



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ
ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ



ΔΙΠΜΣ ΣΤΗ ΒΙΟΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ
ΑΠΟ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΧΑΡΔΑΛΙΑ

Πειραιάς, Φεβρουάριος 2021



**UNIVERSITY OF PIRAEUS
DEPARTMENT OF ECONOMICS**

**NATIONAL AND KAPODISRIAN
UNIVERSITY OF ATHENS
DEPARTMENT OF BIOLOGY**



**E
Θ**

M.Sc. in Bioeconomics

**ECONOMIC AND TECHNICAL EVALUATION OF BIOGAS
PRODUCTION FACILITIES FROM LIVESTOCK WASTE**

By

PARASKEVI CHARDALIA

Piraeus, Greece, February 2021

Οικονομοτεχνική Αξιολόγηση Εγκαταστάσεων Βιοαερίου από Κτηνοτροφικά Απόβλητα

Σημαντική όροι: ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, βιομάζα, βιοαέριο, αναερόβια χώνευση, εγκαταστάσεις βιοαερίου, υποστρώματα αναερόβιας χώνευσης, κομπόστ, νομοθεσία, αδειοδότηση, έσοδα, έξοδα, αξιολόγηση επένδυσης

Περίληψη

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι πλέον απαραίτητες στη ζωή μας. Τα συμβατικά καύσιμα πρέπει να αντικατασταθούν στο μεγαλύτερο μέρος τους, αν όχι εξολοκλήρου, από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καθώς η ανάγκη μείωσης της περιβαλλοντικής ρύπανσης είναι πλέον επιτακτική. Η εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως ο ήλιος και ο αέρας προσφέρουν πολλά οφέλη τόσο περιβαλλοντικά όσο και οικονομικά.

Η παρούσα διπλωματική εργασία αξιολογεί, οικονομικά και τεχνικά, μια επένδυση σε μονάδα παραγωγής βιοαερίου ισχύος 499 kW. Στόχος της συγκεκριμένης επένδυσης είναι η παραγωγή και η πώληση ηλεκτρικής ενέργειας από την καύση βιοαερίου το οποίο θα παραχθεί μέσω της διαδικασίας της αναερόβιας χώνευσης (Α.Χ.) και χρησιμοποιώντας ως πρώτη ύλη αγροκτηνοτροφικά απόβλητα.

Αρχικά, γίνεται μια εισαγωγή σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τη σημαντικότητά τους, καθώς και τα επίπεδα χρήσης τους σε διάφορα χρονικά διαστήματα. Επιπλέον, γίνεται περιγραφή της διαδικασίας της αναερόβιας χώνευσης, της παραγωγής βιοαερίου, του όρου της βιομάζας αλλά και των εγκαταστάσεων από τις οποίες αποτελείται μια μονάδα παραγωγής βιοαερίου. Ακολουθεί ανάλυση σκοπιμότητας με το μείγμα της πρώτης ύλης να αποτελείται από αγροκτηνοτροφικά απόβλητα. Η αξιολόγηση της επένδυσης έγινε με τη χρήση των εξής δεικτών: Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ), του Εσωτερικού Επιτοκίου Απόδοσης (IRR), του χρόνου επανείσπραξης του αρχικού κεφαλαίου και των δεικτών καθαρού περιθωρίου

κέρδους και απόδοσης ιδίων κεφαλαίων. Το εξεταζόμενο επενδυτικό έργο είναι ελκυστικό και κερδοφόρο.

ECONOMIC AND TECHNICAL EVALUATION OF BIOGAS PRODUCTION FACILITIES FROM LIVESTOCK WASTE

Keywords: renewable energy sources, biomass, biogas, anaerobic digestion, biogas plants, anaerobic digestion substrates, compost, legislation, licensing, economic study, revenue, expenses, investment assessment

Abstract

Renewable energy sources are now essential in our lives. Conventional fuels need to be replaced, for the most part, if not entirely, by renewable energy sources as the need to reduce environmental pollution is now imperative. Exploiting renewable energy sources such as solar and wind offers many benefits both environmentally and economically.

This dissertation evaluates, economically and technically, an investment in a 499 kW biogas plant. The aim of this investment is the production and sale of electricity from the combustion of biogas which will be produced through the process of anaerobic digestion (A.D.) and using as raw material agricultural waste.

First, an introduction is made around renewable energy sources and their importance, as well as their levels of use at various intervals. In addition, the process of anaerobic digestion, biogas production, the term biomass and the facilities of which a biogas plant is composed are described. The following is a feasibility analysis with a mixture of raw materials to be disposed of from agricultural waste. The investment was evaluated using the following indicators: Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), repayment period of the initial capital and the return on sales and return on equity indicators. The investment project under consideration is attractive and profitable.

Περιεχόμενα

Περίληψη	2
Abstract	4
Κατάλογος Πινάκων	10
Κατάλογος Περιεχομένων	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	
1.1 Εισαγωγή	13
1.2 Μορφές ΑΠΕ	14
1.3 Πλεονεκτήματα ΑΠΕ	14
1.4 Μειονεκτήματα ΑΠΕ	15
1.5 ΑΠΕ και Ενεργειακή Πολιτική	16
1.5.1 ΑΠΕ στην Ευρωπαϊκή Ένωση	16
1.5.2 Ενεργειακή Αγορά στην Ελλάδα	20
1.5.3 Προσφορά και Ζήτηση	22
1.5.4 Στόχοι Ενεργειακής Πολιτικής για την Ελλάδα	23
1.6 Ανακεφαλαίωση	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Βιομάζα	

2.1 Εισαγωγή	29
2.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Βιομάζας	30
2.3 Μορφές Βιομάζας	31
2.4 Ενεργειακή Αξιοποίηση Βιομάζας – Χρήση	34
2.5 Μέθοδος Επεξεργασίας Βιομάζας	35
2.6 Ανακεφαλαίωση	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Βιοαέριο	
3.1 Εισαγωγή	38
3.2 Αναερόβια Χώνευση	39
3.3 Παρούσα Κατάσταση και Δυναμικό του Βιοαερίου	39
3.3.1 Παρούσα Κατάσταση και Τάσεις της Αναερόβιας Χώνευσης	39
3.3.2 Δυναμικό Βιοαερίου	42
3.4 Υποστρώματα για την Αναερόβια Χώνευση	45
3.5 Η Βιοχημική Διεργασία της Αναερόβιας Χώνευσης	50
3.5.1 Υδρόλυση	51
3.5.2 Οξεογένεση	52
3.5.3 Οξικογένεση	53
3.5.4 Μεθανογένεση	53
3.6 Παράγοντες που Επηρεάζουν την Αναερόβια Χώνευση	54

3.7 Βιοαεριο	56
3.7.1 Ιδιότητες Βιοαερίου	57
3.7.2 Τεχνολογίες Αξιοποίησης του Βιοαερίου	59
3.8 Ανακεφαλαίωση	63
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Εγκαταστάσεις Παραγωγής Βιοαερίου	
4.1 Εισαγωγή	64
4.2 Μονάδα Παραλαβής	69
4.3 Αποθήκευση και Βελτίωση Πρώτης Ύλης	70
4.3.1 Αποθήκευση Πρώτης Ύλης	70
4.3.2 Βελτίωση Πρώτης Ύλης	73
4.4 Συστήματα Τροφοδοσίας	75
4.4.1 Σύστημα Αντλίας	76
4.4.2 Σωληνώσεις	78
4.5 Συστήματα Θέρμανσης – Θέρμανση Χωνευτήρα	79
4.6 Χωνευτήρες	79
4.6.1 Χωνευτήρες Ασυνεχούς Τύπου	80
4.6.2 Χωνευτήρες Συνεχούς Τύπου	81
4.7 Τεχνολογίες Ανάδευσης	84
4.8 Αποθήκευση Βιοαερίου	85

4.9 Αποθήκευση Κομπόστ	87
4.10 Καθαρισμός Βιοαερίου	87
4.11 Ανακεφαλαίωση	87

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Προγραμματισμός και Εγκατάσταση μιας Μονάδας Βιοαερίου

5.1 Νομοθεσία	89
5.2 Αδειοδότηση	91
5.2.1 Άδεια Παραγωγής	94
5.3 Σχεδιασμός ενός Έργου για μια Μονάδα Βιοαερίου	97
5.4 Ανακεφαλαίωση	99

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Επιχειρηματική Πρόταση Παραγωγής Βιοαερίου και Χρηματοοικονομική Ανάλυση

6.1 Θέση Εγκατάστασης	100
6.2 Οικονομική Μελέτη	102
6.3 Χρηματοδοτικό Σχήμα του Επενδυτικού Σχεδίου	103
6.3.1 Έσοδα	104
6.3.2 Έξοδα	106
6.4 Μέθοδοι Αξιολόγησης Επένδυσης	111
6.4.1 Καθαρή Παρούσα Αξία	112

6.4.2 Η Μέθοδος του Εσωτερικού Επιτοκίου Απόδοσης (IRR)	113
6.4.3 Η Μέθοδος του Χρόνου Επανείσπραξης της Αρχικής Επένδυσης	114
6.5 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις του Έργου	117
6.6 Κριτήρια τα οποία συνηγορούν στην υλοποίηση του έργου (αναπτυξιακά, περιβαλλοντικά, κοινωνικά)	118
6.7 Ανακεφαλαίωση	118
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	119
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	121

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1.1: Παραγωγή ενέργειας, 2007 και 2017(εκατομμύρια τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου)	
18	
Πίνακας 2.1: Υπάρχουσες Τεχνολογίες Αξιοποίησης Βιομάζας	34
Πίνακας 3.1: Βιοαπόβλητα, κατάλληλα για βιολογική επεξεργασία σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων 2007	45
Πίνακας 3.2: Τα κύρια βήματα της διεργασίας της ΑΧ	51
Πίνακας 3.3: Σύνθεση του βιοαερίου	58
Πίνακας 3.4 Θεωρητικές παραγωγές βιοαερίου	58
Πίνακας 3.5: Παραγωγές Μεθανίου των διαφορετικών υλικών πρώτης ύλης	59
Πίνακας 4.1: Σύγκριση αντλιών	77
Πίνακας 5.1: Τιμές Αναφοράς ανά κατηγορία σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α. (ΝΟΜΟΣ ΥΠ' ΑΡΙΘΜ. 4414/2016 (ΦΕΚ 149/Α/9-8-2016))	96
Πίνακας 6.1: Πρώτη ύλη για παραγωγή περίπου 499 kW	101
Πίνακας 6.2: Προϋπολογισμός Σχεδίου	103
Πίνακας 6.3: Αποπληρωμή τραπεζικού δανείου	104
Πίνακας 6.4: Συγκεντρωτικός πίνακας εξόδων	107
Πίνακας 6.5 Αναλυτικός πίνακας εξόδων	108
Πίνακας 6.6: Κατάσταση Αποτελεσμάτων Χρήσης (1 ^ο - 10 ^ο έτος)	110
Πίνακας 6.7: Κατάσταση Αποτελεσμάτων Χρήσης (11 ^ο - 20 ^ο έτος)	111
Πίνακας 6.8: Πίνακας χρηματοροών στη διάρκεια της εικοσαετίας	116

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1.1: Εξέλιξη της παραγωγής πρωτογενούς ενέργειας (ανά είδος καυσίμου), Ε.Ε., 2007-2017.	19
Διάγραμμα 1.2: Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, Ε.Ε.-28, 1990-2017	20
Διάγραμμα 1.3: Συνολική τελική κατανάλωση καυσίμων (TFC) στην Ελλάδα, 1990 και 2016	22
Διάγραμμα 1.4: Συνολική Εικόνα Παραγωγής Ενέργειας, Συνολικής Παροχής Πρωτογενούς Ενέργειας (TPES) και Τελικής Κατανάλωσης Καυσίμων (TFC) στην Ελλάδα, 2015	23
Διάγραμμα 1.5: Μειώσεις Εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου (LHS) και Απόκλιση μεταξύ Εκπομπών και Στόχων υπό τον Κανονισμό για τον Επιμερισμό των Προσπαθειών (RHS)	27
Διάγραμμα 2.1: Ο Κύκλος του CO ₂ στην Ατμόσφαιρα	30
Διάγραμμα 2.2: Παράδειγμα Μονάδας Αεριοποίησης Βιομάζας	36
Διάγραμμα 3.1: Απεικόνιση του λειτουργικού ρόλου των διάφορων ειδών μικροβίων που συμμετέχουν τα διάφορα στάδια της Α.Χ. η οποία μοιάζει με χωνί σύμφωνα με τον Campanaro και τους συνεργάτες του.	40
Διάγραμμα 3.2: Εγκαταστάσεις Βιοαερίου στην Ευρώπη μέχρι το 2016	42
Διάγραμμα 3.3: Οι αγωγοί φυσικού αερίου στην Ευρώπη συμπεριλαμβανομένου του Nord Stream 2 που μεταφέρει φυσικού αερίου στην Ευρώπη μέσω της Βαλτικής	43
Διάγραμμα 3.4 :Ο ευρωπαϊκός χάρτης του φυσικού αερίου και πιθανοί διάδρομοι (κίτρινα) κατάλληλοι για την παραγωγή βιοαερίου και την έγχυση βιομεθανίου	44
Διάγραμμα 3.5: Σημεία αναφοράς για τις ειδικές παραγωγές μεθανίου	47
Διάγραμμα 3.6: Η Διεργασία της Αναερόβιας Χώνευσης	57
Διάγραμμα 4.1: Τα βήματα της διεργασίας των τεχνολογιών βιοαερίου	65

Διάγραμμα 4.2: Κύριες συνιστώσες των εγκαταστάσεων βιοαερίου	66
Διάγραμμα 4.3: Γενικό διάγραμμα ροής της διεργασίας παραγωγής του βιοαερίου	67
Διάγραμμα 4.4: Αγροτικές εγκαταστάσεις ομοχώνευσης βιοαερίου που χρησιμοποιούν κοπριά και χορτονομή αραβοσίτου	68
Διάγραμμα 5.1: Διαδικασία Αδειοδότησης	91

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.1 Εισαγωγή

Οι σύγχρονες κοινωνίες καταναλώνουν τεράστιες ποσότητες ενέργειας για τη θέρμανση χώρων, τα μέσα μεταφοράς, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και για τη λειτουργία των βιομηχανικών μονάδων. Λόγω των αναγκών της σύγχρονης ζωής η ενεργειακή ζήτηση αυξάνεται σημαντικά. Στις μέρες μας, το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας που χρησιμοποιούμε προέρχεται από τις συμβατικές πηγές ενέργειας (μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας) που είναι το πετρέλαιο η βενζίνη και ο άνθρακας. Η χρήση μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, δημιουργούν μια σειρά από περιβαλλοντικά προβλήματα με πρώτο το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Από την άλλη πλευρά, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) (ο ήλιος, ο άνεμος, τα ποτάμια, οι οργανικές ύλες όπως το ξύλο και ακόμη και τα απορρίμματα οικιακής και γεωργικής προέλευσης) ανανεώνονται συνεχώς και θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες. Υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό μας περιβάλλον και είναι οι πρώτες μορφές ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος, σχεδόν αποκλειστικά, μέχρι τις αρχές του 20ου αιώνα, οπότε και στράφηκε στην εντατική χρήση του άνθρακα και των υδρογονανθράκων.

Η πρώτη φορά που εκδηλώθηκε ενδιαφέρον για τις ΑΠΕ ήταν μετά το 1979 όπου συνέβη η πρώτη πετρελαϊκή κρίση και εδραιώθηκε ύστερα από μια δεκαετία και υπό το πρίσμα της κλιματικής αλλαγής. Για πολλές χώρες, οι ΑΠΕ αποτελούν μία σημαντική εγχώρια πηγή ενέργειας, με μεγάλες δυνατότητες ανάπτυξης σε τοπικό και εθνικό επίπεδο. Συνεισφέρουν σημαντικά στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο και τα κόστη που τα συνοδεύουν, καθώς και στην εξασφάλιση του ενεργειακού τους αποθέματος. Με αυτό τον τρόπο η προστασία του περιβάλλοντος έρχεται στο προσκήνιο. Αποδεδειγμένα πλέον σχεδόν το 95% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης οφείλεται στην παραγωγή, στο μετασχηματισμό και τη χρήση των συμβατικών καυσίμων.

http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis.htm

1.2 Μορφές ΑΠΕ

Οι μορφές ΑΠΕ είναι εξής:

Αιολική Ενέργεια: Εκμετάλλευση της κινητικής ενέργειας που παράγεται από τον άνεμο. Οι ανεμογεννήτριες αποτελούν το κύριο μέσο αξιοποίησής της.

Υδροηλεκτρική Ενέργεια: Μετατροπή της μηχανικής ενέργειας του νερού σε ηλεκτρική ενέργεια.

Βιομάζα: αποτελεί αποθηκευμένη μορφή ηλιακής ενέργειας που προέρχεται από τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης των φυτικών οργανισμών.

Ηλιακή Ενέργεια: Ο ήλιος τροφοδοτεί με ενέργεια τη Γη καθώς δίνει φως αλλά και θερμότητα. Θερμικές πλάκες, παθητικά ηλιακά συστήματα και φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα αποτελούν τους βασικούς τρόπους αξιοποίησης της.

http://users.sch.gr/kpara/ape2009_10/sun_energy.html

Γεωθερμική Ενέργεια: Η θερμική ενέργεια που αναδύεται από το εσωτερικό της γης και εμπεριέχεται σε φυσικούς ατμούς, σε επιφανειακά ή υπόγεια θερμά νερά και σε θερμά ξηρά πετρώματα.

Υδρογόνο: Το υδρογόνο αποτελεί το 90% του σύμπαντος και θα αποτελέσει ένα νέο καύσιμο που θα χρησιμοποιούμε στο μέλλον.

http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis.htm

1.3 Πλεονεκτήματα των ΑΠΕ

Τα κύρια πλεονεκτήματα των ΑΠΕ, είναι τα εξής:

- Αποτελούν ανεξάντλητες πηγές ενέργειας συμβάλλοντας στη μείωση της ζήτησης για ορυκτά καύσιμα.

- Συμβάλλουν στην αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, καθώς μειώνονται αισθητά οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου.
 - Οι χώρες αποκτούν τη δυνατότητα ενεργειακής αυτονομίας εφόσον οι ΑΠΕ αποτελούν εγχώριες πηγές ενέργειας.
 - Η δυνατότητα τοποθέτησης τους σε διάφορα σημεία της χώρας, διευκολύνει τη μεταφορά της ενέργειας ελαχιστοποιώντας παράλληλα τυχόν απώλειες ενέργειας κατά τη μεταφορά.
 - Καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα των καθημερινών αναγκών (π.χ. αξιοποίηση ηλιακής ενέργειας μέσω φωτοβολταϊκών συστημάτων για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας).
 - Χαρακτηρίζονται από χαμηλά κόστη, αφορούν κυρίως τα μέσα αξιοποίησης των πόρων (π.χ. ανεμογεννήτριες), τα οποία δεν επηρεάζονται από αυξομειώσεις των τιμών των ορυκτών καυσίμων (π.χ. πετρέλαιο).
 - Νέα επαγγέλματα και θέσεις εργασίας μπορούν να αναδυθούν από την αύξηση των επενδύσεων στις ΑΠΕ.
 - Κύριο πλεονέκτημά τους αποτελεί η αποδοχή τους από το κοινό, καθώς συνιστούν καθαρή ενέργεια για το πλανήτη.
- (http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis.htm)

1.4 Μειονεκτήματα ΑΠΕ

Ωστόσο, οι ΑΠΕ παρουσιάζουν και ορισμένα μειονεκτήματα τα οποία δυσχεραίνουν την αποδοχή τους.

- Έχουν χαμηλό συντελεστή απόδοσης (περίπου 30%), με αποτέλεσμα να απαιτείται μεγαλύτερος αριθμός εγκαταστάσεων (π.χ. περισσότερες ανεμογεννήτριες) και μεγαλύτερη επιφάνεια γης. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται υποστηρικτικά μέχρι και σήμερα.
- Οι αποδόσεις των ΑΠΕ εξαρτώνται αρκετές φορές από παράγοντες όπως η θερμοκρασία, το κλίμα και το ύψος της περιοχής στην οποία είναι εγκατεστημένες. (Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, Wikipedia)

- Για τις ανεμογεννήτριες υπάρχει οι αντίληψη ότι δεν είναι αισθητικά ωραίες, ότι προκαλούν ηχορύπανση και ότι αποτελούν αιτία θανάτου των πτηνών. Ωστόσο, τα προβλήματα αυτά έχουν πλέον αντιμετωπιστεί λόγω της εξειδίκευσης και την τεχνογνωσίας στο τομέα των ΑΠΕ. (Ράπτη Σ., 2019)
- Τέλος, για τα υδροηλεκτρικά έργα πολλοί πιστεύουν ότι καταστρέφουν τη γλωρίδα του βυθού και συμβάλλουν με αυτό τον τρόπο στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. (Ράπτη Σ., 2019)

1.5 ΑΠΕ και Ενεργειακή Πολιτική σε Ευρωπαϊκή Ένωση και Ελλάδα

1.5.1 Οι ΑΠΕ στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Η Ε.Ε. έχει θέσει σαν προτεραιότητα πλέον την περιβαλλοντική πολιτική με στόχο μια πιο ενεργή και ικανή πολιτική σε τοπικό και ευρωπαϊκό επίπεδο.

Ωστόσο, το χάσμα που υπάρχει μεταξύ των χωρών που εφαρμόζουν αυστηρή περιβαλλοντική πολιτική και των αναπτυσσόμενων χωρών καθώς και τις χώρες του πρώην ανατολικού μπλοκ οι οποίες διαγράφουν αρνητική πορεία δυσχεραίνει τη προσπάθεια αντιμετώπισης των περιβαλλοντικών προβλημάτων. (Ράπτη Σ., 2019)

Το 2017 η παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας στην ΕΕ-28 ανήλθε συνολικά σε 758 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (ΤΠ) — βλ. πίνακα 1, και ήταν 0,1% χαμηλότερη από το προηγούμενο έτος. Η πτώση αυτή παρατηρήθηκε και τα προηγούμενα έτη, με εξαίρεση το 2010 όπου υπήρξε άνοδος η οποία συνέβη ταυτόχρονα με την χρηματοοικονομική κρίση. (Eurostat, Στατιστικές για την ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές)

Σε απόλυτες τιμές, τα 17 από τα 28 κράτη μέλη της ΕΕ κατέγραψαν αύξηση όσον αφορά την παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας την περίοδο 2007-2017. Η μεγαλύτερη αύξηση στην παραγωγή καταγράφηκε στην Ιταλία (5,5 εκατ. ΤΠ), ενώ τις αμέσως επόμενες θέσεις καταλάμβαναν η Ισπανία (4,1 εκατ. ΤΠ), η Σουηδία (3,7 εκατ. ΤΠ), η Ιρλανδία (3,4 εκατ. ΤΠ) και η Φινλανδία (2,0 εκατ. ΤΠ). Αντιθέτως, η παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας στο Ηνωμένο Βασίλειο μειώθηκε κατά 57,6 εκατ. ΤΠ, ενώ η Γερμανία (-20,6 εκατ. ΤΠ), οι Κάτω Χώρες (-18,5 εκατ. ΤΠ) και η

Δανία (-11,3 εκατ. ΤΠΠ) ανέφεραν επίσης συρρίκνωση μεγαλύτερη από 10 εκατ. ΤΠΠ. (Eurostat, Στατιστικές για την ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές)

Η μείωση της πρωτογενούς παραγωγής ενέργειας κάθε χώρας έχει ως αποτέλεσμα την εξάρτηση της από άλλες χώρες, καθώς η ίδια είναι ανεπαρκής σε αποθέματα ενέργειας της και δεν έχει την δυνατότητα να καλύψει τις ενεργειακές της ανάγκες. Το 2017 οι εισαγωγές ενέργειας στην ΕΕ-28 υπερέβησαν τις εξαγωγές κατά 948 εκατ. ΤΠΠ. Αναλογικά με το μέγεθος του πληθυσμού, οι μεγαλύτεροι καθαροί εισαγωγείς, το 2017, ήταν το Λουξεμβούργο, η Μάλτα και το Βέλγιο. Ωστόσο, η Ρωσία αποτελεί και αυτή τη περίοδο βασικό προμηθευτή ενέργειας για την Ε.Ε. (Πίνακας 1.1)

Energy Production, 2007 and 2017 (million tons of oil equivalent)								
	Total production of primary energy				Share of total production, 2017(%)			
	2007	2017	Nuclear Energy	Solid Fossil Fuels	Natural gas	Crude oil	Renewable energy	Other
EU-28	862.9	758.2	27.8	16.4	13.6	8.8	29.9	3.5
Belgium	14.2	14.9	74.0	0.0	0.0	0.0	21.6	4.4
Bulgaria	9.9	11.7	33.8	48.6	0.6	0.2	16.6	0.3
Czechia	34.0	27.3	25.7	55.5	0.7	0.4	16.3	1.5
Denmark	27.2	15.9	0.0	0.0	27.4	43.6	26.5	2.4
Germany	136.4	115.8	17.0	34.1	5.2	1.9	36.8	5.0
Estonia	4.4	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	27.0	73.0
Ireland	1.4	4.9	0.0	0.0	58.6	0.0	23.5	17.9
Greece	10.2	7.5	0.0	60.9	0.1	1.9	37.1	0.0
Spain	30.1	34.2	44.2	3.3	0.1	0.4	51.3	0.8
France	133.5	132.2	78.6	0.0	0.0	0.6	19.6	1.2
Croatia	4.9	4.2	0.0	0.0	29.2	16.7	52.1	1.9
Italy	31.1	36.7	0.0	0.0	12.4	11.3	72.4	4.0
Cyprus	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	97.5	2.5
Latvia	1.8	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	99.7	0.3
Lithuania	3.8	1.8	0.0	0.0	0.0	3.2	94.4	2.3
Luxemburg	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	80.8	19.2
Hungary	10.8	11.1	36.6	11.5	12.7	6.4	28.6	4.2
Malta	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0
Netherlands	60.2	41.7	1.9	0.0	79.5	2.3	13.4	2.8
Austria	10.6	12.3	0.0	0.0	8.5	5.7	79.6	6.2
Poland	71.7	64.0	0.0	77.4	5.5	1.6	14.2	1.4
Portugal	4.6	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	97.1	2.9
Romania	27.8	25.5	11.4	17.5	33.5	13.8	22.9	0.9

Slovenia	3.4	3.5	42.3	26.6	0.2	0.0	29.4	1.5
Slovakia	5.8	6.4	62.6	7.0	1.8	0.1	25.4	3.1
Finland	16.0	18.1	29.8	0.0	0.0	0.0	64.5	5.6
Sweden	32.9	36.6	44.7	0.0	0.0	0.0	53.0	2.3
United Kingdom	175.8	118.1	12.8	1.6	30.5	37.8	13.2	4.2
Iceland	3.9	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0
Norway	214.9	213.4	0.0	0.0	50.9	37.1	6.6	5.3
Montenegro	0.5	0.6	0.0	51.5	0.0	0.0	48.5	0.0
North Macedonia	1.6	1.2	0.0	73.4	0.0	0.0	26.6	0.0
Albania	1.1	1.6	0.0	4.1	2.3	58.7	34.9	0.0
Serbia	10.5	10.5	0.0	68.8	3.7	8.9	18.1	0.5
Turkey	27.5	36.5	0.0	43.0	0.8	7.4	48.6	0.2
Bosnia and Herzegovina		4.6	0.0	78.1	0.0	0.0	21.9	0.0
Kosovo (*)	1.4	1.8	0.0	78.7	0.0	0.0	21.3	0.0
Ukraine	82.2	58.4	38.6	23.2	26.5	2.6	7.7	1.5
Georgia		1.3	0.0	8.2	0.5	2.4	88.9	0.0
Note: Category "Other" induces natural gas liquids, additives and oxygenates (excluding biofuel portion), other hydrocarbons, peat, oil shale and oil sands, industrial waste (non-renewable municipal waste).								
(*) This designation is without prejudice to position on status, and is in line with UNSCR 1244/1999 and the ICJ Opinion on the Kosovo declaration of independence								
Source Eurostat (online data code: nrg_bal_c)								

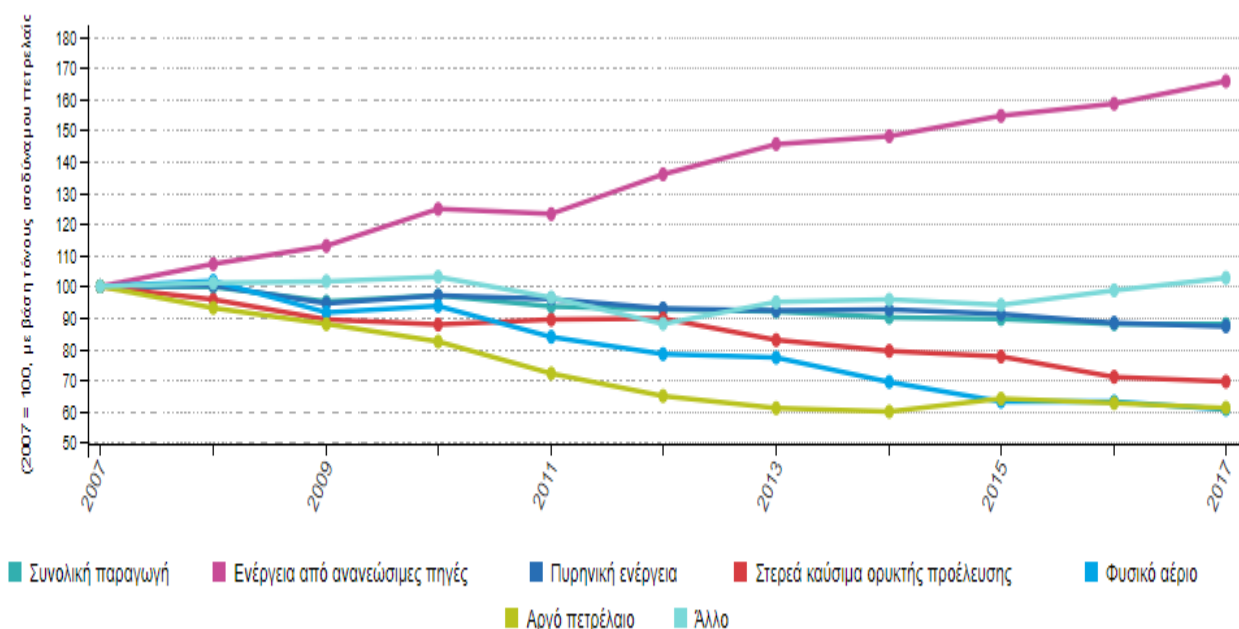
Πίνακας 1.1: Παραγωγή ενέργειας, 2007 και 2017(εκατομμύρια τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου)

Πηγή: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>

Το 2017 η συμβολή των ΑΠΕ στη παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας είναι πλέον σημαντική αφού αποτελούν το 29,9% της συνολικής παραγωγής ενέργειας στη Ε.Ε των 28.

Η αύξηση του μεριδίου των ΑΠΕ στην πρωτογενή παραγωγή ενέργειας ήταν ομοιόμορφη την περίοδο 2007-2017 κατά την οποία η άνοδος που παρατηρείται είναι της τάξης του 65,6% - Διάγραμμα 1.1. Επίσης, όσων αφορά τα υπόλοιπα καύσιμα όπως εμφανίζονται στο -Διάγραμμα 1, οι μεγαλύτερες μειώσεις καταγράφηκαν για το φυσικό αέριο (-39,4%), το αργό πετρέλαιο (-38,9%) και τα στερεά ορυκτά καύσιμα (-30,5%), ενώ μικρότερη μείωση (-12,8%) καταγράφηκε για την πυρηνική ενέργεια. (Eurostat, Παραγωγή και εισαγωγές ενέργειας)

Εξέλιξη της παραγωγής πρωτογενούς ενέργειας (ανά είδος καυσίμου), ΕΕ-28, 2007-2017



Πηγή: Eurostat (διαδικτυακός κωδικός δεδομένων: nrg_bal_c)

eurostat

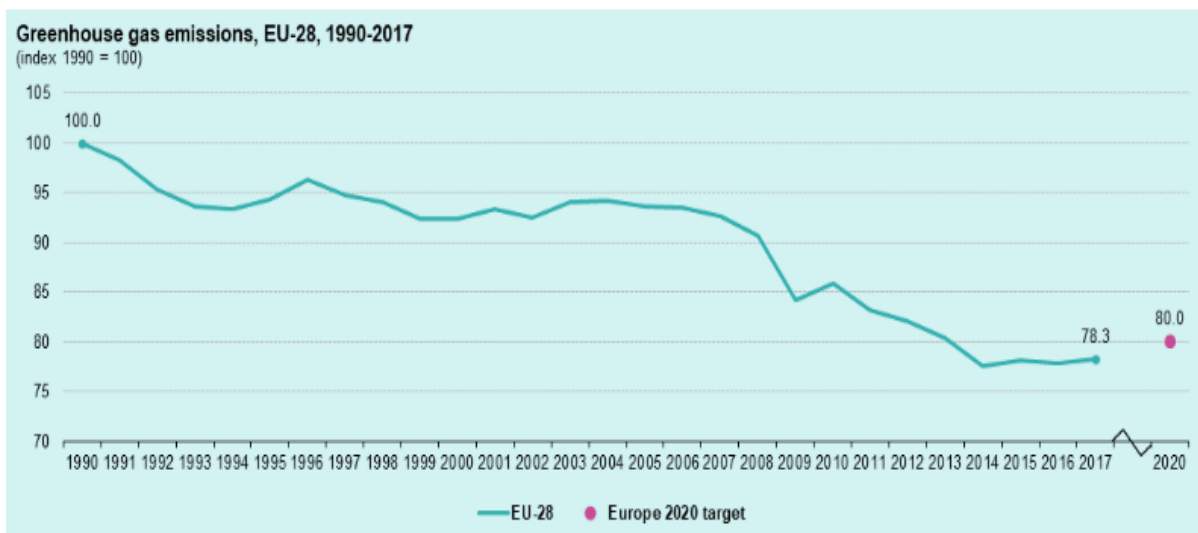
Διάγραμμα 1.1: Εξέλιξη της παραγωγής πρωτογενούς ενέργειας (ανά είδος καυσίμου), Ε.Ε., 2007-2017.

Πηγή: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_production_and_imports

Μελετώντας το Διάγραμμα 1.1, παρατηρούμε ότι μέχρι το 2017 στην Ε.Ε. υπήρξε μείωση των εκπομπών αερίου του θερμοκηπίου κατά 21,7% σε σύγκριση με το 1990. Μεταξύ των ετών 1990 και 1994 συνέβη μια σημαντική πτώση της τάξης του 6,7%, η οποία μπορεί να αποδοθεί στις διαρθρωτικές αλλαγές στην οικονομία, στον εκσυγχρονισμό της βιομηχανίας αλλά και στη μετάβαση από τον άνθρακα στο φυσικό αέριο. Αν και η κατανάλωση ενέργειας αυξάνεται μετά 1998 και 2007 φαίνεται οι εκπομπές να έχουν σταθεροποιηθεί περίπου στο 92-94% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Το γεγονός αυτό είναι αποτέλεσμα της μείωσης της υγειονομικής ταφής, της βελτιωμένης διαχείρισης των αποβλήτων, της μείωσης ζωικής παραγωγής και χρήσης αζωτούχων λιπασμάτων και τέλος της σταδιακής μετάβασης από τα ορυκτά καύσιμα στις ΑΠΕ και στο φυσικό αέριο. (Eurostat, Παραγωγή και εισαγωγές ενέργειας)

Όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 1.2, κατά τη περίοδο 2008-2009 παρουσιάστηκε η πιο απότομη μονοετής πτώση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (-7,2%). Την περίοδο αυτή, λόγω της οικονομικής κρίσης υπήρξε μείωση στη βιομηχανική παραγωγή, των όγκο των μεταφορών και στη ζήτηση για ενέργεια. Στη συνέχεια των επόμενων ετών αρκετοί τομείς στην Ε.Ε. ανακάμπτουν ξανά. (Eurostat, Παραγωγή και εισαγωγές ενέργειας)

Μεταξύ 2010 και 2014, συμβαίνει μια περεταίρω μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου η οποία οφείλεται κυρίως σε τρεις παράγοντες: τη βελτίωση της ενεργειακής έντασης της Ε.Ε., στη ραγδαία αύξηση των ΑΠΕ και στις συνέπειες της οικονομικής επιβράδυνσης. Ωστόσο, το 2017 οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ήταν 1,01% υψηλότερες από αυτές του 2014. Αυτό συμβαίνει επειδή τα αποτελέσματα από τις αλλαγές της ενεργειακής πολιτικής αντισταθμίζονται από τις οδικές μεταφορές και τη βιομηχανία. (Eurostat, Europe 2020 indicators - climate change and energy)



Note: Total emissions, including international aviation and indirect CO₂, but excluding emissions from land use, land use change, and forestry (LULUCF).
Source: EEA, Eurostat (online data code: l2020_30)

eurostat

Διάγραμμα 1.2: Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, Ε.Ε.-28, 1990-2017

Πηγή: Eurostat, Europe 2020 indicators - climate change and energy

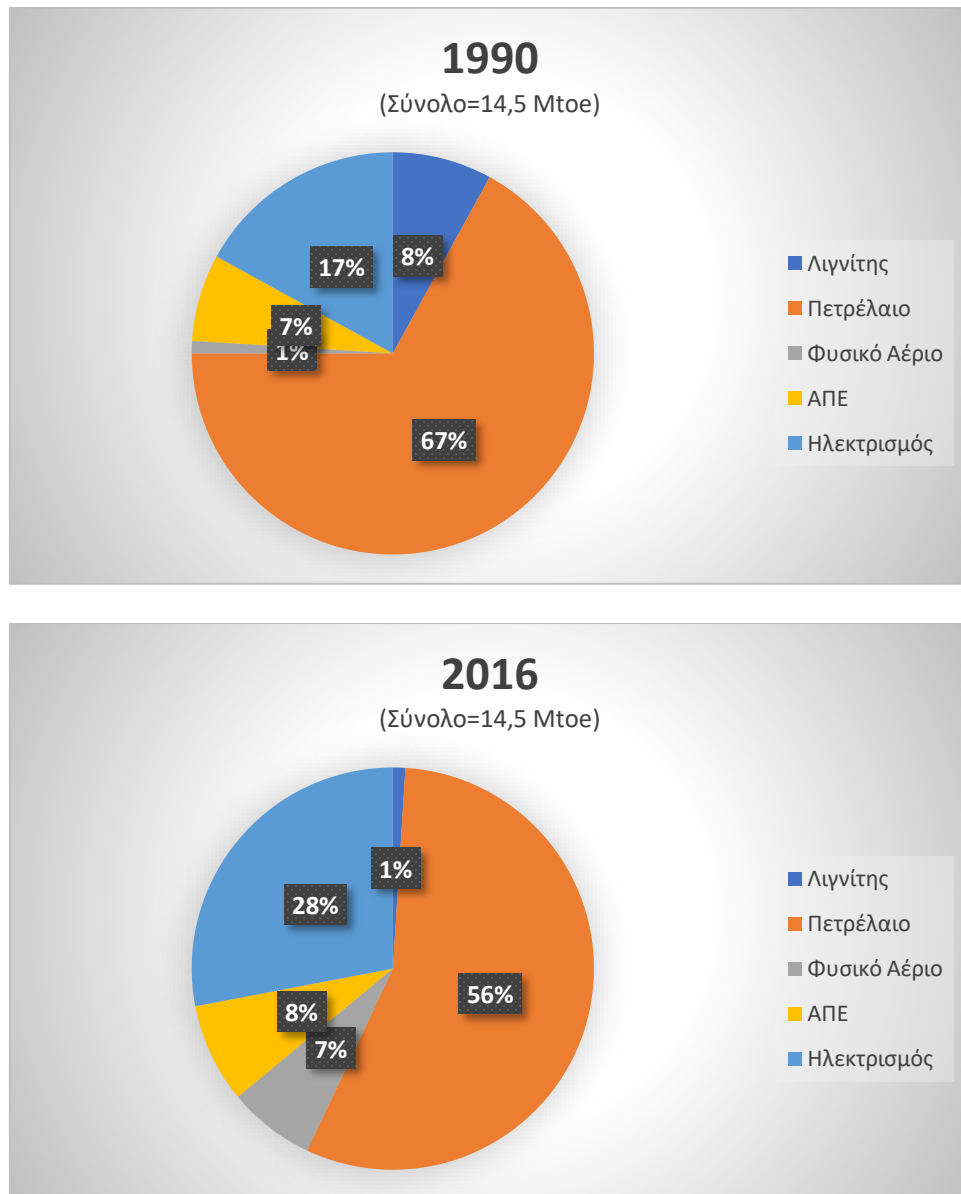
1.5.2 Η ενεργειακή αγορά στην Ελλάδα

Από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 μέχρι και σήμερα, το ενεργειακό σύστημα της Ελλάδας διαμορφώνεται σύμφωνα με τις εκάστοτε απαιτήσεις της εθνικής οικονομίας, τις προτιμήσεις των καταναλωτών, αλλά και τις ευρωπαϊκές πολιτικές για την ενέργεια, το περιβάλλον και την ανάπτυξη.

Σήμερα αρκετοί από τους στόχους έχουν επιτευχθεί. Μελετώντας την εξέλιξη του ενεργειακού ισοζυγίου της Ελλάδας παρατηρούμε, όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 1.3, ότι το 1990 και το 2016 το φυσικό αέριο όσο και οι ΑΠΕ απουσιάζουν από τον ενεργειακό μείγμα της χώρας. Όσον αφορά την συνολική τελική κατανάλωση στην Ελλάδα, το μερίδιο των ΑΠΕ ανήλθε στο 8% το 2016, ενώ από το 28% του μεριδίου του ηλεκτρισμού, περίπου 5% αντιστοιχεί και πάλι στις ΑΠΕ. Συνεπώς, το συνολικό μερίδιο των ΑΠΕ διαμορφώνεται στο 13% της συνολικής τελικής κατανάλωσης. Είναι φανερό ότι, τα τελευταία 25 χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί θετικές εξελίξεις.

Σύμφωνα με στοιχεία του ΥΠΕΝ, το μερίδιο των ΑΠΕ στην ακαθάριστη κατανάλωση ενέργειας διαμορφώθηκε σε 15,3% το 2016, δηλαδή αυξήθηκε σχεδόν κατά 50% σε σύγκριση με το 2010. Αντίστοιχα, το μερίδιο της ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ ανήλθε στο 26,5% της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας το 2016, ενώ το μερίδιο των μη ελεγχόμενων σταθμών ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανήλθε σε 19% το 2016. Η ανάπτυξη του κλάδου της μη ελεγχόμενης παραγωγής ΑΠΕ (φωτοβολταϊκά, αιολικά) και η πτώση της συνολικής ζήτησης για ηλεκτρική ενέργεια κατά την τελευταία δεκαετία είχε ως αποτέλεσμα την άνοδο των μεριδίων των ΑΠΕ.

Δυστυχώς, παρά την αύξηση της χρήσης φυσικού αερίου τα τελευταία χρόνια η παραγωγή ενέργειας μέσω της χρήσης συμβατικών καυσίμων εξακολουθεί αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό στην τελική κατανάλωση ενέργειας. Επιπλέον, ενώ η διείσδυση στις ΑΠΕ είχε αυξητική τάση λόγω των πολιτικών που εφαρμόστηκαν στην συνέχεια σημειώθηκε ύφεση. Με την βελτίωση της ενεργειακής πολιτικής της χώρας και των θεσμών της οι ΑΠΕ έχουν την δυνατότητα να αυξήσουν το μερίδιο τους στη τελική κατανάλωση ενέργειας. Η πορεία για την υλοποίηση κοινών ενεργειακών στόχων μέσω της υιοθέτησης ευρωπαϊκών πολιτικών για την αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου μετά την συμφωνία των Παρισίων έχει φέρει ήδη αποτελέσματα. (<http://ikee.lib.auth.gr/record/134028/files/GRI-2014-12058.pdf>)



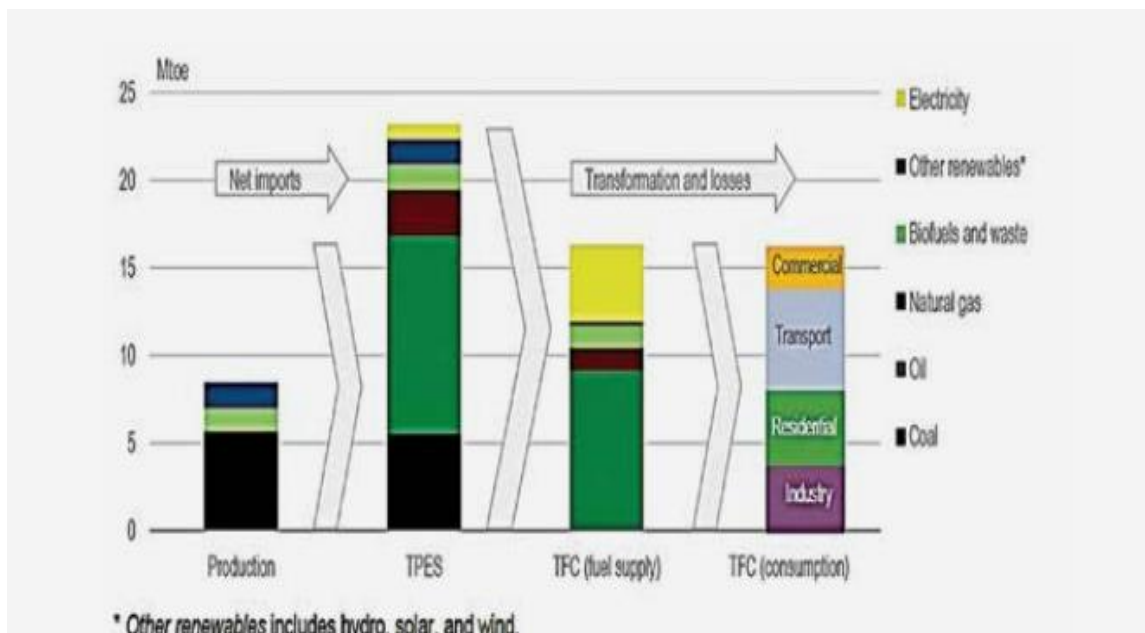
Διάγραμμα 1.3: Συνολική τελική κατανάλωση καυσίμων (TFC) στην Ελλάδα, 1990 και 2016

Πηγή: <http://ikee.lib.auth.gr/record/134028/files/GRI-2014-12058.pdf>

1.5.3 Προσφορά και Ζήτηση

Η Ελλάδα για να καλύψει τις ανάγκες της για ηλεκτρική ενέργεια παράγει μεγάλη ποσότητα λιγνίτη με αποτέλεσμα ο λιγνίτης να αποτελεί το ένα τρίτο της συνολικής παραγωγής

ενέργειας αυτή τη περίοδο. Παρόλο που τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ (φωτοβολταϊκά, αιολικά, υδροηλεκτρικά) το πετρέλαιο εξακολουθεί να είναι το κύριο καύσιμο και η χώρα να εξαρτάται σχεδόν εξ ολοκλήρου από αυτό. Ο τομέας των μεταφορών είναι αυτός με τη μεγαλύτερη ανάγκη για πετρέλαιο ενώ ακολουθεί και ο οικιακός τομέας που χρειάζεται επίσης μεγάλες ποσότητες πετρελαίου. (Διάγραμμα 1.4)



Διάγραμμα 1.4: Συνολική Εικόνα Παραγωγής Ενέργειας, Συνολικής Παροχής Πρωτογενούς Ενέργειας (TPES) και Τελικής Κατανάλωσης Καυσίμων (TFC) στην Ελλάδα, 2015

Πηγή: <https://www.iene.gr/articlefiles/file/meletes/iene-meleti-2019.pdf>

1.5.4 Στόχοι Ενεργειακής Πολιτικής για την Ελλάδα

Ευρωπαϊκοί Στόχοι

Σήμερα, η Ευρώπη αντιμετωπίζει μια σειρά προκλήσεων ώστε να ελαχιστοποιήσει το ενεργειακό αντίκτυπο στο περιβάλλον και να αντιμετωπίσει την κλιματική αλλαγή. Για να

αντιμετωπίσει τις προκλήσεις αυτές που αφορούν κυρίως την αυξανόμενη ζήτηση για ενέργεια, τις διακυμάνσεις των τιμών της ενέργειας, τα ενεργειακά αποθέματα και την επείγουσα ανάγκη για μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου πρέπει να εφαρμόσει μια ικανή ευρωπαϊκή ενεργειακή στρατηγική. Η ενεργειακή πολιτική της ΕΕ έχει 3 κύριους στόχους:

1. ασφάλεια εφοδιασμού
2. ανταγωνιστικότητα
3. βιωσιμότητα και αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

Η Ε.Ε. έχει θέσει ορισμένους στόχους οι οποίοι πρέπει να επιτευχθούν το 2020, 2030 και 2050 αντίστοιχα.

Οι στόχοι του 2020 εμπεριέχουν:

1. πτώση κατά 20% των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990
2. αύξηση της συμβολής των ΑΠΕ στην τελική ενεργειακή κατανάλωση τουλάχιστον κατά 20%
3. αύξηση τουλάχιστον κατά 20% της ενεργειακής απόδοσης.

Οι στόχοι του 2030 εμπεριέχουν:

1. μείωση κατά 40% των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990
2. αύξηση της συμβολής των ΑΠΕ στην τελική ενεργειακή κατανάλωση τουλάχιστον κατά 32%
3. αύξηση κατά 32.5% της ενεργειακής αποδοτικότητας
4. προώθηση ηλεκτρικών διασυνδέσεων σε ποσοστό 15% (δηλ. το 15% της ενέργειας που παράγεται στην ΕΕ πρέπει να μπορεί να εξάγεται και προς άλλες χώρες της ΕΕ).

(Ο Ελληνικός Ενεργειακός Τομέας, Ετήσια Έκθεση 2019)

Τέλος, όσον αφορά τους στόχους του 2050 αυτοί περιλαμβάνουν:

1. μείωση κατά 80-90% των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990

Σήμερα, οι επιδόσεις της Ε.Ε. δείχνουν ότι οι στόχοι του 2020 μπορούν να επιτευχθούν διότι,

- μέχρι το 2015 οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μειώθηκαν κατά 18%
- το 2015 η παραγόμενη ενέργεια από ΑΠΕ κάλυψε το 14,1%
- τέλος, έως το 2020 η ενεργειακή αποδοτικότητα προβλέπεται να φτάσει 18-20%

(Ο Ελληνικός Ενεργειακός Τομέας, Ετήσια Έκθεση 2019)

Εθνικοί Στόχοι

Κάθε κράτος μέλος της Ε.Ε. έχει ορισμένους στόχους που έχουν τεθεί με σκοπό τη χάραξη μια ενιαίας περιβαλλοντικής πολιτικής. (Ο Ελληνικός Ενεργειακός Τομέας, Ετήσια Έκθεση 2019)

Οι εθνικοί στόχοι για τις Α.Π.Ε., με βάση την Οδηγία 2009/28/EK (EEL, 140/2009), καθορίζονται μέχρι το έτος 2020 ως εξής:

α) Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 20%. Για τη συμμόρφωση με το στόχο, το μέγιστο από κοινού μερίδιο των βιοκαυσίμων και βιορευστών που παράγονται από σιτηρά και άλλα αμυλούχα, σακχαρούχα και ελαιούχα φυτά και από φυτά που καλλιεργούνται ως βασικές καλλιέργειες κυρίως για ενεργειακούς σκοπούς σε γεωργικές γαίες δεν υπερβαίνει την ποσότητα ενέργειας η οποία αντιστοιχεί στο μέγιστο μερίδιο που ορίζεται στην περίπτωση δ' της παραγράφου 6 του άρθρου 2Α.

β) Συμμετοχή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό τουλάχιστον 40%. Με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, που εκδίδεται μέσα σε τρεις μήνες από τη δημοσίευση του παρόντος, καθορίζεται η επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος και η κατανομή της στο χρόνο μεταξύ των διαφόρων τεχνολογιών Α.Π.Ε., οι κατηγορίες παραγωγών, η κατανομή μεταξύ αυτών, οι λόγοι αναθεώρησης της, καθώς και οι λόγοι και η διαδικασία για τυχόν αναγκαία αναστολή της αδειοδοτικής διαδικασίας και άρση αυτής. Ως εγκατεστημένη Ισχύς θεωρείται το σύνολο της

ισχύος των σταθμών παραγωγής σε κανονική και δοκιμαστική λειτουργία. Η απόφαση αυτή αναθεωρείται ανά διετία ή και νωρίτερα, εάν συντρέχουν σημαντικοί λόγοι που σχετίζονται με την επίτευξη των στόχων της Οδηγίας 2009/28/ΕΚ.

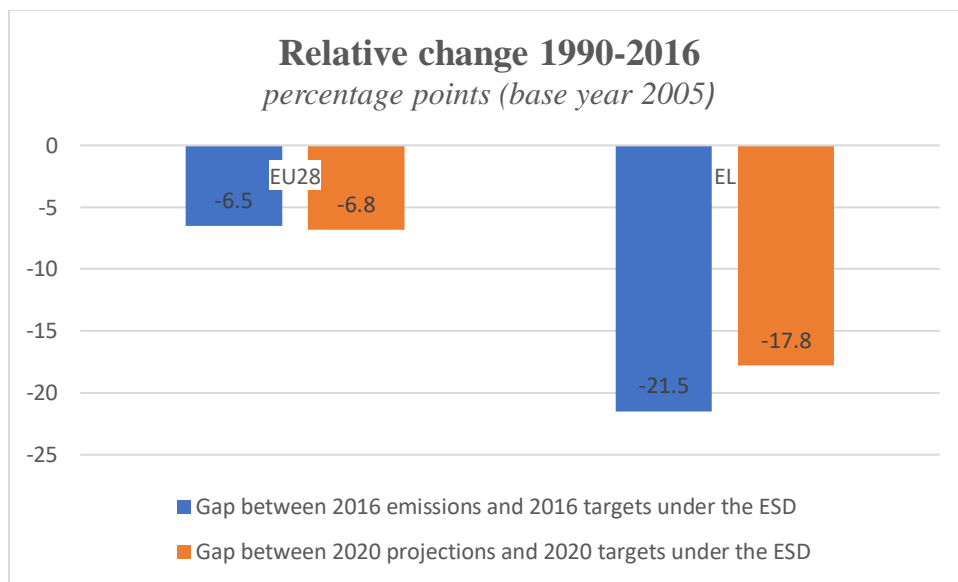
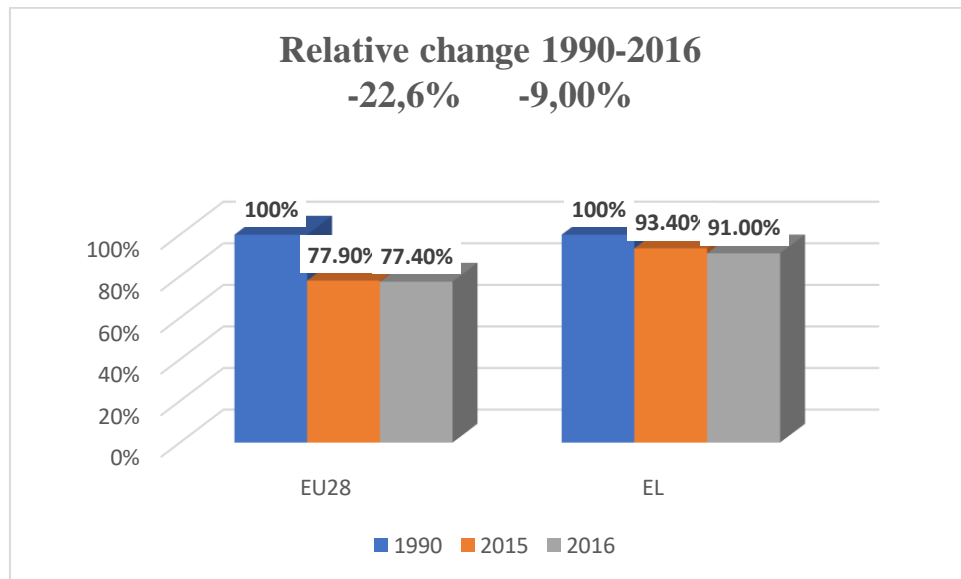
γ) Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη σε ποσοστό τουλάχιστον 20%.

δ) Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας στις μεταφορές σε ποσοστό τουλάχιστον 10%.

https://www.kodiko.gr/nomologia/document_navigation/11708/nomos-3468-2006

ε) 20% μείωση στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το 2020, σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990, και τουλάχιστον 40% μείωση μέχρι το 2030.

Σύμφωνα με τις εθνικές προβλέψεις οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου στην Ελλάδα θα γνωρίσουν πτώση της τάξης του 22% μεταξύ 2005 και 2020 (Διάγραμμα 1.5). Άρα, αναμένεται ότι ο τελευταίος στόχος θα επιτευχθεί. Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος εκτιμά ότι οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην Ελλάδα είναι περισσότερες από το μέσο όρο της Ε.Ε.-28 (Διάγραμμα 1.5). Παρατηρήθηκε επίσης, ότι το 2016 οι κατά κεφαλήν εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην Ελλάδα ήταν ελάχιστα πάνω από το μέσο όρο της Ε.Ε.-28 (2%) σε αντίθεση με το 1990 που ήταν κατά 13% χαμηλότερες από το μέσο όρο της Ε.Ε.-28. (Ο Ελληνικός Ενεργειακός Τομέας, Ετήσια Έκθεση 2019)



The graph shows emissions change from 2005 to 2016/2020 (in percentage), 2016/2020 target (in percentage), negative gap over achievement

Διάγραμμα 1.5: Μειώσεις Εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου (LHS) και Απόκλιση μεταξύ Εκπομπών και Στόχων υπό τον Κανονισμό για τον Επιμερισμό των Προσπαθειών (RHS)

Πηγή: <https://www.iene.gr/articlefiles/file/meletes/iene-meleti-2019.pdf>

1.6 Ανακεφαλαίωση

Η χρήση ΑΠΕ έχει καταστεί πλέον επιτακτική καθώς αποδεδειγμένα πλέον το 95% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης οφείλεται στη χρήση συμβατικών καυσίμων. Η χρήση τους όχι μόνο μπορεί να αντιμετωπίσει την ρύπανση του περιβάλλοντος αλλά προσφέρει και πληθώρα άλλων πλεονεκτημάτων όπως η μείωση του κόστους και η δημιουργία νέων θέσεων εργασίας όπως προαναφέρθηκε και παραπάνω εκτενέστερα. Κοινός στόχος όλων των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης αποτελεί η αύξηση της χρήσης των ΑΠΕ ώστε να ελαχιστοποιηθεί το περιβαλλοντικό αντίκτυπο από τη χρήση των συμβατικών μορφών ενέργειας. Τέλος, μέχρι το 2030 έχει τεθεί στόχος για αύξηση του ποσοστού συμβολής των ΑΠΕ στη τελική ενεργειακή κατανάλωση τουλάχιστον 32%.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΒΙΟΜΑΖΑ

2.1 Εισαγωγή

Ως βιομάζα, σύμφωνα με το ΝΟΜΟ 3468/2006 άρθρο 2 α παρ.7, ορίζεται το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα προϊόντων, αποβλήτων και υπολειμμάτων (residues) βιολογικής προέλευσης από τη γεωργία (συμπεριλαμβανομένων των φυτικών και των ζωικών ουσιών), τη δασοκομία και τους συναφείς κλάδους βιομηχανικών δραστηριοτήτων (related industries), συμπεριλαμβανομένης της αλιείας και της υδατοκαλλιέργειας, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών και των αστικών αποβλήτων και απορριμμάτων (industrial and municipal waste).

Κάθε οργανική ύλη που προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το δυτικό κόσμο μπορεί να θεωρηθεί ως βιομάζα. Η βιομάζα θεωρείται ανανεώσιμη πηγή ενέργειας καθώς οι φυτικοί οργανισμοί δομούνται μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης μετατρέποντας την ηλιακή ενέργεια σε χημική, η οποία απελευθερώνεται για παράδειγμα κατά τη καύση τους. (agroenergy.gr) Η μετάβαση αυτή γίνεται με τη συνεισφορά του διοξειδίου του άνθρακα που απορροφάται από την ατμόσφαιρα αλλά και του νερού και άλλων ανόργανων στοιχείων τα οποία απορροφώνται από το έδαφος. Η διαδικασία αυτή μπορεί να παρασταθεί γραφικά ως εξής: (cres.gr) http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf

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

→

Βιομάζα + Οξυγόνο

Επίσης, οι ζωικοί οργανισμοί τρέφονται με φυτά άρα η χημική ενέργεια μεταφέρεται και σε αυτούς αλλά και στα απόβλητά τους. (agroenergy.gr)

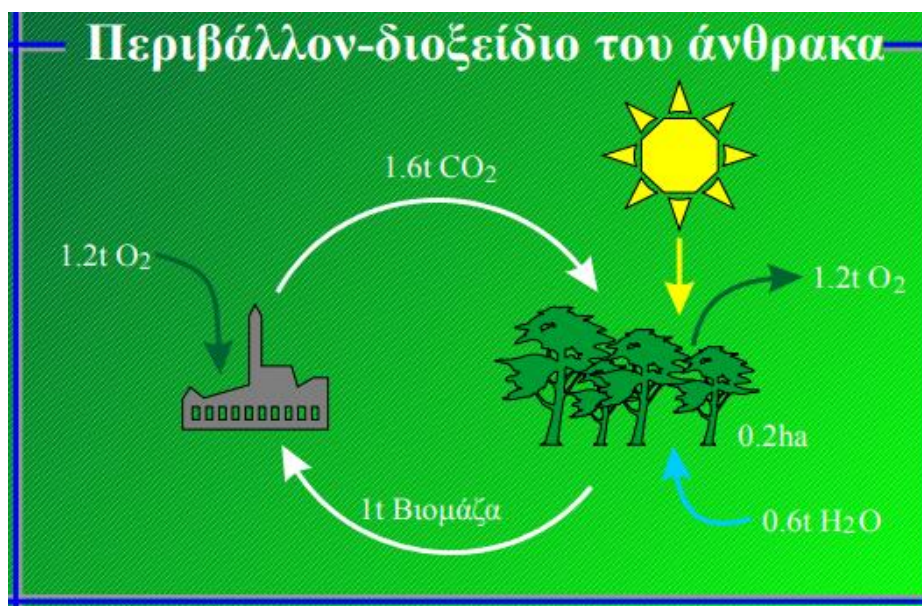
Η βιομάζα χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Συγκεκριμένα, μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών (θέρμανσης, ψύξης, ηλεκτρισμού κ.λπ.) αλλά και για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων (βιοαιθανόλη, βιοντήζελ κ.λπ.). (ΥΠΕΚΑ, Βιομάζα/ Βιορευστά/ Βιοαέριο)

Η βιομάζα αποτελεί την παλιότερη μορφή ενέργειας για τον άνθρωπο. Σήμερα, λόγω της μόλυνσης του περιβάλλοντος αλλά και λόγω της κρίσης που αντιμετωπίζουν τα ορυκτά καύσιμα, οι πολίτες στρέφονται στην αξιοποίηση και άλλων πηγών ενέργειας.

2.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Βιομάζας

Τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα της χρήσης βιομάζας για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών είναι:

- Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO_2 στην ατμόσφαιρα ελαττώνονται καθώς μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης των φυτών απορροφώνται μεγάλες ποσότητες CO_2 . (Διάγραμμα 2.1)



Διάγραμμα 2.1: Ο Κύκλος του CO_2 στην Ατμόσφαιρα

Πηγή: http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf

- Το φαινόμενο της όξινης βροχής που προκαλείται λόγω του διοξειδίου του θείου (SO₂) το οποίο παράγεται από τη καύση των ορυκτών καυσίμων, περιορίζεται καθώς η βιομάζα περιέχει ελάχιστο.
- Η βιομάζα παράγεται εγχώρια με αποτέλεσμα η ενεργειακή εξάρτηση από άλλες χώρες να εκλείπει.
- Η αξιοποίηση της βιομάζας ευνοεί την αύξηση της απασχόλησης στον αγροτικό τομέα διότι η βιομάζα μπορεί να παραχθεί από διάφορες καλλιέργειες (π.χ. σόργο).

Ωστόσο, η αξιοποίηση της βιομάζας ενέχει και κάποια μειονεκτήματα,

- Περιέχει μεγάλη ποσότητα υγρασίας ενώ έχει και μεγάλο όγκο με αποτέλεσμα να δυσχεραίνει την εκμετάλλευση της.
- Παρουσιάζονται δυσκολίες όσων αφορά τη συλλογή, την αποθήκευση και τη μεταφορά στα κέντρα επεξεργασίας.
- Οι ειδικές εγκαταστάσεις που απαιτούνται για την αξιοποίηση της είναι αρκετά κοστοβόρες.
- Η τροφοδοσία των μονάδων επεξεργασίας της είναι δύσκολη λόγω της εποχικότητας της αλλά και της μεγάλης διασποράς.

Το κόστος παραμένει ανασταλτικός παράγοντας της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια υπάρχει σημαντική αύξηση της χρήσης καθώς τα οφέλη που αποδίδει είναι πολλά.

2.3 Μορφές Βιομάζας

Υπάρχουν δύο κατηγορίες βιομάζας:

1. Οι υπολειμματικές μορφές (π.χ. φυτικά υπολείμματα, ζωικά απόβλητα, αστικά λύματα).
2. Η βιομάζα που προέρχεται από ενεργειακές καλλιέργειες.

(ΥΠΕΚΑ, Βιομάζα/ Βιορευστά/ Βιοαέριο)

Η βιομάζα εμφανίζεται με τις εξής μορφές:

- Γεωργικά απόβλητα και υπολείμματα δηλαδή υπολείμματα από γεωργικές καλλιέργειες (κλαδιά, άχυρο σιτηρών, φύλλα, στελέχη κ.α.) αλλά και από την επεξεργασία των γεωργικών προϊόντων (πυρηνόξυλο, πυρήνες φρούτων κ.α.)



- Ενεργειακές καλλιέργειες δηλαδή καλλιεργούμενα ή αυτοφυή φυτά για την παραγωγή βιομάζας (π.χ. ηλίανθος, σόργος, αγριαγκινάρα, καλαμπόκι, ελαιοκράμβη κ.α.).



- Δασικά υπολείμματα και απόβλητα στα οποία περιλαμβάνονται τα καυσόξυλα, πριονίδια και ξυλάνθρακες.



- Απόβλητα κτηνοτροφίας στα οποία περιλαμβάνονται τα απόβλητα από κτηνοτροφικές μονάδες όπως βουστάσια, χοιροστάσια, πτηνοτροφεία (π.χ. ζωικά περιττώματα, αχυροστρωμή κ.α.) αλλά και αλιευτικά απόβλητα.



- Άλλα αγροτοβιομηχανικά απόβλητα και υπολείμματα στα οποία ανήκουν τα απόβλητα από σφαγεία, από βιομηχανίες τροφίμων.



- Ελαιούχες ύλες δηλαδή χρησιμοποιημένα φυτικά και ζωικά λίπη.



- Αστικά απόβλητα στα οποία ανήκει το οργανικό κλάσμα των απορριμμάτων, των βιομηχανικών λυμάτων και των αστικών αποβλήτων.



(agroenergy.gr, Βιομάζα)

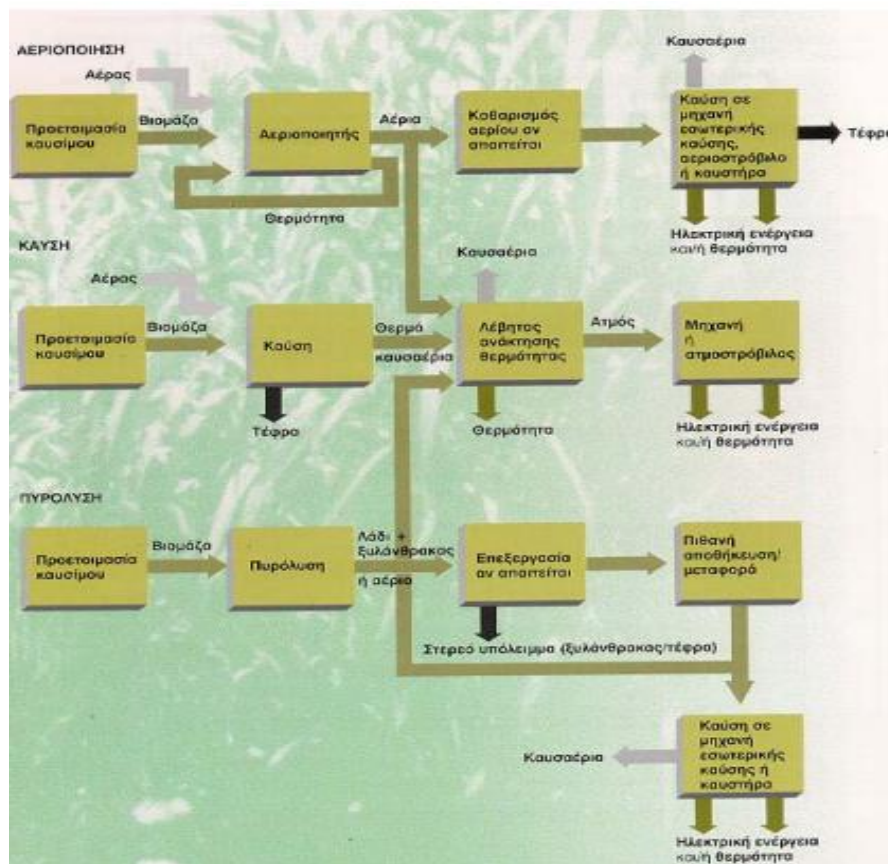
Όσον αφορά την Ελλάδα, η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας γίνεται με τις εξής μορφές:

- Γεωργικά υπολείμματα από αγρούς: υπολείμματα καλαμποκιού, υπολείμματα σιτηρών κ.α.
- Βιομάζα η οποία προέρχεται από τα δάση: καυσόξυλα
- Ενεργειακές καλλιέργειες: σόργος, ευκάλυπτος. Σε σύγκριση με τις δυο παραπάνω κατηγορίες οι ενεργειακές καλλιέργειες παράγονται σε μεγαλύτερες ποσότητες και επιπλέον η συγκομιδή τους είναι ευκολότερη
- Κτηνοτροφικά απόβλητα
- Αγροτοβιομηχανικά απόβλητα
- Αστικά απόβλητα

(ΥΠΕΚΑ, Βιομάζα/ Βιορευστά/ Βιοαέριο)

2.4 Ενεργειακή Αξιοποίηση Βιομάζας- Χρήση

Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας στοχεύει στη παραγωγή θερμότητας, ηλεκτρισμού και μεταφορές μέσω της παραγωγής βιοκαυσίμων. Για την επιτυχή ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας, πρέπει αυτή να επεξεργάζεται ανάλογα με την πρώτη της ύλη. Οι διεργασίες για την αξιοποίησή της χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: τις θερμοχημικές, τις χημικές (καύση) και τις βιοχημικές. Η πρώτη διεργασία περιλαμβάνει την καύση, την αεριοποίηση και την πυρόλυση. Στη δεύτερη ανήκει η μετεστεροποίηση και στην τρίτη κατηγορία διεργασιών ανήκει η αναερόβια χώνευση αλλά η αλκοολική ζύμωση. Η ηλεκτροπαραγωγή είναι η πιο αποδοτική τεχνολογικά με αποτέλεσμα να επιλέγεται κατά κόρων η καύση στερεής βιομάζας και στη συνέχεια να αξιοποιείται το βιοαέριο που παράγεται μέσω της αναερόβιας χώνευσης. (ΥΠΕΚΑ)



Πίνακας 2.1: Υπάρχουσες Τεχνολογίες Αξιοποίησης Βιομάζας

Πηγή: http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf

Οι κυριότερες εφαρμογές της αξιοποίησης της βιομάζας παρουσιάζονται παρακάτω.

1. Κάλυψη των αναγκών για θέρμανση/ ψύξη και ηλεκτρισμού σε γεωργικές και άλλες βιομηχανίες. Με τη συμπαραγωγή, δηλαδή τον συνδυασμό παραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, εξοικονομείται μεγάλο ποσοστό ενέργειας, συμβαίνει σημαντική μείωση στις εκπομπές ρύπων ενώ παράλληλα οι απώλειες ενέργειας κατά τη μεταφορά των καυσίμων ελαχιστοποιούνται. Ενδεικτικά, έχει καταγραφεί ότι η απόδοση για τα συστήματα συμπαραγωγής φτάνει το 75-85% σε σύγκριση με τα συμβατικά των οποίων η απόδοση είναι της τάξης του 15-40%.

2. Τηλεθέρμανση κατοικημένων περιοχών. Η τηλεθέρμανση αποτελεί έναν ακόμη τρόπο αξιοποίησης της βιομάζας. Μέσω δικτύου αγωγών μεταφέρεται θερμότητα από τα σημεία παραγωγής προς τα θερμαινόμενα κτίρια. Η συγκεκριμένη τεχνολογία παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα όπως: υψηλή απόδοση, αντιμετώπιση της ρύπανσης του πλανήτη και η ελαχιστοποίηση χρήσης συμβατικών καυσίμων.

3. Θέρμανση θερμοκηπίων. Στην Ελλάδα το 10% των θερμαινόμενων θερμοκηπίων αξιοποιούν κάποια μορφή βιομάζας.

4. Παραγωγή υγρών καυσίμων με βιοχημική μετατροπή βιομάζας. Αφορά κυρίως τη παραγωγή βιοαιθανόλης (οινοπνεύματος) μέσω της βιοχημικής διεργασίας. Παρόλο που η βιοαιθανόλη είναι αισθητά πιο ακριβή από την βενζίνη, παρατηρείται ότι προτιμάται περισσότερο, διότι αποτελεί πιο καθαρό καύσιμο και επίσης δίνει λύση σε αρκετά γεωργικά προβλήματα.

5. Βιοαέριο. Το βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας.

http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf

2.5 Μέθοδοι Επεξεργασίας Βιομάζας

Οι μέθοδοι επεξεργασίας της βιομάζας είναι οι εξής: η καύση, η αεριοποίηση, η αναερόβια χώνευση και η πυρόλυση.

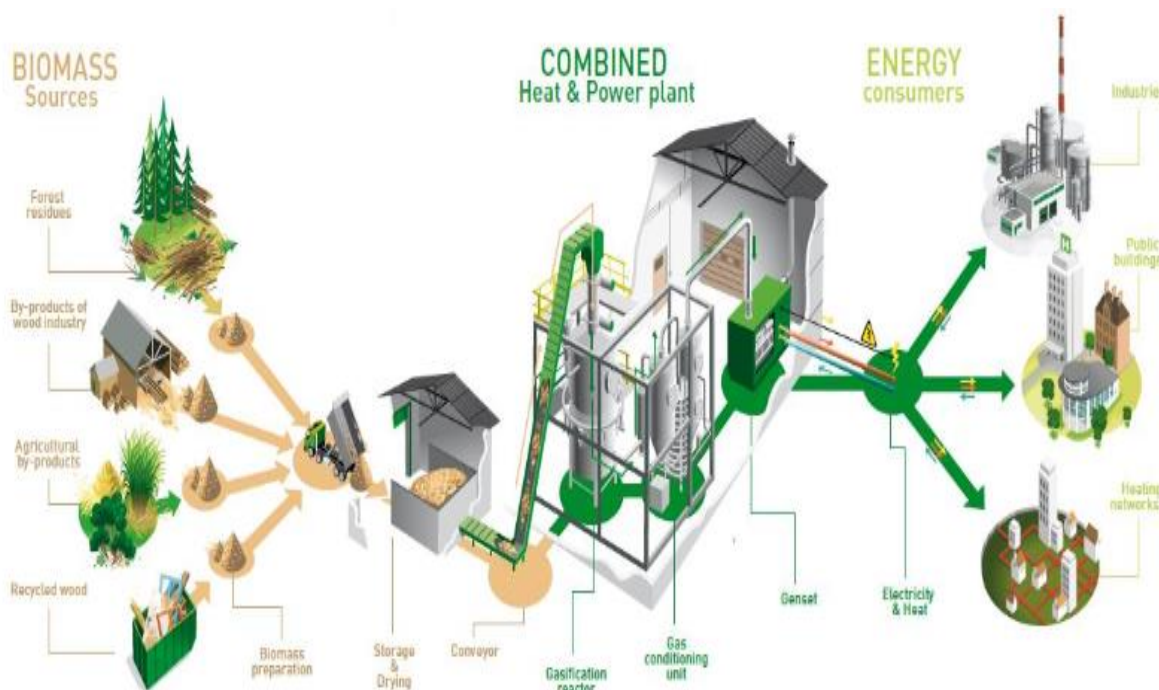
Με τη μέθοδο της καύσης οι οργανικές ύλες που αποτελούν τη βιομάζα ενώνονται με το διοξείδιο του άνθρακα και παράγουν θερμότητα, άνθρακα και νερό. Η θερμότητα που παράγεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για τη κάλυψη των αναγκών για θερμότητα είτε για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Μια μονάδα παραγωγής ενέργειας βασισμένη στη καύση βιομάζας αποτελείται από τα παρακάτω τμήματα :

- Χώρος αποθήκευσης βιομάζας
- Χώρος προκατεργασίας βιομάζας
- Μηχανοστάσιο

(<http://ypeka.gr>)

Η αεριοποίηση αποτελεί μια τεχνολογία η οποία μετατρέπει τη βιομάζα σε ενέργεια. Η βιομάζα πυρολύεται και αντιδρά με το οξυγόνο ή τον αέρα και μετατρέπεται σε αέριο το οποίο στη συνέχεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας.



Διάγραμμα 2.2: Παράδειγμα Μονάδας Αεριοποίησης Βιομάζας

Πηγή: <http://www.agroenergy.gr/>

Όσων αφορά την αναερόβια χώνευση, αποτελεί μια βιολογική διεργασία κατά την οποία το οργανικό φορτίο της διαθέσιμης βιομάζας μετατρέπεται σε αέριο (βιοαέριο) μέσω της δράσης μικροοργανισμών και με την απουσία οξυγόνου. (ΥΠΕΚΑ)

Τέλος, στην πυρόλυση η βιομάζα θερμαίνεται στους 450-500°C με έλλειψη αέρα. Υπό αυτές τις συνθήκες παράγονται ατμοί οργανικών ενώσεων, μη συμπυκνώσιμα αέρια και ρευστή πίσσα. Στη συνέχεια οι ατμοί αυτοί συμπυκνώνονται και δημιουργούν το έλαιο πυρόλυσης (pyrolysis oil) ή βιοέλαιο (bio-oil). (Ράπτη Σ., 2019)

2.6 Ανακεφαλαίωση

Η βιομάζα θεωρείται μία από τις σημαντικότερες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για την παραγωγή κυρίως θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Η χρήση βιομάζας συμβάλλει σημαντικά στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Η κάλυψη των αναγκών για θέρμανση και ηλεκτρισμό, η τηλεθέρμανση κατοικημένων περιοχών, η θέρμανση θερμοκηπίων, η παραγωγή υγρών καυσίμων και η παραγωγή βιοαερίου είναι οι κυριότερες εφαρμογές της βιομάζας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΒΙΟΑΕΡΙΟ

3.1 Εισαγωγή:

Στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι μέχρι το 2020 το 20% της κατανάλωσης ενέργειας να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές. Αναμένεται ότι η συνεισφορά της βιομάζας στη παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας θα είναι ζωτικής σημασίας. Συγκεκριμένα, αναμένεται ότι στο μέλλον τα 2/3 της ανανεώσιμης ενέργειας θα παράγεται από τη βιομάζα. Μια από τις πιο αποτελεσματικές τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας σε ενέργεια είναι η αναερόβια χώνευση (A.X.) η οποία μετατρέπει το βιοαποικοδομήσιμο μέρος της οργανικής ύλης σε βιοαέριο και υπολείμματα. Το βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, για καύσιμο στα οχήματα, ή να εκχυθεί στο δίκτυο αερίου μετά της αναβάθμισή του, ενώ χωνεμένο μέρος του μπορεί να ξανά χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα σε καλλιέργειες. Στα πλαίσια της Ευρώπης, η παραγωγή βιοαερίου έχει αυξηθεί 600% από το 1990 μέχρι το 2005. Ωστόσο, το ποσοστό διάδοσης της τεχνολογίας του βιοαερίου ποικίλει μεταξύ των ευρωπαϊκών χωρών ανάλογα με τα εθνικά πολιτικά προγράμματα και τους στόχους βιωσιμότητας αυτών. (Markou, 2016)

Μέχρι σήμερα, η παραγωγή βιοαερίου στην Ελλάδα είναι περιορισμένη, και σχετίζεται κυρίως με τα αέρια υγειονομικής ταφής ή τη διάσπαση της ιλύος των αστικών λυμάτων, που αντιπροσωπεύει το 95% των εγκαταστάσεων βιοαερίου. Ο περιορισμένος αριθμός εγκαταστάσεων βιοαερίου που λειτουργούν στον αγροτικό τομέα συνδέεται με το χαμηλό φόρο τροφοδοσίας (feed-in tariff) για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας οι οποίες μετατρέπουν τις επενδύσεις σε οικονομικά ασύμφορες. Παρόλα αυτά το 2010, πέρασε καινούργια νομοθεσία (αρ. 3851/2010) η οποία επικαιροποιήθηκε το 2014 (αρ. 4254/2014), αυξάνοντας το φόρο τροφοδοσίας (feed-in tariff) από 75^E/ MWh σε 190-230^E/ MWh για τον ηλεκτρισμό, ανάλογα με το μέγεθος των εγκαταστάσεων παραγωγής βιοαερίου και με το αν οι εγκαταστάσεις χρηματοδοτήθηκαν ή όχι από το κράτος. Η αύξηση αυτή του φόρου έχει ως

αποτέλεσμα την ενεργοποίηση του ενδιαφέροντος για παραγωγή βιοαερίου στη χώρα μας ενώ ήδη στον αγροτικό τομέα έχουν δημιουργηθεί εγκαταστάσεις παραγωγής βιοαερίου. (Markou, 2016)

3.2 Αναερόβια Χώνευση (Α.Χ.)

Η αναερόβια χώνευση αποτελεί μια βιοχημική διεργασία κατά την οποία το διοξείδιο του άνθρακα μετατρέπεται, μέσω επακόλουθων οξειδώσεων και μειώσεων, στην πιο οξειδωμένη μορφή του διοξειδίου του άνθρακα, και στην πιο μειωμένη μορφή, το μεθάνιο. Η βιολογική πορεία αυτή, καταλύεται από πολλούς μικροοργανισμούς οι οποίοι δρουν συνεργατικά υπό την απουσία οξυγόνου. Η αναερόβια χώνευση είναι υπεύθυνη για την ανακύκλωση του άνθρακα στα διάφορα περιβάλλοντα, συμπεριλαμβανομένων υδροβιότοπους, καλλιέργειες ρυζιού, ζωικά απόβλητα, υδάτινα λύματα και λιπάσματα. Επίσης, χρησιμοποιείται εκτενώς στη βιομηχανία για την αξιοποίηση των οργανικών λυμάτων. (Kougiás, 2018). Σε μια εγκατάσταση βιοαερίου το αποτέλεσμα της αναερόβιας χώνευσης είναι η παραγωγή βιοαερίου και κομπόστ. (<http://www.agroenergy.gr/>)

3.3 Παρούσα Κατάσταση και Δυναμικό του Βιοαερίου

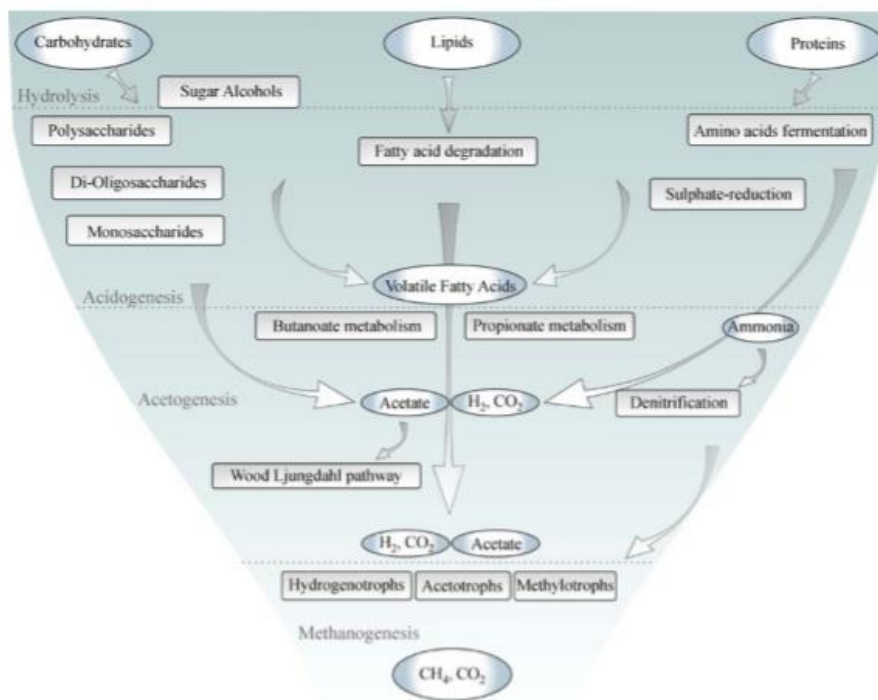
3.3.1 Παρούσα κατάσταση και τάσεις της Αναερόβιας Χώνευσης

Το γενικό μοντέλο της Αναερόβιας Χώνευσης οργανικής ύλης περιλαμβάνει τέσσερα συνεχή στάδια, την υδρόλυση, την οξεογένεση, την οξικογένεση και την μεθανογένεση. Τα στάδια αυτά για να γίνουν πλήρως κατανοητά πρέπει να υπάρξει έρευνα σε βάθος. (Kougiás, 2018)

Παρ' όλα αυτά οι γνώσεις για την διαδικασία παραγωγής βιοαερίου έχουν αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Νέα υποκατάστατα (π.χ. άλγη), νέες εφαρμογές (π.χ. αναβάθμιση του βιοαερίου), λύσεις στα προβλήματα της αναερόβιας χώνευσης (π.χ. η οξύτητα της αμμωνίας) αποτελούν τεχνολογικές και μεθοδολογικές βελτιώσεις οι οποίες επιτεύχθηκαν πρόσφατα.

Ειδικότερα, η σημαντική μείωση του κόστους και του απαιτούμενου χρόνου στις τεχνικές υψηλής αλληλουχίας διεκπεραίωσης ενεργοποίησαν μια σημαντική πρόοδο στην κατανόηση

της πολύπλοκης μικροβιακής αναερόβιας χώνευσης. Όχι μόνο πληροφορίες σχετικά με την πολύπλοκη μικροβιακή σύνθεση αλλά και για τις αντιδράσεις των γονιδίων σε διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες έχουν γίνει γνωστές, παρέχοντας απίστευτες δυνατότητες οι οποίες μπορούν να διερευνηθούν στο μέλλον. Σήμερα, προηγμένα εργαλεία χρησιμοποιούνται για την αποκρυπτογράφηση του «μαύρου κουτιού» τη αναερόβιας χώνευσης. Έτσι, χρησιμοποιούνται γονιδιωματική - μεταγονιδιωματική σε συνδυασμό με μετα-μεταγραφική, μετα-πρωτεϊνωματική, μεταβολικομική ή σταθερή ανίχνευση ισοτόπων για τη συσχέτιση συγκεκριμένων μεταβολικών διεργασιών με μικροβιακά είδη. Εκτός από τις συντροφικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μελών του μικροβιακού της Α.Χ., αποδείχθηκε πρόσφατα ότι η τροφική αλυσίδα Α.Χ. μοιάζει με ένα χωνί (Διάγραμμα 3.1), με τη συμμετοχή νέων μικροοργανισμών με ευρύ λειτουργικό ρόλο κατά τα αρχικά στάδια της διαδικασίας. Στη συνέχεια, η κοινότητα γίνεται όλο και πιο εξειδικευμένη, ενώ φτάνει στο τελευταίο βήμα της μεθανογένεσης. (Kougias, 2018)

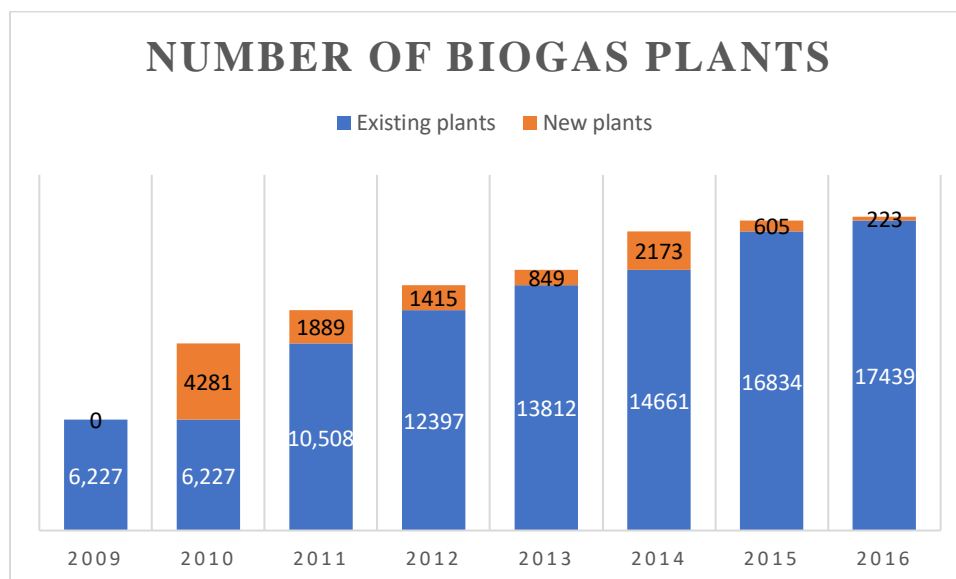


Διάγραμμα 3.1: Απεικόνιση του λειτουργικού ρόλου των διάφορων ειδών μικροβίων που συμμετέχουν τα διάφορα στάδια της Α.Χ. η οποία μοιάζει με χωνί σύμφωνα με τον Campanaro και τους συνεργάτες του.

Η διαδικασία παραγωγής βιοαερίου έχει γίνει γνωστή και χρησιμοποιείται για πολλά χρόνια, αλλά εντατικοποιήθηκε μετά την αύξηση των τιμών των καυσίμων κατά τη διάρκεια του 1970, η διαδικασία τράβηξε ξανά στη προσοχή λόγω της ανάγκης να βρεθούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ώστε να μειωθεί η εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα. Παρόλο που οι τιμές στα συμβατικά καύσιμα μειώθηκαν από το 1985 και ως το 2015, το ενδιαφέρον για το βιοαέριο δεν χάθηκε λόγω των περιβαλλοντικών πλεονεκτημάτων της αναερόβιας αποικοδόμησης των αποβλήτων. Το βιοαέριο χρησιμοποιείται κυρίως στη διαχείριση της πρωτογενούς και δευτερογενούς ύλης από οικιακά λύματα, οικιακά στερεά απόβλητα, λιπάσματα, βιομηχανικά απόβλητα και γεωργικά υπολείμματα. Ωστόσο, όσον αφορά τη παραγωγή ενέργειας συνεισφέρουν κυρίως τα λιπάσματα, τα βιομηχανικά απόβλητα και τα γεωργικά υπολείμματα, ενώ τα αστικά λύματα παίζουν δευτερεύοντα ρόλο. Έτσι, η διαδικασία παραγωγής βιοαερίου μπορεί να παρουσιάζεται περισσότερο σαν μέθοδος διαχείρισης των αποβλήτων αυτών παρά σαν μέθοδος παραγωγής βιοαερίου. (Kougias, 2018)

Οι εγκαταστάσεις βιοαερίου πολλαπλασιάζονται συνεχώς σε διάφορα μέρη του πλανήτη. Σήμερα, κύριος συμβάλλον στο βιοαέριο είναι η Κίνα. Η Κίνα διαθέτει έναν τεράστιο αριθμό εγκαταστάσεων βιοαερίου. Εκτιμάται ότι υπάρχουν περίπου 50 εκατομμύρια σε κλίμακα οικογένειας, 4000 φάρμες, 2500 βιομηχανικές και μερικές εγκαταστάσεις για την διαχείριση ύλης η οποία προέρχεται από απόβλητα. Επίσης, η Ινδία διαθέτει έναν αξιοσημείωτο αριθμό εγκαταστάσεων βιοαερίου κυρίως μικρής κλίμακας οι οποίες ανήκουν σε οικογένειες. (Kougias, 2018) Στην Ευρώπη υπάρχει αυξητική τάση στην κατασκευή και στην επέκταση των εγκαταστάσεων παραγωγής βιοαερίου (Διάγραμμα 3.2). Όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα από το 2009 έως και το 2016, υπάρχει αύξηση κατά 11.435 μονάδες παραγωγής βιοαερίου στην Ευρώπη. Η πιο σημαντική ανοδική τάση στον αριθμό των μονάδων παραγωγής βιοαερίου παρατηρείται μεταξύ του έτους 2010 και του έτους 2012. Η αύξηση αυτή προέρχεται από την αύξηση των εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούνται για γεωργικά υποστρώματα: αυξήθηκαν από 4.797 μονάδες το 2009 σε 12.496 εγκαταστάσεις το 2016 (+7.699 μονάδες, 67% της συνολικής αύξησης). Στη συνέχεια, οι γεωργικές εγκαταστάσεις ακολουθούνται από μονάδες βιοαερίου που λειτουργούν με λυματολάσπη (2.838 μονάδες), απόβλητα υγειονομικής

ταφής (1.604 μονάδες) και διάφορους άλλους τύπους αποβλήτων (688 μονάδες). (European Biogas Association, Statistical Report 2017) Η τάση αυτή, επίσης, είναι απόρροια της νομοθεσίας που εφαρμόζει η Ευρώπη η οποία έχει θέσει ως στόχο 20% συμμετοχή των Α.Π.Ε. μέχρι το 2020. (Kougias, 2018)



Διάγραμμα 3.2: Εγκαταστάσεις Βιοαερίου στην Ευρώπη μέχρι το 2016

Πηγή: [EBA Statistical Report 2017 | European Biogas Association](#)

3.3.2 Δυναμικό του Βιοαερίου

Οι πηγές βιομάζας που υπάρχουν παρέχουν μια ιδέα για το παγκόσμιο δυναμικό παραγωγής βιοαερίου. Σύμφωνα με έρευνες και μελέτες επιστημόνων είναι σίγουρο ότι αξιοποιείται μόνο ένα μικρό μέρος του δυναμικού αυτού, ενώ υπάρχει δυνατότητα ανόδου της παραγωγής βιοαερίου. (Σιούλας, 2010)

Εκτιμήσεις της Ευρωπαϊκή Ένωση Βιομάζας (AEBIOM) αναφέρουν ότι η Ευρωπαϊκή παραγωγή ενέργειας που προέρχεται από βιομάζα μπορεί να αυξηθεί από 72 Mtoe που ήταν το 2004 σε 220 Mtoe το 2020. Η βιομάζα που προέρχεται από τον αγροτικό τομέα αποτελεί σημαντικό συστατικό του δυναμικού για την αύξηση της παραγωγής. Ο AEBIOM τονίζει ότι

20 έως 40 εκατομμύρια εκτάρια (Mha) εδάφους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιοαερίου στην Ευρωπαϊκή Ένωση χωρίς κανένα αντίκτυπο στον ανεφοδιασμό των χωρών σε τρόφιμα. (Σιούλας, 2010)



Διάγραμμα 3.3 :Ο ευρωπαϊκός χάρτης του φυσικού αερίου και πιθανοί διάδρομοι (κίτρινα) κατάλληλοι για την παραγωγή βιοαερίου και την έγχυση βιομεθανίου

Πηγή: Σιούλας Κωνσταντίνος, Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen, ΚΑΠΕ, (2010) Εγχειρίδιο Βιοαερίου

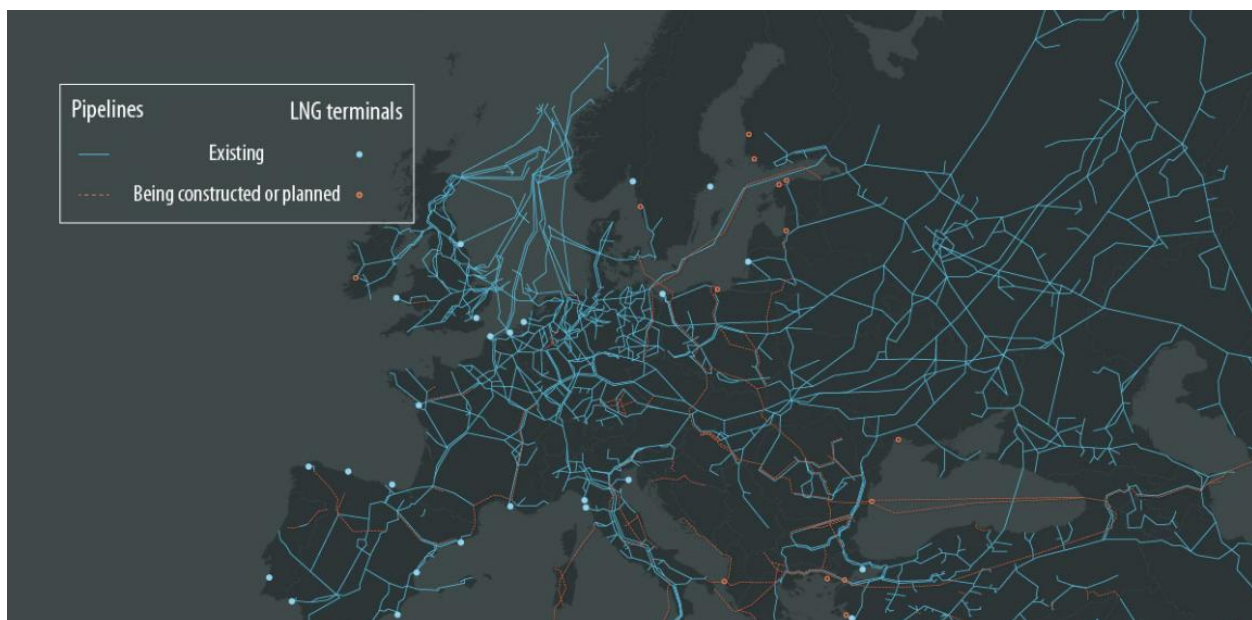
Σύμφωνα με το Γερμανικό Ινστιτούτο, η κατανάλωση φυσικού αερίου μπορεί να αντικατασταθεί με βιομεθάνιο (αναβαθμισμένη μορφή βιοαερίου) , καθώς το δυναμικό του βιοαερίου στη Ευρώπη είναι πολύ υψηλό (Διάγραμμα 3.3). Παράγοντες όπως η διαθεσιμότητα καλλιεργήσιμης γης για παραγωγή τροφίμων, η παραγωγικότητα των ενεργειακών καλλιεργειών, η παραγωγή μεθανίου και τελικά η ενεργειακή αποδοτικότητα του βιοαερίου επηρεάζουν τις εκτιμήσεις του δυναμικού του βιοαερίου στην Ευρώπη.(Σιούλας, 2010)

Στον παρακάτω χάρτη υπάρχει μια πιο πρόσφατη απεικόνιση των αγωγών φυσικού αερίου στην Ευρώπη (Διάγραμμα 3.4). Πολλά κράτη μέλη της ΕΕ εξαρτώνται κατά κύριο λόγο από τις εισαγωγές φυσικού αερίου. Πάνω από το 70% του φυσικού αερίου είναι εισαγόμενο και το

ποσοστό αυτό αναμένεται να αυξηθεί. ([Νέοι κανόνες για τους αγωγούς φυσικού αερίου από και προς τρίτες χώρες | Επικαιρότητα | Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο \(europa.eu\)](#))

Σύμφωνα με στοιχεία του τρίτου τριμήνου του 2018, η Ρωσία αποτέλεσε τον κύριο προμηθευτή φυσικού αερίου (47%), ακολουθούμενη από τη Νορβηγία (34%), την Αλγερία και τη Λιβύη (8.6% μαζί). ([Νέοι κανόνες για τους αγωγούς φυσικού αερίου από και προς τρίτες χώρες | Επικαιρότητα | Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο \(europa.eu\)](#))

Η Ουκρανία αποτέλεσε τη βασική διακομετακομιστική οδό μεταφοράς του ρωσικού φυσικού αερίου προς την Ευρώπη (ο αγωγός Brotherhood και η βαλκανική οδός) καλύπτοντας σχεδόν τις μισές εισαγωγές από τη Ρωσία, ακολουθούμενη από τη Λευκορωσία και τον αγωγό Γιαμάλ (20%) και, στη συνέχεια, τον αγωγό Nord Stream 2 (30%). Το 89% του φυσικού αερίου εισάχθηκε μέσω των αγωγών, το υπόλοιπο εισάχθηκε ως υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG). ([Νέοι κανόνες για τους αγωγούς φυσικού αερίου από και προς τρίτες χώρες | Επικαιρότητα | Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο \(europa.eu\)](#))



Διάγραμμα 3.4: Οι αγωγοί φυσικού αερίου στην Ευρώπη, συμπεριλαμβανομένου του Nord Stream 2 που μεταφέρει φυσικό αέριο στην Ευρώπη μέσω της Βαλτικής.

Πηγή: [Νέοι κανόνες για τους αγωγούς φυσικού αερίου από και προς τρίτες χώρες | Επικαιρότητα | Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο \(europa.eu\)](#)

3.4 Υποστρώματα για την Α.Χ.

Για την παραγωγή βιοαερίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην διεργασία της αναερόβιας χώνευσης διαφορετικά είδη βιομάζας ως υπόστρωμα (πρώτη ύλη) (Φωτογραφία 3.1, 3.2).

Οι πιο κοινοί τύποι πρώτης ύλης που χρησιμοποιούνται στην Ευρώπη είναι οι εξής (πίνακας 3.1) :

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

Κωδικός αποβλήτων	Περιγραφή αποβλήτων	
02 00 00	Απόβλητα από τη γεωργία, τη δενδροκομία, τις υδατοκαλλιέργειες, τη δασοκομία, το κυνήγι και την αλιεία, την προετοιμασία και επεξεργασία των τροφίμων.	Απόβλητα από τη γεωργία, τη δενδροκομία, τις υδατοκαλλιέργειες, τη δασοκομία, το κυνήγι και την αλιεία
		Απόβλητα από την προετοιμασία και επεξεργασία του κρέατος, των ψαριών και άλλων τροφίμων ζωικής προέλευσης.
		Απόβλητα από την προετοιμασία και επεξεργασία των φρούτων, των λαχανικών, των δημητριακών, των ελαίων, του κακάο, του τσαγιού και του κακάο – την κονσερβοποιία- την παραγωγή ζύμης και παραγωγών ζύμης, την προετοιμασία και ζύμωση μελάσας.
		Απόβλητα από την επεξεργασία ζάχαρης
		Απόβλητα από τη βιομηχανία γαλακτοκομικών προϊόντων.
		Απόβλητα από την αρτοποιία και τη ζαχαροπλαστική
		Απόβλητα από την παραγωγή των οινοπνευματούχων και μη ποτών (εκτός από τον καφέ, το τσάι και το κακάο)
03 00 00	Απόβλητα από την επεξεργασία ξυλείας και την παραγωγή κουφωμάτων, επίπλων, πολτού, χαρτιού και χαρτονιού	Απόβλητα από την επεξεργασία ξυλείας και την παραγωγή κουφωμάτων και επίπλων.
		Απόβλητα από την παραγωγή και επεξεργασία πολτού, χαρτιού και χαρτονιού.
04 00 00	Απόβλητα από τις βιομηχανίες δερμάτων, γουνών και τις κλωστοϋφαντουργίες	Απόβλητα από την βιομηχανία δέρματος και γούνας
		Απόβλητα από την κλωστοϋφαντουργία.
15 00 00	Απόβλητα συσκευασιών, απορροφητικά, υφάσματα καθαρισμού, υλικά φίλτρων και προστατευτικό ιματισμό ή μη καθοριζόμενα αλλιώς.	Συσκευασίες (συμπεριλαμβανομένων των χωριστά συλλεχθέντων δημοτικών αποβλήτων από συσκευασίες)
19 00 00	Απόβλητα από τις εγκαταστάσεις διαχείρισης αποβλήτων, τις εξωτερικές εγκαταστάσεις υδάτινων αποβλήτων και την προετοιμασία του πόσιμου νερού και του ύδατος για βιομηχανική χρήση	Απόβλητα από την αναερόβια επεξεργασία των αποβλήτων
		Απόβλητα από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας υδάτων αποβλήτων που δεν διευκρινίζονται αλλιώς
		Απόβλητα από την προετοιμασία του πόσιμου νερού ή του ύδατος για βιομηχανική χρήση
20 00 00	Δημοτικά απόβλητα (οικιακά απόβλητα και παρόμοια εμπορικά, βιομηχανικά και σχολικά	Χωριστά συλλεχθέντα μέρη (εκτός από αυτά του 15 01)

	απόβλητα) , συμπεριλαμβανομένων των χωριστά συλλεχθέντων μερών	Απόβλητα κήπων και πάρκων (συμπεριλαμβανομένων και των αποβλήτων των νεκροταφείων)
		Άλλα δημοτικά απόβλητα

Πίνακας 3.1: Βιοαπόβλητα, κατάλληλα για βιολογική επεξεργασία σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων 2007

Πηγή: Σιούλας Κωνσταντίνος, Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen, ΚΑΠΕ, (2010) Εγχειρίδιο Βιοαερίου

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



Φωτογραφία 3.1: Δημοτικά στερεά απόβλητα παρεχόμενα σε εγκατάσταση βιοαερίου στη Γερμανία

Πηγή: Σιούλας Κωνσταντίνος, Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen, ΚΑΠΕ, (2010) Εγχειρίδιο Βιοαερίου



Φωτογραφία 3.1: Χορτονομή αραβοσίτου

Πηγή: Σιούλας Κωνσταντίνος, Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen, ΚΑΠΕ, (2010) Εγχειρίδιο Βιοαερίου

Πλεονεκτήματα παρουσιάζονται από τη χρήση ζωικών περιττωμάτων και πολτών για την αναερόβια χώνευση κυρίως λόγω των ιδιοτήτων τους:

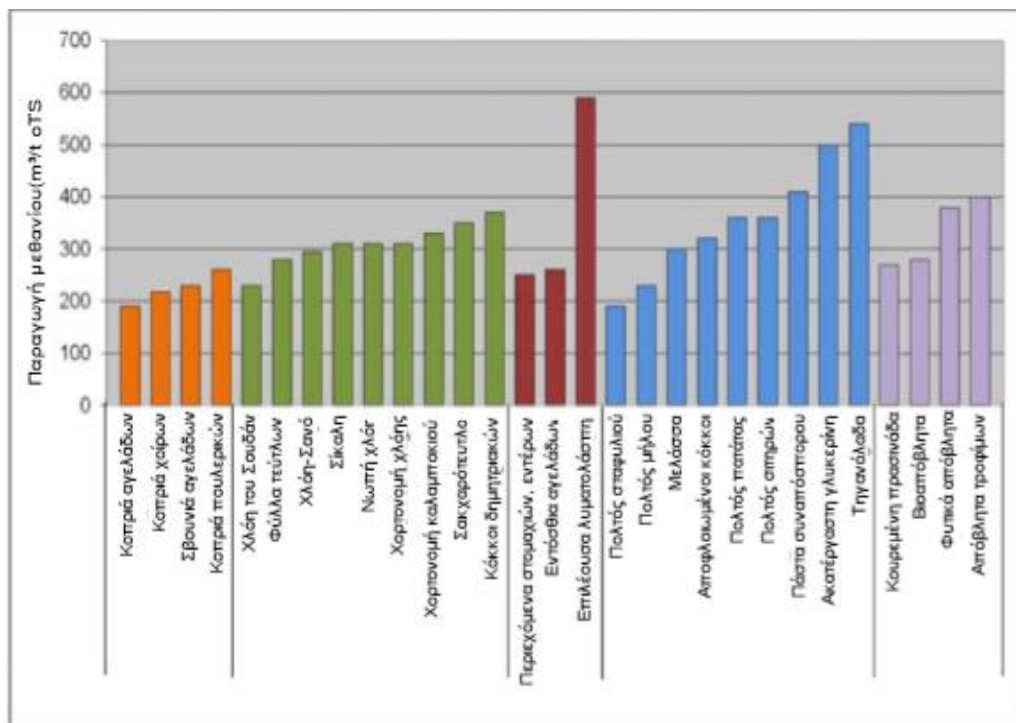
- Του φυσικού περιεχομένου τους σε αναερόβια βακτηρίδια.
- Της υψηλής περιεκτικότητας σε νερό (4-8% ΞΟ στους πολτούς), το οποίο ενεργεί ως διαλύτης για τα άλλα ομο-υποστρώματα και εξασφαλίζει την κατάλληλη ανάμιξη και ροή της βιομάζας.
- Της οικονομικής τιμής
- Της εύκολης πρόσβασης σε αυτά, καθώς συλλέγονται ως υπόλειμμα από τη ζωική καλλιέργεια.

Σε αρκετές χώρες μελετάτε να εισαχθεί η χρήση εναλλακτικής πρώτης ύλης για την αναερόβια χώνευση οι γνωστές ως «ειδικού προορισμού» ενεργειακές καλλιέργειες (ΕΠΕΚ), οι οποίες καλλιεργούνται με σκοπό της χρήση τους στην αναερόβια χώνευση και την παραγωγή βιοαερίου. Οι καλλιέργειες αυτές μπορεί να είναι είτε ποώδης (χλόη, αραβόσιτος,

αγριοκράμβη κλπ.) είτε ξυλώδεις καλλιέργειες (ιτιά, λεύκα, βελανιδιά), αν και οι ξυλώδεις δεν αποτελούν τη βέλτιστη επιλογή για την αναερόβια χώνευση καθώς απαιτούν ειδική προεπεξεργασία για την απολιγνίτωσή τους πριν την αναερόβια χώνευση.

Τα διάφορα υποστρώματα της αναερόβιας χώνευσης μπορούν να ταξινομηθούν σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα π.χ. με την προέλευσή τους, τη ποσότητα ξηράς ουσίας, τη απόδοση σε μεθάνιο κ.λπ. Τα υποστρώματα που έχουν περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία μικρότερη από 20% χρησιμοποιούνται για την υγρή ζύμωση. Υποστρώματα που ανήκουν στη κατηγορία αυτή είναι ζωικοί ιστοί και κοπριές καθώς και οργανικά υγρά απόβλητα από βιομηχανίες τροφίμων. Ωστόσο, αν η περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία υψηλή π.χ. 35% τότε χρησιμοποιούνται για την ξηρή ζύμωση η οποία αφορά κυρίως ενεργειακές καλλιέργειες και τις χορτονομές (ενσίρωμα). Άρα η επιλογή του υποστρώματος εξαρτάται από την περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία αλλά και από τη περιεκτικότητα σε λιπίδια, σάκχαρα και πρωτεΐνες.

Μείζον κριτήριο αξιολόγησης των διάφορων τύπων υποστρωμάτων αποτελεί η πιθανή παραγωγή βιοαερίου (Διάγραμμα 3.4). Τα ζωικά περιττώματα παράγουν μικρή ποσότητα βιοαερίου. Για το λόγο αυτό δεν χωνεύονται μόνα τους αλλά αναμειγνύονται και με άλλα υποστρώματα τα οποία παράγουν περισσότερο μεθάνιο έτσι ώστε να αυξηθεί η συνολικά παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου. Τα υποστρώματα που προστίθενται είναι κυρίως ελαιούχα υπολείμματα από βιομηχανίες τροφίμων, αλειάς και τροφών, αλκοολούχα απόβλητα από τις βιομηχανίες ζυθοποιίας και ζάχαρης ή ΕΠΕΚ. (Σιούλας, 2010)



Διάγραμμα 3.5: Σημεία αναφοράς για τις ειδικές παραγωγές μεθανίου

Πηγή: Σιούλας Κωνσταντίνος, Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen, ΚΑΠΕ, (2010), Εγχειρίδιο Βιοαερίου

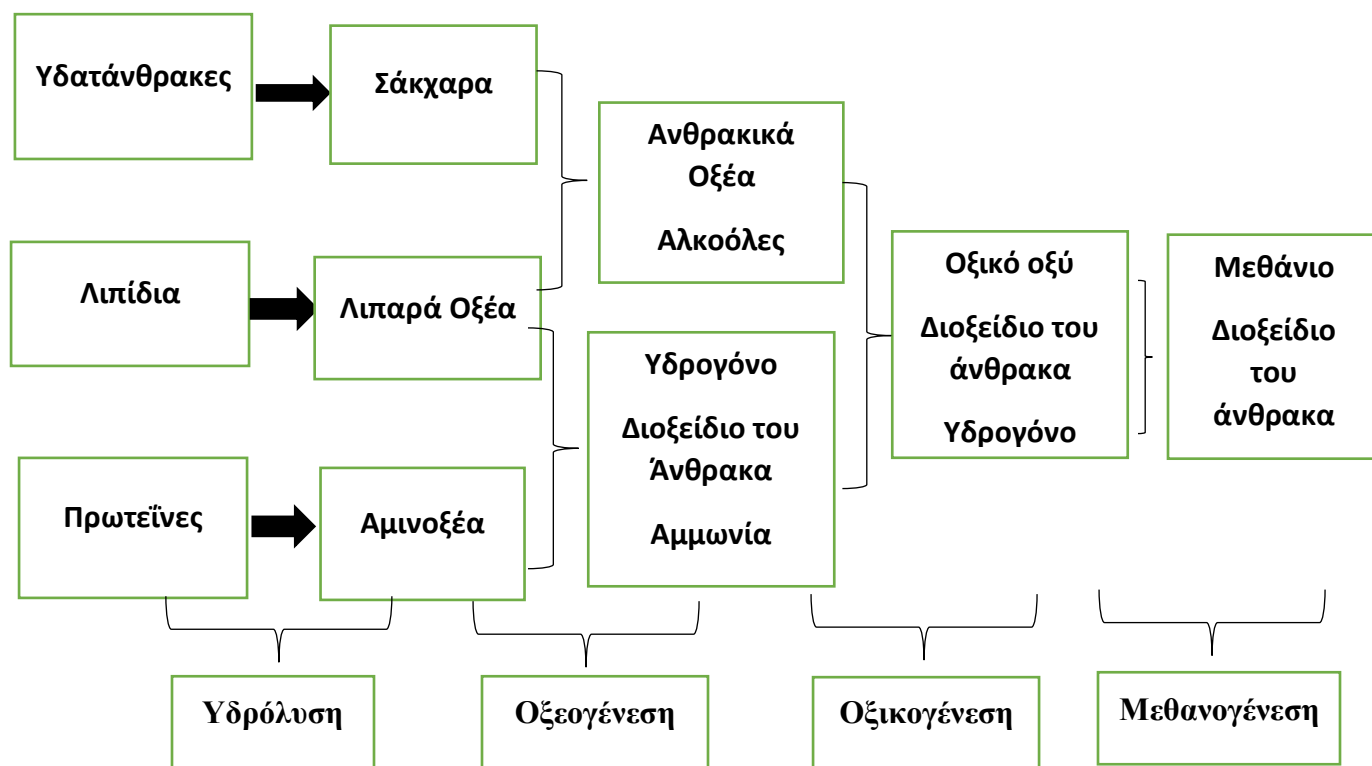
Η ανάγκη εξασφάλισης ασφαλούς ανακύκλωσης του παραγόμενου κομπόστ σε λίπασμα καθιστά αναγκαίους τους αυστηρούς ποιοτικούς ελέγχους της πρώτης ύλης.

3.5 Η βιοχημική διεργασία της Αναερόβιας Χώνευσης

Βασικά προϊόντα της αναερόβιας χώνευσης είναι το βιοαέριο και το κομπόστ. Το βιοαέριο αποτελεί ένα αέριο καύσιμο το οποίο περιέχει κυρίως μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα ενώ το κομπόστ είναι το αποσυντεθημένο υπόστρωμα που απομένει από τη διαδικασία της παραγωγής βιοαερίου.

Κατά τη διάρκεια της αναερόβιας χώνευσης παράγεται θερμότητα. Επιπλέον, η ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στο υπόστρωμα διατηρείται στο βιοαερίου που παράγεται με τη μορφή του μεθανίου.

Η διαδικασία της παραγωγής βιοαερίου αποτελείται από πολλά στάδια στα οποία η αρχική πρώτη ύλη διασπάται συνεχώς σε άλλα στοιχεία παρουσία μικροοργανισμών που βοηθούν στη διάσπαση τους. Μια απλή απεικόνιση της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης είναι η εξής (Πίνακας 3.2):



Πίνακας 3.2: Τα κύρια βήματα της διεργασίας της AX

Πηγή: Σιούλας Κωνσταντίνος, Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen, ΚΑΠΕ, (2010), Εγχειρίδιο Βιοαερίου

Τα παραπάνω στάδια που παρουσιάζονται στο σχήμα 3.5 πραγματοποιούνται ταυτόχρονα στο χρόνο και στο χώρο, στη δεξαμενή χώνευσης. Η πιο αργή αντίδραση της αλυσίδας είναι αυτή που καθορίζει το συνολικό χρόνο της διεργασίας. Για παράδειγμα, στη περίπτωση παραγωγής βιοαερίου όπου χρησιμοποιούνται ενεργειακές καλλιέργειες ως υπόστρωμα, η συνολική διάρκεια καθορίζεται από το στάδιο της υδρόλυσης. (Σιούλας, 2010)

3.5.1 Υδρόλυση

Ένα από τα πρώτα στάδια της αναερόβιας χώνευσης είναι η υδρόλυση κατά την οποία σύνθετα οργανικά μόρια διασπώνται σε απλούστερα μόρια. Τα σύνθετα μόρια (πολυμερή) όπως οι υδατάνθρακες, οι πρωτεΐνες, τα λιπίδια και τα νουκλεϊκά οξέα διασπώνται σε γλυκόζη, σε γλυκόλη, πουρίνες κ.λπ.. Τα προϊόντα που παράγονται από την υδρόλυση διασπώνται περαιτέρω με τη βοήθεια των μικροοργανισμών που συμμετέχουν στη διαδικασία. (Σιούλας, 2010)

Εξαιτίας της σημαντικότητας της υδρόλυσης στην κινητική της αναερόβιας χώνευσης, έχει δοθεί μεγάλη προσοχή σε μεθόδους για την επέκταση της υδρόλυσης στους αναερόβιους χωνευτές. Πολλοί τρόποι προ επεξεργασίας των αποβλήτων ερευνώνται και χρησιμοποιούνται για τη βελτιστοποίηση της υδρόλυσης, ειδικά για χωνευτές που χωνεύουν λυγνοκυτταρινικά απόβλητα. (Σιούλας, 2010)

Γενικά, η βέλτιστη θερμοκρασία της υδρόλυσης είναι 30-50 °C με ένα βέλτιστο pH 5-7, αν και δεν υπάρχουν στοιχεία για βελτίωση της υδρόλυσης σε pH κάτω από 7. (Jay N. Meegoda, 2018)

3.5.2 Οξεογένεση

Το δεύτερο στάδιο της αναερόβιας χώνευσης αποτελείται από την οξεογένεση. Κατά την οξεογένεση τα προϊόντα της υδρόλυσης μετασχηματίζονται από οξεογενή βακτηρίδια σε μεθανογενή υποστρώματα. Τα απλά σάκχαρα, τα αμινοξέα και τα λιπαρά οξέα μετατρέπονται σε οξικό άλας, διοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνου (70%), καθώς επίσης και σε πτητικά λιπαρά οξέα (VFA) και αλκοόλες (30%). (Σιούλας, 2010)

Σε αντίθεση με τα υπόλοιπα στάδια, η οξεογένεση θεωρείται ότι γενικά είναι ταχύτερη σαν διαδικασία, με τα οξεογενή βακτήρια να έχουν απαιτούν για αναγέννηση λιγότερες από 36 ώρες. Με την ταχύτητα αυτή, είναι σημαντικό να τονιστεί ότι ενώ η παραγωγή των VFAs δημιουργεί άμεσους προδρόμους για το τελικό στάδιο της μεθανογένεσης, η οξίνιση VFA έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να καταστρέψει τον χωνευτή. Μια παρόμοια διαδικασία αναερόβιας χώνευσης είναι αυτή της κομποστοποίησης «bokashi», μια διαδικασία κομποστοποίησης κατά την οποία απόβλητα τροφίμων και μικροβιακά εμβόλια χωνεύονται αναερόβια, παράγοντας

ένα αρκετά όξινο τελικό προϊόν που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υγρό ή στερεό λίπασμα. (Jay N. Meegoda, 2018)

Τέλος, στα απόβλητα με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, πρέπει να εξεταστεί η διαδικασία παραγωγής VFA οξέων από αμινοξέα. Τα αμινοξέα διασπώνται συνήθως σε ζευγάρια VFA οξέων μέσω της αντίδρασης Stickland, με υποβιβασμό ενός αμινοξί παρουσίας υδρογονοτροφικών βακτηρίων, παρόλο που αυτή η τελευταία διαδικασία είναι πιο αργή από την αντίδραση Stickland. Ένα σημαντικό προϊόν που παράγεται μέσω της αποσύνθεσης των αμινοξέων είναι η αμμωνία από την απαμίνωση, η οποία, σε μεγάλες συγκεντρώσεις είναι γνωστή επίσης και ως ανασταλτικός παράγοντας της αναερόβιας χώνευσης. (Jay N. Meegoda, 2018)

3.5.3 Οξικογένεση

Στο στάδιο αυτό, τα προϊόντα που παρήχθησαν κατά την οξεογένεση και δεν μπορούν να μετασχηματιστούν άμεσα σε μεθάνιο μετατρέπονται σε μεθανογενή υποστρώματα. Μέσω της μετατροπής αυτής προκύπτει παραγωγή υδρογόνου. Στο επόμενο στάδιο της μεθανογένεσης το υδρογόνο μετατρέπεται σε μεθάνιο. Για το λόγο αυτό συνήθως οι διεργασίες της οξεογένεσης και της μεθανογένεσης πραγματοποιούνται ταυτόχρονα. (Σιούλας, 2010)

3.5.4 Μεθανογένεση

Κατά την μεθανογένεση παράγεται βιοαέριο και διοξείδιο του άνθρακα με τη συμβολή των μεθανογενών βακτηρίων. Το 70% του μεθανίου που παράγεται προέρχεται από οξικό άλας ενώ το υπόλοιπο 30% προέρχεται από τη μετατροπή του υδρογόνου και του διοξειδίου του άνθρακα σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση:

Οξικό οξύ → μεθάνιο + διοξείδιο του άνθρακα (παρουσία μεθογενών βακτηρίων)

Υδρογόνο + διοξείδιο του άνθρακα → μεθάνιο + νερό (παρουσία μεθογενών βακτηρίων)

Το στάδιο της μεθανογένεσης είναι το πιο κρίσιμο για τη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης καθώς αποτελεί το πιο αργό στάδιο της διαδικασίας (5-16 ημέρες). (Σιούλας, 2010)

Στους αντιδραστήρες παρτίδας, το τέλος της μεθανογένεσης σηματοδοτείται με την παύση παραγωγής βιοαερίου το οποίο μπορεί να διαρκέσει περίπου 40 ημέρες. Εκτιμήσεις για το μέγεθος της χώνευσης της λάσπης μπορούν να γίνουν από την περιεκτικότητα σε πτητικά στερεά και τη δυνατότητα αφυδάτωσης. (Jay N. Meegoda, 2018)

Παράγοντες όπως η σύσταση της πρώτης ύλης, η θερμοκρασία και το pH μπορεί να επηρεάσουν τη μεθανογένεση. (Σιούλας, 2010)

3.6 Παράγοντες που επηρεάζουν την Αναερόβια Χώνευση

Η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης επηρεάζεται από διάφορους λειτουργικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες, οι οποίοι επηρεάζουν τον σχεδιασμό, τον έλεγχο και τη ρύθμιση των αναερόβιων συστημάτων. Μερικοί από τους παράγοντες αυτούς είναι οι εξής:

- **Θερμοκρασία:** Όλη η διεργασία της χώνευσης πραγματοποιείται σε αναερόβιους αντιδραστήρες οι οποίοι λειτουργούν είτε κάτω από μεσοφιλικές θερμοκρασίες δηλαδή 30 και 40°C (κυρίως 35 °C-37°C) είτε κάτω από θερμοφιλικές θερμοκρασίες δηλαδή 50 και 60 °C (κυρίως 52 °C-55 °C). Η επιλογή της θερμοκρασίας λειτουργίας και η διατήρησή της σε σταθερά επίπεδα αποτελεί μείζον θέμα προσοχής καθώς η παράμετρος αυτή επηρεάζει την ανάπτυξη της μικροβιακής δομής των χωνευτών. Οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας προκαλούν ανισορροπία στη διεργασία η οποία σχετίζεται με την συσσώρευση πτητικών λιπαρών οξέων (VFA), αλλά και μείωση της παραγωγής βιοαερίου. Είναι γνωστό ότι οι θερμοφιλικές συνθήκες παρουσιάζουν μερικά πλεονεκτήματα συγκριτικά με τις μεσοφιλικές συνθήκες, για παράδειγμα αντέχουν μεγαλύτερο οργανικό φορτίο λόγω των ταχύτερων ρυθμών αντίδρασης. (Kougiás, 2018)

- **pH και πτητικά λιπαρά οξέα (VFA):** Η διαδικασία παραγωγής βιοαερίου πραγματοποιείται κάτω από αυστηρά καθορισμένο pH το οποίο κυμαίνεται μεταξύ 6 και 8,5. Σε περίπτωση που το pH του αντιδραστήρα ξεπεράσει αυτά τα όρια τότε η διαδικασία επιδεινώνεται καταλήγοντας σε δραματική αύξηση της παραγωγής μεθανίου. Αλλαγές του pH μπορεί να σχετίζονται με άλλες λειτουργικές παραμέτρους,

έτσι η συσσώρευση οργανικών οξέων θα προκαλέσει πτώση του pH, ενώ αυξημένη συγκέντρωση αμμωνίας ή διοξειδίου του άνθρακα προκαλεί αύξηση των τιμών του pH. Πρέπει να αναφερθεί ότι η πτώση του pH εξαιτίας της συσσώρευσης VFA εξαρτάται επίσης από το υπόστρωμα που χρησιμοποιείται. Κάποια οργανικά υπολείμματα, όπως η κοπριά βοοειδών, έχει υψηλή ικανότητα αποθήκευσης, και για αυτό μπορεί να διατηρήσει το pH του συστήματος σταθερό. Πτώση του Ph μπορεί να συμβεί μόνο σε περιπτώσεις όπου η συγκέντρωση των VFA είναι αξιοσημείωτα υψηλά ξεπερνώντας ένα συγκεκριμένο σημείο και συνήθως η διαδικασία έχει επηρεαστεί ήδη. Ως εκ τούτου, η συσσώρευση των VFA μπορεί να παρουσιαστεί ως μια ήδη ανασταλτική διαδικασία και όχι ως η πραγματική αιτία.

Σήμερα, είναι ευρέως αποδεκτό ότι τα VFA αναγνωρίζονται ως δείκτες της κατάστασης για την διαδικασία παραγωγής βιοαερίου. Συγκεκριμένα, η συγκέντρωση των μεμονωμένων VFA και ειδικά η αναλογία μεταξύ αυτών μπορεί να παρέχει σημαντικές πληροφορίες για την παρακολούθηση της διαδικασίας και μπορούν να δώσουν πρόωρα πληροφορίες για τυχόν ανισορροπίες. (Kougiaris, 2018)

- **Αναστολείς της διαδικασίας:** Κατά τη διάρκεια της αναερόβιας χώνευσης, υπάρχουν κάποιες χημικές ενώσεις, οι οποίες αν η συγκέντρωσή τους ξεπεράσει συγκεκριμένα όρια, μπορούν να μειώσουν τη παραγωγή βιοαερίου ή σε χειρότερες συνθήκες μπορεί να προκαλέσουν δραματική επιδείνωση της διαδικασίας. Αυτές οι χημικές ενώσεις είναι είτε τοξικά υποστρώματα είτε ενδιάμεσα μεταβολικά προϊόντα. Γενικά, τα μεθανογόνα θεωρούνται, σε σύγκριση με τα βακτήρια, περισσότερο ευαίσθητα σε μια πιθανή έκθεση σε τοξικά. (Kougiaris, 2018)

Ένας από τους πιο κοινούς αναστολείς της αναερόβιας χώνευσης είναι η αυξημένη συγκέντρωση αμμωνίας. Η αμμωνία υπάρχει σε πολλά οργανικά υπολείμματα όπως για παράδειγμα στη κοπριά από χοίρους και πτηνά και στη λάσπη με αυξημένη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη. Επίσης, η αμμωνία μπορεί να σχηματιστεί κατά τη διάρκεια υποβάθμισης της πρωτεΐνης ή μπορεί να προέρχεται από άλλες ενώσεις όπως η ουρία. Τα ανασταλτικά αποτελέσματα αποδίδονται στην ελεύθερη αμμωνία (NH_3). Γενικά, μια συγκέντρωση αζώτου της αμμωνίας (total ammonia nitrogen) μεταξύ 1,7 και 14 g/L μπορεί να προκαλέσει πτώση κατά 50% στη παραγωγή

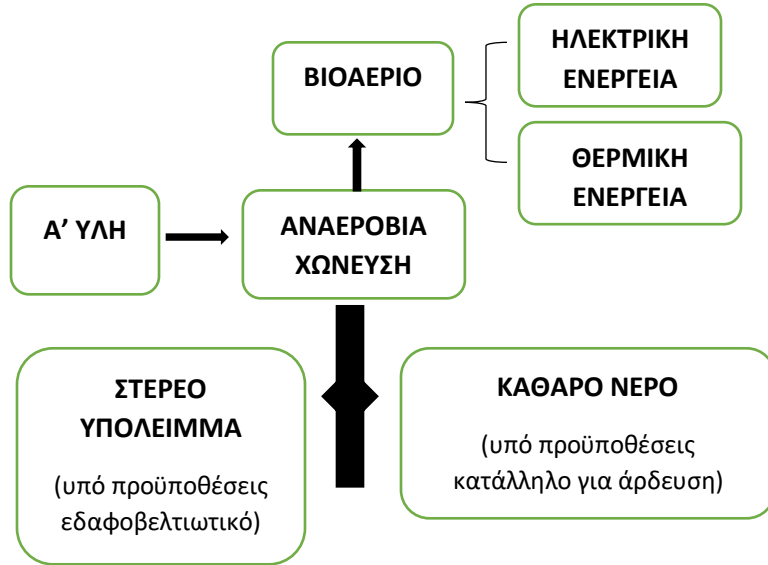
μεθανίου. Ωστόσο, η ακριβής τιμή πάνω από την οποία η αμμωνία οδηγεί σε αναστολή της διαδικασίας είναι δύσκολο να αναφερθεί καθώς αυτό εξαρτάται επίσης και από άλλους παράγοντες όπως η θερμοκρασία, το pH ή τις πηγές εμβολίου. Οι αναστολές της αμμωνίας προκαλούν επιπλέον, συσσώρευση VFA τα οποία με τη σειρά τους οδηγούν σε αύξηση του pH του αντιδραστήρα. (Kougiaris, 2018)

Άλλη μια χημική ένωση η οποία σχετίζεται με την επίδραση της οξύτητας της διαδικασίας παραγωγής βιοαερίου είναι τα λιπαρά οξέα μακράς αλυσίδας (LCFA). Διάφοροι τύποι αγροτικών υπολειμμάτων όπως απόβλητα σφαγείων, απόβλητα τροφίμων και λύματα ελαιοτριβείων, περιέχουν υψηλή συγκέντρωση LCFA. Η αναστολή που προκαλείται από τα LCFA αποδίδεται στις ενώσεις που παράγονται κατά τη διάρκεια της β-οξειδωσης, οι οποίες μπορούν να οξειδωθούν περαιτέρω καθώς οι απαιτούμενες αντιδράσεις είναι θερμοδυναμικά δυσμενής. Έχει αποδειχθεί ότι η αναστολή από τα LCFA δεν οδηγεί απαραίτητα στην κατάρρευση της διαδικασίας, αλλά είναι μάλλον ένα αντίστροφο φαινόμενο

Τέλος, άλλο ένα πρόβλημα των εγκαταστάσεων βιοαερίου σχετίζεται με τα περιστατικά αφρισμού, τα οποία προκαλούνται από λειτουργικά προβλήματα (π.χ. κακή ανάμειξη) ή από συγκεκριμένα βιοεπιφανειακά τα οποία παράγονται κατά τη διάρκεια της αναερόβιας χώνευσης. Έρευνες έχουν δείξει ότι τα περιστατικά αφρισμού μπορούν να διαρκέσουν από μία ημέρα μέχρι τρεις εβδομάδες, προκαλώντας 20%-50% απώλεια παραγόμενου βιοαερίου. (Kougiaris, 2018)

3.7 Βιοαέριο

Η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης οδηγεί στη παραγωγή βιοαερίου και κομπόστ, όπως αυτό παρουσιάζεται σχηματικά παρακάτω:



Διάγραμμα 3.6: Η Διεργασία της Αναερόβια Χώνευσης

Πηγή: <http://www.agroenergy.gr/>

Το παραγόμενο βιοαέριο μπορεί να αξιοποιηθεί με διάφορους τρόπους. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη παραγωγή θερμικής ή ηλεκτρικής ενέργειας, ως καύσιμο οχημάτων ενώ μπορεί, στην αναβαθμισμένη του μορφή, να εκχυθεί στο σύστημα του φυσικού αερίου. (<http://www.agroenergy.gr/>)

3.7.1 Ιδιότητες Βιοαερίου

Στο μεθάνιο είναι χημικά δεσμευμένο το ενεργειακό περιεχόμενο που παράγεται από την αναερόβια χώνευση. Η δομή της πρώτης ύλης, το σύστημα εγκατάστασης, η θερμοκρασία, ο χρόνος παραμονής και άλλοι παράγοντες επηρεάζουν τις ιδιότητες και τη σύνθεση του βιοαερίου. Θεωρώντας ότι το βιοαέριο έχει 50% περιεχόμενο σε μεθάνιο, η μέση θερμαντική τιμή του είναι περίπου 21 MJ/Nm³, η μέση πυκνότητα 1,22 kg/Nm³ και η μάζα του είναι παρόμοια με αυτή του αέρα (1,29 kg/Nm³). Στον παρακάτω πίνακα 3.3 παρουσιάζονται κάποιες τιμές για το βιοαέριο. (Σιούλας, 2010)

Σύνθεση του Βιοαερίου		
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	<1

Πίνακας 3.3: Σύνθεση του βιοαερίου

Πηγή: Σιούλας Κωνσταντίνος, Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen, ΚΑΠΕ, (2010), Εγχειρίδιο Βιοαερίου

Η βιοχημική σύνθεση των διάφορων τύπων πρώτης ύλης διαφέρει και είναι καθοριστική για τη παραγωγή του μεθανίου, όπως φαίνεται στον πίνακα 3.4:

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

Πίνακας 3.4 Θεωρητικές παραγωγές βιοαερίου

Πηγή: Σιούλας Κωνσταντίνος, Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen, ΚΑΠΕ, (2010), Εγχειρίδιο Βιοαερίου

Επιπλέον το περιεχόμενο σε πρωτεΐνες, λίπη και υδατάνθρακες καθορίζει τη παραγωγή του μεθανίου των υποστρωμάτων της αναερόβιας χώνευσης, όπως παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πρώτη ύλη	Παραγωγή μεθανίου (%)	Παραγωγή βιοαερίου (m ³ / tΦΠΨ*)
Υγρό κοπριά βοοειδών	60	25
Υγρό κοπριά χοίρων	65	28
Υπολείμματα αποστακτηρίων με διαλυτά	60	40
Κοπριά βοοειδών	60	45
Κοπριά χοίρων	60	60
Κοπριά πουλερικών	60	80
Τεύτλα	53	88
Οργανικά απόβλητα	61	100
Γλυκό σόργο	54	108
Τεύτλα	51	111
Σωρός χλόης	54	172
Σωρός καλαμποκιού	52	202
<i>*ΦΠΨ (FF): Φρέσκια Πρώτη Ύλη (Fresh Feedstock)</i>		

Πίνακας 3.5: Παραγωγές Μεθανίου των διαφορετικών υλικών πρώτης ύλης

Πηγή: Σιούλας Κωνσταντίνος, Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen, ΚΑΠΕ, (2010), Εγχειρίδιο Βιοαερίου

3.7.2 Τεχνολογίες Αξιοποίησης του Βιοαερίου

Άμεση καύση και χρήση της θερμότητας

Η άμεση καύση του βιοαερίου σε καυστήρες αποτελεί τον απλούστερο τρόπο χρήσης του βιοαερίου.

Στις αναπτυγμένες χώρες η άμεση καύση γίνεται σε καυστήρες φυσικού αερίου. Για την παραγωγή θερμότητας το βιοαέριο μπορεί να καεί εκείνη τη στιγμή ή να μεταφερθεί μέσω σωληνώσεων στους αποδέκτες. Στις περιπτώσεις της θέρμανσης το βιοαέριο δεν χρειάζεται αναβάθμιση. (Σιούλας, 2010)

Ωστόσο, το βιοαέριο πρέπει να υποβληθεί σε συμπύκνωση και αφαίρεση των σωματιδίων, συμπίεση, ψύξη και ξήρανση. (ΚΑΠΕ, «Τεχνολογίες Παραγωγής ζ και Αξιοποίησης του Βιοαερίου»)

Συμπααραγωγή (ΣΗΘ)

Επίσης, το βιοαέριο χρησιμοποιείται ευρέως για τη συμπααραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ). Η ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, από την ίδια πηγή ενέργειας είναι ο σκοπός της συμπααραγωγής. Στις ανεπτυγμένες χώρες η ΣΗΘ είναι μια συνήθης εφαρμογή του βιοαερίου καθώς θεωρείται πιο αποδοτικός τρόπος αξιοποίησης του βιοαερίου για την παραγωγή ενέργειας. Μια μονάδα ΣΗΘ που χρησιμοποιεί μηχανή εσωτερικής καύσης έχει αποδοτικότητα μέχρι 90% και παράγει 35% ηλεκτρική ενέργεια και 65% θερμότητα. (Σιούλας, 2010)

Η πιο συνήθης εφαρμογή των μονάδων ΣΗΘ είναι οι θερμικές εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής τύπου κορμού (BTTP) με κινητήρες καύσης που συνδέονται με μια γεννήτρια. Οι γεννήτριες έχουν συνήθως μια σταθερή ταχύτητα περιστροφής (1.500 περιστροφές/λεπτό) προκειμένου να είναι συμβατές με τη συχνότητα του δικτύου. Οι κινητήρες μπορούν να είναι μηχανές έγχυσης τύπου Otto, Ντίζελ ή πιλοτικές. Τόσο οι μηχανές αερίου Ντίζελ όσο και οι Otto λειτουργούν χωρίς πετρέλαιο ανάφλεξης, σύμφωνα με την αρχή του Otto. Η διαφορά αυτών των μηχανών είναι μόνο στη συμπίεση. Οι εναλλακτικές λύσεις στις προαναφερθείσες εφαρμογές είναι οι μικροί αεριοστρόβιλοι, οι μηχανές Stirling και οι κυψέλες καυσίμου, τεχνολογίες που είναι ακόμα σε στάδιο ανάπτυξης και περιγράφονται λεπτομερέστερα στα ακόλουθα κεφάλαια. (Σιούλας, 2010)

Η παραχθείσα ηλεκτρική ενέργεια από το βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ενέργεια διεργασίας για τον ηλεκτρικό εξοπλισμό, όπως είναι οι αντλίες, τα συστήματα ελέγχου και οι αναδευτήρες. Σε αρκετές χώρες με υψηλά τιμολόγια στην ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια, όλη η ηλεκτρική ενέργεια πωλείται στο δίκτυο και έπειτα το ίδιο το εθνικό ηλεκτρικό δίκτυο αγοράζει την ηλεκτρική ενέργεια της διεργασίας.

Η αξιοποίηση της παραγόμενης θερμότητας είναι σημαντική για την ενεργειακή και οικονομική αποδοτικότητα των εγκαταστάσεων βιοαερίου. Περίπου τα δύο τρίτα της παραγόμενης

θερμότητας μπορούν να αξιοποιηθούν για εξωτερικές ανάγκες ενώ το απομείναν ένα τρίτο χρησιμοποιείται στη θέρμανση των χωνευτήρων. Πολλές χώρες, ανάμεσά τους και η Γερμανία, προόριζαν τις εγκαταστάσεις βιοαερίου μόνο και ηλεκτροπαραγωγή χωρίς να προβλέπουν την αξιοποίηση της παραγόμενης θερμότητας. Ωστόσο, στη πορεία η αξιοποίηση της θερμότητας έγινε επιτακτική με στόχο την επίτευξη οικονομικής βιωσιμότητας των εγκαταστάσεων.

Οι βιομηχανικές διεργασίες, οι γεωργικές δραστηριότητες ή και η θέρμανση κτιρίων είναι μερικοί τομείς στους οποίους μπορεί να χρησιμοποιηθεί η θερμότητα που παράγεται από το βιοαέριο. Ωστόσο, η βιομηχανία είναι ο καταλληλότερος τομέας για τη χρήση της καθώς η ζήτηση της για θερμότητα είναι σταθερή κατά της διάρκεια του έτους. Η χρήση θερμότητας για την θέρμανση κτιρίων και νοικοκυριών παρουσιάζει αυξημένη ζήτηση τον χειμώνα και μειωμένη το καλοκαίρι. Τέλος, η ξήρανση προϊόντων, τεμαχίων ξύλου ή ο χωρισμός του κομπόστ αποτελούν επίσης τομείς στους οποίους μπορεί να χρησιμοποιηθεί η θερμότητα.

Παραγωγή βιομεθανίου (αναβάθμιση του βιοαερίου)

Υπάρχουν δύο τρόποι για να αξιοποιηθεί το βιοαέριο, είτε να διοχετευθεί μέσω των ήδη υπαρχόντων δικτύων όπως το φυσικό αέριο είτε να χρησιμοποιηθεί σαν ανανεώσιμο καύσιμο οχημάτων ενώ πρώτα συμπιεστεί. Για να χρησιμοποιηθεί το βιοαέριο θα πρέπει πρώτα να αναβαθμιστεί ώστε να αφαιρεθούν οι μολυσματικοί παράγοντες καθώς και το διοξείδιο του άνθρακα και να ενισχυθεί το περιεχόμενό του σε μεθάνιο. Το μεθάνιο θα πρέπει από 50-75% να ξεπεράσει το 95% σε περιεκτικότητα. Το προϊόν που προκύπτει ονομάζεται βιομεθάνιο. (ΚΑΠΕ, «Τεχνολογίες Παραγωγής ς και Αξιοποίησης ς του Βιοαερίου»)

Καθώς αφαιρείται το διοξείδιο του άνθρακα αφαιρούνται και ποσότητες μεθανίου το οποίο είναι σαν αέριο του θερμοκηπίου είναι ισχυρότερο από το διοξείδιο του άνθρακα. Για οικονομικούς και περιβαλλοντικούς λόγους οι απώλειες μεθανίου θα πρέπει να παραμένουν σε χαμηλά ποσοστά.

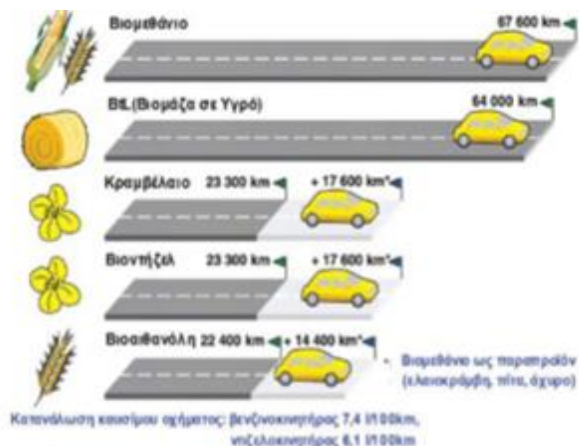
Το κόστος που προκύπτει από την αναβάθμισή και τον καθαρισμό του βιοαερίου προέρχεται κυρίως από το κεφάλαιο που απαιτείται για την επένδυση, από τη λειτουργία της μονάδας αλλά και τέλος από τη συντήρηση που απαιτεί ο εξοπλισμός.

Το βιοαέριο ως καύσιμο οχημάτων

Για την χρήση του βιοαερίου ως καύσιμο οχημάτων υπάρχουν ειδικά κατασκευασμένα οχήματα τα οποία μπορούν να δεχθούν τις φιάλες με το βιοαέριο.

Τα δοχεία του βιοαερίου είναι κατασκευασμένα από χάλυβα ή σύνθετα υλικά χαλκού και το αέριο αποθηκεύεται στα 200-250 bar.

Το βιομεθάνιο θεωρείται καλύτερο καύσιμο από το απλό μεθάνιο σχετικά με τη δυναμικότητα που δίνει. Επίσης το δυναμικό το βιομεθανίου το οποίο ως πρώτη ύλη είχε απόβλητα και όχι ενεργειακές καλλιέργειες είναι ακόμη πιο υψηλό. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η διαφορά που αναφέρθηκε.



Φωτογραφία 3.3: Σύγκριση των βιοκαυσίμων σε σχέση με την απόσταση που καλύπτεται από ένα αυτοκίνητο (εμβέλεια) κινούμενο με το αντίστοιχο βιοκαύσιμο, το οποίο παράγεται από πρώτη ύλη βιομάζας προερχόμενης από 1 εκτάριο καλλιεργήσιμης γης

Πηγή:

http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/biogasin_bank/02_C.Malamatenios_BiogasIN_23042012_KAPE.pdf

Βιομεθάνιο για έγχυση στο δίκτυο

Το βιομεθάνιο αφού πρώτα συμπιεσθεί και φτάσει στην κατάλληλη πίεση για τους αγωγούς μπορεί να εκχυθεί μέσω του δικτύου του φυσικού αερίου.

Σημαντικότερο πλεονέκτημα για τη διανομή του βιομεθανίου με αυτό τον τρόπο είναι ότι το αέριο μπορεί να φτάσει γρήγορα και εύκολα στους νέους πελάτες καθώς το δίκτυο συνδέει την τοποθεσία παραγωγής τους βιομεθανίου με όλους τους πελάτες.

Μια μικρή μονάδα ΣΗΘ για την παραγωγή της ενέργειας που απαιτείται για τη διεργασία ή ένας μικρός καυστήρας αρκούν για την έγχυση του βιομεθανίου στο δίκτυο.

Ωστόσο, τα υψηλά κόστη για την αναβάθμιση αλλά και για τη σύνδεση με το δίκτυο αποτελούν τα σημαντικότερα εμπόδια της έγχυσης του βιομεθανίου στο δίκτυο. (ΚΑΠΕ, «Τεχνολογίες Παραγωγής και Αξιοποίησης του Βιοαερίου»)

3.8 Ανακεφαλαίωση

Η συνεισφορά της βιομάζας στη παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας είναι μείζονος σημασίας. Η αναερόβια χώνευση αποτελεί τη σημαντικότερη μέθοδο μετατροπής της βιομάζας σε ενέργεια. Στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια, η παραγωγή βιοαερίου έχει γνωρίσει άνθιση καθώς οι πολίτες έχουν ενημερωθεί για τα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη που προκύπτουν ενώ παράλληλα έχει αυξηθεί και η γνώση γύρω από το μοντέλο της αναερόβιας χώνευσης. Η εγκαταστάσεις παραγωγής βιοαερίου πολλαπλασιάζονται συνεχώς με τη Κίνα να αποτελεί ηγέτη του κλάδου. Η αξιοποίηση του βιοαερίου, όπως αναφέρθηκε εκτενέστερα παραπάνω, μπορεί να γίνει μέσω της άμεσης καύσης του, μέσω συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θέρμανσης, μέσω παραγωγής βιομεθανίου, ως καύσιμο οχημάτων και τέλος μέσω της έγχυσης βιομεθανίου στο δίκτυο.

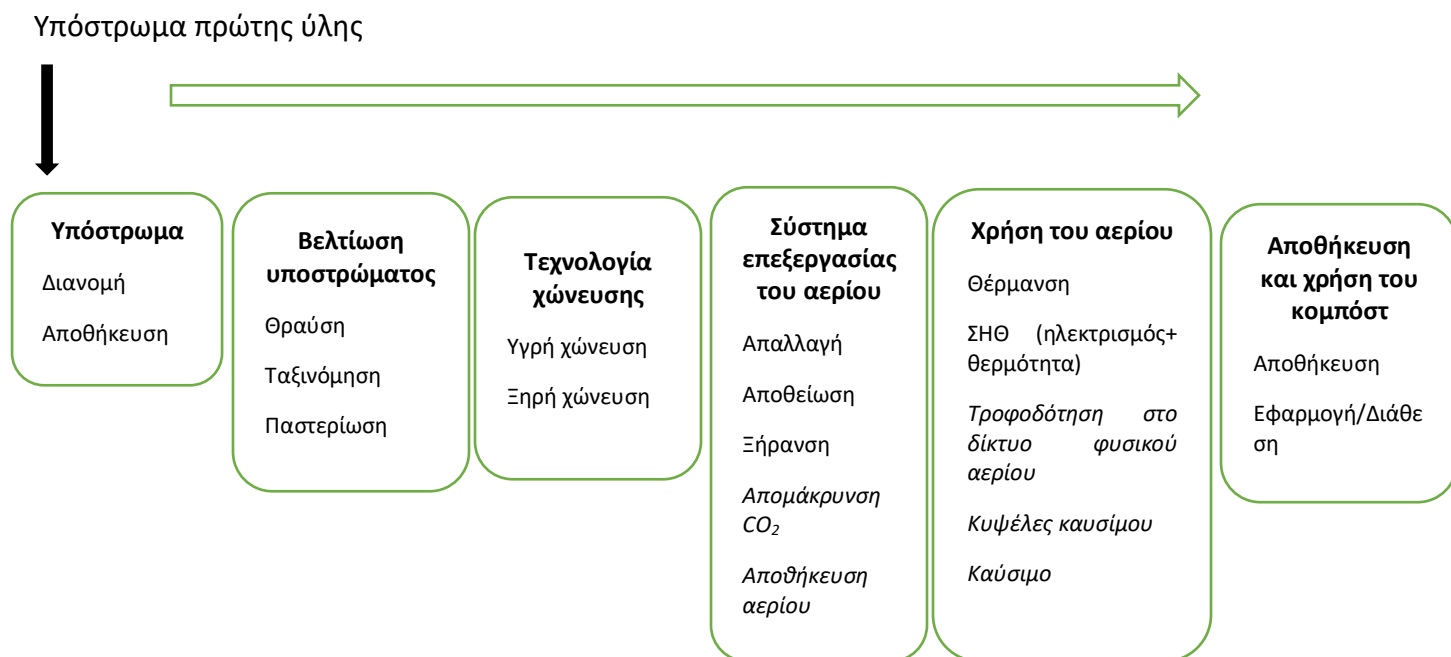
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

4.1 Εισαγωγή

Μια μονάδα βιοαερίου αποτελείται από πολλά σύνθετα στοιχεία. Το είδος και η ποσότητα της πρώτης ύλης είναι αυτά που καθορίζουν τη διάταξη μιας μονάδας βιοαερίου. Η ύπαρξη πολλών διαφορετικών ειδών πρώτης ύλης δημιουργεί την ανάγκη για διαφορετικές τεχνικές χειρισμού της πρώτης ύλης αλλά και την ανάγκη για τις αντίστοιχες κατασκευές χωνευτήρων και συστημάτων λειτουργίας που απαιτεί το κάθε είδος. Επίσης, σε κάθε περίπτωση ανάλογα με την έκταση και τις συνθήκες λειτουργίας των εγκαταστάσεων βιοαερίου υπάρχει δυνατότητα εφαρμογής βελτιωτικών δράσεων για τη βελτίωση, την αποθήκευση και τη χρήση του βιοαερίου. Τέλος, σχετικά με την αποθήκευση και την αξιοποίηση του κομπόστ, αυτό που είναι σημαντικό είναι η αξιοποίηση του ως λίπασμα αλλά και εφαρμογή των κατάλληλων μέτρων για την προστασία τους περιβάλλοντος στο μέγεθος που αφορά αυτό.

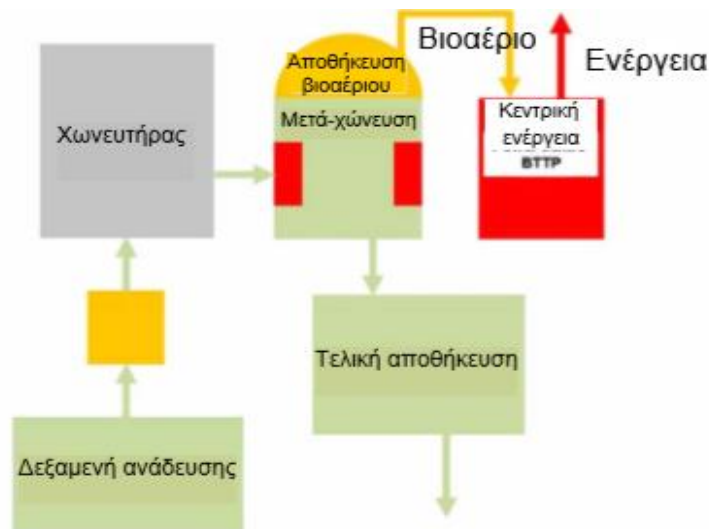
Στο παρακάτω σχήμα (Διάγραμμα 4.1) παρουσιάζονται τα βασικά στάδια της διεργασίας σε μια εγκατάσταση βιοαερίου. Ο διαχωρισμός της υγρής και ξηρής ΑΧ υπάρχει σε θεωρητικό επίπεδο καθώς οι μικροβιολογικές διεργασίες πραγματοποιούνται πάντα σε ρευστά μέσα. Η «αντλησιμότητα» της πρώτης ύλης είναι αυτή που καθορίζει τα όρια μεταξύ υγρής και ξηρής χώνευσης. Για παράδειγμα αν το περιεχόμενο ξηρής ουσίας (ΞΟ) ξεπερνά το 15% τότε το υλικό δεν είναι «αντλήσιμο» και η ΑΧ αποτελεί μια ξηρή χώνευση. Όταν ο χωνευτήρας τροφοδοτείται με σχετικά ξηρή πρώτη ύλη (π.χ. χορτονομή) τότε το ποσοστό ΞΟ του μίγματος της πρώτης ύλης αυξάνεται. (Σιούλας, 2010)



Διάγραμμα 4.1: Τα βήματα της διεργασίας των τεχνολογιών βιοαερίου

Πηγή: Σιούλας Κωνσταντίνος, Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen, ΚΑΠΕ, (2010), Εγχειρίδιο Βιοαερίου

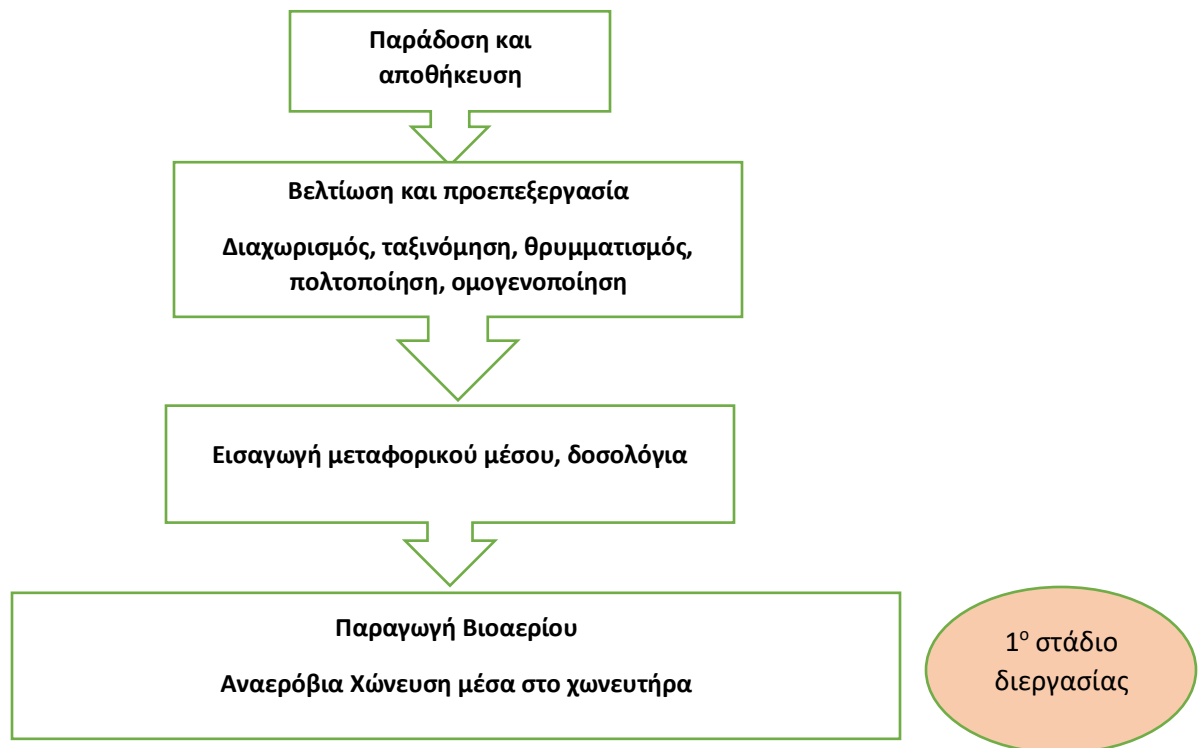
Ο χωνευτήρας (η δεξαμενή του αντιδραστήρα της ΑΧ) αποτελεί το σημαντικότερο σύστημα σε μια εγκατάσταση βιοαερίου. Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζονται και τα υπόλοιπα τμήματα που απαρτίζουν μια εγκατάσταση βιοαερίου.

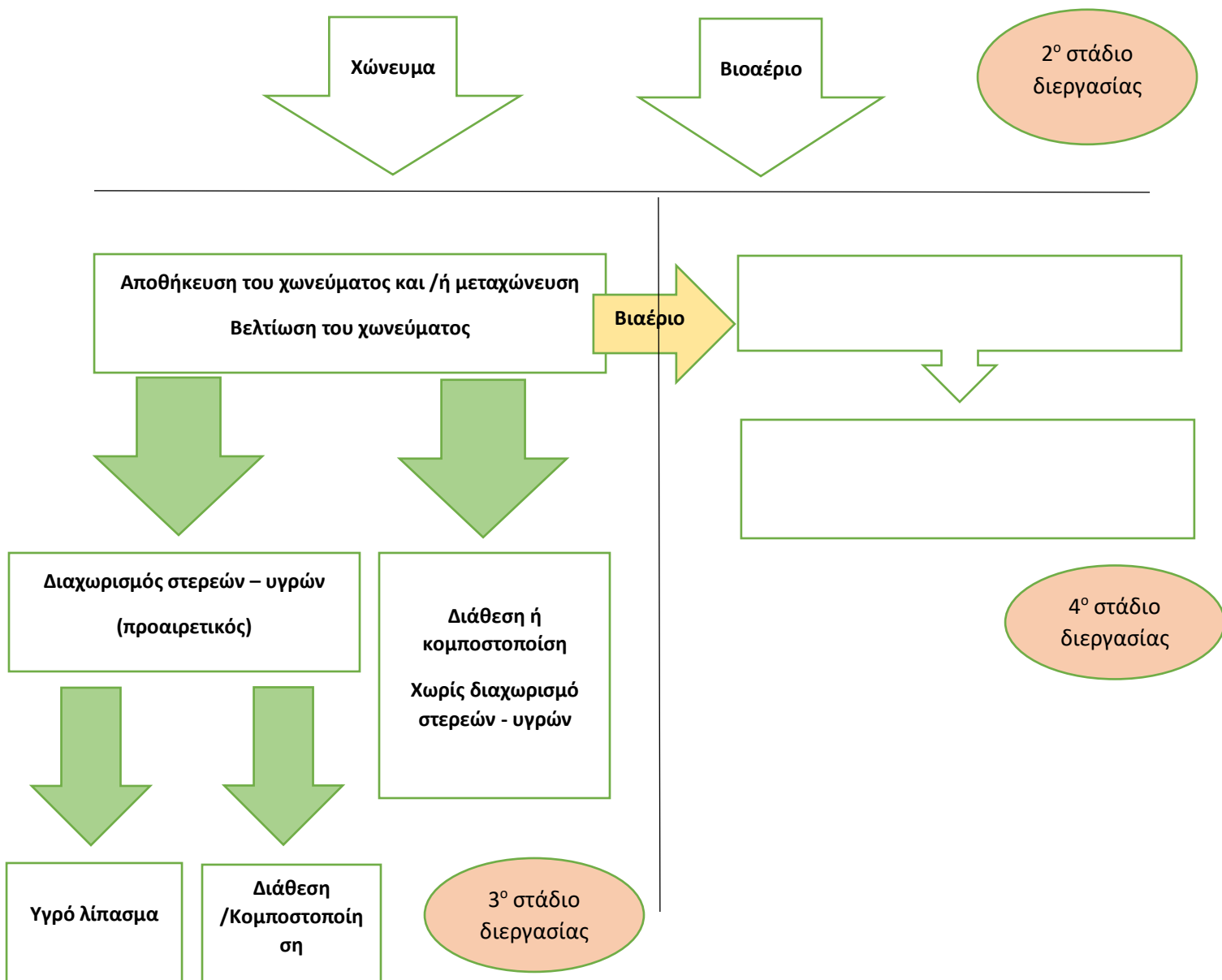


Διάγραμμα 4.2: Κύριες συνιστώσες των εγκαταστάσεων βιοαερίου

Πηγή: Σιούλας Κωνσταντίνος, Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen, ΚΑΠΕ, (2010), Εγχειρίδιο Βιοαερίου

Παρακάτω παρουσιάζονται σχηματικά τα στάδια της διεργασίας παραγωγής βιοαερίου (Διάγραμμα 4.3)





Διάγραμμα 4.3: Γενικό διάγραμμα ροής της διεργασίας παραγωγής του βιοαερίου

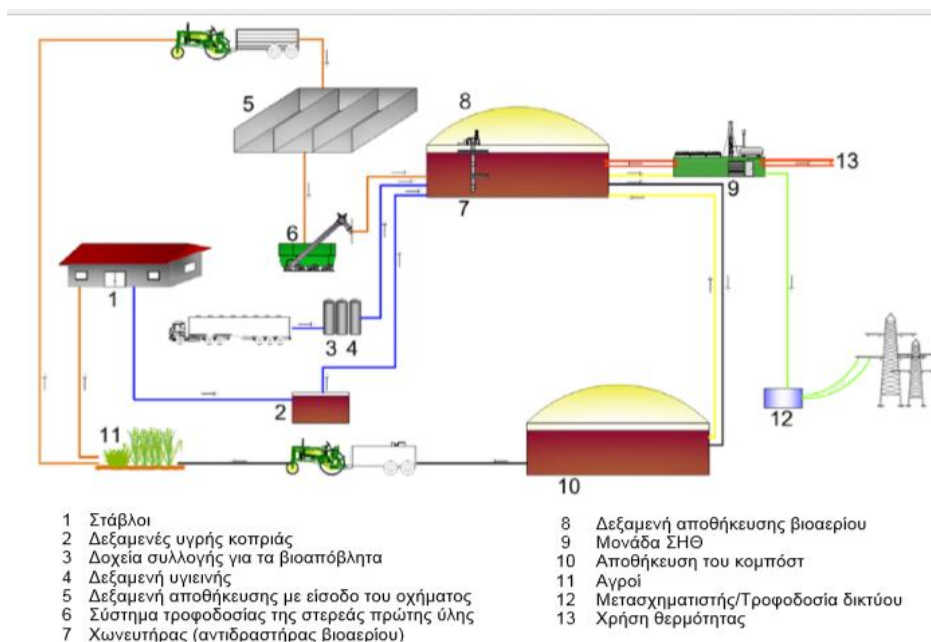
Πηγή: Σιούλας Κωνσταντίνος, Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen, ΚΑΠΕ, (2010), Εγχειρίδιο Βιοαερίου

Για τις αγροτικές εγκαταστάσεις βιοαερίου υπάρχουν τέσσερα διακριτά στάδια διεργασίας τα οποία απεικονίζονται και στο Διάγραμμα 4.4:

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

4. Αποθήκευση του βιοαερίου, βελτίωση και χρήση.

Μια εκτενέστερη εικόνα των σταδίων διεργασίας παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχήμα (Διάγραμμα 4.4). Σημαντικό στοιχείο είναι ότι τα στάδια συνδέονται σημαντικά μεταξύ τους.



Διάγραμμα 4.4: Αγροτικές εγκαταστάσεις ομοχώνευσης βιοαερίου που χρησιμοποιούν κοπριά και χορτονομή αραβοσίτου

Πηγή: Σιούλας Κωνσταντίνος, Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen, ΚΑΠΕ, (2010), Εγχειρίδιο Βιοαερίου

1. Το πρώτο στάδιο της διεργασίας (αποθήκευση, βελτίωση, μεταφορά και εισαγωγή της πρώτης ύλης) περιλαμβάνει την δεξαμενή αποθήκευσης της κοπριάς (2), τα δοχεία συλλογής (3), τη δεξαμενή υγιεινής (4), τις δεξαμενές αποθήκευσης με είσοδο οχήματος (5) και το σύστημα τροφοδοσίας της στερεάς πρώτης ύλης (6).

2. Το δεύτερο στάδιο της διεργασίας περιλαμβάνει την παραγωγή του βιοαερίου στον αντιδραστήρα βιοαερίου (7), γνωστός επίσης ως χωνευτήρας.

3. Το τρίτο στάδιο της διεργασίας αντιπροσωπεύεται από την δεξαμενή αποθήκευσης για το κομπόστ (10) και τη χρήση του κομπόστ ως λίπασμα στους αγρούς (11).

4. Το τέταρτο στάδιο της διεργασίας (αποθήκευση, βελτίωση και χρήση του βιοαερίου) πραγματοποιείται στην δεξαμενή αποθήκευσης αερίου (8) και τη μονάδα συνδυασμένης παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) (9).

Η ποσότητα και ο τύπος της πρώτης ύλης που θα χρησιμοποιούνται στην μονάδα παραγωγής βιοαερίου έχουν καθοριστικό ρόλο για τον σχεδιασμό της, τη διάσταση του χωνευτήρα, των χώρων αποθήκευσης και της μονάδας ΣΗΘ ενώ η ποιότητα της πρώτης ύλης (ΞΟ, προέλευση κ.λπ.) καθορίζει την τεχνολογία της διεργασίας.

Επίσης, η σύνθεση της πρώτης ύλης καθορίζει και την προεπεξεργασία που απαιτείται ώστε να αποτελέσει αντλήσιμο μείγμα. Οι εγκαταστάσεις θα πρέπει να διαθέτουν επίσης ένα σύστημα υγιεινής σε περίπτωση που η παρεχόμενη πρώτη ύλη είναι επιρρεπής σε μολύνσεις.

Στην περίπτωση της υγρής ΑΧ, συνήθως χρησιμοποιούνται μονής βαθμίδας εγκαταστάσεις ΑΧ που λειτουργούν με διεργασία δια μέσου της ροής. Στη διεργασία διπλής βαθμίδας, ένας προ-χωνευτήρας τοποθετείται πριν από τον κύριο χωνευτήρα, ο οποίος δημιουργεί τις βέλτιστες συνθήκες για τα πρώτα δύο βήματα της διεργασίας της ΑΧ (υδρόλυση και σχηματισμός οξέων). Στην συνέχεια, η πρώτη ύλη εισάγεται στον κύριο χωνευτήρα, όπου διεξάγονται τα επόμενα βήματα της ΑΧ.

Το χωνευμένο υπόστρωμα αντλείται από το χωνευτήρα και συλλέγεται σε δεξαμενές αποθήκευσης οι οποίες καλύπτονται με αεροστεγείς μεμβράνες όπου υπάρχει δυνατότητα να συνεχιστεί η παραγωγή και συλλογή του βιοαερίου, σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (μετάχωνευση). Διαφορετικά το κομπόστ μπορεί να αποθηκευτεί σε ανοιχτά δοχεία με φυσικό ή τεχνητό επιπλέον στρώμα, με στόχο την ελαχιστοποίηση των επιφανειακών εκπομπών.

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

4.2 Μονάδα παραλαβής

Βασικό ρόλο στη λειτουργία της μονάδας βιοαερίου κατέχουν η μεταφορά και η παράδοση της πρώτης ύλης. Ο σταθερός και συνεχής ανεφοδιασμός της μονάδας με πρώτη ύλη είναι

σημαντικός για την εύρυθμη λειτουργία της. Αν ο ανεφοδιασμός γίνεται από το ίδιο άτομο που διαθέτει τη μονάδα τότε ο ανεφοδιασμός γίνεται με μεγαλύτερη ασφάλεια και η πρώτη ύλης είναι άριστης ποιότητας. Ωστόσο, σε περιπτώσεις όπου η πρώτη ύλη προμηθεύεται από γειτονικά αγροκτήματα, βιομηχανίες ή νοικοκυριά απαιτείται μεγάλη προσοχή. Η πρώτη ύλη θα πρέπει να ελέγχεται διεξοδικά για την ποιότητά της, πρέπει να καταγραφούν το βάρος παράδοσης και όλα τα στοιχεία της πρώτης ύλης (προμηθευτής, ημερομηνία, ποσότητα, τύπος πρώτης ύλης, διαδικασίες προέλευσης και ποιότητας). Ιδιαίτερη προσοχή χρήζει η πρώτη ύλη που κατηγοριοποιείται στα απόβλητα καθώς θα πρέπει να τηρούνται ρυθμιστικές υποχρεώσεις (ανάλογα με την κατηγορία αποβλήτων), καθώς επίσης και νομικοί και διοικητικοί περιορισμοί. (Σιούλας, 2010)

4.3 Αποθήκευση και βελτίωση της πρώτης ύλη

4.3.1 Αποθήκευση της πρώτης ύλης

Η αποθήκευση της πρώτης ύλης αποσκοπεί πρώτον στην ελαχιστοποίηση των διακυμάνσεων ανεφοδιασμού αλλά και στην διευκόλυνση της ανάμιξης των διαφορετικών ομο-υποστρωμάτων για συνεχή εφαρμογή στο χωνευτήρα.

Ο τύπος των εγκαταστάσεων αποθήκευσης εξαρτάται από τον τύπο της πρώτης ύλης. Οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης μπορούν να ταξινομηθούν σε:

- αποθήκες τύπου σιλό για την στερεή πρώτη ύλη (π.χ. χορτονομή αραβόσιτου) τα οποία έχουν την ικανότητα να αποθηκεύουν τη πρώτη ύλη πάνω από ένα χρόνο και σε
- δεξαμενές αποθήκευσης για την υγρή πρώτη ύλη (π.χ. κοπριά) οι οποίες αποθηκεύουν τη πρώτη ύλη για μερικές ημέρες.

Η ποσότητα που πρόκειται να αποθηκευτεί, το διάστημα παράδοσης αλλά και οι ποσότητες καθημερινής ανατροφοδότησης του χωνευτήρα είναι παράγοντες που επηρεάζουν τις διαστάσεις των εγκαταστάσεων αποθήκευσης.

(Σιούλας, 2010)

Αποθήκες τύπου σιλό για ενεργειακές καλλιέργειες

Ο συγκεκριμένος τύπος εγκαταστάσεων αποθήκευσης χρησιμοποιείται ευρέως πλέον για την αποθήκευση ενεργειακών καλλιεργειών που χρησιμοποιούνται για τη παραγωγή βιοαερίου.

Η χορτονομή πρέπει να προέρχεται από φυτικό ιστό και να έχει τα κατάλληλα επίπεδα υγρασίας. Μέσω διεργασιών ζύμωσης επιτυγχάνεται η συντήρηση της χορτονομής καθώς καταλήγει να έχει χαμηλότερη ενέργεια απ' ό τι ο αρχικός φυτικός ιστός, δεδομένου ότι τα ζυμωτικά βακτηρίδια χρησιμοποιούν μερικούς από τους υδατάνθρακες για να παράγουν τα VFA.

Σε χώρες όπως η Γερμανία η αποθήκευσή γίνεται σε σιλό κατασκευασμένα από σκυρόδεμα (Φωτογραφία 4.1) ή σε μεγάλους σωρούς στο έδαφος (Φωτογραφία 4.2). Η χορτονομή τοποθετείται μέσα σε αυτό και σφραγίζεται αεροστεγώς με φύλλα πλαστικού έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η παρουσία οξυγόνου και να αποφευχθούν αερόβιες διεργασίες.

Στις περιπτώσεις που η αποθήκευση της πρώτης ύλης γίνεται σε σιλό θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι κατά τη διεργασία ζύμωσης του χορταριού παράγονται υγρά τα οποία μπορούν να μολύνουν τις διαδρομές του ύδατος. Έτσι, θα πρέπει να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα προστασίας.



Φωτογραφία 4.1: Αποθήκες τύπου σιλό

Πηγή: Σιούλας Κωνσταντίνος, Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen, ΚΑΠΕ, (2010), Εγχειρίδιο Βιοαερίου



Φωτογραφία 4.2: Χορτονομή καλαμποκιού που αποθηκεύεται σε έναν μεγάλο σωρό στο έδαφος, καλυπτόμενο από ένα στρώμα χλόης

Πηγή: Σιούλας Κωνσταντίνος, Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen, ΚΑΠΕ, (2010), Εγχειρίδιο Βιοαερίου

Δεξαμενές αποθήκευσης για αντλήσιμη πρώτη ύλη

Στη περίπτωση αυτή η αποθήκευση γίνεται σε σφραγισμένες, υδατοστεγείς και από ενισχυμένο σκυρόδεμα δεξαμενές μέσα στο έδαφος. Παρόμοιες δεξαμενές χρησιμοποιούνται στη γεωργία για την αποθήκευση της κοπριάς και η χωρητικότητά τους καλύπτει την αποθήκευση για μια έως δύο μέρες.

Το ενισχυμένο σκυρόδεμα δεν πρέπει να μην έχει ρωγμές και θα πρέπει να είναι ανθεκτικό υπό τις ειδικές συνθήκες κατά τη διάρκεια της ζύμωσης καθ' όλη τη διάρκεια χρήσης του. (Deublein and Steinhauser, 2008)

Με το ενισχυμένο σκυρόδεμα, αν η περιεκτικότητα σε διοξείδιο του άνθρακα είναι ικανή να διαπεράσει την ενίσχυση τότε και το όξινο υπόστρωμα μπορεί να διαπεράσει την ενίσχυση και να τη διαβρώσει. Το διοξείδιο του άνθρακα μετατρέπει το υδροξείδιο του ασβεστίου στο σκυρόδεμα σε ανθρακικό ασβέστιο. Το pH του σκυροδέματος γύρω από την ενίσχυση μειώνεται στο 9 και το ατσάλι αρχίζει να καταρρέει. (Deublein and Steinhauser, 2008)

Με στόχο την αποφυγή τέτοιων περιστατικών, οι τοπικοί νόμοι στην επιτήρηση κατασκευής ποιοτικού σκυροδέματος με ανθεκτικότητα σε ισχυρές χημικές αντιδράσεις, όταν το σκυρόδεμα εκτίθεται σε pH μικρότερο από 4.5 για μεγάλες περιόδους. (Deublein and Steinhauser, 2008)

Οι δεξαμενές αποθήκευσης απαιτούν ελάχιστη συντήρηση περιλαμβανομένης της αφαίρεσης των ιζηματικών στρωμάτων από άμμο και πέτρες. Τα ιζήματα αφαιρούνται χρησιμοποιώντας δάπεδα καθαρισμού, μεταφορικούς κοχλίες, αντλίες φρεατίων, δεξαμενές συλλογής ή συστήματα φρεζαρίσματος. (Σιούλας, 2010)

4.3.2 Βελτίωση της πρώτης ύλης

Η ροή και η αποδοτικότητα της διεργασίας της ΑΧ επηρεάζεται σημαντικά από την βελτίωση της πρώτης ύλης, η οποία έχει ως στόχο την αύξηση της χωνευτικότητας και την εκπλήρωση των απαιτήσεων υγιεινής.

Η αναβάθμιση της πρώτης ύλης είναι δυνατό να βελτιστοποιήσει την διεργασία, να αυξήσει τους ρυθμούς χώνευσης και τις παραγωγές βιοαερίου και μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους.

Ταξινόμηση και διαχωρισμός της πρώτης ύλης

Η σημαντικότητα της κατάταξης και του διαχωρισμού των μη κατάλληλων υλικών από το υπόστρωμα της πρώτης ύλης, υπόκειται από την σύνθεση και την προέλευση της ύλης αυτής. Η χορτονομή ανήκει στα καθαρότερα υλικά πρώτης ύλης, ενώ λόγω χάριν τα απόβλητα των νοικοκυριών ενδέχεται να περιλαμβάνουν διάφορες φυσικές ακαθαρσίες και συνήθως διαχωρίζονται με ιζηματογενέσεις στις δεξαμενές αποθήκευσης από το κατώτατο σημείο των οποίων πρέπει να απομακρύνονται ανά τακτά διαστήματα. Συχνά μπορεί να χρησιμοποιείται μια προ-δεξαμενή με ειδικές σχάρες οι οποίες θα συγκρατούν πέτρες και άλλες ακαθαρσίες προτού διοχετευθεί η πρώτη ύλη στην κύρια δεξαμενή αποθήκευσης. Τα απόβλητα των νοικοκυριών, των χώρων εστίασης και των τροφίμων ενδέχεται να περιλαμβάνουν ακαθαρσίες οι οποίες μπορεί να βλάψουν τις αντλίες, να φράξουν και να καταστρέψουν τους σωλήνες και τους χωνευτήρες. Η αφαίρεση αυτών των ακαθαρσιών είναι εφικτή μέσω ενός ξεχωριστού συστήματος συλλογής από τα απόβλητα νοικοκυριών π.χ., ή να αφαιρεθούν από τα χύδη συλλεγόμενα απόβλητα με μηχανικές, μαγνητικές και χειρωνακτικές μεθόδους.

Υγιεινή

Η διαδικασία του χειρισμού, της επεξεργασίας και της ανακύκλωσης των κομπόστ, πρέπει να γίνονται με τρόπους οι οποίοι δεν θα επηρεάζουν αρνητικά τους ανθρώπους, τα ζώα και το περιβάλλον. Ευρωπαϊκές και εθνικές νομοθεσίες ρυθμίζουν τις πρακτικές επεξεργασίας των αποβλήτων σχετικά με τους επιδημικούς και υγειονομικούς κινδύνους, προκαθορίζοντας τη θερμική προ-επεξεργασία για τα κρίσιμα υλικά. Για να αποφευχθεί η μόλυνση όλου του φορτίου πρώτης ύλης και για να διατηρηθεί σε χαμηλά επίπεδα η δαπάνη υγιεινής, σε κάθε περίπτωση η αποστείρωση υπό πίεση και η παστερίωση πρέπει να γίνουν πριν αντληθεί η αντίστοιχη πρώτη ύλη στο χωνευτήρα. Σε θερμαινόμενες δεξαμενές από ανοξείδωτο χάλυβα, συνδεδεμένες με το σύστημα τροφοδοσίας του χωνευτήρα πραγματοποιείται η υγιεινή. Στον έλεγχο υγιεινής περιλαμβάνονται παράμετροι όπως η θερμοκρασία, ο χρόνος αναμονής, ο όγκος και η πίεση. Επειδή η θερμοκρασία του υλικού είναι υψηλότερη μετά τη διεργασία υγιεινής, το αποστειρωμένο υλικό διέρχεται μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας, όπου ορισμένη από τη θερμότητα μεταφέρεται στην κρύα βιομάζα, η οποία αντλείται στον χωνευτήρα.

Θραύση

Για τη βιολογική διεργασία της αποσύνθεσης και την εν συνεχεία παραγωγή μεθανίου, οι επιφάνειες των σωματιδίων προετοιμάζονται μέσω της θραύσης της πρώτης ύλης. Στην περίπτωση αυτή, το μέγεθος των σωματιδίων ενεργεί μόνο στο χρόνο χώνευσης, αλλά δεν αυξάνει απαραίτητως τις παραγωγές μεθανίου. Η θραύση της πρώτης ύλης συχνά σχετίζεται άμεσα με το σύστημα τροφοδοσίας, αφού και τα δύο έχουν τη δυνατότητα να τροφοδοτηθούν από έναν ηλεκτρικό κινητήρα ή από τον άξονα κίνησης ενός τρακτέρ.

Πολτοποίηση, ομογενοποίηση

Ενδέχεται να κρίνεται απαραίτητη η πολτοποίηση της πρώτης ύλης ώστε η λήψη της πρώτης ύλης να χαρακτηρίζεται από υψηλή περιεκτικότητα σε ύδωρ, η οποία μπορεί αργότερα να τροφοδοτηθεί στο χωνευτήρα διαμέσου αντλιών. Η πολτοποίηση συντελείται στις δεξαμενές αποθήκευσης ή τους προ-χωνευτήρες, πριν διοχετευθεί το υλικό στον κύριο χωνευτήρα. Τα ρευστά στοιχεία που χρησιμοποιούνται στη διεργασία της πολτοποίησης εξαρτώνται από τη διαθεσιμότητα και συχνά είναι ακατέργαστη υγρή κοπριά, κομπόστ, νερό διεργασιών ή και γλυκό

νερό. Το προτέρημα της χρήσης του κομπόστ για την πολτοποίηση βρίσκεται στη ελάττωση της κατανάλωσης γλυκού νερού και στον εμποτισμό του υποστρώματος με μικροοργανισμούς ΑΧ από τον χωνευτήρα, ενώ παράλληλα η χρήση του κομπόστ για την πολτοποίηση μπορεί ως συνακόλουθο να αυξήσει το περιεχόμενο σε θρεπτικές ουσίες και άλατα του υποστρώματος και να οδηγήσει σε ανισορροπία ή παρεμπόδιση της διεργασίας. Η χρήση του πόσιμου νερού δεν συνιστάται λόγω του μεγάλου κόστους.

Η ομοιογένεια του υποστρώματος συναποτελεί επίσης σημαντικό συντελεστή για τη σταθερότητα της διεργασίας ΑΧ.

Υπάρχουν διάφορες δυνατότητες για βελτίωση της πρώτης ύλης και βελτιστοποίηση του οργανικού φορτίου της εγκατάστασης όπως είναι η μηχανική σύνθλιψη, οι διεργασίες αποσύνθεσης (χρησιμοποιούνται ήδη στην επεξεργασία λυμάτων), και το στάδιο της ανάντη υδρόλυσης. (Σιούλας, 2010)

4.4 Σύστημα τροφοδοσίας

Η πρώτη ύλη αφού αποθηκευτεί και υποστεί την προεπεξεργασία που απαιτείται τοποθετείται στο χωνευτήρα. Η τεχνική τροφοδοσίας εξαρτάται από τον τύπο της πρώτης ύλης και την ικανότητα άντλησης της. Αν πρόκειται για αντλήσιμη πρώτη ύλη (ζωικοί πολτοί, επιπλέουσα λάσπη, απόβλητα γαλακτοκομίας, ιχθυέλαια κλπ.) τότε η μεταφορά στο χωνευτήρα γίνεται μέσω αντλιών. Αν η πρώτη ύλη είναι μη αντλήσιμη (ινώδη υλικά, χλόη, χορτονομή, κοπριά με υψηλή περιεκτικότητα σε άχυρο κλπ.) τότε αυτή μπορεί να μεταφερθεί με έναν φορτωτή στο σύστημα τροφοδοσίας και έπειτα να διοχετευτούν στο χωνευτήρα. Ο χωνευτήρας μπορεί να τροφοδοτείται παράλληλα και με τους δύο τύπους πρώτης ύλης.

Για να επιτευχθεί μια σταθερή διεργασία Α.Χ. πρέπει να εξασφαλιστεί η συνεχής ροή πρώτης ύλης στο χωνευτήρα. Το σύστημα τροφοδοσίας που θα επιλεγεί εξαρτάται από την ποιότητα της πρώτης ύλης (αντλησιμότητα και διαστήματα τροφοδοσίας).

Τέλος, ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στη θερμοκρασία της πρώτης ύλης που τοποθετείται στο χωνευτήρα. Διακυμάνσεις της θερμοκρασίας μπορούν να διαταράξουν την βιολογία της διεργασίας της Α.Χ. με αποτέλεσμα να προκληθούν απώλειες στη παραγωγή του αερίου.

4.4.1 Συστήματα Αντλίας

Τα συστήματα αντλίας απαιτούνται για τη μεταφορά του υποστρώματος στο χωνευτήρα. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τύποι των συστημάτων αντλίας και τα χαρακτηριστικά τους.

Τύπος	Φυγοκεντρικές Αντλίες	Αντλίες Θετικής Μετατόπισης
Σχεδιασμός	<ul style="list-style-type: none">• Βυθισμένη Αντλία• Βυθισμένη Αντλία Κινητήρα	<ul style="list-style-type: none">• Εκκεντρική Βιδωτή Αντλία• Περιστροφική Αντλία Εμβόλου
Χαρακτηριστικά	<ul style="list-style-type: none">• Υψηλή απόδοση• Σχετικά χαμηλής πίεσης κεφαλή• Όχι αυτόματο γέμισμα• Απλές και στιβαρές• Κατάλληλο για υπόστρωμα με ποσοστό Ξ.Ο. πάνω από 12%	<ul style="list-style-type: none">• Δοσολόγιο• Αυτόματο γέμισμα• Πίεση αντίστασης• Κατάλληλες για υπόστρωμα με υψηλό ιξώδες (μεγάλη πυκνότητα)• Ευαίσθητες σε ατυχήματα και για αυτό πρέπει να συνδυάζονται με αντλίες ψεκασμού

Πίεση και Διακίνηση	<ul style="list-style-type: none"> ● Ανώτατη πίεση κεφαλής: 0.4-2.5 bar ● Κατανάλωση ενέργειας: 3-15 kW ● Διακίνηση: 2-6 m³ min⁻¹ 	<ul style="list-style-type: none"> ● Εκκεντρική βιδωτή αντλία ● Αυτόματο γέμισμα πάνω από 0.85 bar ● Μέγιστη πίεση κεφαλής: 24 bar ● Διακίνηση: λιγότερο από τις φυγοκεντρικές ● Περιστροφική αντλία εμβόλου ● Μέγιστη πίεση κεφαλής: 2-10 bar ● Κατανάλωση ενέργειας: 7.5-55 kW ● Διακίνηση: 0.5-4 m³/min
----------------------------	--	---

Πίνακας 4.1: Σύγκριση αντλιών

Πηγή: Dieter Deublein and Angelica Steinhauser , (2008), Biogas from Waste and Renewable Resources, An Introduction, “Pump System”

Οι φυγοκεντρικές αντλίες εντοπίζονται στο 50% όλων των εγκαταστάσεων βιοαερίου. το 25% όλων των εγκαταστάσεων, διαθέτει αντλίες θετικής μετατόπισης για να χειριστούν τις υψηλές συγκεντρώσεις στερεού. Το 16% των εγκαταστάσεων λειτουργούν χωρίς αντλίες λόγω των γεωγραφικών συνθηκών. Οι αντλίες κοπής χρησιμοποιούνται κυρίως στη διαδικασία προεπεξεργασίας για συγκεκριμένα στοιχεία με μακριές ίνες της υγρής λάσπης όπως το άχυρο, απομεινάρια ζωοτροφής κ.λπ.. Διαθέτουν σκληρά άκρα κοπής στο στροφέιο και μια σταθερή κοπτική λεπίδα στο περίβλημα. (Dieter Deublein and Angelica Steinhauser, 2008)

Οι αντλίες πρέπει να είναι εύκολα προσβάσιμες καθώς:

- Πρέπει να ελέγχονται και να συντηρούνται τακτικά.
- Τα αποσπόμενα μέρη των αντλιών είναι φορέσιμα εξαρτήματα, τα οποία δέχονται μεγάλη πίεση και πρέπει να αντικαθίστανται συχνά ιδιαίτερα στις εγκαταστάσεις βιοαερίου.

- Μπλοκαρίσματα των αντλιών συμβαίνουν, παρόλο που υπάρχουν μέτρα ασφαλείας, και αυτά θα πρέπει να ελαχιστοποιούνται εγκαίρως.

(Dieter Deublein and Angelica Steinhauser, 2008)

4.4.2 Σωληνώσεις

Το σύστημα σωληνώσεων των εγκαταστάσεων βιοαερίου πρέπει να τοποθετούνται πάνω από το έδαφος ώστε να επιτρέπεται ο γρήγορος εντοπισμός τυχόν διαβρώσεων και διαρροών που προκαλούνται από οποιοδήποτε παράγοντα οξίνισης.

Τέτοια συστήματα σωληνώσεων απαιτούν μόνωση των σωληνώσεων έναντι της έκθεσης σε παγετούς αλλά και εξοπλισμό για τον έλεγχο της θερμοκρασίας.

Τυχόν υπόγειοι σωλήνες πρέπει να εγκατασταθούν αρκετά βαθιά ώστε να αποφευχθούν ζημιές από το βάρος που θα υπάρχει πάνω από το έδαφος. Όλες οι σωληνώσεις πρέπει να είναι προστατευμένοι από παγετούς, ενώ ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται σε τυχόν διαρροές.

Οι σωληνώσεις εισαγωγής και παροχής όλων των δεξαμενών πρέπει να διαθέτουν τουλάχιστον μια βαλβίδα ολίσθησης. Δύο βαλβίδες πυλών και ένας πρόσθετος αντισταθμιστής είναι απαραίτητα μόνο για τις σωληνώσεις που διαπερνούν το τοίχωμα του αντιδραστήρα και περνούν πάνω από την επιφάνεια της λάσπης. Οι βαλβίδες πρέπει να τοποθετούνται η μια ακριβώς μετά την άλλη.

Τακτικοί έλεγχοι όλου του συστήματος απαιτούνται ώστε να διασφαλιστεί ότι όλες οι σωληνώσεις είναι άθικτες. Για το λόγο αυτό, θα πρέπει να τοποθετηθεί διάφανο και φωτιζόμενο τζάμι.

Όλες οι σωληνώσεις πρέπει να είναι σε επαρκείς διαστάσεις και με μικρή κλίση ώστε σε περίπτωση επείγουσας ανάγκης το σύστημα να μπορεί να αδειάσει και να εξαερωθεί. Οι βαλβίδες πυλών πρέπει να βρίσκονται στη κορυφή. Για τις σωληνώσεις το αερίου, θα πρέπει να έχουν τοποθετηθεί παγίδες ατμών και αφρού με κατάλληλες διαστάσεις που επιτρέπουν να μέγιστο να φιλοξενείται ο μέγιστος όγκος αερίου και μια ταχύτητα 10 ms^{-1} στον σωλήνα εκκένωσης και ταχύτητα 5 ms^{-1} στο σωλήνα εισαγωγής.

Τα υλικά κατασκευής των σωληνώσεων και των παρελκόμενων τους που μεταφέρουν το βιοαέριο θα πρέπει ιδανικά να είναι PVC, HDPE, χάλυβας ή ανοξείδωτος χάλυβας. Οι σύνδεσμοι θα πρέπει να είναι συγκολλημένοι.

Όλοι οι εξωτερικοί πλαστικοί σωλήνες θα πρέπει να είναι ανθεκτικοί στις UV ακτινοβολίες, οι σωληνώσεις που διοχετεύουν το υπόστρωμα θα πρέπει να είναι τυλιγμένες με αλουμινόχαρτο για επιπλέον προστασία από τις UV ακτινοβολίες. (Dieter Deublein and Angelica Steinhauser, 2008)

4.5 Σύστημα θέρμανσης – θέρμανση χωνευτήρα

Ο χωνευτήρας ανάλογα με το που βρίσκεται πάνω ή κάτω από το έδαφος ή μέσα σε κτίριο πρέπει να διαθέτει την ανάλογη μόνωση θερμοκρασίας ώστε αυτή να παραμένει σταθερή και να αποφεύγονται απώλειες θερμότητας και να διεξάγεται η διεργασία της Α.Χ. ομαλά. (Dieter Deublein and Angelica Steinhauser, 2008)

Οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας μπορούν να προκληθούν από:

- Η τροφοδοσία να γίνεται με πρώτη ύλη η οποία βρίσκεται σε διαφορετική θερμοκρασία από αυτή που ήδη επεξεργάζεται.
- Λανθασμένη μόνωση των εγκαταστάσεων.
- Ακραίες εξωτερικές θερμοκρασίες ανάλογα με τη εποχή (χειμώνας-καλοκαίρι).

Προκειμένου να διατηρηθεί η θερμοκρασία ο χωνευτήρα θα πρέπει να είναι κατάλληλα μονωμένος και να θερμαίνονται από εξωτερικές μονάδες έτσι ώστε να αντισταθμίζονται οι απώλειες της θερμοκρασίας. Η θέρμανση γίνεται συνήθως μέσω της θερμότητας που απελευθερώνεται από τη μονάδα ΣΗΘ της εγκατάστασης του βιοαερίου. (Σιούλας,2010)

4.6 Χωνευτήρες

Ο χωνευτήρας (αεροστεγής αντιδραστήρας) είναι η βασική εγκατάσταση σε μια μονάδα βιοαερίου. Εκτός από τη μόνωση, ένα ακόμη κοινό χαρακτηριστικό των χωνευτήρων είναι ότι όλοι διαθέτουν σύστημα τροφοδοσίας αλλά και σύστημα εξαγωγής του βιοαερίου και του κομπόστ. Στις Ευρωπαϊκές κλιματικές συνθήκες οι αναερόβιοι χωνευτήρες είναι αναγκαίο να μονώνονται και να θερμαίνονται.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι χωνευτήρων οι οποίοι μπορεί να κατασκευάζονται από σκυρόδεμα, χάλυβα, τούβλο, ή πλαστικό, είναι διαμορφωμένοι ως σιλό, σκάφες, λεκάνες ή λιμνούλες, και μπορεί να τοποθετούνται υπόγεια ή στην επιφάνεια. Το μέγεθος των χωνευτήρων καθορίζει και το μέγεθος της εγκατάστασης της μονάδας βιοαερίου το οποίο διαφοροποιείται ανάλογα με το εάν πρόκειται για μικρές οικιακές εγκαταστάσεις ή μεγάλες εμπορικές εγκαταστάσεις οι οποίες διαθέτουν πολλούς χωνευτήρες.

Τέλος, ο σχεδιασμός και το μέγεθος του χωνευτήρα εξαρτάται από τη περιεκτικότητα σε ΞΟ του υποστρώματος. Όπως έχει ήδη αναφερθεί η ΑΧ λειτουργεί με δύο βασικά συστήματα: υγρή χώνευση, όταν το μέσο περιεχόμενο ξηρής ουσίας (ΞΟ) του υποστρώματος είναι χαμηλότερο από 15% και την ξηρή χώνευση, όταν η περιεκτικότητα σε ΞΟ του υποστρώματος είναι συνήθως μεταξύ 20 και 40%. Ανάλογα με τη περιεκτικότητα αυτή υπάρχει πιθανότητα σε διάφορες χώρες να υπάρχουν διαφοροποιήσεις στους κανόνες και στα υποστηρικτικά σχήματα.

Από την άποψη της εισόδου και εξόδου της πρώτης ύλης, υπάρχουν δύο βασικοί τύποι χωνευτήρων: ασυνεχούς τύπου και συνεχούς τύπου. (Σιούλας, 2010)

4.6.1 Χωνευτήρες ασυνεχούς τύπου

Οι χωνευτήρες ασυνεχούς τύπου τροφοδοτούνται με ένα μέρος νωπής πρώτης ύλης η οποία αφήνεται να χωνευτεί, στη συνέχεια αφαιρείται εντελώς και ο χωνευτήρας ξανά τροφοδοτείται με ένα νέο μέρος πρώτης ύλης. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται. Οι χωνευτήρες αυτού του τύπου είναι εύκολοι στη κατασκευή και χρησιμοποιούνται συνήθως για ξηρή χώνευση.



Φωτογραφία 4.3: Χωνευτήρας τύπου γκαράζ, τροφοδοτούμενος από φορτωτή

Πηγή: Σιούλας Κωνσταντίνος, Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttnner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen, ΚΑΠΕ, (2010), Εγχειρίδιο Βιοαερίου

Οι χωνευτήρες «τύπου γκαράζ» οι οποίοι κατασκευάζονται από σκυρόδεμα είναι ένα παράδειγμα χωνευτήρων ασυνεχούς τύπου (Φωτογραφία 4.3). Χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των διαχωριζόμενων στην πηγή βιοαποβλήτων από τα νοικοκυριά, της κουρεμένης χλόης, της στερεής κοπριάς και των ενεργειακών καλλιεργειών. Η οργανική ουσία εμβολιάζεται με το κομπόστ και τροφοδοτείται στον χωνευτήρα. Ο συνεχής εμβολιασμός με βακτηριακή βιομάζα συμβαίνει μέσω της επανακυκλοφορίας του υγρού διήθησης, το οποίο ψεκάζεται πάνω από το υπόστρωμα στο χωνευτήρα.

Η ξηρή χώνευση, σε αντίθεση με τη υγρή χώνευση, δεν χρειάζεται ανάδευση ή ανάμιξη του υποστρώματος ΑΧ κατά τη διάρκεια της χώνευσης.

Το χαμηλό κόστος διεργασίας και του μηχανολογικού εξοπλισμού αποτελούν πλεονεκτήματα της σταδιακής χώνευσης.

4.6.2 Χωνευτήρες συνεχούς τύπου

Οι χωνευτήρες συνεχούς τύπου τροφοδοτούνται συνεχώς με υπόστρωμα πρώτης ύλης. Το νέο υλικό είτε ωθείτε μηχανικά μέσα στο χωνευτήρα είτε το νεοεισερχόμενο πιέζει το ήδη

χωνευμένο υλικό. Σε αντίθεση με τους χωνευτήρες ασυνεχούς τύπου, οι συνεχείς χωνευτήρες έχουν συνεχή παραγωγή βιοαερίου και έτσι η ποσότητα βιοαερίου και κομπόστ που παράγεται είναι προβλέψιμη.

Υπάρχουν τρία βασικά συστήματα των συνεχών χωνευτήρων: κατακόρυφοι, οριζόντιοι και συστήματα πολλαπλών δεξαμενών. Ανάλογα με τον τρόπο ανάδευσης του υποστρώματος της ΑΧ που επιλέγεται οι χωνευτήρες διακρίνονται σε πλήρως αναμιγμένους και στους στρωτής ροής. Οι πρώτοι είναι κυρίως κατακόρυφοι ενώ της στρωτής ροής είναι οριζόντιοι. (Σιούλας, 2010)

Κατακόρυφοι χωνευτήρες

Οι κατακόρυφοι χωνευτήρες είναι αυτοί που χρησιμοποιούνται περισσότερο. Συνήθως κατασκευάζονται επί τόπου, είναι, στρογγυλές δεξαμενές από χάλυβα ή ενισχυμένο σκυρόδεμα, συχνά με ένα κωνικό πυθμένα, για εύκολη ανάδευση και εκκένωση των ιζημάτων άμμου. Είναι αεροστεγείς, μονωμένοι, θερμαινόμενοι και εξοπλισμένοι με αναδευτήρες ή αντλίες. Η οροφή τους είναι από σκυρόδεμα ή χάλυβα και το παραγόμενο βιοαέριο διοχετεύεται με σωλήνες και αποθηκεύεται σε εξωτερικές εγκαταστάσεις κοντά στους χωνευτήρες. (Σιούλας, 2010)

Οι δεξαμενές από σκυρόδεμα πρέπει να μην έχουν ρωγμές και να είναι ανθεκτικές στις ειδικές συνθήκες που επικρατούν κατά τη διάρκεια της ΑΧ. Η κατασκευή τους πρέπει να γίνεται από ενισχυμένο σκυρόδεμα. (Dieter Deublein and Angelica Steinhauser, 2008)

Η εσωτερική επιφάνεια (πυθμένας και επιφάνειες) των χωνευτήρων η οποία είναι κατασκευασμένη από τσιμέντο ή τούβλα τα οποία περιλαμβάνουν τσιμεντοκονία, μπορεί να διαβρωθεί υπό την επήρεια όξινων υποστρωμάτων. Γι' αυτό θα πρέπει οι επιφάνειες να μονώνονται με προστατευτικό υλικό το οποίο θα πρέπει να εφαρμόζεται με προσοχή. Το προστατευτικό στρώμα έχει δημιουργηθεί όταν:

- Ο χωνευτήρας έχει μονωθεί, έτσι ώστε αποφεύγεται η διαρροή των όξινων υποστρωμάτων.
- Ο χωνευτήρας είναι ανθεκτικός στην οξύτητα.
- Έχει δημιουργηθεί μόνωση έναντι των καιρικών συνθηκών (π.χ. ηλιακή ακτινοβολία).
- Δεν αποβάλλει σωματίδια, τα οποία είναι επιβλαβή για τον άνθρωπο και τα ζώα.

(Dieter Deublein and Angelica Steinhauser, 2008)

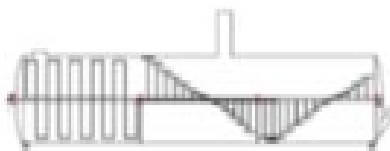
Οι χωνευτήρες από χάλυβα συνήθως αποτελούνται από συγκολλημένα κομμάτια χάλυβα αλλά ενίοτε μπορεί να αποτελούνται και από πλάκες ανοξείδωτου ατσαλιού συραμμένες μεταξύ τους πάνω στη μεταλλική κατασκευή κατασκευασμένη από χάλυβα.

Πριν ξεκινήσει η συγκόλληση θα πρέπει να έχουν μελετηθεί προσεκτικά οι ραφές που θα προκύψουν. Οι συγκολλήσεις θα πρέπει να δημιουργηθούν έτσι ώστε να αποφευχθεί η διάβρωσή τους. (Dieter Deublein and Angelica Steinhauser, 2008)

Όπως αναφέρει ο κύριος Σιούλας, το πλεονέκτημα των κατακόρυφων χωνευτήρων είναι ότι οι υφιστάμενες δεξαμενές κοπριάς, οι οποίες υπάρχουν ήδη στα αγροκτήματα, μπορούν να μετατραπούν επικερδώς σε χωνευτήρες βιοαερίου με την προσθήκη της μόνωσης και του συστήματος θέρμανσης. Για την εκ των υστέρων μόνωση, αδιάβροχες μονωτικές πλάκες (πολυστυρένιο) συνδέονται με σφήνες στα εσωτερικά τοιχώματα της δεξαμενής. Μια άλλη επιλογή για τη μόνωση των πρώην δεξαμενών κοπριάς είναι η πλήρης επίστρωση με αφρό του εσωτερικού της δεξαμενής, για αεριοστεγανότητα, εργασία η οποία πρέπει να γίνει από ειδικευμένες εταιρείες. Οι δεξαμενές καλύπτονται στο τέλος με μια αεροστεγή οροφή μονής ή διπλής μεμβράνης. (Σιούλας Κωνσταντίνος, 2010)

Οριζόντιοι χωνευτήρες

Οι οριζόντιοι χωνευτήρες έχουν έναν οριζόντιο άξονα και κυλινδρικό σχήμα. Ο χωνευτήρας αυτός συνήθως είναι ήδη κατασκευασμένος και μεταφέρεται στη μονάδα βιοαερίου έτοιμος. Ο κλασικός τύπος για τις μικρής κλίμακας λύσεις είναι μία οριζόντια δεξαμενή από χάλυβα των 50-150 m³, που χρησιμοποιείται ως κύριος χωνευτήρας για μικρότερες εγκαταστάσεις βιοαερίου ή ως προ-χωνευτήρας για μεγαλύτερες εγκαταστάσεις. Υπάρχει επίσης μια εναλλακτική λύση από σκυρόδεμα, ο χωνευτήρας τύπου καναλιού, ο οποίος επιτρέπει έναν μεγαλύτερο όγκο χωνευτήρα μέχρι 1.000 m³.



Φωτογραφία 4.4: Οριζόντιος Χωνευτήρας

Πηγή: <http://www.agroenergy.gr/>

Ο μονωμένος χωνευτήρας είναι εξοπλισμένος με ένα σύστημα θέρμανσης, έναν θόλο αερίου, τους σωλήνες κοπριάς και έναν αναδευτήρα. (Σιούλας, 2010)

Συστήματα πολλαπλών δεξαμενών

Στις μεγάλες εγκαταστάσεις αγροκτημάτων μπορεί να υπάρχουν πάνω από ένας τύπος χωνευτήρων. Συνήθως υπάρχουν κάποιοι κύριοι χωνευτήρες και κάποιοι μετα-χωνευτήρες. Οι εγκαταστάσεις στις οποίες αποθηκεύεται το κομπόστ μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως μετα-χωνευτήρας. (Σιούλας, 2010)

4.7 Τεχνολογίες ανάδευσης

Η ελάχιστη ανάδευση της βιομάζας μέσα στο χωνευτήρα πραγματοποιείται με παθητική ανάδευση η οποία επιτυγχάνεται από τα κύματα που δημιουργούνται όταν εισέρχεται νέα πρώτη ύλη αλλά και από τις φυσαλίδες αερίου που κινούνται προς την επιφάνεια. Ωστόσο, η παθητική ανάδευση δεν είναι αρκετή για την ομαλή λειτουργία του χωνευτήρα πρέπει να εφαρμοστεί ενεργητική ανάδευση με τη χρήση μηχανικού, υδραυλικού ή πνευματικού εξοπλισμού. Σχεδόν σε όλες τις εγκαταστάσεις βιοαερίου χρησιμοποιείται μηχανικός εξοπλισμός.

Το περιεχόμενο του χωνευτήρα πρέπει να αναδύεται αρκετές φορές ημερησίως προκειμένου να αναμιχθεί η νέα πρώτη ύλη με το υπάρχον υπόστρωμα μέσα στο χωνευτήρα. Η ανάδευση αποτρέπει το σχηματισμό κρούστας και στρωμάτων βύθισης (ιζήματα), τη μεταφορά των βακτηριδίων (μικροοργανισμών) στα σωματίδια της νέας πρώτης ύλης, τη διευκόλυνση της προς τα πάνω ροής των φυσαλίδων αερίου, και για την ομογενοποίηση της κατανομής της θερμότητας και των θρεπτικών ουσιών. Οι αναδευτήρες μπορούν να λειτουργούν συνεχώς ή κατά διαστήματα. (Σιούλας, 2010)

4.8 Αποθήκευση βιοαερίου

Η κατάσταση του βιοαερίου μέσα στο χωνευτήρα είναι μεταβαλλόμενη τόσο ως προς τη ποσότητα όσο και ως προς την αποδοτικότητα του. Ως εκ τούτου για να εξασφαλιστεί μια σταθερή

και συνεχής παραγωγή βιοαερίου αυτό θα πρέπει να αποθηκεύεται προσωρινά σε κατάλληλες εγκαταστάσεις βιοαερίου.

Υπάρχουν αρκετές επιλογές για την αποθήκευση του βιοαερίου. Η πιο απλή είναι η αποθήκευση του πάνω από τον χωνευτήρα με τη χρήση μιας ειδικής μεμβράνης, η οποία επίσης χρησιμοποιείται ως κάλυμμα του χωνευτήρα. Ωστόσο, για τις μεγάλες εγκαταστάσεις η βέλτιστη λύση είναι η δημιουργία ξεχωριστών εγκαταστάσεων για την αποθήκευση του βιοαερίου. Οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης του βιοαερίου μπορούν να λειτουργούν σε χαμηλή, μέση ή υψηλή πίεση.

Η σωστή κατασκευή των εγκαταστάσεων αποθήκευσης καθορίζει την εύρυθμη λειτουργία του συστήματος αλλά και την μέγιστη απόδοση. Όλες οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης βιοαερίου πρέπει να είναι αεροστεγείς και ανθεκτικές στην πίεση, και στην περίπτωση των εγκαταστάσεων αποθήκευσης που δεν προστατεύονται από κτίρια, πρέπει να είναι ανθεκτικές στην θερμοκρασία, στον καιρό και την υπεριώδη ακτινοβολία (UV).

Πριν τη χρήση τους οι εγκαταστάσεις θα πρέπει να ελεγχθούν ως προς τη στεγανότητα τους. Για να εξασφαλιστεί η ασφάλεια του συστήματος θα πρέπει αυτό να είναι εξοπλισμένο με βαλβίδες ασφαλείας ώστε να μπορούν να διαχειριστούν καταστάσεις υποπίεσης και υπερπίεσης. Πρέπει επίσης να είναι εγγυημένη η προστασία από έκρηξη και απαιτείται μια φωτοβολίδα έκτακτης ανάγκης. Γενικά, οι ειδικοί προτείνουν ένα δυναμικό σύστημα αποθήκευσης με χωρητικότητα μιας ή δύο ημερών. (Σιούλας, 2010)



Φωτογραφία 4.5: Εξωτερικές δεξαμενές αποθήκευσης αερίου χαμηλής πίεσης

Πηγή: Σιούλας Κωνσταντίνος, Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen, ΚΑΠΕ, (2010), Εγχειρίδιο Βιοαερίου



Φωτογραφία 4.6: Κάλυμμα χωνευτήρα από αεροστεγή μεμβράνη, όπως παρατηρείται από το εσωτερικό της δεξαμενής - αριστερά, εφοδιασμένο εξωτερικά με πλέγμα με πλέγμα διαστολής - δεξιά

Πηγή: Σιούλας Κωνσταντίνος, Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen, ΚΑΠΕ, (2010), Εγχειρίδιο Βιοαερίου

4.9 Αποθήκευση του κομπόστ

Το χωνευμένο υπόστρωμα οδηγείται μέσω σωληνώσεων ή με ειδικά φορηγά στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης οι οποίες βρίσκονται κοντά στο χωνευτήρα. Εκεί αποθηκεύεται προσωρινά.

Όταν το κομπόστ χρησιμοποιείται ως λίπασμα, μεταφέρεται από την εγκατάσταση βιοαερίου μέσω σωληνώσεων ή με ειδικά βυτιοφόρα και αποθηκεύεται προσωρινά σε δεξαμενές αποθήκευσης που βρίσκονται π.χ. έξω στους αγρούς, όπου εφαρμόζεται το κομπόστ. Η συνολική χωρητικότητα αυτών των δεξαμενών πρέπει να είναι αρκετή για την αποθήκευση του παραγόμενου

κομπόστ για αρκετούς μήνες. Σύμφωνα με την αγροτική νομοθεσία σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες, απαιτούνται έξι έως εννέα μήνες αποθηκευτικής ικανότητας για τα ζωικά περιττώματα, τον πολτό και το κομπόστ, προκειμένου να εξασφαλιστεί η βέλτιστη και αποδοτική χρήση τους ως λιπάσματος και να αποφευχθεί η εφαρμογή τους κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου .

Η αποθήκευση του κομπόστ μπορεί να γίνει σε δεξαμενές από σκυρόδεμα ή σε τεχνητές λίμνες οι οποίες είναι καλυμμένες από φυσικά ή τεχνητά επιπλέοντα στρώματα ή από μεμβράνες. (Σιούλας, 2010)

4.10 Καθαρισμός Βιοαερίου

Το παραγόμενο βιοαέριο έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε υδρατμούς αλλά και σε μεθάνιο (σε ποσοστό 54,5%) και υδρόθειο. Καθώς το υδρόθειο σε συνδυασμό με τους υδρατμούς μπορεί να δημιουργήσει θειικό οξύ το οποίο είναι διαβρωτικό και μπορεί να προκαλέσει φθορές στις μηχανές παραγωγής ηλεκτρισμού, τις σωληνώσεις του αερίου, τις καμινάδες κ.λπ. κρίνεται απαραίτητη η αποθείωση και η ξήρανση του βιοαερίου.

4.11 Ανακεφαλαίωση

Μια μονάδα βιοαερίου αποτελείται από πολλά στοιχεία η διάταξη των οποίων καθορίζεται κυρίως από τη ποσότητα και το είδος της πρώτης ύλης. Ανακεφαλαιώνοντας, για τις αγροτικές εγκαταστάσεις υπάρχουν τέσσερα στάδια διεργασίας: η μεταφορά, παράδοση, αποθήκευση και η προεπεξεργασία της πρώτης ύλης τα οποία εμπίπτουν στο πρώτο στάδιο, στο δεύτερο στάδιο διενεργείται η παραγωγή βιοαερίου, στο τρίτο στάδιο η αποθήκευση του κομπόστ και στο τελευταίο στάδιο η αποθήκευση, η βελτίωση και η χρήση του βιοαερίου. Η διάσταση των χωνευτήρων, των χώρων αποθήκευσης και της μονάδας ΣΗΘ εξαρτώνται επίσης από τη ποσότητα και τον τύπο της πρώτης ύλης. Τέλος, ο σταθερός και ο συνεχής ανεφοδιασμός της μονάδας βιοαερίου με πρώτη ύλη είναι μείζονος σημασίας για την εύρυθμη λειτουργία της μονάδας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

5.1 Νομοθεσία

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

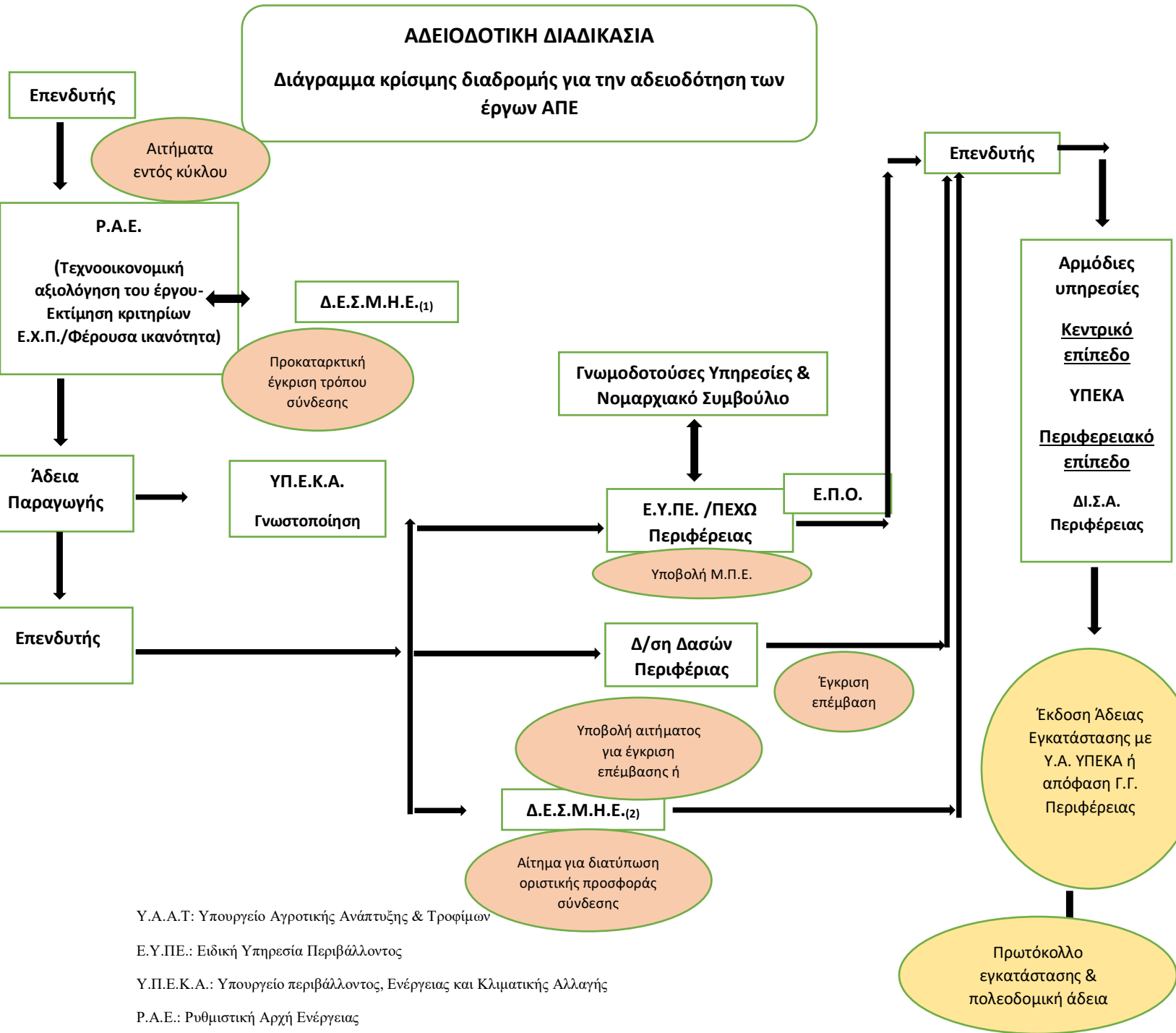
Υ.Α. 104247/ΕΥΠΕ/ΥΠΕΧΩΔΕ/2006: Διαδικασία προκαταρκτικής εκτίμησης και αξιολόγησης (ΠΠΕΑ) και Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ) έργων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ), σύμφωνα με το άρθρο 4 του ν. 1650/1986, όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 2 του ν. 3010/2002.

- Τροποποιήθηκε από το Ν. 3851/2010

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

[Νομοθετικό Πλαίσιο | www.envima.gr](http://www.envima.gr)

5.2 Αδειοδότηση



Υ.Α.Α.Τ: Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων

Ε.Υ.Π.Ε.: Ειδική Υπηρεσία Περιβάλλοντος

Υ.Π.Ε.Κ.Α.: Υπουργείο περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής

Ρ.Α.Ε.: Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας

Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε.: Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας

Δι.Σ.Α.: Διεύθυνση Σχεδιασμού & Ανάπτυξης Περιφέρειας

Δι.Π.Ε.ΧΩ.: Διεύθυνση Περιβάλλοντος & Χωροταξίας Περιφέρειας

Διάγραμμα 5.1: Διαδικασία Αδειοδότησης

Πηγή: Αδειοδότηση Έργων Βιοαερίου, ΚΑΠΕ

http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/biogasin_lar/02_K.Sioulas_BiogasIN_100412_Larisa.pdf

Σύμφωνα με το ν.3851/2010 όπως τροποποιήθηκε με τον Ν.4254/2014 οι μονάδες βιοαερίου διακρίνονται σε 3 κατηγορίες με βάση την εγκατεστημένη ισχύ τους ($P_{\text{installed}}$) ως ακολούθως:

- $P_{\text{installed}} \leq 500 \text{ kW}$
- $500 \text{ kW} < P_{\text{installed}} \leq 1 \text{ MW}$
- $P_{\text{installed}} > 1 \text{ MW}$

και καθορίζεται το σύνολο των απαιτούμενων αδειών ανά κατηγορία, σύμφωνα με τα παρακάτω (ΚΑΠΕ, 2012, Αδειοδότηση Έργων Βιοαερίου):

A. Εγκατεστημένη Ισχύς μονάδας $\leq 500 \text{ kW}$ ($P_{\text{installed}} \leq 500 \text{ kW}$)

- 1) Δεν απαιτείται Άδεια Παραγωγής από τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ).
- 2) Πρέπει να υποβληθεί αίτηση για την διατύπωση Προσφοράς Σύνδεσης προς τον αρμόδιο Διαχειριστή. Χορηγείται Προσφορά Σύνδεσης καταρχήν μη δεσμευτική. Αυτή οριστικοποιείται και καθίσταται δεσμευτική μετά το τέλος της περιβαλλοντικής αδειοδότησης , όπου απαιτείται.
- 3) Απαιτείται η χορήγηση βεβαίωσης απαλλαγής από την υποχρέωση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ). Αυτή εκδίδεται από την ΔΙ.ΠΕ.ΧΩ. της οικείας Περιφέρειας εντός αποκλειστικής προθεσμίας 20 ημερών, μετά την άπρακτη παρέλευση της οποίας θεωρείται αυτή χορηγηθείσα (Ν.3851, αρθ.3). Κατ' εξαίρεση απαιτείται ΕΠΟ εάν: α) το έργο εγκαθίσταται εντός περιοχής Natura 2000 ή σε απόσταση $< 100\text{m}$ από αιγιαλό, ή β) γειτνιάζει σε απόσταση $< 150\text{m}$ με άλλο

σταθμό ίδιας τεχνολογίας, η δε αθροιστική ισχύς υπερβαίνει το όριο των 500 kW.

4) Εφόσον πρόκειται να εκτελεστούν δομικά έργα, πρέπει να ληφθούν οι απαραίτητες

Οικοδομικές Άδειες.

5) Απαιτείται Σύμβαση Σύνδεσης.

6) Απαιτείται Σύμβαση Αγοραπωλησίας.

7) Δεν απαιτείται Δοκιμαστική Λειτουργία.

8) Δεν απαιτείται Άδεια Εγκατάστασης ούτε Άδεια Λειτουργίας (Ν.3468/2006, αρθ.8,

όπως τροποποιήθηκε με το αρθ.3, §2 του Ν.3851 και ισχύει).

(ΚΑΠΕ, 2012, Αδειοδότηση Έργων Βιοαερίου)

B. 500 kW < Εγκατεστημένη Ισχύς μονάδας ≤ 1 MW (500 kW < P_{installed} ≤ 1MW)

1) Δεν απαιτείται Άδεια Παραγωγής ΡΑΕ.

2) Πρέπει να υποβληθεί αίτηση για την διατύπωση Προσφοράς Σύνδεσης προς τον αρμόδιο Διαχειριστή. Χορηγείται Προσφορά Σύνδεσης καταρχήν μη δεσμευτική. Αυτή οριστικοποιείται και καθίσταται δεσμευτική μετά το τέλος της περιβαλλοντικής αδειοδότησης, όπου απαιτείται.

3) Απαιτείται ΕΠΟ. Χορηγείται κατόπιν αιτήσεως που συνοδεύεται από Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ) τύπου ανάλογου με την κατηγορία του έργου.

4) Εφόσον πρόκειται να εκτελεστούν δομικά έργα, πρέπει να ληφθούν οι απαραίτητες Οικοδομικές Άδειες.

5) Απαιτείται Σύμβαση Σύνδεσης.

6) Απαιτείται Σύμβαση Αγοραπωλησίας.

7) Δεν απαιτείται Δοκιμαστική Λειτουργία.

8) Δεν απαιτείται Άδεια Εγκατάστασης ούτε Άδεια Λειτουργίας

(ΚΑΠΕ, 2012, Αδειοδότηση Έργων Βιοαερίου)

C. Εγκατεστημένη Ισχύς μονάδας > 1 MW (Pinstalled > 1 MW)

1) Απαιτείται Άδεια Παραγωγής ΡΑΕ.

2) Πρέπει να υποβληθεί αίτηση για την διατύπωση Προσφοράς Σύνδεσης προς τον αρμόδιο Διαχειριστή. Χορηγείται Προσφορά Σύνδεσης καταρχήν μη δεσμευτική. Αυτή οριστικοποιείται και καθίσταται δεσμευτική μετά το τέλος της περιβαλλοντικής αδειοδότησης, όπου απαιτείται.

3) Απαιτείται ΕΠΟ. Χορηγείται κατόπιν αιτήσεως που συνοδεύεται από ΜΠΕ τύπου ανάλογου με την κατηγορία του έργου.

4) Απαιτείται Άδεια Εγκατάστασης

5) Εφόσον πρόκειται να εκτελεστούν δομικά έργα, πρέπει να ληφθούν οι απαραίτητες Οικοδομικές Άδειες.

6) Απαιτείται Σύμβαση Σύνδεσης.

7) Απαιτείται Σύμβαση Αγοραπωλησίας.

8) Απαιτείται Προσωρινή Σύνδεση για Δοκιμαστική Λειτουργία που γίνεται κατόπιν αιτήσεως προς τον αρμόδιο Διαχειριστή. Εφόσον επιτευχθεί απροβλημάτιστη λειτουργία 15 ημερών, ο Διαχειριστής εκδίδει βεβαίωση επιτυχούς περάτωσης των δοκιμών (ΥΑ.13310/2007, ΦΕΚ.Β'1153, άρθ.14).

9) Απαιτείται Άδεια Λειτουργίας.

(ΚΑΠΕ, 2012, Αδειοδότηση Έργων Βιοαερίου)

5.2.1 Άδεια Παραγωγής

Η άδεια παραγωγής χορηγείται με απόφαση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ). Η άδεια αυτή αποτελεί κεντρικό άξονα της συνολικής αδειοδότησης.

Η Ρ.Α.Ε. μελετά την αίτηση που θα κατατεθεί και αποφασίζει για τη χορήγηση ή μη άδειας παραγωγής εντός χρονικού διαστήματος δύο μηνών από την υποβολή της αίτησης. Η ΡΑΕ εξετάζει, επίσης, αν το έργο μπορεί να υλοποιηθεί σε συμμόρφωση με το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις ΑΠΕ και τη συμβατότητα του έργου

με το Εθνικό Σχέδιο Δράσης των ΑΠΕ. Η άδεια παραγωγής διαρκεί μέχρι είκοσι πέντε (25) έτη και μπορεί να ανανεώνεται, μέχρι ίσο χρόνο ενώ αποτελεί και απαραίτητη προϋπόθεση για την υποβολή αιτήματος Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (Ν.3468, αρθ.3, §8).

Τέλος η αίτηση θα πρέπει να συνοδεύεται από μελέτη σκοπιμότητας, συνοπτική παρουσίαση του επιχειρηματικού σχεδίου καθώς και επιπλέον έγγραφα που αφορούν το επιχειρηματικό σχέδιο.

(ΚΑΠΕ, 2012, Αδειοδότηση Έργων Βιοαερίου)

Προσφορά σύνδεσης στο Σύστημα ή το Δίκτυο

Ο ΔΕΣΜΗΕ (Διαχείριση Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας) είναι διαχειριστής αρμόδιος για το Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας, ενώ Διαχειριστής του Διασυνδεδεμένου Δικτύου αλλά και των Μη Διασυνδεδεμένων Νήσων είναι η ΔΕΗ.

Ο αρμόδιος Διαχειριστής διατυπώνει και την προσφορά σύνδεσης. Μετά την οριστικοποίηση της προσφοράς σύνδεσης αυτή διαρκεί τέσσερα έτη για σταθμούς που υποχρεούνται σε έκδοση άδεια παραγωγής ενώ για τους σταθμούς που εξαιρούνται από την έκδοση άδειας παραγωγής διαρκεί έξι μήνες (άρθ.187, Ν.4001/2011). Η προσφορά γίνεται δεσμευτική μετά την προσκόμιση ΕΠΟ (Επιτροπή Εφέσεων) ή βεβαίωση απαλλαγής.

Κατόπιν της αίτησης σύνδεσης του δικαιούχου στον αρμόδιο Διαχειριστή, τα ενδιαφερόμενα μέρη προχωρούν στην σύναψη Σύμβασης Σύνδεσης (εφόσον καταστεί δεσμευτική η Προσφορά σύνδεσης).

Για την σύναψη Σύμβασης Αγοραπωλησίας (με ΔΕΣΜΗΕ ή ΔΕΗ) είναι απαραίτητη η προσκόμιση: α)Άδεια Παραγωγής ΕΠΟ ή βεβαίωση απαλλαγής β) Άδεια εγκατάστασης (αν απαιτείται) γ)Νομιμοποιητικά έγγραφα και δ)Υπεύθυνες δηλώσεις. Η Σύμβαση Αγοραπωλησίας έχει ισχύ είκοσι ετών και υπάρχει δυνατότητα επέκτασής της.

(ΚΑΠΕ, 2012, Αδειοδότηση Έργων Βιοαερίου)

Τιμολόγηση

Στόχος του ΝΟΜΟΥ ΥΠ' ΑΡΙΘΜ. 4414/2016 (ΦΕΚ 149/Α/9-8-2016) "Νέο καθεστώς στήριξης των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπααραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης - Διατάξεις για το νομικό και λειτουργικό διαχωρισμό των κλάδων προμήθειας και διανομής στην αγορά του φυσικού αερίου και άλλες διατάξεις." η ανάπτυξη νέου καθεστώτος στήριξης των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε) και από Συμπααραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (Σ.Η.Θ.Υ.Α.) συμβατού με τις «Κατευθυντήριες Γραμμές για τις κρατικές ενισχύσεις στους τομείς του περιβάλλοντος και της ενέργειας (2014-2020)» (ανακοίνωση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής ΕΕ C200/28.6.2014). (ΝΟΜΟΣ ΥΠ' ΑΡΙΘΜ. 4414/2016 (ΦΕΚ 149/Α/9-8-2016))

Τιμές Αναφοράς για την αποζημίωση σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α.

- Η Τιμή Αναφοράς (Τ.Α.) στη βάση της οποίας υπολογίζεται μηνιαίως η Λειτουργική Ενίσχυση, με τη μορφή της Διαφορικής Προσαύξησης ή της Σταθερής Τιμής αποζημίωσης, της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από σταθμούς Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α., καθορίζεται ανά κατηγορία και ανά τεχνολογία σταθμών. (ΝΟΜΟΣ ΥΠ' ΑΡΙΘΜ. 4414/2016 (ΦΕΚ 149/Α/9-8-2016))

11	Βιοαέριο που προέρχεται από την αναερόβια χώνευση βιομάζας (ενεργειακών καλλιεργείων, ενσιρωμάτων χλωρής νομής γεωργικών καλλιεργείων, κτηνοτροφικών και αγροτοβιομηχανικών οργανικών υπολειμμάτων και αποβλήτων, αποβλήτων βρώσιμων ελαίων και λιπών, ληγμένων τροφίμων) και αξιοποιείται από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ <3MW	225
12	Βιοαέριο που προέρχεται από την αναερόβια χώνευση βιομάζας (ενεργειακών καλλιεργείων, ενσιρωμάτων χλωρής νομής γεωργικών καλλιεργείων, κτηνοτροφικών και αγροτοβιομηχανικών οργανικών υπολειμμάτων και αποβλήτων, αποβλήτων βρώσιμων ελαίων και λιπών, ληγμένων τροφίμων) και αξιοποιείται από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ >3 MW	204

Πίνακας 5.1: Τιμές Αναφοράς ανά κατηγορία σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α. (ΝΟΜΟΣ ΥΠ' ΑΡΙΘΜ. 4414/2016 (ΦΕΚ 149/Α/9-8-2016))

Πηγή: <https://www.e-nomothesia.gr/energeia/nomos-4414-2016.html>

Μονάδες βιοαερίου < 500kW: Με βάση το νέο νόμο (άρθρο 3.5.β), οι σταθμοί βιοαερίου κάτω των 500 kWe παρέμειναν στο καθεστώς σταθερής τιμής αναφοράς, με βάση τις νέες, μειωμένες σε σχέση με τον προηγούμενο νόμο, τιμές αναφοράς (TA) του άρθρου 4, δηλαδή TA = 225€/MWh (κατηγορία 11) .

Μονάδες βιοαερίου > 500kW: για τις μονάδες άνω των 500 kW θα ισχύσει «Λειτουργική ενίσχυση με βάση την Διαφορική προσαύξηση (Premium)», του οποίου η μεθοδολογία υπολογισμού καθορίστηκε με την υπουργική απόφαση ΑΠΕΗΛ/Α/Φ1/7-12-16. Προς το παρόν, αυτό που ισχύει κατά τις τιμολογήσεις των σταθμών άνω των 500 kWe που από 1-1-16 τίθενται σε λειτουργία, είναι η προσωρινή αποζημίωση, η οποία καθορίστηκε στο 90% της TA (=225€/MWh), υποκείμενης σε μελλοντικό συμψηφισμό βάσει των αποφάσεων για τον υπολογισμό του Premium. Αυτή η ρύθμιση ήρθε με το Ν.4546 τον Ιούνιο του 2018, δύο περίπου έτη μετά την ψήφιση του Ν. 4414. Το ποσοστό μείωσης της αποζημίωσης κατά 10% είναι προς το παρόν αυθαίρετο και αναμένεται ο υπολογισμός του premium από το Διαχειριστή ΑΠΕ & Εγγυήσεων Προέλευσης (ΔΑΠΕΕΠ), ώστε να εξαχθεί η τελική αποζημίωση των μονάδων βιοαερίου που υπόκεινται σε καθεστώς Διαφορικής Προσαύξησης

- Για τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Σ.Η.Θ.Υ.Α., οι Τιμές Αναφοράς διαμορφώνονται με βάση μεθοδολογία, η οποία περιλαμβάνει ένα σταθερό τμήμα ανά κατηγορία έργου Σ.Η.Θ.Υ.Α. και την Προσαρμογή Τιμής (Π.Τ.), η οποία προκύπτει με βάση τους πρότυπους βαθμούς απόδοσης της εγκατάστασης και την τρέχουσα τιμή αγοράς φυσικού αερίου. (ΝΟΜΟΣ ΥΠ' ΑΡΙΘΜ. 4414/2016 (ΦΕΚ 149/Α/9-8-2016))

<https://www.e-nomothesia.gr/energeia/nomos-4414-2016.html>

5.3 Προγραμματισμός και εγκατάσταση μιας μονάδας βιοαερίου

Σχεδιασμός ενός έργου για μια μονάδα βιοαερίου

Ο σκοπός δημιουργίας μιας μονάδας βιοαερίου μπορεί να ποικίλει από την προστασία του περιβάλλοντος και τη μείωση των αποβλήτων έως τη παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας. Από την

σύλληψη της και την υλοποίηση της έως και το τέλος ζωής των εγκαταστάσεων υπάρχουν τα εξής βήματα:

1. Ιδέα του έργου.
2. Προ-μελέτη σκοπιμότητας.
3. Μελέτη σκοπιμότητας.
4. Λεπτομερής προγραμματισμός της μονάδας βιοαερίου.
5. Διαδικασία αδειοδότησης.
6. Κατασκευή της μονάδας βιοαερίου.
7. Λειτουργία και συντήρηση.
8. Επανεπένδυση, ανανέωση και αντικατάσταση των συνιστωσών.
9. Κατεδάφιση ή αναβάθμιση.

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

1. Ποιος είναι ο στόχος του έργου του βιοαερίου;
2. Έχω την ικανότητα να πραγματοποιήσω το έργο;
3. Πώς μπορώ να εξασφαλίσω το συνεχή ανεφοδιασμό πρώτης ύλης;
4. Πού μπορώ να εγκαταστήσω την μονάδα βιοαερίου;

Η εξασφάλιση της διαθεσιμότητας της πρώτης ύλης αλλά και η δυνατότητα πώλησης και χρήσης των προϊόντων που παράγονται από την εγκατάσταση του βιοαερίου δηλαδή του βιοαερίου/ βιομεθάνιο, του ηλεκτρισμού, της θερμότητας και του κομπόστ αποτελούν βασικές προϋποθέσεις για την υλοποίηση ενός σχεδίου παραγωγής βιοαερίου.

Πριν την υλοποίηση του έργου είναι χρήσιμο ο επενδυτής να συμβουλευτεί μια εταιρεία παροχής συμβουλών με εμπειρία σε αντίστοιχα ζητήματα. Απαραίτητη κρίνεται επίσης η συμβολή μιας τεχνικής εταιρείας.

Στη συνέχεια πραγματοποιείται ο οικονομικός σχεδιασμός. Συνήθης τακτική είναι η αυτοχρηματοδότηση. Ο προκαταρκτικός σχεδιασμός καταλήγει σε όλες τις οριακές συνθήκες (τεχνολογικά θέματα και προϋπολογισμός της επένδυσης) που είναι σημαντικές για έναν εξωτερικό χρηματοδότη. Η αναφορά του προκαταρκτικού σχεδιασμού θα πρέπει να διανεμηθεί στους πιθανούς χρηματοδότες. Οι πιθανοί χρηματοδότες θα μπορούσαν να είναι τράπεζες, θεσμικοί επενδυτές, ιδιώτες, ομάδες ιδιωτών, κλπ. Συνιστάται η υπογραφή μιας συμφωνίας μη αποκάλυψης (ΜΔΠ) με εκείνους που λαμβάνουν την έκθεση του προκαταρκτικού σχεδιασμού. (Σιούλας, 2010)

5.4 Ανακεφαλαίωση

Σύμφωνα με το ν. 3851/2010 οι μονάδες βιοαερίου διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με την εγκατεστημένη ισχύ τους, σύμφωνα με τις οποίες γίνεται η αδειοδότηση αλλά και η τιμολόγηση. Η άδεια παραγωγής χορηγείται με απόφαση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας και αποτελεί τον κεντρικό άξονα της δανειοδοτικής διαδικασίας. Επιπλέον ο σκοπός δημιουργίας μια μονάδας βιοαερίου ποικίλει και μπορεί να είναι από περιβαλλοντικός έως και οικονομικός. Τέλος, πριν τη δημιουργία της μονάδας είναι σημαντικό να έχει καθοριστεί ο στόχος που επιδιώκεται να επιτευχθεί με τη δημιουργία αυτής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΤΑΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΥΤΗΣ

6.1 Θέση εγκατάστασης

Στο άρθρο 18 του Φ.Ε.Κ 2464/Β/3-12-2008 ορίζονται τα βασικά κριτήρια χωροθέτησης εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης ενέργειας από βιοαέριο. Περιοχές που βρίσκονται κοντά σε χώρους γεωργικής εκμετάλλευσης πρώτων υλών, κοντά σε μεγάλες πτηνοτροφικές ή κτηνοτροφικές μονάδες, μονάδες παραγωγής τοματοπολτού, χυμών, ζωοτροφών ή άλλες γεωργικές και κτηνοτροφικές βιομηχανίες προτείνονται για την εγκατάσταση μιας μονάδας βιοαερίου καθώς ελαχιστοποιείται το κόστος μεταφοράς της πρώτης ύλης. Επιπλέον, περιοχές εντός των οποίων υπάρχουν αναγνωρισμένα μνημεία παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς, περιοχές εντός των ορίων των Υγροτόπων Διεθνούς Σημασίας αλλά και εντός των πυρήνων των εθνικών δρυμών και των κηρυγμένων μνημείων της φύσης ή εντός των οικοτόπων προτεραιότητας περιοχών NATURA σύμφωνα με το άρθρο 6 αποτελούν απαγορευμένες περιοχές για την εγκατάσταση τέτοιων έργων.

Επιπροσθέτως, σύμφωνα με το νόμο 4496/2017, οι εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης ενέργειας από βιοαέριο που βρίσκονται σε γη υψηλής παραγωγικότητας είναι υποχρεωμένες να προμηθεύονται τις πρώτες ύλες εντός ακτίνας 30 χλμ από την θέση της εγκατάστασης.

Το έργο που θα παρουσιαστεί παρακάτω υποθέτουμε ότι αφορά ένα σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας ηλεκτρικής ισχύος 0,499 MWe1 (499KW) από την οποία θα πωλείται τουλάχιστον το 91% και αντίστοιχης θερμικής ισχύος 0,5 MWth από την οποία το 70% θα μπορεί να εκμεταλλευτεί εκτός του εργοστασίου. Παράλληλα, θα παράγεται νερό (όχι πόσιμο) το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το πότισμα των καλλιεργειών, καθώς και υγρό ή/ και στερεό εδαφοβελτιωτικό υλικό (βιολογικό λίπασμα). Το παραγόμενο βιοαέριο οδηγείται σε

μηχανές εσωτερικής καύσης (MEK) για την παραγωγή ενέργειας, αλλά αναβαθμισμένο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στη κίνηση για καύση. (Επιχειρηματική πρόταση βιοαερίου, Agroenergy.gr)

Η αναγκαία έκταση γης για την εγκατάσταση της μονάδας υπολογίζεται σε 2,5 ha. Το κόστος γης το οποίο εκτιμάται περίπου 125.000,00€ περιλαμβάνεται στην ανάλυση της επένδυσης. (Καλλιβρούσης και Μάρκου, 2008)

Ως βιομάζα θα χρησιμοποιηθούν ζωικά και γεωργικά απόβλητα τα οποία μέσω της διαδικασίας της αναερόβιας χώνευσης θα φέρουν ως τελικό αποτέλεσμα τη παραγωγή βιοαερίου αλλά και όσων αναφέρονται παραπάνω. Συγκεκριμένα, η μονάδα παραγωγής βιοαερίου θα λειτουργήσει με της διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης και με την επεξεργασία ενός μίγματος το οποίο θα αποτελείται από κοπριά αγελάδας, από ενσίρωμα καλαμποκιού σε ποσοστό 50%, το οποίο αποτελεί μια βιομάζα υψηλού κόστους, και θα προστεθεί και αχυροστρωμή μονάδας αγελάδων, δηλαδή το στρώμα από άχυρα πάνω στο οποίο καταλήγει η κοπριά των αγελάδων.

Η πρόσθεση της αχυροστρωμής στο μείγμα της βιομάζας επιλέγεται επειδή διαθέτει μεγάλη περιεκτικότητα σε οργανικά και μη στερεά με αποτέλεσμα να παράγεται μεγαλύτερη ποσότητα βιοαερίου. Η μεταφορά της υγρής κοπριάς των αγελάδων στη μονάδα γίνεται είτε μέσω σωληνώσεων από τις γειτονικές κτηνοτροφικές μονάδες είτε με βυτιοφόρα οχήματα, ενώ για τη μεταφορά της αχυροστρωμής απαιτείται η χρήση φορτηγών μέγιστης χωρητικότητας 20-24m³.

Οι ποσότητες βιομάζας οι οποίες απαιτούνται για την τροφοδοσία της μονάδας παραγωγής βιοαερίου παρουσιάζονται στον κάτωθι πίνακα:

Ποσότητα Βιομάζας	
Πρώτη Ύλη	tn/ έτος
Κοπριά Αγελάδας	7.300,00
Ενσίρωμα Καλαμποκιού	2.000,00
Αχυροστρωμή μονάδας αγελάδων	17.900,00

Πίνακας 6.1: Πρώτη ύλη για παραγωγή περίπου 0,499 MWel

Πηγή: Κεμαλά Βασιλική, (2020), Χρηματοοικονομική αξιολόγηση μονάδας βιοαερίου

Η εγκατάσταση θα βρίσκεται κοντά σε δύο κτηνοτροφικές μονάδες οι οποίες βρίσκονται εντός ακτίνας 30χλμ από την θέση της εγκατάστασης.

6.2 Οικονομική Μελέτη

Σύμφωνα με τα στοιχεία της μελέτης του υπό υλοποίηση έργου, ο συνολικός προϋπολογισμός του εκτιμάται σε 2.125.000,00€. Στο κόστος της επένδυσης περιλαμβάνονται, μεταξύ άλλων μελέτες, υλικά και ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός και κατασκευή υποδομών όπως: πρωτεύων χωνευτήρας αναερόβιας χώνευσης, δευτερεύων χωνευτήρας αναερόβιας χώνευσης, μηχανή εσωτερικής καύσης, ηλεκτρογεννήτρια, αντλίες, αναδευτήρες, δίκτυο σωληνώσεων, διαχωριστής στερεού – υγρού κλάσματος, μετασχηματιστής ανύψωσης χαμηλής προς μέση τάση, καλωδιώσεις, ηλεκτρικοί πίνακες, συστήματα μετάδοσης και επεξεργασίας δεδομένων, συστήματα προστασίας εγκατάστασης (πυροπροστασία κλπ), περίφραξη, κατασκευή εγκαταστάσεων (δεξαμενές, βοηθητικοί χώροι, γραφεία κλπ), συστήματα ασφαλείας και τηλεειδοποίησης, φωτισμός.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται το συνολικό κόστος του επενδυτικού σχεδίου ανάπτυξης μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την καύση του βιοαερίου ισχύος 0,499 MWel MWel ή 499 KW περίπου.

ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΡΓΟΥ		
A/A	ΕΡΓΑΣΙΕΣ	ΚΟΣΤΟΣ
1	Γη	125.000,00€
2	Ηλεκτρολογικός & Μηχανολογικός εξοπλισμός	1.350.000,00€
3	Μελέτη, Επίβλεψη και Εκπαίδευση προσωπικού	60.000,00€
4	Κατασκευές από Σκυρόδεμα	460.000,00€
5	Χωματοургικές εργασίες	40.000,00€
6	Περίφραξη και Σωληνώσεις	50.000,00€
7	Σύστημα αυτοματισμού	40.000,00€

	(SCADA), αισθητήρια, αναλυτές- όργανα	
8	Συνολικό Κόστος Επένδυσης	2.125.000,00€

Πίνακας 6.2: Προϋπολογισμός Σχεδίου

Πηγή: Κεραλάμα Βασιλική, (2020), Χρηματοοικονομική αξιολόγηση μονάδας βιοαερίου

6.3 Το Χρηματοδοτικό Σχήμα του Επενδυτικού Σχεδίου

Όπως υπολογίστηκε παραπάνω το συνολικό επενδυτικό κόστος ανέρχεται στα 2.125.000,00€. Ο τρόπος κάλυψης του εν λόγω ποσού γίνεται κατά 30% από Ίδια Κεφάλαια και κατά 70% από Τραπεζικό Δανεισμό. Σημειώνεται ότι δεν θα γίνει χρήση χρηματοδοτικής μίσθωσης (leasing).

Ο συντελεστής αποσβέσεων του μηχανολογικού εξοπλισμού και των τεχνικών εγκαταστάσεων θεωρήθηκε ίσος με 10% ετησίως στο συνολικό κόστος της επένδυσης, αφαιρουμένων χωματουργικών εργασιών και της μελέτης, επίβλεψης και εκπαίδευσης του προσωπικού, δηλαδή στα 1.900.000 για χρονικό διάστημα 10 ετών ενώ ακολουθήθηκε η σταθερή μέθοδος απόσβεσης. Επομένως, στο χρηματοοικονομικό πλάνο έχουμε 190.000€ ετήσιες αποσβέσεις για μία δεκαετία. Η διάρκεια αποπληρωμής του δανείου θα είναι 10 έτη, με ετήσιο σταθερό επιτόκιο για επιχειρηματικό δάνειο 5% και τοκοχρεολύσιο:

$$B = (ΠΑ) / \alpha_{t-e} = (ΠΑ) * \alpha_{t-e}^{-1} = (ΠΑ) * \varepsilon / 1 - (1 + \varepsilon)^{-1} = 1.400.000,00 * 0.05 / 1 - (1 + 0.05)^{-10} = 181.306,40€$$

Το 70% δηλαδή 1.330.000,00 € θα αποκτηθεί μέσω τραπεζικού δανεισμού ενώ το υπόλοιπο 30% δηλαδή 570.000,00 € θα προέρχεται από ίδια κεφάλαια. Η αποπληρωμή του δανείου θα γίνει σε 10 έτη και όπως υπολογίστηκε παραπάνω το ετήσιο τοκοχρεολύσιο για επιτόκιο 5% ανέρχεται στα 181.306,40€.

Παρακάτω παρατίθεται πίνακας στον οποίο απεικονίζεται η αποπληρωμή του δανείου για τα 10 έτη.

ΔΑΝΕΙΟ				
Έτος	Ανεξόφλητο δάνειο (Υπολειπόμενο ποσό)	Τοκοχρεολύσιο	Τόκοι	Εξόφληση δανείου (Δόση)
0	1.400.000,00€	-	-	-
1	1.288.693,60	181.306,40€	70.000,00€	111.306,40€
2	1.171.821,87€	181.306,40€	64.434,68€	116.871,73€
3	1.049.106,56€	181.306,40€	58.591,09€	122.715,31€
4	920.255,48€	181.306,40€	52.455,33€	128.851,08€
5	784.961,85€	181.306,40€	46.012,77€	135.293,63€
6	642.903,54€	181.306,40€	39.248,09€	142.058,31€
7	493.742,31€	181.306,40€	32.145,18€	149.161,23€
8	337.123,02€	181.306,40€	24.687,12€	156.619,29€
9	172.672,77€	181.306,40€	16.856,15€	164.450,25€
10	0,00€	181.306,40€	8.633,64€	172.672,77€
Σύνολο	-	1.813.064,05€	413.064,05€	1.400.000,00€

Πίνακας 6.3: Αποπληρωμή τραπεζικού δανείου

6.3.1 Έσοδα

Έσοδα από ηλεκτρική ενέργεια

Το βασικό προϊόν που θα παράγει η μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο είναι η ηλεκτρική ενέργεια. Το προϊόν αυτό διοχετεύεται απ' ευθείας στο Εθνικό Δίκτυο Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας στα πλαίσια Συμβάσεως Αγοραπωλησίας 20ετούς διάρκειας που συνάπτεται μεταξύ του Φορέα και του διαχειριστή του συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας για τον σκοπό αυτό.

Η μέγιστη παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς της μονάδας βιοαερίου είναι 499KW, δηλαδή η μέγιστη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αν η μονάδα λειτουργούσε 8.760 ώρες ετησίως, είναι 4.371.240kWh/έτος (499x8760). Λαμβάνοντας όμως υπόψιν έναν ετήσιο βαθμό διαθεσιμότητας

της μονάδας ίσο με 95%, λόγω προγραμματισμένων συντηρήσεων ή απρόβλεπτων καταστάσεων, οι ετήσιες ώρες λειτουργίας της μονάδας υπολογίζονται στις 8.322, ενώ η διαθέσιμη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι 4.152.678kWh/έτος (499x8322).

Η τιμή πώλησης της παραγόμενης ενέργειας, όπως αναφέραμε, είναι σταθερή και ίση με 0,225€/kWh για μονάδες με ονομαστική ισχύ μικρότερη των 500kW, ενώ η διάρκεια ζωής του έργου είναι 20 χρόνια. Άρα, τα εκτιμώμενα ετήσια έσοδα από την πώληση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας αναμένονται στα 934.352,55€ (0,225*4.152.678).

Έσοδα από θερμική ενέργεια

Όπως έχει ήδη αναφερθεί κατά τη λειτουργία της μονάδας ηλεκτροπαραγωγής από βιοαέριο μέσω της αεριοποίησης της βιομάζας παράγεται και θερμική ενέργεια η οποία μπορεί να διατεθεί προς πώληση σε ενδιαφερόμενους αγοραστές ιδιοκτήτες θερμοκηπίων και μέσω αυτής να προκύψουν περαιτέρω έσοδα για το επενδυτικό σχέδιο της παρούσας εργασίας. (Χαρίσης Ν. Παπαφώτης, 2015). Ωστόσο επειδή το ποσό της παραγόμενης θερμικής ενέργειας καθώς επίσης και τα έσοδα από τη χρησιμοποίησή της δεν μπορούν να προσδιοριστούν με ένα ανεκτό βαθμό ακρίβειας, ως εκ τούτου στο παρόν χρηματοοικονομικό πλάνο του επενδυτικού σχεδίου θα χρησιμοποιηθεί για ιδιοκατανάλωση πχ θέρμανση θερμοκηπίου, τηλεθέρμανση (Επιχειρηματική πρόταση παραγωγής βιοαερίου, agroenergy. gr). Πληροφοριακά και ενδεικτικά αναφέρεται ότι μία εν δυνάμει παραγωγή και πώληση θερμικής ενέργειας της τάξεως των 300-400 MWh το χρόνο δεδομένης μιας μέσης εκτιμώμενης τιμής διάθεσης της θερμικής αυτής ενέργειας στα 0,16€/kWh (εύλογη τιμή βάσει της αγοράς) και παραγωγή αυτής της θερμικής ενέργειας 200 ημέρες ανά έτος, θα επέφερε επιπλέον έσοδα για το επενδυτικό μας σχέδιο 150.000-230.000 ευρώ το χρόνο. Ωστόσο, όπως προαναφέρθηκε τα έσοδα από την εκμετάλλευση της παραγόμενης θερμικής ενέργειας δεν είναι σταθερά. (Χαρίσης Ν. Παπαφώτης, 2015)

Επιπροσθέτως, από το εργοστάσιο θα παράγεται υγρό χωνεμένο υπολείμμα. Τα έσοδα από την εκμετάλλευση της θερμικής ενέργειας αλλά και του χωνεμένου υπολείμματος έχει αρκετά (άμεσα και έμμεσα έσοδα).

6.3.2 Έξοδα

Τα έξοδα προσωπικού, το κόστος προμήθειας και μεταφοράς των πρώτων υλών, το κόστος του προσωπικού, η συντήρηση της μηχανής εσωτερικής καύσης και γενικά έξοδα μεταξύ των οποίων η ασφάλιση της μονάδας, η ιδιοκατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των περιφερειακών εξαρτημάτων, χημικά και πρόσθετα αλλά και η διαχείριση του χωνεμένου υπολείμματος αποτελούν ετήσιες δαπάνες.

Η κοπριά των αγελάδων, όπως και η αχυροστρωμένη έχουν μηδενικό κόστος προμήθειας, αλλά το κόστος του ενσιρώματος καλαμποκιού υπολογίζεται στα 50€/tn. Το κόστος της μεταφοράς της υγρής κοπριάς στη μονάδα υπολογίζεται στα 1,2€/tn, ενώ το μεταφορικό κόστος της αχυροστρωμένης στα 3€/tn. Το αυξημένο μεταφορικό κόστος της αχυροστρωμένης έναντι της υγρής κοπριάς οφείλεται στο γεγονός ότι στην περίπτωση της υγρής κοπριάς το μεγαλύτερο ποσοστό αυτής, που απαιτείται, μεταφέρεται στην εγκατάσταση μέσω σωληνώσεων από τις γειτονικές κτηνοτροφικές μονάδες ενώ για την αχυροστρωμένη απαιτούνται φορτηγά για τη μεταφορά της και μάλιστα πάνω από ένα για μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων και από κτηνοτροφικές μονάδες που βρίσκονται σε μεγαλύτερη απόσταση. (Κεμαλμά Βασιλική, 2020)

Στα γενικά έξοδα υπολογίζουμε την ιδιοκατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ίση με 3% της παραγωγής, με τιμή αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας 0,18€/kWh. Το κόστος της ασφάλισης της μονάδας υπολογίζεται στο 0,3% της επένδυσης, ενώ τα χημικά και πρόσθετα, για τη διαδικασία της αποθείωσης, στα 800€ το μήνα. Η συντήρηση της μηχανής εσωτερικής καύσης υπολογίζεται στα 4€/ώρα.

Το απασχολούμενο προσωπικό για την λειτουργία της μονάδας θα αποτελείται από 4 μόνιμους υπαλλήλους. Ένα υπεύθυνο μηχανικό λειτουργίας, τρεις χειριστές και 2 ηλεκτρολόγους μηχανικούς ως εξωτερικούς συνεργάτες. Το συνολικό κόστος του προσωπικού εκτιμάται στα 70.000€ ετησίως. Επιπλέον, Θεωρήθηκε προβλεπόμενη ετήσια αύξηση κόστους ενέργειας 2% και προβλεπόμενη ετήσια αύξηση ασφάλισης εγκαταστάσεων επίσης ίση με 2%.

Περιγραφή εξόδων	Ποσό (€)
Κόστος αγοράς πρώτων υλών	100.000,00€
Κόστος μεταφοράς πρώτων υλών	76.600,00€
Συντήρηση	33.288,00€
Προσωπικό	70.000,00€
Ιδιοκατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (ετήσια αύξηση 2%)	22.424,00€
Ασφάλιση εργοστασίου (ετήσια αύξηση 2%)	6.000,00€
Χημικά και Πρόσθετα	9.600,00€
Λοιπά γενικά έξοδα	10.000,00€
Σύνολο	326.912,00€

Πίνακας 6.4: Συγκεντρωτικός πίνακας εξόδων

Πηγή: Κεμαλμά Βασιλική, (2020), Χρηματοοικονομική αξιολόγηση μονάδας βιοαερίου

Στο παρακάτω πίνακα γίνεται αναλυτική παρουσίαση των εξόδων για όλη τη διάρκεια ωφέλιμης ζωής της επένδυσης (20 έτη).

Έξοδα	1ο έτος	2ο έτος	3ο έτος	4ο έτος	5ο έτος	6ο έτος	7ο έτος	8ο έτος	9ο έτος	10ο έτος
Κόστος αγοράς πρώτων υλών	100.000,00€	100.000,00€	100.000,00€	100.000,00€	100.000,00€	100.000,00€	100.000,00€	100.000,00€	100.000,00€	100.000,00€
Κόστος μεταφοράς πρώτων υλών	75.600,00€	75.600,00€	75.600,00€	75.600,00€	75.600,00€	75.600,00€	75.600,00€	75.600,00€	75.600,00€	75.600,00€
Συντήρηση	33.288,00€	33.288,00€	33.288,00€	33.288,00€	33.288,00€	33.288,00€	33.288,00€	33.288,00€	33.288,00€	33.288,00€
Προσωπικό	70.000,00€	70.000,00€	70.000,00€	70.000,00€	70.000,00€	70.000,00€	70.000,00€	70.000,00€	70.000,00€	70.000,00€
Ιδιοκατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (ετήσια αύξηση 2%)	22.424,46€	22.872,95€	23.330,41€	23.797,02€	24.272,96€	24.758,42€	25.253,59€	25.758,66€	26.273,83€	26.799,31€
Ασφάλιση εργοστασίου (ετήσια αύξηση 2%)	6.000,00€	6.120,00€	6.242,40€	6.367,25€	6.494,59€	6.624,48€	6.756,97€	6.892,11€	7.029,96€	7.170,56€

Χημικά και Πρόσθετα	9.600,0 0€	9.600,0 0€	9.600,0 0€	9.600,0 0€	9.600,0 0€	9.600,0 0€	9.600,0 0€	9.600,0 0€	9.600,00€	9.600,00€
Λοιπά γενικά έξοδα	10.000, 00€	10.000, 00€	10.000, 00€	10.000, 00€	10.000, 00€	10.000, 00€	10.000, 00€	10.000, 00€	10.000,00€	10.000,00€
Σύνολο	326912, 46€	327480, 95	328.060 ,81€	328.652 ,27€	329.255 ,55€	329.870 ,90€	330.498 ,56€	331.138 ,77€	331.791,79€	332.457,86€

Πίνακας 6.5 Αναλυτικός πίνακας εξόδων

Έξοδα	11ο έτος	12ο έτος	13ο έτος	14ο έτος	15ο έτος	16ο έτος	17ο έτος	18ο έτος	19ο έτος	20ο έτος
Κόστος αγοράς πρώτων υλών	100.00 0,00€	100.000 ,00€	100.000 ,00€	100.000 ,00€	100.000 ,00€	100.000 ,00€	100.000 ,00€	100.000 ,00€	100.000,00 €	100.000,00€
Κόστος μεταφοράς πρώτων υλών	75.600, 00€	75.600, 00€	75.600, 00€	75.600, 00€	75.600, 00€	75.600, 00€	75.600, 00€	75.600, 00€	75.600,00€	75.600,00€
Συντήρηση	33.288, 00€	33.288, 00€	33.288, 00€	33.288, 00€	33.288, 00€	33.288, 00€	33.288, 00€	33.288, 00€	33.288,00€	33.288,00€
Προσωπικό	70.000, 00€	70.000, 00€	70.000, 00€	70.000, 00€	70.000, 00€	70.000, 00€	70.000, 00€	70.000, 00€	70.000,00€	70.000,00€
Ιδιοκατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (ετήσια αύξηση 2%)	27.335, 29€	27.882, 00€	28.439, 64€	29.008, 43€	29.588, 60€	30.180, 37€	30.783, 98€	31.399, 66€	32.027,65€	5 32.668,21€
Ασφάλιση εργοστασίου (ετήσια αύξηση 2%)	7.313, 97€	7.460,2 5€	7.609,4 5€	7.761,6 4€	7.916,8 7€	8.075,2 1€	8.236,7 1€	8.401,4 5€	8.569,48€	8.740,87€
Χημικά και Πρόσθετα	9.600,0 0€	9.600,0 0€	9.600,0 0€	9.600,0 0€	9.600,0 0€	9.600,0 0€	9.600,0 0€	9.600,0 0€	9.600,00€	9.600,00€
Λοιπά γενικά έξοδα	10.000, 00€	10.000, 00€	10.000, 00€	10.000, 00€	10.000, 00€	10.000, 00€	10.000, 00€	10.000, 00€	10.000,00€	10.000,00€
Σύνολο	333.13 7,26€	333.83 0,24€	334.53 7,09€	335.25 8,07€	335.99 3,47€	336.74 3,58€	337.50 8,69€	338.28 9,11€	339.085,1 3€	339.897,07 €

Πίνακας 6.5 Αναλυτικός πίνακας εξόδων (Συνέχεια)

Κατάσταση Αποτελεσμάτων Χρήσης

Κατάσταση Αποτελεσμάτων Χρήσης (ΚΑΧ) είναι μια έκθεση που περιέχει συνοπτικές πληροφορίες για έσοδα, κέρδη, έξοδα και ζημιές που έγιναν σε μια συγκεκριμένη λογιστική χρήση. (ΚΑΧ, Ευρετήριο Οικονομικών Όρων <https://www.euretirio.com/katastasi-apotelesmaton-xrasis/>)

Το περιεχόμενο της κατάστασης αποτελεσμάτων χρήσης διαιρείται σε δύο μέρη. Στο πρώτο παρατίθενται τα στοιχεία των λογαριασμών των λειτουργικών εσόδων και των λειτουργικών εξόδων, δηλαδή των στοιχείων που προσδιορίζουν το αποτέλεσμα εκμετάλλευσης. Στο δεύτερο μέρος παρουσιάζονται οι λογαριασμοί των μη λειτουργικών (έκτακτων) εσόδων και κερδών και κατόπιν αυτού των μη λειτουργικών εξόδων και ζημιών. (ΚΑΧ, Ευρετήριο Οικονομικών Όρων <https://www.euretirio.com/katastasi-apotelesmaton-xrisis/>)

Σύμφωνα με τις παραπάνω παραδοχές και υπολογισμούς, τα αποτελέσματα χρήσης για τα πρώτα είκοσι χρόνια εμφανίζονται στον πίνακα 11. Ο φορολογικός συντελεστής έχει θεωρηθεί να ισούται με 29% επί των καθαρών κερδών της επένδυσης.

	1 ^ο έτος	2 ^ο έτος	3 ^ο έτος	4 ^ο έτος	5 ^ο έτος	6 ^ο έτος	7 ^ο έτος	8 ^ο έτος	9 ^ο έτος	10 ^ο έτος
Έσοδα	934.352,55	934.352,55	934.352,55	934.352,55	934.352,55	934.352,55	934.352,55	934.352,55	934.352,55	934.352,55
Έξοδα	326.912,46	327.480,95	328.060,81	328.652,27	329.255,55	329.870,90	330.498,56	331.138,77	331.791,79	332.457,86
Κέρδη προ αποσβέσεων /τόκων /φόρων	607.440,09	606.871,60	606.291,74	605.700,28	605.097,00	604.481,65	603.853,99	603.213,78	602.560,76	601.894,69
Μείον αποσβέσεις	190.000,00	190.000,00	190.000,00	190.000,00	190.000,00	190.000,00	190.000,00	190.000,00	190.000,00	190.000,00
Κέρδη προ τόκων και Φόρων	417.440,09	416.871,60	416.291,74	415.700,28	415.097,00	414.481,65	413.853,99	413.213,78	413.560,76	411.894,69
Μείον τόκοι δανείου	70.000,00	64.434,68	58.591,09	52.455,33	46.012,77	39.248,09	32.145,18	24.687,12	16.856,15	8.633,64
Κέρδη προ τόκων/φόρων	347.440,09	352.436,92	357.700,65	363.244,96	369.084,22	375.233,56	381.708,81	388.526,66	395.704,61	403.261,05

Μείον φόροι (29%)	100.757,63	102.206,71	103.733,19	105.341,04	107034,43	108.817,73	110695,56	112.672,73	114.754,34	116.945,70
Καθαρές εισροές	246.682,46	250.230,21	253.967,46	257.903,92	262.049,80	266.415,82	271.013,26	275.853,93	280.950,27	286.315,35

Πίνακας 6.6: Κατάσταση Αποτελεσμάτων Χρήσης (1^ο - 10^ο έτος)

	11 ^ο έτος	12 ^ο έτος	13 ^ο έτος	14 ^ο έτος	15 ^ο έτος	16 ^ο έτος	17 ^ο έτος	18 ^ο έτος	19 ^ο έτος	20 ^ο έτος
Έσοδα	934.352,55	934.352,55	934.352,55	934.352,55	934.352,55	934.352,55	934.352,55	934.352,55	934.352,55	934.352,55
Έξοδα	333.137,26	333.830,24	334.537,09	335.258,07	335.993,47	336.743,58	337.508,69	338.289,11	339.085,13	339.897,07
Κέρδη προ αποσβέσεων /τόκων /φόρων	601.215,29	600.522,31	599.815,46	599.094,48	598.359,08	597.608,97	596.843,86	596.063,44	595.267,42	594.455,48
Μείον αποσβέσεις	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Κέρδη προ τόκων και Φόρων	601.215,29	600.522,31	599.815,46	599.094,48	598.359,08	597.608,97	596.843,86	596.063,44	595.267,42	594.455,48
Μείον τόκοι δανείου	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Κέρδη προ τόκων/φόρων	601.215,29	600.522,31	599.815,46	599.094,48	598.359,08	597.608,97	596.848,36	596.063,44	595.267,42	594.455,48
Μείον φόροι (29%)	174.352,43	174.151,47	173.946,48	173.737,40	173.524,13	173.306,60	173.084,72	172.858,40	172.627,55	172.392,09
Καθαρές εισροές	426.862,86	426.370,84	425.868,98	425.357,08	424.834,94	424.302,37	423.205,04	423.205,04	422.639,87	422.063,39

Πίνακας 6.7: Κατάσταση Αποτελεσμάτων Χρήσης (11^ο - 20^ο έτος)

6.4 Μέθοδοι αξιολόγησης επενδύσεων

Ως αξιολόγηση επενδύσεων ορίζουμε τη προσπάθεια εξισορρόπησης του επενδυτικού κινδύνου με την προσδοκώμενη απόδοση. Κατά την αξιολόγηση μιας επένδυσης έμφαση θα πρέπει να δοθεί στο ερώτημα “Η μελλοντική απόδοση δικαιολογεί τον κίνδυνο που αναλαμβάνει ο επιχειρηματίας;” παρά στο ερώτημα “Ποιο είναι το ποσοστό απόδοσης;” (Αξιολόγηση Επενδύσεων, Universal Business Analytics)

Μέθοδοι αξιολόγησης επενδύσεων που χρησιμοποιούνται ευρέως είναι η καθαρή παρούσα αξία (ΚΠΑ/NPV), ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης (ΕΠΑ/IRR) και η περίοδος επανάκτησης κεφαλαίου (payback period). Κάθε μέθοδος παρέχει μία μέτρηση της εκτιμώμενης απόδοσης της

επένδυσης βασισμένη σε διάφορες υποθέσεις και επενδυτικούς ορίζοντες.(Αξιολόγηση Επενδύσεων, Universal Business Analytics)

Όταν εξετάζεται μία μελλοντική επένδυση συγκρίνουμε το κόστος της με τα έσοδα που θα προκύψουν κάθε χρόνο. Το κόστος περιλαμβάνει την ταμιακή εκροή που απαιτεί η επένδυση ανά έτος, ενώ στα έσοδα περιλαμβάνονται οι μελλοντικές εισπράξεις καθώς και τα έσοδα που θα προκύψουν από τυχόν διάθεση των στοιχείων που αποκτήθηκαν. (Αξιολόγηση Επενδύσεων, Universal Business Analytics)

6.4.1 Καθαρή Παρούσα Αξία

Με τη μέθοδο της καθαρής παρούσας αξίας μετράται το πλεόνασμα ή η έλλειψη ταμειακών ροών σε σχέση με το κόστος κεφαλαίων (cost of funds) που χρησιμοποιήθηκαν για μια επένδυση.

Η παρούσα αξία των αναμενόμενων ταμειακών ροών υπολογίζεται με την προεξόφληση τους χρησιμοποιώντας το κατάλληλο προεξοφλητικό επιτόκιο (discount rate).

Καθαρή Παρούσα Αξία = Παρούσα Αξία – Κόστος επένδυσης

- μηδενική καθαρή παρούσα αξία (ΚΠΑ = 0) σημαίνει ότι τα έσοδα από το έργο αποπληρώνουν την αρχική επένδυση, χωρίς όφελος ή ζημιά για τον επενδυτή
- θετική καθαρή παρούσα αξία (ΚΠΑ>0) σημαίνει ότι η επένδυση είναι κερδοφόρα
- αρνητική καθαρή παρούσα αξία (ΚΠΑ<0) σημαίνει ότι η επένδυση καταλήγει σε ζημιά

Υπολογισμός ΚΠΑ:

Τα βήματα για τον υπολογισμό της ΚΠΑ είναι:

- Καθορισμός όλων των ταμειακών ροών που συνδέονται με ένα έργο ή μια επένδυση καθώς και το χρονικό διάστημα κατά το οποίο αυτές θα προκύψουν. Οι ταμειακές ροές μπορεί να είναι είτε θετικές (εισροή χρημάτων), είτε αρνητικές (εκροές χρημάτων/δαπάνες).

- Καθορισμός του κατάλληλου προεξοφλητικού επιτοκίου, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της Παρούσας Αξίας των μελλοντικών ταμειακών ροών.
- Άθροισμα της Παρούσας Αξίας όλων των ταμειακών ροών, τόσο θετικών όσο και αρνητικών για τον υπολογισμό της ΚΠΑ και κατ' επέκταση της κερδοφορίας της επένδυσης.

$$\text{ΚΠΑ} = \sum_{j=-m}^n A_j (1+\varepsilon)^{-j} \quad (6.1)$$

Όπου, A_j η καθαρή ταμειακή ροή της επένδυσης στο έτος j , ε το κόστος χρήσης κεφαλαίου της επένδυσης, n ο αριθμός των ετών που αναμένεται να διαρκέσουν οι καθαρές ταμειακές ροές και m το έτος πραγματοποίησης της επένδυσης.

(Καθαρή Παρούσα Αξία, Ευρετήριο Οικονομικών Όρων)

6.4.2 Η μέθοδος του εσωτερικού επιτοκίου απόδοσης (IRR)

Η μέθοδος του εσωτερικού επιτοκίου απόδοσης ή προεξοφλητικού ποσοστού απόδοσης υπολογίζει το ποσοστό απόδοσης που εξισώνει την παρούσα αξία των εισροών της επένδυσης με την εκροή που συνεπάγεται η εκτέλεσή της. Μια επένδυση χαρακτηρίζεται αποδεκτή όταν το προεξοφλητικό αυτό ποσοστό απόδοσης είναι μεγαλύτερο από το ελάχιστο αποδεκτό ποσοστό απόδοσης. (Κεμαλμά Βασιλική, 2020)

Σε περίπτωση εναλλακτικών επενδυτικών προτάσεων επιλέγεται η πρόταση με το μεγαλύτερο προεξοφλητικό ποσοστό απόδοσης με την προϋπόθεση να είναι μεγαλύτερο από το ελάχιστο ποσοστό απόδοσης που πρέπει να αποφέρουν οι επενδύσεις.

Το εσωτερικό ποσοστό προεξόφλησης υπολογίζεται εξισώνοντας την παρούσα αξία της αναμενόμενης καθαρής εισροής μετρητών με την παρούσα αξία της εκροής μετρητών:

$$CF_0 = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} \quad (6.2)$$

Όπου :

- CF_0 : η πρόσθετη ετήσια ταμειακή ροή (η ταμειακή ροή μπορεί να πάρει θετική ή αρνητική τιμή), μετά από φόρους του
- έτους t και $t=0,1,2,\dots,n$
- IRR: ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης

Το επιτόκιο r είναι το μεγαλύτερο επιτόκιο που μπορεί να πληρώσει η επιχείρηση για την εξεύρεση των κεφαλαίων που απαιτούνται για την υλοποίηση της επένδυσης. Όλες οι επενδύσεις που έχουν επιτόκιο μεγαλύτερο από το ελάχιστο αποδεκτό είναι ελκυστικές. (Κεμαλμά Βασιλική, 2020)

6.4.3 Η μέθοδος του χρόνου επανείσπραξης της αρχικής επένδυσης

Ο χρόνος επανείσπραξης του αρχικού κεφαλαίου είναι το χρονικό διάστημα που χρειάζεται για την ανάκτηση ή την επανείσπραξη του αρχικού κεφαλαίου της επένδυσης. Αν ο χρόνος επανείσπραξης του αρχικού κεφαλαίου είναι μικρότερος από μια προκαθορισμένη χρονική περίοδο, αποδεχόμαστε το έργο. Διαφορετικά απορρίπτουμε το έργο. (Αναστάσιος Α. Δράκος και Γεώργιος Α. Καραθανάσης, 2017)

Ακολουθεί ο πίνακας χρηματοροών για τη διάρκεια της εικοσαετίας και υπολογίζεται η καθαρά παρούσα αξία, το εσωτερικό επιτόκιο απόδοσης IRR και ο χρόνος επανείσπραξης, θεωρώντας κόστος χρήσης κεφαλαίου 5%.

Έτος	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Καθαρά Κέρδη	0,00	239.582,46	243.130,21	246.867,46	250.803,92	254.949,80	259.315,83	263.913,26	268.753,93	273.850,28	279.215,34
Ίδια κεφάλαια	-600.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Τραπεζικός δανεισμός	-1.400.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Σύνολο	-2.000.000,00	239.582,46	243.130,21	246.867,46	250.803,92	254.949,80	259.315,83	263.913,26	268.753,93	273.850,28	279.215,34
Συν. Αποσβέσεις		190.000,00	190.000,00	190.000,00	190.000,00	190.000,00	190.000,00	190.000,00	190.000,00	190.000,00	190.000,00
Μείον δόση δανείου		-111.306,40	-116.871,73	-122.715,31	-128.851,08	-135.293,63	-142.058,31	-149.161,23	-156.619,29	-164.450,25	-172.672,77
Ταμειακές Ροές	-2.000.000,00	325.376,06	323.358,06	321.252,15	319.052,84	316.756,17	314.357,51	311.852,03	309.234,64	306.500,02	303.642,58
Ταμειακές ροές-Π.Α.	-2.000.000,00	309.881,96	293.295,68	277.509,68	262.485,56	248.186,75	234.578,42	221.627,41	209.302,18	197.572,65	186.410,20
Σωρευτικά ταμειακών ροών	-2.000.000,00	-1.690.118,04	-1.396.822,36	-1.119.312,68	-856.827,11	-608.640,37	-374.061,95	-152.434,54	56867,64	254.440,29	440.850,49

Έτος	0	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Καθαρά Κέρδη	0,00	426.862,86	426.370,84	425.868,98	425.357,08	424.834,94	424.302,37	423.759,14	423.205,04	422.639,87	422.063,39
Ίδια κεφάλαια	-600.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Τραπεζικός δανεισμός	-1.400.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Σύνολο	-2.000.000,00	426.862,86	426.370,84	425.868,98	425.357,08	424.834,94	424.302,37	423.759,14	423.205,04	422.639,87	422.063,39
Συν. Αποσβέσεις		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Μείον δόση δανείου		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ταμειακές Ροές	-2.000.000,00	426.862,86	426.370,84	425.868,98	425.357,08	424.834,94	424.302,37	423.759,14	423.205,04	422.639,87	422.063,39
Ταμειακές ροές-Π.Α.	-2.000.000,00	249.577,87	237.419,24	255.847,41	214.834,23	204.352,87	194.377,80	184.884,71	175.850,44	167.252,95	159.071,25

Σωρευτικά ταμειακών ροών	- 2.000.000, 00	690.428,3 6	927.847,60	1.153.69 5,01	1.368.52 9,24	1.572.88 2,11	1.767.25 9,91	1.952.14 4,62	2.127.99 5,06	2.292.24 8,01	2.454.3 19,26
-----------------------------	-----------------------	----------------	------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

Πίνακας 6.8: Πίνακας χρηματοροών στη διάρκεια της εικοσαετίας

Από τα παραπάνω δεδομένα προκύπτουν τα εξής:

Καθαρή Παρούσα Αξία (Κ.Π.Α.) = 2.454.319,26 €

Εσωτερικό επιτόκιο απόδοσης (IRR) = 11%

Χρόνος επανείσπραξης = 7,73 έτη

Το προεξοφλητικό ποσοστό απόδοσης (IRR) προκύπτει ίσο με 11%, ενώ η καθαρή παρούσα αξία είναι θετική και υπολογίζεται στα 2.454.319,26€. Ο χρόνος επανείσπραξης που απαιτείται για την επανάκτηση των αρχικών χρηματικών εκροών από τον επενδυτή υπολογίστηκε στα 7,73 έτη.

Ο δείκτης **Καθαρού Περιθωρίου Κέρδους (Net Profit Margin or Return on Sales)** ισούται με το πηλίκο των καθαρών κερδών με τις πωλήσεις. Με το δείκτη αυτό υπολογίζονται τα καθαρά κέρδη που παράγει η επιχείρηση ως ποσοστό των πωλήσεων. Ο δείκτης αυτός φανερώνει το ποσό που απομένει από τις πωλήσεις έπειτα από την αφαίρεση του συνόλου των εξόδων που συνεπάγεται η επιχειρηματική δραστηριότητα και αποτελεί ένα μέτρο αξιολόγησης της συνολικής αποτελεσματικότητας (Κεμαλμά Βασιλική, 2020)

Καθαρό Περιθώριο Κέρδους = καθαρά κέρδη/πωλήσεις * 100

Ο δείκτης **Απόδοσης Ιδίων Κεφαλαίων (Return on Equity-ROE)** υπολογίζεται διαιρώντας τα καθαρά κέρδη με τα ίδια κεφάλαια. Ο δείκτης αυτός δείχνει την ικανότητα της επιχείρησης να παράγει κέρδη από τα χρήματα που επενδύουν οι μέτοχοι. Ο δείκτης δείχνει την οικονομική ανταμοιβή των μετόχων για τα κεφάλαια που επενδύουν και το ρίσκο που αναλαμβάνουν. Για το λόγο αυτό, ο δείκτης είναι ιδιαίτερος χρήσιμος για τους υφιστάμενους και τους πιθανούς μετόχους, καθώς καταδεικνύει το βαθμό αποτελεσματικής διαχείρισης των χρημάτων τους από την επιχείρηση” (Κεμαλμά Βασιλική, 2020)

Απόδοση Ίδιων Κεφαλαίων = καθαρά κέρδη/ ίδια κεφάλαια * 100

Ως εκ τούτου, η απόδοση ιδίων κεφαλαίων 50%, γεγονός που καταδεικνύει την αποτελεσματική αξιοποίηση των χρημάτων του επενδυτή και υψηλή κερδοφορία. Επιπλέον, το περιθώριο κέρδους για την επένδυση είναι 37% (μέσος όρος 20ετίας) και η απόδοση ιδίων κεφαλαίων 57% που καθιστούν την επένδυση ελκυστική και συμφέρουσα.

6.5 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις του Έργου

Σημαντικό στοιχείο στην αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της παραπάνω μονάδας παραγωγής βιοαερίου αποτελεί το γεγονός ότι ο συγκεκριμένος τύπος μονάδων δεν επιβαρύνει περισσότερο τη μόλυνση του περιβάλλοντος καθώς δεν παράγει απόβλητα (ή παράγει ελάχιστα συγκριτικά με ένα συμβατικό εργοστάσιο) αλλά διαχειρίζεται ήδη υπάρχοντα απόβλητα καθώς η χρησιμοποιούμενη πρώτη ύλη, κυρίως η κοπριά στην συγκεκριμένη περίπτωση, αποτελεί απόβλητο το οποίο σε διαφορετική περίπτωση δεν θα αξιοποιούνταν αποτελεσματικά. Κατά τη διαδικασία της κατασκευής της εξεταζόμενης μονάδας δεν δημιουργούνται περιβαλλοντικά προβλήματα καθώς αφενός αποτελεί ένα έργο μικρής έκτασης και αφετέρου απαιτείται μικρό χρονικό διάστημα για την κατασκευή του. Ωστόσο, κατά τη λειτουργία της μονάδας παρουσιάζονται κάποιες επιπτώσεις ήσσονος σημασίας:

- Θα υπάρξουν κάποιες εκπομπές θορύβου οι οποίες ωστόσο θα είναι αντιληπτές στο κοντινό περιβάλλον της μονάδας.
- Η οπτική όχληση αποτελεί επίσης ένα περιβαλλοντικό πρόβλημα. Εντούτοις, η εξεταζόμενη μονάδα δεν θα κατασκευασθεί κοντά σε κατοικημένη περιοχή.
- Τέλος, οι οσμές που προκαλούνται αποτελεί έναν ακόμη ανασταλτικό παράγοντα, ωστόσο κατά την κατασκευή των μονάδων και αυτός ο περιορισμός λαμβάνεται υπόψιν ώστε να μην υπάρξουν προβλήματα στο μέλλον.

Ωστόσο, τα περιβαλλοντικά οφέλη της μονάδας είναι πολλά περισσότερα και μεγαλύτερης αξίας.

6.6 Κριτήρια τα οποία συνηγορούν στην υλοποίηση του έργου (αναπτυξιακά, περιβαλλοντικά, κοινωνικά)

Το συγκεκριμένο έργο αποτελεί ένα έργο που εντάσσεται σε αυτά των ΑΠΕ και μπορεί να θεωρηθεί ότι μπορεί να συμβάλλει στη βελτίωση του φυσικού περιβάλλοντος καθώς η εκμετάλλευση ΑΠΕ συντελεί σημαντικά στα ακόλουθα:

- Μείωση της χρήσης των συμβατικών καυσίμων που έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και άλλων αερίων.
- Εξοικονόμηση ενεργειακών πόρων και χρήση καθαρών μορφών ενέργειας π.χ. ηλεκτρική ενέργεια η οποία έχει παραχθεί από μονάδα βιοαερίου.
- Εξοικονόμηση συναλλάγματος προς τις πετρελαιοπαραγωγούς χώρες. Υπό εξέταση βρίσκεται το ενδεχόμενο να πληρώνεται ο φόρος του διοξειδίου του άνθρακα προς όφελος των χωρών που διαθέτουν ελάσσων δυναμικό ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ (βιομάζα/βιοαέριο) σε σχέση με την Ελλάδα.
- Αύξηση της ζήτησης εργατικού δυναμικού (αύξηση θέσεων εργασίας).

(Χαρίσης Ν. Παπαφώτης, 2015)

6.7 Ανακεφαλαίωση

Η θέση εγκατάστασης της μονάδας βιοαερίου προτείνεται να βρίσκεται κοντά στους χώρους προμήθειας της πρώτης ύλης ώστε να ελαχιστοποιείται το κόστος μεταφοράς της. Στην παραπάνω ανάλυση το προεξοφλητικό ποσοστό απόδοσης (IRR) προκύπτει ίσο με 11%, ενώ η καθαρή παρούσα αξία είναι θετική και υπολογίζεται στα 2.454.319,26€. Ο χρόνος επανείσπραξης που απαιτείται για την επανάκτηση των αρχικών χρηματικών εκροών από τον επενδυτή υπολογίστηκε στα 7,73 έτη από τον 8^ο χρόνο και έπειτα η μονάδα αρχίζει να είναι επικερδής. Επιπλέον, η απόδοση ιδίων κεφαλαίων 50%, γεγονός που καταδεικνύει την αποτελεσματική αξιοποίηση των χρημάτων του επενδυτή και υψηλή κερδοφορία. Επιπλέον, το περιθώριο κέρδους για την επένδυση είναι 37% (μέσος όρος 20ετίας) και η απόδοση ιδίων κεφαλαίων 57% που καθιστούν την επένδυση ελκυστική και συμφέρουσα. Άρα, έχοντας ολοκληρώσει και τις τρεις μεθόδους αξιολόγησης επενδύσεων και υπολογίζοντας το καθαρό περιθώριο κέρδους αλλά και την απόδοση ιδίων κεφαλαίων καταλήγουμε στο αποτέλεσμα ότι και η επένδυση είναι συμφέρουσα και ελκυστική. Τέλος, τα οφέλη που προσφέρει ένα επενδυτικό έργο τέτοιου είδους είναι πολλά

και σημαντικά και αντισταθμίζουν στο ελάχιστο τα ήσσονος σημασίας προβλήματα που δημιουργεί.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η αυξανόμενη ζήτηση για ενέργεια και η αύξηση των τιμών των συμβατικών καυσίμων έχει ως αποτέλεσμα οι ΑΠΕ να έρχονται στο προσκήνιο με ταχύς ρυθμούς. Το βιοαέριο αποτελεί μια πηγή ενέργειας η οποία ενώ στο παρελθόν ήταν σχεδόν άγνωστη πλέον κερδίζει συνεχώς έδαφος καθώς προσφέρει πληθώρα πλεονεκτημάτων τόσο περιβαλλοντικά όσο και οικονομικά.

Από την παραπάνω μελέτη γίνονται κατανοητά τα κατασκευαστικά μέρη μιας μονάδας παραγωγής βιοαερίου (πχ οι εγκαταστάσεις από τις οποίες αποτελείται), ο τρόπος λειτουργίας της μονάδας αλλά και ο τρόπος αξιοποίησης κτηνοτροφικών αποβλήτων, και συγκεκριμένα κοπριάς και αχυροστρωμνής που σε αντίθετη περίπτωση δεν θα είχαν αξιοποιηθεί, με σκοπό τη παραγωγή βιοαερίου και στη συνέχεια ηλεκτρικής ενέργειας.

Στην παρούσα εργασία αναφέρονται διάφορες προσεγγίσεις μέσω διαφορετικών επιστημονικών προσεγγίσεων. Περιβαλλοντικά, ενεργειακά, αναπτυξιακά και οικονομικά δημιουργούν μια ολοκληρωμένη επενδυτική πρόταση. Συγκεκριμένα, παρατίθενται πληροφορίες σχετικά με την αγορά των ΑΠΕ στην Ευρώπη και στην Ελλάδα, οι στόχοι που έχουν τεθεί σε εθνικό επίπεδο, ενεργειακοί στόχοι, κατασκευαστικά μέρη της μονάδας βιοαερίου και τέλος γίνεται οικονομική ανάλυση του επενδυτικού σχεδίου.

Η επιλογή της αναερόβιας χώνευσης ως διαδικασία διαχείρισης της πρώτης ύλης εκτός του ότι αποτελεί μια αποτελεσματική μέθοδο ως προς τη μείωση του ρυπαντικού φορτίου παράλληλα απαιτεί ελάχιστο χώρο. Έτσι, γίνεται ελκυστική λόγω της αποτελεσματικότητάς της και επίσης είναι συμφέρουσα για μικρές μονάδες.

Εξετάζοντας τρεις μεθόδους αξιολόγησης του επενδυτικού σχεδίου καταλήξαμε ότι αποτελεί μια ελκυστική και κερδοφόρα επένδυση. Ως πρώτη ύλη της μονάδας θα χρησιμοποιηθεί κοπριά αγελάδας, ενσίρωμα καλαμποκιού και αχυροστρωμνή από τη μονάδα των αγελάδων. Το ποσοστό απόδοσης (IRR) προκύπτει ίσο με 11%, ενώ η καθαρή παρούσα αξία είναι θετική και υπολογίζεται στα 2.454.319,26€. Ο χρόνος επανείσπραξης που απαιτείται για την επανάκτηση των αρχικών χρηματικών εκροών από τον επενδυτή υπολογίστηκε στα 7,73 έτη από τον 8^ο χρόνο και έπειτα η μονάδα αρχίζει να είναι επικερδής. Τέλος, η απόδοση ιδίων κεφαλαίων 50%, γεγονός που καταδεικνύει την αποτελεσματική αξιοποίηση των χρημάτων του επενδυτή και υψηλή

κερδοφορία. Ως εκ τούτου, αν παραβλέψουμε μια μικρή δυσκολία στην εύρεση καθαρής αχυροστρωμνής η εξεταζόμενη επένδυση είναι συμφέρουσα.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο φέρει για τις κτηνοτροφικές μονάδες μια λύση για την διαχείριση των αποβλήτων τους αλλά και ένα επιπλέον εισόδημα το οποίο είναι σημαντικό λόγω των οικονομικών δεδομένων της χώρας των τελευταίων ετών.

Το έργο της εγκατάστασης παραγωγής βιοαερίου και ηλεκτροπαραγωγής από τη καύση του θεωρείται περιβαλλοντικά ωφέλιμο καθώς: άπτεται στα έργα των ΑΠΕ, συμβάλλει στην μείωση της χρήσης συμβατικών καυσίμων και διαχειρίζεται αποτελεσματικά τα απόβλητα ενώ παράγει ελάχιστα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

Σιούλας Κωνσταντίνος, Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen, ΚΑΠΕ, (2010), Εγχειρίδιο Βιοαερίου

Χρυσούλα-Αθηνά Γ. Σταμάτη, (2017), « Συγκριτική Αξιολόγηση Εναλλακτικών Μεθόδων Επεξεργασίας των Λυμάτων Κτηνοτροφικών Εκμεταλλεύσεων: Η περίπτωση του Βιοαερίου»

Ράπτη Σοφία, (2019), Σχεδιασμός και Ανάλυση Μονάδας Παραγωγής Βιοαερίου από Κτηνοτροφικά Απόβλητα

Κεμαλμά Βασιλική, (2020), Χρηματοοικονομική αξιολόγηση μονάδας βιοαερίου

Λεωνίδας Καλλιβρούσης και Γεώργιος Μάρκου, (2008), Αξιοποίηση Ενεργειακών Φυτών, Χαρίσης Ν. Παπαφώτης, (2015), Οικονομική ανάλυση και αξιολόγηση μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο, παραγόμενο από την επεξεργασία αγροτικών υπολειμμάτων”

Αξιολόγηση Επενδύσεων, Αναστάσιος Α. Δράκος και Γεώργιος Α. Καραθανάσης, (2017), Χρηματοοικονομική Διοίκηση των Επιχειρήσεων, Β Έκδοση, Εκδόσεις Μπένου

Ξένη

Giorgos Markou, Mathieu Brule, Athanasios Balafoutis, Michael Kornaros, Dimitris Georgakakis, George Papadakis, (2016), Biogas production from energy crops in northern Greece: economics of electricity generation associated with heat recovery in a greenhouse

Jay N. Meegoda, Brian Li, Kush Patel, Lily B. Wang, (2018), A Review of the Processes, Parameters, and Optimization of Anaerobic Digestion

Dieter Deublein and Angelic Steinhauser, (2008), Biogas from Waste and Renewable Resources. An Introduction, “Reinforced concrete tanks”

Panagiotis G. Kougias, Irini Angelidaki, (2018), Biogas and its opportunities – A review

Διαδικτυακοί Τόποι

http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis.htm

http://users.sch.gr/kpara/ape2009_10/sun_energy.html

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BD%CE%B1%CE%BD%CE%B5%CF%8E%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%B5%CF%82_%CF%80%CE%B7%CE%B3%CE%AD%CF%82_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CF%82#%CE%9C%CE%B5%CE%B9%CE%BF%CE%BD%CE%B5%CE%BA%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_production_and_imports/el#CE.97_.CF.80.CE.B1.CF.81.CE.B1.CE.B3.CF.89.CE.B3.CE.AE_.CF.80.CF.81.CF.89.CF.84.CE.BF.CE.B3.CE.B5.CE.BD.CE.BF.CF.8D.CF.82_.CE.B5.CE.BD.CE.AD.CF.81.CE.B3.CE.B5.CE.B9.CE.B1.CF.82_.CE.BC.CE.B5.CE.B9.CF.8E.CE.B8.CE.B7.CE.BA.CE.B5_.CF.84.CE.B7.CE.BD_.CF.80.CE.B5.CF.81.CE.AF.CE.BF.CE.B4.CE.BF_2007-2017

<http://ikee.lib.auth.gr/record/134028/files/GRI-2014-12058.pdf>

<https://www.iene.gr/articlefiles/file/meletes/iene-meleti-2019.pdf>

https://www.kodiko.gr/nomologia/document_navigation/11708/nomos-3468-2006

http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf

<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=288>

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

<http://www.ypeka.gr/rescampaign2008/downloads/biomaza.pdf>

<http://ypeka.gr>

http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/biogasin_bank/02_C.Malamatenios_BiogasIN_230420_12_KAPE.pdf

[Νομοθετικό Πλαίσιο | www.envima.gr](#)

http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/biogasin_lar/02_K.Sioulas_BiogasIN_100412_Larisa.pdf

<https://www.e-nomothesia.gr/energeia/nomos-4414-2016.html>

<https://www.euretirio.com/katastasi-apotelesmaton-xrasis/>

[Αξιολόγηση Επενδύσεων \(ubaconsultants.com\)](#)

<https://www.euretirio.com/kathari-parousa-axia-kpa-npv/>

<https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/ECON1363/%CE%94%CE%B9%CE%AC%CE%BB%CE%B5%CE%BE%CE%B7%203.pdf>

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_production_and_imports

[https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=File:Greenhouse_gas_emissions,_EU-28,_1990-2017_\(index_1990_%3D_100\).png](https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=File:Greenhouse_gas_emissions,_EU-28,_1990-2017_(index_1990_%3D_100).png)

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_production_and_imports/e#CE.97.CF.80.CE.B1.CF.81.CE.B1.CE.B3.CF.89.CE.B3.CE.AE.CF.80.CF.81.CF.89.CF.84.CE.BF.CE.B3.CE.B5.CE.BD.CE.BF.CF.8D.CF.82.CE.B5.CE.BD.CE.AD.CF.81.CE.B3.CE.B5.CE.B9.CE.B1.CF.82.CE.BC.CE.B5.CE.B9.CF.8E.CE.B8.CE.B7.CE.BA.CE.B5.CF.84.CE.B7.CE.BD.CF.80.CE.B5.CF.81.CE.AF.CE.BF.CE.B4.CE.BF_2007-2017

[EBA Statistical Report 2017 | European Biogas Association](#)

[Νέοι κανόνες για τους αγωγούς φυσικού αερίου από και προς τρίτες χώρες | Επικαιρότητα | Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο \(europa.eu\)](#)

