υδρολυτικών ελαίων.
- Αεριοποίηση, η οποία αφορά την παραγωγή αερίου.

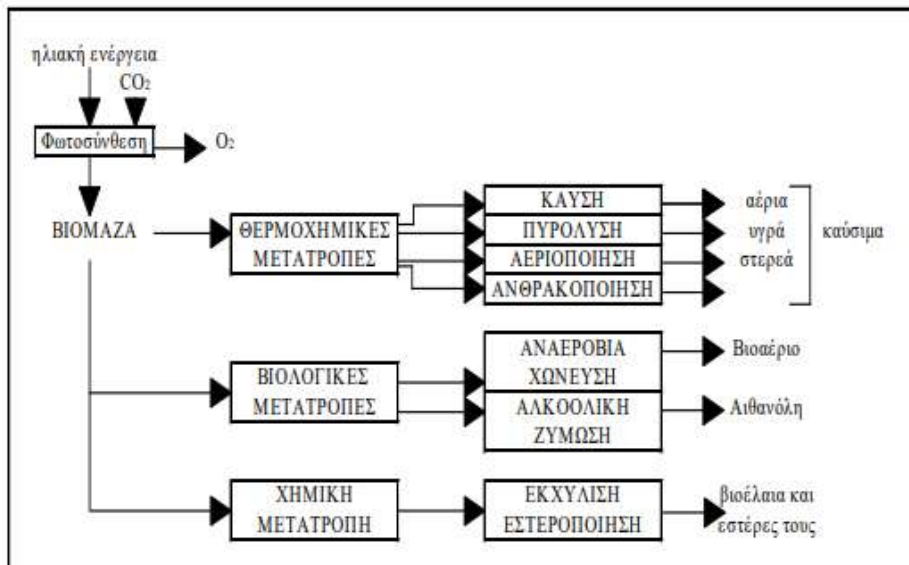
Βιολογική επεξεργασία

- Αναερόβια χώνευση, όπως για παράδειγμα είναι η παραγωγή βιοαερίου.
- Υδρόλυση-αναερόβια ζύμωση (π.χ. παραγωγή αιθανόλης).

Χημική επεξεργασία

Εκχύλιση ελαίων και εστεροποίηση των τριγλυκεριδίων, όπως π.χ. συμβαίνει με την παραγωγή βιολογικού καυσίμου.

Στο σχήμα 8. που ακολουθεί, αποτυπώνονται συνοπτικά οι θερμικές, χημικές, καθώς και οι βιολογικές διεργασίες μετατροπής της βιομάζας, όπως και τα προϊόντα αυτών.



Σχήμα 8: Παραγωγή Ενέργειας από Βιομάζα (Χρυσογιάννη Μ., 2019)

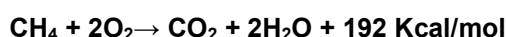
4.ΒΙΟΑΕΡΙΟ

4.1 Βιοαέριο

Όπως ήδη αναφέρθηκε, το βιοαέριο παράγεται από τη βιολογική μετατροπή του οργανικού υλικού των αποβλήτων σε συνθήκες αναερόβιας χώνευσης και απουσία μοριακού οξυγόνου (δηλαδή σε αναερόβιες συνθήκες).

Το βιοαέριο είναι ένα μείγμα αερίων που κυρίως περιλαμβάνει μεθάνιο (CH₄) και διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), ενώ επίσης περιέχει μικρότερες ποσότητες άλλων αερίων ενώσεων, όπως υδρατμοί, αμμωνία, υδρογόνο, υδρόθειο και άλλα.

Το μεθάνιο ως κύριο συστατικό του βιοαερίου καίγεται ευκολά, σύμφωνα με την παρακάτω εξώθερμη αντίδραση καύσης:



Λόγω της παραγόμενης αυτής ενέργειας (εξώθερμη αντίδραση) γίνεται εφικτή η ενεργειακή εκμετάλλευση του βιοαερίου και το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο.

Από θερμοχημική άποψη, το ενεργειακό περιεχόμενο του βιοαερίου που εκλύεται από την Αναερόβια Χώνευση είναι επί της ουσίας το χημικά δεσμευμένο στο μεθάνιο (στην αρχική οργανική ύλη) ενώ η σύνθεση του επηρεάζεται από τους παράγοντες της διεργασίας παραγωγής του, όπως η θερμοκρασία, η πίεση, από την παρουσία ενώσεων (όπως το θείο, τα βαρέα μέταλλα κτλ) καθώς και από το χρόνο παραμονής του οργανικού υλικού στη διεργασία.

Για το λόγο αυτό, είναι σημαντικό να επιλέγεται κατάλληλη ποιότητα πρώτων υλών αλλά και να ελέγχονται οι παράγοντες της διεργασίας παραγωγής του.

Παρότι ότι η σύστασή του παραγόμενου βιοαερίου εξαρτάται κυρίως με το υπόστρωμα που χρησιμοποιείται, το βιοαέριο κατά κύριο λόγο συνίσταται σε 50% - 75% μεθάνιο (CH₄) και περίπου 45% - 25% διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), ενώ υπάρχουν ίχνη προσμείξεων όπως υδρατμοί και υδρόθειο.

Η πυκνότητα του βιοαερίου σε κανονικές συνθήκες είναι 1,15 kg/m³

Το μεθάνιο παρουσιάζει θερμογόνο δύναμη ίση με 11,06 Kwh/m³. Δεδομένου ότι το βιοαέριο περιέχει μεθάνιο σε ποσοστό μεταξύ 55 και 75%, εμφανίζει θερμογόνο δύναμη που κυμαίνεται μεταξύ 6 και 7,5 Kwh/m³.

Η σύσταση του βιοαερίου αποτυπώνεται πιο αναλυτικά στον πίνακα 9, ενώ διαφοροποιείται σημαντικά ανάλογα με την πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται ως υπόστρωμα στην αναερόβια χώνευση όπως αναλύεται στον πίνακα 10 που ακολουθεί .

Πίνακας 10: Σύνθεση του βιοαερίου (Sioulas, K., et al., 2009)

Συστατικό	Χημικός τύπος	Περιεκτικότητα (Vol.-%)
Μεθάνιο	CH ₄	50-75
Διοξείδιο του άνθρακα	CO ₂	25-45
Υδρατμοί	H ₂ O	2 (20°C) -7 (40°C)
Οξυγόνο	O ₂	<2
Άζωτο	N ₂	<2
Αμμωνία	NH ₃	<1
Υδρογόνο	H ₂	<1
Υδρόθειο	H ₂ S	0,1-0,5
Σιλοζάνες	C _n H _{2n+1} SiO	0-50 mg/m ³

Πίνακας 11: Παραγωγή μεθανίου από διαφορετικές πρώτες ύλες (Sioulas, K., et al., 2009)

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)

Παρατηρούμε ότι η παραγόμενη ποσότητα του μεθανίου εξαρτάται κυρίως από τα προέλευση των υποστρωμάτων της ΑΧ καθώς είναι άμεσα συνδεδεμένη με το περιεχόμενό τους σε πρωτεΐνες, λίπη, και υδατάνθρακες.

4.2 Μεθάνιο ως κύριο συστατικό του βιοαερίου

Το μεθάνιο (CH₄), αποτελεί μια απλή οργανική ένωση, η οποία και ανήκει στην «οικογένεια» των κορεσμένων υδρογονανθράκων και συγκεκριμένα στην κατηγορία των αλκανίων.

Υπό κανονικές συνθήκες, δηλαδή θερμοκρασία 25°C και πίεση 1atm, το μεθάνιο είναι άχρωμο αέριο, άοσμο σε χαμηλές συγκεντρώσεις και γενικά μη τοξικό.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι μίγματα μεθανίου με αέρα, όπου η περιεκτικότητα μεθανίου βρίσκεται στα επίπεδα 5-15% κ.ο. θεωρούνται εκρηκτικά και για αυτόν το λόγο όταν το μεθάνιο χρησιμοποιείται

ως καύσιμο γίνεται προηγουμένως προσθήκη μικρών ποσοτήτων ουσιών που διαθέτουν ισχυρές οσμές, έτσι ώστε να μπορεί να ανιχνευτεί η ύπαρξη τυχόν διαρροής.

Αναφορικά με την καύση του μεθανίου αυτή γίνεται με την χαρακτηριστική κυανή φλόγα, ενώ το μεθάνιο είναι πιο ελαφρύ από τον αέρα. (Χρυσογιάννη Μ.,2019)

Η θερμοκρασία στην οποία αυτοαναφλέγεται το μεθάνιο ανέρχεται σε 595°C.

Ιδιαίτερα σημαντικό είναι και το γεγονός ότι το μεθάνιο θεωρείται ότι βρίσκεται σε αφθονία στη φύση, και αποτελεί το κύριο συστατικό του φυσικού αερίου με περιεκτικότητα σε αυτό μεταξύ 75 και 90% κατ' όγκο.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι το μεθάνιο αποτελεί ένα αέριο του θερμοκηπίου περίπου 23 φορές ισχυρότερο από το CO₂ (δηλ. ένα μόριο μεθανίου είναι 23 φορές αποδοτικότερο ως προς τη δέσμευση της θερμότητας από τη γη από ένα μόριο CO₂) (Sioulas K., et al., 2009), και συνεπώς η μείωση των εκπομπών μεθανίου μέσω της καύσης αυτού από πηγές όπως οι μονάδες βιοαερίου, έχει σημαντική συμβολή στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται το ενεργειακό περιεχόμενο του μεθανίου.

Πίνακας 12: Ενεργειακό περιεχόμενο του μεθανίου (Χρυσογιάννη Μ.,2019)

Ανώτερο Θερμογόνος Δύναμη	55.530 KJ/kg
Κατώτερη Θερμογόνος Δύναμη	50.050 KJ/kg
(τα δεδομένα αυτά αφορούν θερμοκρασία 25°C)	

Ακόμη θα πρέπει να αναφερθεί, ότι το μεθάνιο εκλύεται ως αέριο, αφενός από τις φυσικές πηγές, αφετέρου δε, από τις ανθρωπογενείς πηγές, αποτελώντας μέρος μιας ευρύτερης ομάδας ουσιών, οι οποίες είναι γνωστές ως πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC). Ενδιαφέρον έχει το γεγονός ότι παρόλο που το μεθάνιο υπάρχει σε περιεκτικότητα μόλις 0,00017% κατ' όγκον στην ατμόσφαιρα της γης, αυτό μπορεί και δεσμεύει σημαντική ποσότητα θερμότητας και έτσι ουσιαστικά συμβάλλει στη διατήρηση της θερμοκρασίας του πλανήτη σε ανεκτά επίπεδα για την επιβίωση των διαφόρων έμβιων όντων. (Sioulas, K., et al., 2009)

4.3 Υποστρώματα Αναερόβιας Χώνευσης προς παραγωγή βιοαερίου

Προκειμένου να παραχθεί βιοαέριο μέσω της διαδικασίας της Αναερόβιας Χώνευσης, δύναται να χρησιμοποιηθεί ένα ευρύ φάσμα υλικών οργανικών αποβλήτων ως υπόστρωμα για την παραγωγή του βιοαερίου όπως οργανικά απόβλητα φυτικής και ζωικής προέλευσης ζωικά περιττώματα και πολτοί, οργανικό κλάσμα αστικών αποβλήτων κτλ.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά ορισμένων αποβλήτων που είναι και τα πιο συνήθη στη διεργασία της ΑΧ. Η επιλογή του τύπου της πρώτης ύλης, καθώς και της ποσότητας της πρώτης ύλης για το μίγμα του υποστρώματος της Αναερόβιας Χώνευσης, επιλέγεται βάσει της περιεκτικότητας TS, αλλά και με την περιεκτικότητα σε σάκχαρα λιπίδια και πρωτεΐνες.

Πίνακας 13: Ποιοτικά χαρακτηριστικά ορισμένων οργανικών αποβλήτων κατάλληλων για Α.Χ. (Sioulas, K., et al., 2009)

Τύπος· πρώτης· ύλης	Οργανικό· περιεχόμενο	Αναλ ογία· C:N	ΞΟ· \uparrow (%) \square	VS· \uparrow \uparrow (%·ΞΟ) \square	Παραγωγή· Βιοαερίου· (m ³ /kg· ¹ VS) \square	Ανεπιθύμητες· φυσικές· ακαθαρσίες	Ανεπιθύμη τες· ουσίες· που· πιθανώς· περιέχουν
Πολτός· χοίρων	Υδατάνθρακες· πρωτεΐνες· λιπίδια	3-10 \square	3-8 \square	70-80 \square	0,25-0,50 \square	Ξέσματα· ξύλο· σκληρές· τρίχες· ύδωρ· άμμος· σκοινιά· άχυρο	Αντιβιοτικά· απολυμαντι κά
Πολτός· βοοειδών	Υδατάνθρακες· πρωτεΐνες· λιπίδια	6-20 \square	5-12 \square	80 \square	0,20-0,30 \square	Σκληρές· τρίχες· χύμα· ύδωρ· άχυρα· ξύλα	Αντιβιοτικά· Απολυμαντι κά·NH ₄ + \square
Πολτός· πουλερικών	Υδατάνθρακες· πρωτεΐνες· λιπίδια	3-10 \square	10- 30 \square	80 \square	0,35-0,60 \square	Αμμοχάλικο· άμμος· φτερά	Αντιβιοτικά· απολυμαντι κά·NH ₄ + \square
Περιεχόμενα· στομαχιών· εντέρων	Υδατάνθρακες· πρωτεΐνες· λιπίδια	3-5 \square	15 \square	80 \square	0,40-0,68 \square	Ζωικοί·ιστοί	Αντιβιοτικά· απολυμαντι κά
Τυρόγαλα	75-80%· λακτόζη· \uparrow 20-25%· πρωτεΐνες	0,8 \square	8-12 \square	90 \square	0,35-0,80 \square	Ακαθαρσίες· μεταφοράς	- \square
Συμπυκνωμέ νος· ορός· γάλακτος	75-80%· λακτόζη \uparrow 20-25%· πρωτεΐνες	0,8 \square	20- 25 \square	90 \square	0,80-0,95 \square	Ακαθαρσίες· μεταφοράς	- \square
Λάσπη· επίπλευσης	65-70%· πρωτεΐνες· \uparrow 30-35%·λιπίδια	\square	\square	\square	\square	Ζωικοί·ιστοί	Βαριά· μέταλλα· Απολυμαντι κά· οργανικοί· ρύποι

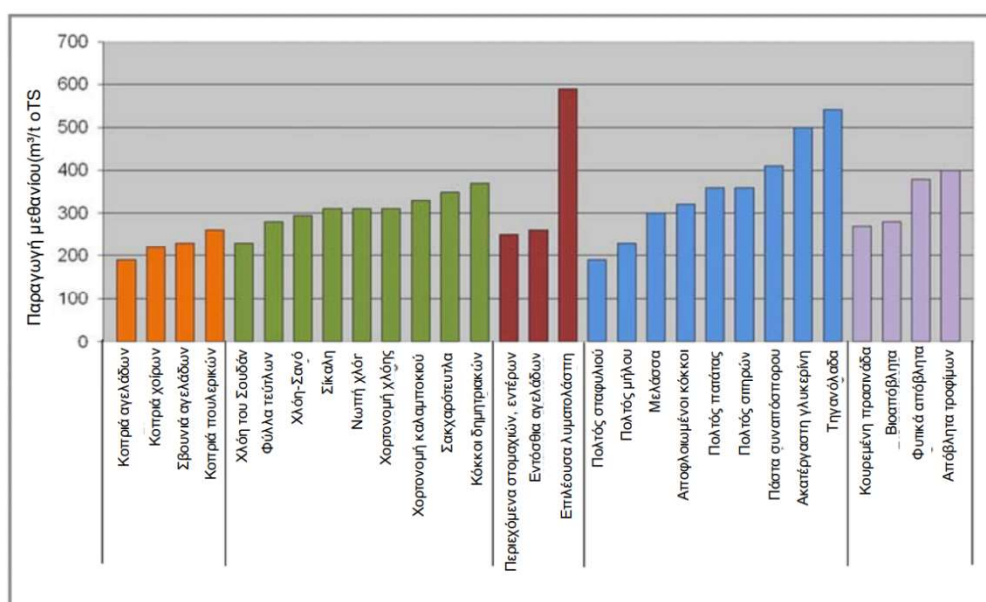
Αποπλύματα- της ζύμωσης	Υδατάνθρακες	4-10	1-5	80-95	0,35-0,78	Τα- διασπώμενα- υπολείμματα- φρούτων	
Άχυρο	Υδατάνθρακες,· λιπίδια	80-100	70-90	80-90	0,15-0,35	Άμμος,· αμμοχάλικο	
Απόβλητα- κήπων		100-150	60-70	90	0,20-0,50	Χώμα,· κυτταρικά · συστατικά	Φυτοφάρμακα
Χλόη		12-25	20-25	90	0,55	Αμμοχάλικο	Φυτοφάρμακα
Σωρός-χλόης		10-25	15-25	90	0,56	Αμμοχάλικο	
Απόβλητα- φρούτων		35	15-20	75	0,25-0,50		
Ιχθυέλαια	30-50%·λιπίδια	π.α.					
Έλαια- σόγιας/μαργαρίνη	90%· φυτικά- έλαια	π.α.					
Αλκοόλ	40%·αλκοόλ	π.α.					
Υπολείμματα- τροφίμων			10	80	0,50-0,60	Κόκαλα,· πλαστικά	Απολυμαντικά
Οργανικά- οικιακά- απόβλητα						Πλαστικό,· μέταλλο,· πέτρες,· ξύλο,· γυαλιά	Βαριά- μέταλλα,· οργανικοί- ρύποι
Λυματολάσπη							Βαριά- μέταλλα,· οργανικοί- ρύποι

Εν συνέχεια παρουσιάζεται ο πίνακας βιοαποβλήτων με βάση τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων (ΕΚΑ) που θεωρούνται κατάλληλα για βιολογική επεξεργασία. Ο πίνακας περιλαμβάνει τους γενικούς κωδικούς και τις επιμέρους περιγραφές των αποβλήτων που εμπίπτουν σε αυτόν. Σημειώνεται ότι κάθε απόβλητο χαρακτηρίζεται με ένα εξαψήφιο κωδικό ΕΚΑ που υιοθετήθηκε με απόφαση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής

Πίνακας 14 Βιοαπόβλητα, κατάλληλα για βιολογική επεξεργασία (<https://eur-lex.europa.eu>)

Κωδικός Αποβλήτων		Περιγραφή αποβλήτων
02 00 00	Απόβλητα από γεωργία, κηπευτική, υδατοκαλλιέργεια, δασοκομία, θήρα και αλιεία, προετοιμασία και επεξεργασία τροφίμων	<ul style="list-style-type: none"> • 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 ζάχαρη • απόβλητα από τη βιομηχανία γαλακτοκομικών προϊόντων • υλικά ακατάλληλα για κατανάλωση ή επεξεργασία • 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 χαρτιών και χαρτονιών	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<ul style="list-style-type: none"> • απόβλητα από τις βιομηχανίες δέρματος και γούνας • απόβλητα από τη βιομηχανία υφαντουργίας

Ένα από τα πιο σημαντικά κριτήρια αξιολόγησης των διαφορετικών υποστρωμάτων της Αναερόβιας Χώνευσης αποτελεί η παραγωγή μεθανίου των πρώτων υλών όπως αυτά παρουσιάζονται στο (Σχήμα 9). Παρατηρούμε ότι τα ζωικά περιττώματα έχουν μια σχετικά χαμηλή παραγωγή μεθανίου. Για το λόγο αυτό συνήθως δεν υφίσταται αναερόβια χώνευση ως μεμονωμένη πρώτη ύλη, αλλά γίνεται συγχώνευση και ανάμειξη αυτών με άλλα απόβλητα, το μείγμα των οποίων συμβάλει σε υψηλή παραγωγή μεθανίου. Η ανάμειξη αυτών και η από κοινού χώνευση καλείτε συγχώνευση, ενώ τα υποστρώματα επιλέγονται προκειμένου να δρουν βελτιωτικά στη διαδικασία αυτή. Σημειώνεται ότι συγχώνευση συμβαίνει συνήθως σε υλικά που διαθέτουν υψηλές ποσότητες λιγνίτης και κυτταρίνης, αλλά και σε σάκχαρα, λιπίδια και πρωτεΐνες



Σχήμα 9: Παραγωγή μεθανίου από διαφορετικά υποστρώματα ΑΧ(Sioulas, K., et al., 2009)

Γενικώς η χρήση των ζωικών αποβλήτων ως βασική πρώτη ύλη στη διεργασία ΑΧ έχει πολλά πλεονεκτήματα λόγω των ιδιοτήτων τους όπως:

- Της φυσικής παρουσίας σε αναερόβια βακτηρίδια.
- Της υψηλής περιεκτικότητας τους σε νερό, το οποίο συμβάλλει στην ομογενοποίηση του υποστρώματος και διασφαλίζει την εύκολη ανάμειξη αυτών εντός του βιοαντιδραστήρα.
- Της αφθονίας καθώς αποτελεί απόβλητο μαζικής παραγωγής προερχόμενο από διάφορες δραστηριότητες.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι αναλόγως της προέλευσης και το είδος των αποβλήτων που θα χρησιμοποιηθούν ως πρώτη ύλη στο υπόστρωμα της αναερόβιας χώνευσης δύναται να περιέχονται χημικοί, βιολογικοί, είτε μολυσματικοί παράγοντες. Επομένως ο ποιοτικός έλεγχος όλων των τύπων πρώτης ύλης είναι αναγκαίο να είναι ουσιαστικός και μεθοδικός, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η ασφαλής χρήση και ανακύκλωση του παραγόμενου κομπόστ.

Ειδικά, για τα απόβλητα ζωικής προέλευσης και κυρίως για τα απόβλητα σφαγείων, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή, εφόσον αυτά χρησιμοποιηθούν ως υπόστρωμα στην αναερόβια χώνευση. Ο

Κανονισμό 1774/2002 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και οι μετέπειτα τροποποιήσεις αυτού, θέτουν κανόνες υγιεινής ως προς το χειρισμό και τη χρήση των ζωικών υποπροϊόντων.

5 ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ (ΑΧ)

5.1 Διεργασία ΑΧ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί προηγουμένως, η ΑΧ αποτελεί μία μικροβιολογική πολυσύνθετη διαδικασία κατά την οποία γίνεται αποσύνθεση της οργανικής ύλης με την βοήθεια και αλληλεπίδραση διαφόρων ομάδων μικροοργανισμών και η οποία λαμβάνει χώρα απουσίας οξυγόνου. Κάθε μια από τις ομάδες μικροοργανισμών συνεισφέρει με το δικό της τρόπο στα διαφορά στάδια – φάσεις της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης. Έτσι το εναπομείναν υλικό που μπορεί να αποτελεί παραγόμενο απόβλητο για μια ομάδα μικροοργανισμών, μπορεί να αποτελέσει προϋπόθεση υπόστρωματος για κάποια άλλη ομάδα.

Τα κύρια προϊόντα της διεργασίας της ΑΧ είναι το βιοαέριο (καύσιμο) και το κομπόστ. Το βιοαέριο είναι ένα αέριο καύσιμο το οποίο αποτελείτε κυρίως από μεθάνιο και διοξειδίου του άνθρακα, ενώ το κομπόστ είναι το βιοδιασπώμενο υπόστρωμα (κατάλοιπο) της παραγωγικής διαδικασίας. Σε ότι αφορά την παραγόμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια της ΑΧ παράγονται πολύ χαμηλά επίπεδα θερμότητας, σε αντίθεση με την αερόβια χώνευση (αποσύνθεση) που γίνεται παρουσία οξυγόνου. Τούτο συμβαίνει καθώς η ενέργεια, που είναι χημικά δεσμευμένη μέσα στο υπόστρωμα, παραμένει στο βιοαέριο που παράγεται υπό τη μορφή μεθανίου.

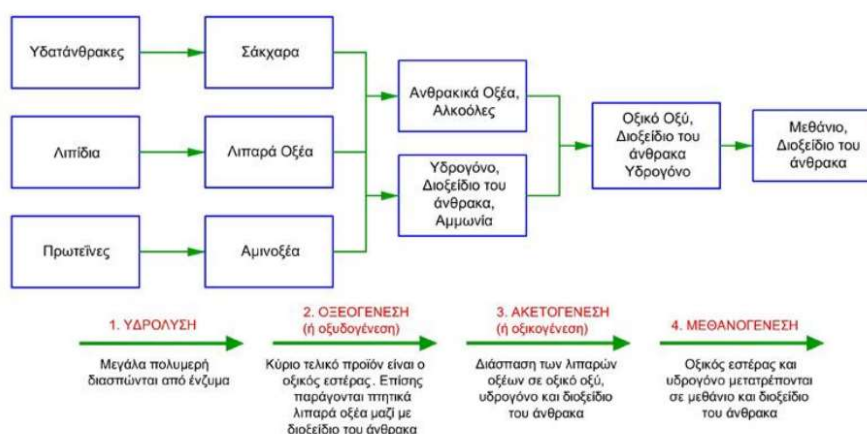
Συνεπώς η διαδικασία παραγωγής του βιοαερίου είναι ένα δυναμικό φαινόμενο που προέρχεται από διάφορα στάδια κατά τα οποία το υλικό διασπάται διαρκώς σε μικρότερα στοιχεία, με την παρουσία και την συνδρομή ειδικών ομάδων μικροοργανισμών. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται ένα απλουστευμένο διάγραμμα της συνολικής διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης. Τα στάδια της διεργασίας πραγματοποιούνται παράλληλα στο χώρο και στο χρόνο, στη δεξαμενή χώνευσης και είναι τα ακόλουθα:

- Υδρόλυση.
- Οξεογένεση.
- Οξικογένεση.
- Μεθανογένεση.

Σχετικά με τους μικροοργανισμούς, που συμμετέχουν στη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης, αυτοί συνοπτικά είναι οι ακόλουθοι:

- Τα υδρολυτικά και οξυγενή βακτήρια, μέσω των οποίων λαμβάνει χώρα μετατροπή των οργανικών ενώσεων σε πτητικά οξέα, αλκοόλες, διοξείδιο του άνθρακα, αμμωνία καθώς και υδρογόνο.
- Τα οξικογενή βακτήρια, τα οποία συμβάλλουν στη μετατροπή των προϊόντων των υδρολυτικών μικροοργανισμών σε υδρογόνο, διοξείδιο του άνθρακα και οξικό οξύ.
- Οι μεθανογενείς μικροοργανισμοί, οι οποίοι συμβάλλουν στη μετατροπή του υδρογόνου και του διοξειδίου του άνθρακα, είτε του οξικού οξέος σε μεθάνιο.

Στάδια αναερόβιας χώνευσης (ΑΧ)

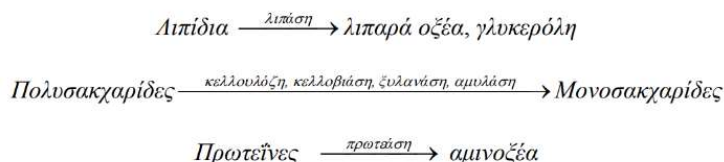


Σχήμα 10: Στάδια Αναερόβιας Χώνευσης (Καλογερόπουλος Κ. 2018)

Κατά την υδρόλυση, παράγονται σχετικά περιορισμένες ποσότητες βιοαερίου, ενώ η παραγωγή του βιοαερίου κορυφώνεται κατά τη διαδικασία της μεθανογένεσης.

5.2 Υδρόλυση

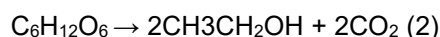
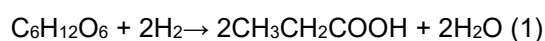
Η υδρόλυση είναι το πρώτο στάδιο της διαδικασίας της Αναερόβιας Χώνευσης, κατά την οποία η σύνθετη οργανική ουσία, (πολυμερή), αποσυντίθεται σε μικρότερα στοιχεία, (μονομερή και oligομερή). Τα πολυμερή αυτά στοιχεία, όπως είναι οι υδατάνθρακες, τα λιπίδια, τα νουκλεϊικά οξέα, καθώς και οι πρωτεΐνες, μετασχηματίζονται σε γλυκόζη, πουρίνες, πυριδίνες κτλ. Αντίστοιχα, τα υδρολυτικά βακτηρίδια εκκρίνουν υδρολυτικά ένζυμα και έτσι μετατρέπουν τα βιοπολυμερή σε απλούστερες και διαλυτές ενώσεις, όπως παρουσιάζονται στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 11: Μετατροπή πολυσακχαριτών σε λιπαρά οξέα και γλυκερόλη (Siuolas, K., et al., 2009)

5.3 Οξεογένεση

Κατά τη διαδικασία της οξεογένεσης, τα προϊόντα του προηγούμενου σταδίου της υδρόλυσης, με τη βοήθεια άλλων μικροοργανισμών, που συνίστανται κατά κύριο λόγο στα οξεογενή βακτήρια, μετασχηματίζονται σε μεθανογενή υποστρώματα. Έτσι, τα λιπαρά οξέα, τα σάκχαρα, καθώς και τα αμινοξέα που είχαν δημιουργηθεί στο προηγούμενο στάδιο της υδρόλυσης, μετατρέπονται σε οξικό άλας, διοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο (70%), όπως επίσης και σε πτητικά λιπαρά οξέα (volatile fatty acids - VFA), καθώς και αλκοόλες (30%). (Χρυσογιάννη Μ., 2019)

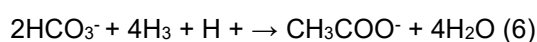
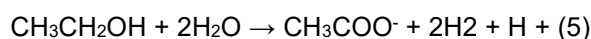
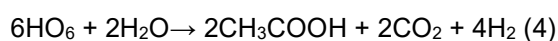
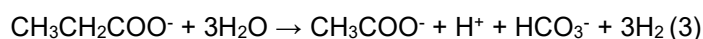


5.4 Ακετογένεση

Στο στάδιο της ακετογένεσης, τα προϊόντα που παρήχθησαν κατά την οξειογένεση και δεν μπορούν να μετατραπούν άμεσα σε μεθάνιο από τα μεθανογενή βακτηρίδια, μετατρέπονται σε μεθανογενή υποστρώματα. Ακόμη, τα πτητικά λιπαρά οξέα και οι αλκοόλες οξειδώνονται σε μεθανογενή υποστρώματα, όπως είναι το οξικό οξύ, το υδρογόνο, καθώς και το διοξείδιο του άνθρακα. Σημειώνεται ότι τα πτητικά λιπαρά οξέα, τα οποία διαθέτουν αλυσίδες άνθρακα με περισσότερους από δύο δεσμούς καθώς και οι αλκοόλες με αλυσίδες άνθρακα με περισσότερο από ένα δεσμό οξειδώνονται σε οξικό οξύ και υδρογόνο.

Κατά τη διαδικασία της μεθανογένεσης, το υδρογόνο μετατρέπεται σε μεθάνιο. Τόσο η ακετογένεση, όσο και η μεθανογένεση, συμβαίνουν σχεδόν παράλληλα.

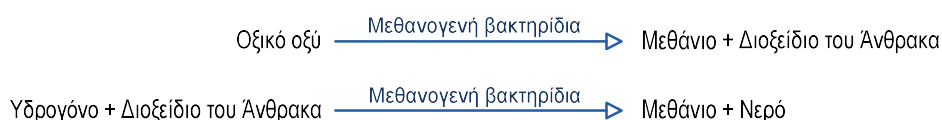
Οι αντιδράσεις που ακολουθούν (3) έως (6), εκφράζουν τη γενική πορεία του σταδίου αυτού:



Θα πρέπει να σημειωθεί ότι κατά το στάδιο αυτό, συμμετέχει ένας μεγάλος αριθμός βακτηρίων, όπως είναι το *Syntrophobacter wolinii* το οποίο αποσυνθέτει προπιονικά, το *Syntrophomonos wolfei* το οποίο αποσυνθέτει βουτυρικά, αλλά και άλλα βακτήρια όπως τα *Clostridium* spp., *peptococcus anaerobes*, *lactobacillus*, και *actinomyces* (συνθέτουν οξέα). (Χρυσογιάννη Μ., 2019).

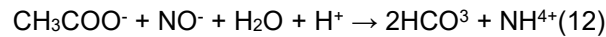
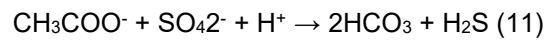
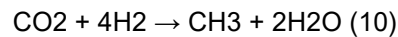
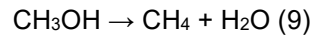
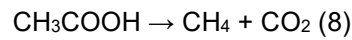
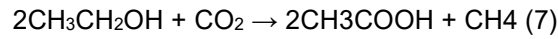
5.5 Μεθανογένεση

Γενικά η παραγωγή του μεθανίου και του διοξειδίου του άνθρακα, από ενδιάμεσα προϊόντα, λαμβάνει χώρα από τα μεθανογενή βακτηρίδια, ενώ το 70% του διαμορφωμένου μεθανίου έχει προέλευση από οξικό άλας και το υπόλοιπο 30% παράγεται από την μετατροπή του υδρογόνου και του CO₂, σύμφωνα με την αντίδραση που ακολουθεί:



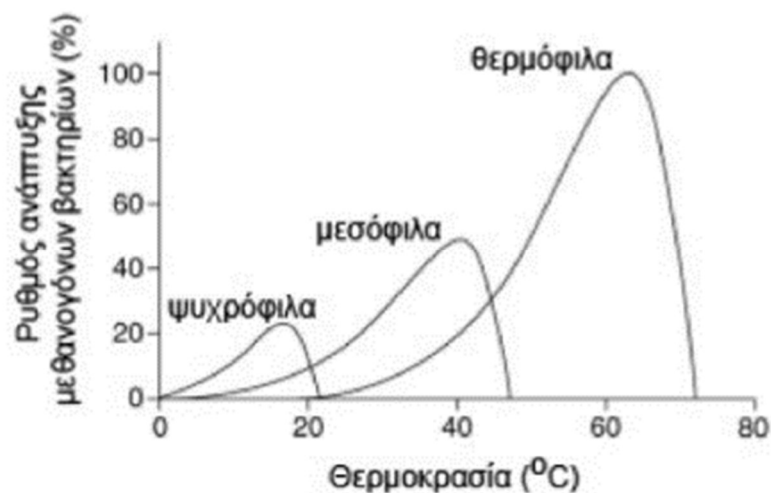
Σχήμα 12: Μετατροπή του οξικού οξέος και του υδρογόνου σε μεθάνιο (Sioulas, K., et al., 2009)

Αναλυτικότερα στο στάδιο αυτό, πραγματοποιούνται οι παρακάτω αντιδράσεις, με κύρια αντίδραση να αποτελεί ο σχηματισμός του μεθανίου:



Στη φάση αυτή συμμετέχουν διάφορα βακτήρια όπως τα *Methanobacterium*, *methanobacillus*, *methanococcus*, *methanosarcina*, κ.α. (Χρυσογιάννη Μ., 2019)

Σύμφωνα με το παρακάτω διάγραμμα είναι ξεκάθαρο ότι τα μεθανογενή βακτήρια ευδοκίμουν στη θερμόφιλη φάση, όπως αυτή αναλύεται στην παράγραφο 5.6.1, με την βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης να είναι περίπου 60-62 °C.



Σχήμα 13 Επίδραση της θερμοκρασίας στον ρυθμό ανάπτυξης των μεθανογόνων βακτηρίων κατά στην ψυχρόφιλη, μεσόφιλη και θερμοφιλική περιοχή (Hansen et al., 2003)

Η μεθανογένεση αποτελεί ένα κρίσιμο στάδιο για ολόκληρη τη διεργασία της χώνευσης, ενώ χαρακτηρίζεται ως την πιο αργή βιοχημική και κατά επέκταση ρυθμορυθμιστική αντίδραση της διεργασίας. Σημειώνεται ότι τα μεθανοβακτήρια χαρακτηρίζονται πάρα πολύ ευαίσθητα και επηρεάζονται σημαντικά από τις συνθήκες λειτουργίας του βιοαντιδραστήρα. Έτσι η μεθανογένεση συνδέεται άμεσα με τη σύνθεση, την ποιότητα της πρώτης ύλης, την παροχή τροφοδοσίας, τη θερμοκρασία, το pH.

Η υπερφόρτωση του χωνευτήρα, όπως και οι αλλαγές της θερμοκρασίας, αλλά και η αυξημένη παρουσία διαλυμένου οξυγόνου (DO), οδηγούν στη μείωση ή ακόμη και στον τερματισμό της παραγωγής μεθανίου (Sioulas, K., et al., 2009).

5.6 Παράγοντες που επηρεάζουν τη διεργασία της ΑΧ

Όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, η διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης συνίσταται σε μια πολυσύνθετη διεργασία, όπου λαμβάνει χώρα ένα πλήθος διαφορετικών μικροβιακών ομάδων. Εκτός από το είδος των αποβλήτων προς χώνευση που αποτελούν και το υποστρώματα υπάρχουν και πολλοί άλλοι περιβαλλοντικοί αλλά και λειτουργικοί παράγοντες που έχουν καθοριστικό ρόλο κατά τη διεργασία της ΑΧ. Στη συνέχεια, περιγράφονται αναλυτικά οι παράγοντες αυτοί, ενώ συνάμα επισημαίνεται η σημασία αυτών για την επιτυχή διεργασία της αναερόβιας χώνευσης (Κωτσόπουλος, Θ., 2005).

5.6.1 Θερμοκρασία

Όπως συμβαίνει σε πολλές μικροβιακές διεργασίες, η αναερόβια χώνευση και ιδιαίτερα η μεθανογένεση εξαρτώνται σημαντικά από τη θερμοκρασία. Συγκεκριμένα, ο ρυθμός των αντιδράσεων αυξάνεται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία, αλλά μέχρι ένα σημείο. Πέρα από αυτό το σημείο, η δομή των κυτταρικών συστατικών μπορεί να αλλάξει, με αποτέλεσμα τα κύτταρα να γίνουν ανενεργά.

Γενικώς έχει καταγραφεί ότι για τη βέλτιστη ανάπτυξη των μικροοργανισμών, μπορούν να διακριθούν τρεις θερμοκρασιακές περιοχές, οι οποίες είναι οι ακόλουθες:

- Η ψυχρόφιλη ($T < 20\text{ }^{\circ}\text{C}$),
- Η μεσόφιλη ($20 < T < 45\text{ }^{\circ}\text{C}$), με βέλτιστη θερμοκρασία τους $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ και
- Η θερμόφιλη περιοχή ($T > 45\text{ }^{\circ}\text{C}$, με βέλτιστη θερμοκρασία τους $55\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Έτσι σύμφωνα με την ανωτέρω διάκριση και βάσει της θερμοκρασιακής περιοχής, όπου επιτυγχάνεται η βέλτιστη ανάπτυξη αυτών, τα βακτήρια χαρακτηρίζονται αναλόγως ως ψυχρόφιλα, μεσόφιλα, ή θερμόφιλα.

Στην πράξη, οι βιομηχανικές μονάδες παραγωγής βιοαερίου σχεδιάζονται για να λειτουργούν είτε σε μεσόφιλες είτε σε θερμόφιλες συνθήκες. Στην πρώτη περίπτωση η παρατηρείται μια ανοχή στις μεταβολές της τάξης $\pm 2^{\circ}\text{C}$, ενώ για τις θερμόφιλες συνθήκες η ανοχή είναι μικρότερη της τάξης $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (Κερατίωτης Χ. 2017).

Η θερμόφιλη αναερόβια χώνευση, έναντι της μεσόφιλης, παρουσιάζει μια σειρά πλεονεκτήματα, όπως:

- Επίτευξη μεγαλύτερου ρυθμού παραγωγής μεθανίου.
- Αυξημένος ρυθμός αντιδράσεων και συνεπώς μεγαλύτερο ποσοστό αποδόμησης της πρώτης ύλης.
- Καλύτερος διαχωρισμός της υγρής από τη στερεά φάση.
- Καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών.

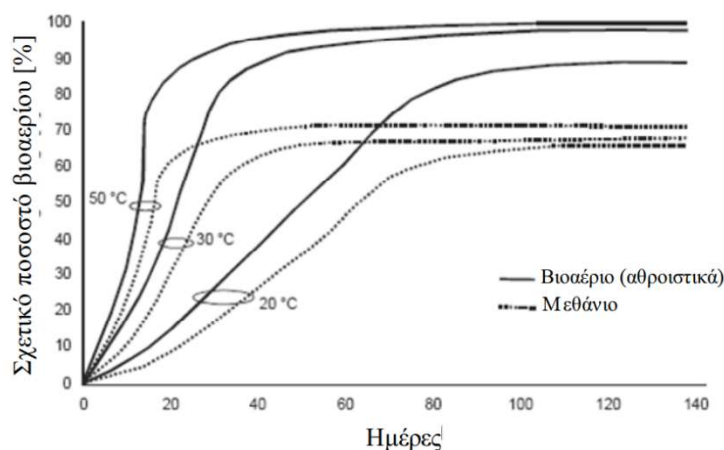
Όμως η θερμόφιλη αναερόβια χώνευση παρουσιάζει και πολλά μειονεκτήματα όπως ότι είναι οικονομικά ασύμφορη και δύσκολα εφαρμόσιμη, με δεδομένο ότι χαρακτηρίζεται από υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις. Επίσης υφίσταται πολύ υψηλή πιθανότητα δημιουργίας τοξικών ενώσεων εντός του χωνευτήρα με αποτέλεσμα την μείωση της παραγωγής του βιοαερίου. Ακόμη, ένα σημαντικό πρόβλημα που παρουσιάζουν τα συστήματα αυτά είναι, η μειωμένη ευστάθεια που δύναται να προκύψει κυρίως λόγω των πιθανών απότομων μεταβολών της θερμοκρασίας, οι οποίες

πολλές φορές επιδρούν καταστροφικά στη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης παρά το γεγονός ότι οι μεθανογόνοι μικροοργανισμοί αντέχουν σε ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα θερμοικά στάδια, καθώς και οι χαρακτηριστικοί χρόνοι παραμονής του υποστρώματος εντός του βιοαντιδραστήρα καθώς έχει διαπιστωθεί μια άμεση συσχέτιση μεταξύ τους.

Πίνακας 15: Θερμικά στάδια και χαρακτηριστικοί χρόνοι παραμονής (Sioulas, K., et al., 2009)

Θερμικό στάδιο	Θερμοκρασίες διεργασίας	Ελάχιστος χρόνος παραμονής
ψυχρόφιλη	< 20 °C	70 έως 80 ημέρες
μεσόφιλη	30 έως 42 °C	30 έως 40 ημέρες
θερμόφιλη	43 έως 55 °C	15 έως 20 ημέρες



Σχήμα 14 Σχετικοί ρυθμοί παραγωγής βιοαερίου ανάλογα με τη θερμοκρασία και το χρόνο παραμονής (Σιούλας Κ. κ.α., 2008).

Έτσι καθώς η σταθερότητα της θερμοκρασίας επιδρά καθοριστικά στη διαδικασία της Αναερόβιας Χώνευσης, η θερμοκρασία διεργασίας οφείλει να είναι ελεγχόμενη και συνήθως παρέχεται από ενδοδαπέδια ή επιτοίχια συστήματα θέρμανσης εντός του χωνευτήρα για να διασφαλίζεται η σταθερότητα της.

5.6.2 Οξύτητα (pH)

Η ρύθμιση του pH έχει σημαντικό ρόλο κατά την απόδοση των διεργασιών της ΑΧ, ιδίως για μεθανογόνα βακτήρια, που παρουσιάζουν ιδιαίτερη ευαισθησία στις απότομες αλλαγές του. Αντιθέτως, η επίδραση του pH στα οξεογόνα βακτήρια είναι μικρότερη, καθώς αυτά είναι περισσότερο ανθεκτικά και συνεπώς επηρεάζονται λιγότερο. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι τα περισσότερα μεθανογόνα βακτήρια αναπτύσσονται και λειτουργούν χωρίς να υπάρχουν προβλήματα όταν το pH κυμαίνεται μεταξύ 6.7 και 7.4, με το βέλτιστο εύρος του pH να κυμαίνεται στα επίπεδα από 7.0 έως

7.2, ενώ για pH κοντά στο 6, η δραστηριότητα των μεθανογόνων μικροοργανισμών περιορίζεται σημαντικά (Bitton G., 2005).

Στις περιπτώσεις όπου υπάρχουν αποκλίσεις από την περιοχή του βέλτιστου pH, υπάρχει μεγάλη παραγωγή και συσσώρευση όξινων, είτε βασικών προϊόντων, όπως είναι τα λιπαρά οξέα και η αμμωνία αντίστοιχα από τα όξινα ανθρακικά ανιόντα (HCO_3), τα οποία παράγονται κατά τη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης, καθώς επίσης και από την κατανάλωση των παραγόμενων οξέων, από τα οξυγονόνα και μεθανογόνα βακτήρια (Ζαριφίδη Κ., 2017).

Αντίστοιχα, όταν η αλκαλικότητα βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα, τότε το σύστημα χάνει την αυτορυθμιστική του ικανότητα και επομένως περιορίζεται η παραγωγή μεθανίου, η οποία σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί ακόμη και να διακοπεί (Rittmann B et al., 2001).

5.6.3 Αλκαλικότητα

Η ολική αλκαλικότητα ενός αναερόβιου συστήματος, εκφράζεται συνήθως σε μιλιγραμμάρια ανθρακικού ασβεστίου ανά λίτρο (mgCaCO_3/l) και ρυθμίζεται από ουσίες, οι οποίες είτε παράγονται κατά τη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης, όπως είναι η παραγωγή όξινου ανθρακικού αμμωνίου (NH_4HCO_3) που προκύπτει από τη διάσπαση των πρωτεϊνών, είτε υπάρχουν στη τροφοδοσία του αρχικού μίγματος, όπως είναι το όξινο ανθρακικό ασβέστιο $\{\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2\}$, το όξινο ανθρακικό μαγνήσιο $\{\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2\}$, καθώς το όξινο ανθρακικό αμμώνιο (Μουκάζης, Ι., 2017).

5.6.4 Χημική σύσταση υποστρώματος AX

Από τους πλέον σημαντικούς παράγοντες που επιδρούν στον μικροβιακό πληθυσμό της αναερόβιας χώνευσης είναι η χημική σύσταση της τροφοδοσίας των πρώτων υλών. Έτσι προκειμένου να επιτευχθεί ομαλή και βέλτιστη λειτουργία της αναερόβιας χώνευσης, τα βακτήρια πέρα από τον άνθρακα (C), απαιτούν και άλλα στοιχεία, καθώς μέσω αυτών θα μπορέσουν να ικανοποιηθούν οι λειτουργικές τους ανάγκες και κατ' επέκταση, η μικροβιακή δραστηριότητα μπορεί να βρίσκεται σε ικανοποιητικά επίπεδα. Τα πλέον σημαντικά στοιχεία είναι το άζωτο (N), καθώς και φώσφορος (P), τα οποία και αποτελούν θρεπτικά συστατικά, όπως επίσης και το θείο (S). Η βέλτιστη αναλογία των θρεπτικών στοιχείων άνθρακα, αζώτου, φωσφόρου, και θείου (C:N:P:S) είναι 600:15:5:1 (Sioulas, K., et al., 2009). Επομένως, είναι πολύ σημαντικό να είναι γνωστά τα χαρακτηριστικά του υποστρώματος της AX, για ένα σωστό σχεδιασμό των διεργασιών αναερόβιας χώνευσης.

Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να τονιστεί ότι όλο το φάσμα της οργανικής ύλης, μπορεί να αποσυντεθεί υπό αναερόβιες συνθήκες, ενώ ο βαθμός αποσύνθεσης μπορεί να αυξηθεί κατά περίπτωση με ποικίλους τρόπους. Εξαιρέση συνιστά η λιγνίνη, η οποία θεωρείται ότι και είναι μη αποικοδομήσιμη και στις περιπτώσεις αυτές συνήθως δεν επιτυγχάνεται πλήρη απομάκρυνση του οργανικού υλικού.

Ακόμη, σημαντικός παράγοντας θεωρείται και η αναλογία C:N σε ένα υλικό, έτσι ώστε να υπάρχει επαρκής μικροβιακή ανάπτυξη, όπως παρουσιάζεται αναλυτικά στη συνέχεια (Χρυσογιάννη Μ., 2019).

5.6.5 Λόγος C/N

Η σχετική περιεκτικότητα άνθρακα και αζώτου που περιέχονται σε ένα οργανικό υλικό, αποτυπώνεται ως λόγος άνθρακα/αζώτου (C/N), με τη βέλτιστη τιμή για την Αναερόβια Χώνευση να κυμαίνεται στα επίπεδα μεταξύ 20 και 35 [Lee et al., (2009); Mathew et al., (2014)]. Στις περιπτώσεις όπου ο λόγος αυτός είναι μεγαλύτερος, το N καταναλώνεται με ταχύτερο βαθμό, σε σχέση με τα μεθανογενή βακτήρια, προκειμένου να καλυφθούν οι απαιτήσεις σε πρωτεΐνες, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα να μην μπορεί να γίνει αντίδραση με τον υπολειπόμενο C στο υλικό και να καταστέλλεται η παραγωγή βιοαερίου. Αντίστοιχα, στις περιπτώσεις που ο λόγος αυτός είναι πολύ χαμηλός, η περίσσεια N συσσωρεύεται με τη μορφή NH₃, αυξάνοντας το pH της διεργασίας. Προκειμένου να διατηρηθεί ο λόγος σε αποδεκτά επίπεδα, θα πρέπει να γίνει ανάμειξη των υποστρωμάτων χαμηλού C/N με υλικά υψηλού C/N (Μπουσκούτας Χ.,2017).

5.6.6 Μέγεθος κλάσματος υποστρώματος

Η επιφάνεια του υποστρώματος αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την αποτελεσματικότητα της χώνευσης, καθώς η μικρότερη διάσταση των τεμαχίων του υποστρώματος οδηγεί σε μεγαλύτερη επιφάνεια επί της οποίας μπορούν να δράσουν τα βακτήρια. Επομένως, συνήθως γίνεται η πολτοποίηση και τεμαχισμός του υποστρώματος πριν από την εισαγωγή του στον χωνευτή, προκειμένου να διευκολυνθεί η διαδικασία της αποσύνθεσης από τα βακτήρια.

5.6.7 Περιεκτικότητα επί ξηρού

Για να επιτραπεί στα βακτήρια να αποσυνθέσουν το υπόστρωμα, είναι αναγκαίο να έχει μια συγκεκριμένη περιεκτικότητα σε ξηρό περιεχόμενο, η οποία δεν θα πρέπει να ξεπερνά το 50%. Ωστόσο, για να μπορέσει να διαχειριστεί και να αντληθεί το υπόστρωμα, η περιεκτικότητα αυτή πρέπει να περιοριστεί σε 8-10% (Χρυσογιάννη Μ.,2019).

5.6.8 Πτητικά λιπαρά οξέα (VFA).

Η ευστάθεια της διεργασίας της Αναερόβιας Χώνευσης επηρεάζεται από τη συγκέντρωση των ενδιάμεσων προϊόντων, όπως είναι τα πτητικά λιπαρά οξέα (VFA). Τα πτητικά λιπαρά οξέα είναι ενδιάμεσες ενώσεις, οι οποίες παράγονται κατά τη διάρκεια της οξικογένεσης, με μια αλυσίδα άνθρακα από έξι ή και λιγότερα άτομα. Στις περισσότερες περιπτώσεις, αστάθεια στη διεργασία δύναται να οδηγήσει στη συσσώρευση VFA μέσα στο χωνευτή και αυτό μπορεί να οδηγήσει σε πτώση της τιμής του pH (Μπουσκούτας Χ.,2017).

5.6.9 Τοξικές ουσίες χημικά στοιχεία

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι τοξικές ουσίες που υπάρχουν στα προς χώνευση υλικά δύναται να προέρχονται από διάφορες πηγές. Για παράδειγμα τα απόβλητα μπορεί να περιέχουν, είδη καθαρισμού, απορρυπαντικά διαλυτικά, φάρμακα, συντηρητικά, ή άλλες ουσίες που δεν μπορούν να αποδομηθούν.

Γενικά τα αναερόβια βακτήρια είναι πολύ ευαίσθητα σε πολλές από τις τοξικές ουσίες. Από τους μικροοργανισμούς που συμμετέχουν στην αναερόβια χώνευση, τα μεθανογόνα βακτήρια θεωρείται ότι είναι πιο ευαίσθητα στην τοξικότητα (Ιωαννίδης, Π., 2021).

Οι κυριότερες τοξικές ενώσεις ή στοιχεία που δρουν αποτρεπτικά στη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης είναι:

Αμμωνία

Η μη ιονισμένη μορφή της αμμωνίας (NH_3) θεωρείται εξαιρετικά τοξική για τα μεθανογόνα βακτήρια, ενώ σε συγκεντρώσεις που ξεπερνούν τα 3000 μιλιγραμμάρια στο λίτρο επέρχεται πλήρης αναστολή της διεργασίας της ΑΧ.

Οξυγόνο

Οι μικροοργανισμοί που προκαλούν την παραγωγή μεθανίου (μεθανογόνοι) είναι αυστηρά αναερόβιοι, οπότε η παρουσία ακόμα και μικρών ποσοτήτων οξυγόνου μπορεί να εμποδίσει την ανάπτυξή τους και να αποτρέψει την ομαλή λειτουργία της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης.

Ωστόσο, μελέτες αναφέρουν πως μερικά είδη μικροοργανισμών όπως *Methanobrevibacter arboriphilus*, *Methanobacterium thermoautotrophicum* και *Methanosarcina barkeri* έχουν την ικανότητα να αντέξουν την έκθεση στο οξυγόνο για μερικές ώρες έως και μία μέρα (Kiener, A. et al. 1983).

Αρωματικές ενώσεις και Φορμαλδεΰδη-Χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες

Τα μεθανοβακτήρια παρεμποδίζονται σημαντικά εξαιτίας της ύπαρξης ανώτερων ουσιών.

Αλατότητα και ανόργανα στοιχεία

Σε συγκεντρώσεις που ξεπερνούν τα 0.2 M NaCl, η αλατότητα, μπορεί να δράσει παρεμποδιστικά στα μεθανογόνα βακτήρια.

Βαρέα μέταλλα

Ορισμένα από τα βαρέα μέταλλα, ειδικά όταν είναι σε διαλυτή μορφή ακόμη σε ελάχιστες συγκεντρώσεις, δρουν παρεμποδιστικά στη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης.

Υδρόθειο, θειούχα και θειικά ανιόντα

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι το υδρόθειο (H_2S), αλλά και γενικότερα τα θειούχα ιόντα (HS^- , S_2^-), είναι από τους πλέον ισχυρούς παρεμποδιστές της αναερόβιας χώνευσης. Αναφορικά με το υδρόθειο είναι τοξικό για τα μεθανογόνα βακτήρια, όταν η συγκέντρωση είναι μεγαλύτερη από 150-200 μιλιγραμμάρια στο λίτρο

Ενδιάμεσα μεταβολικά προϊόντα της αναερόβιας διεργασίας

Η ίδια διεργασία της αναερόβιας χώνευσης παράγει προϊόντα, τα οποία σε μεγάλες συγκεντρώσεις μπορεί να δράσουν αρνητικά στην ομαλή λειτουργία αυτής. Ειδικότερα, αυτά είναι τα ανώτερα λιπαρά οξέα, τα πτηνικά λιπαρά οξέα, τα οποία προκύπτουν στο στάδιο της οξεογένεσης και τα οποία περιέχουν ενώσεις, οι οποίες σε μεγάλες συγκεντρώσεις δρουν παρεμποδιστικά στην διεργασία της μεθανογένεσης

5.7 Παράμετροι ρύθμισης διεργασίας ΑΧ

5.7.1 Υδραυλικός χρόνος παραμονής (HRT)

Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής ορίζεται ως το μέσο χρονικό διάστημα κατά το οποίο διατηρείται το υπόστρωμα μέσα στη δεξαμενή του χωνευτήρα και συνδέεται άμεσα με τον όγκο του χωνευτήρα (VR), όπως επίσης και με τον όγκο του υποστρώματος που τροφοδοτείται στη μονάδα του χρόνου. Προκειμένου να υπάρξει διαστασιολόγηση του χωνευτήρα, θα πρέπει να υπάρξει αξιολόγηση του υδραυλικού χρόνου παραμονής (HRT) (Μπουσκούτας Χ., 2017).

Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής, ορίζεται με την εξίσωση που ακολουθεί:

$$HRT = VR / V$$

HRT : υδραυλικός χρόνος παραμονής [ημέρες]

VR : όγκος του χωνευτήρα [m³]

V : όγκος που τροφοδοτείται στη μονάδα του χρόνου [m³/d]

Από την ανωτέρα εξίσωση συμπεραίνουμε ότι, με την αύξηση του οργανικού φορτίου, περιορίζεται ο υδραυλικός χρόνος παραμονής. Παρόλο αυτά ο χρόνος παραμονής θα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλος, ώστε να εξασφαλίζεται ότι η ποσότητα των βακτηριδίων που αφαιρούνται κατά την έξοδο του χωνεμένου κατάλοιπου δεν είναι μικρότερη από την ποσότητα των βακτηριδίων που αναπαράγονται. Σημειώνεται δε ότι γενικώς ο μικρός χρόνος παραμονής παρέχει καλής ποιότητας-ποσότητας υπόστρωμα, αλλά παράλληλα όμως δίνει μειωμένη παραγωγή αερίου. Έτσι κρίνεται αναγκαίο να οριστεί για κάθε μονάδα παραγωγής βιοαερίου, ο βέλτιστος χρόνος παραμονής που θα είναι προσαρμοσμένος με το ρυθμό αποσύνθεσης του υποστρώματος.

Αναφέρεται ότι οι απαιτούμενοι χρόνοι παραμονής για την ολοκλήρωση των αντιδράσεων των βιολογικών διεργασιών μπορεί να ποικίλουν ανάλογα με το είδος του αποβλήτου, το ρυπαντικό φορτίο, το επιθυμητό αποτέλεσμα και τέλος, την εφαρμοσμένη τεχνολογία και την κατάσταση του συστήματος επεξεργασίας (Vögeli, Y. et al. 2014).

5.7.2 Οργανική φόρτιση αναερόβιων συστημάτων επεξεργασίας

Ο ρυθμός φόρτισης (Organic Load Rate) κατά τη διαδικασία της αναερόβιας επεξεργασίας αποτελεί σημαντική παράμετρο για τη διατήρηση των σταθερών συνθηκών εντός του χωνευτήρα, δεδομένου ότι επηρεάζει κατά το μέγιστο τον υδραυλικό χρόνο παραμονής (HRT). Ουσιαστικά, η οργανική φόρτιση αποτελεί τον ρυθμό με τον οποίο παρέχεται το υπόστρωμα στους μικροοργανισμούς και ορίζεται ως η μάζα της οργανικής ύλης, εκφράζεται σε κιλά πτητικών αιωρούμενων στερεών, είτε σε κιλά χημικά απαιτούμενου οξυγόνου ανά μονάδα όγκου του αντιδραστήρα και ημέρα (Kangle K. et al. 2012) (Sioulas, K., et al., 2009).

Πρακτικά, με δεδομένο η βιωσιμότητα μιας μονάδας βιοαερίου στηρίζεται στο συμβιβασμό μεταξύ της μέγιστης παραγωγής βιοαερίου συνδυαστικά με την η επιλογή του συστήματος και το μέγεθος - τύπο

του χωνευτή, γίνεται κατανοητό ότι το οργανικό φορτίο θεωρείται μια υψίστης σημασίας παράμετρος λειτουργίας της μονάδας

Έτσι το οργανικό φορτίο αποτελεί ένα δείκτη λειτουργίας της μονάδας που επι της ουσίας δείχνει πόση οργανική ξηρή ουσία δύναται να τροφοδοτηθεί στο χωνευτή, ανά μονάδα όγκου και χρόνου. (Σιούλας Κ. κ.α., 2008).

Σημειώνεται ότι σε περίπτωση υπερφόρτωσης του χωνευτή, μπορεί να υπάρξει αύξηση της συγκέντρωσης των λιπαρών οξέων, οδηγώντας σε πτώση της τιμής του pH που με την σειρά του μπορεί να αποβεί ανασταλτικός παράγοντας στην όλη διαδικασία της μεθανογένεσης. Το οργανικό φορτίο ορίζεται από την παρακάτω εξίσωση: (Μακρίδη Λ. κ.α., 2019).

$$BR = m * c / VR$$

Όπου:

BR: οργανικό φορτίο (Organic Load) [kg/ημέρα*m³]

m: μάζα τροφοδοτούμενου υποστρώματος ανά μονάδα χρόνου [kg/ημέρα]

c: συγκέντρωση οργανικής ουσίας [%]

VR: όγκος του χωνευτή [m³]

6. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ

Η αναερόβια χώνευση και η παραγωγή – εκμετάλλευση του βιοαερίου χρησιμοποιείται ευρέως πλέον στις σύγχρονες κοινωνίες για ένα μεγάλο φάσμα οργανικών αποβλήτων στα οποία ένα μεγάλο μέρος από αυτά είθισται να είναι τα κτηνοτροφικά – ζωικά απόβλητα και υποπροϊόντα αυτών. Η διαδικασία αυτή έχει ως στόχο την παραγωγή ενέργειας και σταθεροποιημένου κομπόστ, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα ή εδαφοβελτιωτικό.

Επίσης η αναερόβια χώνευση χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό, προκειμένου να επιτευχθεί σταθεροποίηση και ποσοτική μείωση πληθώρας οργανικών αποβλήτων όπως της πρωτοβάθμιας ή και δευτεροβάθμιας λυματολάσπης, για την περαιτέρω επεξεργασία και διαχείριση των οργανικών στερεών και υγρών αποβλήτων προερχόμενα από μονάδες επεξεργασίας τροφίμων–ποτών, μονάδες επεξεργασίας κρέατος, από κτηνοτροφικές, αλλά και για την κατεργασία του οργανικού κλάσματος των αστικών στερεών αποβλήτων.

Επιπροσθέτως θα πρέπει να επισημανθεί ότι η ανάκτηση του βιοαερίου από τις χωματερές αποτελεί μια ειδική εφαρμογή που λαμβάνει χώρα τα τελευταία χρόνια κατά την οποία οι χωματερές μπορούν να θεωρηθούν ως μεγάλες αναερόβιες εγκαταστάσεις. Το αέριο χωματερός έχει παρόμοια σύνθεση με το βιοαέριο, αλλά μπορεί να περιέχει και τοξικά αέρια καθώς η ποιότητα των αποβλήτων είναι ποικιλόμορφη και ανεξέλεγκτη.

Έτσι έχουν αναπτυχθεί διάφοροι τύποι χωνευτήρων (βιοαντιδραστήρες), που διαφοροποιούνται ως προς τις αρχές λειτουργίας και τα τεχνικά - λειτουργικά χαρακτηριστικά αυτών

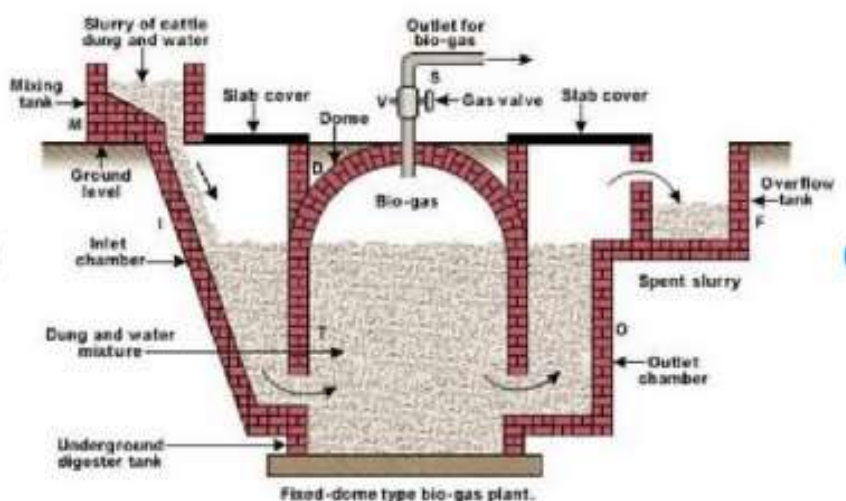
6.1 Αντιδραστήρα σταθερού θόλου (fixed-dome reactor)

Αρχικά θα πρέπει να αναφερθεί ότι ο αντιδραστήρα σταθερού θόλου, συνίσταται από έναν κύριο κυλινδρικό χώρο, που είναι κατασκευασμένος από τούβλα ή σκυρόδεμα. Το σχήμα της οροφής είναι θολωτό και βρίσκονται σε επίπεδο κάτω από το έδαφος. Για την εισροή των αποβλήτων (υποστρώματος) στο χωνευτή υπάρχουν δύο ανοίγματα υπό κλίση πάνω από το έδαφος που είναι αντιδιαμετρικά τοποθετημένα. Σε αυτούς τους τύπους χωνευτών συνήθως στην κορυφή της θολωτής οροφής τοποθετείται ένας σωλήνα, για την έξοδο του βιοαερίου από τον χωνευτήρα (Μπουσκούτας Χ.,2017).

Το παραγόμενο βιοαέριο και η συσσώρευση αυτού εντός του χωνευτήρα, ασκεί πίεση στο υπό χώνευση υπόστρωμα και αποτελεί μια παράμετρο η οποία θα πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά το σχεδιασμό του συστήματος, προκειμένου να αποφευχθούν τα φαινόμενα υπερχειλίσης. Ο τυπικός HRT για τέτοιους τύπους αντιδραστήρων είναι 50 ημέρες. Το παλαιότερο υπόστρωμα με δεδομένο ότι έχει υποστεί αποσύνθεση είναι ελαφρύτερο από το νεοεισερχόμενο, και γενικώς βρίσκεται στα ανώτερα επίπεδα του υποστρώματος. Επομένως, το νεοεισερχόμενο υπόστρωμα με τη πίεση που δέχεται από το αέριο, καθώς και από το χωνεμένο τμήμα της διεργασίας είναι αυτό που θα βγει πρώτο από το σημείο εκροής και ως εκ τούτου πρέπει να φέρει ειδικό σχεδιασμό.

Μεγάλο πλεονέκτημα για τους αντιδραστήρες σταθερού θόλου αποτελεί το γεγονός ότι χαρακτηρίζονται από την απουσία κινούμενων μελών (αναδευτήρες) γεγονός που τους προσδίδει μεγάλη διάρκεια ζωής, και χαμηλό κόστος κατασκευής ενώ παράλληλα τους καθιστά ιδανικούς ακόμα

και για οικιακή αξιοποίηση. Επιπροσθέτως λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι όλη σχεδόν εγκατάσταση είναι υπόγεια, πέρα από την αποφυγή περιβαλλοντικών οχλήσεων επιτυγχάνεται εξοικονόμηση χώρου αλλά και σταθερότητα στην θερμοκρασία εντός αυτού. Το μεγάλο μειονέκτημα τους είναι οι σημαντικές διακυμάνσεις της πίεσης του εξερχόμενου βιοαερίου με αποτέλεσμα πολλές φορές να γίνεται ανέφικτη η αξιοποίηση του σε οποιαδήποτε μηχανή μετατροπής ενέργειας. (Μπουσκούτας Χ.,2017).

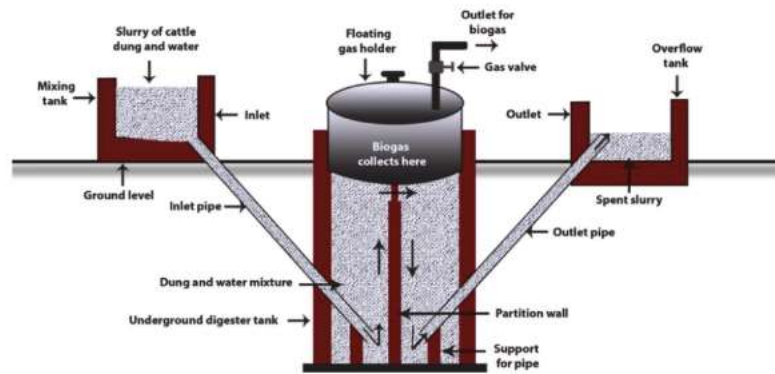


Σχήμα 15: Αντιδραστήρα σταθερού θόλου (<https://www.researchgate.net>)

6.2 Αντιδραστήρας κινητού θόλου (floating dome reactor)

Ο αντιδραστήρα κινητού θολού αποτελείται από δύο κυρίως τμήματα, τη δεξαμενή χώνευσης και το χώρο αποθήκευσης του βιοαερίου που είναι συνήθως κεντρικά εδρασμένος. Η παραχθείσα ποσότητα αερίου είναι εμφανής από την υψομετρική διαφορά του θόλου.

Η αρχή λειτουργίας του και ο γενικός σχεδιασμός του είναι πανομοιότυπα με αυτή του σταθερού θόλου. Η βασική διαφορά τους είναι ότι ο χώρος αποθήκευσης του αερίου, περιστρέφεται κινείται ελεύθερα στον κατακόρυφο άξονά του και λόγω της κίνησης αυτής, επιτυγχάνεται η ανάδευση του υποστρώματος, ενώ παράλληλα εξαλείφεται εύκολα ο αφρός που δημιουργείται στις άκρες του. Το βασικό πλεονέκτημα του συγκριτικά με τον χωνευτήρα σταθερού θόλου, είναι ότι λόγω της κατακόρυφης κίνησής του και του βάρους του θόλου, δεν εμφανίζονται απαγορευτικές διακυμάνσεις στις πιέσεις, και γενικώς το παραγόμενο βιοαέριο χαρακτηρίζεται από σταθερές πιέσεις και καθιστά ευκολότερη την εκμετάλλευσή του σε μηχανές καυσίμου. Ομοίως με τον αντιδραστήρα σταθερού θολού η δομή και η λειτουργία του είναι απλές

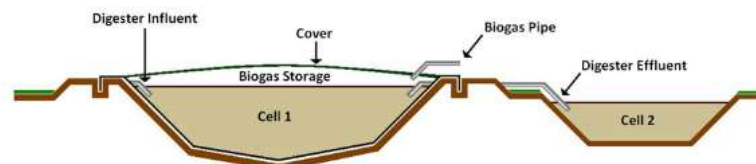


Σχήμα 16 Σχήμα 5.2: Αντιδραστήρας κινητού θόλου (<https://www.researchgate.net>)

6.3 Χωνευτής καλυμμένης λίμνης (covered lagoon digester)

Αυτός ο τύπος χωνευτή είναι μια συνήθη αναερόβια λίμνη, που είναι καλυμμένη με ένα αδιαπέραστο και ανθεκτικό κάλυμμα, που παγιδεύει το παραγόμενο βιοαέριο και αποτελεί την απλούστερη μορφή αναερόβιου χωνευτή. Η λειτουργία τους ενδείκνυται κυρίως για υγρά ή υδαρή απόβλητα με πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις στερεών, περίπου 2% .

Η διαδικασία της μεθανογένεσης και η παραγωγή μεθανίου επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τη θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος, και για τον λόγο αυτό θεωρείται ακατάλληλη για ψυχρά κλίματα. Επίσης η μεγάλη έκταση που απαιτείται για την εγκατάστασή της σε συνδυασμό με τη δυσκολία του ελέγχου λειτουργίας αυτής και της μετέπειτα αξιοποίησης του παραγόμενου βιοαέριου σε οποιαδήποτε μηχανή μετατροπής ενέργειας αποτελούν τα κύρια μειονεκτήματα της



Σχήμα 17: Χωνευτής καλυμμένης λίμνης (<https://www.epa.gov>)

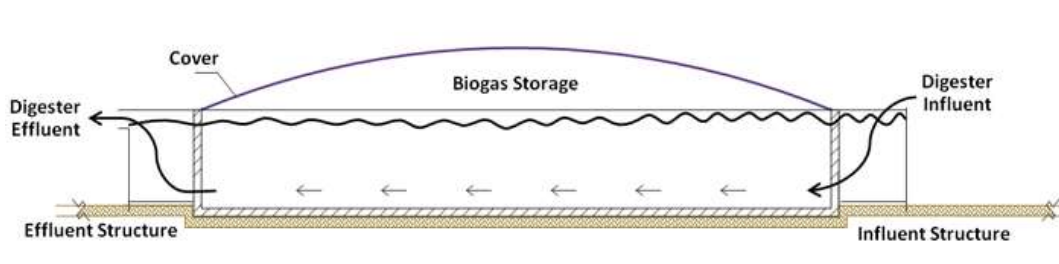
6.4 Χωνευτής στρωτής ροής (plug-flow reactor)

Οι χωνευτές στρωτής ροής είναι οριζόντιες μακρόστενες κυλινδρικές ή ορθογωνικές δεξαμενές κατασκευασμένες από σκυρόδεμα ή ασφάλι με αεροστεγές ελαστικό κάλυμμα ώστε να διατηρεί υπό πίεση το παραγόμενο βιοαέριο. Η είσοδος της πρώτης ύλης γίνεται από τη μια μεριά του αντιδραστήρα και εξέρχεται από το σωλήνα εκροής στην άλλη άκρη του, διανύοντας όλο το μήκος του αντιδραστήρα κατά τη διάρκεια της χώνευσης.

Οι χωνευτές στρωτής ροής δύναται να έχουν σχήμα U, και στην περίπτωση αυτή οι σωλήνες εκροής και εισροής βρίσκονται στην ίδια μεριά.

Συνήθως δεν εξοπλίζονται με αναδευτήρες, και για τον λόγο αυτό απαιτείται να προηγηθεί μέσα σε άλλες δεξαμενές ανάμειξη της πρώτης ύλης με νερό για να ομογενοποιηθεί το μείγμα. Επίσης εντός του αντιδραστήρα δύναται να εγκατασταθεί σύστημα θέρμανσης, ώστε να λειτουργεί σε μεσόφιλο ή και θερμόφιλο περιβάλλον. Η εγκατάστασή τους, λόγω των υλικών κατασκευής τους γίνεται είτε

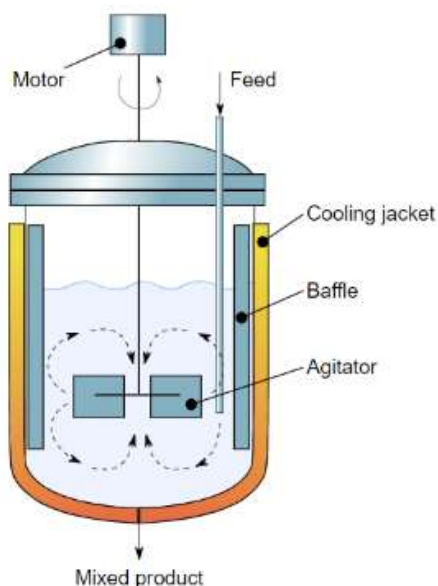
υπέργεια είτε υπόγεια, ενώ χρησιμοποιούνται υλικά θερμομόνωσης για αποφυγή απωλειών θερμότητας. Ένας τυπικός HRT για τέτοιους αντιδραστήρες είναι 15-30 ημέρες (Μπουσκούτας Χ.,2017).



Σχήμα 18: Αντιδραστήρας Plug-Flow (<https://www.epa.gov>)

6.5 Αντιδραστήρας πλήρους ανάδευσης (CSTR)

Οι CSTR χωνευτές (Continuously Stirred Tank Reactor) είναι κυλινδρικές υπέργειες δεξαμενές. Στην οροφή τους φέρουν ελαστικό ή σταθερό κάλυμμα για την αποθήκευση του παραγόμενου βιοαερίου. Λειτουργεί μόνος του ή σε συστοιχία με άλλους αντιδραστήρες. Η είσοδος και έξοδος του υποστρώματος προς χώνευση γίνεται είτε με φυσικό τρόπο, μέσω της βαρύτητας, είτε με μηχανικό τρόπο με τη χρήση αντλιών. Στο εσωτερικό τους, είναι εξοπλισμένοι με έναν ή και περισσότερους αναδευτήρες, οι οποίοι εξασφαλίζουν την ομογενοποίηση του μίγματος και κατά επέκταση την αύξηση της παραγωγής αερίου. Σε αυτούς τους αντιδραστήρες επιτυγχάνεται η ρύθμιση θερμοκρασίας (ισοθερμοκρασιακές συνθήκες) καθώς συνήθως φέρουν στο εσωτερικό τους ηλεκτρικές αντιστάσεις ή εναλλάκτες θερμότητας (Μπουσκούτας Χ.,2017).



Σχήμα 19: Αντιδραστήρας CSTR (<https://upload.wikimedia.org>)

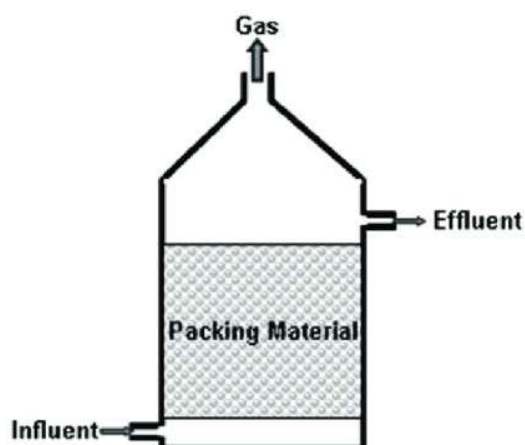
6.6 Αντιδραστήρας Fixed Film

Αυτού του είδους οι χωνευτές είναι κατακόρυφες ή οριζόντιες στήλες που στο εσωτερικό τους έχει γεμιστεί με κάποιο μέσο προσρόφησης, όπως ροκανίδια, ή μικρούς πλαστικούς δακτυλίους και

ενδείκνυται για την χώνευση υδαρών αποβλήτων (συνήθως κοπριά). Στο μέσο πλήρωσης προσκολλώνται οι μεθανογενείς οργανισμοί, όπου παραμένουν και αναπτύσσονται. Τα απόβλητα προς χώνευσης που τροφοδοτούνται μέσω αντλίας από το κάτω μέρος του χωνευτή, διέρχονται από το μέσο πλήρωσης, όπου ενεργοποιούνται οι μικροοργανισμοί και πραγματοποιούν τη χώνευσή του. Το χωνεμένο υπόλειμμα εν συνεχεία, εξέρχεται του χωνευτή, ενώ οι μικροοργανισμοί παραμένουν στη θέση τους.

Το μεγάλο πλεονέκτημα τους αποτελεί η ταχύτητα της διεργασίας (χώνευση) καθώς η λειτουργία τους χαρακτηρίζεται με HRT μικρότερο των 5 ημερών. Βασικό μειονέκτημα της τεχνολογίας αυτής είναι ότι δεν ενδείκνυται για στερεά απόβλητα καθώς η στερεά μορφή αυτών δύναται να επικαθίσει πάνω στο εκάστοτε μέσο πλήρωσης και να περιορίσει την απόδοση της χώνευσης.

Έτσι καθώς η απόδοση του συστήματος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ύπαρξη στέρεων σωματιδίων στο μείγμα εισόδου, αποτελεί πλέον συνήθης τακτική να προηγείται ένας διαχωριστής υγρών-στερεών για την αφαίρεση κάποιων στερεών σωματιδίων πριν την εισροή του υποστρώματος, Μια τυπική τιμή περιεκτικότητας ολικών στερεών στο μείγμα εισόδου είναι 1 έως 5% (Μπουσκούτας Χ.,2017).



Σχήμα 20.: Αντιδραστήρας fixedfilm (<https://www.researchgate.net>)

6.7 Αντιδραστήρας αιωρούμενων σωματιδίων

Είναι κυλινδρικά δοχεία στο εσωτερικό των οποίων τα απόβλητα προς χώνευση κινούνται προς τα άνω. Η λειτουργία τέτοιου είδους αντιδραστήρων στηρίζεται σε κοκκώδη σωματίδια υποστρώματος, στην επιφάνεια των οποίων προσκολλούνται οι μικροοργανισμοί. Το υπόστρωμα (απόβλητα κυρίως υγρά) οδηγείται στον πυθμένα και κινείται ανοδικά μέσω ενός στρώματος αναερόβιας λάσπης (sludge bed) γίνεται και η και η χώνευση αυτού.

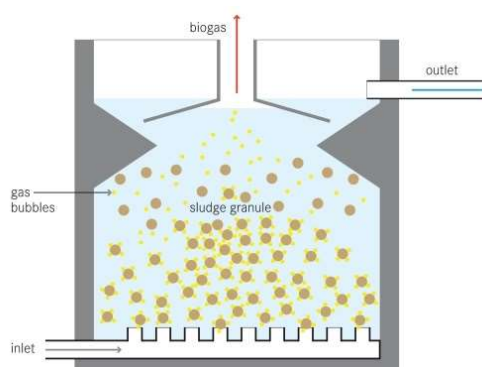
Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι αντιδραστήρων αιωρούμενων σωματιδίων, ο UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) και ο IBR (Induced Blanket Reactor).

Και στους δύο τύπους αντιδραστήρων, στο άνω τμήμα τους τοποθετείται συλλέκτης βιοαερίου σχήματος χοάνης.

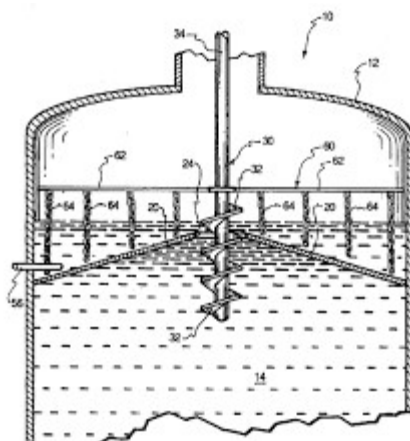
Κατά τη λειτουργία τους, δημιουργείται ένα στρώμα κοκκώδους ιλύος στο κάτω μέρος της δεξαμενής. Το υγρό που περιέχει την πρώτη ύλη ρέει προς τα πάνω, διαπερνώντας αυτό το στρώμα, και καταλήγει στο πάνω μέρος της δεξαμενής όπου υφίσταται χώνευση.

Στον αντιδραστήρα σχηματίζονται συσσωματώματα (granules) και η μεγάλη συγκέντρωση κόκκων στα απόβλητα προς δυσχεραίνει την διαδικασία παραγωγής βιοαέριου. Στην περίπτωση που συγκέντρωση των κόκκων είναι μικρή δε γίνεται πλήρης χώνευση και μπορεί να εμφανιστεί και έκλυση του μικροβιακού πληθυσμού.

Ο UASB ενδείκνυται για υγρή πρώτη ύλη (ποσοστό στερεών μικρότερο από 3%) ενώ ο IBR λειτουργεί βέλτιστα σε μεγαλύτερες περιεκτικότητες (6-12%)% (Μπουσκούτας Χ.,2017).



Σχήμα 21 Αντιδραστήρας αιωρούμενων σωματιδίων, τύπου UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) (<https://en.wikipedia.org>)



Σχήμα 22 Αντιδραστήρας, τύπου IBR (Induced Sludge Bed Anaerobic Reactor) (Hansen, C.L. et. al. 2005)

6.8 Χωνευτές – Συντήρηση

Μέτρα αποφυγής των ιζημάτων στο χωνευτή

Οι χωνευτήρες μπορούν να συσσωρεύουν ιζήματα βαρέων υλικών στο εσωτερικό τους, όπως άμμος ή άλλα μη χωνευόμενα υλικά. Αν και πολλά από αυτά τα υλικά μπορούν να περιοριστούν και να αφαιρεθούν στη φάση της προ-αποθήκευσης ή κατά την τροφοδοσία των αποβλήτων εισόδου, η άμμος είναι δύσκολο να διαχωριστεί από τις οργανικές ουσίες και μπορεί να προσκολληθεί στενά με αυτές.

Η μεγάλη συσσώρευση άμμου μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στους χωνευτήρες, καθώς μειώνει τον ενεργό όγκο τους και μπορεί να προκαλέσει ζημιές στα συστήματα ανάδευσης, στις αντλίες και στους εναλλάκτες θερμότητας. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μείωση παραγωγής βιοαερίου, ρύπανση μέσα στον αντιδραστήρα, αποφράξεις και σημαντική φθορά στις εγκαταστάσεις. Για να αποφευχθούν τέτοιου είδους προβλήματα, μπορεί να γίνει συνεχής αφαίρεση των στρωμάτων ιζήματος από τους χωνευτές με τη χρήση αυλακιών ή επιδαπέδιας αποχέτευσης .

Σημειώνεται ότι αν δεν αφαιρούνται τα στρώματα ιζήματος σε τακτικά χρονικά διαστήματα, τότε αυτά σκληραίνουν και απαιτείται βαρύς εξοπλισμός για την αφαίρεσή τους.

Για την ελαχιστοποίηση των προβλημάτων που προκαλούνται από τα ιζήματα συστήνεται :

- Τακτική εκκένωση – καθαρισμός των δεξαμενών προ-αποθήκευσης.
- Χρήση συχνής και επαρκούς ανάδευσης στις δεξαμενές προ αποθήκευσης αλλά και στους χωνευτήρες.
- Σωστή τοποθέτηση βάσεων των σωλήνων άντλησης για να αποφευχθεί η μεταφορά της της άμμου.

Μέτρα κατά της δημιουργίας στρωμάτων αφρού

Η παρουσία στρωμάτων αφρού και υλικών που επιπλέουν στην επιφάνεια του χωνευτή μπορεί να οφείλεται σε διάφορους παράγοντες, όπως ο τύπος της πρώτης ύλης και η αστάθεια της διαδικασίας χώνευσης. Αυτά τα στρώματα μπορούν να προκαλέσουν απόφραξη στις γραμμές αερίου άλλα και προβλήματα. Για να μειωθούν αυτά τα προβλήματα, μπορούν να ληφθούν τα εξής μέτρα:

- Χρησιμοποίηση πρώτης ύλης με σταθερές ιδιότητες για να μειωθεί η πιθανότητα δημιουργίας αφρού.
- Ρύθμιση της διαδικασίας χωνέματος ώστε να αποτραπεί η ανάδευση της νέο-εισερχόμενης πρώτης ύλης με τον αέρα και να μειωθεί η πιθανότητα δημιουργίας αφρού.
- Χρήση συστημάτων ελέγχου της διαδικασίας για να διασφαλιστεί ότι η πρώτη ύλη εισέρχεται στον χωνευτή με τον σωστό ρυθμό και τη σωστή πίεση.
- Καθαρισμός του χωνευτή από υφιστάμενα στρώματα αφρού και επιπλεόντων υλικών.
- Χρήση παγίδων αφρού στις εξόδους των δεξαμενών αποθήκευσης αποβλήτων, ώστε να εμποδίζεται η διείσδυση του αφρού στο χωνευτή.
- Εγκατάσταση αισθητήρα αφρού που θα εκκινεί αυτόματα ψέκασμα ενός επιβραδυντή αφρού στον χωνευτή.

7 ΚΥΡΙΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Η παραγωγή βιοαερίου από την ΑΧ έχει γίνει δημοφιλής στη σύγχρονη κοινωνία και θεωρείται βιώσιμη και φιλική προς το περιβάλλον λύση στην επεξεργασία των οργανικών αποβλήτων. Το βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας, όπως η θέρμανση και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, η διαδικασία της ΑΧ βελτιώνει τα χαρακτηριστικά του υποστρώματος, καθιστώντας το καλύτερο για χρήση ως λίπασμα ή εδαφοβελτιωτικό.

Αναλόγως της προέλευσης της πρώτης ύλης (οργανικά απόβλητα), οι μονάδες αναερόβιας χώνευσης και παραγωγής βιοαερίου κατηγοριοποιούνται ως εξής :

- Αγροτικές
- Βιομηχανικές
- Λοιπές εγκαταστάσεις (ΕΕΛ, ΧΥΤΑ)

7.1 Αγροτικές εγκαταστάσεις βιοαερίου

Η παραγωγή βιοαερίου στις αγροτικές εγκαταστάσεις επικεντρώνεται στην επεξεργασία αποβλήτων που προέρχονται από τη γεωργική παραγωγή και την κτηνοτροφία. Η πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται συνήθως είναι ζωικά και φυτικά απόβλητα και υποπροϊόντα αυτών, όπως ζωικά περιττώματα και πολτοί (σε υγρή και στερεή μορφή), υπολείμματα από συγκομιδές λαχανικών και άλλων γεωργικών προϊόντων, ενσιρώματα ενεργειακών καλλιιεργειών, κτλ. Συνήθως, τα περιττώματα και οι πολτοί από βοοειδή και χοίρους αποτελούν τη βασική πρώτη ύλη των περισσότερων αγροτικών εγκαταστάσεων βιοαερίου, καθώς και η κοπριά από πτηνοτροφεία.

Σύμφωνα με το σχετικό τους μέγεθος, λειτουργία και θέση, υπάρχουν τρεις κύριες κατηγορίες αγροτικών εγκαταστάσεων ΑΧ:

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

7.1.1 Εγκαταστάσεις βιοαερίου οικογενειακής κλίμακας

Αυτές οι εγκαταστάσεις χρησιμοποιούν απλές τεχνολογίες για να παράγουν βιοαέριο, το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως για μαγείρεμα και φωτισμό αντικαθιστώντας την ανάγκη για ζήτηση παραδοσιακών καύσιμων όπως το ξύλο και το άνθρακα. Τέτοιου είδους εγκαταστάσεις βιοαερίου χρησιμοποιούν εκατομμύρια οικογένειες στην Ασία.

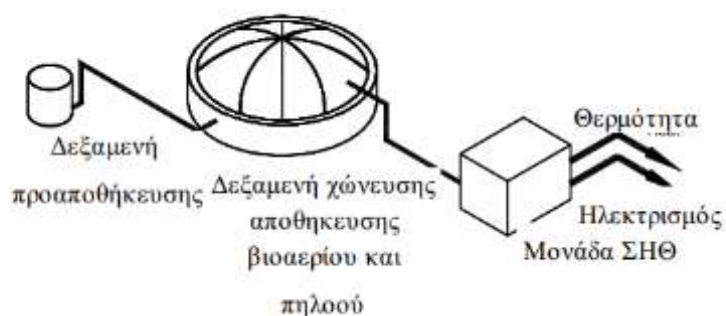
Η πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται σε αυτές τις εγκαταστάσεις βιοαερίου προέρχεται κυρίως από τα νοικοκυριά και/ή τις αγροτικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες μικρής κλίμακας.

Οι χωνευτήρες που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις εγκαταστάσεις βιοαερίου είναι απλές κατασκευές, χαμηλού κόστους και εύκολης συντήρησης. Συνήθως δεν υπάρχουν όργανα ελέγχου και καμία εγκατάσταση θέρμανσης εντός των χωνευτηρίων.

7.1.2 Εγκαταστάσεις βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος

Μια εγκατάσταση βιοαερίου σε κλίμακα αγροκτήματος αποτελεί το βασικό εξοπλισμό της δραστηριότητας του αγροκτήματος ή της κτηνοτροφικής μονάδας και λειτουργεί ως σύστημα διαχείρισης των παραγόμενων αποβλήτων. Συχνά σε αυτές τις εγκαταστάσεις πραγματοποιείται η συγχώνευση και άλλων αποβλήτων πλουσίων σε μεθάνιο, όπως ελαιούχα απόβλητα, με σκοπό την αύξηση της απόδοσης του παραγόμενου βιοαερίου. Επιπλέον, είναι συνηθισμένο για τις εγκαταστάσεις βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος να δέχονται και να επεξεργάζονται απόβλητα από άλλα γειτονικά αγροκτήματα.

Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται στις εγκαταστάσεις βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος εξαρτάται από την ποσότητα και το είδος των αποβλήτων που πρέπει να διαχειριστούν. Οι σχεδιασμοί και το μέγεθος των εγκαταστάσεων διαφέρουν ανάλογα με την ποσότητα των αποβλήτων και την τεχνολογία που εφαρμόζουν. Έτσι κάποιες είναι πολύ απλές ως προς την εφαρμοσμένη τεχνολογία και μικρές ως προς το μέγεθος, ενώ άλλες είναι πολύ μεγάλες και σύνθετες, και παρομοιάζουν με τις κεντρικές εγκαταστάσεις συγχώνευσης

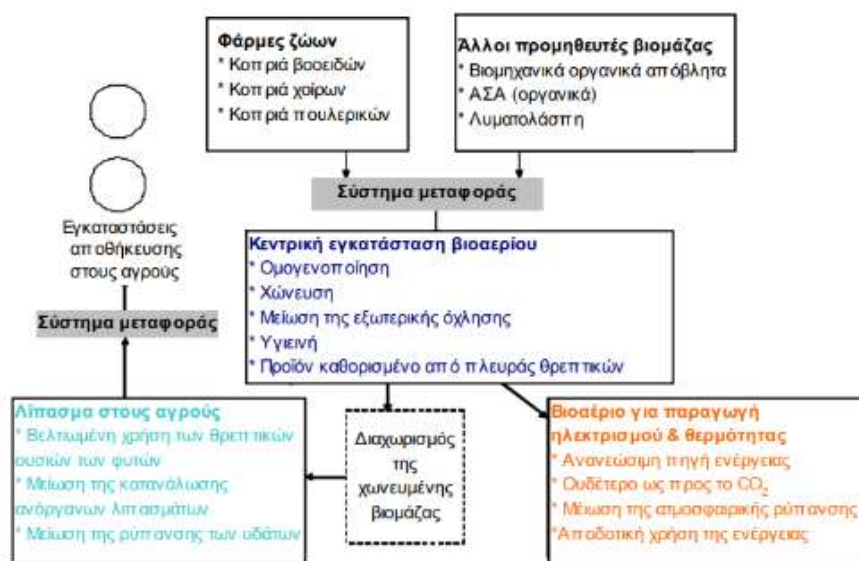


Σχήμα 23: Σχηματική αναπαράσταση εγκαταστάσεων κλίμακας αγροκτήματος, (Hjort-Gregersen, K. 1998)

7.1.3 Κεντρικές (ή κοινές) εγκαταστάσεις συγχώνευσης

Η κεντρική συγχώνευση αποσκοπεί στη συγκέντρωση και κεντρική χώνευση αγροτικών και ζωικών περιττωμάτων ή πολτών από διάφορες περιοχές σε μια κεντρική μονάδα βιοαερίου. Η μονάδα βιοαερίου συνήθως είναι εγκατεστημένη κεντροβαρικά των γεωκτηνοτροφικών εγκαταστάσεων για να ελαχιστοποιηθεί ο χρόνος και το κόστος μεταφοράς των αποβλήτων, καθώς και τα λειτουργικά έξοδα. Λόγω του μεγάλου όγκου και της ποικιλότητας των αποβλήτων που καλείται να επεξεργαστεί, συνήθως συγχωνεύονται με άλλα απόβλητα που προέρχονται από άλλες περιοχές, όπως λυματολάσπη, οργανικά απόβλητα από βιομηχανίες τροφίμων και ιχθύων, οργανικά αστικά απόβλητα κλπ, για να βελτιωθεί η ποιότητα του υποστρώματος που θα χρησιμοποιηθεί για τη χώνευση και να μεγιστοποιηθεί η παραγωγή βιοαερίου. Οι μονάδες αυτές αποτελούν ένα ολοκληρωμένο σύστημα επεξεργασίας και διαχείρισης οργανικών αποβλήτων και παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας, που αποφέρει περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη όχι μόνο στους αγρότες αλλά και στην κοινωνία της ευρύτερης περιοχής της εγκατάστασης.

Τέτοιου είδους κεντρικές εγκαταστάσεις συγχώνευσης αναπτύσσονται και εφαρμόζονται ευρέως στη Δανία, αλλά και σε άλλες περιοχές του κόσμου όπου υφίσταται εντατική αγροκτηνοτροφική καλλιέργεια.



Σχήμα 24 Κύρια ρεύματα αποβλήτων κεντρικών εγκαταστάσεων AX (Sioulas, K., et al., 2009)

7.2 Βιομηχανικές εγκαταστάσεις βιοαερίου

Οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις βιοενέργειας λειτουργούν με παρόμοιο τρόπο με τις κεντρικές εγκαταστάσεις συγχώνευσης αγροκτημάτων. Σε αυτές τις εγκαταστάσεις, τα οργανικά απόβλητα εισόδου, καθώς και τα υποπροϊόντα τους στερεής ή υγρής μορφής, υφίστανται συγχώνευση. Το είδος και το μέγεθος των χωνευτήρων ποικίλουν ανάλογα με το μίγμα των αποβλήτων που εισέρχεται σε αυτούς.

Η αναερόβια χώνευση είναι μια τυπική τεχνολογία επεξεργασίας διάφορων βιομηχανικών κυρίως υγρών αποβλήτων, που προέρχονται διαφορές βιομηχανίες. Οι βιομηχανίες που χρησιμοποιούν την AX για την επεξεργασία των απόβλητων τους συνήθως αφορούν :

- Βιομηχανίες τροφίμων: π.χ. μονάδες επεξεργασίας και τυποποίησης κρέατος παραγωγή γάλακτος και τυριών, σφαγεία, βιομηχανία επεξεργασίας ή κονσερβοποίηση λαχανικών κτλ
- Βιομηχανίες ποτών: π.χ. ζυθοποιεία, χυμοί φρούτων μη αλκοολούχα ποτά, αποστακτήρια, καφές κτλ
- Λοιπές βιομηχανικών προϊόντων: π.χ. χαρτί και χαρτόνια, χημικές ουσίες, άμυλο, φαρμακευτικά είδη.

Συνήθως στις βιομηχανικές μονάδες παραγωγής βιοαερίου απαιτείται η προ επεξεργασία της πρώτης ύλης σε υψηλές θερμοκρασίες (όπως παστερίωση ή αποστείρωση) πριν από την εισαγωγή της στο χωνευτήρα. Για την αποφυγή εκπομπής δυσάρεστων οσμών και περιβαλλοντικών προβλημάτων, ο εξοπλισμός προεπεξεργασίας και η τροφοδοσία των αποβλήτων βρίσκονται συνήθως σε κλειστό χώρο με κατάλληλο σύστημα εξαερισμού. (Sioulas, K., et al., 2009)

7.3 Λοιπές εγκαταστάσεις

7.3.1 Εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

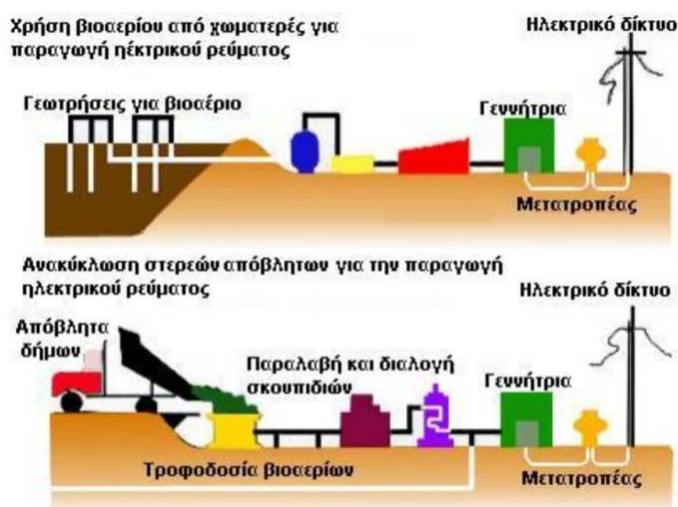
Σήμερα, σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες, η ΑΧ αποτελεί ένα επιπρόσθετο στάδιο επεξεργασίας της πρωτογενούς και δευτερεύουσας λάσπης που προκύπτει από την αερόβια επεξεργασία των δημοτικών υγρών αποβλήτων των πόλεων. Η διαδικασία της ΑΧ στοχεύει κυρίως στη σταθεροποίηση και στη μείωση της τελικής ποσότητας της εξερχόμενης λάσπης. Στις ευρωπαϊκές χώρες, η ποσοστιαία μείωση της λυματολάσπης που υπόκειται σε επεξεργασία μέσω της ΑΧ υπολογίζεται μεταξύ 30% και 70% (Sioulas, K., et al., 2009).

7.3.2 Εγκαταστάσεις αξιοποίηση βιοαερίου σε ΧΥΤΑ

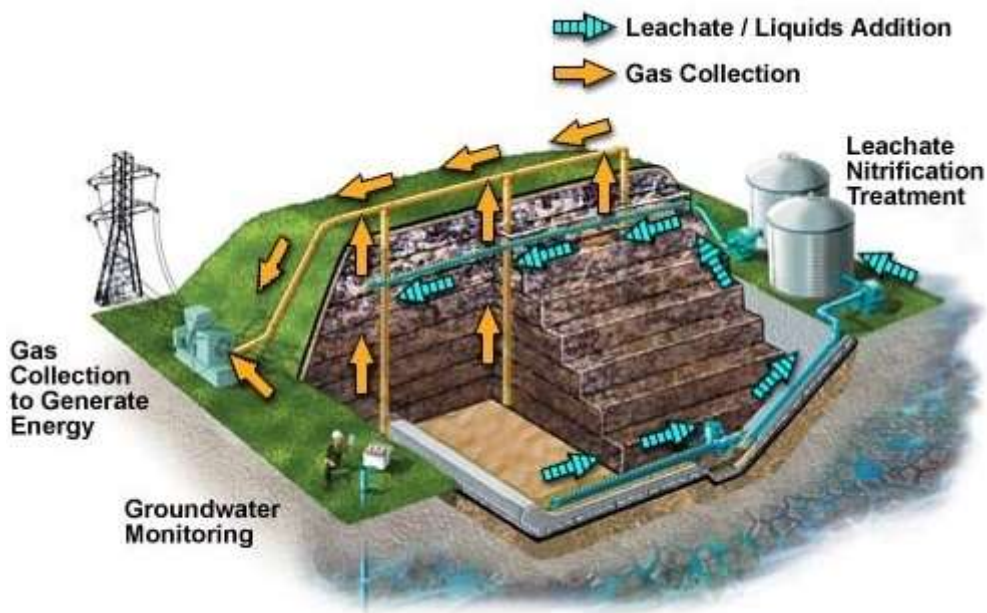
Οι χώροι υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ) δύναται να αποτελέσουν κατά την λειτουργία τους βιοαντιδραστήρες όπου εισάγονται απορρίμματα και νερό, και από αυτά παράγεται βιοαέριο και στράγγισμα (leachate). Το βιοαέριο προέρχεται από τη βιοδιάσπαση των οργανικών αποβλήτων λόγω των χημικών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα εντός αυτών ή από αναερόβιες διεργασίες και ονομάζεται αέριο χωματερής (LFG). Αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (συνήθως με ποσοστό μεταξύ 40% και 70%) και διοξείδιο του άνθρακα, ενώ μπορεί να περιέχει και άλλα αέρια όπως υδρογόνο, άζωτο, μονοξείδιο του άνθρακα, υδρόθειο, υδρατμοί και άλλα. Σύγχρονες τεχνολογίες για την υγειονομική ταφή απορριμμάτων απαιτούν τη συλλογή του παραγόμενου βιοαερίου με κατάλληλα συστήματα. Αν αυτό δεν εκμεταλλεύεται ενεργειακά, τότε η αναμενόμενη πρακτική είναι η καύση του σε ειδικούς πυρσούς, ώστε να διασφαλίζεται η ασφαλής και περιβαλλοντικά ορθή διάθεση του στην ατμόσφαιρα.

Σε γενικές γραμμές ένα σύστημα συλλογής βιοαερίου σε ένα ΧΥΤΑ συνίσταται από τα παρακάτω μέρη:

- τους συλλέκτες,
- τους αγωγούς μεταφοράς,
- το σύστημα αφύγρανσης,
- το σύστημα παρακολούθησης και ρύθμισης.



Σχήμα 25 Παραγωγή βιοαερίου σε ΧΥΤΑ (<http://tech-paralimni-amm.schools.ac.cy>)



Σχήμα 26 Δίκτυο μεταφοράς βιοαερίου σε ΧΥΤΑ (<https://www.geoengineer.org>)

Τα στεγανά κύτταρα είναι οι βασικοί χώροι συλλογής βιοαερίου. Αφού ολοκληρωθεί η εναπόθεση των απορριμμάτων, γίνεται η στεγανοποίησή τους με την προσθήκη αρχικά στρώσεων χαλικιών κατάλληλης διαβάθμισης και στη συνέχεια τοποθετείται μια ειδική μεμβράνη. Έπειτα, τοποθετείται κατάλληλο χώμα στην επιφάνεια για τη δεντροφυτευση του χώρου.

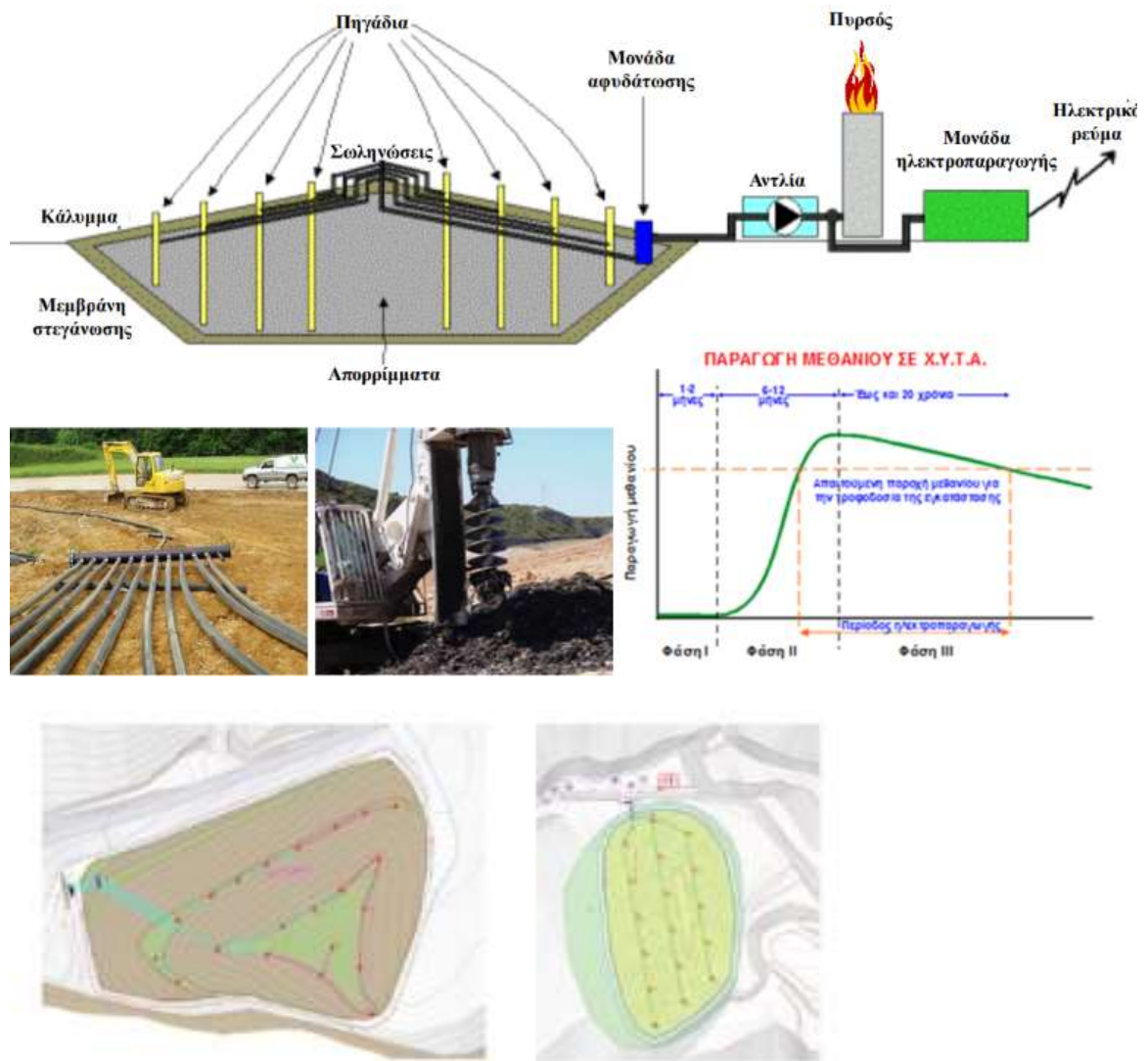
Η ειδική μεμβράνη έχει διπλό ρόλο: αφενός παρεμποδίζει το βιοαέριο να διαφύγει στην ατμόσφαιρα και αφετέρου αποτρέπει το οξυγόνο της ατμόσφαιρας να εισέρχεται στο εσωτερικό του χώρου των απορριμμάτων, καθώς υπάρχει κίνδυνος να δημιουργηθούν εκρηκτικά μίγματα.

Γενικά ένα δίκτυο συλλογής βιοαερίου σε ένα ΧΥΤΑ συνίσταται σε οριζόντιους και κάθετους αγωγούς. Οι οριζόντιοι αγωγοί συλλογής βιοαερίου μπορεί να αντιμετωπίζουν προβλήματα κατά τη λειτουργία τους λόγω της πλήρωσής τους με στραγγίσματα. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, κατασκευάζονται οι κατακόρυφοι αγωγοί συλλογής βιοαερίου, οι οποίοι παράγονται με το τέλος της λειτουργίας του χώρου (γεωτρήσεις) όπου η στάθμη στραγγισμάτων είναι μεγαλύτερη από το βάθος γεώτρησης.

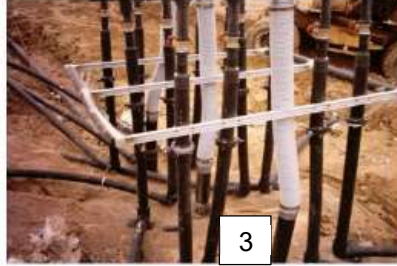
Αφού ολοκληρωθεί η στεγανοποίηση, ξεκινά η διάνοιξη των φρεατίων (πηγαδιών) από τα οποία αντλείται το βιοαέριο. Το κάθε πηγάδι ενώνεται με τους αγωγούς βιοαερίου, και συνδέεται με έναν υποσταθμό βιοαερίου, από όπου ελέγχεται η παροχή του αερίου προς την περαιτέρω διάθεση αυτού. Σήμερα το βιοαέριο αξιοποιείται ευρέως ως πηγή ενέργειας (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας) σε πολλούς ΧΥΤΑ αλλά και μεγάλες μονάδες βιολογικών καθαρισμών σε όλη την Ελλάδα αντί να καίγεται ανεκμετάλλευτο σε πυρσούς καύσης.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η διάθεση του βιοαερίου από ένα χώρο διάθεσης αποβλήτων ξεκινά μετά από ένα χρονικό διάστημα, καθώς το παραγόμενο βιοαέριο χρειάζεται χρόνο για να αποκτήσει μια σταθερή σύσταση. Στις πρώτες εβδομάδες και μήνες μετά την ταφή των απορριμμάτων, ο χώρος διάθεσης λειτουργεί υπό αερόβιες συνθήκες, και το παραγόμενο αέριο περιέχει κυρίως διοξείδιο του άνθρακα, καθώς και οξυγόνο και άζωτο. Όταν ο χώρος μεταβεί στην αναερόβια φάση αποδόμησης

των απορριμμάτων, η ποσότητα οξυγόνου πλησιάζει το μηδέν, ενώ το άζωτο παραμένει σε πολύ χαμηλά επίπεδα (λιγότερο από 1%). Τα κύρια αέρια που παράγονται στο αναερόβιο στάδιο είναι το διοξείδιο του άνθρακα και, κυρίως, το μεθάνιο, ενώ η διαδικασία παραγωγής μεθανίου αυξάνεται όταν τα μεθανογενή βακτήρια αντικαθίστανται από άλλα βακτήρια. Είναι επίσης σημαντικό να σημειωθεί ότι κατά τη λειτουργία του χώρου διάθεσης, όλες αυτές οι φάσεις της βιοαποδόμησης συνυπάρχουν λόγω της συνεχούς απόθεσης των απορριμμάτων.



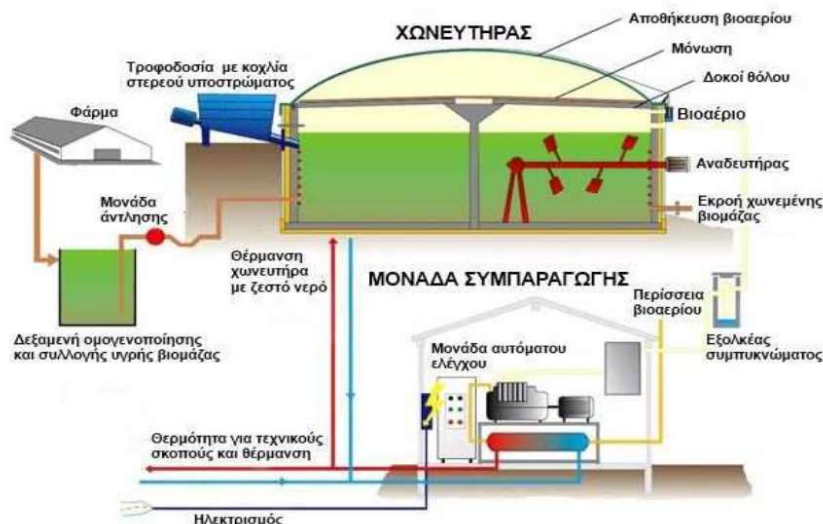
Σχήμα 27 Απεικόνιση δικτύων αξιοποίησης βιοαερίου σε ΧΥΤΑ - Σχηματική παράσταση κυτάρων βιοαερίου (<https://esdak.gr>)



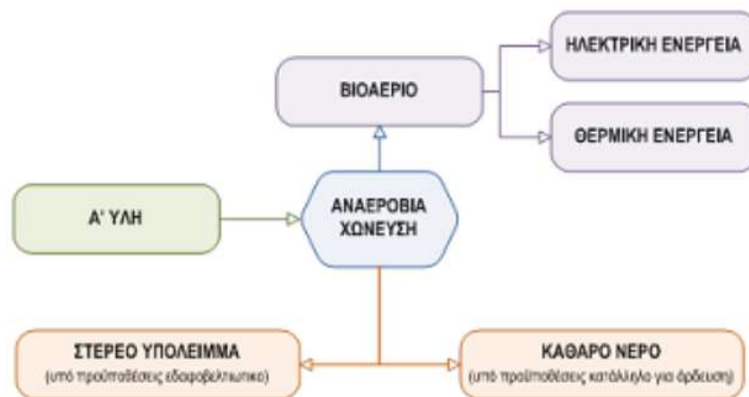
Σχήμα 28 Διαδικασία άντλησης βιοαερίου διάνοιξη γεωτρήσεων 1-2 και 3-4 λεπτομέρεια σταθμού βιοαερίου (<http://portal.tee.gr>)

8. ΒΑΣΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Στην ενότητα αυτή γίνεται αναφορά του βασικού εξοπλισμού καθώς και του διαγράμματος λειτουργίας μιας τυπικής μονάδας παραγωγής βιοαερίου από την ΑΧ οργανικών αποβλήτων όπως απεικονίζεται στα παρακάτω σχήματα



Σχήμα 29 Απεικόνιση λειτουργίας Μονάδας παραγωγής βιοαερίου (<http://www.envima.gr>)



Σχήμα 30 Σχηματικό διαγράμμα λειτουργίας MB με σταδια παραγωγής (<http://www.agroenergy.gr>)

8.1 Βιοαντιδραστήρας (χωνευτήρας)

Ο κεντρικός πυρήνας μιας εγκατάστασης βιοαερίου είναι ο χωνευτήρας, ο οποίος αποτελεί έναν αεροστεγή αντιδραστήρα όπου λαμβάνει χώρα η αναερόβια αποσύνθεση της πρώτης ύλης και η παραγωγή βιοαερίου. Οι χωνευτήρες μπορούν να κατασκευαστούν από διάφορα υλικά, όπως σκυρόδεμα, χάλυβα, τούβλο ή πλαστικό, και μπορούν να τοποθετηθούν υπόγεια, υπέργεια ή ημιυπόγεια, ανάλογα με τον σχεδιασμό της εγκατάστασης. Ανάλογα με τον τρόπο εισόδου και εξόδου του υποστρώματος στον αντιδραστήρα, υπάρχουν δύο βασικοί τύποι χωνευτήρων: ο ασυνεχής τύπος και ο συνεχής τύπος.

8.1.1 Χωνευτήρες ασυνεχούς τύπου

Στους χωνευτήρες ασυνεχούς τύπου η πρώτη ύλη εισέρχεται εντός αυτού, αφήνεται να χωνευτεί και έπειτα αφαιρείται εντελώς. Στην συνέχεια ένα νέο μέρος αυτής, τροφοδοτείται εκ νέου στο χωνευτήρα και η διεργασία επαναλαμβάνεται. Γενικώς οι χωνευτήρες ασυνεχούς τύπου είναι απλές κατασκευές, δε διαθέτουν συστήματα ανάδευσης ή ανάμιξης του υποστρώματος και χρησιμοποιούνται συνήθως για ξηρή χώνευση.

8.1.2 Χωνευτήρες συνεχούς τύπου

Σε ένα χωνευτήρα συνεχούς τύπου, τα υποστρώματα της πρώτης ύλης τροφοδοτούνται στο χωνευτήρα συνεχώς. Το υλικό κινείται μέσα στο χωνευτή με φυσικό ή μηχανικό τρόπο. Στην πρώτη περίπτωση το υπό την πίεση νέο τροφοδοτούμενο υπόστρωμα εξωθεί το χωνευμένο (παλιό) υλικό. Γενικώς χωνευτήρες συνεχούς τύπου διαθέτουν συστήματα τροφοδοσίας του εισερχόμενου υποστρώματος (πρώτη ύλη) και συστήματα εξόδου του χωνευμένου υποστρώματος. Αντίθετα από τους χωνευτές ασυνεχούς τύπου, οι συνεχείς χωνευτές παράγουν βιοαέριο χωρίς διακοπή. Συνήθως οι χωνευτήρες μονώνονται και να θερμαίνονται ώστε να διασφαλίζεται η σταθερότητα και ο έλεγχος των θερμοκρασιών εντός αυτών. Το σχήμα τους ποικίλει και δύναται να είναι κατακόρυφοι, ή οριζόντιοι ενώ το υλικό κατασκευής τους δύναται να είναι χάλυβας ή ενισχυμένο σκυρόδεμα.

Ο πιο συνηθισμένος τύπος χωνευτήρα είναι ο κατακόρυφος λόγω της μικρής απαίτησης σε επιφάνειας κάλυψης.

Συνήθως μέσα στο χωνευτήρα υπάρχει σύστημα θέρμανσης που αποτελείται από δίκτυο ανοξείδωτων σωληνώσεων (σχήμα 31) στην εσωτερική επιφάνεια των τοίχων και στο οποίο κυκλοφορεί θερμό νερό. Ο πυθμένας τους συχνά είναι κωνικός προκειμένου να διευκολύνεται τόσο η ανάδευση όσο και η εκκένωση των ιζημάτων, ενώ παράλληλα είναι αεροστεγείς, μονωμένοι και θερμαινόμενοι.



Σχήμα 31: Σωληνώσεις θέρμανσης μέσα στο χωνευτήρα (<http://www.cres.gr>)

8.2 Δεξαμενές αποθήκευσης πρώτης ύλης

Η πρώτη ύλη για την τροφοδοσία του χωνευτήρα που συνήθως γίνεται μέσω άντλησης ή κοχλιομεταφορέα αποθηκεύεται κατά κύριο λόγο σε σφραγισμένες, υδατοστεγείς δεξαμενές που κατασκευάζονται από ενισχυμένο σκυρόδεμα και τοποθετούνται στο έδαφος. Αυτοί οι αποθηκευτικοί χώροι είναι παρόμοιοι με αυτούς που χρησιμοποιούνται στην κτηνοτροφία για την αποθήκευση της υγρής κοπριάς. Η χωρητικότητα αυτών των δεξαμενών είναι ικανοποιητική για μία έως δύο ημέρες

αποθήκευσης της πρώτης ύλης. Για να αποτραπούν οι εκπομπές οσμών και άλλων ανεπιθύμητων εκπομπών, οι δεξαμενές πρέπει να είναι καλυμμένες.

Συνήθως οι δεξαμενές αποθήκευσης εξοπλίζονται με αναδευτήρες που συχνά συνδυάζονται με εργαλεία απόσχισης και κοπής για τη θραύση και πολτοποίηση της πρώτης ύλης. Με τον τρόπο αυτό προλαμβάνονται και αποφεύγονται τα φαινόμενα της απόφραξης, της ιζηματογένεση, της δημιουργία επιπλεόντων στρωμάτων, και του διαχωρισμού φάσεων του μίγματος της πρώτης ύλης.

8.3 Κοχλιομεταφορείς- αντλίες τροφοδοσίας πρώτης ύλης

Τα στερεά απόβλητα (πρώτη ύλη), μεταφέρονται στους χωνευτήρες μέσω συστήματος κοχλιομεταφορέα (Σχήμα 32). Αυτά τα συστήματα διαθέτουν αισθητήρες ζύγισης και ηλεκτρικούς οδηγούς, ως μέρος του αυτόματου ελέγχου της εγκατάστασης



Σχήμα 32 Τροφοδότηση Βιομάζας με Κοχλία (<http://www.envima.gr>) (<http://www.cres.gr>)

Συνήθως για μεγάλης χωρητικότητας χωνευτήρες, υπάρχουν 2 - 3 κοχλίες υψηλής ταχύτητας που μπορούν να λειτουργούν ταυτόχρονα, ενώ κατά τη διάρκεια της εκφόρτωσης σταματούν σταδιακά. Αρχικά οι κοχλίες κινούνται αργά και στη συνέχεια πιο γρήγορα. Με τον τρόπο αυτό εξοικονομείται ενέργεια, ενώ ο κινητήρας δουλεύει ομαλά για όλο το 24ωρο και καθημερινά.

Ένας άλλος τρόπος μεταφοράς των αποβλήτων είναι και οι αντλίες. Δύο κύριοι τύποι αντλιών χρησιμοποιούνται: οι φυγοκεντρικές αντλίες και οι αντλίες μετατόπισης.

Οι φυγοκεντρικές (περιστροφικές) αντλίες είναι συχνά βυθιζόμενες, αλλά μπορούν επίσης να τοποθετούνται δίπλα στο χωνευτή.

Οι αντλίες μετατόπισης (αντλίες περιστρεφόμενου εμβόλου ή έκκεντρου κοχλία) είναι ανθεκτικότερες από τις περιστροφικές, λειτουργούν σε δύο κατευθύνσεις και επιτυγχάνουν σχετικά μεγάλες πιέσεις, με μειωμένη όμως ικανότητα μεταφοράς.

Για ειδικές εφαρμογές διατίθενται επίσης και οι αντλίες κοπής, οι οποίες χρησιμοποιούνται για υλικά με μεγάλο μέγεθος (κοπριές που περιέχουν άχυρο, απόβλητα σφαγείων, αγροτικά προϊόντα κτλ).

8.4 Συστήματα ανάδευσης

Κατά την εισαγωγή της «νέας πρώτης ύλης» στο χωνευτήρα, γίνεται μικρή ανάμειξη, γνωστή και ως παθητική ανάδευση. Παρόλο που η παθητική ανάδευση είναι απαραίτητη για τη διαδικασία, δεν είναι αρκετή για τη βέλτιστη λειτουργία του χωνευτήρα. Γι' αυτό, χρησιμοποιείται μηχανικός, υδραυλικός ή πνευματικός εξοπλισμός για την πλήρη ανάδευση του υποστρώματος. Συνήθως, το 90% περίπου των εγκαταστάσεων βιοαερίου χρησιμοποιεί μηχανικό εξοπλισμό για την ανάδευση του υποστρώματος. (Sioulas, K., et al., 2009)

Προκειμένου να επιτευχθεί η βέλτιστη λειτουργία του χωνευτήρα στις μονάδες παραγωγής βιοαερίου, το υπόστρωμα πρέπει να αναδεύεται αρκετές φορές ημερησίως. Με την ανάδευση, ομογενοποιείται ενώ μεταφέρονται τα απαραίτητα βακτήρια (μικροοργανισμοί) και οι θρεπτικές ουσίες που συμβάλλουν στην μεγιστοποίηση της παραγωγής βιοαερίου. Επιπλέον, η ανάδευση αποτρέπει το σχηματισμό κρούστας και στρωμάτων βύθισης (ιζήματα), τα οποία μπορούν να δημιουργήσουν πρόβλημα στον υπόλοιπο μηχανολογικό εξοπλισμό της μονάδας, όπως στις αντλίες, σωληνώσεις κτλ. Για την ανάδευση του υποστρώματος, χρησιμοποιείται συνήθως μηχανικός, υδραυλικός ή πνευματικός εξοπλισμός.

Η ταχύτητα και ο ρυθμός ανάδευσης του υποστρώματος εξαρτώνται από το μέγεθος του χωνευτήρα και την ποιοτική σύσταση του υλικού εισόδου. Η θέση εγκατάσταση των αναδευτήρων ποικίλει σε κατηγοριοποιείται στους οριζόντιους, τους επικλινείς και τους κατακόρυφους αναδευτήρες ενώ τα υλικά κατασκευής τους πρέπει να αντέχουν στις χημικές συνθήκες των αντιδραστήρων. Συνήθως μέσα στον χωνευτήρα τοποθετούνται μόνο ο άξονας και τα πτερύγια



Σχήμα 33 **Επικλινής Αναδευτήρας** (<http://www.envima.gr>)



Σχήμα 34: **Υποβρύχιος κατακόρυφος Αναδευτήρας** (<http://www.envima.gr>)

8.5 Σύστημα κατακράτησης αποθήκευσης βιοαερίου

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας των υλικών σήμερα συναντάμε διάφορες επιλογές για τις εγκαταστάσεις αποθήκευσης του βιοαερίου. Η πιο συχνή και απλή επιλογή είναι η αποθήκευση του βιοαερίου να γίνεται στο επάνω μέρος των χωνευτήρων με τη χρήση μιας ειδικής μεμβράνης. Επίσης δύναται το παραγόμενο βιοαέριο να αποθηκεύεται σε ανεξάρτητες δεξαμενές αποθήκευσης όπως συμβαίνει κυρίως στις περιπτώσεις των μεγάλων εγκαταστάσεων, είτε περιπτώσεις κατά τις οποίες το παραγόμενο βιοαέριο πρέπει να αποθηκευτεί για περισσότερο χρονικό διάστημα προκειμένου να υποστεί και άλλες διεργασίες(π.χ. αναβάθμιση). Οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης του βιοαερίου μπορούν να λειτουργούν σε χαμηλή, μέση ή υψηλή πίεση (Sioulas, K., et al., 2009).

Για την αποθήκευση του βιοαερίου στο άνω μέρος του χωνευτήρα συνήθως χρησιμοποιείται ένα διπλό κάλυμμα, το οποίο επεκτείνεται ανάλογα με τον όγκο του αερίου που παράγεται. Το εξωτερικό κάλυμμα κατασκευάζεται από PVC, το οποίο έχει υψηλή αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV) και τις καιρικές συνθήκες ενώ το εσωτερικό κάλυμμα κατασκευάζεται από υλικό PELD που είναι επι της ουσίας η μεμβράνη η οποία έρχεται σε επαφή με το βιοαέριο.

Οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης βιοαερίου πρέπει να είναι αεροστεγείς για να μην διαφεύγει το βιοαέριο στην ατμόσφαιρα με δεδομένο ότι υπάρχει η πιθανότητα δημιουργίας εκρηκτικού μείγματος κατά την ανάμιξη του με τον αέρα.

Σημειώνεται ότι για λόγους ασφαλείας οι αντλίες μεταφοράς του βιοαερίου και οι βαλβίδες εκτόνωσης της πίεσης θα πρέπει να περιλαμβάνουν φλόγιστρα και φλογοπαγίδες.

Επίσης υπάρχουν βιοαντιδραστήρες όπου το βιοαέριο συλλέγεται κάτω από το κάλυμμα του χωνευτήρα. Οι βιοαντιδραστήρες αυτοί συνήθως έχουν κυλινδρικό σχήμα και χρησιμοποιούν διάφορους τύπους καλυμμάτων. Οι τρεις βασικοί τύποι καλυμμάτων είναι οι εξής:

- Πλωτά καλύμματα: Αυτά τα καλύμματα επιπλέουν πάνω στο βιοαέριο και κινούνται ανάλογα με την ποσότητα του αερίου που παράγεται. Το κάλυμμα πλωτών βιοαντιδραστήρων μπορεί να είναι από πλαστικό ή φελλό.
- Σταθερά καλύμματα: Αυτά τα καλύμματα είναι σταθερά και προσαρτημένα στο βιοαντιδραστήρα. Συνήθως είναι κατασκευασμένα από μέταλλο ή πλαστικό και παρέχουν στεγανότητα και ασφάλεια.
- Καλύμματα με μεμβράνες: Αυτά τα καλύμματα χρησιμοποιούν μια μεμβράνη για τη συλλογή του βιοαερίου. Η μεμβράνη επιτρέπει τη διέλευση του αερίου, ενώ εμποδίζει τη διαρροή ή την είσοδο αέρα από το περιβάλλον.



Σχήμα 35: Σύστημα εσωτερικής κατακράτησης βιοαερίου και εξωτερικό σύστημα αποθήκευσης βιοαερίου (<http://www.envima.gr>)

8.6 Εγκαταστάσεις επεξεργασίας βιοαερίου (καθαρισμός βιοαερίου)

Το βιοαέριο εξερχόμενο από το χωνευτή είναι διαποτισμένο με υδρατμούς και περιέχει μεθάνιο κατά 54,5%, διοξείδιο του άνθρακα και ποσότητες υδρόθειου. Το υδρόθειο είναι τοξικό και χαρακτηρίζεται από μια δυσάρεστη οσμή. Σε συνδυασμό με τους υδρατμούς δημιουργείται θειικό οξύ. Είναι σημαντικό να αφαιρεθούν οι υδρατμοί και το υδρόθειο, προκειμένου να μειωθεί η πιθανότητα διάβρωσης των σωληνώσεων και άλλων εξαρτημάτων, αλλά και να μειωθεί η περιεκτικότητα του αερίου σε τοξικά συστατικά (Παπαζηλάκης Χ., 2013).

8.6.1 Αποθείωση

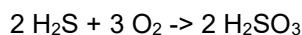
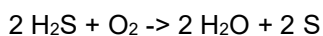
Το βιοαέριο από την αναερόβια χώνευση υπολογίζεται να έχει ένα μέσο περιεχόμενο 1.000-3.000 ppm υδρόθειου (H₂S). Όταν το βιοαέριο χρησιμοποιείται σε μηχανές αερίου για τη συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας ή ηλεκτρισμού, το περιεχόμενο του υδρόθειου πρέπει να είναι κάτω από 700 ppm, προκειμένου να αποφευχθεί η υπερβολική διάβρωση των μηχανημάτων και η πάρα πολύ γρήγορη και δαπανηρή φθορά του ελαίου λίπανσης (Sioulas, K., et al., 2009).

Η αφαίρεση του υδρόθειου (H₂S) από το βιοαέριο (αποθείωση) μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με βιολογικές είτε με άλλες διεργασίες, εσωτερικά ή εξωτερικά του χωνευτήρα.

8.6.1.1 Βιολογική αποθείωση εντός του χωνευτήρα

Η πρώτη φάση της διαδικασίας αποθέωσης λαμβάνει χώρα εντός του χωνευτήρα, όπου πραγματοποιείται η βιολογική οξειδωση του ακατέργαστου βιοαερίου. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της εισαγωγής μικρών ποσοτήτων αέρα στον αεριοθάλαμο του χωνευτήρα, με ελεγχόμενο τρόπο, προκειμένου να επιτραπεί στα οξειδωτικά σουλφοβακτήρια που βρίσκονται ήδη στον χωνευτήρα να αποικοδομήσουν το υδρογόνο σε θείο. Ακόμα, η έγχυση μικρών ποσοτήτων αέρα (2-8%) στο ακατέργαστο βιοαέριο από το επάνω μέρος του αντιδραστήρα, με τη χρήση ενός αεροσυμπιεστή, εξασφαλίζει την απαραίτητη ποσότητα οξυγόνου για τη βιολογική οξειδωση.

Με αυτόν τον τρόπο, το υδρόθειο οξειδώνεται βιολογικά είτε σε ελεύθερο (στερεό στοιχειακό) θείο είτε σε υδροδιαλυτό θειούχο οξύ (H₂SO₃), σύμφωνα με τις παρακάτω εξισώσεις:



Το στοιχειακό θείο αποτίθεται στις επιφάνειες του χωνευτήρα, από όπου και θα απομακρύνεται με τα υπολείμματα της αναερόβιας ζύμωσης (Sioulas, K., et al., 2009).

8.6.1.2 Χημική αποθείωση εκτός του χωνευτήρα

Μπορεί να πραγματοποιηθεί χημική αποθέωση του βιοαερίου με τη χρήση ειδικού εξοπλισμού έξω από το χωνευτήρα, χρησιμοποιώντας μία βάση όπως το υδροξείδιο του νατρίου. Μια άλλη μέθοδος για τη μείωση του περιεχομένου του υδροθείου είναι η προσθήκη ενός σιδηρούχου διαλύματος στην πρώτη ύλη. Κατά τη διαδικασία αυτή, οι σιδηρούχες ενώσεις συνδέονται με το θείο για να δημιουργήσουν μια αδιάλυτη ένωση στην υγρή φάση, με αποτέλεσμα να προλαμβάνεται η παραγωγή αερίων υδροθείου (Sioulas, K., et al., 2009).

Επίσης ξηρή αποθείωση του βιοαερίου, μπορεί να γίνει μέσω ενός φίλτρου ενεργού άνθρακα σε πίεση περίπου 5 bar. Τούτο δεσμεύεται από το φίλτρο άνθρακα ως στοιχειακό θείο, ενώ εκτιμάται ότι το φίλτρο του άνθρακα απαιτεί αντικατάσταση κάθε δύο χρόνια. Για να μεγιστοποιηθεί η απόδοση των φίλτρων, προστίθεται μικρή ποσότητα αέρα στο βιοαέριο (REnInvest Group, 2012).

Ο χημικός τρόπος είναι μια εναλλακτική λύση στη βιολογική αποθέρωση και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις όπου η βιολογική αποθέρωση δεν είναι αποτελεσματική ή δεν επαρκεί για τις απαιτήσεις του συστήματος.

8.6.2 Αφύγρανση

Για να προστατευθούν οι μηχανολογικές εγκαταστάσεις από τη διάβρωση και τυχόν βλάβη, πρέπει να αφαιρεθεί η υγρασία από το βιοαέριο που παράγεται στο χωνευτήρα καθώς η σχετική υγρασία του αερίου είναι 100% και ο αέρας είναι κορεσμένος με υδρατμούς. Συνεπώς, πρέπει να περάσει από ένα στάδιο αφύγρανσης πριν από την καύση του για παραγωγή ενέργειας. Η αφύγρανση επιτυγχάνεται μέσω της συμπύκνωσης της υγρασίας στο βιοαέριο με τη ψύξη αυτού.

Κατά τη διάρκεια της ψύξης, η υγρασία στο αέριο συμπυκνώνεται και αφαιρείται από το αέριο, επιτρέποντας στο βιοαέριο να ξηραθεί και να αποκτήσει το κατάλληλο ποσοστό υγρασίας για περαιτέρω αξιοποίηση σε συστήματα παραγωγής ενέργειας. Η αφύγρανση αποτελεί απαραίτητο στάδιο επεξεργασίας του βιοαερίου, καθώς βελτιώνει την ασφάλεια λειτουργίας και βελτιστοποιεί την απόδοσή του, ενώ δημιουργούνται και οι κατάλληλες συνθήκες για τυχόν περαιτέρω επεξεργασία αυτού (αναβάθμιση σε βιομεθάνιο).

8.7 Σταθμός θέρμανσης

Κατά τη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης, είναι απαραίτητο να διατηρείται μια συγκεκριμένη θερμοκρασία στα επίπεδα επιβίωσης και ανάπτυξης των βακτηρίων. Έτσι είναι απαραίτητο οι χωνευτές να μονώνονται και να θερμαίνονται από εξωτερικές πηγές θέρμανσης, όπως η θερμότητα από τη μονάδα ΣΗΘ της ίδιας της εγκατάστασης.

Η θέρμανση της πρώτη ύλης, μπορεί να γίνει είτε κατά τη φάση της τροφοδοσίας (προθέρμανση), είτε μέσα στο χωνευτή με θερμαντικά στοιχεία, καυτό ατμό με ή μέσω εναλλακτών θερμότητας κλπ.

Πολλές φορές εφαρμόζονται συστήματα εσωτερικής θέρμανσης των δεξαμενών χώνευσης, τα οποία περιλάμβαναν σωλήνες τοποθετημένους στην εσωτερική επιφάνεια του χωνευτήρα και αγωγούς ανάμιξης με κελύφη ζεστού. Ωστόσο, αυτά τα συστήματα αντιμετώπισαν προβλήματα, όπως η αφυδάτωση του υποστρώματος στην επιφάνεια θέρμανσης και η αδυναμία να επιθεωρηθούν και να λειτουργήσουν όταν η δεξαμενή δεν είναι εντελώς κενή. Για αυτούς τους λόγους, συνήθως προτιμάται η χρήση εξωτερικών εναλλακτών θερμότητας για τη θέρμανση των αποβλήτων εισόδου που εισέρχονται στο σύστημα.



Σχήμα 36: Σταθμός Θέρμανσης (<http://www.envima.gr>)

8.8 Πυρός εκτόνωσης-καύσης αερίου

Ο πυρός εκτόνωσης τοποθετείται για να αποφευχθεί η διοχέτευση άκαυστου βιοαερίου στο περιβάλλον σε περίπτωση ανάγκης. Η φλόγα έχει θερμοκρασία περίπου 900°C. Ο εξοπλισμός περιλαμβάνει συστήματα ελέγχου και έναυσης, φλογοπαγίδα, βαλβίδες και λοιπά συστήματα. Επίσης πρέπει να εφοδιάζεται με σύστημα γείωσης για προστασία από κεραυνούς.

Οι βασικοί παράμετροι που καθορίζουν τις προδιαγραφές απόδοσης στους σύγχρονους πυρσούς είναι η θερμοκρασία (850-1.200°C) και ο χρόνος παραμονής (το ελάχιστο 0,3 sec).



Σχήμα 37 Πυρός Καύσης Περίσσειας Βιοαερίου (<http://www.envima.gr>)

8.9 Σύστημα ελέγχου εγκατάστασης

Η τεχνολογία αυτή είναι ένα συνδυασμένο σύστημα με μέσα αυτοματισμού και αισθητήρων. Μέσω των αισθητήρων, των αυτοματισμών του εξοπλισμού και του κατάλληλου συστήματος λογισμικού - PLC δημιουργείται μία μονάδα αυτόματου ελέγχου της εγκατάστασης παραγωγής βιοαερίου που παρέχει τις εξής δυνατότητες:

- Τον συνεχή έλεγχο της στάθμης του υποστρώματος (χρήση υδροστατικών και άλλων αισθητήρων κτλ).
- Τον έλεγχο της φόρτωσης και εκφόρτωσης του υποστρώματος από τις δεξαμενές (χρήση αισθητήρων βάρους, ροομέτρων, κτλ).
- Την ρύθμιση της μίξης του υποστρώματος.
- Τον έλεγχο του συστήματος θέρμανσης.
- Τον έλεγχο θερμοκρασίας εντός των αντιδραστήρων.
- Τον έλεγχο της ποιότητας βιοαερίου.
- Τον έλεγχο της πίεσης βιοαερίου (χρήση αισθητήρα πίεσης αερίου, αισθητήρα επιπέδου του θόλου κτλ).
- Τον έλεγχο της ποσότητας παραγόμενου βιοαερίου (χρήση ροόμετρου αερίου κτλ).



Σχήμα 38 Αυτοματισμοί και Έλεγχος (<http://www.envima.gr>)

8.10 Μηχανικός διαχωριστής Υγρών/Στερεών

Το χωνεμένο υπόλειμμα μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας της αναερόβιας χώνευσης συνήθως διοχετεύεται σε ένα μηχανικό διαχωριστή υγρών/στερεών από όπου προκύπτουν ένα υγρό και ένα στερεό κλάσμα υλικών και τα οποία δύναται να χρησιμοποιηθούν ως εδαφοβελτιωτικά και λίπανση αγροτικών εκτάσεων.



Σχήμα 39 Διαχωριστής υγρών/στερεών (<http://www.envima.gr>)

8.11 Μονάδα Συμπαραγωγής Ηλεκτρικής και Θερμικής ενέργειας (ΣΗΘ)

Σε μεγαλύτερης κλίμακας εγκαταστάσεις όπου είναι χρήσιμη η παραγωγή θερμότητας βρίσκουν εφαρμογή οι μονάδες συμπαραγωγής ΣΗΘ.

Οι μονάδες συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού (Combined Heat Power units - CHP units) εκμεταλλεύονται τόσο την ηλεκτρική όσο και τη θερμική ενέργεια που παράγεται, σε αντίθεση με τις συμβατικές γεννήτριες ηλεκτρισμού που απελευθερώνουν τη θερμότητα στο περιβάλλον χωρίς να την αξιοποιούν. Η ΣΗΘ (Συμπαραγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής ενέργειας) χρησιμοποιεί τη θερμότητα που παράγεται για θέρμανση, όπως για παράδειγμα τη θέρμανση των αντιδραστήρων. Με αυτόν τον τρόπο, εξοικονομούνται σημαντικές ποσότητες ενέργειας που σε άλλη περίπτωση θα έπρεπε να παραχθούν από κάποιο λέβητα. Επιπλέον, η παραγόμενη θερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για άλλες εφαρμογές, όπως η θέρμανση κτιρίων, η θέρμανση θερμοκηπίων, η ψύξη κτιρίων κ.λπ. Η λειτουργία των μονάδων ΣΗΘ βασίζεται σε μία μηχανή εσωτερικής καύσης που χρησιμοποιεί βιοαέριο ως καύσιμο και κινεί τη γεννήτρια. Τα κύρια μέρη μίας μονάδας ΣΗΘ είναι τα εξής:

- Μηχανή εσωτερικής καύσης
- Πλαίσιο στήριξης μηχανής
- Εναλλάκτης (τάση 400V, συχνότητα 50Hz)
- Πίνακας διανομής ηλεκτρισμού, ο οποίος μπορεί να εξοπλιστεί με σταθεροποιητή για την αποφυγή πτώσεων τάσης.
- Σύστημα ψύξης μηχανής με εναλλάκτη θερμότητας.



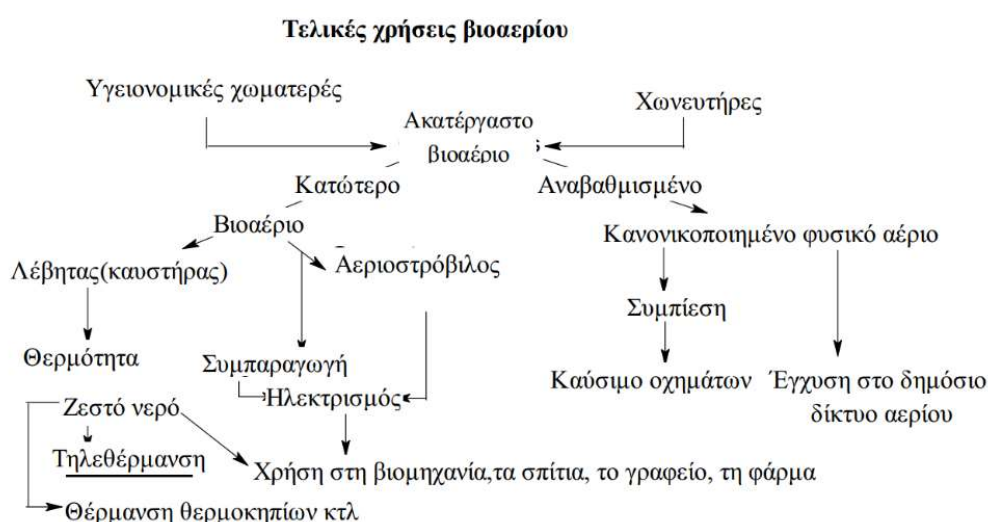
Σχήμα 40 Μονάδα Συμπαραγωγής Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας(<http://www.envima.gr>)

Σημειώνεται ότι για την καύση του βιοαερίου σε μια ΣΗΘ δεν απαιτείται η προηγούμενη αναβάθμιση του, όπως στην περίπτωση άλλων εφαρμογών (πχ διοχέτευση στο δίκτυο ΦΑ) Παρόλα αυτά σήμερα οι περισσότερες μηχανές βιοαερίου καθορίζουν μέγιστα όρια για τα επίπεδα του υδρόθειου, των αλογονικών υδρογονανθράκων και των ενώσεων οργανοπυριτίου στο καύσιμο τους (βιοαέριο).

9 ΧΡΗΣΗ – ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ & ΚΑΤΑΛΟΙΠΟΥ ΔΙΑΣΠΑΣΗΣ ΑΠΟ ΤΗ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΧ

9.1 Τελικές χρήσεις βιοαερίου

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως το βιοαέριο ως καύσιμο αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ενεργειακή αξιοποίηση σε διάφορους βαθμούς επεξεργασίας. Ανάλογα με το βαθμό επεξεργασίας που θα επιδεχθεί, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμότητας μέσω της άμεσης καύσης του, για την παραγωγή ηλεκτρισμού από μηχανές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ως συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού (ΣΗΘ) ή ως καύσιμο για οχήματα (Sioulas, K., et al., 2009).



Σχήμα 41 Τελικές χρήσεις βιοαερίου (Sioulas, K., et al., 2009)

Επιπροσθέτως μια επιπλέον βιώσιμη εναλλακτική αξιοποίηση του βιοαερίου αποτελεί η παραγωγή καθαρού μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα. Και οι δύο αυτές ουσίες είναι σημαντικές για τη χημική βιομηχανία και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρώτες ύλες για την παραγωγή διάφορων προϊόντων.

9.2 Πρωτογενείς χρήσεις βιοαερίου

9.2.1 Άμεση καύση και χρήση της παραγομένης θερμότητας

Η άμεση καύση του βιοαερίου αποτελεί τον πιο απλή μορφή ενεργειακής αξιοποίησης του και αφορά την παραγωγή θερμότητας με καυστήρες φυσικού αερίου. Έτσι το βιοαέριο μπορεί να καεί για την παραγωγή θερμότητας επί τόπου (ιδιοκατανάλωση), είτε να μεταφερθεί ως καύσιμο με σωληνώσεις. Σημειώνεται ότι για την περίπτωση της παραγωγής θερμότητας το βιοαέριο δεν απαιτεί κάποιας μορφής αναβάθμιση ως προς την ποιότητα καυσίμου αλλά θα πρέπει πριν την χρήση αυτού να

υποβληθεί σε συμπίκνωση και αφαίρεση των σωματιδίων, συμπίεση, ψύξη και αφυδάτωση για να καταστεί έτοιμο προς την ανωτέρα χρήση. (Sioulas, K., et al., 2009)

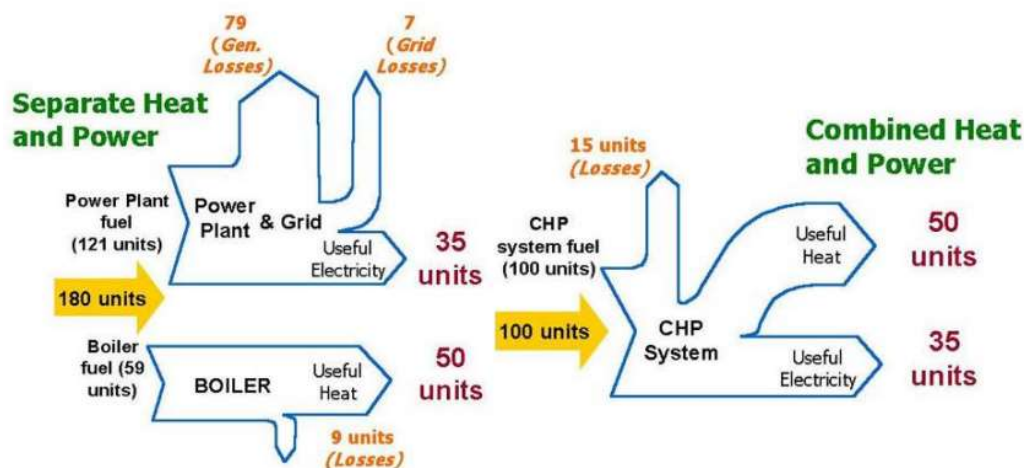
9.2.2 Συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ)

Η συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) είναι πιο συνηθισμένη εφαρμογή του βιοαερίου από την ΑΧ. Πριν από την εισαγωγή του βιοαερίου στην ΣΗΘ, θα πρέπει να υποστεί επεξεργασία και καθαρισμό καθώς οι περισσότερες μηχανές καύσης βιοαερίου έχουν μέγιστα όρια ως προς τα σουλφίδια υδρογόνου, τους αλογονημένους υδρογονάνθρακες και τις σιλοξάνες.

Η πιο συνήθης εφαρμογή των μονάδων ΣΗΘ είναι οι θερμικές εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής με κινητήρες καύσης που συνδέονται με μια γεννήτρια. Οι γεννήτριες έχουν συνήθως μια σταθερή ταχύτητα περιστροφής (1.500περιστροφές/λεπτό) προκειμένου να είναι συμβατές με τη συχνότητα του δικτύου. Οι κινητήρες μπορούν να είναι μηχανές έγχυσης τύπου Otto, ή Ντίζελ. 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 του καυσίμου. Σήμερα σε στάδιο ανάπτυξης βρίσκονται νέες εναλλακτικές τεχνολογίες όπως είναι οι μικροί αεριοστρόβιλοι (μικροστρόβιλοι), οι μηχανές Stirling και οι κυψέλες καυσίμου (Sioulas, K., et al., 2009).

Μια μονάδα ΣΗΘ που χρησιμοποιεί μηχανή εσωτερικής καύσης έχει αποδοτικότητα μέχρι 90% και κατά Μ.Ο. παράγει 35% ηλεκτρική ενέργεια και 65%θερμότητα.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι συγκριτικές αποδόσεις κατά την χρήση ενός συστήματος αποτελούμενο από δυο ανεξάρτητα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας συγκριτικά με μια ΣΗΘ.

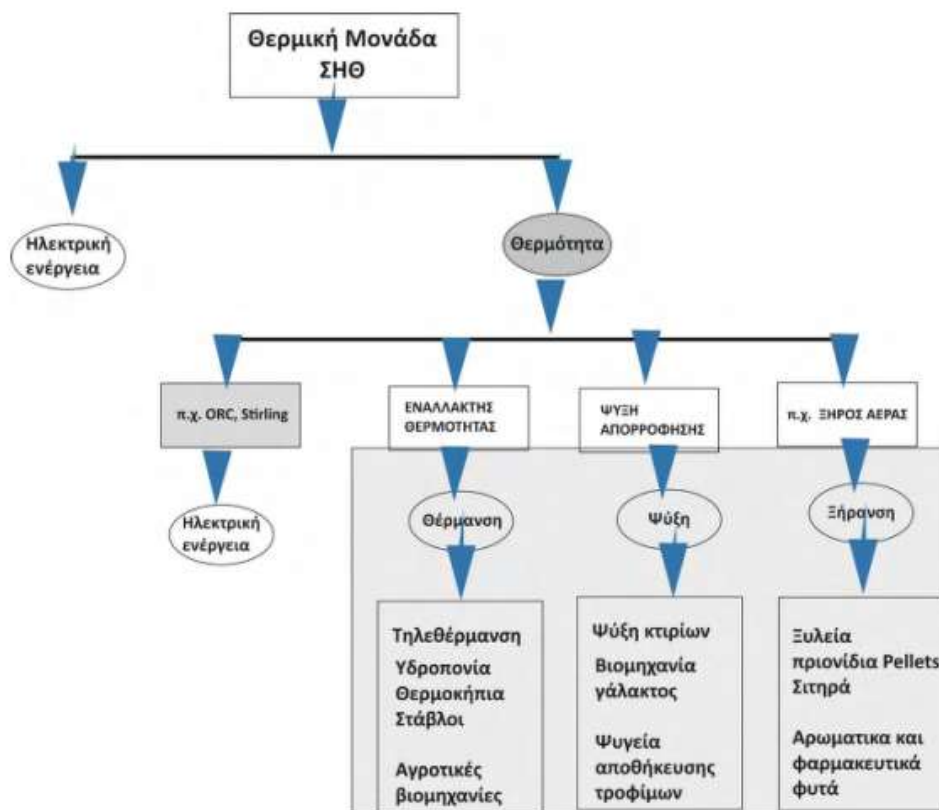


Σχήμα 42 Συγκριτικές αποδόσεις συστημάτων (Γιακουμέλος Λ., 2012)

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως κατά την καύση του βιοαερίου παράγεται και θερμότητα. Συνήθως, ένα μέρος της θερμότητας χρησιμοποιείται για τη θέρμανση των χωνευτήρων της εγκατάστασης (θερμότητα διεργασίας) και περίπου τα δύο τρίτα όλης της παραχθείσας ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εξωτερικές ανάγκες. Έτσι η παραγόμενη θερμότητα από βιοαέριο μπορεί να μεταφερθεί μέσω δικτύου θερμού νερού και να χρησιμοποιηθεί σε βιομηχανικές διεργασίες,

σε γεωργικές δραστηριότητες ή για τη θέρμανση κτιρίων κτλ. Οι χώροι μεταφοράς και άμεσης εκμετάλλευσης της αναφερόμενης θερμότητας θα πρέπει να είναι κοντά στο σύστημα παραγωγής βιοαερίου και συνήθως σε απόσταση μικρότερη από 4km (Rutz, et al. 2015).

Παρακάτω παρουσιάζεται σχεδιάγραμμα όπου αποτυπώνονται οι χρήσεις της πλεονάζουσας θερμότητας από μια ΣΗΘ.



Σχήμα 43. Απλοποιημένο διάγραμμα ροής θερμικής μονάδας ΣΗΘ για χρήση της πλεονάζουσας θερμότητας (Rutz, et al. 2015)

Σημειώνεται ότι η εφαρμογή εναλλακτών θερμότητας, αποθηκών θερμικής ενέργειας καθώς και η απορρόφησης (ψύξη), και οι αντλίες θερμότητας αποτελούν εφαρμόσιμες τεχνολογίες που δύναται να χρησιμοποιηθούν για την ανακύκλωση ή την επαναχρησιμοποίηση θερμότητας από ΣΗΘ.

9.2.3 Μικροστροβίλοι βιοαερίου

Στους μικροστροβίλους βιοαερίου, ο αέρας πιέζεται σε έναν θάλαμο καύσης, σε υψηλή πίεση και αναμιγνύεται με το βιοαέριο. Το μίγμα αέρα-βιοαερίου καίγεται και λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας, το αέριο μίγμα διαστέλλεται. Τα θερμά αέρια απελευθερώνονται μέσω ενός στροβίλου, ο οποίος συνδέεται με τη γεννήτρια ηλεκτρικής ενέργειας προς παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Sioulas, K., et al., 2009).

9.2.4 Κυψέλες καυσίμου

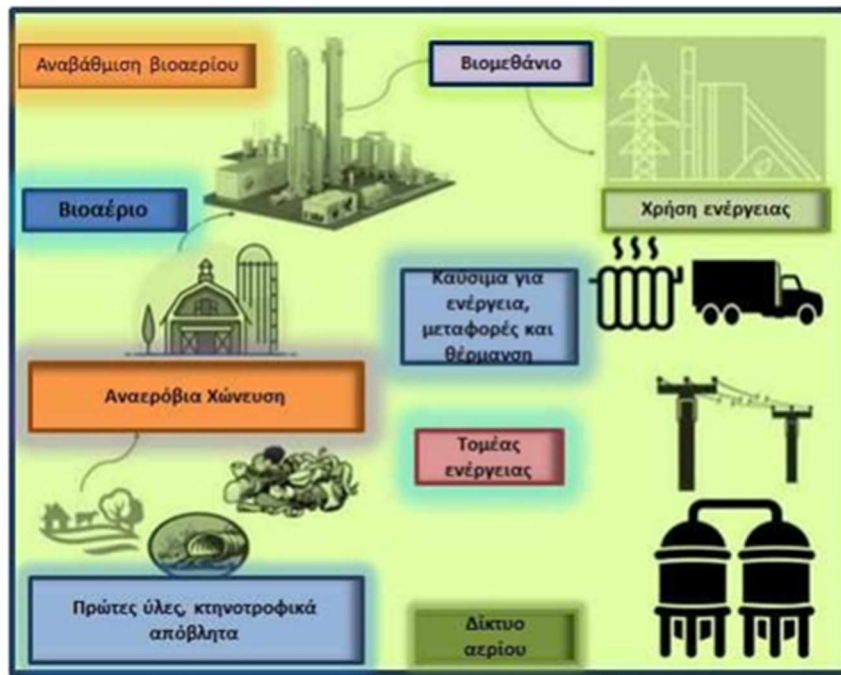
Η κυψέλη καυσίμου (fuel cell) είναι μια ηλεκτροχημική συσκευή που χρησιμοποιείται για τη μετατροπή χημικής ενέργειας που παράγεται από ένα καύσιμο απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια, χωρίς την ανάγκη καύσης. Λειτουργεί με τη βάση της αντίδρασης μεταξύ ενός οξειδωτικού αναγωγικού αποτελέσματος (π.χ. υδρογόνου) και ενός αναγωγικού οξειδωτικού αποτελέσματος (π.χ. οξυγόνου ή αέρα). 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. Σε μια χαρακτηριστική κυψέλη καυσίμου, τα αεριώδη καύσιμα (βιοαέριο) τροφοδοτούνται συνεχώς στο διαμέρισμα της ανόδου (το αρνητικό ηλεκτρόδιο) και ένα οξειδωτικό (δηλ., οξυγόνο από τον αέρα) τροφοδοτείται συνεχώς στο διαμέρισμα της καθόδου (το θετικό ηλεκτρόδιο). Μια ηλεκτροχημική αντίδραση λαμβάνει χώρα στα ηλεκτρόδια, παράγοντας ηλεκτρικό ρεύμα (Sioulas, K., et al., 2009).

9.3 Δευτερογενείς χρήσεις βιοαερίου (Παραγωγή Βιομεθανίου - Αναβάθμιση βιοαερίου)

Το βιομεθάνιο είναι η αναβαθμισμένη μορφή βιοαερίου, η οποία παράγεται από την αναερόβια χώνευση βιοαποικοδομήσιμων αποβλήτων. Είναι επίσης γνωστό ως "πράσινο αέριο" και αποτελεί μια φιλική προς το περιβάλλον εναλλακτική λύση στο φυσικό αέριο. Ως τέτοιο, προσφέρει μια αποτελεσματική και ευέλικτη λύση για την παραγωγή ενέργειας.

Για τη χρησιμοποίησή του βιοαερίου για έγχυση στο δίκτυο φυσικού αερίου ή ως καύσιμο οχημάτων, πρέπει να υφίσταται μία διαδικασία αναβάθμισης, όπου όλοι οι μολυσματικοί παράγοντες καθώς και το διοξείδιο του άνθρακα αφαιρούνται και ενισχύεται το περιεχόμενό του σε μεθάνιο, από το συνηθισμένο 50-75% σε περισσότερο από 95%. Το αναβαθμισμένο βιοαέριο ονομάζεται βιομεθάνιο (Sioulas, K., et al., 2009).

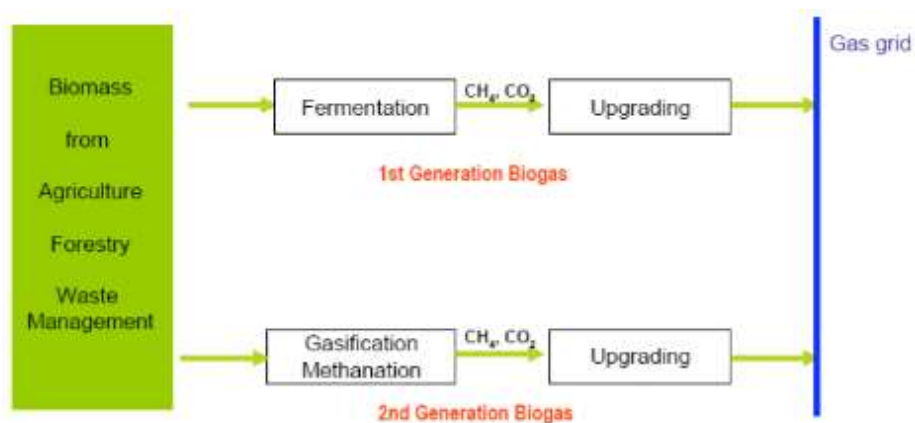
Έτσι η χρήση του βιομεθανίου συνεχώς κερδίζει έδαφος λόγω του μικρού αποτυπώματος άνθρακα που το χαρακτηρίζει, της απόδοσης του, της παροχής καθαρής ενέργειας και τέλος της εξαιρετικής του προσαρμογή στις αγροτικές και αστικές εφαρμογές. Είναι μια εναλλακτική λύση, απόλυτα απαραίτητη για τις ενεργοβόρες σύγχρονες κοινωνίες



Σχήμα 44. Η εφοδιαστική αλυσίδα του βιοαερίου (Khan, M. U., et al. 2021)

Έτσι μετά την Α.Χ., το βιοαέριο υφίσταται υψηλού βαθμού καθαρισμό (που συνίσταται σε απομάκρυνση των σωματιδίων H_2S , NH_3 , H_2O), αναβάθμιση (δηλ. απομάκρυνση CO_2 και προσθήκη προπάνιου) και τέλος απόσμιση.

Το παραγόμενο αέριο ονομάζεται βιομεθάνιο και διακρίνεται σε βιομεθάνιο ποιότητας L (89% CH_4), ή ποιότητας H (96% CH_4). Το βιομεθάνιο που προέρχεται από την τεχνολογία της ΑΧ ανήκει στα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς, ενώ αυτό που προέρχεται από την αεριοποίηση θεωρείται βιοκαύσιμο δεύτερης γενιάς (Ζαφείρης Χ., 2010).



Σχήμα 45. Παραγωγή βιοκαυσίμων 1ης και 2ης γενιάς από βιοαέριο (<https://www.iene.gr>)

Οι γενικές ποιοτικές προδιαγραφές και απαιτήσεις που πρέπει να πληροί το βιομεθάνιο για τη χρήση του σαν καύσιμο μεταφορών ή για έγχυση στο δίκτυο του ΦΑ παρουσιάζονται στον παρακάτω

πίνακα. Σημειώνεται ότι οι τιμές του πίνακα δύναται να τροποποιηθούν σύμφωνα με πρότυπα που τελικώς εφαρμόζονται σε κάθε χώρα

Πίνακας 16. Σύσταση βιοαερίου, βιομεθανίου και αερίου σύνθεσης (Ζαφείρης Χ., 2010)

Συστατικό	Σύμβολο	Βιοαέριο	Βιομεθάνιο	Αεριο σύνθεσης
Μεθάνιο	CH ₄	55-70%	>97%	15,6
Διοξείδιο άνθρακα	CO ₂	30-45%	<1%	12,2
Άζωτο	N ₂	<2%	<2%	2
Οξυγόνο	O ₂	<0,5%	<0,5%	-
Υδρόθειο	H ₂ S	<500 ppm v	<0,5 mg/Nm ³	
Υδρογονάνθρακες	C _x H _y	<100 ppm v	<10 ppm v	5,8
Νερό	H ₂ O	saturated	< 0,03 g/m ³	
Θερμογόνος δύναμη	HS,M	6-7,5 kWh/m ³	max. 11 kWh/m ³	4
Wobbe index	HS,M	6-11 kWh/m ³	max. 11 kWh/m ³	8

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.

Σημειώνεται ότι το αέριο χωματερής συνήθως είναι δύσκολο να αναβαθμιστεί σε βιομεθάνιο λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε άζωτο.

9.3.1 Το βιομεθάνιο ως καύσιμο οχημάτων

Το βιομεθάνιο σε πολλές αναπτυγμένες ευρωπαϊκές χώρες με μεγάλη οικονομική και τεχνολογική ανάπτυξη (Σουηδία, Φινλανδία, Νορβηγία Ελβετία Γερμανία) χρησιμοποιείται ήδη ως καύσιμο αυτοκινήτων. Ο αριθμός των ιδιωτικών οχημάτων, των οχημάτων δημόσιας χρήσης, και των φορτηγών που κινούνται με αέριο αυξάνεται ραγδαία. Η χρήση του βιομεθανίου ως καύσιμο είναι παρεμφερή με αυτή των οχημάτων που χρησιμοποιούν φυσικό αέριο, καθώς απαιτούνται μικρές τροποποιήσεις στους κινητήρες και γενικότερα στη μηχανική κατασκευή του οχήματος.

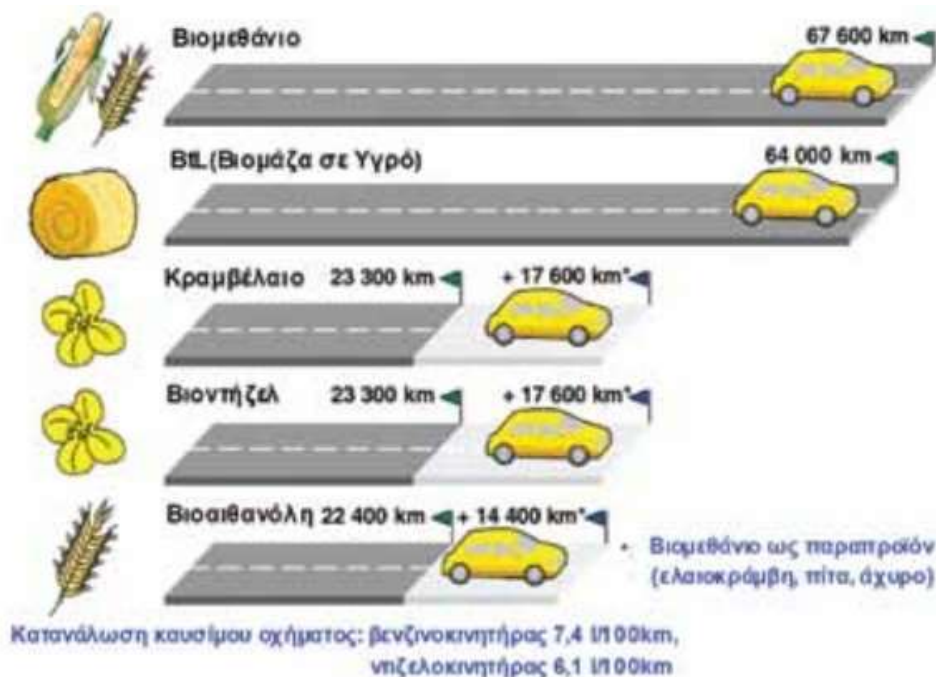
Το βιομεθάνιο χρησιμοποιείται ως βιοκαύσιμο με τη μορφή υποκατάστατου CNG ή LNG, που ονομάζεται bio-CNG ή bio-LNG.

Σε γενικές γραμμές, στην Ευρώπη προωθείται η αντικατάσταση των πετρελαιοκίνητων μέσω μαζικής μεταφοράς με οχήματα που χρησιμοποιούν βιομεθάνιο, καθώς αυτά παρουσιάζουν

μειωμένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και σωματιδίων, κάτι που συμβάλλει στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της κλιματικής αλλαγής.

Το αναβαθμισμένο βιοαέριο (βιομεθάνιο) θεωρείται ότι έχει το υψηλότερο δυναμικό ως καύσιμο οχημάτων συγκρινόμενο με άλλα βιοκαύσιμα, όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω σχεδιάγραμμα, στο οποίο αποτυπώνεται η απόσταση που διανύεται από τα οχήματα τα οποία κινούνται με βιοκαύσιμα που παράγονται από διάφορα είδη βιομάζας ενός εκταρίου καλλιεργούμενης γης (Sioulas, K., et al., 2009).

Επίσης θα πρέπει να αναφερθεί ότι το δυναμικό του βιομεθανίου υπολογίζεται ακόμα υψηλότερο, εάν χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη απόβλητα αντί των ενεργειακών καλλιεργειών.



Σχήμα 46 Σύγκριση βιοκαυσίμων: Αυτονομία ενός ΙΧ αυτοκινήτου κινούμενου με βιοκαύσιμα τα οποία παράγονται από πρώτες ύλες βιομάζας/ενεργειακές καλλιέργειες προερχόμενες από 1 εκτάριο καλλιεργήσιμης γης (<https://www.researchgate.net>)

Παρακάτω παρατίθεται πίνακας χαρακτηριστικών δεικτών του βιομεθανίου προκειμένου να γίνει χρήση ως καύσιμο κίνησης αυτοκινήτων στη Σουηδία.

Πίνακας 17 Χαρακτηριστικά βιομεθανίου για κίνηση αυτοκινήτων στη Σουηδία (Ζαφείρης Χ., 2019)

Ιδιότητα/Σύσταση	Μονάδα	Τύπος Α	Τύπος Β
Δείκτης Wobbe _{min}	MJ/Nm ³	44.7	43.9
Δείκτης Wobbe _{max}	MJ/Nm ³	46.8	47.3
CH ₄	Vol%	97±1	97±2
H ₂ O _{max}	mg/Nm ³	32	32
O _{2,max}	Vol%	1.0	1.0
CO ₂ +O ₂ +N _{2,max}	Vol%	4.0	5.0
H ₂ S _{max}	mg/Nm ³	23	23
Μεθανόλη	Vol%	0	0
Σωματίδια ...	µm	5	5

9.3.2 Βιομεθάνιο για έγχυση στο δίκτυο φυσικού αερίου

Το βιομεθάνιο είναι ένα αναβαθμισμένο βιοαέριο που μπορεί να εγχυθεί και να διανεμηθεί μέσω του δικτύου του φυσικού αερίου, καθώς παρομοιάζει ως προς τη σύσταση και συμπεριφορά με το φυσικό αέριο, αφού προηγουμένως έχει συμπιεστεί κατάλληλα.

Πολλές χώρες όπως η Σουηδία, η Ελβετία, η Γερμανία και η Γαλλία έχουν θεσπίσει πρότυπα και συστήματα πιστοποίησης για την έγχυση του βιομεθανίου στο υπάρχον δίκτυο του φυσικού αερίου.

Πίνακας 18 . Ποιοτικές απαιτήσεις για την έγχυση του βιοαερίου στο δίκτυο του φυσικού αερίου χωρών της ΕΕ (Ζαφείρης Χ., 2010)

Συστατικό·α	Αυστρία·α	Γαλλία·α	Γερμανία·α	Ολλανδία·α	Σουηδία·α	Ελβετία·α	Ελλάδα·α
CH ₄ ·α	>96%·α	/·α	-·α	85%·α	>97%·α	>96%·α	75%·α
CO ₂ ·α	<3%·α	<2,5%·α	6%·α	/·α	<3%·α	<4%·α	3%·α
Co·α	<2%·α	/·α	/·α	/·α	/·α	·α	·α
Ολικό·S·α	<10mg/m ³ ·α	<30·mg/m ³ ·α	30mg/m ³ ·α	<45mg/m ³ ·α	<23mg/m ³ ·α	<30mg/m ³ ·α	80mg/m ³ ·α
H ₂ S·α	<5mg/m ³ ·α	<5·mg/m ³ ·α	5mg/m ³ ·α	<5mg/m ³ ·α	10ppm·α	<5mg/m ³ ·α	5mg/m ³ ·α
<u>Μερκαπτάνες</u> <u>ς</u> ·α	<6mg/m ³ ·α	<6·mg/m ³ ·α	15mg/m ³ ·α	/·α	/·α	/·α	·α
O ₂ ·α	<0,5%·α	<0,01%·α	<0,5%·α	<0,5%·α	<1%·α	<0,5%·α	0,2·α
H ₂ ·α	<4%·α	<6%·α	5%·α	/·α	<0,5%·α	<5%·α	·α
H ₂ O·α	-80C/40· <u>bar</u> ·α	-50C/40· <u>bar</u> ·α	0C·α	<32·mg/m ³ ·α	<32·mg/m ³ ·α	60%·α	·α
<u>Wobbe index</u> ·α	13,3-5,7·k· <u>Wh/m³</u> ·α	13,64-15,7· <u>kWh/m³·H</u> ·α	10,5-15,7· <u>kWh/m³</u> ·α	43,6-44,41· <u>MJ/m³</u> ·α	45,5-48,5· <u>MJ/m³</u> ·α	13,3-15,7k· <u>Wh/m³</u> ·α	46,80-58,46· <u>MJ/m³</u> ·α
Θερμογόνος· δύναμη·α	10,7-12,8· <u>kWh/m³</u> ·α	10,7-12,8kW· <u>h/m³·H</u> ·α	/·α	35,1· <u>MJ/m³</u> ·α	/·α	10,7-13,1· <u>kWh/m³</u> ·α	36,45-48,97· <u>MJ/m³</u> ·α
Σχετική· Πυκνότητα·α	0,55-0,65·α	0,55-0,70·α	/·α	/·α	/·α	0,55-0,70·α	0,56-0,71·α
Απόσμηση· Απόσμηση·α	Απόσμηση· στον· καταναλωτή·α	15-40mg· <u>ΤΗΤ/m³</u> ·α	Απόσμηση· στον· καταναλωτή·α	Απόσμηση· στον· καταναλωτή·α	/·α	15-25mg· <u>ΤΗΤ/m³</u> ·α	·α

9.3.3 Μέθοδοι αναβάθμισης βιοαερίου

Υπάρχουν διάφορες τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιομεθανίου με σκοπό την εξάλειψη των μολυσματικών παραγόντων και την αύξηση της συγκέντρωσής του σε

μεθάνιο. Απαραίτητη είναι η αφαίρεση του διοξειδίου του άνθρακα, η οποία βελτιστοποιεί την ποιότητα του βιομεθανίου και επιτρέπει την επίτευξη του απαιτούμενου δείκτη Wobbe του αερίου. Οι τεχνικές που έχουν αναπτυχθεί έως σήμερα για την αναβάθμιση του βιοαερίου είναι κυρίως οι εξής:

- Απορρόφηση νερού, (Pressure Swing Absorption (PSA)),
- Χημική απορρόφηση,
- Απορρόφηση με διαλύτη διμεθυλαιθέρων πολυαιθυλενικής γλυκόλης (Selexol) και
- Διαχωρισμός με μεμβράνες.

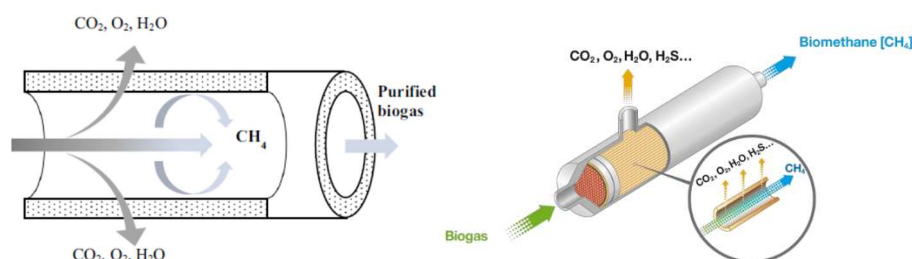
Σε στάδιο ανάπτυξης βρίσκεται η κρυογονική διαδικασία που λαμβάνει χώρα σε συνθήκες ατμοσφαιρικής πίεσης και ψύξης -80°C . Στις συνθήκες αυτές το CO_2 συμπυκνώνεται σε υγρή μορφή σε χαμηλότερη πίεση και υψηλότερη θερμοκρασία από ότι το CH_4 και έτσι μπορεί να διαχωριστεί. (Ζαφείρης Χ., 2010). Η πιο διαδεδομένη είναι η αναβάθμιση του βιοαερίου με την τεχνολογία μεμβρανών (Διείσδυση αερίου) όπως παρουσιάζεται παρακάτω

Τεχνολογία μεμβρανών (Διείσδυση αερίου)

Κατά την τεχνολογία αυτή, για την αναβάθμιση του βιοαερίου χρησιμοποιείται μια μεμβράνη που λειτουργεί ως φίλτρο για το διαχωρισμό των συστατικών του αερίου. Η μεμβράνη αυτή αποτελείται από πολυμερή υλικά όπως πολυσουλφόνη, πολυιμίδιο ή πολυδιμεθυλοσιλοξάνιο και επιτρέπει τη διέλευση του υδρογόνου, του διοξειδίου του άνθρακα και του μεθανίου.

Το υδρόθειο, το οξυγόνο και το άζωτο διαπερνούν τη μεμβράνη σε κάποιο βαθμό ενώ το μεθάνιο διέρχεται από αυτή σε πολύ μικρό βαθμό. Αυτά τα υλικά εμφανίζουν ευνοϊκή επιλεκτικότητα για το διαχωρισμό του μεθανίου / διοξειδίου του άνθρακα σε συνδυασμό με την ικανότητα να εντοπίζουν τα συστατικά που περιέχονται στο ακατέργαστο βιοαέριο.

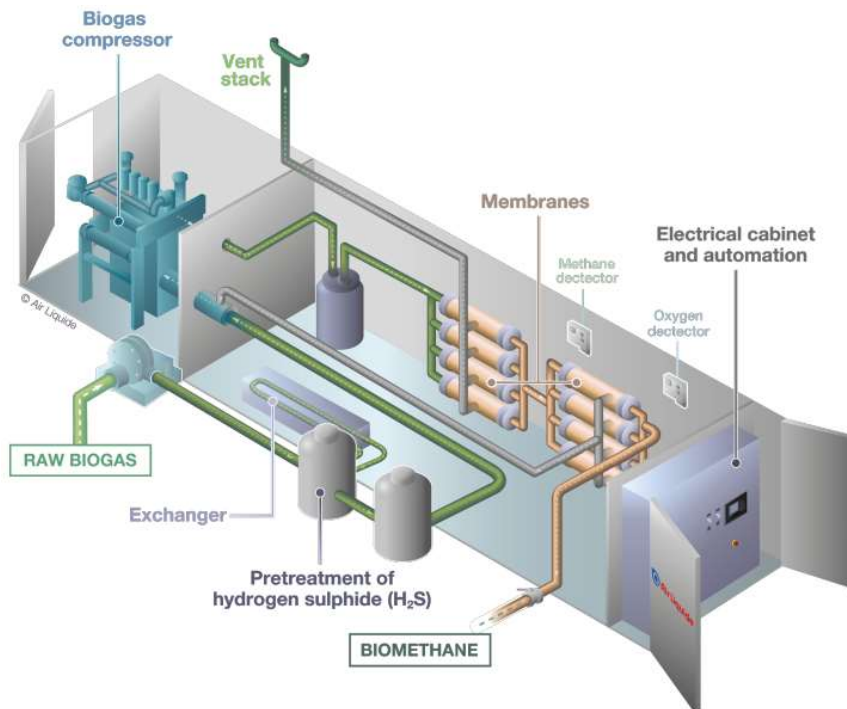
Μετά τη συμπίεση του ακατέργαστου βιοαερίου, αυτό ψύχεται και στη συνέχεια ξηραίνεται για την απομάκρυνση της αμμωνίας. Το υπόλοιπο υδρόθειο απομακρύνεται με τη βοήθεια της προσρόφησης σε σίδηρο ή οξείδιο του ψευδαργύρου μετά την επαναθέρμανση του αερίου



Σχήμα 47 Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας διαχωρισμού μεμβρανών (Liangcheng Y., et al 2014) (<https://advancedseparations.airliquide.com>)



Σχήμα 48 Τυπική διαταξη αναβαθμησης βιοαερίου (<https://energies.airliquide.com>)

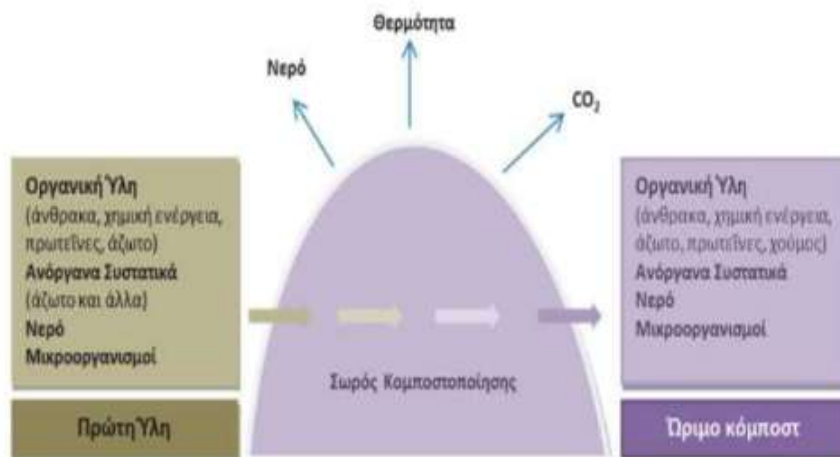


Σχήμα 49 Εξωτερική – εσωτερική άποψη συστήματος αναβάθμισης βιοαερίου σε βιομεθάνιο (<https://www.researchgate.net>)

9.4 Εφαρμογές του χωνεμένου υπολείμματος

Όπως αναφέρθηκε και ανωτέρω στις ΜΒ εκτός της παραγωγής του βιοαερίου και της μετέπειτα ενεργειακής αξιοποίησης αυτού, ως παραπροϊόν της αναερόβιας χώνευσης θεωρείται το χωνεμένο υπόλειμμα από την έξοδο του βιοαντιδραστήρα.

Η κομποστοποίηση που λαμβάνει χώρα εντός του χωνευτήρα, είναι μια διαδικασία βιολογικής αποσύνθεσης οργανικών υπολειμμάτων σε ειδικές συνθήκες, που επιτρέπουν την ανάπτυξη θερμότητας μέσω της μεταβολικής δραστηριότητας μικροοργανισμών. Το αποτέλεσμα είναι η παραγωγή ενός σταθεροποιημένου βιολογικά προϊόντος που δεν περιέχει παθογόνους μικροοργανισμούς καθώς αδρανοποιούνται πλήρως οι παθογόνοι ιοί, τα βακτήρια και τα παράσιτα στα απόβλητα εισόδου (υπόστρωμα). Επιπλέον, το τελικό σταθεροποιημένο προϊόν, το κομπόστ, έχει περίπου 20-40% μικρότερο μέγεθος από την αρχική οργανική ύλη (Haug, R., 1993).



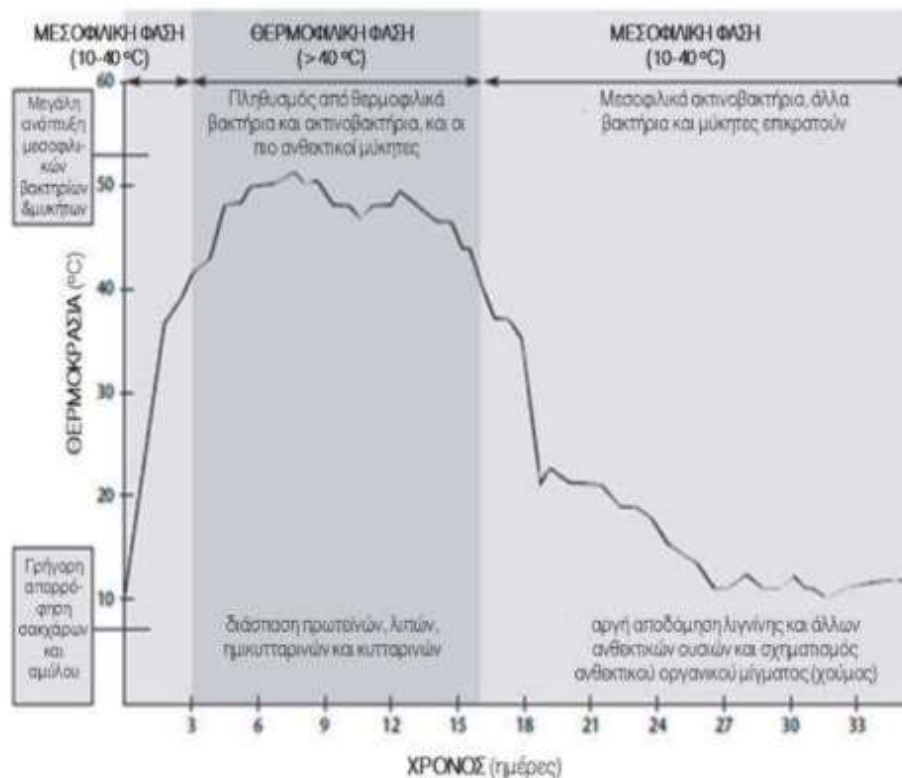
Σχήμα 50: Διεργασίες κατά την κομποστοποίηση. (Rink et al. 1992)

Η διαδικασία της κομποστοποίησης αποτελείται από τέσσερις φάσεις ή στάδια, οι οποίες είναι απαραίτητες για την ομογενοποίηση του τελικού προϊόντος. Κατά τη διάρκεια αυτών των φάσεων, πραγματοποιούνται χημικές αντιδράσεις και αναπτύσσονται διάφοροι μικροοργανισμοί.

Έτσι τέσσερις οι φάσεις της κομποστοποίησης κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τη θερμοκρασία και τους μικροοργανισμούς που συμμετέχουν σε κάθε φάση ως εξής .

- Η πρώτη φάση είναι η **ψυχρόφιλη φάση**, κατά την οποία η θερμοκρασία του υλικού παραμένει στους περίπου 10-25 βαθμούς Κελσίου. Σε αυτή τη φάση, οι μικροοργανισμοί που εμπλέκονται στη διαδικασία είναι πρωτοβακτήρια και μύκητες, οι οποίοι ξεκινούν την αποδόμηση του οργανικού υλικού.
- Η δεύτερη φάση είναι η **πρώτη μεσοφιλική φάση**, κατά την οποία η θερμοκρασία αυξάνεται έως τους 40 βαθμούς Κελσίου. Σε αυτή τη φάση, συμμετέχουν περισσότερα είδη βακτηρίων και μυκήτων, οι οποίοι συνεχίζουν την αποδόμηση του οργανικού υλικού.
- Η τρίτη φάση είναι η **θερμόφιλη φάση**, κατά την οποία η θερμοκρασία ανεβαίνει στους 40-70°C και αναπτύσσονται μικροοργανισμοί όπως θερμοφιλικά βακτήρια και μύκητες.
- Τέλος, η τέταρτη φάση είναι η **δεύτερη μεσοφιλική φάση**, κατά την οποία η θερμοκρασία μειώνεται στους 10°C και, η δραστηριότητα των μικροοργανισμών μειώνεται σταδιακά. Στο τέλος αυτής της φάσης, το χωνεμένο υπόλειμμα έχει πλέον φτάσει στο τελικό του στάδιο και είναι έτοιμο για χρήση.

Στο ακόλουθο διάγραμμα παρουσιάζεται η θερμική φάση αλλά και τα είδη των μικροοργανισμών που αναπτύσσονται στην κάθε μία (Trautmann et al., 2014).



Σχήμα 51 Φάσεις κατά την κομποστοποίηση (Trautmann et al., 2014)

Το παραγόμενο κατάλοιπο διάσπασης του βιοαντιδραστήρα και μετά από το διαχωρισμό του σε υγρή - στερεή φάση δύναται να χρησιμοποιηθεί ως:

- οργανικό λίπασμα και εδαφοβελτιωτικό
- υπόστρωμα καλλιέργειών,
- υλικό επικάλυψης και αποκατάστασής τοπίων
- υλικό πλήρωσης βιόφιλτρων

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι η χρησιμοποίηση του κομπόστ που προκύπτει από την διαδικασία της ΑΧ για τις ανωτέρω χρήσεις, λογίζεται ως εργασία Ανάκτησης (R) του Παραρτήματος II της Ενότητας Β΄ του Ν. 4042/2012. Παρακάτω γίνεται ανάλυση των χρήσεων του οργανικού κομπόστ (κατάλοιπο διάσπασης ΑΧ)

9.4.1 Εδαφοβελτιωτικό

Η χρήση του κατάλοιπου από την αναερόβια χώνευση σε γεωργικές χρήσεις βελτιώνει τις φυσικές και βιολογικές ιδιότητες του εδάφους που χρησιμοποιείται, ενώ ταυτόχρονα συμβάλλει:

- στην αύξηση της οργανικής ύλης
- στη μείωση της διάβρωσης του εδάφους
- στη βελτίωση της υδατο-ικανότητας (παράμετρος ιδιαίτερα σημαντική ειδικά για περιοχές με έντονη ξηρασία)
- στην αύξηση του pH (παράμετρος ιδιαίτερα σημαντική ειδικά για περιοχές με όξινα εδάφη)

- στη γενική βελτίωση της δομής και της σύστασης του εδάφους (πχ σε αμμώδη και αργιλώδη εδάφη)

9.4.2 Οργανικό λίπασμα

Το παραγόμενο κατάλοιπο από την αναερόβια χώνευση δύναται να χρησιμοποιηθεί ως οργανικό λίπασμα ή και ως συστατικό πρόσμιξης στην παραγωγή οργανικών λιπασμάτων καθώς είναι πλούσιο σε οργανικά συστατικά.

Γενικώς η χρήση οργανικών λιπασμάτων έχει ουσιαστικά οφέλη για το έδαφος και τις καλλιέργειες. Αντίθετα με τα χημικά λιπάσματα, τα οργανικά λιπάσματα απελευθερώνουν αργά και σταδιακά (ανοργανοποίηση) τα θρεπτικά στοιχεία τους στο έδαφος, βοηθώντας στη διατήρηση και εμπλουτισμό του εδάφους με στοιχεία όπως άζωτο, φώσφορο, κάλιο, ασβέστιο και μαγνήσιο. Η βραδεία αποδέσμευση των θρεπτικών στοιχείων συνεισφέρει στη σταθερότητα και στο συνεχή εμπλουτισμό του εδάφους αλλά και στη διατήρηση των βιολογικών - φυσικών ιδιοτήτων του, που σε πολλές περιπτώσεις μάλιστα καλύπτει τις ανάγκες των φυτών καθολη την διάρκεια της καλλιέργειας αυτών. Σημειώνεται ότι η χρήση οργανικών λιπασμάτων μειώνει τη χρήση χημικών και συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος και της βιοποικιλότητας.

9.4.3 Υπόστρωμα καλλιεργειών

Στην περίπτωση αυτή, παραγόμενο κατάλοιπο από την αναερόβια χώνευση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υπόστρωμα για καλλιέργειες, δηλαδή ως φυτόχωμα για την ανάπτυξη των φυτών. Συνήθως αναμιγνύεται με άλλα υποστρώματα όπως τύφρη, φλοιοί δέντρων, προϊόντα δασοκομίας κλπ.

9.4.4 Υλικό επικάλυψης και αποκατάστασης τοπίων

Το παραγόμενο κατάλοιπο από την αναερόβια χώνευση, αποτελεί άριστο υλικό επίστρωσης, χώρων υγειονομικής ταφής (ΧΥΤ), λατομείων και γενικά δύναται να χρησιμοποιηθεί ως υλικό διαμόρφωσης κάθε είδους ανάγλυφου (landscaping). Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και σε έργα οδοποιίας και συγκεκριμένα σε πρανή ορυγμάτων ή επιχωμάτων σε αυτοκινητοδρόμους για δημιουργία χώρων πρασίνου.

Επιπροσθέτως μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υλικό αποκατάστασης σε Χώρους Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων (ΧΑΔΑ) και σε εν ενεργεία εξορυκτικές δραστηριότητες για την πλήρωση και αποκατάσταση ορυγμάτων.

9.4.5 Συστατικό (υλικό πλήρωσης) βιόφιλτρων

Το παραγόμενο κατάλοιπο από την αναερόβια χώνευση κομπόστ από μόνο του ή μετά από την ανάμιξη του με άλλα υλικά δύναται να αποτελέσει ιδανικό υλικό πλήρωσης βιόφιλτρων που αποσκοπούν στην απορρόφηση δύσσομων απαέριων και λοιπών οσμών βιομηχανικών εγκαταστάσεων, εξαερισμών, εγκαταστάσεων επεξεργασίας αστικών λυμάτων, εγκαταστάσεων μηχανικής διαλογής και κομποστοποίησης, αλλά και σε βιομηχανοποιημένες εγκαταστάσεις μαζικής διατήρησης ζώων.

9.5 Προδιάγραφες ποιότητας κατάλοιπου AX

Οι ελάχιστες απαιτήσεις που καθορίζουν την ποιότητα του τελικού προϊόντος ώστε να καταστεί ασφαλές κατά τη χρήση του, εξαρτώνται από το είδος του προϊόντος και τις χρήσεις για τις οποίες προορίζεται. Στην ελληνική νομοθεσία έχει θεσμοθετηθεί Κοινή Υπουργική Απόφαση Αριθμ. οικ.56366/4351/2014 (ΦΕΚ 3339/Β/12-12-2014) «Καθορισμός απαιτήσεων (προδιαγραφών) για εργασίες επεξεργασίας στο πλαίσιο της μηχανικής-βιολογικής επεξεργασίας των σύμμεικτων αστικών αποβλήτων και καθορισμός χαρακτηριστικών των παραγόμενων υλικών ανάλογα με τις χρήσεις τους, σύμφωνα με το εδάφιο β της παραγράφου 1 του άρθρου 38 του Ν. 4042/2012 (Α΄/24).»

9.5.1 Ελάχιστες απαιτήσεις διεργασίας AX για την ασφαλή χρήση του χωνεμένου υπολείμματος

Οι απαιτήσεις αυτές αφορούν την επίτευξη συγκεκριμένης θερμοκρασίας για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα καθώς και τον υδραυλικό χρόνο παραμονής στον αντιδραστήρα, ώστε να διασφαλιστεί η ασφαλής χρήση του προϊόντος.

Έτσι σύμφωνα με την ανωτέρα ΚΥΑ για την ασφαλή χρήση του χωνεμένου υπολείμματος της AX αναφέρεται:

- Επίτευξη θερμοκρασίας >55 °C για συνεχόμενη περίοδο 24h (χωρίς διακοπή) και υδραυλικός χρόνος παραμονής στον αντιδραστήρα τουλάχιστον 20 ημέρες.
- Σε περίπτωση χαμηλότερης θερμοκρασίας ή μικρότερου υδραυλικού χρόνου παραμονής στον αντιδραστήρα από 20 ημέρες (αλλά τουλάχιστον 14 ημέρες), τα απόβλητα θα επεξεργάζονται στους 70 °C για 1 ώρα, ή το προϊόν χώνευσης θα υπόκειται σε περαιτέρω διεργασία αναερόβιας κομποστοποίησης με τους όρους και τους κανόνες που διέπουν τη μέθοδο αυτή .
- Επίσης για την διασφάλιση των ανωτέρω απαιτείται καθημερινή παρακολούθηση των κρίσιμων παραμέτρων (θερμοκρασία, υγρασία, συχνότητα ανάμιξης).

9.5.2 Έλεγχος καταλληλότητας χωνεμένου υπολείμματος AX ως προς το μικροβιολογικό φορτίο

Οι απαιτήσεις αυτές αφορούν τον έλεγχο του χωνεμένου υπολείμματος της AX σε MB , ώστε να διασφαλιστεί η ασφαλής χρήση του προϊόντος στο έδαφος σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κανονισμό 142/2011.

Το μικροβιολογικό φορτίο του χωνεμένου υπολείμματος έχει ιδιαίτερη σημασία, ειδικά όταν η χρήση αυτού αφορά τη λίπανση εδάφους ή εδαφοβελτιωτικού βρώσιμων καλλιεργειών από τον άνθρωπο ή τα ζώα και θα πρέπει να ελέγχεται η περιεκτικότητα σε παθογόνους οργανισμούς (έλεγχος σε Salmonella. και E. Coli) και η περιεκτικότητα βιώσιμων σπόρων ζιζάνιων.

Έτσι τα αντιπροσωπευτικά δείγματα του χωνεμένου υπολείμματος που λαμβάνονται κατά τη διάρκεια του μετασχηματισμού ή αμέσως μετά πρέπει να συμμορφώνονται ως προς τα πρότυπα που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 19. Οι απαιτήσεις του πίνακα αναφέρονται στη μέτρηση της ποιότητας του χωνεμένου υπολείμματος για μια από τις δύο παραμέτρους.

Με n συμβολίζεται ο αριθμός των προς έλεγχο δειγμάτων, με m η κατώτατη τιμή συγκέντρωσης βακτηρίων και με M η αντίστοιχη ανώτατη τιμή ενώ με c συμβολίζεται ο αριθμός των δειγμάτων στα οποία γίνεται αποδεκτό το χωνεμένο υπόλειμμα να έχει συγκέντρωση βακτηρίων μεταξύ των οριακών τιμών m και M . Τα αποτελέσματα θεωρούνται ικανοποιητικά αν η συγκέντρωση των βακτηρίων στο σύνολο των δειγμάτων δεν υπερβαίνει την οριακή τιμή m , ενώ θεωρούνται μη ικανοποιητικά αν σε ένα ή περισσότερα δείγματα η συγκέντρωση των βακτηρίων είναι ίση ή μεγαλύτερη της οριακής τιμής M .

Πίνακας 19: Μικροβιολογικά πρότυπα χωνεμένου υπολείμματος σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κανονισμό 142/2011

Παράμετρος	n	c	m	M
Escherichia coli	5	1	1000/g	5000/g
Enterococcaceae	5	1	1000/g	5000/g

Σημειώνεται ότι τα αντιπροσωπευτικά δείγματα του χωνεμένου υπολείμματος που λαμβάνονται κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης ή μετά το τέλος της πρέπει να χαρακτηρίζονται από μηδενική συγκέντρωση σαλμονέλας σε 5 δείγματα των 25 g.

9.5.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά και έλεγχος παραγόμενου κατάλοιπου ΑΧ για χρήση στο έδαφος

Στην περίπτωση της χρήσης του κατάλοιπου διάσπασης ως λίπασμα εδαφοβελτιωτικό ή κομπόστ και σε συνάρτηση του είδους των αποβλήτων που εισέρχονται στο βιοαντιδραστήρα θα πρέπει να τηρούνται κάποια κριτήρια ποιότητας και παραγωγής αυτού.

Το προϊόν ανεξαρτήτως εάν πωλείται σε συσκευασία ή χυμά θα πρέπει να συνοδεύεται από συγκεκριμένες πληροφορίες ως προς την ποιότητα του και τις ιδιότητες του, που θα αναγράφονται πάνω στην συσκευασία ή σε ξεχωριστό συνοδευτικό φυλλάδιο

Έτσι σύμφωνα με την Υ.Α. οικ. 56366/4351/2014 (ΦΕΚ 3339/Β/12-12-2014) καθορίζονται οι εξής παράμετροι ελέγχου ποιότητας:

Πίνακας 20 Οριακές τιμές παραμέτρων σταθεροποιημένου χωνέματος ΑΧ (ΦΕΚ 3339/Β/12-12-2014)

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ - ΜΟΝΑΔΑ	ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ
Cd, mg/kg ξηρού βάρους	≤3
Cr, mg/kg ξηρού βάρους	≤250
Cu, mg/kg ξηρού βάρους	≤400
Hg, mg/kg ξηρού βάρους	≤2,5
Ni, mg/kg ξηρού βάρους	≤100
Pb, mg/kg ξηρού βάρους	≤300
Zn, mg/kg ξηρού βάρους	≤1200
As, mg/kg ξηρού βάρους	≤10
Πολυχλωριωμένα Διφαινύλια (PCBs), mg/kg ξηρού βάρους (1)	≤0,4
Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες (PAH), mg/kg ξηρού βάρους(2)	≤3
Προσμίξεις > 2 mm, % σε ξηρή βάση(3)	≤3
Υγρασία	≤40%
<p>1) Άθροισμα των πολυχλωριωμένων διφαινυλίων υπ' αριθ. 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180</p> <p>(2) Άθροισμα των ακόλουθων πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων acenaphthene, acenaphthylene, anthracene, benzo(a)anthracene, benzo(b)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene, benzo(g,h,i)perylene, benzo(a)pyrene, chrysene, dibenzo(a,h)anthracene, fluorene, fluoranthene, indeno(1,2,3 -c,d)pyrene, naphthalene, phenanthrene, pyrene.</p> <p>(3) Ως προσμίξεις εννοούνται θραύσματα πλαστικών, γυαλιών, μετάλλων ή άλλων παρόμοιων μη βιοδιασπώμενων υλικών, εξαιρουμένων της άμμου, του χαλικιού ή άλλων μικρών πετρών.</p> <p>2. Βιώσιμοι σπόροι/πολλαπλασιαστικές μονάδες: Η περιεκτικότητα του παραγόμενου υλικού σε σπόρους ζιζανίων και σε βλαστικά αναπαραγωγικά μέρη επιθετικών ζιζανίων δεν θα υπερβαίνει τις 3 μονάδες ανά λίτρο υλικού.</p> <p>3. Τα επίπεδα των πρωτογενών παθογόνων μικροοργανισμών στα παραγόμενα υλικά δεν υπερβαίνουν τις παρακάτω μέγιστες τιμές: Salmonella spp. (σαλμονέλα): απουσία σε 50 g δείγματος (ISO 6579:2002).</p>	

Επιπροσθέτως σύμφωνα με την ανωτέρα ΚΥΑ και στην περίπτωση της χρήσεως του υπολείμματος διάσπασης της ΑΧ ως λίπασμα, εδαφοβελτιωτικό ή κομπόστ θα πρέπει να διενεργούνται έλεγχοι σχετικά με τις προαναφερόμενες παραμέτρους ως ακολούθως:

α. Οι δειγματοληψίες θα ακολουθούν το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 12579:2013 «Soilimprovers and growing media - Sampling», που καθορίζει τις μεθόδους δειγματοληψίας σε βελτιωτικά εδάφους και καλλιεργητικά μέσα.

β. Τα δείγματα για τα οποία θα διενεργηθούν εργαστηριακοί έλεγχοι πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις του παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 21 Απαιτήσεις Εργαστηριακού Ελέγχου

Ετήσια ποσότητα (Π) εισερχομένων αποβλήτων (τόνοι)	Αριθμός δειγμάτων ληφθέντων σε 12 μήνες(1)	Μέγιστος Επιτρεπόμενος αριθμός δειγμάτων που δεν ικανοποιεί έστω και μια παράμετρο	Επιτρεπόμενη Απόκλιση από τα όρια των δειγμάτων που δεν ικανοποιούν κάποια παράμετρο
Π<10.000	2	1	20%
10.000≤Π<30.000	3	1	20%
30.000≤Π<60.000	6	2	20%
60.000≤Π<100.000	10	3	20%
Π≥100.000	12	4	20%

(1) Τα δείγματα θα συλλέγονται από κατάλληλα πιστοποιημένο εξωτερικό φορέα/ εργαστήριο ο οποίος θα πραγματοποιεί τον εργαστηριακό έλεγχο

9.5.4 Λοιπές παράμετροι ελέγχου

Πέρα των αναφερόμενων στην ΚΥΑ 56366/4351/2014 (ΦΕΚ 3339/Β/12-12-2014) για την χρήση του κομπόστ είτε αυτόνομα είτε σε συνδυασμό με άλλα υλικά ιδίως όταν η χρήση αυτού αφορά τη λίπανση εδάφους θα πρέπει να διασφαλίζεται η προστασία του υδροφόρου ορίζοντα και των επιφανειακών υδάτων.

Για τον λόγο αυτό ειδικά όταν το προϊόν χρησιμοποιείται ως λίπασμα ή εδαφοβελτιωτικό θα πρέπει να παρέχονται πληροφορίες ως προς το περιεχόμενο σε θρεπτικές ουσίες (N, P, K, Mg) άλλα και λοιπές ιδιότητες του υλικού όπως (πυκνότητα, μέγεθος κόκκων, περιεχόμενο σε ξηρά ουσία, ΡΗ, ηλ. αγωγιμότητα κτλ).

Για την ορθή χρήση αυτού θα πρέπει να γίνεται αναφορά και να δίδονται στοιχεία ως προς την επίτευξη του βαθμού βελτιστοποίησης των εκάστοτε εδαφολογικών και μηχανικών χαρακτηριστικών για τα οποία προορίζεται. Επιπροσθέτως στο τελικό προϊόν προς χρήση θα πρέπει να προσδιορίζεται

η περιεκτικότητα σε οργανική ύλη καθώς και η σταθερότητα του υλικού (πχ αναπνευσιμετρικός δείκτης ή βαθμός Rottegrad III, I ή V).

Σημειώνεται ότι στην περίπτωση που προϊόν ενταχθεί σε διαδικασίες πιστοποίησης ενδέχεται να υπάρξουν επιπλέον απαιτήσεις ως προς παραμέτρους ελέγχου του

9.6 Μέτρα ορθής εφαρμογής λιπασμάτων

Παρακάτω παρατίθενται τα βασικά μέτρα ορθής εφαρμογής λιπασμάτων σε γεωργικές εκτάσεις που στοχεύουν κυρίως στην προστασία του υδροφόρου ορίζοντα και των επιφανειακών υδάτων και είναι τα εξής:

- Η εφαρμογή του λιπάσματος (χωνεμένου υπολείμματος) πρέπει να πραγματοποιείται σε δόσεις ανάλογα με τις απαιτήσεις των φυτών ανά βλαστικό στάδιο ανάπτυξης.
- Η εφαρμογή του λιπάσματος στην αγροτική καλλιέργεια πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο ομοιόμορφη, δηλαδή να διασφαλίζεται η διάθεση ίσης ποσότητας ανά φυτό ή τετραγωνικό μέτρο καλλιεργήσιμης έκτασης. Συστήνεται η εφαρμογή να γίνεται με χρήση λιπασματοδιανομέων: κοκκοδιανομείς για τα στερεά και λιπασματοδιανομείς εφοδιασμένοι με ειδικούς εγχυτήρες για τα υγρά.
- Ο εξοπλισμός λίπανσης για την εφαρμογή είτε υγρών είτε στερεών λιπασμάτων, πρέπει πάντα να είναι σε καλή λειτουργική κατάσταση και ρυθμισμένος προσεκτικά, με βάση τις οδηγίες του κατασκευαστή, ώστε να εφαρμόζονται με ακρίβεια οι αναγκαίες ποσότητες.
- Η εφαρμογή λιπασμάτων απαγορεύεται να πραγματοποιείται:
 - Σε παγωμένες ή καλυμμένες με χιόνια επιφάνειες, καθώς και σε εδάφη κορεσμένα με νερό, που δεν στραγγίζουν επαρκώς, ή πλημμυρισμένα.
 - Ενώ υπάρχει πρόβλεψη βροχόπτωσης στο αμέσως επόμενο διήμερο.
 - Όταν πνέει ισχυρός άνεμος.
- Η εδαφική εφαρμογή λιπασμάτων απαγορεύεται κατά το χρονικό διάστημα από 1η Δεκεμβρίου μέχρι 31η Ιανουαρίου κάθε έτους.
- Απαγορεύεται η εφαρμογή των λιπασμάτων:
 - Σε απόσταση μικρότερη των 2 μέτρων από όχθες επιφανειακών νερών (ποτάμια, υδατορέματα, λίμνες, διώρυγες, τάφρους και κανάλια άρδευσης ή στραγγίσισης) σε περίπτωση επίπεδης έκτασης και σε απόσταση μικρότερη των 6 μέτρων σε παρόχθιους αγρούς με κλίση άνω του 8%
 - Σε επικλινείς εκτάσεις με σημαντική κλίση (άνω του 8%), όταν το λίπασμα είναι σε υγρή μορφή, με εξαίρεση την εφαρμογή μέσω του συστήματος της στάγδην άρδευσης ή με τη μέθοδο της έγχυσης. Στις εκτάσεις αυτές, οι παραγωγοί συνίσταται η εφαρμογή του στερεού οργανικού λιπάσματος.
 - Σε απόσταση μικρότερη των 50 m από γεωτρήσεις, πηγές και πηγάδια.
- Η εφαρμογή των λιπασμάτων απαγορεύεται να γίνεται σε ακατέργαστες εδαφικές εκτάσεις που δεν καλύπτονται από βλάστηση οποιασδήποτε μορφής, φυτοφράκτες ή γειτονικά κτήματα, ενώ απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή σε περιπτώσεις όπου ο κίνδυνος απωλειών λόγω απορροής ή διήθησης είναι μεγάλος.

9.7 Οφέλη από την χρήση του χωνεμένου υπολείμματος της ΑΧ

Η χρήση του χωνεμένου υπολείμματος της ΑΧ ως μέσο λίπανσής και εδαφοβελτιωτικό δύναται να αντικαταστήσει τα χημικά λιπάσματα ενώ ταυτόχρονα συμβάλει στην προστασία του υδροφόρου ορίζοντα και των επιφανειακών υδάτων από τα φαινόμενα της νιτροποίησης και ευτροφισμού

Η χρήση οργανικών λιπασμάτων συγκριτικά με χρήση της απευθείας κοπριάς, παρέχει επιπρόσθετα περιβαλλοντικά οφέλη που είναι τα παρακάτω:

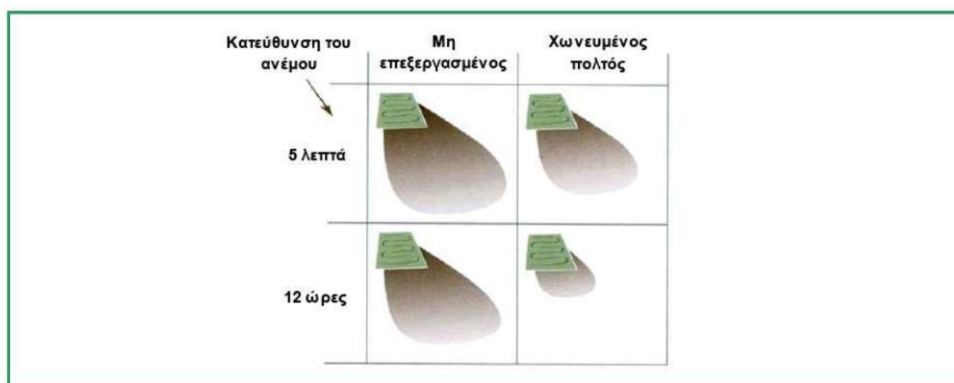
Κλείσιμο του κύκλου του άνθρακα.

Ο «σύντομος κύκλος άνθρακα» συνεχίζεται με την επαναχρησιμοποίηση του άνθρακα που περιέχεται στο χωνεμένο υπόλειμμα. Η χρήση του χωνεμένου υπολείμματος ως οργανικό λίπασμα επαναφέρει τον άνθρακα στο έδαφος.

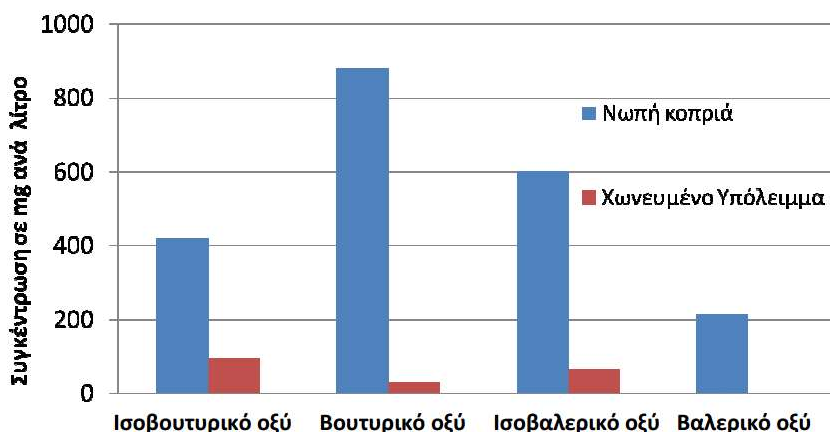
Μείωση όχλησης από οσμές

Η χρήση του καταλοίπου διασπάσεως της ΑΧ ως εδαφοβελτιωτικό οδηγεί σε σημαντική μείωση των οσμών συγκρινόμενα με αυτές που προκαλούνται από την νωπή κοπριά. Μάλιστα υπολογίζεται ότι τα πτητικά οξέα, φαινόλη και παράγωγα φαινολών μειώνονται κατά έως και 80% στα υποστρώματα πρώτης ύλης. Η μείωση αυτή δεν αφορά μόνο την ένταση των οσμών, αλλά επίσης προκαλεί μια θετική αλλαγή ως προς τη σύνθεση αυτών. Έτσι, το υπόλειμμα διασπάσεως έχει μια πιο αποδεκτή μυρωδιά, παρόμοια με αυτήν της αμμωνίας, αντί για τη δυσάρεστη μυρωδιά της υδατικής κοπριάς. Επιπλέον, ακόμα και στις περιπτώσεις που το κομπόστ αποθηκεύεται για μεγάλο χρονικό διάστημα, δεν παρουσιάζει αύξηση στην εκπομπή οσμών.

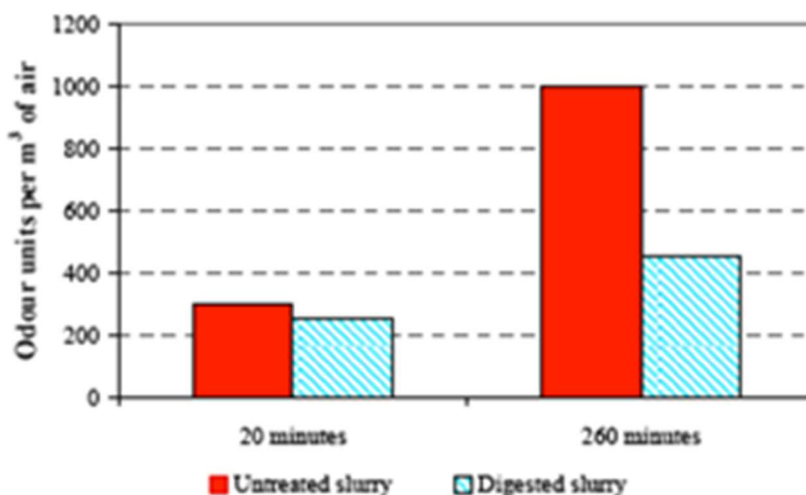
Έτσι όπως φαίνεται και στα παρακάτω διαγράμματα – σχέδια το κομπόστ είναι σχεδόν άοσμο και οι αναθυμιάσεις αμμωνίας εξαφανίζονται σε λίγες ώρες μετά από την εφαρμογή του.



Σχήμα 52 Συγκριτικό διάγραμμα μείωσης οσμών μεταξύ μη επεξεργασμένου και χωνεμένου κόπρου (Al Seadi, T. 2010).



Σχήμα 53 Συγκεντρώσεις των πτητικών λιπαρών οξέων με δυσάρεστη οσμή στον μη επεξεργασμένο και χωνευμένο κόπρο Φιλίππου, Π., 2012)



Σχήμα 54 Συγκέντρωση οσμών σε δείγματα αέρα που συλλέχθηκαν επάνω από τους αγρούς μετά από την εφαρμογή του μη επεξεργασμένου και του χωνευμένου κόπρου Φιλίππου, Π., (2012)

Αποφυγή του καψίματος των φυτών.

Η χρήση ακατέργαστης υδαρής κοπριάς ως λίπασμα μπορεί να προκαλέσει κάψιμο στα φύλλα και στο ριζικό σύστημα των φυτών λόγω της υπερβολικής παρουσίας λιπαρών οξέων. Ωστόσο, αυτό το πρόβλημα αποφεύγεται κατά τη χρήση χωνευμένου υπολείμματος, καθώς η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης έχει διαλύσει τα περισσότερα λιπαρά οξέα. Επιπλέον, το χωνευμένο υπόλειμμα αφομοιώνεται καλύτερα και ευκολότερα από τα φυτά σε σύγκριση με την ακατέργαστη νωπή κοπριά, μειώνοντας έτσι τον χρόνο άμεσης επαφής του με το ριζικό σύστημα των φυτών.

Βελτίωση ποιότητας λίπανσης.

Το κατάλοιπο της ΑΧ κατά την χρήση του ως λίπασμα παρουσιάζει χαμηλότερη αναλογία άνθρακα προς άζωτο (C/N) από την ακατέργαστη κοπριά. Αυτό το καθιστά μια καλύτερη πηγή άζωτου για τα φυτά σε σύντομο χρονικό διάστημα. Ωστόσο, όταν η αναλογία C/N είναι πολύ υψηλή, οι μικροοργανισμοί του εδάφους μπορεί να ανταγωνίζονται τα φυτά για την πρόσβαση σε άζωτο, με αποτέλεσμα να μειωθεί η αποτελεσματικότητα της λίπανσης. Επιπλέον, το χωνευμένο υπόλειμμα είναι

πιο ομογενοποιημένο από την ακατέργαστη υδαρή κοπριά και περιέχει περισσότερο άζωτο, διεισδύει στο έδαφος γρηγορότερα και είναι πιο προσβάσιμο στα φυτά. Επιπροσθέτως περιέχει μεγαλύτερα ποσοστά C, τα οποία συμβάλλουν στην αναπαραγωγή των οργανικών ουσιών στα εδάφη.

Σημειώνεται ότι τα συστατικά της λιγνίνης, τα οποία είναι σημαντικά για το σχηματισμό του φυτοχώματος, παραμένουν ακόμη και μετά τη διαδικασία της μεθανογέννησης, η οποία λαμβάνει χώρα κατά την αναερόβια αποσύνθεση των οργανικών υλικών. Τα μεθανογενείς βακτήρια μπορούν να παράγουν μια πλήρη σειρά από αμινοξέα, τα οποία είναι πολύτιμα και διαθέσιμα για τα φυτά και άλλους ζωντανούς οργανισμούς κατά την εφαρμογή του οργανικού λιπάσματος στο χώμα.

Βελτιωμένη κτηνιατρική ασφάλεια

Η διεργασία της ΑΧ αδρανοποιεί τους ιούς, τα βακτήρια και τα παράσιτα στα επεξεργασμένα υποστρώματα πρώτης ύλης, επίδραση που συνήθως καλείται «υγιεινή». Ως εκ τούτου επιτυγχάνεται μείωση του κινδύνου μόλυνσης και διάδοσης των παθογόνων μικροοργανισμών που πιθανώς υπάρχουν στα ζωικά απόβλητα και που δύναται να μεταφερθούν στον άνθρωπο μέσω της κοπριάς

Προστασία του υπεδάφους έναντι της νιτρορύπανσης

Η νωπή (μη αδρανοποιημένη) κόπρος είναι υπεύθυνη όχι μόνο για τις βλαβερές εκπομπές οσμών. (έκλυση αμμωνίας και δύσοσμων οργανικών οξέων) αλλά και για την μόλυνση του εδάφους και των υδάτων με νιτρικά άλατα (νιτρορύπανση). Για να κατασπαστεί κατανοητό το φαινόμενο της νιτρορύπανσης των υδάτων, αναφέρεται ότι τούτο συμβαίνει στην περίπτωση που η ποσότητα κόπρου που αποτίθεται στο έδαφος, ξεπερνά τις δυνατότητες βιοαποικοδόμησης από τους μικροοργανισμούς και απορρόφησης του αζώτου από τα φυτά. Έτσι τα νιτρικά ιόντα, δεδομένης της μεγάλης διαλυτότητας τους, μεταφέρονται με το νερό που απορρέει προς τους επιφανειακούς αποδέκτες ή διεισδύουν στους υπόγειους υδροφορείς. Βεβαία ο ρυθμός μεταφοράς του νιτρικού αζώτου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες (βροχόπτωση, πορώδες εδάφους, τρόπος εφαρμογής της λίπανσης, κλίση εδάφους, κ.α.), αλλά ο συγκεκριμένος μηχανισμός μεταφοράς παραμένει ο σημαντικότερος παράγων ρύπανσης των υδροφορέων με αζωτούχες ενώσεις

9.8 Μονάδες βιοαερίου στην Ελλάδα

Στα τελευταία χρόνια, έχει σημειωθεί σημαντική ανάπτυξη στον τομέα του βιοαερίου στην Ελλάδα με σημαντικές επενδύσεις. Αν σκεφτεί κανείς ότι το 2012 λειτουργούσαν λιγότερες από 10 μονάδες βιοαερίου με συνολική ηλεκτρική ισχύ που δεν ξεπερνούσε τα 4-5 MWe, σήμερα λειτουργούν 62 μονάδες με συνολική ισχύ που ξεπερνά τα 96 MWe. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι λειτουργούσες μονάδες παραγωγής βιοαερίου ανά περιφέρεια και τη δυναμικότητα παραγωγής αυτών.

Πίνακας 22 Μονάδες παραγωγής βιοαερίου ανά περιφέρεια χώρας (<https://habio.gr>)

Α/Α	ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ	ΙΣΧΥΣ (kW)
1	ΑΝ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ & ΘΡΑΚΗΣ	999
	ΑΝ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ & ΘΡΑΚΗΣ	999
	ΑΝ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ & ΘΡΑΚΗΣ	495
	ΑΝ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ & ΘΡΑΚΗΣ	999
	ΑΝ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ & ΘΡΑΚΗΣ	997
	ΑΝ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ & ΘΡΑΚΗΣ	249
	ΑΝ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ & ΘΡΑΚΗΣ	995
	ΑΝ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ & ΘΡΑΚΗΣ	500
2	ΑΤΤΙΚΗΣ	998
	ΑΤΤΙΚΗΣ	11400
	ΑΤΤΙΚΗΣ	24543
3	ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	300
	ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	500
	ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	500
	ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	499
	ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	635
4	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	252
	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	999
	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	120
	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	99
	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	1261
5	ΗΠΕΙΡΟΥ	1790
	ΗΠΕΙΡΟΥ	350
	ΗΠΕΙΡΟΥ	1203
	ΗΠΕΙΡΟΥ	999
	ΗΠΕΙΡΟΥ	999
	ΗΠΕΙΡΟΥ	1560
6	ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	999
	ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	5252
	ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	864
	ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	1500
7	ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	498
	ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	499
	ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	499
	ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	499
	ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	1500
	ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	499
	ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	600
	ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	353
	ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	1250
8	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	250
	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	499
	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	499
	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	1000
	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	844
	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	993
	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	999
	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	998
	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	999
	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	950
	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	998
	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	999
	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	2000
	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	499
	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	2500
ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	5048	
9	ΚΡΗΤΗΣ	999
10	ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ	480
11	ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	998
	ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	400
°	°	°
°	ΣΥΝΟΛΟ	96.852

9.9 Προβλήματα από την αξιοποίηση του βιοαερίου στην Ελλάδα

Τα σημαντικότερα προβλήματα σύμφωνα με τους επενδυτές και τις κατασκευαστικές εταιρείες στην κατασκευή μιας μονάδας βιοαερίου αναφέρονται:

- Στη γραφειοκρατία καθώς εγκατάσταση και λειτουργία MB προϋποθέτει ένα πολύπλοκο σύστημα εγκρίσεων με σύνθετες γραφειοκρατικές διαδικασίες που οδηγούν σε μακροχρόνιες καθυστερήσεις και δυσκολεύουν τις διαδικασίες αδειοδότησης.
- Στο μονοπώλιο της ΔΕΔΔΗΕ, το οποίο δημιουργεί καθυστερήσεις και ανασφάλεια στους επενδυτές.
- Στην απουσία χωροταξικού σχεδίου γεγονός που δυσχεραίνει τη διαδικασία αδειοδότησης των Μ.Β.
- Στην αδυναμία και στην ανοχή της ελληνικής νομοθεσίας να ρυθμίζει ενιαία το κόστος διάθεσης των αποβλήτων, με βάση την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει».
- Στο γεγονός ότι η Ελληνική κοινωνία χαρακτηρίζεται από μία υψηλού βαθμού αντίσταση ειδικά στις μικρές τοπικές κοινωνίες για τη δημιουργία νέων ενεργειακών υποδομών. Η επιφυλακτική στάση της κοινωνίας ως προς την λειτουργία MB οφείλεται κυρίως στην ελλιπή ενημέρωση σχετικά με την ενεργειακή αξιοποίηση του βιοαερίου και τα αναμενόμενα οφέλη όχι μόνο στην τοπική κοινωνία αλλά και σε επίπεδο δήμων και περιφερειών. Επίσης η εσφαλμένη αντίληψη ότι το χωνεμένο υπόλειμμα μιας Μ.Β. είναι απόβλητο και όχι ένα πολύτιμο προϊόν (λίπασμα, όπως εξάλλου ορίζει η νομοθεσία σε όλες τις χώρες της ΕΕ) αποτελεί ίσως και τον κύριο λόγο για την αρνητικότητα των τοπικών κοινωνιών ως προς την εγκατάσταση MB στην περιοχή τους .

9.10 Βιοαέριο – Βιομεθάνιο-Προοπτικές ανάπτυξης στην ΕΕ

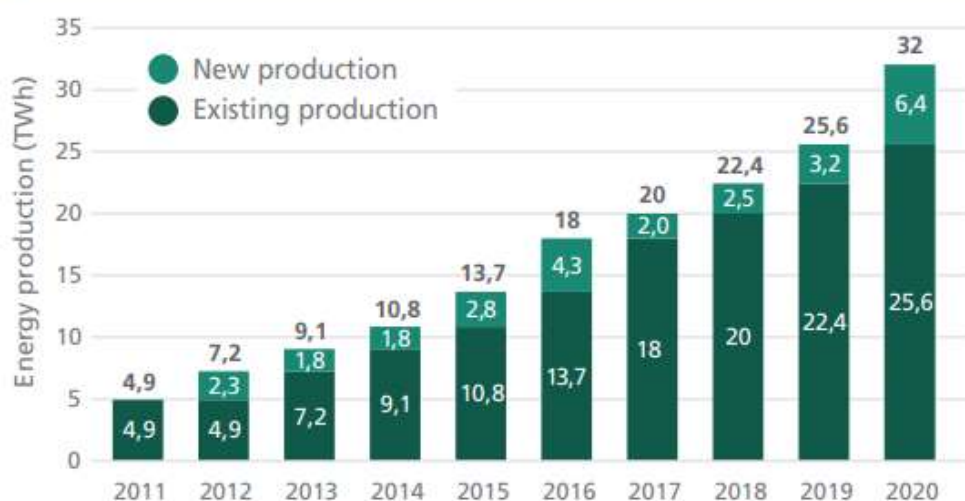
Σύμφωνα με δεδομένα από την Ευρωπαϊκή Ένωση Βιοαερίου (EBA), η Ευρώπη παρατηρεί μια δυναμική αύξηση των μονάδων βιομεθανίου. Αυτή η ανάπτυξη αποτελεί μια νέα μορφή ενέργειας, η οποία έχει τη δυνατότητα να συμβάλλει στην απανθρακοποίηση της ευρωπαϊκής οικονομίας

Σύμφωνα με στοιχεία της Ευρωπαϊκού Συνδέσμου Βιοαερίου (European Biogas Association – EBA 2021), στις χώρες της ΕΕ έως τον Αύγουστο του 2021 ήταν σε λειτουργία 992 μονάδες με παραγωγή βιομεθανίου 32 TWh

Η Γαλλία είναι η χώρα με τις περισσότερες μονάδες βιομεθανίου σε λειτουργία, με 306 μονάδες, ακολουθούμενη από τη Γερμανία με 242 μονάδες, τη Σουηδία με 71 μονάδες, την Ολλανδία με 61 μονάδες και τη Δανία με 52 μονάδες.

Όσον αφορά την παραγωγή βιομεθανίου, η Γερμανία ήταν η χώρα που παράγαγε τη μεγαλύτερη ποσότητα (11 TWh), ακολουθούμενη από τη Δανία με 4 TWh και τη Γαλλία με 2 TWh. Επιπλέον, πολλές μελέτες καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι μια κλίμακα από 335 έως 467 TWh είναι εφικτή έως το 2030.

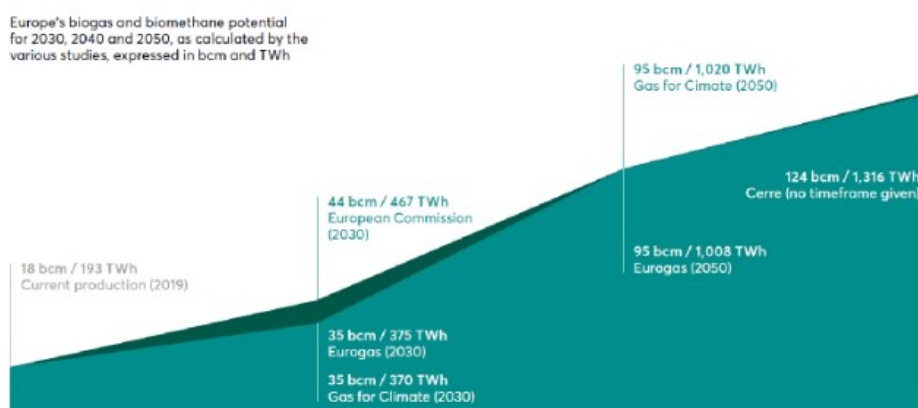
Biomethane production in TWh



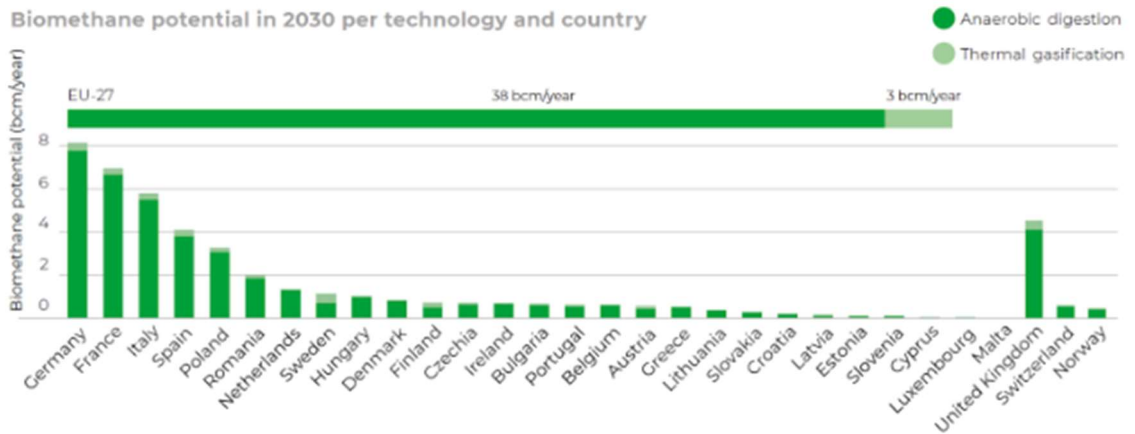
Σχήμα 55 Παραγωγή βιομεθανίου στην Ευρώπη -EBA 2021 (<https://www.europeanbiogas.eu>)

Το βιομεθάνιο μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο στην επίτευξη των στόχων της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου έως το 2030 και την επίτευξη καθαρών μηδενικών εκπομπών έως το 2050. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή αναγνωρίζει πλήρως αυτά τα οφέλη και ως εκ τούτου θέτει έναν στόχο της παραγωγής βιομεθανίου σε **35 bcm (350TWh) έως το 2030**.

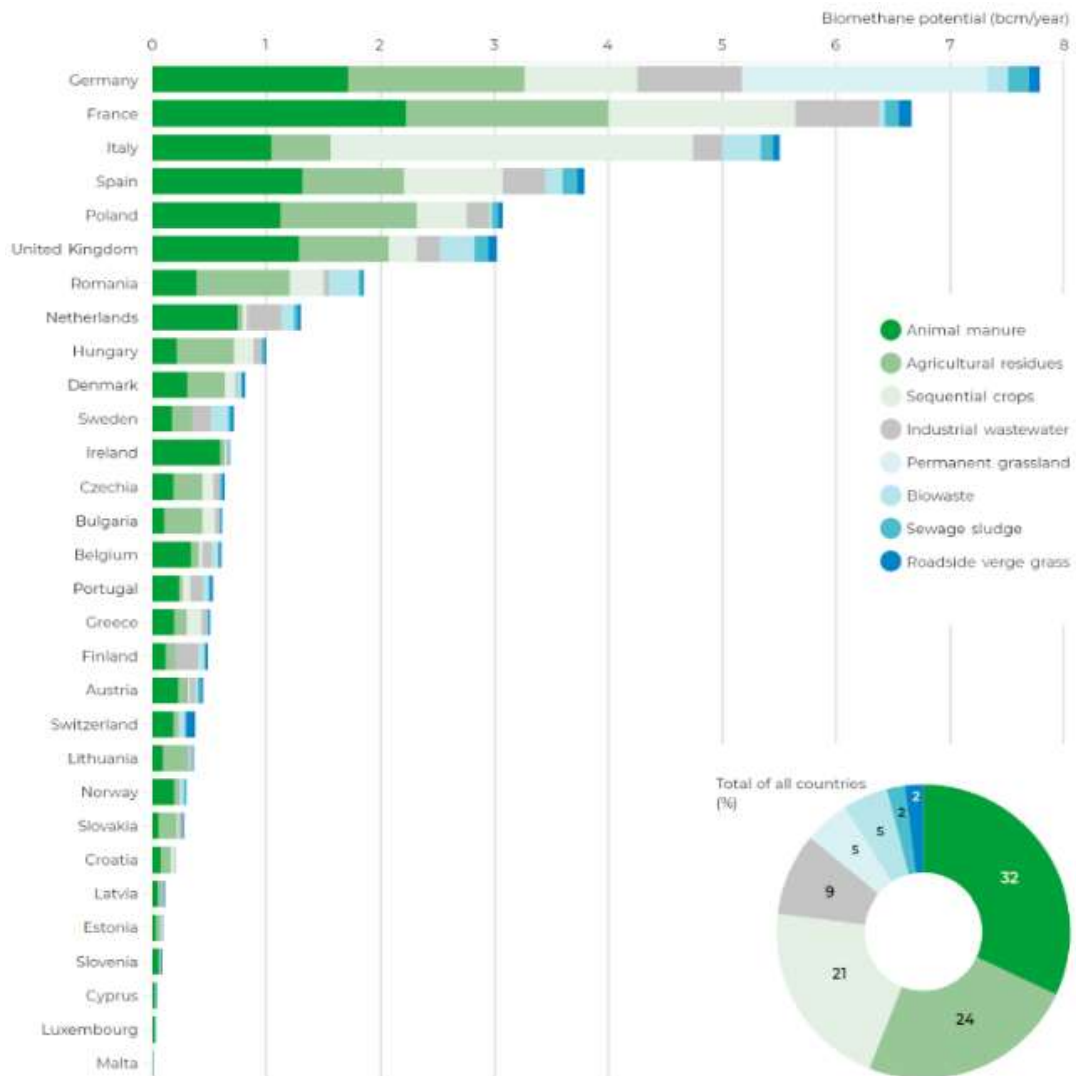
Σύμφωνα με σχετική μελέτη της EBA (European Biogas Association) η παραγωγή βιοαερίου και βιομεθανίου για το έτος 2030 μπορεί να κυμανθεί από 35 bcm έως 44 bcm με ενεργειακό περιεχόμενο 370TWh - 467TWh, ενώ οι προβλέψεις για τα έτη 2040 και 2050 εκτιμούν την δυνατότητα παραγωγής βιομεθανίου να ανέρχεται σε 125 bcm/1326 TWh και 95 bcm/1020 TWh αντίστοιχα (Σχήμα 56).



Σχήμα 56 Δυναμικό βιοαερίου – βιομεθανίου -προβλέψεις για 2030-2040-2050 στην Ευρώπη (πηγή EBA) (<https://energyexpress.gr>)



Σχήμα 57 Δυναμικό βιοαερίου – βιομεθανίου προβλέψεις για το 2030 (πηγή gas for climate Ιουλίου 2022) (<https://energypress.gr>)



Σχήμα 58 Εκτιμώμενη αύξηση παραγωγής του βιομεθανίου έως το 2030 ανά χώρα και πηγή πρώτων υλών (πηγή gas for climate Ιουλίου 2022) (<https://energypress.gr>)

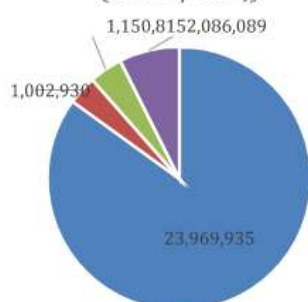
9.11 Βιοαέριο – Βιομεθάνιο-Προοπτικές ανάπτυξης στην Ελλάδα

Για την Ελλάδα το θεωρητικό δυναμικό βιομάζας για την παραγωγή βιοαέριου – βιομεθανίου ανέρχεται σε 28.209.768 τόνους/έτος, με δυναμικό βιομεθανίου 1,14 bcm και ενεργειακό περιεχόμενο βιομεθανίου 11 TWh/έτος (Πίνακας 23).

Πίνακας 23 Θεωρητικό δυναμικό βιομάζας και ενεργειακό περιεχόμενο βιομεθανίου στην Ελλάδα (<https://bioenergynews.gr>)

ΕΙΔΟΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	ΒΙΟΜΑΖΑ	ΒΙΟΜΕΘΑΝΙΟ	
	τόνοι/έτος	m3/έτος	MWh/έτος
ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΑ	23.969.935	726.846.217	7.008.106
ΓΕΩΡΓΙΚΑ	1.002.930	242.685.210	2.339.922
ΑΓΡΟΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ	1.150.815	16.287.673	157.042
ΑΣΤΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	2.086.089	162.237.088	1.564.258
ΣΥΝΟΛΟ	28.209.769	1.148.056.188	11.069.328

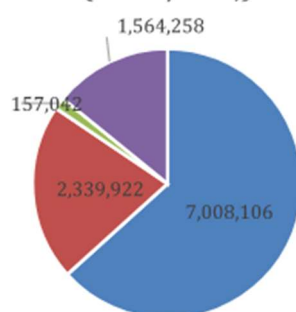
ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΒΙΟΜΑΖΑΣ
(Τόνοι/έτος)



■ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΑ ■ ΓΕΩΡΓΙΚΑ ■ ΑΓΡΟΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ■ ΑΣΤΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

Σχήμα 59 Θεωρητικό δυναμικό βιομάζας στην Ελλάδα (<https://energyexpress.gr>)

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΒΙΟΜΕΘΑΝΙΟΥ
(MWh/έτος)



■ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΑ ■ ΓΕΩΡΓΙΚΑ ■ ΑΓΡΟΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ■ ΑΣΤΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

Σχήμα 60 Θεωρητική δυνατότητα παραγωγής βιομεθανίου στην Ελλάδα (<https://energyexpress.gr>)

Με δεδομένο ότι βιομεθάνιο δύναται να διοχετευτεί στο δίκτυο ΦΑ παρακάτω παρουσιάζεται ο χάρτης ανάπτυξης δικτύων ΦΑ για την Ελλάδα και κατά τον οποίο θα κατασκευαστούν συνολικά 2.372 χλμ δικτύου Φυσικού αερίου έως το 2036, ενώ η τροφοδοσία των πόλεων θα γίνει, για πρώτη φορά στην Ελλάδα, με τη σύγχρονη τεχνολογία του Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (LNG).



Σχήμα 61 Ανάπτυξη δικτύων διανομής ΦΑ της ΔΕΔΑ (<https://deda.gr>)

9.12 Πλεονεκτήματα -μειονεκτήματα εφαρμογής Μονάδων Βιοαερίου

9.12.1 Πλεονεκτήματα

Η λειτουργία ΜΒ παρέχει πολλά περιβαλλοντικά και κοινωνικο-οικονομικά οφέλη τόσο στην τοπική κοινωνία όσο και στην ευρύτερη περιοχή εγκατάστασης της.

- **Βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των κατοίκων.** Σε τοπική κλίμακα, η λειτουργία μιας μονάδας παραγωγής βιοαερίου βελτιώνει την τοπική οικονομία και προστατεύει τις θέσεις εργασίας στις αγροτικές περιοχές, ενώ ταυτόχρονα συντελεί στη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των κατοίκων και στην οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη της περιοχής καθώς θεωρούνται επιχειρήσεις υψηλής τεχνολογίας που απασχολούν εξειδικευμένο επιστημονικό προσωπικό .

- **Νέες θέσεις εργασίας** Η εγκατάσταση MB συμβάλλει στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας, καθώς η παραγωγή βιοαερίου απασχολεί εργατικό δυναμικό στην ίδια την μονάδα για την κατασκευή, λειτουργία και συντήρηση αυτής αλλά ταυτόχρονα απασχολεί και εργατικό δυναμικό για τις εργασίες συλλογής - μεταφοράς της πρώτης ύλης.
- **Οικονομικά οφέλη.** Η παραγωγή βιοαερίου είναι συνήθως φθηνότερη από την παραγωγή ενέργειας από παραδοσιακές πηγές, όπως τα ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο, λιγνίτης, λιθάνθρακας, φυσικό αέριο).
- **Ενεργειακή αυτάρκεια.** Η χρήση μονάδων βιοαερίου μπορεί να εξασφαλίσει ενεργειακή αυτάρκεια σε περιοχές που δεν έχουν πρόσβαση σε παραδοσιακές πηγές ενέργειας.

Σε διευρυμένη κλίμακα επιρροής, η χρήση βιοαερίου ως καύσιμη ύλη για την παραγωγή ενέργειας έχει πολλά πλεονεκτήματα, μερικά από αυτά είναι τα εξής:

- **Ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.** Το βιοαέριο αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας καθώς παράγεται από οργανικά απόβλητα (βιομάζα). Αυτό σημαίνει ότι η χρήση βιοαερίου είναι πιο βιώσιμη και φιλική προς το περιβάλλον συγκριτικά με τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας. Παρακάτω παρατίθεται συγκριτικός πίνακας ατμοσφαιρικών εκπομπών ως προς προέλευση του καυσίμου που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας

Πίνακας 24 Σύγκριση βιοαερίου με άλλες μορφές ενέργειας (Κερατίωτης Χ. 2017)

	SO ₂ (Kg/TJ)	NO _x (Kg/TJ)	Dust(Kg/TJ)	CO ₂ (g/TJ)
Πετρέλαιο	140	90	20	90
Φυσικό Αέριο	3	90	2	70
Ανθρακας	300	150	20	100
Ξύλο	100	64	100	130
Άχυρο	170	340	200	300
Βιοαέριο	3	50	3	50

Ενώ σύμφωνα με τον πίνακα που ακολουθεί, η παραγωγή 1MWh από ΑΠΕ οδηγεί σε εξοικονόμηση των συμβατικών καυσίμων (πετρελαίου, λιγνίτη ή φυσικού αερίου) αλλά και μείωση των προσθετων ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα που παραγονται κατά την καυση αυτών.

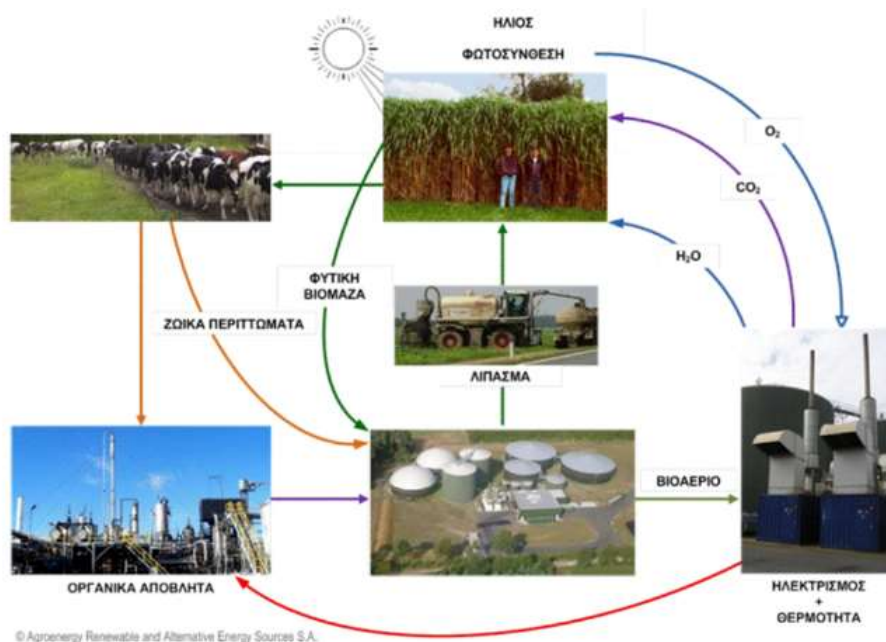
Πίνακας 25 Εξοικονομούμενες ποσότητες συμβατικών καυσίμων από χρήση ΑΠΕ (Κερατίωτης Χ. 2017)

Συμβατικό καύσιμο	Εξοικονομούμενη ποσότητα καυσίμου	Αποφυγή εκπομπών CO ₂
Λιγνίτης	1710 kg	2180 kg
Φυσικό αέριο	181 Nm ³	353 kg
Μαζούτ	200 kg	2430 kg

- **Προστασία του περιβάλλοντος - Μείωση των αποβλήτων** Η χρήση μονάδων βιοαερίου μειώνει την ανάγκη για απόθεση αποβλήτων σε χώρους υγειονομικής ταφής, μειώνοντας έτσι την ρύπανση του περιβάλλοντος.

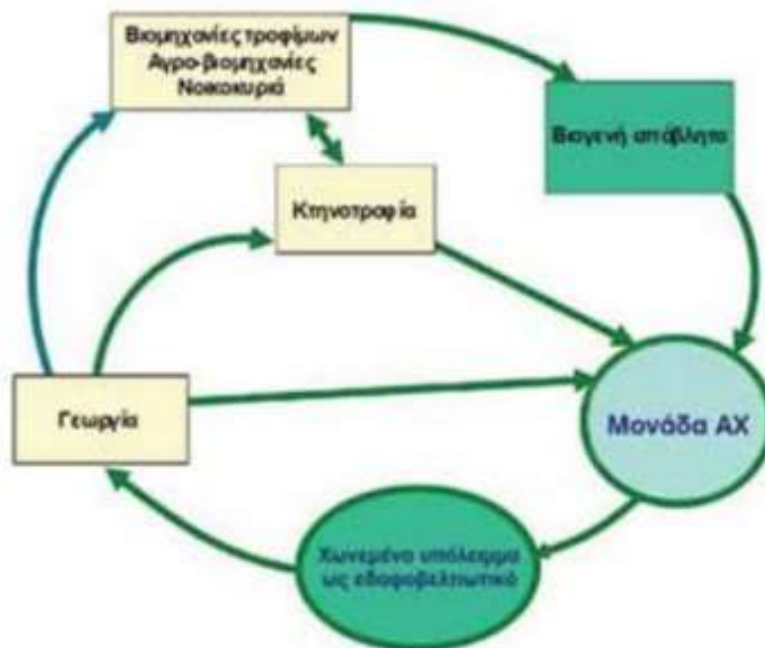
- **Μειωμένη εξάρτηση από τα εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα.** Με την ανάπτυξη και υλοποίηση συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως είναι το βιοαέριο, μπορούμε να μειώσουμε την εξάρτηση της χώρας μας από τις εισαγωγές ορυκτών καυσίμων, που είναι περιορισμένα και συγκεντρώνονται σε λίγες γεωγραφικές περιοχές του πλανήτη. Αυτό θα αυξήσει την αειφορία και την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού της χώρας.
- **Συμβάλει στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και της παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας.** Η χρήση μονάδων βιοαερίου μπορεί να μειώσει σημαντικά τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, όπως το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο και το οξειδίο του αζώτου. Η χρήση ορυκτών καυσίμων απελευθερώνει τον άνθρακα που αποθηκεύεται στη γη και τον μετατρέπει σε διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Η αύξηση του CO₂ στην ατμόσφαιρα προκαλεί την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου. Αντίθετα, η καύση βιοαερίου απελευθερώνει επίσης CO₂, αλλά ο διαφορετικός τρόπος που αποκτήθηκε ο άνθρακας στο βιοαέριο (από τη φωτοσύνθεση των φυτών πρόσφατα) σημαίνει ότι η συμβολή του στην παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας είναι λιγότερο σημαντική από αυτήν που προκαλείται από τα ορυκτά καύσιμα. Επιπλέον με την εφαρμογή του κατάλοιπου διάσπασης της ΑΧ για λίπανση αγρών συγκρινόμενο με τη χρήση νωπής κοπριάς, επιτυγχάνεται μείωση στις εκπομπές του μεθανίου (CH₄) και του οξειδίου του αζώτου (N₂O).
- **Συμβολή στους στόχους της ΕΕ για την ενεργεία και την προστασία του περιβάλλοντος** Οι στόχοι της ΕΕ για την ενεργεία και την προστασία του περιβάλλοντος βασίζονται στην προθυμία των κρατών μελών να λάβουν τα αναγκαία μέτρα για την ανανεώσιμη ενέργεια, τη μείωση των εκπομπών των ΑΦΘ και την αειφόρο διαχείριση των αποβλήτων. Η παραγωγή και χρήση του βιοαερίου συμβάλλουν στην επίτευξη όλων των παραπάνω στόχων ταυτόχρονα.
- **Ευελιξία χρήσης.** Οι δυνατότητες εκμετάλλευσης του βιοαερίου είναι ευέλικτες και αποδοτικές, καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλές διαφορετικές εφαρμογές. Μπορεί να παραχθεί ηλεκτρισμός και θερμότητα μέσω της συνδυασμένης παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ). Επιπλέον, το βιοαέριο μπορεί να αναβαθμιστεί και να διαχυθεί στα δίκτυα φυσικού αερίου, καθιστώντας το διαθέσιμο για χρήση ως καύσιμο για τη θέρμανση και την παραγωγή ηλεκτρισμού ή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για οχήματα ή σε κυψέλες καυσίμου. Επίσης με την μετατροπή του σε βιομεθάνιο και την έκχυση του στο δίκτυο ΦΑ δύναται να εξαπλωθεί η χρήση του καθώς μπορεί να μεταφερθεί και να αξιοποιηθεί και σε περιοχές απομακρυσμένες από τον χώρο παραγωγής του
- **Παραγωγή βιολογικών λιπασμάτων** Τα κατάλοιπα διάσπασης της ΑΧ μπορούν να αξιοποιηθούν ως βιολογικά λιπάσματα και εδαφοφελτιωτικά σε υγρή ή στερεή μορφή, με σκοπό τη βελτίωση της γεωργικής παραγωγής. Η ΑΧ δημιουργεί έναν κλειστό κύκλο θρεπτικών συστατικών και άνθρακα από την αποβλήτων πρώτης ύλης, μέχρι την εφαρμογή του λιπάσματος στα αγροτικά εδάφη. Το μεθάνιο που παράγεται χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας, ενώ το διοξείδιο του άνθρακα απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα και ξαναδεσμεύεται από τη βλάστηση κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης. Μερικές ενώσεις

άνθρακα παραμένουν στο κομπόστ, βελτιώνοντας την περιεκτικότητα σε άνθρακα των εδαφών όταν αυτό εφαρμόζεται ως λίπασμα. Τα κατάλοιπα διάσπασης από την επεξεργασία της παραγωγής βιοαερίου μπορούν επίσης να ενσωματωθούν εύκολα στη συμβατική και βιολογική γεωργία, αντικαθιστώντας τα λιπάσματα που απαιτούν μεγάλες καταναλώσεις ενέργειας από ορυκτά καύσιμα για την παραγωγή αυτών.



Σχήμα 62 Ο αειφόρος κύκλος του βιοαερίου μέσω της Αναερόβιας Χώνευσης (<http://www.agroenergy.gr>)

- Διαχείριση αποβλήτων - Συμβολή στην κυκλική οικονομία** Σε μια κοινωνία όπου οι πόροι αξιοποιούνται αποτελεσματικά, τα υλικά που προηγουμένως θεωρούνταν απόβλητα εισάγονται σε έναν κύκλο παραγωγής, όπου το οργανικό υλικό και οι θρεπτικοί παράγοντες αυτών (N, P) επαναχρησιμοποιούνται ως λίπασμα στη γεωργία. Έτσι τα οργανικά απόβλητα, μετατρέπονται σε βιοαέριο, ενώ τα πολύτιμα θρεπτικά συστατικά που περιέχουν συσσωρεύονται στο υλικό που χωνεύεται και μπορούν εύκολα να χρησιμοποιηθούν ως λίπασμα. Ένα τυπικό διάγραμμα αυτού του κυκλικού μοντέλου μετατροπής φαίνεται στο επόμενο σχήμα (Al Seadi T., et al., 2004). Οι μονάδες βιοαερίου αποτελούν σημαντικό μέσο διαχείρισης αποβλήτων και συμβάλλουν στην κυκλική οικονομία με την επαναχρησιμοποίηση των βιοαποβλήτων για την παραγωγή ενέργειας αλλά και λιπασμάτων. Εξάλλου στην Ευρώπη, η κυκλική οικονομία αποτελεί μία από τις βασικές πολιτικές προτεραιότητες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και συνδέεται με τον στόχο της μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου. Η Ελλάδα, ως μέλος της ΕΕ, είναι επίσης υποχρεωμένη να εφαρμόζει τις κοινοτικές πολιτικές και μέτρα για την προώθηση της κυκλικής οικονομίας. Γίνεται κατανοητό πως τα οργανικά απόβλητα αποτελούν ένα «πόρο» που είναι ένα προσωρινό τμήμα ενός τελικού προϊόντος το οποίο κατά το τέλος του κύκλου ζωής του θα μπορεί και πάλι να επαναχρησιμοποιηθεί ως ένα νέο προϊόν αφού έχει επεξεργαστεί κατάλληλα. (Merrild, H. et al., 2012)



Σχήμα 63 Απεικόνιση του κλειστού κύκλου AX Al Seadi, T. (2001).

9.12.2 Μειονεκτήματα

- Η χρήση του βιοαερίου ως καύσιμο για την παραγωγή ενέργειας συγκρινόμενο με τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα λόγω της υψηλής υγρασίας, του μεγάλου όγκου των αποβλήτων που εισέρχονται σε μια ΜΒ, η διαδικασία της παραγωγής ενέργειας γίνεται δυσκολότερη και απαιτεί περισσότερο χρόνο παραγωγής.
- Η διασπορά και η εποχική παραγωγή πολλών οργανικών αποβλήτων επιδρούν αρνητικά στη λειτουργία των ΜΒ λόγω της μη σταθερής προμήθειας πρώτης ύλης σε αυτές. Όλα αυτά αυξάνουν το κόστος συλλογής, μεταφοράς και αποθήκευσης των πρώτων υλών (αποβλήτων) που προορίζονται για ενεργειακή αξιοποίηση.
- Τα απόβλητα βιομηχανίας και η ιλύ περιέχουν ουσίες όπως μέταλλα και χλωριομένους υδρογονάνθρακες, οι οποίες είναι επιβλαβείς για την αναερόβια διεργασία χώνευσης εξαιτίας της ευαισθησίας της στις αλλαγές του pH. Τέτοιες ουσίες παρεμποδίζουν την διαδικασία της μεθανογένεσης και κατά επέκταση και της παραγωγής βιοαερίου αλλά επιπροσθέτως δύναται να αλλοιώσουν και την ποιότητα του εξερχόμενου υπολείμματος διάσπασης και να θεωρηθεί ακατάλληλο για διάθεση κατά τους νόμους και τους κανονισμούς περί περιβαλλοντικής προστασίας.
- Επιπλέον, οι σύγχρονες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας σε ενέργεια ,απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού και εξειδικευμένου προσωπικού σε σύγκριση με τις μονάδες παραγωγής ενέργειας από συμβατικά καύσιμα ενώ η απαίτηση για συχνό και συστηματικό έλεγχο των

πρώτων υλών, δεδομένου ότι αυτά μπορεί να προέρχονται από διαφορετικούς προμηθευτές αυξάνει επιπρόσθετα το κόστος λειτουργίας τους.

- Συχνά στην πράξη, δεν επιτυγχάνεται η επιθυμητή μείωση της συγκέντρωσης οργανικών μικροβιολογικών φορτίων κατά την έξοδο της αναερόβιας διεργασίας στα επιτρεπόμενα όρια της νομοθεσίας για τη διάθεση στο περιβάλλον. Για τον λόγο αυτό, απαιτείται η συμπλήρωση της μιας επιπρόσθετης διεργασίας συνήθως αερόβιας, προκειμένου να εξασφαλιστεί η επιθυμητή ποιότητα εξόδου του χωνεμένου κατάλοιπου γεγονός που αυξάνει το κόστος λειτουργίας των ΜΒ.
- Τέλος το υψηλό κόστος κατασκευής καθώς και ο χρονοβόρα διαδικασία αδειοδότησης τέτοιων μονάδων συγκαταλέγεται στα μειονεκτήματά τους.

9.13 Κόστος παραγωγής ενέργειας από ΜΒ

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ΜΒ μέσω της ΑΧ αλλά και της παραγωγής ενέργειας από βιομάζα (θερμοχημική επεξεργασία) διαφέρει από τις άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας λόγω της ανάγκης χρήσης πρώτης ύλης, πράγμα που αυξάνει την πολυπλοκότητα και το κόστος των έργων.

Το κόστος κατασκευής και λειτουργίας μιας μονάδας βιοαερίου υπολογίζεται σε:

- 2.600 €/kW για σταθμούς βιοαερίου σε ΧΥΤΑ και βιολογικούς καθαρισμούς, ισχύος <2MW
- 2.300 €/kW για σταθμούς βιοαερίου σε ΧΥΤΑ και βιολογικούς καθαρισμούς, ισχύος >2MW
- 3.000 €/kW για λοιπούς σταθμούς βιοαερίου, ισχύος <3MW
- 2.900 €/kW για λοιπούς σταθμούς βιοαερίου, ισχύος >3MW

Στον επόμενο πίνακα υπάρχουν συγκεντρωτικά τα στοιχεία κόστους επενδύσεων ΜΒ σε αντιπαράθεση με άλλες ΑΠΕ

Πίνακας 26 Συγκεντρωτικός πίνακας κόστους ανάπτυξης και λειτουργίας τυπικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ στην Ελλάδα (Μαρκοπούλου, Α. 2018)

Τεχνολογία	Αιολική Ενέργεια				Φωτοβολταϊκά				ΜΥΗ	
	ΔΣ	ΜΔΣ	Θαλάσσια	<50kW	Στέγες	100kW	500kW	>500kW	H<20m	H>20m
Τυπικό Μέγεθος Μονάδας (MW)	30	10	100	0,05	0,01	0,1	0,5	2	5	5
Ανηγμένο Κόστος Επένδυσης (€/kW)	1350	1550	3000	3700	2900	2500	2000	1800	2500	2100
Κόστος Συντήρησης και Λειτουργίας (% επένδυσης)	3,6%	4%	2,5%	2%	0,5%	3,5%	2,5%	2,5%	3,1%	3,4%

Τεχνολογία	Βιομάζα			Αέρια από χώρους υγειονομικής ταφής και εγκατάσταση βιολογικού καθαρισμού		Βιοαέριο	
	<1MW	1-5MW	>5MW	<2MW	>2MW	<3MW	>3MW
Τυπικό Μέγεθος Μονάδας (MW)	1	3	5	1	5	3	5
Ανηγμένο Κόστος Επένδυσης (€/kW)	3400	3000	2700	2600	2300	3000	2900
Κόστος Συντήρησης και Λειτουργίας (% επένδυσης)	30%	28%	25%	18%	16%	42%	38%

10 ΜΕΛΕΤΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ – ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

10.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό, παρουσιάζεται η μελέτη περίπτωσης μονάδας παραγωγής βιοαερίου αποκλειστικά από συγχώνευση διαφορών οργανικών αποβλήτων με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας καθώς και της παραγωγής εδαφοβελτιωτικού στερεής και υγρής μορφής από το υπόλειμμα της ΑΧ.

Ο υπό μελέτη σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας δυναμικότητας 999kW βρίσκεται στην περιφέρεια Κρήτης στην πόλη του Ηρακλείου.

Για την διεξαγωγή της παρούσας μελέτης χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από την Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων της εγκατάστασης. Επιπλέον, υπήρξε άμεση συνεργασία με τον ιδιοκτήτη της μονάδας και την εταιρεία εγκατάστασης και απόσπαση πληροφοριών του τρόπου λειτουργίας αυτής.

Η εν λόγω μονάδα δραστηριοποιείται ως προς τη διαχείριση και η ενεργειακή αξιοποίηση μη επικίνδυνων οργανικών αποβλήτων προς παραγωγή βιοαερίου και την μετέπειτα αξιοποίηση αυτού για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

10.2 Δυναμικό ζωικού κεφαλαίου περιφέρειας Κρήτης

Είναι γνωστό ότι η κρητική αγροτική οικονομία στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό στην κτηνοτροφία. Το σύνολο του αριθμού ανά είδος ζώου ανά Π.Ε. της Περιφέρειας Κρήτης παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 27 Αριθμος ζωνν κατά είδος και περιφερειακή ενότητα, περιφέρειας Κρήτης για το έτος 2016 (<https://www.statistics.gr>)

ΑΡΙΘΜΟΣ ΖΩΩΝ (NUMBER OF ANIMALS)										
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΚΡΗΤΗΣ	ΒΟΟΕΙΔΗ	ΒΟΥΒΑΛΙΑ	ΧΟΙΡΟΙ	ΠΡΟΒΑΤΟΙ ΔΗ	ΑΙΓΕΣ	ΠΟΥΛΕΡΙΚΑ	ΚΟΥΝΕΛΙΑ	ΙΠΠΟΕΙΔΗ ΚΑΙ ΟΝΟΙ	ΚΥΨΕΝΕΣ ΜΕΝΙΣΣΟΝ	ΑΛΛΑ ΖΩΑ
ΣΥΝΟΛΟ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΚΡΗΤΗΣ	1.663	17	39.664	1.741.529	509.514	1.536.952	228.218	562	174.476	118
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	640	17	6.815	505.362	168.788	862.030	78.496	81	79.543	14
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΛΑΣΙΘΙΟΥ	28	0	315	95.413	54.400	79.609	28.048	311	6.519	0
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΡΕΘΥΜΝΟΥ	786	0	30.753	846.389	152.718	271.710	77.075	131	22.480	x
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΧΑΝΙΩΝ	209	0	1.782	294.365	133.607	323.603	44.599	39	65.933	x

Πίνακας 28 Αριθμος εκμεταλλεύσεων ζωνν κατά είδος και περιφερειακή ενότητα, περιφέρειας Κρήτης για το έτος 2016 (<https://www.statistics.gr>)

ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΙΣ (HOLDINGS)										
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΚΡΗΤΗΣ	ΒΟΟΕΙΔΗ	ΒΟΥΒΑΛΙΑ	ΧΟΙΡΟΙ	ΠΡΟΒΑΤΟ ΕΙΔΗ	ΑΙΓΕΣ	ΠΟΥΛΕΡΙΚ Α	ΚΟΥΝΕΛΙΑ	ΙΠΠΟΕΙΔΗ ΚΑΙ ΟΝΟΙ	ΚΥΨΕΝΕΣ ΜΕΝΙΣΣΟΝ	ΑΛΛΑ ΖΩΑ
ΣΥΝΟΛΟ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΚΡΗΤΗΣ	200	16	1.971	14.196	12.254	23.881	11.694	185	1.369	15
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	74	16	516	4.457	4.082	8.466	3.736	65	522	5
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΛΑΣΙΘΙΟΥ	10	0	209	1.103	1.780	4.119	1.935	26	174	0
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΡΕΘΥΜΝΟΥ	74	0	860	4.609	2.782	4.431	2.307	76	237	x
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΧΑΝΙΩΝ	42	0	386	4.027	3.610	6.865	3.716	18	436	x

Έτσι συμπεραίνουμε ότι η Κρήτη διαθέτει πολύ πλούσιο ζωικό κεφάλαιο με σύνολο εκμεταλλεύσεων **66.759** και συνολικό πληθυσμό ζώων **4.233.691** ενώ από τα στοιχεία της ίδιας απογραφής, στην ίδια περιφέρεια Κρήτης οι περισσότερες εκμεταλλεύσεις ανήκουν στην κατηγορία των πουλερικών και ακολουθεί η κατηγορία των προβατοειδών και αιγών.

Οι παραγόμενες ποσότητες κτηνοτροφικών αποβλήτων των κύριων ζωικών μονάδων (κιλά ανά ζώο ανά έτος) παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 29 Συντελεστές παραγωγής κτηνοτροφικών αποβλήτων (Μελέτη ΠΕΣΣΔΑΚ, 2013)

Είδος κτηνοτροφικής εκμετάλλευσης	Βιοαποδομήσιμα οργανικά (kg/μονάδα/χρόνο)
Εκτροφή βοοειδών	4.000
Εκτροφή αιγοπροβάτων	1.100
Εκτροφή χοίρων	720
Εκτροφή πουλερικών	7

Με δεδομένο ότι στην Κρήτη υπάρχει σημαντικός αριθμός ζώων ελευθέρως βοσκής και κυρίως αιγοπροβάτων, προκειμένου να γίνει η εκτίμηση των παραγόμενων ποσοτήτων κτηνοτροφικών αποβλήτων που δύναται να συλλεχθούν, τα ανωτέρω παραγόμενα απόβλητα πολλαπλασιάστηκαν με ένα συντελεστή 0,6, καθώς οι παραγόμενες ποσότητες αποβλήτων είναι στην πραγματικότητα σημαντικά μικρότερες.

Έτσι το σύνολο των αποβλήτων ανά είδος ζώου για την περιφέρεια Κρήτης παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 30 Εκτιμώμενες ποσότητες κτηνοτροφικών αποβλήτων (τόνοι/έτος)

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ	ΒΟΟΕΙΔΗ & ΒΟΥΒΑΛΙΑ	ΧΟΙΡΟ	ΠΡΟΒΑΤΟΕΙΔΗ	ΑΙΓΕΣ	ΠΟΥΛΕΡΙΚΑ
	6.720	28.558	1.149.409	336.279	10.759

Από τα παραπάνω στοιχεία γίνεται φανερό ότι η Κρήτη παράγει σημαντικές ποσότητες ζωικών κτηνοτροφικών αποβλήτων, το οποίο ήταν αναμενόμενο καθώς στην Περιφέρεια Κρήτης ένα σημαντικό ποσοστό του πληθυσμού της Κρήτης, βρίσκεται σε αγροτικές περιοχές και ασχολείται με κτηνοτροφικές δραστηριότητες.

10.3 Χωροθέτηση μονάδας

Η θέση εγκατάστασης του σταθμού βρίσκεται στη Βιομηχανική Περιοχή (ΒΙ.ΠΕ.) Ηρακλείου του Δήμου Ηρακλείου, στην Περιφέρεια Κρήτης, και ως προς τη συνδεσιμότητα της με το δίκτυο της μεταφοράς ηλεκτρικής Ενέργειας ανήκει στο Μη Διασυνδεδεμένο Σύστημα.

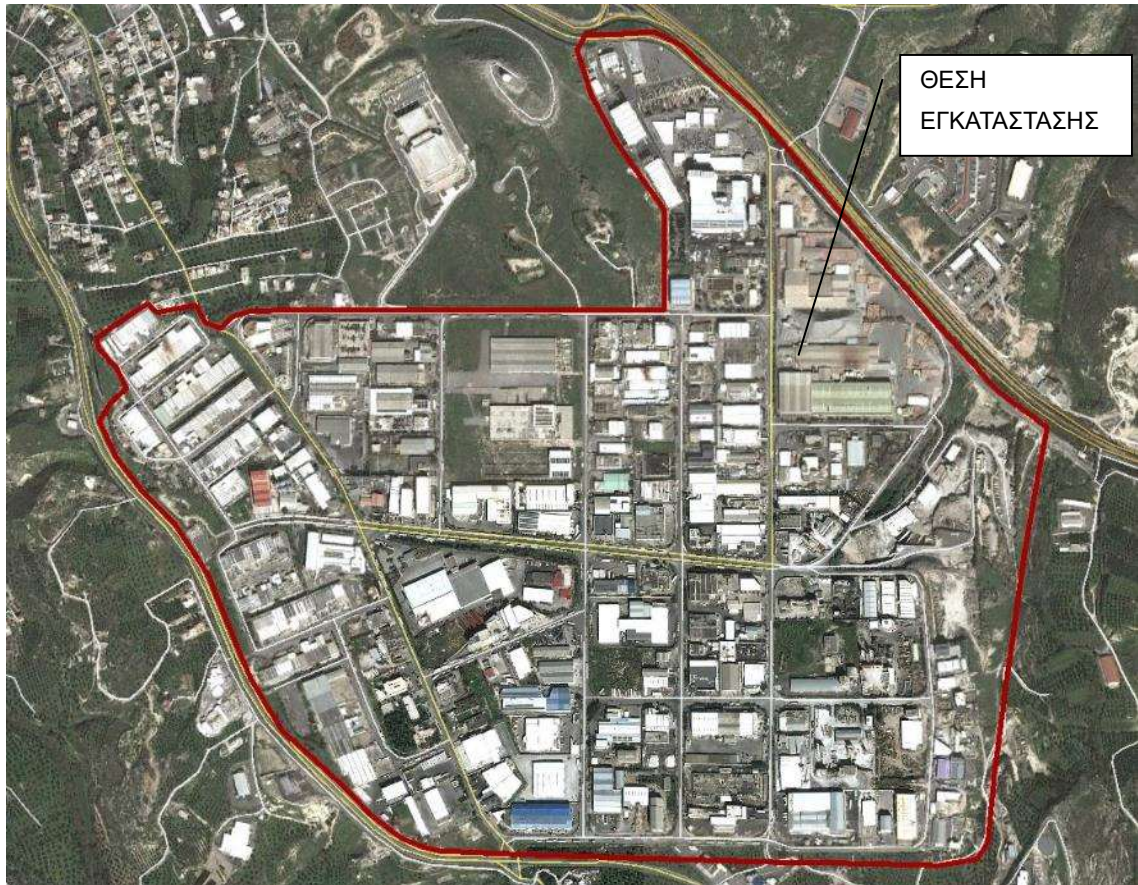
Η επιλογή της θέσης έγινε μετά από σχολαστική εξέταση της περιοχής ώστε να ικανοποιεί τους περιορισμούς που προβλέπονται στη σχετική νομοθεσία και να ελαχιστοποιούνται οι επιπτώσεις στο περιβάλλον και στις εν γένει δραστηριότητες της ευρύτερης περιοχής. Η χωροθέτηση της μονάδας σχεδιάστηκε κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απαιτούμενες επεμβάσεις διαμόρφωσης του χώρου.

Επίσης το προτεινόμενο έργο δεν βρίσκεται εντός προστατευόμενης περιοχής σύμφωνα με το άρθρο 21 του Ν. 1650/86 (Natura 2000, Ramsar κλπ). Οι πιο κοντινές περιοχές οικολογικού ενδιαφέροντος εντοπίζονται σε απόσταση περίπου 1 km από τα όρια της ΒΙΠΕ και είναι οι εξής: α) Βιότοπος CORINE "Ποταμός και εκβολή Καρτερού" (κωδ. Α00050019), βορειοανατολικά της ΒΙΠΕ και β) Τοπίο Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους (ΤΙΦΚ) "Κνωσός" (κωδ. ΑΤ6010071), νότια της ΒΙΠΕ

Η επιλογή της θέσης εγκατάστασης του σταθμού παραγωγής έγινε με κριτήρια την προσβασιμότητα (άμεση πρόσβαση σε κεντρικό οδικό δίκτυο του νησιού), την ελαχιστοποίηση εκσκαφών οδοποιίας, τον περιορισμό των απαραίτητων χωματουργικών έργων και τη δυνατότητα βέλτιστης προσαρμογής και εναρμόνισης με το περιβάλλον.

Επίσης, ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που λήφθηκε υπόψη στη φάση της επιλογής της θέσης εγκατάστασης της μονάδας είναι η γεινίαση της μονάδας με την απαιτούμενη πρώτη ύλη. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, το γήπεδο εγκατάστασης του έργου τοποθετείται σε κεντρική θέση στο νομό Ηρακλείου ώστε να βρίσκεται σε σχετικά κοντινή απόσταση από τις μονάδες τροφοδοσίας των πρώτων υλών.

Άλλος ένας παράγοντας που λήφθηκε υπόψη στην επιλογή της θέσης εγκατάστασης είναι το γεγονός ότι σε απόσταση 50 μέτρων περίπου, μέσα στη ΒΙΠΕ, υπάρχει ήδη εγκατεστημένος οργανωμένος εργοστασιακός χώρος του ομίλου στον οποίο ανήκει η εξεταζόμενη δραστηριότητα, ώστε τόσο κατά την φάση κατασκευής όσο και της λειτουργίας της μονάδας να υπάρχει διαθεσιμότητα και άμεση επέμβαση εξειδικευμένου ανθρώπινου δυναμικού από όλες τις ειδικότητες των μηχανικών – τεχνικών. Επίσης, με την επιλογή εγκατάστασης της μονάδας στη συγκεκριμένη βιομηχανική περιοχή (ΒΙΠΕΗ) επιταχύνονται οι διαδικασίες αδειοδότησης του έργου, καθώς απαιτείται να προσκομιστούν λιγότερα δικαιολογητικά και εγκρίσεις στις εμπλεκόμενες υπηρεσίες.



Εικόνα 1 Θέση εγκατάστασης σταθμού βιοαερίου

10.4 Γενική περιγραφή φάσεων κατασκευής- λειτουργίας μονάδας

Αρχικά η εν λόγω εταιρεία ξεκίνησε τη δραστηριότητα της το 2016, με λειτουργία μιας ΜΒ δυναμικότητας 500KW που διέθετε ένα βιοαντιδραστήρα ενώ το 2018 προέβη στην επαύξηση της ισχύος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στα 999kW με την ταυτόχρονη προσθήκη ενός δεύτερου βιοαντιδραστήρα. Στις παρακάτω φωτογραφίες αποτυπώνονται τα διαφορά στάδια κατασκευής του έργου μέχρι την οριστική φάση λειτουργίας αυτού



Εικόνα 2 Κατασκευή 1ου βιοαντιδραστήρα



Εικόνα 3 Κατασκευή υπόγειας δεξαμενής ανάμειξης α υλών



Εικόνα 4 Ολοκλήρωση εγκαταστάσεων βιοαερίου και λειτουργία μονάδας με 1 βιοαντιδραστήρα και δυναμικότητα ισχύος σταθμού στα 500Kw



Εικόνα 5 Πανοραμική λήψη της μονάδας και των εγκαταστάσεων μετά την ολοκλήρωση κατασκευής του 2ου βιοαντιδραστήρα και επαύξηση της ισχύος σε 999KW

Η δυναμικότητα της μονάδας ως προς τα απόβλητα εισόδου προς επεξεργασία είναι περίπου **99,70** τόνοι ημερησίως.

Ο Σταθμός σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε με υψηλές προδιαγραφές, εφαρμόζοντας, προηγμένες τεχνολογίες στα «κρίσιμα σημεία» της παραγωγικής διαδικασίας, που σχετίζονται με την παραλαβή -

διαχείριση των εισερχόμενων αποβλήτων, το σύστημα απόσμησης, την αξιοποίηση της παραγόμενης θερμότητας και το καινοτόμο σύστημα βιολογικής επεξεργασίας του υγρού χωνεμένου υπολείμματος. Μάλιστα το 2019 έλαβε δύο αναγνωρισμένα διεθνή βραβεία ως “Βραβείο πιο Κυκλικής Πόλης” και Καλύτερος Σταθμός Βιοαερίου (σε αγροτικά απόβλητα, απόβλητα τροφίμων και λύματα) μικρότερος ή ίσος του 1 MWe” (AD and Biogas Industry Awards, Birmingham, UK)

10.4.1 Κτιριακές εγκαταστάσεις-προσωπικό

- Ο χώρος εγκατάστασης του σταθμού χωροθετείται σε γήπεδο επιφάνειας 6.867 m², ενώ οι κτιριακές εγκαταστάσεις της μονάδας συνίστανται σε:
- Ένα ορθογώνιο μεταλλικό κτίριο (κεντρικό κτίριο -χώρος παραγωγής) επιφάνειας 1.260m², όπου έχει εγκατασταθεί το σύστημα παραλαβής και διαχείρισης των πρώτων υλών, η παστερίωση, το σύστημα ελέγχου της μονάδας.
- Ένα ορθογώνιο μεταλλικό κτίριο (μηχανοστάσιο) επιφάνειας 230m², όπου στεγάζονται οι δύο ΣΗΘ, το σύστημα παραγωγής θερμότητας ατμολέβητας κ.λπ

Προσωπικό: Λόγω της αυτοματοποιημένης διαδικασίας κατά τη λειτουργία της μονάδας, η απαίτηση για προσωπικό είναι σχετικά μικρή και ανέρχεται μόλις στα 5 άτομα

10.4.2 Επιχειρηματικό ενδιαφέρον

Η επένδυση λειτουργίας σταθμών βιοαερίου όπως και άλλων επενδύσεων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ήπιες μορφές ενέργειας (αιολική, ηλιακή, βιομάζα κτλ.), παρουσιάζει ένα σημαντικό επιχειρηματικό ενδιαφέρον για τις εταιρείες, κυρίως λόγω του ευνοϊκού πλαισίου εκμετάλλευσης εναλλακτικών μορφών ενέργειας που έχει δημιουργηθεί στη χώρα μας. Αυτό το πλαίσιο δημιουργεί νέες επενδυτικές ευκαιρίες και παρέχει οικονομικά κίνητρα για την αξιοποίηση του βιοαερίου. Κάποια από τα σημαντικά οικονομικά στοιχεία που επιβεβαιώνουν την επιχειρηματική ελκυστικότητα για τις MB είναι:

- Η προτεραιότητα που παρέχεται στις ήπιες μορφές ενέργειας: Το υφιστάμενο νομικό πλαίσιο παραχωρεί προτεραιότητα στην κατανομή του ηλεκτρικού φορτίου σε μονάδες παραγωγής που χρησιμοποιούν ήπιες μορφές ενέργειας. Αυτό σημαίνει ότι οι εταιρείες που επενδύουν στην παραγωγή ενέργειας μέσω βιοαερίου έχουν προνομιακή θέση στην παραγωγή και διάθεση της ηλεκτρικής ενέργειας.
- Η σταθερή αγορά ενέργειας για μακροπρόθεσμο χρονικό διάστημα: Ο Διαχειριστής δεσμεύεται να αγοράζει την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια στις προαναφερθείσες τιμές για μεγάλο χρονικό διάστημα, περίπου 20 έτη. Αυτό παρέχει σταθερότητα και ασφάλεια στους επενδυτές.
- Το υπάρχων κανονιστικό πλαίσιο: Έχει θεσπιστεί ένα κανονιστικό πλαίσιο που περιλαμβάνει συγκεκριμένα χρονοδιαγράμματα για τις διαδικασίες αδειοδότησης των σταθμών. Αυτό δίνει σαφήνεια και ασφάλεια στους επενδυτές κατά την υλοποίηση του έργου.

- Υψηλές τιμές πώλησης ενέργειας: Οι τιμές πώλησης της παραγόμενης ενέργειας είναι αρκετά υψηλές ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας. Έτσι οι τιμές πώλησης της παραγόμενης ενέργειας για MB, καθώς υπάγεται στην κατηγορία «16 – Βιοαέριο που παράγεται από την αναερόβια χώνευση βιομάζας που αξιοποιείται από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ $\leq 3\text{MW}$ ». ανέρχεται στα 209 Euro/MWh, επιτρέποντας τη σύντομη απόσβεση της επένδυσης. Αυτό σημαίνει ότι ο φορέας επένδυσης μπορεί να αναμένει οικονομικό όφελος από τη λειτουργία του σταθμού βιοαερίου.

Έτσι οι παραπάνω παράγοντες δημιούργησαν ένα ευνοϊκό επιχειρηματικό περιβάλλον για την επένδυση του εξεταζόμενου σταθμού βιοαερίου ενώ το κόστος κατασκευή του υπολογίζεται περίπου 3,00 εκ €

10.5 Περιβαλλοντική κατάταξη έργου

Σύμφωνα με τη νομοθεσία περί περιβαλλοντικής κατάταξης έργων που ίσχυε κατά την περιβαλλοντική αδειοδότηση του εξεταζόμενου έργου ήτοι «Τροποποίηση και κωδικοποίηση της υπό στοιχεία ΔΙΠΑ/οικ.37674/27-7-2016» και της υπουργικής απόφασης «Τροποποίηση και κωδικοποίηση της υπουργικής απόφασης 1958/2012 - Κατάταξη δημοσίων και ιδιωτικών έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες και υποκατηγορίες σύμφωνα με την παρ. 4 του άρθρου 1 του ν. 4014/21.9.2011(Α' 209), όπως αυτή έχει τροποποιηθεί και ισχύει» το υπό εξέταση έργο κατατάσσεται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Κριτήριο Α: 4^η Ομάδα(α/α11) «εγκαταστάσεις επεξεργασίας μη επικίνδυνων αποβλήτων α) προς παραγωγή βιοαερίου κατ. Α2. Διότι η ετήσια παροχή αποβλήτων προς επεξεργασία ισούται με 36.400 τόνοι/έτος (δηλαδή ≤ 100.000 τόνοι/έτος).
- Κριτήριο Β :9^η Ομάδα (α/α 4) «εγκαταστάσεις συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας υψηλής απόδοσης ΣΥΘΗΑ » - κατ. Β. Διότι η ισχύς του έργου είναι μικρότερη απο 10 MW.

Πίνακας 31 Αποσπάσματα πίνακων παραρτήματων IV και IX του ΦΕΚ2471/β/2016

Ομάδα 4 ^η – Συστήματα περιβαλλοντικών υποδομών*					
α/α	Είδος έργου ή δραστηριότητας	Υποκατηγορία Α1	Υποκατηγορία Α2	Κατηγορία Β	Παρατηρήσεις
9γ	Κέντρα διαλογής / ταξινόμησης Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) – Συμπεριλαμβανόμενα εγκαταστάσεις προετοιμασίας για επαναχρησιμοποίηση των ΑΗΗΕ		α) Q ≥ 1000 t εκτός ορίων οικισμών και πόλεων β) Q ≥ 200 t εντός ορίων οικισμών και πόλεων	α) 20 t < Q < 1000 t εκτός ορίων οικισμών και πόλεων β) Q < 200 t εντός ορίων οικισμών και πόλεων	Q: Ικανότητα αποθήκευσης Περιλαμβάνει την αποθήκευση σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Παραρτήματος VIII της ΚΥΑ η.π. 23615/651/Ε.103/2014 (ΦΕΚ 1184Β).
10α	Εγκαταστάσεις ανάκτησης υλικών από μη επικίνδυνα σύμμεκτα αστικά απόβλητα μέσω μηχανικής διαλογής (εργασίες R12)		Q ≥ 30 t/ημ	Q < 30 t/ημ	Q: ημερήσια ποσότητα εισερχομένων αποβλήτων
10β	Εγκαταστάσεις ανάκτησης υλικών από μη επικίνδυνα σύμμεκτα ανακυκλώσιμα απόβλητα μέσω μηχανικής ή/και χειρωνακτικής διαλογής (ΚΔΑΥ) (εργασίες R12)		Σταθερές μονάδες με Q ≥ 50 t/ημ	α) Σταθερές μονάδες με Q < 50 t/ημ β) Οι χώροι υποδοχής κινητών μονάδων με Q < 50 t/ημ	Q: ημερήσια ποσότητα εισερχομένων αποβλήτων Κινητές μονάδες νοούνται οι μονάδες των οποίων οι ηλεκτρομηχανολογικές διατάξεις φέρονται επί οχημάτων με άδεια κυκλοφορίας, και δεν παραμένουν στο χώρο υποδοχής πέραν του έτους
11	Εγκαταστάσεις επεξεργασίας μη επικίνδυνων αποβλήτων προς παραγωγή βιοαερίου (εργασία R3) α) Παραγωγή βιοαερίου β) Πυρόλυση ή Αεριοποίηση	α) Q ≥ 100.000 t/έτος β) Q ≥ 50.000 t/έτος	α) Q < 100.000 t/έτος β) Q < 50.000 t/έτος		Q: Ετήσια παροχή αποβλήτων προς επεξεργασία. Η πυρόλυση αεριοποίηση εφόσον αποτελεί εργασία R1 κατατάσσεται στον α/α 4 της Ομάδας 4.
12α	Εγκαταστάσεις παραγωγής εδαφοβελτιωτικών ή και οργανοχημικών λιπασμάτων (εργασία R3) από στερεά μη επικίνδυνα απόβλητα (εκτός των αστικών στερεών αποβλήτων) ή βιομάζα		Q ≥ 50 t/ημ	0,5 ≤ Q < 50 t/ημ	Q: ημερήσια ποσότητα εισερχομένων αποβλήτων Στερεό θεωρείται το απόβλητο ή η βιομάζα με μέγιστο ποσοστό υγρασίας 40%
12β	Εγκαταστάσεις παραγωγής εδαφοβελτιωτικών ή και οργανοχημικών λιπασμάτων (εργασία R3) από υγρά μη επικίνδυνα απόβλητα	Q ≥ 20 t/ημ	Q < 20 t/ημ		Q: ημερήσια ποσότητα εισερχομένων αποβλήτων Υγρό θεωρείται το απόβλητο ή η βιομάζα με ποσοστό υγρασίας μεγαλύτερο του 40%

Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας					
207.	Εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με στερεά καύσιμα πλην βιομάζας	> 100 MW	≤ 100 MW		Η δυναμικότητα αναφέρεται σε ονομαστική θερμική ισχύ
208.	Εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με υγρά καύσιμα, πλην βιοκαυσίμων	> 200 MW	200 - 20 MW ή > 15 MW & > 90 μόρια ή ≤ 15 MW & > 150 μόρια	Οι δραστηριότητες που δεν υπάγονται στην κατηγορία Α	Η δυναμικότητα αναφέρεται σε ονομαστική θερμική ισχύ. Εξαιρούνται τα εφεδρικά Ηλεκτροπαραγωγά Ζεύγη τα οποία εμπίπτουν στις διατάξεις της παρ. 11(β) του άρθρου 132 του Ν. 4001/2011 (ΦΕΚ Α'179) και στις διατάξεις του Ν.2244/1994 (ΦΕΚ Α'168) όπως τροποποιημένος ισχύει και της ΥΑ Δ5-ΗΛ/Γ'Φ6/οικ25131/7-2-2009 (Β' 2442)
209.	Εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με αέρια καύσιμα, πλην βιοαερίων	> 300 MW	300 - 20 MW ή > 10 MW & > 90 μόρια ή ≤ 10 MW & > 150 μόρια	Οι δραστηριότητες που δεν υπάγονται στην κατηγορία Α	Η δυναμικότητα αναφέρεται σε ονομαστική θερμική ισχύ. Εξαιρούνται τα εφεδρικά Ηλεκτροπαραγωγά Ζεύγη τα οποία εμπίπτουν στις διατάξεις της παρ. 11(β) του άρθρου 132 του Ν. 4001/2011 (Α' 179) και στις διατάξεις του Ν.2244/1994 (Α' 168) όπως τροποποιημένος ισχύει και της ΥΑ Δ5-ΗΛ/Γ'Φ6/οικ25131/7-2-2009 (Β' 2442)
210.	Εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής από πυρηνική ενέργεια	Το σύνολο			
211.	Εγκαταστάσεις συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας υψηλής απόδοσης (ΣΗΘΥΑ)	> 50 MW	50 - 10 MW ή > 5 MW & > 90 μόρια ή ≤ 5 MW & > 150 μόρια	Οι δραστηριότητες που δεν υπάγονται στην κατηγορία Α	Η δυναμικότητα αναφέρεται σε αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύ

10.6 Πρώτες ύλες -υπόστρωμα ΑΧ

Σύμφωνα με τις Αποφάσεις Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων, που έχει λάβει η εξεταζόμενη δραστηριότητα δύναται να διαχειρίζεται πληθώρα οργανικών μη επικίνδυνων αποβλήτων που κατά κύριο λόγο συνίστανται σε γεωργικά, κτηνοτροφικά και ζωικά απόβλητα καθώς και υποπροϊόντα αυτών. Η ποσότητα που μπορεί να διαχειριστεί η εξεταζόμενη **δραστηριότητα είναι 99,73τν/ημέρα (ή 36.400,00 τν/έτος)** ενώ η αντίστοιχη κατηγοριοποίηση τους κατά ΕΚΑ, παρουσιάζεται παρακάτω:

Πίνακας 32 Πίνακας αποβλήτων εισόδου στην εξεταζόμενη μονάδα βιοαερίου

Α' ύλη (Υπόστρωμα)	Αντιστοίχιση Κωδικού ΕΚΑ	Χαρακτηρισμός Κατηγορίας σύμφωνα με 1069/2009
Κοπριά πουλερικών αυγοπαραγωγής	02.01.06	κατ. 2
Κοπριά αιγοπροβάτων	02.01.06	κατ. 2
Απόβλητα σφαγείων	02.02.02	κατ. 2 (πεπτικό σύστημα ζώων) & κατ. 3
Οργανικό υπόλειμμα ελαιοτριβείων	02.03.01	-
Τυρόγαλα	02.05.01	κατ. 3
Υπολείμματα τροφίμων κουζίνας, εστιατορίων, χώρων εστίασης ξενοδοχείων	20.01.08	κατ. 3
Χρησιμοποιημένα βρώσιμα Λίπη – Λάδια	20.01.25	κατ. 3
Χοιρόλυμα	02.01.06 ή 02.01.01	κατ. 2
Αγροτικά προϊόντα /υποπροϊόντα	02.03.04 & 02.01.03 & 02.06.01	-
Προϊόντα φυτικής ή ζωικής προέλευσης, τα οποία δεν προορίζονται πλέον για κατανάλωση από τον άνθρωπο	20.02.01 & 20.03.02	κατ. 3
Λάσπη από ΕΕΛ	19.08.05 & 02.03.01 & 02.02.04	-
Αίμα ζώων	02.01.02 & 02.02.03	κατ. 3
Υδρόβια ζώα και υποπροϊόντα αυτών	02 01 02 & 02.02.02 & 02.02.03	κατ. 3
Υποπροϊόντα από παραγωγή προϊόντων ζωικής προέλευσης	02.02.02 & 02.02.03	κατ. 3

10.7 Ενεργειακό ισοζύγιο βιοαερίου

Στο σύντομο χρονικό διάστημα λειτουργίας της μονάδας και κατόπιν μετρήσεων ως προς την ενεργειακή αξιοποίηση των α υλών (οργανικών αποβλήτων), διαπιστώθηκε ότι η ποσότητα των 99,73 τν/ημέρα υπερκαλύπτει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ισχύος 999kW..

Έτσι ένα «τυπικό - ενδεικτικό» μίγμα εισόδου αποβλήτων στη μονάδα, υπολογίζεται ότι παράγει **1342,32 KW** ηλεκτρικής ενέργειας το οποίο αποτελεί ένα θεωρητικό μέγεθος καθώς ως γνωστό η παραγωγή βιοαερίου (μεθανογένεση) είναι μια εν δυνάμει φυσική διεργασία, που είναι άρρηκτα συνδεδεμένη όχι μόνο με την ποιοτική σύσταση του υποστρώματος ΑΧ αλλά και τις επικρατούσες φυσικές - χημικές συνθήκες εντός του βιοαντιδραστήρα (θερμοκρασία, pH, υγρασία, κτλ).

Πίνακας 33 Ενεργειακό ισοζύγιο παραγομένου βιοαερίου ενδεικτικού μίγματος εισόδου

ΙΣΧΥΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ (KW) ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟΥ ΜΙΓΜΑΤΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ			
Α' ΥΛΗ (ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ)	ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΜΙΓΜΑΤΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (ΤΝ/ΗΜΕΡΑ)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΟΔΙΔΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ (KW)	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ (KW)
Κοπριά πουλερικών	1,64	134,08	17,06
Κοπριά αιγοπροβάτων	1,37	44,18	27,74
Απόβλητα σφαγείων	9,59	483,65	64,19
Οργανικό υπόλειμμα ελαιοτριβείων	4,11	76,28	50,00
Τυρόγαλα	1,10	15,41	7,09
Υπολείμματα ζωικής προέλευσης	16,58	839,13	388,48
Ζωικά Λίπη – Λάδια	0,96	137,54	23,37
Χοιρόλυμα	18,63	314,38	69,86
Αγροτ/κτροφικά προϊόντα /υποπροϊόντα	2,19	55,07	8,22
Προϊόντα φυτικής ή ζωικής προέλευσης, μη ανθρώπινης κατανάλωσης	21,92	752,05	554,79
Λάσπη από ΕΕΛ	1,92	31,28	7,19
Αίμα ζώων	12,05	246,37	45,21

Υδροβία ζώα και υποπροϊόντα αυτών	3,29	96,16	58,56
Υποπροϊόντα παραγωγής (ζωικής προέλευσης)	4,38	96,99	20,55
Σύνολο	99,73	3.322,58	1.342,32

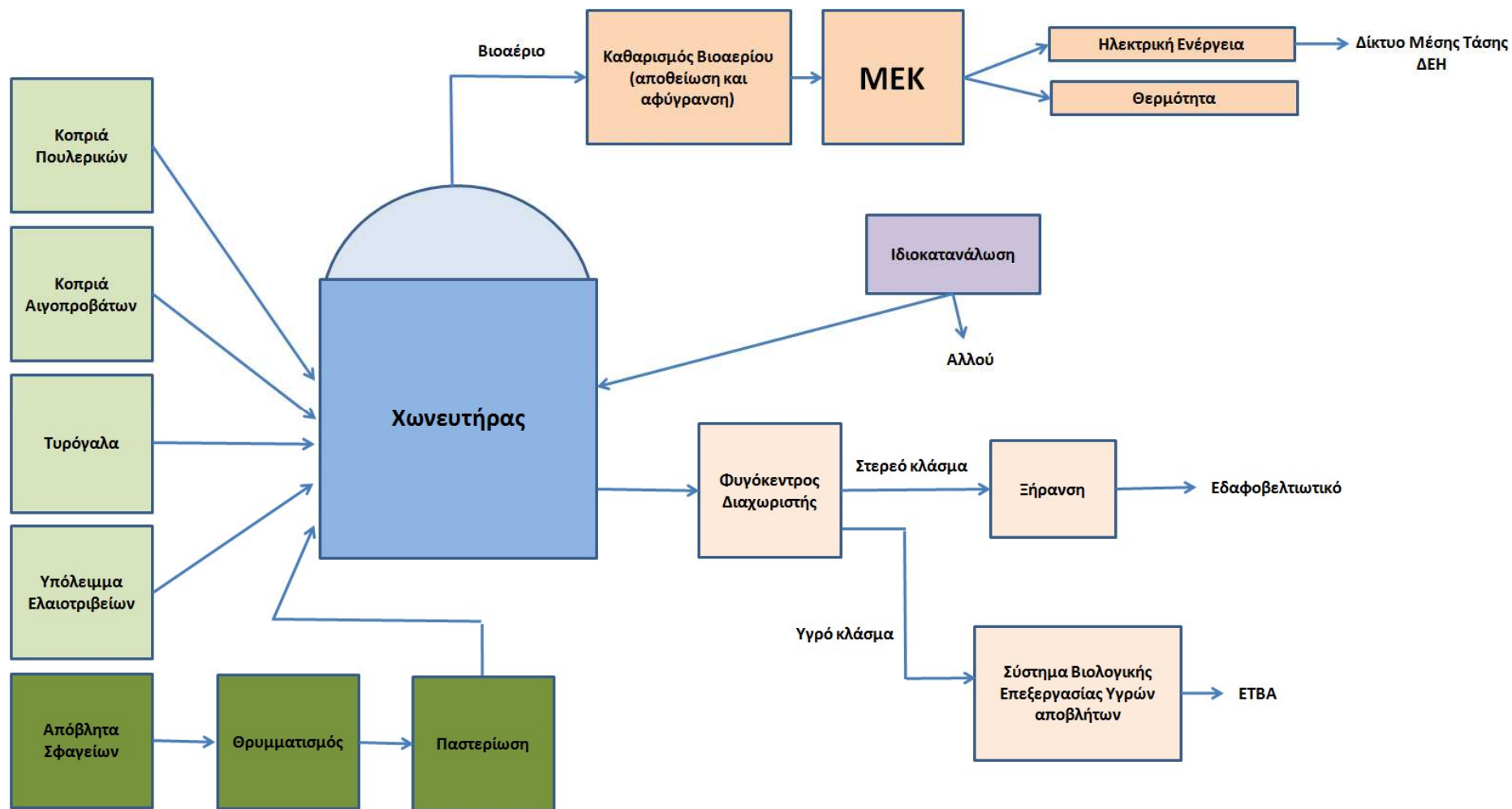
Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι η εξεταζόμενη μονάδα έχει την ευελιξία να εκμεταλλευτεί τις ανωτέρω ποσότητες με το βέλτιστο κάθε φορά τρόπο, ώστε να επιτυγχάνεται η επιθυμητή σύσταση του μίγματος εισόδου στους βιοαντιδραστήρες. Έτσι, σύμφωνα με σχετικές αναλύσεις και ενεργειακές μελέτες αλλά και με βάση τις εκάστοτε επικρατούσες συνθήκες διαθεσιμότητας α ύλης, αποφασίζεται η ποσότητα και η αναλογία του τελικού μίγματος, έτσι ώστε να υπάρχει αφενός συνεχής τροφοδοσία των αντιδραστήρων, αλλά και αφετέρου να επιτυγχάνεται η βέλτιστη σύσταση μίγματος (ορισμός ποιότητας – ποσότητας συστατικών α' υλών) που θα επιφέρει τη μέγιστη παραγωγή βιοαερίου.

10.8. Αρχή λειτουργίας μονάδας – μηχ. εξοπλισμός – παραγόμενα προϊόντα – υποπροϊόντα

Γενικά ένας σταθμός βιοαερίου χαρακτηρίζεται ως ένα πολυσύνθετο έργο με ποικίλες εγκαταστάσεις και αποτελείται από τα παρακάτω στάδια λειτουργίας:

- Της παραλαβής και συλλογής της πρώτης ύλης.
- Της επεξεργασίας της πρώτης ύλης.
- Της εγκατάσταση παραγωγής βιοαερίου.
- Της εγκατάσταση επεξεργασίας βιοαερίου.
- Της εγκατάσταση ηλεκτροπαραγωγής.
- Της εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων

Η παραγωγική διαδικασία του εξεταζόμενου έργου περιγράφεται συνοπτικά στο παρακάτω και στο Διάγραμμα Ροής ενώ η αναλυτική διαδικασία αυτής απεικονίζεται αναλυτικά στο παράρτημα Β. Σημειώνεται ότι ο μηχανολογικός εξοπλισμός που έχει εγκατασταθεί στο σταθμό ανέρχεται περίπου 500KW (συμπεριλαμβανόμενου και της ΕΕΛ).



Σχήμα 64 Διάγραμμα ροής μονάδας βιοαερίου

10.8.1. Αρχή λειτουργίας μονάδας

Αρχικά τα οργανικά απόβλητα μεταφέρονται από τους τόπους παραγωγής τους, στο σταθμό βιοαερίου μέσω κατάλληλων κλειστών ή/και βυτιοφόρων οχημάτων αναλόγως της φυσικής τους κατάστασης (στερεά ή υγρά), τα οποία ζυγίζονται κατά την είσοδο τους και καταγράφονται επιμελώς οι ποσότητες που προσάγονται στο σταθμό. Πριν την είσοδο των οχημάτων στο χώρο παραλαβής (κτίριο Β) διέρχονται από ειδική λεκάνη απολύμανσης για την απολύμανση των τροχών όπως ομοίως συμβαίνει και κατά την έξοδο αυτών απο το κτίριο.



Εικόνα 6 Ζύγιση οχηματος αποβλήτων (ΖΥΠ)



Εικόνα 7 Εγκατάσταση λεκάνης απολύμανσης τροχών φορηγών μεταφοράς α υλών

Επίσης πριν την αποχώρηση των φορηγών από τον σταθμό βιοαερίου, όλα τα εξωτερικά- εσωτερικά μέρη των φορηγών και οι κάδοι μεταφοράς ΖΥΠ καθαρίζονται και απολυμαίνοντας απαραίτητως με εγκεκριμένα απολυμαντικά σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο όπως ορίζεται από την κείμενη κτηνιατρική νομοθεσία.



Εικόνα 8 Απολύμανση φορτηγού



Εικόνα 9 Απολύμανση καδων

Αφού, λοιπόν, πραγματοποιηθεί ζύγιση στη γεφυροπλάστιγγα, τα απόβλητα οδηγούνται μέσω κλειστών αγωγών, στις κατάλληλες για κάθε είδος, χώρους ή δεξαμενές υποδοχής που βρίσκονται αποκλειστικά εντός του στεγασμένου κτιρίου.

Ο όγκος των δεξαμενών παραλαβής και αποθήκευσης έχει σχεδιαστεί ώστε να εξασφαλίζει την αυτονομία της μονάδας παραγωγής βιοαερίου για διάστημα τουλάχιστον τριών (3) ημερών.

Τα απόβλητα που χρίζουν παστερίωση σύμφωνα με την κτηνιατρική νομοθεσία (πχ σφαγεία, υδρόβια ζώα, υποπροϊόντα ζωικής προέλευσης κτλ), μέσω ειδικής διάταξης εισόδου (τύπου χοάνης), οδηγούνται στο σπαστήρα και πολτοποιούνται στα επιθυμητά τεμάχια (μεγίστης διαμέτρου 12χιλ) και στη συνέχεια βαρύτερα οδηγούνται στη δεξαμενή ανάμειξης για τον περαιτέρω μετασχηματισμό τους.



Εικόνα 10 Καδοι μεταφοράς ΖΥΠ



Εικόνα 11 Μεταφορά ΖΥΠ στη μονάδα (αποκλειστικά μέσω μηχανικών μέσων)



Εικόνα 12 Εισαγωγή ΖΥΠ σε σπάστηρα

Το υγρά απόβλητα (πχ αίμα Ζώων, υδαρές κοπριές κτλ) λόγω της υγρής τους μορφής οδηγούνται απευθείας στη δεξαμενή ανάμειξης.

Τυχόν απόβλητα που φέρουν συσκευασίες μέσω κοχλιομεταφορέων διέρχονται από το σπαστήρα – διαχωριστή για πολτοποίηση.

Σημειώνεται ότι για την αραίωση του περιεχόμενου των κλειστών δεξαμενών αποθήκευσης α υλών αλλά και της δεξαμενής ανάμιξης ή και όπου αλλού κρίνεται σκόπιμο κατά την παραγωγική διαδικασία, γίνεται χρήση υγρού από την ΕΕΛ του σταθμού ή διαφορετικά γίνεται χρήση νερού δικτύου. Η χρήση γενικώς υγρού μέσου στα ανωτέρα στάδια κρίνεται απαραίτητη καθώς ευνοεί τη διαδικασία της ανάδευσης και αποφεύγεται η δημιουργία συσσωματώσεων και λοιπών στερεοποιήσεων που δημιουργούν προβλήματα στην παραγωγική διαδικασία κατά την μεταφορά των α υλών (μέσω αντλιών ή κοχλιομεταφορέων), και ταυτόχρονα προστατεύεται ο μηχανολογικός εξοπλισμός από φθορές σκληρών αντικειμένων.

Στη συνέχεια αφού τα απόβλητα εισέρθουν στην δεξαμενή ανάμιξης μέσω αναδευτήρα ομογενοποιούνται και οδηγούνται προς παστερίωση.

Το σύστημα παστερίωσης (θέρμανση στους 70 °C για 60 min), κρίνεται απαραίτητο σύμφωνα με την κτηνιατρική νομοθεσία προκειμένου να επιτευχθεί καταστροφή παθογόνων μικροοργανισμών .



Εικόνα 13 Διάταξη δυο παστεριωτών

Έτσι μέσω αντλίας και κλειστών αγωγών το μίγμα οδηγείται στην διάταξη των παστεριωτών Α και Β και στη συνέχεια μέσω αντλίας στους βιοαντιδραστήρες.

Σημειώνεται ότι έχει εγκατασταθεί σύστημα ατμοπαραγωγής (ατμολέβητας) ώστε να διασφαλίζεται η συνεχή παραγωγή ατμού και ζεστού νερού που απαιτούνται στην παστερίωση των α υλών. Το εν λόγω σύστημα μάλιστα είναι διπλής ενέργειας, δηλαδή λειτουργεί με βιοαέριο ή με πετρέλαιο ως εφεδρική πηγή ενέργειας.

Σε ότι αφορά τώρα την επεξεργασία των οργανικών απόβλητων που δεν χρίζουν παστερίωσης (πχ φυτικά), τούτα οδηγούνται στη δεξαμενή ανάμιξης ή απευθείας στον αντιδραστήρα.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί ότι, όλη η διαδικασία παραλαβής, θρυμματισμού και παστερίωσης των αποβλήτων πραγματοποιείται εντός στεγασμένου κτιρίου, σε συνθήκες συνεχούς υποπέσεις, με κατάλληλο σύστημα εξαερισμού και απόσμησης για ελαχιστοποίηση διαφυγής οσμών.

Επίσης έχει εγκατασταθεί συστήματα άμεσου εξαερισμού (τύπου χοάνης) στα σημεία όπου προβλέπεται η μέγιστη συγκέντρωση οσμών (δεξαμενή ανάμιξης, σπαστήρας -πολτοποιητής). Το σύστημα εξαερισμού διέρχεται απο διάταξη βιοφιλτρων που έχει εγκατασταθεί στην οροφή του κτιρίου



Εικόνα 14 Βιοφίλτρο στην οροφή του κτιρίου



Εικόνα 15 Σύστημα εξαερισμού στην οροφή του κτιρίου

Εντός των χωνευτών (βιοαντιδραστήρες) λαμβάνει χώρα η βιολογική αποδόμηση της εισερχόμενης πρώτης ύλης (υπόστρωμα) μέσω ποικίλων βακτηριδίων σε αναερόβιες συνθήκες (απουσία φωτός και οξυγόνου). Σε κάθε χωνευτή υπάρχει κατάλληλο σύστημα ανάδευσης και θέρμανσης με σωληνώσεις και εναλλάκτες θερμότητας για ομογενοποίηση του μίγματος και θέρμανση αυτού σε κατάλληλη θερμοκρασία (περίπου 37-50 °C). Το μίγμα των οργανικών αποβλήτων παραμένει στους

βιοαντιδραστήρες για διάστημα περίπου 40 ημερών για την πλήρη βιοαποικοδόμιση του και την παραγωγή βιοαερίου.

Στην συνέχεια το παραγόμενο βιοαέριο, επιδέχεται διεργασίες καθαρισμού και συγκεκριμένα αποθείωση και αφύγρανση. Εφόσον η ποιότητα του βιοαερίου φτάσει στα επιθυμητά όρια οδηγείται στις ΣΗΘ, για καύση και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και εν συνέχεια διατίθεται προς πώληση στο δίκτυο της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού (ΔΕΔΔΗΕ),



Εικόνα 16 Εγκατάσταση συστήματος πυρσού καύσης και καθαρισμού βιοαερίου (αποθείωση) στην οροφή του κτιρίου

Παράλληλα με την ηλεκτροπαραγωγή παράγεται και θερμότητα. Η παραγόμενη θερμική κατά κύριο λόγο διοχετεύεται στην εγκατάσταση (στο σύστημα παστερίωσης, στους αναερόβιους χωνευτές και στη μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, όποτε αυτό απαιτείται και κυρίως τον χειμώνα), ενώ μελλοντικός σχεδιασμός του φορέα της δραστηριότητας αποτελεί η διάθεση της περίσσειας θερμότητας σε γειτονικές βιομηχανίες (τηλεθέρμανση).

Η Μονάδα διαθέτει έναν μόνιμα εγκατεστημένο πυρσό έκτακτης ανάγκης, και σε ασφαλή απόσταση από τις εγκαταστάσεις, για την ασφαλή και άοσμη καύση του υπερβαίνοντος βιοαερίου (σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης ή διακοπής λειτουργίας της ή περίσσειας παραγωγής βιοαερίου).

Από τη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης προκύπτει επίσης το χωνεμένο υπόλειμμα, το οποίο μέσω αντλίας οδηγείται και αποθηκεύεται προσωρινά σε δεξαμενή όπου αναδεύεται συνεχώς για την αποφυγή συσσωματώσεων και στην συνέχεια οδηγείται στο φυγοκεντρικό διαχωριστή για το διαχωρισμό του, σε υγρό και στερεό κλάσμα.

Το στερεό κλάσμα και κατοπιν εργαστηριακών ελέγχων που διασφαλίζεται ότι αυτό είναι πλήρως αποδομημένο και κατάλληλο για χρήση ως εδαφοβελτιωτικό, ενσάκιζεται και διατίθεται προς πώληση ενώ στην περίπτωση που δεν έχει επέλθει η πλήρη βιοδιασπασση του επανεισάγεται στο βιοαντιδραστήρα για περαιτέρω αποδόμηση αυτού.

Ομοίως το υγρό κλάσμα και κατόπιν εργαστηριακών ελέγχων διοχετεύεται σε δοχεία και διατίθεται ως υγρό εδαφοβελτιωτικό ή εναλλακτικά εφόσον κριθεί ακατάλληλο ή δεν υπάρχει εμπορική ζήτηση αυτού, μέσω αντλίας οδηγείται στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων της μονάδας, όπου υφίσταται βιολογική επεξεργασία, και στη συνέχεια διοχετεύεται στο δίκτυο αποχέτευσης ΒΙΠΕ.



Εικόνα 17 Άποψη εσωτερικού χώρου της μονάδας



Εικόνα 18 Άποψη εσωτερικού χώρου της μονάδας

10.8.2 Παρουσίαση βασικού μηχ. Εξοπλισμού μονάδας

10.8.2.1 Βιοαντιδραστήρες

Σύμφωνα με τον κατασκευαστή ο κάθε βιοαντιδραστήρας «θεωρητικά» δύναται να παράγει βιοαέριο με ισοδύναμη ηλεκτρική ισχύ από 700- 800 KW. Η ισχύς αυτή είναι ένα «θεωρητικό- σχεδιαστικό» νόμμερο που προφανώς κατά την λειτουργία του σταθμού, επηρεάζεται από πολλές μεταβλητές όπως αναλύθηκε ανωτέρω. Ο ρόλος του 2^{ου} βιοαντιδραστηρα περα από την τυπική λειτουργία αυτού (ως χώρος αποδόμησης της εισερχομένης οργανικής ύλης και αποθήκευσης βιοαέριου στο άνω τμήμα αυτού), έχει και εφεδρικό ρολό λειτουργίας, κυρίως στις περιπτώσεις που πρέπει να διακοπεί η τροφοδοσία του ενός. Αυτό δύναται να συμβεί πχ σε περίπτωση βλάβης, είτε συντήρησης του Η/Μ εξοπλισμού. Σε αυτές οι περιπτώσεις περα από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που σταματάει παράλληλα σταματάει και η παραλαβή αποβλήτων (μετά την πλήρωση των δεξαμενών αποθήκευσης) γεγονός που έχει άμεσο αντίκτυπο στην οικονομική βιωσιμότητα του σταθμού.

Κατά την κατασκευή των βιοαντιδραστήρων χρησιμοποιήθηκε στην επιφάνεια εδρασης τους, γεωυφασμα και γεωμεμβρανη για την στεγανοποίηση του εδάφους. Επίσης στο εσωτερικό τους έχει γίνει χρήση κατάλληλων μονωτικών υλικών για τη πλήρη στεγανοποίηση τους.

Η τροφοδοσία των δύο βιοαντιδραστήρων γίνεται από τον ένα εγκατεστημένο σταθμό άντλησης (rumping station) και μέσω κλειστών εξολοκλήρου αγωγών.

Ο κάθε βιοαντιδραστήρας φέρει σύστημα ανάδευσης αποτελούμενο από 4 αναδευτήρες.

Η επιλογή για την τροφοδοσία του μίγματος στον βιοαντιδραστήρα 1 ή βιοαντιδραστήρα 2 γίνεται μέσω κατάλληλης διάταξης βανών έλεγχου ροής που έχουν ενσωματωθεί στο σύστημα ελέγχου της μονάδας. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά εκάστου βιοαντιδραστήρα είναι τα παρακάτω:

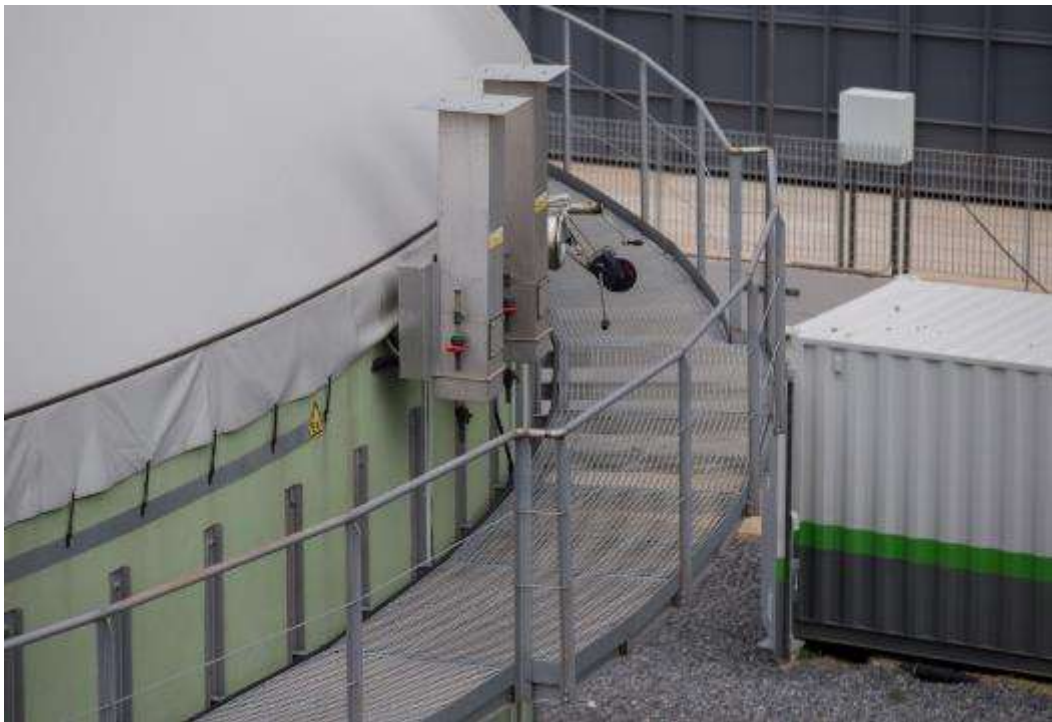
- Υλικό κατασκευής σπλισμένο σκυρόδεμα με εξωτερική μόνωση
- Διάμετρος 30 μ
- Ωφέλιμη επιφάνεια 706,5 τμ
- Ωφέλιμος όγκος 5.654,00 m³



Εικόνα 19 Αποψη εσωτερικής επιφάνειας βιοαντιδραστήρα



Εικόνα 20 Γενική άποψη βιοαντιδραστήρα



Εικόνα 21 Λεπτομέρεια υφιστάμενου βιοαντιδραστήρα

10.8.2.2 Παστερίωση/ Εξυγίανση

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 142/2011, στις μονάδες βιοαερίου γενικώς τα ζωικά απόβλητα κατηγορίας 2 και 3 (απόβλητα σφαγείου κτλ) πρέπει να μεταποιούνται από μονάδα παστερίωσης/εξυγίανσης, προς απομάκρυνση ανεπιθύμητων παθογόνων μικροοργανισμών.

Σύμφωνα με την κείμενη κτηνιατρική νομοθεσία κατά παρέκκλιση, δύναται να μην παστεριωθούν το γάλα και τα προϊόντα με βάση το γάλα, τα παράγωγα του γάλακτος, πρωτόγαλα και προϊόντα με βάση το πρωτόγαλα.

Επιπροσθέτως σύμφωνα με την κτηνιατρική νομοθεσία τα στερεά απόβλητα (ΖΥΠ) πριν τη διαδικασία της παστερίωσης θα πρέπει να υπόκεινται, θρυμματισμό, προκειμένου να επιτυγχάνεται μέγεθος σωματιδίων το πολύ μέχρι 12 mm.

Η παστερίωση γίνεται σε συγκεκριμένες συνθήκες, δηλαδή στους 70 °C και ελάχιστος χρόνος αδιάκοπης παραμονής στη διάταξη παστερίωσης 60 min.

Το σύστημα παστερίωσης αποτελείται από δυο μονάδες (κυλινδρικές δεξαμενές) παστερίωσης Α και Β και είναι μια διάταξη συνεχής πίεσης λειτουργίας.

Έκαστη δεξαμενή παστερίωσης διαθέτει:

- Σύστημα παρακολούθησης θερμοκρασίας ώστε να επιτυγχάνεται εντός μιας ώρας σταθεροποίησης αυτής στους 70 °C.
- Συσκευές συνεχούς καταγραφής των αποτελεσμάτων των μετρήσεων παρακολούθησης.
- Κατάλληλο σύστημα ασφαλείας για πρόληψη ανεπαρκούς θέρμανσης.

Τα ανωτέρω διασφαλίζονται καθώς για την συγκεκριμένη διάταξη η θερμοκρασία και η πίεση παρακολουθούνται με θερμοστοιχεία και με μανόμετρα, που χρησιμοποιούνται σε καθορισμένα σημεία καθ' όλη τη διάρκεια της διεργασίας, κατά τρόπο ώστε η θερμοκρασία και η πίεση να πληρούν τις απαιτούμενες προϋποθέσεις. Η θερμοκρασία και η πίεση καταγράφονται σε πραγματικό χρόνο ενώ η μέτρηση του ελάχιστου χρόνου μετάβασης του μίγματος πραγματοποιείται με τη χρησιμοποίηση ειδικών αισθητήρων πίεσης και θερμοκρασίας μέσω του κεντρικού συστήματος ελέγχου.

10.8.2.3 ΣΗΘ

Οι δυο ΣΗΘ έχουν εγκατασταθεί εντός ειδικά διαμορφωμένου χώρου (χώρο ηλεκτροπαραγωγής) και έχουν εφαρμοστεί όλα τα μετρά παθητικής και ενεργητικής πυροπροστασίας, όπως πυραντοχες πόρτες ,απαιτούμενοι για την εν λόγω χρήση δείκτες πυραντίστασης δομικών στοιχείων, σύστημα ανίχνευσης μεθανίου, συστήματα αερισμού και ψύξης του χώρου μέσω πυροφραγμών κτλ

Κάθε ΣΗΘ είναι ονομαστικής ισχύος 526kW ενώ έχει γίνει κατάλληλη ρύθμιση από την κατασκευάστρια εταιρεία για λειτουργία στα 499 kW και 500kW, ώστε συνολικά η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς του σταθμού να είναι 999 kW, συμφωνά όπως ορίζει και η σχετική έγκρισης σύνδεσης της ΔΕΔΔΗΕ

Εκάστη ΣΗΘ φέρει: Αριθμό έγκρισης τύπου όπως ορίζεται στην ΚΥΑ Δ13/0/121/2007 (ΦΕΚ 53/Β/2007) και πληροί τις προδιαγραφές εκπομπών που τίθενται από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των ΣΗΘ είναι τα παρακάτω:

Πίνακας 34 Τεχνικά χαρακτηριστικά των ΣΗΘ

Κατασκευαστική εταιρεία	GE Jenbacher	
Τύπος	J 312 GS-D225	
Ονομ. Ισχύς	526 kw	
Ρύθμιση ισχύος	499 kw και 500 kw	
Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά		
Length	mm	2.400
Width	mm	1.457
Height	mm	2.065
Weight dry	kg	3.200
Weight filled	kg	3.530

Σύμφωνα με τον κατασκευαστή, εκάστη ΣΗΘ δύναται να δουλεύει το 90% των διαθέσιμων ωρών του έτους χωρίς πρόβλημα στη γενική λειτουργία της.



Σχήμα 65 Διαταξη ΣΗΘ

10.8.2.4 Διαχωριστής υγρού – στέρεου κλάσματος

Τα χαρακτηριστικά του χωνεμένου υπολείμματος από τους βιοαντιδραστήρες, έχουν υψηλές τιμές σε θρεπτικά υλικά, τα οποία περιέχονται κυρίως στο στερεό κλάσμα του υπολείμματος αλλά και υψηλό ρυπαντικό φορτίο στο υγρό κλάσμα αυτού. Για τον λόγο αυτό κρίνεται απαραίτητη η ανάγκη του

φυγόκεντρο διαχωριστή ώστε αφενός να επιτευχθεί η απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών πριν την τροφοδότηση τους στην ΕΕΛ της μονάδας αλλά και αφετέρου να μειωθεί το ποσοστό υγρασίας στο στερεό κλάσμα.

Έτσι, το χωνεμένο υπόλειμμα που προκύπτει από τη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης τροφοδοτείται στη μονάδα διαχωρισμού υγρού – στερεού (Decanter). Η μονάδα αποτελείται από φυγόκεντρο διαχωριστή, σε συνδυασμό με πρόβλεψη για προσθήκη κροκιδωτικού παράγοντα ώστε να επιτυγχάνεται συσσωμάτωση των μικρότερων διεσπαρμένων σωματιδίων σε μεγαλύτερα και έτσι να διευκολύνεται η απομάκρυνσή τους.



Σχήμα 66 Decanter

10.8.2.5 Διάταξη ΕΕΛ- 3ο βαθμιο σύστημα βιολογικής επεξεργασίας υγρού κλάσματος. (MBR / MBBR – UF– RO)

Το **υγρό κλάσμα**, μετά το μηχανικό διαχωριστή, οδηγείται σε σύστημα βιολογικής επεξεργασίας MBR/MBBR, όπου η αερόβια επεξεργασία λαμβάνει χώρα τόσο στο υπό αιώρηση ανάμικτο υγρό, αλλά και στο βιοφίλμ που αναπτύσσεται σε ειδικό υλικό (βιοφορείς) με το οποίο πληρώνεται ο βιολογικός αντιδραστήρας, με συνέπεια να επιτυγχάνεται μείωση των BOD και COD, καθώς επίσης και του μικροβιολογικού φορτίου των υγρών αποβλήτων.

1. **Βιολογική επεξεργασία MBBR** (μέθοδος Αντιδραστήρα αιωρούμενου βιοφίλμ)

Η τεχνολογία MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor) αποτελεί μια δοκιμασμένη και αποτελεσματική μέθοδος για τη βιολογική επεξεργασία υγρών αποβλήτων που χαρακτηρίζεται από χαμηλή παραγωγή ιλύος, καθώς ο μεγαλύτερος μέρος του μικροβιακού πληθυσμού αναπτύσσεται στο πληρωτικό υλικό και όχι στο ανάμικτο υγρό περιβάλλον.

Για να επιτευχθούν αυτά τα χαρακτηριστικά, οι δεξαμενές που χρησιμοποιούνται για τις βιολογικές διεργασίες γεμίζουν με ένα ειδικό πληρωτικό υλικό, το οποίο λειτουργεί ως φορέας για την ανάπτυξη της βιομάζας (γνωστό και ως βιοφορέας). Το πληρωτικό υλικό κινείται μαζί με τα υγρά απόβλητα

εντός του αντιδραστήρα. Η κίνηση προκαλείται είτε από το σύστημα αερισμού στις αερόβιες διεργασίες, είτε από κατάλληλη ανάδευση στις ανοξικές διεργασίες.

Το πληρωτικό υλικό κατασκευάζεται από πολυαιθυλένιο ή πολυπροπυλένιο με μια πυκνότητα ελαφρώς μικρότερη από αυτή του νερού. Έχει σχήμα μικρών κυλίνδρων ή δίσκων με διάμετρο περίπου 9-64 χιλιοστά, ανάλογα με την εφαρμογή, και παρουσιάζει μεγάλη ενεργή επιφάνεια επαφής (>500 m²/m³). Αυτό δημιουργεί ένα περιβάλλον όπου οι μικροοργανισμοί μπορούν να επικαθίσουν και να αναπτυχθούν, επιτρέποντας έτσι την αποτελεσματική βιολογική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων. Οι βιομάζες των μικροοργανισμών σχηματίζουν βιολογικά φιλμ στην επιφάνεια του πληρωτικού υλικού, όπου πραγματοποιούνται οι αποικιοποίηση και οι βιοχημικές αντιδράσεις για την απομάκρυνση των ρύπων. Η μεγάλη επιφάνεια επαφής του πληρωτικού υλικού παρέχει ένα ιδανικό περιβάλλον για την ανάπτυξη μιας πλούσιας ποικιλίας μικροοργανισμών. Αυτό συμβάλλει στην ενίσχυση της βιολογικής επεξεργασίας και στην απομάκρυνση των οργανικών και ανόργανων ρύπων από τα υγρά απόβλητα.



Σχήμα 67 Σύστημα IFAS (Integrated Fixed Film Activated Sludge System)

Στην εξεταζόμενη μονάδα οι δεξαμενές του συγκροτήματος MBBR είναι κατασκευασμένες από σκυρόδεμα, με αντιδιαβρωτική προστασία. Η μονάδα λειτουργεί αυτόματα και η λειτουργία της παρακολουθείται από κατάλληλο ηλεκτρολογικό πίνακα αυτοματισμού. Το συγκρότημα περιλαμβάνει **τρεις (3) ζώνες επεξεργασίας**: Α) μία ανοξική ζώνη αποτελούμενη από δύο δεξαμενές, απαραίτητες για την **απονιτροποίηση** Β) μία ζώνη **αερισμού (MBR)** για την αποδόμηση του οργανικού φορτίου και τη νιτροποίηση και Γ) μία ζώνη **τελικής καθίζησης με δεξαμενή κατακόρυφης ροής**.

Μετά το σύστημα MBR/MBBR θα ακολουθήσει συμπληρωματική επεξεργασία για λόγους ασφαλείας και σε περίπτωση που είναι απαραίτητη, επιπλέον μείωση του υπολειπόμενου ρυπαντικού φορτίου.

Μεμβράνες Υπερδιήθησης (Ultra Filtration Membranes, UF)

Η υπερδιήθηση (UF) είναι μία διεργασία διαχωρισμού μέσω μιας ημιπερατής μεμβράνης η οποία έχει διάμετρο πόρων συνήθως από 0,005 – 0,1 μm. Συστατικά τα οποία είναι μεγαλύτερα από τη διάμετρο των πόρων της μεμβράνης δεν μπορούν να διέλθουν μέσω αυτής και απομακρύνονται. Η διεργασία υπερδιήθησης (UF) επιτρέπει την απομάκρυνση συστατικών όπως ιοί, βακτήρια, σωματίδια, αλάτα και ορισμένα οργανικά συστατικά από το υγρό προς επεξεργασία. Η ποιότητα της εξόδου είναι υψηλή, μειώνοντας σημαντικά την περιεκτικότητα σε στερεά και επικίνδυνα συστατικά.

Η φίλτρανση με μεμβράνες υπερδιήθησης παρέχει αξιόπιστη και αποδοτική επεξεργασία υγρών, υπερβαίνοντας τις παραδοσιακές μεθόδους διήθησης. Η ροή του επεξεργασμένου υγρού προωθείται με χαμηλή πίεση από ένα αντλητικό σύστημα, διευκολύνοντας τη διέλευση του μέσα από τις μεμβράνες. Τα σωματίδια που απομένουν κρατούνται στην εξωτερική πλευρά των μεμβρανών και αφαιρούνται μέσω μιας διαδικασίας που ονομάζεται αντίστροφη πλύση. Κατά την αντίστροφη πλύση, αέρας υπό χαμηλή πίεση εισχωρεί στο εσωτερικό των μεμβρανών και απομακρύνει το νερό που περιέχεται εντός τους προς τα έξω. Αυτή η διαδικασία δημιουργεί ένα δυναμικό ρεύμα που ξεπλένει τα σωματίδια και τις ακαθαρσίες από την επιφάνεια της μεμβράνης, εξασφαλίζοντας έτσι τη συνεχή λειτουργία της.

Σημειώνεται ότι η αντίστροφη πλύση είναι μια σημαντική διαδικασία στη φίλτρανση με μεμβράνες υπερδιήθησης, καθώς βοηθά στη διατήρηση της αποδοτικότητας και της διάρκειας ζωής των μεμβρανών.

Αντίστροφης όσμωσης

Η τεχνική της αντίστροφης όσμωσης είναι μια δοκιμασμένη και αναγνωρισμένη τεχνολογική εφαρμογή, που μπορεί να παρέχει υψηλές αποδόσεις καθαρισμού. Βασίζεται στη διέλευση του ανεπεξέργαστου υγρού σε υψηλή πίεση μέσα από μεμβράνες που διαχωρίζουν το υγρό εισόδου σε δύο κλάσματα. Το διήθημα (permeate), δηλαδή το νερό που διέρχεται από τη μεμβράνη (30-80% του νερού εισόδου) και το συμπύκνωμα (concentrate) (20-70%), δηλαδή το υγρό που δεν διέρχεται. Στο συμπύκνωμα παραμένει το 80-99,8% των αδιάλυτων στερεων του διηθήματος. Το διήθημα είναι υγρό εξαιρετικά χαμηλής περιεκτικότητας σε ουσίες κατάλληλο για άρδευση και τις περισσότερες βιομηχανικές χρήσεις. Μια αντλία υψηλής πίεσης διοχετεύεται το ακατέργαστο υγρό στο σύστημα μεμβρανών. Η πίεση που ασκείται έχει σχέση με την καθαρότητα του προς καθαρισμού υγρού, καθώς η διαφορά αυτή οφείλεται στην διαφορετική συγκέντρωση διαλυμένων στέρεων μέσα στο νερό. Η αντίστροφη ώσμωση πραγματοποιείται μέσα σε χαλύβδινα δοχεία που περιέχουν διατάξεις διαδοχικών ζευγών μεμβρανών.

Σημειώνεται ότι το παραγόμενο συμπύκνωμα (από την έξοδο της αντίστροφης ώσμωσης) καθώς είναι ποιοτικά εφάμιλλο με τα υγρά απόβλητα που διαχειρίζεται η δραστηριότητα, επανεισάγεται στον βιοαντιδραστήρα για αποδόμηση αυτού.

Πίνακας αυτοματισμού ΕΕΛ

Όλες οι λειτουργίες του εξοπλισμού θα ελέγχονται από PLC και SCADA .ώστε να καλύπτει τις ανάγκες λειτουργίας, ελέγχου και προστασίας όλου του εξοπλισμού

Για κάθε ζημιά ή λειτουργικό πρόβλημα εξοπλισμού υπάρχει ειδοποίηση με SMS μήνυμα στους υπεύθυνους λειτουργία και συντήρησης.



Εικόνα 22 Εγκατάσταση συστήματος βιολογικής επεξεργασίας(MBR & Βιοενίσχυση)



Εικόνα 23 Εγκατάσταση συστήματος Ultra filtration membranes (UF) -RO (Double system)

Έτσι στην εξεταζόμενη μετά την αναφερόμενη 3βαθμια επεξεργασία, το εξερχόμενο υγρό θα είναι έπι της ουσίας «καθαρό νερό» κατάλληλο για κάθε χρήση, (πλήν πόσης) και επαναχρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο στην παραγωγική διαδικασία και κυρίως: στις αραιώσεις των α υλών στις δεξαμενές αποθήκευσης – βιοαντιδραστήρες, στις πλύσεις μηχανήματων, δαπέδων, περιεκτών και φορητών μεταφοράς αποβλήτων κτλ.



Εικόνα 24 Τελικό προϊόν από την έξοδο της ΕΛΛ

10.9 Παραγόμενα απόβλητα κατά την λειτουργία της μονάδας

Κατά την λειτουργία της μονάδας τα βασικά απόβλητα που προκύπτουν είναι τα παρακάτω:

α) Υγρά απόβλητα. Στα υγρά απόβλητα συγκαταλέγονται:

- Τα λύματα ανθρωπογενούς προέλευσης, από το προσωπικό του σταθμού (χώρους υγιεινής κ.λπ.) καθώς και λοιπές εργασίες καθαρισμού, τα οποία διατίθενται στο αποχετευτικό δίκτυο της ΒΙΠΕ.
- Λιπαντικά (λάδια, γράσα, ορυκτέλαια) από τη συντήρηση - λειτουργία της μηχανής εσωτερικής καύσης και μικρές ποσότητες καυσίμων και λιπαντικών από τυχαία περιστατικά (π.χ. διαρροές οχημάτων και μηχανημάτων από βλάβη, αμέλεια κ.λπ.), τα οποία συγκεντρώνονται σε ειδικά δοχεία, και συλλέγονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα από εταιρεία εξειδικευμένη στη διαχείριση τέτοιου είδους αποβλήτων. Για τον σκοπό αυτό ο φορέας του έργου έχει συνάψει σχετικό συμφωνητικό με αδειοδοτημένη εταιρεία συλλογής και μεταφοράς λιπαντικών ελαίων

Σημειώνεται ότι το υγρό παραγόμενο χωνεμένο υπόλειμμα από το χωνευτή δεν αποτελεί απόβλητο καθώς διατίθεται ως εδαφοβελτιωτικό ενώ στην περίπτωση που δεν διοχετευθεί στην αγορά τότε χρησιμοποιείται ως υγρό για την ανάμιξη του μίγματος στους βιοαντιδραστήρες και τις δεξαμενές αποθήκευσης πρώτων υλών. Μονάχα η περίσσεια αυτού αποτελεί απόβλητο που οδηγείται στην εγκατάσταση βιολογικού καθαρισμού της μονάδας και στη συνέχεια στο δίκτυο αποχέτευσης της ΒΙΠΕΗ.

β) Στερεά απόβλητα. Στα στερεά απόβλητα συγκαταλέγονται :

- Στερεά αστικά απόβλητα του προσωπικού τα οποία συλλέγονται σε κατάλληλους κάδους και συλλέγονται από τις Υπηρεσίες καθαριότητας του Δήμου.
- Η λάσπη από την ΕΕΛ η διαχείριση της οποίας γίνεται εντός της μονάδας (επαναισαγωγή στον βιοαντιδραστήρα)

Σημειώνεται ότι το στερεό παραγόμενο χωνεμένο υπόλειμμα από το χωνευτή δεν αποτελεί απόβλητο καθώς διατίθεται ως εδαφοβελτιωτικό, ενώ στην περίπτωση που αυτό δεν έχει σταθεροποιηθεί πλήρως επανεισάγεται στον βιοαντιδραστήρα, για περαιτέρω χώνευση αυτού.

γ) Αέρια απόβλητα . Στα αέρια απόβλητα συγκαταλέγονται :

- Αέριοι συνήθεις ρύποι από τις ΜΕΚ Σημειώνεται ότι το σύστημα των ΜΕΚ είναι εφοδιασμένο με κατάλληλα συστήματα αντιρρυπαντικής τεχνολογίας (Καταλυτικό μετατροπέα) για τον έλεγχο των καυσαερίων και τη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων, οι τιμές των οποίων δεν ξεπερνούν τα επιτρεπτά όρια όπως αυτά ορίζονται στη κείμενη νομοθεσία. Παρόλα αυτά ο φορέας ο του έργου ελέγχει την ποιότητα των καυσαερίων ως προς τις τους εκπεμπόμενους ρύπους με την συχνότητα των μετρήσεων που προβλέπεται από την κείμενη νομοθεσία .
- Οι σκόνες και οι οσμές κατά τη λειτουργία της μονάδας, οι οποίες όμως είναι μικρής κλίμακας καθώς όλες οι εγκαταστάσεις (συστήματα μεταφοράς και τροφοδοσίας, χωνευτής κλπ.) είναι σχεδιασμένες ώστε να είναι κλειστές, αεροστεγείς με ειδικά συστήματα απόσμησης (φίλτρα).

δ) Θόρυβος. Θόρυβος δύναται να παραχθεί από τη λειτουργία του μηχανολογικού εξοπλισμού της μονάδας παραγωγής βιοαερίου, των μηχανών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (ΜΕΚ), των γεννητριών ηλεκτρικού ρεύματος και της μονάδας επεξεργασίας του υγρού χωνεμένου υπολείμματος. Καθώς όμως η εγκατάσταση των μηχανημάτων γίνεται σε κλειστούς χώρους και έχουν εγκατασταθεί συστήματα μείωσης θορύβου όπως χρήση

ηχομονωτικού υλικού , αντικραδασμικών βάσεων, τα επίπεδα θορύβου είναι εντός των ορίων που θέτει η κείμενη νομοθεσία.

ε)Κατανάλωση νερού και ενέργειας. Η μονάδα βιοαερίου έχει σχετικά μικρές ανάγκες σε νερό. Υπολογίζονται περίπου 5-15m³ την ημέρα για πλύσεις (πλύσιμο του περιβάλλοντος χώρου, τμημάτων του εξοπλισμού, καθώς και των οχημάτων μεταφοράς αποβλήτων). Οι ανάγκες σε νερό που αφορούν την αραίωση του εισερχόμενου στους χωνευτήρες οργανικού μίγματος προέρχονται κυρίως από την ΕΕΛ.

Η απαιτούμενη θερμότητα (π.χ. στο σύστημα παστερίωσης, στον αναερόβιο χωνευτή και στη μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων) γίνεται μέσω ανάκτησης ενέργειας από τα καυσαέρια των ΜΕΚ καθώς και από καύση του βιοαερίου. Επομένως δεν απαιτείται επιπρόσθετη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για παραγωγή θερμότητας.

10.10 Παραγόμενα προϊόντα

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως τα εμπορικά προϊόντα παραγωγής του εξεταζόμενου σταθμού βιοαερίου είναι τα παρακάτω:

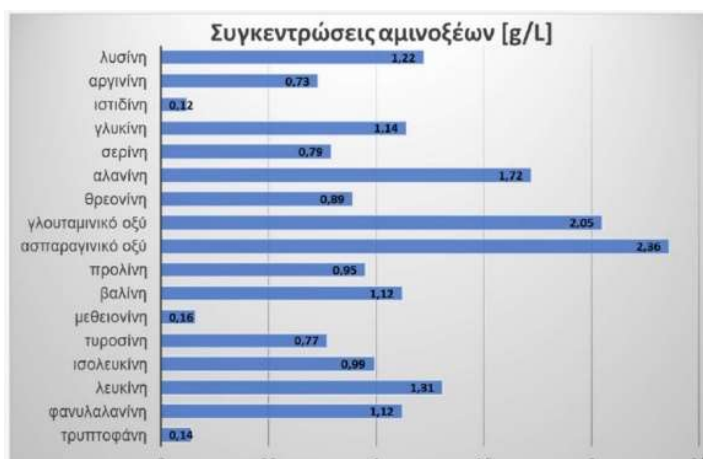
10.10.1 Οργανικό βελτιωτικό εδάφους(υγρής μορφής)

Φέρει την επωνυμία **BioSFer L** που είναι ένα , προϊόν ελεγχόμενης ζύμωσης. Είναι ένα υγρό οργανικό βελτιωτικό εδάφους κατάλληλο για ενίσχυση και την ανάπτυξη των φυτών. Είναι ακίνδυνο καθώς προέρχεται από ελεγχόμενη αναερόβια ζύμωση οργανικών αποβλήτων. Δεν φέρει τοξικότητα και πρόσθετες χημικές ουσίες .Διατίθεται σε δοχεία διάφορων μεγεθών καθώς και σε παλετοδεξαμενες

Παρακάτω παρουσιάζονται η ποιοτική σύσταση αυτού καθώς και οι προτεινόμενες δοσολογίες ανά καλλιέργεια.

Πίνακας 35 Ποιοτική σύσταση βελτιωτικού εδάφους υγρής μορφής και προτεινόμενες δοσολογίες ανά καλλιέργεια.

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΚΑΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΚΑΙ ΔΟΣΟΛΟΓΙΕΣ	
ΕΛΙΑ:	διαφυλλικά 250-500 g/100 λίτρα νερού, υδρολίπανση 1-2 λίτρα/δένδρο
ΚΑΡΠΟΦΟΡΑ-ΕΣΠΕΡΙΔΕΙΔΗ:	διαφυλλικά 200-250 g/100 λίτρα νερού, υδρολίπανση 0,5- 1,5 λίτρα/δένδρο
ΑΒΟΚΑΝΤΟ:	διαφυλλικά 200-250 g/100 λίτρα νερού, υδρολίπανση 1-4 λίτρα/ δένδρο
ΑΜΠΕΛΙ, ΠΑΤΑΤΑ, ΛΟΥΛΟΥΔΙΑ:	διαφυλλικά 200-250 g/100 λίτρα νερού, υδρολίπανση 10-15 λίτρα/στρέμμα
ΑΚΤΙΝΙΔΙΟ:	διαφυλλικά 200-250 g/100 λίτρα νερού, υδρολίπανση 10-15 λίτρα/στρέμμα
ΤΟΜΑΤΑ, ΜΕΛΙΤΖΑΝΑ, ΠΙΠΕΡΙΑ, ΑΓΓΟΥΡΙ, ΚΟΛΟΚΥΘΙ, ΦΡΑΟΥΛΑ:	διαφυλλικά 200-250 g/100 λίτρα νερού, υδρολίπανση 6-10 λίτρα/στρέμμα
<i>Η υδρολίπανση ενδείκνυται να εναλλαμβάνεται ανά 15-25 ημέρες.</i>	
Οι προτεινόμενες δοσολογίες θα πρέπει να προσαρμόζονται στα χαρακτηριστικά και τις ανάγκες του εδάφους, τις καλλιέργειες και των καιρικών συνθηκών.	
ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ	
Ολικό Άζωτο	1,1 % w/w
Ολικός οργανικός άνθρακας	2,6 % w/w
Ασβέστιο	0,6 % w/w
Φώσφορος	0,10 % w/w
Κάλιο	0,17 % w/w
Ψευδάρ γυρος	510 mg/Kg
Μαγνήσιο	230 mg/Kg
pH	8,0 - 8,9



10.10.2 Οργανικό βελτιωτικό εδάφους (στερεής μορφής)

Φέρει την επωνυμία **BioSFer S** Ομοίως είναι ένα στερεό οργανικό βελτιωτικό εδάφους κατάλληλο για ενίσχυση και την ανάπτυξη των φυτών. Είναι ακίνδυνο καθώς προέρχεται από ελεγχόμενη αναερόβια ζύμωση οργανικών αποβλήτων. Δεν φέρει τοξικότητα και πρόσθετες χημικές ουσίες. Διατίθεται σε σακιά και bigbags

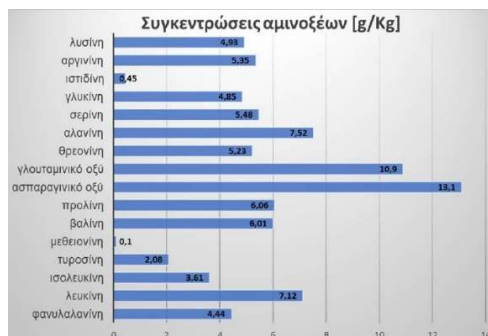
Παρακάτω αναγράφεται η ποιοτική σύσταση αυτού καθώς και προτεινόμενες δΟΣΟΛΟΓΙΕΣ ανά καλλιέργεια

Πίνακας 36 Ποιοτική σύσταση βελτιωτικού εδάφους στερεής μορφής και προτεινόμενες δΟΣΟΛΟΓΙΕΣ ανά καλλιέργεια

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΚΑΙ ΔΟΣΟΛΟΓΙΕΣ	
Επιδά, αβοκάντο, καρποφόρα:	15-40 λίτρα/δένδρο
Αμπέλι:	2-4 λίτρα/πρέμνο
Πατάτα:	400-800 λίτρα/στρέμμα
Τομάτα, μελιτζάνα, πιπεριά, αγγούρι, κολλοκύθι, φράουλα:	500- 600 λίτρα/στρέμμα (γραμμές σποράς)
Καλλιωπιστικά πουλιούδια:	500- 600 λίτρα/στρέμμα (γραμμές σποράς)
Ακτινίδιο:	2-5 λίτρα/δένδρο
Εσπεριδοειδή:	5-10 λίτρα/δένδρο

Οι προτεινόμενες δΟΣΟΛΟΓΙΕΣ θα πρέπει να προσαρμόζονται στα χαρακτηριστικά και τις ανάγκες του εδάφους, της καλλιέργειας και των καιρικών συνθηκών.

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ	
Ολικό Άζωτο	1,6 % w/w
pH	8,5
Ολικός οργανικός άνθρακας	7,0 - 13,7 % w/w
Ασβέστιο	0,64 - 1,75 % w/w
Φώσφορος	0,26 - 0,34 % w/w
Κάλιο	0,14 - 0,19 % w/w
Ψευδάργυρος	360 - 900 mg/Kg
Μαγνήσιο	680 - 1000 mg/Kg





Σχήμα 68 Εμπορική συσκευασία βελτιωτικού εδάφους υγρής- στερεής μορφής σε διαφορες συσκευασίες

10.10.3 Παραγωγή ηλεκτρικής θερμικής ενέργειας

Παρακάτω παρουσιάζεται η δυναμικότητα της μονάδας ως προς την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας σε συνάρτηση με την διαχείριση οργανικών αποβλήτων για το έτος 2018.

Total Organic Waste	14.856,49 tn
Electrical Power	3.634 MWhe
Heat Recovery	2.900 MWth

10.11 Πρόγραμμα παρακολούθησης παραγωγικής διαδικασίας και προστασίας περιβάλλοντος

Κατά την φάση λειτουργίας της εν λόγω μονάδας έχουν ληφθεί μετρά και οροί ώστε να διασφαλίζεται:

- η καταλληλότητα των α υλών (απόβλητα εισόδου) και των προϊόντων παραγωγής.
- η προστασία του περιβάλλοντος και η ασφάλεια των εργαζομένων.

10.11.1 Διασφάλιση της καταλληλότητα α υλών και παραγόμενων προϊόντων

10.11.1.1 Εφαρμογή συστημάτων και διαδικασιών HACCP

Ο Φορέας λειτουργίας του έργου εφαρμόζει συστήματα και διαδικασίες HACCP για τον προσδιορισμό των κρίσιμων σημείων ελέγχου ΚΣΕ σε όλα τα στάδια της γραμμής παραγωγής. Η εφαρμογή προγράμματος HACCP έχει τους παρακάτω στόχους:

- Εντοπισμός τυχόν πηγών κινδύνου οι οποίες πρέπει να προληφθούν, να εξαλειφθούν ή να μειωθούν σε αποδεκτά επίπεδα.

- Εντοπισμός των κρίσιμων σημείων ελέγχου στο ή τα στάδια στα οποία ο έλεγχος είναι ουσιαστικής σημασίας για την πρόληψη ή την εξάλειψη ενός κινδύνου ή για τη μείωσή του σε αποδεκτά επίπεδα.
- Προσδιορίζονται κρίσιμα όρια σε κρίσιμα σημεία ελέγχου με τα οποία χωρίζεται το αποδεκτό από το μη αποδεκτό όσον αφορά την πρόληψη, την εξάλειψη ή τη μείωση των εντοπιζόμενων κινδύνων.
- Προσδιορίζονται αποτελεσματικές διαδικασίες παρακολούθησης στα κρίσιμα σημεία ελέγχου.
- Προσδιορίζονται τα απαιτούμενα διορθωτικά μέτρα όταν η παρακολούθηση υποδεικνύει ότι ένα κρίσιμο σημείο ελέγχου βρίσκεται εκτός ελέγχου.
- Προσδιορίζονται διαδικασίες για να επαληθεύεται ότι τα μέτρα που λαμβάνονται είναι πλήρη και λειτουργούν αποτελεσματικά.
- Προσδιορίζεται το πρόγραμμά τήρησης έγγραφων και αρχείων για να αποδεικνύεται η αποτελεσματικότητα της εφαρμογής των υγειονομικών μέτρων.
- Προσδιορίζεται το πρόγραμμά τήρησης αρχείου διάθεσης του χωνεμένου υπολείμματος με καταγραφή των ημερομηνιών, ποσοτήτων, στοιχείων φορέων παραλαβής κτλ

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι, στην περίπτωση που πραγματοποιείται οποιαδήποτε τροποποίηση σε προϊόν, σε διεργασία ή σε οιοδήποτε στάδιο της παραγωγής, της μεταποίησης, της αποθήκευσης ή της διανομής, ο φορέας λειτουργίας του έργου, θα πρέπει να επανεξετάζει τις διαδικασίες, να επιφέρει τις απαιτούμενες αλλαγές για περαιτέρω ενέργειες ή διορθώσεις.

Έτσι για την εξεταζόμενη μονάδα τα ΚΣΕ εντοπίζονται κυρίως στα ακόλουθα:

- Ως προς την ταυτοποίηση, συλλογή μεταφορά και μεταφόρτωση αποθήκευση των πρώτων υλών
- Ως προς την μέθοδο μετασχηματισμού σε βιοαέριο και της αποτελεσματικότητα της διαδικασίας παστερίωσης για τα κατάλοιπα διάσπασης και συγκεκριμένα ως προς
 - α) το μέγιστο μέγεθος των σωματιδίων πριν από την εισαγωγή τους στη μονάδα παστερίωσης που πρέπει να είναι 12 mm·
 - β) την ελάχιστη θερμοκρασία του συνόλου του υλικού στη μονάδα παστερίωσης ,που πρέπει να είναι στους 70 °C· και
 - γ) τον ελάχιστος χρόνος αδιάκοπης παραμονής στη μονάδα παστερίωσης, που πρέπει να είναι για 60 λεπτά.
- Ως την εφαρμογή μέτρων για την αποτροπή κινδύνων επιμόλυνσης κατά την λειτουργία της μονάδας.

10.11.1.2 Μέτρα διασφάλισης υγείας κατά τη συλλογή μεταφορά και αποθήκευση α υλών

Στην εξεταζόμενη μονάδα γίνεται συστηματική παρακολούθηση και καταγραφή των ποσοτήτων όλων των εισερχόμενων πρώτων υλών ενώ παράλληλα τηρείται αρχείο, στο οποίο καταγράφονται: οι ποσότητες, τα χαρακτηριστικά, η προέλευση και το μέσο μεταφοράς αυτών. Το μητρώο διατηρείται επί τουλάχιστον τρία (3) έτη
Ειδικά σε ότι αφορά τα ΖΥΠ ισχύουν τα ακόλουθα ως προς την συλλογή και μεταφορά αυτών:

- Ο φορέας του έργου φροντίζει ώστε οι υπεύθυνοι των επιχειρήσεων/δραστηριοτήτων που παράγουν τα ζωικά υποπροϊόντα και τα παράγωγα προϊόντα (που αποτελούν πρώτη ύλη της μονάδας παραγωγής βιοαερίου) κατά την μεταφορά των ΖΥΠ προς την μονάδα βιοαερίου να τα συλλέγουν, και να τα μεταφέρουν χωρίς αδικαιολόγητη καθυστέρηση, υπό συνθήκες οι οποίες αποκλείουν τυχόν κινδύνους που

ενδέχεται να παρουσιαστούν για τη δημόσια υγεία ενώ στην περίπτωση που δεν τηρούνται τα ανωτέρω δεν παραλαμβάνονται από τη μονάδα.

- Τα οχήματα και οι επαναχρησιμοποιούμενοι περιέκτες, καθώς και όλα τα επαναχρησιμοποιούμενα στοιχεία του εξοπλισμού ή των συσκευών που έρχονται σε επαφή με ζωικά υποπροϊόντα τηρούνται διαδικασίες ώστε να διατηρούνται καθαρά. Ειδικότερα, για να αποφεύγεται η διασταυρούμενη επιμόλυνση, ο φορέας της δραστηριότητας της MB φροντίζει να καθαρίζονται, να πλένονται και/ή να απολυμαίνοντας έπειτα από κάθε χρήση στον βαθμό που είναι αναγκαίο για την πρόληψη διασταυρούμενης επιμόλυνσης κατά την επαναχρησιμοποίηση αυτών
- Το πλύσιμο των οχημάτων μεταφοράς των ζωικών υποπροϊόντων ή των παράγωγων προϊόντων γίνεται αποκλειστικά σε κατάλληλα διαμορφωμένο χώρο εντός της μονάδας και με κατάλληλα απολυμαντικά. Ο χώρος αυτός έχει προβλεφθεί να βρίσκεται σε ανεξάρτητο κλειστό χώρο εντός του κτιρίου ώστε να αποτρέπεται ο κίνδυνος επιμόλυνσης επεξεργασμένων προϊόντων. Μετα την πλύση εκδίδεται σχετικό έγγραφο.
- Σε ότι αφορά τα ζωικά υποπροϊόντα προγραμματίζεται ώστε να μετασχηματίζονται το ταχύτερο δυνατό μετά την άφιξή τους στη μονάδα παραγωγής βιοαερίου, ενώ ο φορέας της δραστηριότητας μεριμνά ώστε να αποθηκεύονται στον ειδικά διαμορφωμένο χώρο και υπό κατάλληλες συνθήκες μέχρι να υποβληθούν σε επεξεργασία.
- Ελέγχεται συστηματικά ότι κατά τη μεταφορά και την αποθήκευση, η ετικέτα που επιτίθεται στη συσκευασία, στον περιέκτη ή στο όχημα ότι α) αναφέρει σαφώς την κατηγορία των ζωικών υποπροϊόντων ή των παράγωγων προϊόντων και β) φέρει εμφανώς και ευκρινώς στη συσκευασία, στον περιέκτη ή στο όχημα, την ένδειξη που απαιτείται κατά περίπτωση σύμφωνα (ΕΚ) με αριθ. 142/2011).
- Ελέγχεται ότι η μεταφορά, των ζωικών υποπροϊόντων συνοδεύεται πάντα από εμπορικό έγγραφο σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία. Το εμπορικό έγγραφο συντάσσεται τουλάχιστον εις τριπλούν (ένα πρωτότυπο και δύο αντίγραφα). Το πρωτότυπο συνοδεύει την αποστολή μέχρι τον τελικό προορισμό της. Ο παραλήπτης φυλάσσει το εν λόγω έγγραφο. Ο παραγωγός κρατά το ένα αντίγραφο και ο μεταφορέας το άλλο Τα συναφή εμπορικά έγγραφα φυλάσσονται για διάστημα τουλάχιστον δύο (2) ετών

10.11.1.3 Μέτρα διασφάλισης του βαθμού παστερίωσης των ΖΥΠ και παραγωγών προϊόντων

Όπως αναφέρθηκε ανωτέρω και σύμφωνα με το σχεδιασμό του εξεταζόμενου έργου προβλέπεται στην παραγωγική διαδικασία η λειτουργία μονάδας παστερίωσης/εξυγίανσης για εκμηδένιση μολυσματικών παραμέτρων κατά διαχείριση ΖΥΠ.

Έτσι τα ΖΥΠ κατηγορίας 2 και 3 (εκτός της κοπριάς) που χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη στη μονάδα παραγωγής και εισέρχονται στο σύστημα παστερίωσης υπόκειται απαραίτητως στις ακόλουθες ελάχιστες απαιτήσεις:

- α) μέγιστο μέγεθος των σωματιδίων πριν από την εισαγωγή τους στη μονάδα: 12 mm,
- β) ελάχιστη θερμοκρασία του συνόλου του υλικού στη μονάδα: 70 °C και
- γ) ελάχιστος χρόνος αδιάκοπης παραμονής στη μονάδα: 60 λεπτά

Το σύστημα παστερίωσης/εξυγίανσης που έχει εγκατασταθεί στην εξεταζόμενη μονάδα βιοαερίου διαθέτει:

- α) όργανα εγκαταστάσεις ώστε να παρακολουθείται ότι θερμοκρασία 70 °C επιτυγχάνεται εντός μίας ώρας·
- β) συσκευές καταγραφής που καταγράφουν συνεχώς τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρακολούθησης και

γ) κατάλληλο σύστημα ασφαλείας για την πρόληψη ανεπαρκούς θέρμανσης.

Επίσης ο φορέας του έργου για την επαλήθευση της αποτελεσματικότητας της διαδικασίας παστερίωσης κάνει χρήση εξωτερικού διαπιστευμένου εργαστηρίου. Έτσι λαμβάνονται αντιπροσωπευτικά δείγματα των καταλοίπων διάσπασης (και προϊόντων προς χρήση εδαφοβελτιωτικού) προκειμένου να ελεγχθεί η διεργασία. Στην περίπτωση που τα κατάλοιπα διάσπασης δεν συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις της νομοθεσίας, επανεισάγονται στον βιοαντηδραστήρα ενώ στην περίπτωση εντοπισμού σαλμονέλας, ο χειρισμός ή η απόρριψή τους γίνεται σύμφωνα με τις οδηγίες της αρμόδιας κτηνιατρικής αρχής

10.11.1.4 Μέτρα αποτροπής κινδύνων επιμόλυνσης

Γενικώς σε τέτοιες εγκαταστάσεις πρέπει να λαμβάνονται, συστηματικά, προληπτικά μέτρα κατά των πτηνών, των τρωκτικών, των εντόμων ή άλλων παρασίτων.

Η εξεταζόμενη εταιρεία εφαρμόζει επαρκείς διαδικασίες για να διασφαλιστεί ότι ελέγχονται τα έντομα και τα άλλα επιβλαβή ζώα ή πτηνά εντός του χώρου των εγκαταστάσεων της μονάδας. Σημειώνεται ότι οι χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση τους είναι γενικώς επικίνδυνες για τον άνθρωπο και απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή και εξειδικευμένη γνώση για τη χρησιμοποίησή τους. Έτσι η εν λόγω εταιρεία για τον σκοπό αυτό, εφαρμόζει τεκμηριωμένο πρόγραμμα καταπολέμησης των παρασίτων που περιλαμβάνει:

A) Πρόγραμμα καθαρισμού και απολύμανσης το οποίο πραγματοποιείται με προσδιορισμένη συχνότητα σε όλους τους χώρους, τον εξοπλισμό με την τήρηση σχετικού αρχείου.

B) Πρόγραμμα καταπολέμησης τρωκτικών και εντόμων με κατάλληλα και εγκεκριμένα σκευάσματα, ικανοποιητικής κάλυψης του χώρου, με παράλληλη καταγραφή των ευρημάτων και τήρηση του σχετικού αρχείου.

Σημειώνεται ότι η λειτουργία της μονάδας πραγματοποιείται αποκλειστικά σε κλειστά κυκλώματα σωληνώσεων και κλειστές δεξαμενές με τη χρήση συστημάτων αυτόματου ελέγχου, ενώ βάσει σχεδιασμού της μονάδας όλο το σύστημα μεταφοράς αποθήκευσης παραγωγής βιοαερίου – επεξεργασίας αποβλήτων είναι εξολοκλήρου κλειστό και πλήρως αυτοματοποιημένο μέσω συστήματος SCADA, όποτε ανθρώπινη ανάγκη για χειρωνακτική εργασία είναι περιορισμένη και έτσι εκμηδενίζεται κάθε πιθανότητα μετάδοσης μολυσματικών φαινομένων στους εργαζομένους της.

10.11.2 Μέτρα προστασίας περιβάλλοντος και ασφάλειας εργαζομένων

Μέτρα προστασίας περιβάλλοντος Κατά την φάση λειτουργίας της εν λόγω μονάδας έχουν ληφθεί μετρά και οροί ώστε να διασφαλίζεται η προστασία του περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα ο φορέας του εξεταζόμενου έργου μεριμνάει ώστε να υλοποιούνται τα παρακάτω:

- Οι προβλεπόμενες μετρήσεις εκπομπών στην ατμόσφαιρα όπως ορίζονται από την κείμενη νομοθεσία, σε συνθήκες πλήρους λειτουργίας του σταθμού και τήρηση αρχείου με τα αποτελέσματα των μετρήσεων σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία.
- Να γίνεται συστηματικός έλεγχος και συντήρηση των εγκαταστάσεων, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία και τις προδιαγραφές του κατασκευαστή τους. Εφαρμογή και τήρηση σχετικού αρχείου για κάθε εργασία συντήρησης – ρύθμισης μηχανολογικού εξοπλισμού.

- Τυχόν χρησιμοποιημένα ορυκτέλαια, λιπαντικά έλαια, πετρελαιοειδή κτλ., που πιθανώς προκύψουν από τη λειτουργία, επισκευή και συντήρηση του εξοπλισμού της δραστηριότητας, συλλέγονται σε ειδικά δοχεία και διατίθενται σε επιχειρήσεις που διαθέτουν σχετική άδεια συλλογής, προσωρινής αποθήκευσης σύμφωνα με τις σχετικές συμβάσεις που διαθέτει ο φορέας
- Απόβλητα είδη Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) της δραστηριότητας διαχειρίζονται σύμφωνα με τις προβλέψεις της ΚΥΑ 23615/651/Ε.103/2014 (ΦΕΚ 1184/Β/2014).
- Υπολείμματα πλαστικών υλών, διάφορα υλικά συσκευασιών και πάσης φύσεως περιέκτες (πλαστικές ταινίες, χαρτοκιβώτια, κουτιά, τσουβάλια, σακούλες, βαρέλια κλπ.) συλλέγονται και παραδίδονται σε ειδικά αδειοδοτημένες επιχειρήσεις προς αξιοποίηση, μέσω εγκεκριμένων συστημάτων εναλλακτικής διαχείρισης, σύμφωνα με τις διατάξεις του Ν. 2939/2001 (ΦΕΚ 179/Α/2001), όπως ισχύει.

Μέτρα ασφάλειας εργαζομένων στη μονάδα

Κατά την φάση λειτουργίας της εν λόγω μονάδας έχουν ληφθεί μετρά ώστε να προλαμβάνονται και να εκμηδενίζονται τυχόν ατυχήματα. Συγκεκριμένα:

- Έχει εγκατασταθεί και να λειτουργεί αυτόματο σύστημα πυρόσβεσης και έχουν ληφθεί τα απαραίτητα μέτρα πυροπροστασίας για την προστασία των ανθρώπων και του φυσικού περιβάλλοντος, σύμφωνα με τις υποδείξεις και την έγκριση της αρμόδιας Πυροσβεστικής Υπηρεσίας.
- Έχει εγκατασταθεί και λειτουργεί σύστημα ανίχνευσης διαρροών βιοαερίου.
- Οι εγκαταστάσεις του σταθμού επιθεωρούνται και συντηρούνται ανά τακτά χρονικά διαστήματα και τηρούνται σχετικά αρχεία επιθεωρήσεων. Ιδιαίτερη έμφαση δίδεται στον πυρσό καύσης του σταθμού και στο σύστημα αντικεραυνικής προστασίας.
- Πραγματοποιείται τακτικός και έγκαιρος καθαρισμός της έκτασης της δραστηριότητας με αποψίλωση της ξηρής βλάστησης και απομάκρυνση τυχόν σκουπιδιών, για τη μείωση του κινδύνου πυρκαγιάς, όπου αυτό κρίνεται απαραίτητο.
- Υπάρχει περίφραξη και κατάλληλη σήμανση του χώρου των επικίνδυνων εγκαταστάσεων που να απαγορεύουν την είσοδο του κοινού.
- Εφαρμογή όλων των απαιτούμενων κανόνων υγιεινής και ασφάλειας του προσωπικού της (πχ προβλεπόμενοι εμβολιασμοί , χρήση ειδικής στολής , μάσκων, γαντιών κτλ) ειδικά για τους εργαζόμενους που βρίσκονται στο χώρο προ επεξεργασίας αποβλήτων εισόδου.

11 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με την πάροδο του χρόνου, η αξιοποίηση του βιοαερίου ως καυσίμου για την παραγωγή "πράσινης ενέργειας" έχει αποδειχθεί εξαιρετικά επωφελής. Η συνεχή ανάπτυξη της τεχνολογίας και η αύξηση της ευαισθητοποίησης για τις περιβαλλοντικές προκλήσεις έχουν ενθαρρύνει τη χρήση αυτής της αειφόρου πηγής ενέργειας.

Η αξιοποίηση του βιοαερίου βοηθά στη μείωση των εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων (ΠΟΕ) που συντελούν στη δημιουργία όζοντος και αιθαλομίχλης που εκπέμπονται από άλλες πηγές καύσης, όπως οι κλασικές θερμοηλεκτρικές και βιομηχανικές μονάδες. Οι ΠΟΕ είναι σημαντικοί παράγοντες για το σχηματισμό του όζοντος και της αιθαλομίχλης, καθώς συνεισφέρουν στη δημιουργία ατμοσφαιρικών ρύπων.

Η συνεχή αύξηση των τιμών των ορυκτών καυσίμων και η ανάγκη για περισσότερη ενεργειακή αυτάρκεια έχουν καταστήσει τη χρήση του βιοαερίου ακόμα πιο επωφελή. Αυτή η ανανεώσιμη πηγή ενέργειας μπορεί να συμβάλλει στην εξοικονόμηση των ορυκτών καυσίμων, προσφέροντας μια βιώσιμη εναλλακτική λύση. Η παραγωγή ενέργειας από βιοαέριο μειώνει την εξάρτησή μας από τα πετρελαϊκά και φυσικά αέρια, τα οποία είναι πεπερασμένοι πόροι. Επιπλέον, η αξιοποίηση του βιοαερίου δημιουργεί θέσεις εργασίας στην ανανεώσιμη ενέργεια και την αγροτική βιομηχανία. Οι μονάδες παραγωγής βιοαερίου απαιτούν τεχνικούς, εργάτες και διαχειριστές, δημιουργώντας οικονομική ανάπτυξη και ευκαιρίες για την τοπική κοινότητα.

Επίσης, η αξιοποίηση του βιοαερίου συμβάλλει διπλά στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, καθώς αφενός η καύση του παράγει λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα σε σύγκριση με άλλα συμβατικά καύσιμα, αλλά και αφετέρου αξιοποιείται ενεργειακά το μεθάνιο που θα απελευθερωνόταν στην ατμόσφαιρα κατά την βιοδιάσπαση των οργανικών των αποβλήτων, το οποίο μάλιστα έχει πολύ μεγαλύτερη δυνατότητα θέρμανσης από το διοξείδιο του άνθρακα. Μπορεί η ανησυχία για την κλιματική αλλαγή επικεντρώνεται κυρίως στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), αλλά δεν πρέπει να αγνοούμε τη σημασία των εκπομπών μεθανίου (CH₄) κατά τη διάσπαση των οργανικών υλικών. Περίπου το 17% του φαινομένου του θερμοκηπίου οφείλεται στο μεθάνιο, το οποίο είναι 21 φορές πιο επιβλαβές από το CO₂, σύμφωνα με την IPCC. Σημειώνεται ότι οι κύριες πηγές ανθρωπογενούς μεθανίου περιλαμβάνουν τη γεωργία, την κτηνοτροφία, τις παράνομες χωματερές. Επομένως, είναι σημαντικό να προσπαθήσουμε να μειώσουμε αυτές τις εκπομπές μεθανίου από τις ανθρωπογενείς πηγές και να το μετατρέψουμε σε χρήσιμη ενέργεια ή προϊόντα.

Επίσης, η χρήση του βιοαερίου ως πηγή ενέργειας προάγει την ανεξαρτησία και την ενεργειακή αυτάρκεια των κοινοτήτων. Μειώνει την εξάρτηση από εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα και διασφαλίζει μια βιώσιμη και αειφορική πηγή ενέργειας που μπορεί να εξυπηρετεί τις ανάγκες της κοινότητας. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε απομακρυσμένες περιοχές ή σε αγροτικές περιοχές που δυσκολεύονται να έχουν πρόσβαση σε κεντρικά δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας.

Επιπλέον, η αξιοποίηση του βιοαερίου δημιουργεί οικονομικές ευκαιρίες και θέσεις εργασίας, ενισχύοντας την τοπική ανάπτυξη και την αγροτική βιομηχανία. Τα απόβλητα και απορρίμματα που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοαερίου αποκτούν νέα αξία, συμβάλλοντας έτσι στην αειφορία και την αποφυγή περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Ένα επίσης πλεονέκτημα της παραγωγής βιοαερίου συγκρινόμενο ακόμα και με άλλα βιοκαύσιμα είναι ότι για να γίνει η διεργασία της ΑΧ χρειάζεται μικρή ποσότητα νερού. Αυτή η πτυχή είναι τόσο σημαντική όσο η ενεργειακή

αποδοτικότητα του βιοαερίου, λόγω των αναμενόμενων μελλοντικών ελλείψεων ύδατος σε πολλές περιοχές του κόσμου.

Ιδιαίτερη έμφαση και προτεραιότητα θα πρέπει να δοθεί στην διαχείριση των κτηνοτροφικών αποβλήτων μέσω της ΑΧ καθώς συντελεί στη μείωση των υγειονομικών κινδύνων που σχετίζονται με τη ανεξέλεγκτη απόρριψη αυτών αλλά και της εξάλειψης των σημαντικών προβλημάτων περιβαλλοντικής ρύπανσης που αυτά δημιουργούν. Σημειώνεται ότι η μη ορθολογική διαχείριση των κτηνοτροφικών- γεωργικών αποβλήτων έχει ως αποτέλεσμα τη ρύπανση του εδάφους και του υδροφόρου ορίζοντα.

Επιπλέον η διαδικασία της ΑΧ βιοαποβλήτων παρέχει τη δυνατότητα να παραχθεί «άριστο» εδαφοβελτιωτικό - οργανικό λίπασμα από το εξερχόμενο υπόλειμμα διάσπασης της αναερόβιας χώνευσης. Το κομπόστ, η χωνευμένη βιομάζα, αποτελεί ένα πολύτιμο λίπασμα και εδαφοβελτιωτικό που περιέχει υψηλές ποσότητες θρεπτικών συστατικών, όπως άζωτο, φώσφορο, κάλιο και άλλα θρεπτικά στοιχεία. Το παραγόμενο κομπόστ μπορεί να εφαρμοστεί στα εδάφη χρησιμοποιώντας τον συνηθισμένο εξοπλισμό που χρησιμοποιείται για την εφαρμογή υγρών ή στερεών λιπασμάτων. Σε σύγκριση με την ακατέργαστη κοπριά, το κομπόστ έχει αυξημένη αποδοτικότητα ως λίπασμα, λόγω της ομοιογένειας της σύστασής του και της υψηλότερης διαθεσιμότητας των θρεπτικών συστατικών. Επιπλέον, έχει βελτιωμένη αναλογία C/N και παρουσιάζει ελάχιστη οσμή. Η παραγωγή βιοαερίου μπορεί επίσης να ενσωματωθεί αποτελεσματικά στη συμβατική και βιολογική γεωργία, με το κομπόστ να αντικαθιστά τα λιπάσματα που παράγονται μέσω της καύσης ορυκτών καυσίμων, τα οποία απαιτούν μεγάλη κατανάλωση ενέργειας.

Η χρήση του κομπόστ ως λίπασμα συμβάλλει στη βελτίωση της κτηνιατρικής ασφάλειας σε σύγκριση με τη χρήση αχώνευτων κοπριών καθώς μέσω της αναπτυσσόμενης θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της ΑΧ , επιτυγχάνεται η απενεργοποίηση των παθογόνων μικροοργανισμών και ζιζανίων που ενδέχεται να περιέχονται στα αρχικά υλικά,. Επιπλέον, η παστερίωση και η αποστείρωση υπό πίεση μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρόσθετα μέτρα αποτροπής της μετάδοσης ασθενειών. Όλα αυτά τα μέτρα βοηθούν στη βελτίωση της ασφάλειας χρήσης του κομπόστ και εξασφαλίζουν ότι οι προϊόντα και τα εδάφη που λαμβάνουν το κομπόστ είναι απαλλαγμένα από πιθανούς μικροβιακούς κινδύνους.

Μάλιστα σε πολλές περιπτώσεις MB συστήνεται η προσθήκη ενός επιπρόσθετου σταδίου κομποστοποίησης (αερόβια διαδικασία). Με αυτόν το τρόπο το παραγόμενο τελικό προϊόν είναι πολλαπλώς βελτιωμένο συγκριτικά με αυτό που βγαίνει μόνο από το στάδιο της ΑΧ καθώς φέρει δύο φάσεις επεξεργασίας (αναερόβια και αερόβια) και μπορεί να αντικαταστήσει πληθώρα επιβλαβών χημικών λιπασμάτων.

Επιπλέον η παραγωγή και χρήση του βιοαερίου έχει θετικές επιδράσεις στο σύνολο της Ευρωπαϊκή Ένωση, καθώς συμβάλλει στην επίτευξη των στόχων της στην ενέργεια, στην κυκλική οικονομία αλλά και στο περιβάλλον με δεδομένου ότι επιτυγχάνεται μείωση των αποβλήτων που καταλήγουν στους ΧΥΤΥ.

Αναφορικά για την Ελλάδα, η λειτουργία MB πέρα από τα περιβαλλοντικά – ενεργειακά ωφέληματα που θα προσδίδε, αναμφισβήτητα θα συνέβαλλε στη μείωση ή απαλλαγή προστίμων από τη μη συμμόρφωση της στους στόχους και στις πολιτικές της ΕΕ στο τομέα διαχείρισης αποβλήτων.

Στην Ελλάδα δυστυχώς όμως απουσιάζει ειδική νομοθεσία που να αφορά αποκλειστικά την ανάπτυξη μονάδων παραγωγής βιοαερίου, είτε σε μικρή είτε σε μεγάλη κλίμακα. Η προώθηση αυτών των έργων και η εκμετάλλευση του βιοαερίου εμπίπτει κυρίως στο γενικό πλαίσιο της νομοθεσίας για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) και στην ελληνική περιβαλλοντική πολιτική για τη διαχείριση των αποβλήτων. Μάλιστα ειδικά σε ότι αφορά την

παραγωγή βιομεθανίου και τη έκχυση του στα δίκτυα φυσικού αερίου η Ελλάδα βρίσκεται σε διαδικασία αξιολόγησης και ανταλλαγής απόψεων μεταξύ των ενδιαφερόμενων φορέων, των ειδικευμένων επιστημόνων και των αρμόδιων αρχών, για την ανάπτυξη του πρώτου νομού- πλαισίου παραγωγής ενέργειας από βιομεθάνιο και υδρογόνο.

Η έλλειψη χωροθετικού σχεδιασμού στην Ελλάδα, δηλαδή η έλλειψη καθορισμού συγκεκριμένων περιοχών για την εγκατάσταση μονάδων παραγωγής βιοαερίου, αποτελεί ένα ακόμα εμπόδιο στους επενδυτές δημιουργώντας αβεβαιότητα και ανασφάλεια για τις επενδύσεις τους. Επιπλέον, οι διαδικασίες αδειοδότησης ΜΒ στην Ελλάδα είναι πολύπλοκες, γραφειοκρατικές και χρονοβόρες, οδηγώντας τους επενδυτές σε μεγάλες καθυστερήσεις και αυξημένο χρόνο - κόστος απόσβεσης. Όλα αυτά τα εμπόδια συμβάλλουν στον αποθαρρυντικό παράγοντα για τους επενδυτές να αναπτύξουν μονάδες παραγωγής βιοαερίου στην Ελλάδα. Επομένως, η ανάπτυξη συγκεκριμένης χωροθέτησης και η απλοποίηση των διαδικασιών αδειοδότησης θεωρούνται μείζον σημασίας για να μπορέσει τελικά η Ελλάδα να δημιουργήσει ένα ευνοϊκό περιβάλλον για την παραγωγή πράσινης ενέργειας από βιοαποβλήτα.

Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί ότι η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως το βιοαέριο, μπορεί να έχει θετικές επιπτώσεις στον τουρισμό. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για περιοχές όπως η Κρήτη και η Ελλάδα συνολικά, καθώς η μετάβαση σε "πράσινη" ενέργεια μπορεί να λειτουργήσει ως διαφημιστικό μέσο και να προσελκύσει περισσότερους τουρίστες.

Οι αξιολογημένες και αποδεδειγμένα αποτελεσματικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται σε προηγμένες χώρες πρέπει να αποτελούν τον κατευθυντήριο παράγοντα για τη διαχείριση των αποβλήτων στην Ελλάδα, αντί για τις ξεπερασμένες τεχνολογίες όπως οι χώροι υγειονομικής ταφής.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση

Al Seadi, T.; Holm Nielsen J., (2004). Utilisation of waste from food and agriculture: Solid waste: Assessment, Monitoring, and Remediation. Waste management series 4.ELSEVIER ISBN 0080443214.
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.
Al Seadi, T., (2010). Utilisation of digestate as fertiliser- a common practice in Denmark. Task 37 Energy from Biogas workshop and Working Group Meeting. Agentschap NL 5211 RS s’Hertogenbosch Netherlands
Bitton G., (2005). Anaerobic digestion of wastewater and sludge, In: Wastewater microbiology. Wiley series in ecological and applied microbiology, John Wiley & Sons, Inc., New York, p. 229-245
Hansen T.L., Svärd Å, Angelidaki I., Schmidt J.E, Jansen J., Christensen T.H. (2003). Chemical characteristics and methane potentials of source-separated and pre-treated organic municipal solid waste. Water Sci Technol 1 August 2003; 48 (4): 205–208.
Hansen, C.L., Hansen, K.S. (2005). Induced Sludge Bed Anaerobic Reactor. US Patent 6,911,149, fig. 5
Haug, R., (1993). The Practical Handbook of Compost Engineering.
Hjort-Gregersen, K. (1998). Danish Farm Scale Biogas Concepts - at the point of commercial break trough. Proceedings of the International Conference Würzburg, Germany: Biomass for Energy and Industry,8-11 June 1998 Danish Institute of Agricultural and Fisheries Economics
Kangle K. M., Kore S. V., Kore V. S., Kulkarni G. S. (2012). Recent Trends in Anaerobic Codigestion. A Review Universal Journal of Environmental Research and 94 Technology Volume 2, Issue 4: 210-219
Khan, M. U., Lee, J. T. E., Bashir, M. A., Dissanayake, P. D., Ok, Y. S., Tong, Y. W., Shariati, M. A., Wu, S., & Ahring, B. K. (2021). Current status of biogas upgrading for direct biomethane use: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 149, 111343. https://doi.org/10.1016/J.RSER.2021.111343
Kiener, A. & Leisinger, T., (1983). Oxygen sensitivity of methanogenic bacteria. Systematic and Applied Microbiology, 4 (3), pp. 305-312
Lee, D.H., Behera, S.K., Kim, J., Park, H.S., (2009). Methane production potential of leachate generated from Korean food waste recycling facilities: a lab scale study. Waste Manag 29:876–882
Liangcheng, Y., Xumeng, G., Caixia W., Fei Y., Yebo L., (2014). Progress and perspectives in converting biogas to transportation fuels. Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 40, December 2014, Pages 1133-1152
Mathew, A.K., Bhui, I., Banerjee, S.N., Goswami, R., Shome, A., Chakraborty, A.K.,Balachandran, S., Chaudhury, S., (2014): Biogas production from locally available aquatic weeds of Santiniketan through anaerobic digestion. Clean Technol Environ Policy. doi:10.1007/s10098-014-0877-6

Merrild, H., Larsen, A. W., and Christensen, T., (2012). Assessing recycling versus incineration of key materials in municipal waste. The importance of efficient energy recovery and transport distances. Waste Management. pp. 1009–1018
REnInvest Group (2012) , Βιοαέριο- Μια σημαντική εναλλακτική μορφή ενέργειας , Πτολεμαίδα
Rink, R., & Kamp, M., and Willson, G. &Singley, M. & Richard, Tom & Kolega, J. & Gouin, F. &Laliberty, L. & Kay, David & Murphy, D. &Hoitink, H. & Brinton, Will., (1992). On-Farm Composting Handbook.
Rittmann B. E., and McCarty P. L., (2001). Enviromental biotechnology: principles and applications. ISBN: 9781260440591
Rutz, D., Mergner, R., Janssen, R., (2015). Sustainable heat use of biogas plant. A handbook 2nd edition. WIP Renewable Energies, Munich, Germany.
Sioulas, K., Teodorita A.S., Dominik, R., Heinz, P., Kottner, M., Tobias, F., Silke, V., Rainer, J., (2009). Biogas Handbook.
Trautmann, N., and Krasny, M., (2014). Scientific Inquiry for High School Students Composting in the Classroom
Vlyssides, A., Mai, S. and Barampouti, E.M. (2015). Energy Generation Potential in Greece from Agricultural Residues and Livestock Manure by Anaerobic Digestion Technology. Waste and Biomass Valorization, Vlyssides, A., Mai, S. and Barampouti, E.M. (2015) Energy Generation Potential in Greece from Agricultural Residues and Livestock Manure by Anaerobic Digestion Technology. Waste and Biomass Valorization, 6, 747-757.
Vögel, Y., Lohri, C.R., Gallardo, A., Diener, S., & Zurbrügg, C., (2014). Anaerobic Digestion of Biowaste in Developing Countries: Practical Information and Case Studies. Dübendorf, Switzerland: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag).

Ελληνική

Βλυσίδης, Α., (2007). Χαρακτηριστικά αστικών λυμάτων. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
Γεωργακάκης Δ., (1998). Επεξεργασία και Διάθεση Αποβλήτων Γεωργοκτηνοτροφικών Μονάδων και Βιομηχανιών. Πανεπιστημιακές Παραδόσεις, ΓΠΑ.
Γεωργακάκης, Δ., (2003). Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων-Στερεά Γεωργικά Απόβλητα - Τόμος Γ'. Πάτρα: Εκδόσεις Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
Γιακουμέλος, Λ., (2012).Διπλωματική Εργασία Τεχνολογίες Παραγωγής και Αξιοποίησης του Βιοαερίου (ΚΑΠΕ) Πρέβεζα
Ζαριφίδη Κ., (2017). Διπλωματική Εργασία Μελέτη της αναερόβιας χώνευσης κυτταρινούχων υπολειμμάτων σιταριού και ρυζιού διερευνώντας την επίδραση της μηχανικής και βιολογικής προεπεξεργασίας.
Ζαφείρης, Χ., (2010). Αναβάθμιση Βιοαερίου σε Βιομεθάνιο, Χρήση σαν Καύσιμο Μεταφορών ή Έγχυσή του στο Δίκτυο του Φυσικού Αερίου. Αθήνα
Ζαφείρης, Χ., (2019). Η συμβολή του Βιομεθανίου σε Βιοβάσιμες μεταφορές και δίκτυα αερίων. Biomass day 2019 .Αθήνα

Ιωαννίδης, Π., (2021). Διπλωματική Εργασία Αντιδραστήρες παραγωγής βιοαερίου και επεξεργασία αναβάθμισής του με απομάκρυνση υδρόθειου, αμμωνίας, σιλοξανών και υγρασίας
Καλογερόπουλος, Κ., (2018). Διπλωματική Εργασία Αναερόβια Χώνευση προξηραμένων υπολειμμάτων τροφών σε πιλοτικής κλίμακας Περιοδικό Αναερόβιο Αντιδραστήρα με Ανακλαστήρες (PABR)
Καραμανλής, Ξ.(2021). ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ- ΤΜΗΜΑ ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΗΣ, Α.Π.Θ. http://ecoenvir.vet.auth.gr/?page_id=15
Κερατίωτης, Χ.,(2017). Διπλωματική Εργασία Διαχείριση Κτηνοτροφικών Αποβλήτων στην Περιφέρεια Κρήτης
Κωτσόπουλος, Θ., (2005). Διδακτορική Διατριβή Αύξηση της Ενεργειακής Απόδοσης των Λυμάτων Χοιροστασίου με την Προσθήκη Ζεολίθου για Παραγωγή Βιοαερίου στο Θερμόφιλο Εύρος. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
Μακρίδη, Λ., Μαρδάνη, Γ., (2019). Διπλωματική Εργασία ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ
Μαρκοπούλου, Α., (2018). Διπλωματική Εργασία Σύγκριση κόστους παραγωγής Ηλεκτρικού Ρεύματος από λιγνίτη και ΑΠΕ σε συνδυασμό με την αντλησιοταμίευση
Μαρτζόπουλος, Γ. Γ., (1998). Εκμηχάνιση κτηνοτροφικών μονάδων και διαχείριση λυμάτων. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσ/νίκης. Τμήμα εκδόσεων, Πανεπιστημιακό Τυπογραφείο, Θεσσαλονίκη
Μουκάζης, Ι., (2017). Διπλωματική Εργασία Επεξεργασία στέρεων υπολειμμάτων σφαγείου με χρήση αναερόβιας χώνευσης
Μπουσκούτας, Χ.,(2017). Διπλωματική Εργασία Τεχνο-οικονομική μελέτη μονάδας παραγωγής ενέργειας από βιοαέριο σε κτηνοτροφική μονάδα
Παπαζηλάκης, Χ., (2013). Διπλωματική Εργασία Τεχνο-οικονομική μελέτη για μονάδα παραγωγής βιοαερίου σε αγελαδοτροφική μονάδα
Παραλικά, Μ.,(2018). Διαχείριση Στερέων Αποβλήτων και Ανακύκλωση. Κεφ.6:Εργα απαγωγής βιοαερίου από ΧΥΤΑ, σελ 96-118, ΤΕΙ Αθηνas
Φιλίππου, Π., (2012).Μεταπτυχιακή διατριβη Παραγωγή βιοαερίου από εκχύλισμα ημικομποστοποιημένων στερεών πτηνοτροφικών αποβλήτων με τυρόγαλα στη μεσόφιλη περιοχή. Τεχνο-οικονομική διερεύνηση εφαρμογής των αποτελεσμάτων σε τυροκομείο στην Αργολίδα
Φουρκιώτης, Η.,(2014) Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας και θερμότητας μέσω της Αναερόβιας Χώνευσης κτηνοτροφικών απορριμμάτων / υπολειμμάτων
Χρυσογιάννη, Μ., (2019). Διπλωματική Εργασία Παραγωγή βιοαερίου από βιομάζα και αναβάθμιση προς βιομεθάνιο. Διεύρυνση χρήσης του παραγόμενου βιομεθανίου ως καυσίμου μεταφορών ή σύνδεσής του στο δίκτυο φυσικού αερίου στο Ν. Πιερίας

Πηγές Διαδικτύου

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=SWD:2022:254:FIN>

www.agroenergy.gr

<https://ypen.gov.gr/diacheirisi-apovliton/sterea-apovlita/>

<https://habio.gr/>

<https://www.statistics.gr>

<https://en.wikipedia.org>

(<http://portal.tee.gr>)

(<http://www.envima.gr>)

<http://www.minagric.gr/>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ – ΕΘΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Νομοθεσία για ΖΥΠ

Ευρωπαϊκό Κοινοτικό Πλαίσιο

- **Κανονισμός (ΕΚ) 1069/2009 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 21^{ης} Οκτωβρίου 2009**, ο οποίος αφορά τους υγειονομικούς κανόνες για τα ζωικά υποπροϊόντα και τα παράγωγα προϊόντων, τα οποία δεν προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο. Ο εν λόγω κανονισμός κατέργησε τον κανονισμό (ΕΚ) αριθμ. 1774/2002 (κανονισμός για τα ζωικά υποπροϊόντα).
- **Κανονισμός 142/2011/ΕΕ**, ο οποίος αφορά την εφαρμογή του κανονισμού (ΕΚ) αριθμ. 1069/2009 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου περί υγειονομικών κανόνων για ζωικά υποπροϊόντα και παράγωγα προϊόντα, τα οποία δεν προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο. Ακόμη, στα πλαίσια του συγκεκριμένου κανονισμού εφαρμόζεται η Οδηγία 97/78/ΕΚ του Συμβουλίου αναφορικά με κάποια δείγματα και τεμάχια, τα οποία εξαιρούνται από κτηνιατρικούς ελέγχους στα σύνορα στα οποία αναφέρονται στα πλαίσια της Οδηγίας αυτής.
- **Κανονισμός 999/2001/ΕΚ**, ο οποίος αφορά τη θέσπιση κανόνων πρόληψης, καταπολέμησης και εξάλειψης ορισμένων μεταδοτικών σπογγωδών εγκεφαλοπαθειών.
- **Κανονισμός 625/2017/ΕΕ**, ο οποίος αφορά τους επίσημους ελέγχους, καθώς και τις υπόλοιπες επίσημες δραστηριότητες, οι οποίες λαμβάνουν χώρα, προκειμένου να υπάρξει εξασφάλιση της εφαρμογής της νομοθεσίας για τα τρόφιμα, τις ζωοτροφές, αλλά και των κανόνων που αφορούν την υγεία και την καλή μεταχείριση των ζώων.
- Η **Οδηγία 91/676/ΕΚ** θεσπίζει το όριο διάθεσης αζωτούχων λιπασμάτων σε εδάφη για την αποφυγή της νιτρορύπανσης. Σύμφωνα με αυτή, η μέγιστη επιτρεπόμενη ποσότητα αζώτου για λίπανση είναι 17 κιλά ανά στρέμμα (170 κιλά/εκτάριο).

Εθνική Νομοθεσία

- **ΥΑ 612/118658/23.05.2020 (ΦΕΚ Β' 1983/23.05.2020)**: Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη Υπουργική Απόφαση καθορίζονται οι ανάγκες των συμπληρωματικών μέτρων για την εφαρμογή των κανονισμών (ΕΚ) αριθμ. 1069/2009 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου (ΕΕ L 300, 14.11.2009, σ.1) και (ΕΕ) αριθ. 142/2011 της Επιτροπής (ΕΕ L 054, 26.2.2011, σ. 1).
- **Ν. 4235/2014 (ΦΕΚ Α' 32/11.02.2014)**: Ο Νόμος αυτός περιλαμβάνει διοικητικά μέτρα, διαδικασίες, όπως επίσης και κυρώσεις, οι οποίες αφορούν την εφαρμογή της νομοθεσίας, τόσο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όσο και της εθνικής, δίνοντας έμφαση στους τομείς των τροφίμων, των ζωοτροφών, καθώς και της υγείας και της προστασίας των ζώων και άλλες διατάξεις του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων.
- **Ν. 4801/2021 (ΦΕΚ Α'83/24.05.2021)**: Με τον συγκεκριμένο Νόμο υπήρξε τροποποίηση των άρθρων 3,22 και 23 του Ν. 4235/2014.
- **ΥΑ 434/82574/2015 (ΦΕΚ Β'1710/26.06.2015)**: Η συγκεκριμένη Υπουργική Απόφαση προσδιορίζει τους συντελεστές των κριτηρίων επιμέτρησης, τα οποία εφαρμόζονται προκειμένου να επιβληθούν διοικητικές κυρώσεις, όπως αυτές προβλέπονται στο άρθρο 23 του Ν. 4325/2014 (Α'32) στους τομείς τροφίμων, υγείας και προστασίας των ζώων και της διαχείρισης ζωικών υποπροϊόντων και παραγώγων προϊόντων αυτών.

- **N. 4351/2015 (ΦΕΚ Α' 164/04.12.2015):** Ο Νόμος αυτός αφορά τις βοσκήσιμες γαίες της Ελλάδος. Συγκεκριμένα, στο άρθρο 15 προσδιορίζεται το Εθνικό πρόγραμμα συλλογής και διαχείρισης νεκρών ζώων, ενώ στο άρθρο 17, προβλέπεται η δημιουργία ηλεκτρονικών βάσεων δεδομένων για τα τρόφιμα ζωικής προέλευσης, καθώς και για τα ζωικά υποπροϊόντα.
- **ΚΥΑ 486/325825/2021 (ΦΕΚ Β' 5453/25.11.2021):** Ουσιαστικά, η Κοινή αυτή Υπουργική Απόφαση, περιλαμβάνει το Εθνικό Πρόγραμμα Συλλογής και Διαχείρισης νεκρών ζώων (ΕΠΣΥΔ) του άρθρου 15 του Ν. 4351/2015 (Α' 164), ενώ προσδιορίζονται τα συμπληρωματικά μέτρα, τα οποία συνδέονται με τον αριθμ. Ε 1069/2009 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 21ης Οκτωβρίου 2009 (L300).
- **ΥΑ 1848/278812/08.10.2021 (ΦΕΚ Β' 4855/20.10.2021):** Πρόκειται για την Κώδικα Ορθής Γεωργικής Πρακτικής για την Προστασία των Νερών και τη Νιτρορύπανση Γεωργικής Προέλευσης.
- **Π.Δ. 265/1997 (ΦΕΚ Α' 192/29.09.1997):** Το άρθρο 2 του συγκεκριμένου Π.Δ. τροποποίησε το Π.Δ. 307/1990.

Εγκύκλιοι Ζωικών Υποπροϊόντων

Προκειμένου να υπάρξει ορθή εφαρμογή της ευρωπαϊκής, αλλά και της εθνικής νομοθεσίας, έχει εκδοθεί ένας μεγάλος αριθμός εγκυκλίων, οι οποίες και προβαίνουν στην ερμηνεία της σχετικής νομοθεσίας. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι εγκύκλιοι που βρίσκονται σε ισχύ και συνδέονται με την μεταφορά, την παραγωγή, τη διαχείριση, καθώς και το εμπόριο Ζωικών Υποπροϊόντων.

Παραγωγή ΖΥΠ

- Διαχείριση υπολειμμάτων κουζίνας τα οποία προέρχονται από αεροσκάφη, είτε από πλοία (22.07.2020).
- Αποθήκευση ΖΥΠ από επιχειρήσεις τροφίμων ζωικής προέλευσης (10.02.2020).
- Παύση αποστολής χειρόγραφων Δελτίων (25.05.2018).
- Οδηγός διαχείρισης ΖΥΠ στις υπεραγορές λιανικής πώλησης τροφίμων (Super Market) (έτος 2018).
- Αποστολή ζωικών υποπροϊόντων από σφαγεία σε μονάδες διαχείρισης (30.03.2017).
- Προσωρινή αποθήκευση ζωικών υποπροϊόντων εντός μονάδας που παράγουν ζωικά υποπροϊόντα (23.12.2015).
- ΖΥΠ - Συμβάσεις-Συνεργασίες (15.11.2013).
- ΖΥΠ-Συμβάσεις-Συνεργασίες (για επιχειρήσεις) (15.11.2013).
- Επικαιροποίηση Εγκυκλίων, Υποχρεώσεις Παραγωγών, Ταξινόμηση Ζωικών Υποπροϊόντων (24.12.2012) – Κατηγοριοποίηση - Παράρτημα 1.
- Διαχείριση υποπροϊόντων από μονάδες που έχουν ήδη εγκριθεί ή καταχωρηθεί σύμφωνα με το ΠΔ 79/2007 (κανονισμοί ΕΚ/852/2004 και ΕΚ/853/2004) (26.01.2012).
- Ταξινόμηση και διάθεση του αίματος από τη σφαγή των ζώων (14.09.2004).

Διαχείριση ΖΥΠ /ΠΠ

- Καν. 2021/1372 Τροποποίηση κανονισμού 999/2001 (12.10.2021).
- Τροποποίηση των Κανονισμών (ΕΚ) αριθμ. 99992001 και (ΕΕ) αριθμ. 1422011 σχετικά με την ΜΖΠ (26.10.2017).

- Οργανικά λιπάσματα και βελτιωτικά του εδάφους τα οποία περιέχουν υποπροϊόντα ζωικής προέλευσης (29.03.2007).
- Διαχείριση γάλακτος (08.11.2006).
- Κόπρος-Μονάδες Βιοαερίου
- Επικύρωση εναλλακτικής μεθόδου εξυγίανσης σε μονάδες βιοαερίου (18.12.2020).
- Επικύρωση εναλλακτικών παραμέτρων μετασχηματισμού για τις μονάδες παραγωγής βιοαερίου και τις μονάδες κομποστοποίησης (21.06.2019).
- Διαχείριση παραγόμενης σε κτηνοτροφικές μονάδες και σφαγεία κόπρου και κατάλοιπου διάσπασης, παραγόμενου σε μονάδες παραγωγής βιοαερίου (01.12.2016).
- Διευκρίνιση για την αναγκαιότητα παστερίωσης ή μη της της κοπριάς, σε περίπτωση που αποτελεί τη μοναδική πρώτη ύλη στον χωνευτή (19.09.2014).

Καταχωρημένες δραστηριότητες

- Διευκρινίσεις επί της εγκυκλίου 1568/45937/12.4.12 σχετικά με την καταχώρηση εμπόρων ζωικών υποπροϊόντων (24.03.2015).
- Καταχώρηση υπευθύνων επιχειρήσεων, εγκαταστάσεων ή μονάδων-Έγκριση χρήσης και καταχώρησης χρηστών και κέντρων συλλογής (19.04.2012).

Μεταφορά ΖΥΠ/ΠΠ

- Διευκρινίσεις για τη μεταφορά ζωικών υποπροϊόντων με οχήματα τροφίμων. (07.05.2019)
- Αδειοδότηση οχημάτων μεταφοράς ΖΥΠ (11.07.2017)
- Μεταφορά Ζωικών Υποπροϊόντων και Παράγωγων Προϊόντων (04.02.2015)
- Διευκρινήσεις επί της εγκυκλίου 388/14087/4-2-2015 για τη μεταφορά των ζωικών υποπροϊόντων και παράγωγων προϊόντων. (31.03.2015)

Επίσημοι Έλεγχοι-Κυρώσεις

- Διεξαγωγή ελέγχων εξ' αποστάσεως (07.12.2020).
- Επίσημοι έλεγχοι και ηλεκτρονικό σύστημα για τα ΖΥΠ(18.12.2017)
- Κατευθυντήριες οδηγίες δειγματοληψίας και εργαστηριακές αναλύσεις στα πλαίσια του επίσημου ελέγχου των μονάδων διαχείρισης Ζωικών Υποπροϊόντων - Επίσημα Εργαστήρια -Οδηγίες δειγματοληψίας (26.01.2016)
- Σύσταση ομάδας ΖΥΠ ανά Περιφέρεια (17.02.2015)
- Άμεσοι στόχοι για τους επίσημους ελέγχους σε εγκεκριμένες και καταχωρημένες μονάδες και δραστηριότητες για τη διαχείριση των Ζωικών Υποπροϊόντων (04.11.2013)
- Επίσημοι έλεγχοι σε εγκεκριμένες και καταχωρημένες μονάδες και δραστηριότητες για τη διαχείριση των Ζωικών Υποπροϊόντων (28.12.2012)

Παρεκκλίσεις

- Διαχείριση Ζωικών Υποπροϊόντων στις περιοχές που έχουν χαρακτηριστεί ως απόμερες (10.01.2022).
- Δυνατότητα υγειονομικής ταφής υλικών των κατηγοριών 1 και 3(23.02.2012).
- Διαχείριση Νεκρών Ζώων

- Διαχείριση νεκρών ζώων μετά από φυσικές καταστροφές (05.08.2021).
- Περιφερειακά προγράμματα διαχείρισης νεκρών ζώων και υποχρεώσεις κτηνοτρόφων (27.11.2019)
- Διαχείριση ΖΥΠ σε υποχρεωτικά κοινοποιήσιμη μολυσματική νόσο (εκτός ΜΣΕ) (21.06.2019)

Εμπόριο ΖΥΠ/ΠΠ

- Διευκρινήσεις επί του Κανονισμού 2019/1084/ΕΕ που τροποποιεί τον Κανονισμό 142/2001/ΕΕ (02.08.2019)
- Αποστολή φορτίων ζωικών υποπροϊόντων σε άλλα κράτη μέλη (ενδοενωσιακό εμπόριο) (29.01.2016)
- Εξαγωγές ζωικών υποπροϊόντων και παράγωγων προϊόντων σε τρίτες χώρες, εκτός και εντός ΟΟΣΑ (21.01.2016)

Νομοθεσία για την προστασία του περιβάλλοντος από απόβλητα ζωικής προέλευσης

Σε ότι αφορά την ρύπανση και μόλυνση του εδάφους και του νερού η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει κοινοτικές οδηγίες για τα απόβλητα και την διαχείρισή τους οι οποίες ενσωματώνονται στο ελληνικό δίκαιο μέσω Νομοθετικών Πράξεων και δημοσιεύονται μέσω ΦΕΚ. Οι σημαντικότερες είναι :

- Η κοινοτική οδηγία 86/278/ΕΟΚ με τίτλο "Προστασία περιβάλλοντος και ειδικότερα του εδάφους κατά την χρήση της ιλύος στη γεωργία, η οποία ενσωματώνεται στην **ΚΥΑ 80568/4225/91 (ΦΕΚ 6641/Β/7-8-1991)** με τίτλο «Μέθοδοι, όροι περιορισμοί για την χρήση της ιλύος στη γεωργία.
- Η οδηγία 91/271/ΕΟΚ «Για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων» εναρμονίζεται από την **ΚΥΑ 5673/400/1997 (ΦΕΚ 192/Β/14-03-1997)** με τίτλο «Μέτρα και όροι για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων».
- Η **ΚΥΑ 1420/82031** για τον «Κώδικα Ορθής Γεωργικής Πρακτικής για την Προστασία των Νερών από την Νιτρορρύπανση Γεωργικής Προέλευσης» (**ΦΕΚ/1709/Β/2015**) όπως τροποποιήθηκε και ισχύει σήμερα , στην οποία προσδιορίζονται τα κτηνοτροφικά απόβλητα, τα φαινόμενα του ευτροφισμού και της νιτρορύπανσης, ενώ γίνεται βασική αναφορά ως προς τις κατηγορίες των λιπασμάτων (οργανικά, ανόργανα, αζωτούχα, φωσφορικά, νιτρικά, βραδείας εφαρμογής) αλλά και ως προς τους τρόπους λίπανσης θέτοντας όρους και περιορισμούς για την χρονική διάρκεια αυτών και τις απαιτούμενες αποστάσεις από ρέματα και λοιπές πηγές υδροληψίας.
- Επιπλέον, η οδηγία 91/676/ΕΟΚ «Για την προστασία των υδάτων από την νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης» ενσωματώνεται στην **ΚΥΑ 161690/1335/97 (ΦΕΚ 519/Β/25-06-1997)**.
- Η ελληνική κυβέρνηση έχει θεσπίσει τον **Ν.4014/2011 (ΦΕΚ/209/Α/21-09-2011)** με τίτλο «Περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων και δραστηριοτήτων, ρύθμιση αυθαιρέτων σε συνάρτηση με δημιουργία περιβαλλοντικού ισοζυγίου και άλλες διατάξεις αρμοδιότητας Υπουργείου Περιβάλλοντος».
- Οι οδηγίες 2008/98/ΕΚ για την ρύθμιση θεμάτων Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής και 2008/99/ΕΚ με τίτλο «Πλαίσιο παραγωγής και διαχείρισης αποβλήτων» οι οποίες ενσωματώνονται στον **Ν.4042/2012** με τίτλο «Ποινική προστασία του περιβάλλοντος».
- Η οδηγία 91/271/ΕΟΚ, όπως τροποποιήθηκε από την Οδηγία 98/15/ΕΚ και ενσωματώθηκε στην **ΚΥΑ 5673/400/1997** παρέχει κριτήρια για τον χαρακτηρισμό των ευαίσθητων και μη ευαίσθητων περιοχών για διάθεση αποβλήτων, θεσπίζει οριακές τιμές των BOD5, COD και καθώς και τις παραμετρικές τιμές για τις

συγκεντρώσεις ολικού Φωσφόρου και Αζώτου, τα οποία ευθύνονται για το φαινόμενο του ευτροφισμού και της νιτρορύπανσης.

- Η **KYA 80568/4225/1991** ορίζει τα κριτήρια για την ασφαλή διάθεση της ιλύος από αστικά λύματα στη γεωργία και περιέχει τα επιτρεπόμενα όρια τιμών συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στο έδαφος.

Νομοθεσία για τις μονάδες βιοαερίου

Για τις μονάδες βιοαερίου από αναερόβια επεξεργασία βιομάζας αλλά και για το παραγόμενο χωνεμένο υπόλειμμα, ισχύει η **εγκύκλιος 4/2012** «Περιβαλλοντική αδειοδότηση μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας με χρήση βιοαερίου που προέρχεται από αναερόβια επεξεργασία βιομάζας» σύμφωνα με την οποία, κατά την περιβαλλοντική αδειοδότηση τους προσδιορίζονται οι κατηγορίες των πρώτων υλών που δύναται να είναι:

- Ζωικά υποπροϊόντα της κατηγορίας 2 και 3 σύμφωνα με τα άρθρα 9 και 10 του κανονισμού 1069/2009/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου με την προϋπόθεση ότι ικανοποιούν τα αναφερόμενα στο άρθρο 32 αυτού και σε κάθε περίπτωση προέρχονται από εγκεκριμένες και καταχωρημένες σε μητρώα εγκαταστάσεις ή μητρώα
- Απόβλητα από γεωργία, κηπευτική, υδατοκαλλιέργεια, δασοκομία, θήρα και αλιεία, προετοιμασία και επεξεργασία τροφίμων (Κωδικός 02 του Ευρωπαϊκού Καταλόγου Αποβλήτων) εκτός από τους κωδικούς ΕΚΑ 02 01 04, 02 01 08, 02 01 09, 02 01 10, 02 02 04, 02 03 99, 02 04 01, 02 04 02, 02 05 99, 02 06 02, 02 07 03.
- Ενσιρώματα και υπολείμματα ενεργειακών φυτών.

Εν συνέχεια με την **εγκύκλιο 199437/2012** που αποτελεί διευκρινιστική εγκύκλιο της 4/2012 γίνεται προσδιορισμός ως προς τα ισοζύγια αζώτου και φωσφόρου σε συνάρτηση με την απαιτούμενη έκταση για την διάθεση του οργανικού υγρού/στερεού εξερχόμενου από το βιοαντιδραστήρα εδαφοβελτιωτικού. Επίσης, αναφέρονται οι όροι και οι προϋποθέσεις που τίθενται κατά την διαδικασία της Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ) ως προς την εξασφάλιση των εκτάσεων που διατίθεται το υγρό/στερεό χωνεμένο υπόλειμμα, όπως υποβολή έγγραφου συμφωνίας, της χρήσης του υπολείμματος από ιδιοκτήτη ή μισθωτή με προσδιορισμό της έκτασης για την εν λόγω χρήση καθώς και της υποχρέωσης τήρησης βιβλίου καταγραφής

Νομοθεσία για τις ΑΠΕ

Σημαντικές νομοθετικές διατάξεις όσον αφορά τις ΑΠΕ στην Ελλάδα είναι και οι εξής:

- **Υ.Α. 1958/2012 (ΦΕΚ 21 Β/ 13-01-2012)** «Κατάταξη Δημοσίων και Ιδιωτικών Έργων και Δραστηριοτήτων σε κατηγορίες σύμφωνα με το άρθρο 1 Παράγραφος 4 του Ν.4014/21-09-2011 (ΦΕΚ Α'209/2011)» όπως τροποποιήθηκε και ισχύει σήμερα σύμφωνα με την οποία μια ΜΒ υπαγεται στις «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας» (10η ομάδα) και στα «Συστήματα περιβαλλοντικών υποδομών» (4η ομάδα).
- **Νόμος 2773/99 (ΦΕΚ 286/Α/99)** «Ρύθμιση Θεμάτων Ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις.» Ο συγκεκριμένος Νόμος εισάγει την Άδεια Παραγωγής, η οποία είναι απαραίτητη για ενεργειακά έργα, και αποτελεί θεμέλιο λίθο σε θέματα ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ.

- **Νόμος 3423/2005 (ΦΕΚ 304/Α/05):**Εισαγωγή στην Ελληνική Αγορά των Βιοκαυσίμων και των άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων
- **Νόμος 3468/2006 (ΦΕΚ 129/Α/06)** «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις.».
- **ΚΥΑ 49828/2008 (ΦΕΚ 2464/Β/2008):** Ειδικό πλαίσιο χωροταξικού σχεδιασμού και αειφόρου ανάπτυξης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
- **Νόμος 3851/2010 (ΦΕΚ 85/Α/2010):**Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικήςαλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής
- **Νόμος 3428/2005 (ΦΕΚ 313/Α/05):** Απελευθέρωση Αγοράς Φυσικού Αερίου
- **Νόμος 3734/2009 (ΦΕΚ 8/Α/2009):** Προώθηση της συμπαράγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας, ρύθμιση ζητημάτων σχετικών με το Υδροηλεκτρικό Έργο Μεσοχώρας και άλλες διατάξεις

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΒ

ΒΑΣΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ			
Α/Α	Όνομασία	Χαρακτηρισμός	Γ
Δ.1	Δεξιάμη Υπόδοξη	Αποθήκευση πρώτης ύλης υαλοφύλαξης	
Δ.2	Αριστερή Υπόδοξη	Αποθήκευση πρώτης ύλης υαλοφύλαξης	
Δ.3	Δεξιάμη Υπόδοξη	Αποθήκευση πρώτης ύλης υαλοφύλαξης με κοιλιακό πάχος	
Δ.4	Δεξιάμη σιδήμης	Αιθάμη πρώτων υλών πριν την τροφοδοσία της παστερίωσης	
Δ.5	Δεξιάμη τροφοδοσίας αποθήκευσης χυμώδους υπολείμματος	Προσωρινή αποθήκευση του (στεραοζωγού) χυμώδους υπολείμματος πριν τον διαχωρισμό (fan separator)	
Δ.6	Βιοανθρακώνας	Υπόγειο κλιμακωτό δεξιάμη με εξωτερική μόνωση και ορατή θερμοκρασία, όπου λαμβάνει χώρα η θερμοκρασιακή σταθεροποίηση χυμώδους	
Δ.7	Βιολογικός Καθαριστής	Εγκατάσταση επόμενης σειράς αποθήκευσης από την παραγωγή διαστρώσεως της μονάδας	
Δ.8	Χώρος γενικής πύλας φορτηγών	Χώρος γενικής πύλας φορτηγών (εσωτερικό - εξωτερικό μέρος αυτών)	
Δ.9	Χώρος προσωρινής αποθήκευσης σιδηρών σφαιρών	Προσωρινή αποθήκευση (ΖΠ) σφαιρών σε κλειστός περιβάλλον	
Δ.10	Χώρος πύλας	Χώρος πύλας περσόνων και λοιπών βοηθητικών εξοπλισμού	
Δ.11	Λακωνή αποθήκευσης	Λακωνή αποθήκευσης πρώτων φορτηγών	
Ε.1	Fan separator	Διαχωριστής του χυμώδους υπολείμματος σε στερεό και υγρό κλάσμα	
Ε.2	Βοηθητικές εγκαταστάσεις	Παστερίωσης	
Ε.3	Βοηθητικές εγκαταστάσεις	Σταθμάς για το σπείρωμα σφαιρών	
Ε.4	Βοηθητικές εγκαταστάσεις	Σταθμάς - διαχωριστής για το στερεό υπόλειμμα	
Ε.5	Βοηθητικές εγκαταστάσεις	Βιοαερίων, Βιοαερίου σφαιρικής θέσης προς συμπαράγωγη	
Ε.6	Βοηθητικές εγκαταστάσεις	Βιοαερίων, Βιοαερίου σφαιρικής θέσης προς συμπαράγωγη	
Ε.7	Βοηθητικές εγκαταστάσεις	Αποστράγγιση	
Ε.8	Κύλιμα παραφρένας	Μεταφορά πρώτης ύλης σφαιρικής μορφής	
Ε.9	Ανοδείας	Ανοδείας για διατήρηση ομοιογενούς μέγεθος ενός βιοανθρακώνας	
Ε.10	Ανάλια	Βυθίζωμη ανάλια στη δεξιάμη υαλοφύλαξης πρώτης ύλης	
Ε.11	Ανάλια	Εν έργο ανάλια τροφοδοσίας του βιοανθρακώνας	
Ε.12	Ανάλια	Εν έργο ανάλια στη δεξιάμη σιδήμης για την τροφοδοσία της παστερίωσης	
Ε.13	Μίχελιν συμπαράγωγη	Διαχωριστική μίχελιν, με θερμοκρασιακή Εξέλιξη με κούρσο βιοαερίων ΕΕΣ κλάσ	
Ε.14	Υποσταθμός λήξης - Χωμής πύλας	Εγκατάσταση σφαιρικής - υποθήκευσης πύλας	
Ε.15	Σύστημα τροφοδοσίας νερού	Διατήρηση πύλας - εξοπλισμού τροφοδοσίας νερού	
Ε.16	Σύστημα πύλας και αποθήκευσης	Πύλας και αποθήκευσης (προβλεπόμε μόνωση)	
Ε.17	Πλάστικα	Ζεύγη βιοανθρακώνας των πρώτων υλών	
Ε.18	Σύστημα βερμής εξασφάλισης	Αξιοποίηση παραγωγής βερμής για τις ανάγκες της μονάδας	
Ε.19	Διαίτης καύσης βιοαερίων	Καύση αποβλήτων ή μη χρησιμοποιούμενου παραγόμενου βιοαερίων	
Ε.20	Σύστημα καθαρισμού βιοαερίων	Αφαιρέση και αποθήκευση παραγόμενου βιοαερίων	
Ε.21	Ανοδείας	Ανοδείας της πρώτης ύλης στη δεξιάμη αποθήκευσης Δ1	
Ε.22	Ανοδείας	Ανοδείας της πρώτης ύλης στη δεξιάμη αποθήκευσης Δ2	
Ε.23	Ανοδείας	Ανοδείας της πρώτης ύλης στη δεξιάμη αποθήκευσης Δ3	
Ε.24	Ανοδείας	Ανοδείας μέγιστος στη δεξιάμη σιδήμης Δ4	
Ε.25	Ανάλια	Εν έργο ανάλια τροφοδοσίας δεξιάμης χυμώδους υπολείμματος	
Ε.26	Ανάλια	Εν έργο ανάλια τροφοδοσίας fan separator	
Ε.27	Ανοδείας	Ανοδείας χυμώδους υπολείμματος στη δεξιάμη αποθήκευσης Δ5	
Ε.28	Ανάλια	Εν έργο ανάλια μεταφοράς χυμώδους υγρού υπολείμματος στη ΜΕΚ	

