



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΜΣ «ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ
ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ»

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**«Συμπαράγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας μέσω αεριοποίησης
αγροτικών υπολειμμάτων στον Αγροτικό Συνεταιρισμό Ερυθρών»**



του Ηλία Χρήστου ΑΜ: 201711

Επιβλέποντες Καθηγητές : Δρ. Χριστιάνα Παπαποστόλου - Κτενίδης Παναγιώτης

Αθήνα



University of West Attica
School of Engineering
Department of Mechanical Engineering
MSc in “Energy and Environmental Investments”

Diploma Thesis

“Cogeneration of electricity and heat through gasification of agricultural residues in the Agricultural Cooperative of Erythron”

του Ηλία Χρήστου AM: 201711

Supervisors: Dr Christiana Papapostolou, Panagiotis Ktenidis

Athens



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΜΣ «ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ»

Συμπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας μέσω αεριοποίησης αγροτικών υπολειμμάτων στον Αγροτικό Συνεταιρισμό Ερυθρών

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

A/A	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	ΚΑΛΔΕΛΛΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ	ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	
2	ΚΟΝΔΥΛΗ ΑΙΜΙΛΙΑ	ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	
3	ΧΡΙΣΤΙΑΝΑ ΠΑΠΑΠΟΣΤΟΛΟΥ	ΕΠΙΚΟΥΡΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/κάτωθι υπογεγραμμένος Χρήστος Ηλίας του Παναγιώτη, με αριθμό μητρώου 201711 φοιτητής του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Ενεργειακές και Περιβαλλοντικές Επενδύσεις του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

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

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

Ο Δηλών

Χρήστος Ηλίας



Ευχαριστίες

Το μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών με αντικείμενο «Ενεργειακές και Περιβαλλοντικές Επενδύσεις» αποτελεί σταθμό στην επαγγελματική μου πορεία και ολοκληρώνεται με την συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας μου. Θα ήθελα να ευχαριστήσω όσους με τον τρόπο τους με βοήθησαν να μπορέσω να ανταπεξέλθω στις φοιτητικές υποχρεώσεις μου και να φτάσω στην απόκτηση του μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών μου. Πραγματικά όλοι οι διδάσκοντες καθηγητές με τον καλύτερο δυνατό τρόπο συνέβαλλαν στην απόκτηση δυσεύρετων και πολύτιμων γνώσεων σχετικά με τις ενεργειακές και περιβαλλοντικές επενδύσεις. Γνώσεις που με βοήθησαν να σταθώ επάξια στον επαγγελματικό τομέα ταυτόχρονα και κατά τη διάρκεια της απόκτησης του τίτλου σπουδών μου. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ. Ιωάννη Καλδέλλη για την τεράστια ευρυμάθεια του, στους τομείς της ενέργειας και περιβάλλοντος, την οποία διοχετεύει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο προς τους φοιτητές του, καθώς και για τις υψηλού επιπέδου απαιτήσεις επιμόρφωσης αυτών, έτσι ώστε να σταθούν δυνατοί και αποτελεσματικοί στον επιχειρηματικό και εργασιακό στίβο που τους περιμένει. Επίσης τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Κτενίδη Παναγιώτη για την αμέριστη, ακούραστη και πολύτιμη διαρκή βοήθεια του, τόσο για θέματα του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών, αλλά κυρίως για την τεράστια συμβολή του στην πρακτική εφαρμογή των γνώσεων που αποκτήθηκαν, στην επαγγελματική αρένα και σε πεδία άκρως καινοτόμα. Ευχαριστώ επίσης όλους τους υπόλοιπους καθηγητές για τη βοήθεια και μετάδοση των γνώσεων τους, αλλά ιδιαιτέρως την Δρ. Αιμιλία Μ. Κονδύλη για την συνεχόμενη παρακίνησή της, αλλά και μεταδοτικότητα της, κάνοντας εύληπτο ακόμα και το πιο δύσκολο θέμα. Φυσικά να ευχαριστήσω την επιβλέπουσά μου Δρ. Χριστιάνα Παπαποστόλου για την πολύτιμη συνεργασία της και τις στοχευμένες παρατηρήσεις της, προκειμένου να ολοκληρωθεί όσο το δυνατόν πιο άρτια η παρούσα διπλωματική. Τέλος να ευχαριστήσω την οικογένειά μου που με βοήθησε να ανταπεξέλθω στις απαιτήσεις του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών μου.

Χρήστος Ηλίας

Περίληψη

Η βιομάζα αποτελεί μια από τις πιο παλιές και διαδεδομένες πηγές ανανεώσιμης ενέργειας. Από την προϊστορία ο άνθρωπος χρησιμοποιούσε είδη βιομάζας (ξύλα, φυτά, κλπ) για να μπορέσει να μαγειρέψει και να ζεσταθεί, χρησιμοποιώντας την ενέργεια και θερμότητα που προέρχονταν από την ενεργειακή αξιοποίηση αυτής (καύση). Όμως μέχρι και τη σημερινή εποχή μας αγροτικοί πληθυσμοί της Ινδίας, Ν. Αμερικής, Αφρικής, αλλά και σε χώρες της Ευρώπης χρησιμοποιούν την βιομάζα προκειμένου να μπορούν να φωτίσουν τις οικίες τους, να μαγειρέψουν το φαγητό τους και να ζεσταθούν αντιμετωπίζοντας τις αντίξοες καιρικές συνθήκες. Χρησιμοποιούν για τον λόγο αυτό πολλά είδη βιομάζας όπως ξύλα, φυτά (άχυρα, κλπ), τα κελύφη καρπών, καθώς και βιομάζα που προέρχεται από τα ζώα όπως η κοπριά κλπ. Τόσο τα υλικά αυτά που προέρχονται από τη φύση και το περιβάλλον, όσο και άλλα υλικά που προέρχονται από τον ίδιο τον άνθρωπο (αστικά απορρίμματα, τα οποία περιέχουν π.χ. υπολείμματα τροφών, και ανόργανων υλικών όπως π.χ χαρτί), καθώς και πρωτογενή απόβλητα βιομηχανιών μπορούν να μετατραπούν σε ενέργεια.

Η ενέργεια που προέρχεται από την αξιοποίηση της βιομάζας είναι το αποτέλεσμα της φωτοσύνθεσης και αποτελεί μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, όπου η ηλιακή ενέργεια που έχει δεσμευτεί από τα φυτά μετασχηματίζεται σε βιομάζα, Στην συνέχεια η ενέργεια αυτή καταναλώνεται από ζωικούς οργανισμούς και αποθηκεύεται σε ένα μέρος της, σε αυτά. Με άλλα λόγια, η ενέργεια που προέρχεται από τα φυτά μέσω της φωτοσύνθεσης και από τα ζώα μέσω των αποβλήτων τους αποτελεί και το μεγαλύτερο τμήμα της βιομάζας όπως το γνωρίζουμε σήμερα και αποτελεί κομμάτι της ηλιακής ενέργειας που δέχεται η γη.

Η βιομάζα αποτελεί τη μεγαλύτερη και σημαντικότερη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας στο σύνολο των ΑΠΕ διαθέτοντας πάρα πολλά πλεονεκτήματα. Η πολυποίκιλη μετατροπή της σε ενέργεια την καθιστά “βασιλιά” των ΑΠΕ, Για παράδειγμα μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρική και θερμική ενέργεια, αλλά και σε βιοκαύσιμα σημαντικής προστιθέμενης αξίας όπως η βιομεθανόλη, η αμμωνία, το βιοντήζελ, η βιοαιθανόλη κλπ. Η βιομάζα αποτελεί το σημαντικότερο κομμάτι της κυκλικής οικονομίας καθώς τα ζωικά απόβλητα, τα υπολείμματα αγροτικών εκμεταλλεύσεων, τα απορρίμματα και γενικά προϊόντα χαμηλής ή άνευ αξίας μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν.

Τόσο η βιομάζα όσο και τα ορυκτά καύσιμα εμπεριέχουν άνθρακα, αλλά μόνο η βιομάζα είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας καθώς ο άνθρακας που βρίσκεται στη βιομάζα είναι ουδέτερος, καθότι προσλαμβάνεται από τη φύση (ηλιακή ενέργεια) αξιοποιείται για την παραγωγή ενέργειας και επιστρέφει σε αυτήν χωρίς να μεταβάλλεται το ισοζύγιο του. Η παραγωγή και μετατροπή της βιομάζας σε ενέργεια μέσω απλών ή και σύνθετων τεχνολογιών είναι αρκετά φιλική στο περιβάλλον και δεν δημιουργεί περιβαλλοντικά προβλήματα, καθιστώντας την κυρίαρχη στις υπόλοιπες ΑΠΕ.

Υπάρχουν όμως και μειονεκτήματα της, όπως η εφοδιαστική αλυσίδα προμήθειας και αποθήκευση της, το οποίο είναι από τα σημαντικότερα, γιατί η βιομάζα βρίσκεται διάσπαρτη παντού. Επίσης η χαμηλή ενεργειακή της πυκνότητα, το ποσοστό υγρασίας της, η ποικιλομορφία της σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα, αποτελούν σημαντικούς παράγοντες οι οποίοι αυξάνουν το κόστος μετατροπής της σε ενέργεια.

Την τελευταία δεκαετία η έρευνα και η πρόοδος που έχει συντελεστεί σε διάφορες τεχνολογικές μεθόδους μετατροπής της βιομάζας σε ενέργεια είναι αρκετά ελκυστικές σε παγκόσμιο επίπεδο και υιοθετούνται από όλο και περισσότερους ειδικά σε ανεπτυγμένες χώρες, όπου θα καλύπτουν μεγάλο τμήμα της παραγωγής ενέργειας στο μέλλον.

Μία από τις πιο σύγχρονες και αξιόλογες τεχνολογικές μεθόδους αξιοποίησης της βιομάζας είναι η θερμική μέθοδος της αεριοποίησης κατά την οποία μετατρέπονται τα οργανικά ή και ορυκτά καύσιμα τα οποία έχουν τη βάση τους στον άνθρακα, σε διοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και μονοξείδιο του άνθρακα.

Κατά τη διάρκεια της αεριοποίησης συντελούνται πλήθος χημικών αντιδράσεων οι οποίες αναφέρονται αναλυτικά στην παρούσα εργασία, καθώς επίσης περιγράφονται τα πλεονεκτήματά της και οι σημαντικότεροι τύποι αντιδραστήρων (αεριοποιητών).

Επίσης περιγράφονται τα σημαντικότερα κριτήρια που αφορούν στην ποιότητα, της προς ενεργειακά αξιοποιούμενης βιομάζας και έχουν να κάνουν με τη θερμογόνο της δύναμη, την παραγόμενη τέφρα και το ποσοστό της υγρασίας.

Η παρούσα εργασία κλείνει με τη μελέτη και χωροθέτηση μιας μονάδας αεριοποίησης ισχύος 100KW για χρήση από τον αγροτικό συνεταιρισμό Ερυθρών ο οποίος βρίσκεται στα όρια του νομού Αττικής, απέχει 55 χιλιόμετρα από την Αθήνα και διαθέτει 65.000 στρέμματα ιδιόκτητο κάμφο. Ο αγροτικός συνεταιρισμός Ερυθρών διαθέτει όλες αυτές τις προϋποθέσεις για την ενεργειακή αξιοποίηση των αγροτικών υπολειμμάτων του (βιομάζα), όπως σύγχρονο εξοπλισμό και υποδομές. Λόγω του ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας τυγχάνει μηδενικής σχεδόν ανάπτυξης και ελάχιστων παραδειγμάτων στην Ελλάδα, η παρούσα εργασία έρχεται να συμβάλλει στην παρουσίαση και υλοποίηση ενός εν δυνάμει πραγματικού έργου, σε ένα τόσο σημαντικό ενεργειακό τομέα, επιδεικνύοντας όλα τα οφέλη που θα προκύψουν για το περιβάλλον και τον άνθρωπο.

Abstract

Biomass is one of the oldest and most widespread sources of renewable energy. Since prehistoric times, man has used biomass (wood, plants, etc.) to cook and heat himself, using the energy and heat from its energy recovery (combustion). However, even today, rural populations in India, South America, Africa and in European countries use biomass to light their homes, cook their food and keep warm in the face of adverse weather conditions. Many types of biomass are used for this purpose, such as wood, plants (straw, etc.), fruit shells, as well as biomass from animals such as manure, etc. Both these materials, which come from nature and the environment, and other materials from humans themselves (municipal waste, containing e.g. food waste, and inorganic materials such as paper), as well as primary industrial waste can be converted into energy.

The energy that comes from the utilisation of biomass is the result of photosynthesis and is a renewable energy source, where solar energy captured by plants is transformed into biomass, which is then consumed by animal organisms and stored in part in them. In other words, the energy derived from plants through photosynthesis and from animals through their waste is the bulk of biomass, as it is known today and is part of the solar energy received by the earth.

Biomass is the largest and most important renewable energy source in the renewable energy mix and has many advantages. Its versatile conversion into energy makes it the 'king' of RES, for example, it can be converted into electricity and heat, but also into biofuels with significant added value such as biomethanol, ammonia, biodiesel, bioethanol, etc. Biomass is the most important part of the circular economy as animal waste, farm residues, waste and general products of low or no value can be reused.

Both biomass and fossil fuels contain carbon, but only biomass is a renewable energy source as the carbon in biomass is neutral, as it is taken up by nature (solar energy), used for energy production and returned to it without altering its balance. The production and conversion of biomass into energy through simple or complex technologies is quite environmentally friendly and does not pose any environmental problems, making it the dominant renewable energy source.

However, there are also disadvantages, such as the supply chain for its procurement and storage, which is one of the most important, because biomass is scattered everywhere. In addition, its low energy density its moisture content and its diversity compared to fossil fuels are important factors that increase the cost of converting it into energy.

In the last decade, research and progress made in various technological methods of converting biomass into energy have become quite attractive globally and are being increasingly adopted especially in developed countries where they will cover a large part of energy production in the future. One of the most modern and remarkable technological methods of biomass utilization is the thermal method of gasification, during which organic or fossil fuels, which are based on carbon, are converted into carbon dioxide, hydrogen and carbon monoxide.

During gasification, a number of chemical reactions take place, which are described in detail in the context of this thesis, as well as its advantages and the most important types of reactors (gasifiers). Moreover as analysed in detail, the most important criteria concerning the quality of the biomass to be used for energy purposes are listed, criteria which have to do with its calorific value, the ash produced and its moisture content.

This paper concludes with the study and siting of a gasification unit of 100KW for use by the agricultural cooperative Erythron, which is located in the boundaries of the prefecture of Attica, 55 km from Athens

and has 65,000 acres of privately owned land. The rural cooperative of Erythron has all these conditions for the energy utilisation of its agricultural residues (biomass), such as modern equipment and infrastructure. Due to the fact that the production of electricity from the energy utilization of biomass has almost no development and few examples in Greece, the present work comes to contribute to the presentation and implementation of a potential real project in such an important energy sector, demonstrating all the benefits that will result for the environment and people.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Ευχαριστίες.....	1
Περίληψη.....	2
Abstract	4
Κεφάλαιο 1 ^ο : Εισαγωγή	12
1.1 Εθνικό και Παγκόσμιο Δυναμικό βιομάζας.....	15
1.2 Ενεργειακές καλλιέργειες παγκοσμίως.....	18
1.2.1 Ποιος είναι ο ρόλος της Βιομάζας σε μελλοντικά ενεργειακά σενάρια για την ΕΕ;	20
Κεφάλαιο 2 ^ο : Βιομάζα	22
2.1 Εισαγωγή	22
2.2 Οφέλη Βιομάζας	23
2.2.1 Περιβαλλοντικά οφέλη της βιομάζας:	24
2.2.2 Οικονομικά Οφέλη της βιομάζας:	26
2.2.3 Μειονεκτήματα βιομάζας:	26
2.2.4 Μέτρα ενίσχυσης συνεισφοράς της βιομάζας στο ενεργειακό μείγμα.....	27
2.3 Ιδιότητες της Βιομάζας.....	27
Κεφάλαιο 3 ^ο : Θεσμικό Πλαίσιο και Αδειοδότηση μονάδας βιομάζας.....	40
3.1 Εθνικό νομοθετικό πλαίσιο	40
3.1.1 Διαδικασίες Αδειοδότησης Εφαρμογών Ενεργειακής Αξιοποίησης Βιομάζας.....	40
3.2 Οι Αλλαγές του Ν. 4951/2022 στην Αδειοδοτική Διαδικασία Έργων ΑΠΕ.....	43
Κεφάλαιο 4 ^ο : Μέθοδοι ενεργειακής επεξεργασίας βιομάζας,	44
4.1 Θερμοχημικές Μέθοδοι	46
4.1.1 Άμεση καύση βιομάζας	46
4.1.2 Πυρόλυση βιομάζας	47
4.1.3 Αεριοποίηση βιομάζας	48
4.1.4 Υδρογονοδιάσπαση βιομάζας.....	50
4.2 Χημικές μέθοδοι βιομάζας (υγρές)	50
4.2.1 Εστεροποίηση.....	50
4.3 Βιολογικές μέθοδοι βιομάζας	51
4.3.1 Ζύμωση βιομάζας.....	51
4.3.2 Αναερόβια ζύμωση βιομάζας.....	51
4.3.3 Υδρόλυση βιομάζας.....	52
4.4 Μηχανικές μέθοδοι και είδη βιομάζας	52
4.4.1 Πελέτες (pellets)	52
4.4.2 Τεμαχίδια ξύλου ή Θρύμματα ξύλου (woodchips)	53
4.4.3 Μπρικέτες (πλίνθοι)	53
Κεφάλαιο 5 ^ο : Αεριοποίηση βιομάζας.....	54

5.1 Γενικά - Ιστορικό.....	54
5.2 Ορισμός Αεριοποίησης.....	58
5.2.1 Διαδικασίες και αντιδράσεις εντός του αεριοποιητή [20], [21] :	60
5.3 Αέριο σύνθεσης (Synthesis Gas).....	62
5.4 Πλεονεκτήματα αεριοποίησης βιομάζας	64
5.4.1. Η αποτελεσματική χρήση της βιομάζας.....	64
5.4.2. Εξελιγμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας	64
5.4.3. Πλεονεκτήματα παραγωγή θερμότητας	65
5.4.4. Φροντίδα για το Περιβάλλον	65
5.5 Τύποι Αεριοποιητών.....	65
5.5.1 Αεριοποιητής Σταθερής Κλίνης (Fixed - Bed)	66
5.5.1.1 Ανοδικού Ρεύματος (Updraft)	66
5.5.1.2 Καθοδικού Ρεύματος (Downdraft).....	67
5.5.1.3 Οριζοντίου Ρεύματος (Crossdraft)	69
5.5.2. Αεριοποιητής Ρευστοποιημένης Κλίνης (Fluidized - Bed).....	70
5.5.3. Αεριοποιητής Παρασυρόμενης κλίνης (Entrained Flow - Bed).....	72
5.6 Κύρια χαρακτηριστικά τεχνολογιών αεριοποίησης	73
5.7 Παραδείγματα τεχνολογιών αεριοποιητών (Gasifiers).....	73
5.7.1 Αεριοποιητής Spanner Re ²	73
5.7.2 Αεριοποιητής Volter	74
5.7.3 Αεριοποιητής WegscheidEntrenco.....	75
Κεφάλαιο 6° : Συμπαγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας και Θερμότητας μέσω αεριοποίησης.....	77
Αγροτικών υπολειμμάτων στον Αγροτικό Συνεταιρισμό Ερυθρών.	77
6.1 Εγκατεστημένη ισχύς μονάδων Βιομάζας - Βιοαερίου	77
6.2 Γενικά στοιχεία χωροθέτησης μονάδας – πρώτες ύλες μονάδας	80
6.3 Κατάταξη Έργου ή Δραστηριότητας.....	81
6.4 Λειτουργία του Έργου	82
6.5 Πρώτη ύλη (βιομάζα)	83
6.5.1 Διαχείριση πρώτης ύλης της μονάδας	85
6.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά μονάδας αεριοποίησης βιομάζας	87
6.5 Οικονομικά στοιχεία της μονάδας αεριοποίησης βιομάζας.....	90
6.5.1 Συνολικό κόστος εγκατάστασης.....	92
6.5.3 Έσοδα από την πώληση ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας	93
6.6 Τεχνοοικονομική Αξιολόγηση της Επένδυσης.....	93
6.6.1 Βασικά στοιχεία σεναρίου μονάδας αεριοποίησης βιομάζας ισχύος 200KW – προοπτικές	98
Κεφάλαιο 7° : Συμπεράσματα και Προτάσεις	100
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	102
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	106

Οι Αλλαγές του Ν. 4951/2022 που αφορούν την αδειοδοτική διαδικασία έργων ΑΠΕ.....	106
Στάδια Αδειοδότησης Σταθμών ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ.....	106
Έκδοση Άδειας Εγκατάστασης Σταθμών ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ	107
Ρύθμιση Εξαιρούμενων Σταθμών	108

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1 Τεχνικά διαθέσιμο δυναμικό γεωργικών υπολειμμάτων	16
Εικόνα 1.2 Τεχνικά διαθέσιμο δυναμικό Δασικής βιομάζας	17
Εικόνα 1.3 Ενεργειακές Καλλιέργειες για την παραγωγή βιομάζας - βιοϋλικών.....	19
Εικόνα 2.1 Καύση αγροτικών υπολειμμάτων	24
Εικόνα 2.2 Διαχείριση Βιομάζας Δασών	25
Εικόνα 2.3 Ξυλώδης Βιομάζα	28
Εικόνα 2.4 Αγρωστώδη ή Ποώδη Βιομάζα.....	28
Εικόνα 2.5 Ζωικά Απόβλητα.....	29
Εικόνα 2.6 Δομικά συστατικά φυτικής βιομάζας	30
Εικόνα 4.1 Πελέτες.....	52
Εικόνα 4.2 Θρύμματα Ξύλου.....	53
Εικόνα 4.3 Μπρικέτες.....	53
Εικόνα 5.1 Γεννήτρια Imbert	56
Εικόνα 5.2 Όχημα κινούμενο με ξύλο-αέριο	56
Εικόνα 5.3 Στυλιστική σχεδίαση αυτοκινήτων ξύλο-αερίου	57
Εικόνα 5.4 Σύγχρονο όχημα με καύσιμο ξύλο-αέριο (Woodmobile)	57
Εικόνα 5.9 Μονάδα αεριοποίησης σταθερής κλίνης και κινητήρας εσωτερικής καύσης	69
Εικόνα 5.10 Αεριοποιητής σταθερής κλίνης Οριζοντίου ρεύματος	69
Εικόνα 5.11 Αεριοποιητής ρευστοποιημένης κλίνης φυσαλίδας (bubbling fluidized bed)	70
Εικόνα 5.12 Αεριοποιητής ρευστοποιημένης κλίνης κυκλοφορίας (circulating fluidized bed)	71
Εικόνα 5.13 Αεριοποιητής παρασυρόμενης κλίνης κάτω και άνω ροής	72
Εικόνα 5.14 Αεριοποιητής Spanner Re ²	73
Εικόνα 5.15 Αεριοποιητής Volter	75
Εικόνα 5.15 Αεριοποιητής WegscheidEntrenco.....	76
Εικόνα 6.1 Δημοτική ενότητα Ερυθρών του δήμου Μάνδρας - Ειδυλλίας	77
Εικόνα 6.2: Συνολική παραγωγή ενέργειας από Βιομάζα- Βιοαέριο ανά τεχνολογία	78
Εικόνα 6.3 Εγκαταστάσεις Αγροτικού συνεταιρισμού Ερυθρών στην δημοτική ενότητα Ερυθρών	81
Εικόνα 6.4 Φυτό Μίσχανθος.....	85
Εικόνα 6.5 Αγροτικός εξοπλισμός και υποδομές Αγροτικού Συνεταιρισμού Ερυθρών.....	86
Εικόνα 6.6 Αεριοποιητής σταθερής κλίνης καθοδικού ρεύματος	87
Εικόνα 6.7 Διάγραμμα διεργασίας μονάδας βιομάζας με αεριοποιητή σταθερής κλίνης καθοδικού ρεύματος (downdraft).....	88
Εικόνα 6.9 Ηλεκτρογεννήτρια μονάδας αεριοποίησης βιομάζας.....	89
Εικόνα 6.10 Βασικό τμήμα της μονάδας αεριοποίησης βιομάζας.....	90
Εικόνα 6.11 Πίνακας ΑΠΕ, όπου το επιτόκιο προεξόφλησης καθορίζεται σε 9%.....	91

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Ενεργειακές καλλιέργειες μεγάλης κλίμακας	18
Πίνακας 2.1: Τύποι βιομάζας και κατηγορίες αυτής	32
Πίνακας 2.2: Τύποι βιομάζας και συστατικά μέρη του ξηρού μέρους αυτής (%κ.β.)	33
Πίνακας 2.3: Τύποι βιομάζας & ανάλυση της στοιχειακή σύστασης αυτής απαλλαγμένης της τέφρας (%κ.β.) ...	34
Πίνακας 2.4: Τύποι βιομάζας, φυσική υγρασία αυτών (%κ.β.) και προσεγγιστική ανάλυση (%κ.β. σε ξηρή βάση)	35
Πίνακας 2.5: Τύποι ξηρής βιομάζας και ανώτερη θερμογόνο δύναμη (ΑΘΔ) αυτών	36
Πίνακας 2.6: Πυκνότητα δασικής και αγροτικής βιομάζας	38
Πίνακας 2.7: Ενεργειακό περιεχόμενο, φαινόμενη πυκνότητα και ενεργειακή πυκνότητα καυσίμων και βιοκαυσίμων.....	38
Πίνακας 3.1 τιμολόγηση (feed in tariff) τεχνολογιών ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας	40
Πίνακας 4.1 Μέθοδοι πυρόλυσης	47
Πίνακας 5.1 Αντιδράσεις Αεριοποίησης και σύσταση παραγόμενου αερίου.....	59
Πίνακας 5.2 Σύγκριση αεριοποίησης, καύσης και πυρόλυσης	61
Πίνακας 5.3 Τύποι Αεριοποιητών	65
Πίνακας 5.4 Σύνοψη χαρακτηριστικών τεχνολογιών αεριοποίησης	73
Πίνακας 5.5 Τεχνικές προδιαγραφές μοντέλων αεριοποιητών Spanner Re ²	74
Πίνακας 5.6 Τεχνικές προδιαγραφές αεριοποιητή WegscheidEntrenco.....	76
Πίνακας 6.1 Συνολική εγκατεστημένη ισχύς μονάδων Βιομάζας-Βιοαερίου (5 ^{ος} 2022 - ΔΑΠΕΕΠ)	78
Πίνακας 6.2: Συνολική Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας Βιομάζας-Βιοαερίου και εγκατεστημένη ισχύς ανά περιφέρεια.	80
Πίνακας 6.3: Είδος και μέγεθος έργου	80
Πίνακας 6.4: Πίνακας επιπτώσεων του έργου	83
Πίνακας 6.5 Κύριες Καλλιέργειες του κάμπου των Ερυθρών.....	84
Πίνακας 6.7: Συνολικά τεχνικά χαρακτηριστικά μονάδας αεριοποίησης της βιομάζας	89
Πίνακας 6.8: Αρχικό κόστος εγκατάστασης της μονάδας	92
Πίνακας 6.9: Πίνακας Βασικών Δεδομένων για την Αξιολόγηση της Επένδυσης	94

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

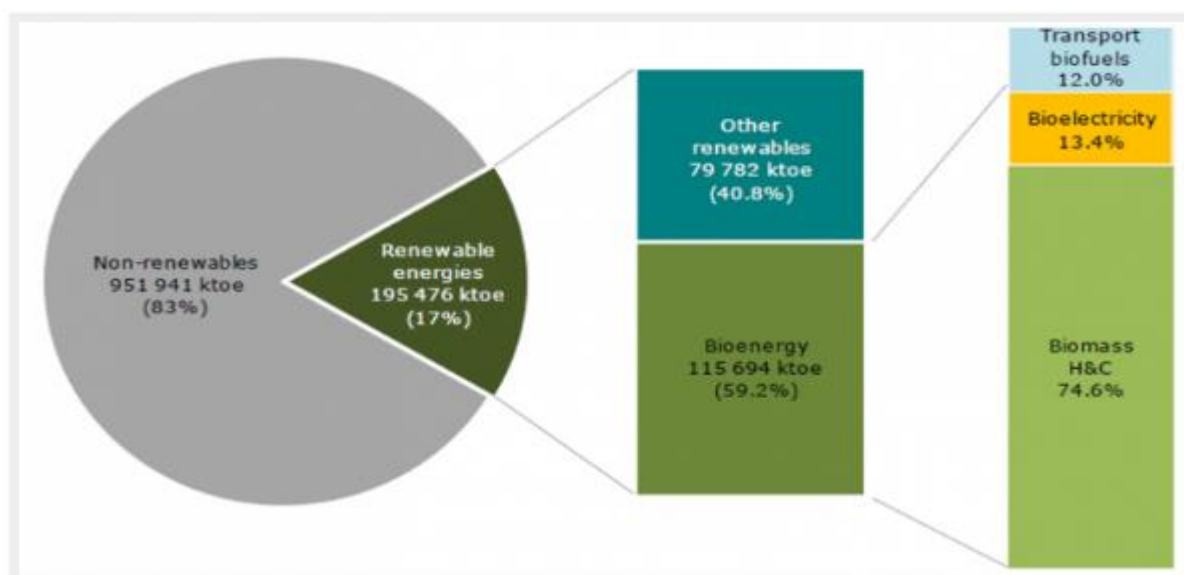
Σχήμα 1.1 Χρήση της βιομάζας για ενεργειακή αξιοποίηση στην Ευρώπη το 2016	12
Σχήμα 1.2 Παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας στην ΕΕ27 (Ktoe) το 2020, ανά τύπο καυσίμου	13
Σχήμα 1.3 Παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας στην ΕΕ27 το 2020 (ktoe, %)	14
Σχήμα 1.4 Εξέλιξη της πρωτογενούς παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην ΕΕ27 (Ktoe)	14
Σχήμα 1.5 Τελική κατανάλωση ενέργειας από ΑΠΕ στην ΕΕ27 το 2020 (%)	15
Σχήμα 1.6 Ποσοστιαία συμμετοχή της βιομάζας στην παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση	15
Σχήμα 1.6 Συμμετοχή της βιομάζας στην κατανάλωση ενέργειας έως το 2050	20
Σχήμα 1.7 Ποσότητες βιομάζας για την κάλυψη της ζήτησης βιοενέργειας έως το 2050 [14].	21
Σχήμα 2.1 Το διοξείδιο του άνθρακα και η λειτουργία του κατά την διάρκεια σχηματισμού και ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.....	23
Σχήμα 2.2 Δέσμευση και εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα κατά την αξιοποίηση δασικής βιομάζας έκτασης δύο στρεμμάτων.	26
Σχήμα 3.1 Αδειοδότηση εφαρμογών ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας.....	41
Σχήμα 3.2 Μονάδες Βιομάζας για τις οποίες δεν απαιτείται έκδοση άδειας παραγωγής.	42
Σχήμα 3.3 Μονάδες Βιομάζας για τις οποίες απαιτείται έκδοση άδειας παραγωγής.....	43
Σχήμα 4.1 Τεχνολογίες και διεργασίες ενεργειακής αξιοποίησης πρώτων υλών βιομάζας.....	45
Σχήμα 4.2 Τεχνολογίες θερμικής αξιοποίησης βιομάζας.....	49
Σχήμα 4.3 Θερμικές διεργασίες αξιοποίησης της βιομάζας	50
Σχήμα 5.1 Ορισμός της αεριοποίησης βιομάζας.....	58
Σχήμα 6.1 Συνολικά ακαθάριστα έσοδα και έξοδα της επιχείρησης.....	94
Σχήμα 6.2 Πορεία των κερδών της επιχείρησης χωρίς και με φορολογία.....	95
Σχήμα 6.4 Ανάγκες Συντήρησης του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού.....	96
Σχήμα 6.5 Χρόνος Απόσβεσης της επένδυσης.	97
Σχήμα 6.6 Ταμειακές ροές.....	97
Σχήμα 6.7 Χρόνος Απόσβεσης της επένδυσης μονάδας των 200KW.....	99

Κεφάλαιο 1^ο : Εισαγωγή

Η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στο ενεργειακό μείγμα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αλλά πολύ συχνά παραβλέπεται. Είδη βιομάζας όπως, η ξυλώδη βιομάζα, τα αγροτοδοσικά και γεωργικά υπολείμματα, τα βιοαπόβλητα και το βιοαέριο συμμετέχουν σε ποσοστό 50-60% στο ενεργειακό μείγμα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας της ΕΕ. Η αξιοποίηση της βιομάζας αποτελεί μόνιμη διαμάχη μεταξύ μη κυβερνητικών οργανώσεων (ΜΚΟ) και βιομηχανιών που προσβλέπουν στην αξιοποίηση της, κάτι που εντείνεται και από τις πρόσφατες προτεινόμενες αλλαγές που προτείνει η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) σχετικά με την οδηγία για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) που αφορούν τη βιομάζα. Παρόλο που οι προτάσεις του ευρωκοινοβουλίου σχετικά με την ενεργειακή αξιοποίηση της ξυλώδους βιομάζας έχουν επιπτώσεις ως προς τον τομέα αυτόν θέτοντας στην ουσία την απαγόρευση χρήσης της, οι στόχοι για το 2050 σχετικά με τη βιοενέργεια θα πρέπει να καλυφθούν από γεωργοκτηνοτροφικά απόβλητα, ενεργειακές φυτικές καλλιέργειες και άλλες νέες πηγές.

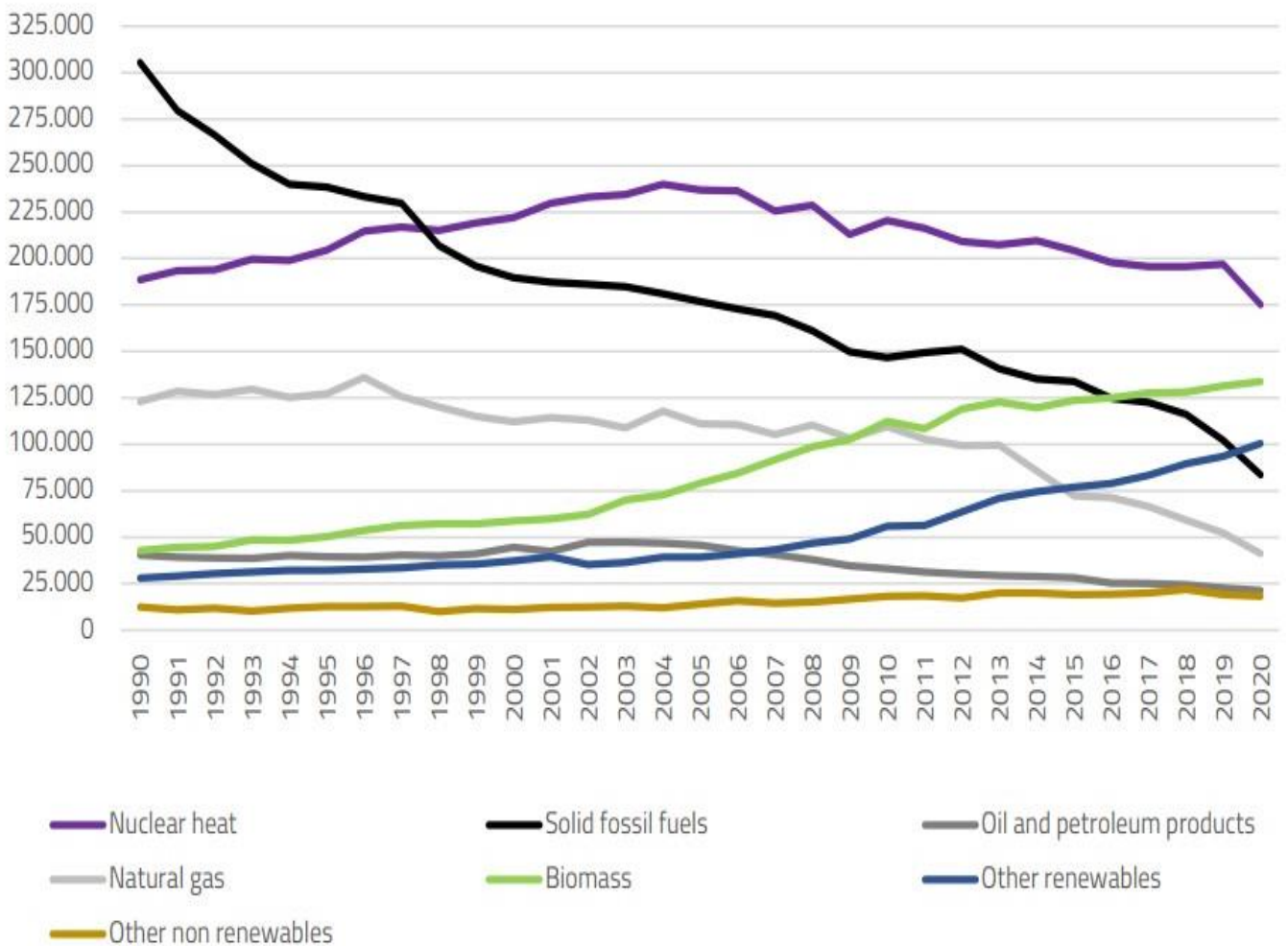
Η βιομάζα αποτελεί το σημαντικότερο μέρος του μείγματος των ΑΠΕ στην Ευρώπη. Αν και στο προσκήνιο βρίσκονται διαρκώς άλλες τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως η ηλιακή και αιολική ενέργεια, ή τεχνολογίες που προέρχονται από αυτές όπως το υδρογόνο αλλά και συστήματα μπαταριών αποθήκευσης, το μεγαλύτερο μέρος του ενεργειακού μείγματος των ΑΠΕ της ΕΕ αποτελείται από τη βιομάζα. Η βιομάζα σε διάφορες μορφές της (στερεά, υγρή, αέρια) καθώς και οι πηγές προέλευσής της (γεωργικά και αγροτικά υπολείμματα, ξύλα, κλπ.), αφορούν όπως ήδη αναφέρθηκε το 50-60% της κατανάλωσης ΑΠΕ στην Ευρώπη. Ο σημαντικότερος τομέας στον οποίο γίνεται χρήση της βιομάζας στις ευρωπαϊκές χώρες είναι ο τομέας άμεσης θέρμανσης (ξυλόσομπες) σε χώρες όπως η Γαλλία, Γερμανία και άλλες χώρες ή τηλεθέρμανσης μέσω κεντρικών εγκαταστάσεων και δικτύων μεταφοράς της ενέργειας, όπως στις σκανδιναβικές χώρες.

Στο σύνολο της βιοενέργειας που παράγεται από βιομάζα (115.694 Ktoe), η θέρμανση σε ποσοστό 75% αποτελεί την μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση αυτής, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1.1.



Σχήμα 1.1 Χρήση της βιομάζας για ενεργειακή αξιοποίηση στην Ευρώπη το 2016

Πηγή : https://commission.europa.eu/index_el

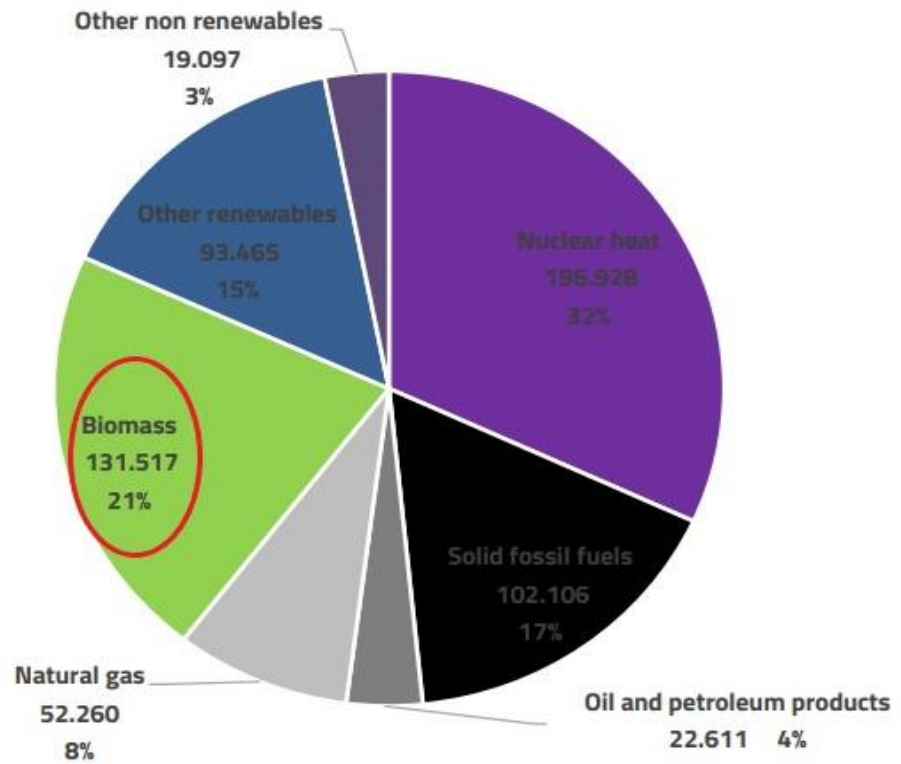


Source: Eurostat

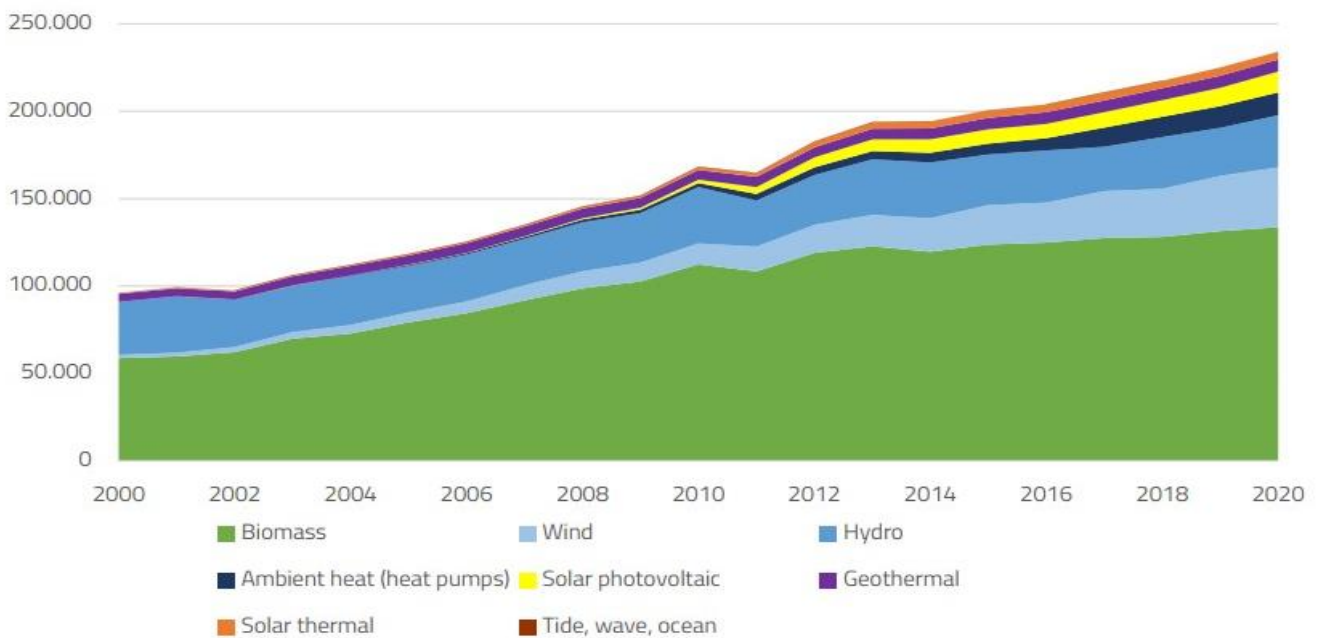
Σχήμα 1.2 Παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας στην ΕΕ27 (Ktoe) το 2020, ανά τύπο καυσίμου [2].

Η επίδραση της επιδημίας COVID-19 ήταν καθοριστική για τη μείωση της κατανάλωσης στην ΕΕ το 2020. Όπως αναφέρει η στατιστική έκθεση για τη βιοενέργεια στην ΕΕ, το 2022 σε σχέση με την περίοδο 2017-2019 η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας μειώθηκε κατά 10% σε επίπεδο ΕΕ, ενώ η τελική κατανάλωση μειώθηκε κατά 8,5%.

Η βιομάζα είναι η σημαντικότερη εγχώρια πηγή ενέργειας στην Ευρώπη, εξαιρουμένης της πυρηνικής ενέργειας. Ενώ αρκετά κράτη μέλη διαθέτουν κοιτάσματα ουρανίου, ουσιαστικά δεν παράγεται ουράνιο στην ΕΕ και έτσι η Ένωση εξαρτάται κυρίως από το Καζακστάν, το μεγαλύτερο παραγωγό στον κόσμο. Δεδομένου ότι η πυρηνική θερμότητα βασίζεται σε εισαγωγές ουρανίου, το καθεστώς της ως εγχώριας πηγής ενέργειας είναι αμφισβητήσιμο. Η πρωτογενής παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ είναι η μόνη κατηγορία που παρουσιάζει αύξηση στην ΕΕ27, με την αύξηση αυτή να οφείλεται τόσο στη βιομάζα όσο και στην αιολική ενέργεια, αν και η βιομάζα εξακολουθεί να είναι η μεγαλύτερη κινητήρια δύναμη. Συνεπώς, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι ζωτικής σημασίας τόσο για να μειωθούν οι ευρωπαϊκές εκπομπές CO₂, όσο και για την ενίσχυση της ενεργειακής της ανεξαρτησίας.

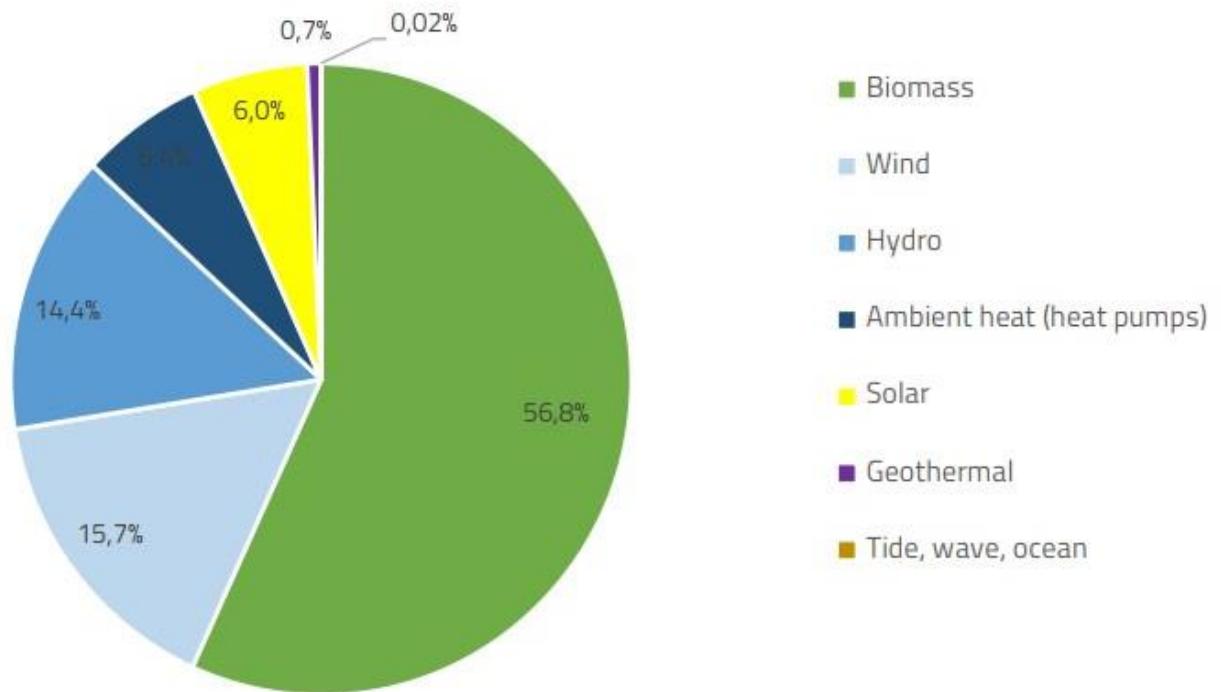


Σχήμα 1.3 Παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας στην ΕΕ27 το 2020 (ktoe, %) [2].



Note: Tide, wave, ocean is still marginal (45 ktoe in 2017) and therefore not visible in the Figure.

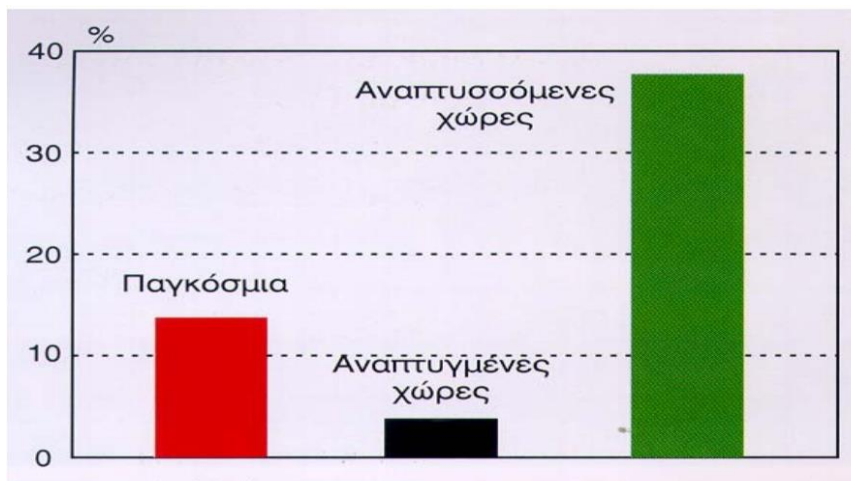
Σχήμα 1.4 Εξέλιξη της πρωτογενούς παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην ΕΕ27 (Ktoe) [2].



Σχήμα 1.5 Τελική κατανάλωση ενέργειας από ΑΠΕ στην ΕΕ27 το 2020 (%) [2].

1.1 Εθνικό και Παγκόσμιο Δυναμικό βιομάζας

Σε περίπου 175 δισεκ. τόνους ετησίως ανέρχεται η παραγωγή βιομάζας στον πλανήτη και αφορά κυρίως τη βιομάζα ξηρού υλικού, της οποίας το ενεργειακό περιεχόμενο είναι 10 φορές περισσότερο της ενέργειας που καταναλώνει όλος ο πλανήτης ετησίως. Πρόκειται για ένα τεράστιο ενεργειακό δυναμικό το οποίο στο μεγαλύτερο ποσοστό του παραμένει ανεκμετάλλευτο, καθώς μόνο το 1/8 περίπου της παγκόσμιας ενεργειακής κατανάλωσης αντιστοιχεί στη βιομάζα και έχει να κάνει κυρίως με τις παραδοσιακούς τρόπους αξιοποίησης της, όπως καυσόξυλα κλπ.

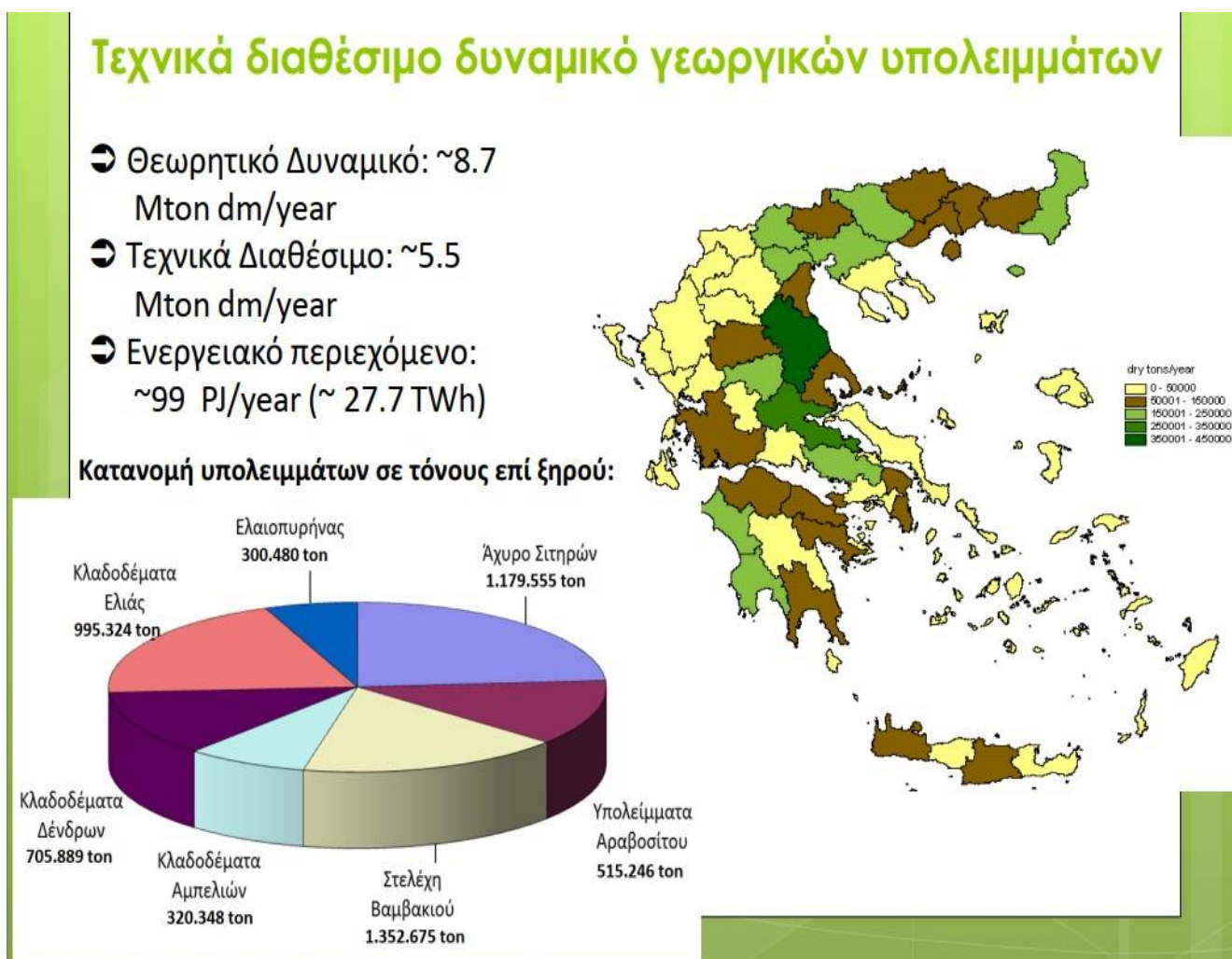


Σχήμα 1.6 Ποσοστιαία συμμετοχή της βιομάζας στην παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση [1].

Στην Ελλάδα το διαθέσιμο δυναμικό βιομάζας το οποίο απαρτίζεται από αγροτοδοσικά και γεωργικά υπολείμματα έχει ενεργειακό περιεχόμενο ίσο με περίπου 3-4 εκατομμύρια τόνους πετρελαίου. Όσον αφορά τις ενεργειακές καλλιέργειες, το δυναμικό τους μπορεί κάλλιστα να ξεπεράσει το δυναμικό των αγροτοδοσικών και γεωργικών υπολειμμάτων. Το δυναμικό αυτό ισούται ενεργειακά ίσο με το 30-40% της απαιτούμενης ποσότητας πετρελαίου που η χώρα μας καταναλώνει ετησίως. Πιο πρακτικά ισχύει η εξής αναλογία : 0,4 τόνοι πετρελαίου ισοδυναμούν με 1 τόνο βιομάζας. Στην πραγματικότητα και με τα σημερινά διαθέσιμα δεδομένα η βιομάζα καλύπτει μόνο το 3% των απαιτούμενων ενεργειακών αναγκών.

Η χρήση της βιομάζας στη χώρα μας έχει να κάνει με την παραδοσιακή παραγωγή θερμότητας σε οικίες (μαγείρεμα και θέρμανση), στα θερμοκήπια (θέρμανση), στα ελαιουργεία, σε μονάδες βιομηχανίας (ξυλείας, ασβεστοκάμινοι, εκκοκκιστήρια βαμβακιού κ.ά), αλλά σε περιορισμένη κλίμακα, για τα τελευταία. Η πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται με την χρήση εξελιγμένων τεχνολογιών για την παραγωγή ενέργειας σε βιομηχανικές μονάδες είναι κυρίως υπολειμματικά προϊόντα της διαδικασίας παραγωγής προϊόντων ξύλου, αποβλήτων ελαιουργείων (ελαιοπυρηνόξυλα), κελύφη αμυγδάλων, κουκούτσια ροδάκινων, δασική βιομάζα, καθώς και υπολειμματική βιομάζα από την γεωργία κ.ά.

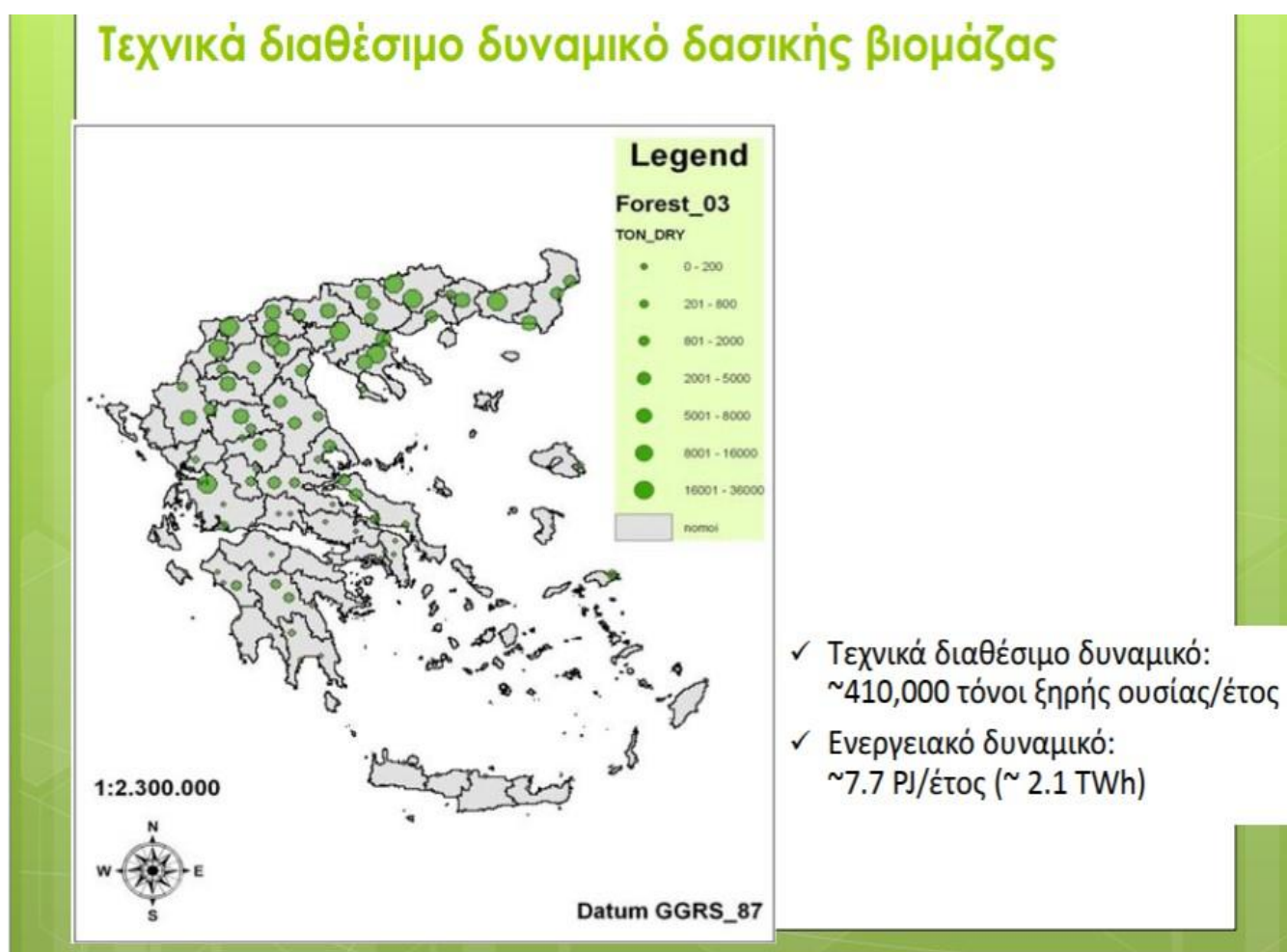
Στη χώρα μας υπάρχει πολύ σημαντικό δυναμικό βιομάζας το οποίο στο μεγαλύτερο μέρος του είναι τεχνικά διαθέσιμο και η παραγωγή ενέργειας η οποία είναι εφικτό να παραχθεί από αυτό, κρίνεται ανταγωνιστικότερη αυτής που παράγεται από τις γνωστές συμβατικές πηγές ενέργειας (βλέπε ακόλουθο σχήμα).



Εικόνα 1.1 Τεχνικά διαθέσιμο δυναμικό γεωργικών υπολειμμάτων [1], [3].

Το σύνολο της διαθέσιμης βιομάζας στη χώρα μας, σύμφωνα με πρόσφατη απογραφή (2016) είναι περίπου 8.000.000 περίπου τόνους και αφορά υπολείμματα γεωργικών καλλιεργειών από φυτά όπως σιτάρι, βαμβάκι, καπνός, αραβόσιτος, ηλιάνθος, καθώς επίσης και από άλλα υπολείμματα όπως κλαδοδέματα, κληματίδες, πυρηνόξυλα κ.ά. Επίσης όσο αφορά στη δασική βιομάζα περίπου 2.700.000 τόνοι από δασικά υπολείμματα είναι διαθέσιμοι και αφορούν υπολείμματα που προέρχονται από την υλοτομία (κλαδιά, φλοιοί δέντρων κ.ά.).

Παρόλο που είναι εμφανείς οι πολύ μεγάλες ποσότητες διαθέσιμης βιομάζας που προέρχονται από γεωργικά και δασικά υπολείμματα η μεγαλύτερη δυσκολία τους έχει να κάνει με την εφοδιαστική αλυσίδα και την προμήθεια τους στον τελικό αποδέκτη. Οι ενεργειακές καλλιέργειες παραγωγής βιομάζας από φυτά μεγάλων στρεμματικών αποδόσεων όπως ο μίσχανθος κ.ά. έρχονται να συμβάλλουν στην δημιουργία ενός μεγάλου, εύχρηστου και εύκολα διαχειρίσιμου όγκου βιομάζας, καθιστώντας τις οικονομικά συμφέρουσες, καθότι η παραγωγική τους ικανότητα ανά στρέμμα και ο τρόπος συλλογή τους, υπερτερεί κατά πολύ της διάσπαρτης βιομάζας.



Εικόνα 1.2 Τεχνικά διαθέσιμο δυναμικό Δασικής βιομάζας [1]

Οι ενεργειακές καλλιέργειες παραγωγή βιομάζας χωροθετούνται συνήθως σε άγονα και οριακά εδάφη έτσι ώστε να μην αντιμάχονται την παραγωγική γεωργική γη. Εντούτοις όμως οι ανεπτυγμένες χώρες έχοντας δώσει μεγάλη σημασία στις καλλιέργειες αυτές εκτός του περιβαλλοντικού και ενεργειακού προβλήματος προσπαθούν να περιορίσουν και ένα άλλο πρόβλημα αυτό των γεωργικών πλεονασμάτων. Τα γεωργικά πλεονάσματα έχουν να κάνουν με την πολιτική επιδοτήσεων γεωργικής γης για την

παραγωγή προϊόντων τα οποία όμως δεν μπορούν να διατεθούν στην αγορά και κατά συνέπεια απορρίπτονται σε χωματερές κλπ. Μια λύση που εξετάζεται είναι η διάθεση αυτής της γεωργικής γης για την καλλιέργεια ενεργειακών φυτών και την παραγωγή βιοενέργειας, αυξάνοντας έτσι τους ευρωπαϊκούς ενεργειακούς πόρους περιορίζοντας ταυτόχρονα την μείωση της γεωργικής γης και της αγροτικής παραγωγής. Σύμφωνα με την ΕΕ στην προσεχή δεκαετία οι ενεργειακές καλλιέργειες θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν σε περίπου 100-150 εκατ. στρέμματα γεωργικής γης η οποία βαρύνεται από το πρόβλημα των γεωργικών πλεονασμάτων.

Στην Ελλάδα πάνω από 10 εκατ. στρέμματα παραγωγικής καλλιεργήσιμης γης βρίσκονται σε “αγρανάπαυση” έχοντας περιθωριοποιηθεί, ή τείνουν να εγκαταλειφθούν [1]. Μια λύση θα ήταν να χρησιμοποιηθεί η εν λόγω γη για την καλλιέργεια ενεργειακών φυτών, αναλόγως και τις εδαφολογικές και καιρικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Το αναμενόμενο όφελος σε ενέργεια θα μπορούσε να είναι της τάξης των 5-6 εκατομμυρίων τόνων ισοδύναμου πετρελαίου (ΜΤΙΠ), όπου 1 ΜΤΙΠ ισούται με 10⁶ ΤΙΠ τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου και το οποίο αντιστοιχεί στο 55% της απαιτούμενης ετήσιας κατανάλωσης πετρελαίου στην χώρα.

Οι ενεργειακές καλλιέργειες στην Ελλάδα έχουν ήδη παρουσία και χρησιμοποιούνται κυρίως για την παραγωγή βιοντήζελ (ελαιοκράμβη, ηλίανθος κ.ά). Επίσης σε πιλοτικές εφαρμογές προέκυψαν αρκετά ενθαρρυντικά αποτελέσματα όπως για παράδειγμα :

- Ένα ποτιστικό στρέμμα γεωργικής γης μπορεί να παράγει 3-4 τόνους ξηρής βιομάζας, το οποίο ισοδυναμεί με 1-1,5 ΤΙΠ.
- ένα ξερικό στρέμμα γεωργικής γης μπορεί να παράγει 2-3 τόνους ξηρής βιομάζας, το οποίο ισοδυναμεί με 0,7-1,2 ΤΙΠ. [1]

1.2 Ενεργειακές καλλιέργειες παγκοσμίως

Οι ενεργειακές καλλιέργειες, στις οποίες περιλαμβάνονται τόσο ορισμένα καλλιεργούμενα είδη όσο και άγρια φυτά, έχουν σαν σκοπό την παραγωγή βιομάζας, η οποία μπορεί, στη συνέχεια, να χρησιμοποιηθεί για διάφορους ενεργειακούς σκοπούς. Οι σημαντικότερες παγκοσμίως χρήσεις της βιομάζας που προέρχεται από τέτοιου είδους καλλιέργειες, σε αναπτυγμένες χώρες, παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Χώρα	Καλλιέργεια	Τελικό προϊόν	Χρήσεις	Τόνοι στρέμματα/έτος
Βραζιλία	ζαχαροκάλαμο	αλκοόλη	καύσιμο μεταφοράς	9 εκατομμύρια τόνοι/έτος
ΗΠΑ	καλαμπόκι	αλκοόλη	καύσιμο μεταφοράς	4 εκατομμύρια τόνοι/έτος
Γαλλία	ζαχαρότευτλα, σιτάρι, κ.λ.π.	αλκοόλη	καύσιμο μεταφοράς	75.000 τόνοι/έτος
Άλλες χώρες της Ε.Ε	ελαιοκράμβη & ηλίανθος	βιοντήζελ	καύσιμο μεταφοράς	500.000 τόνοι/έτος
Σουηδία	ιτιά	ψιλοτεμαχισμένο ξύλο	καύση	1.700.000 στρέμματα/έτος

Πίνακας 1. Ενεργειακές καλλιέργειες μεγάλης κλίμακας [1].

Ειδικότερα στην Ελλάδα, εξαιτίας των ευνοϊκών κλιματικών συνθηκών, πολλές καλλιέργειες προσφέρονται για ενεργειακή αξιοποίηση και δίνουν υψηλές στρεμματικές αποδόσεις. Οι πιο σημαντικές από αυτές είναι του καλαμιού, της αγριαγκινάρας, του σόργου του σακχαρούχου, του

μίσχανθου, του ευκάλυπτου και της ψευδοακακίας, για τις οποίες, τα τελευταία χρόνια, γίνεται εντατική μελέτη εφαρμογής στις ελληνικές συνθήκες.



Εικόνα 1.3 Ενεργειακές Καλλιέργειες για την παραγωγή βιομάζας - βιοϋλικών [1].

Ενδεικτικά παρουσιάζονται ορισμένα στοιχεία για τα παρακάτω είδη ενεργειακών καλλιεργειών:

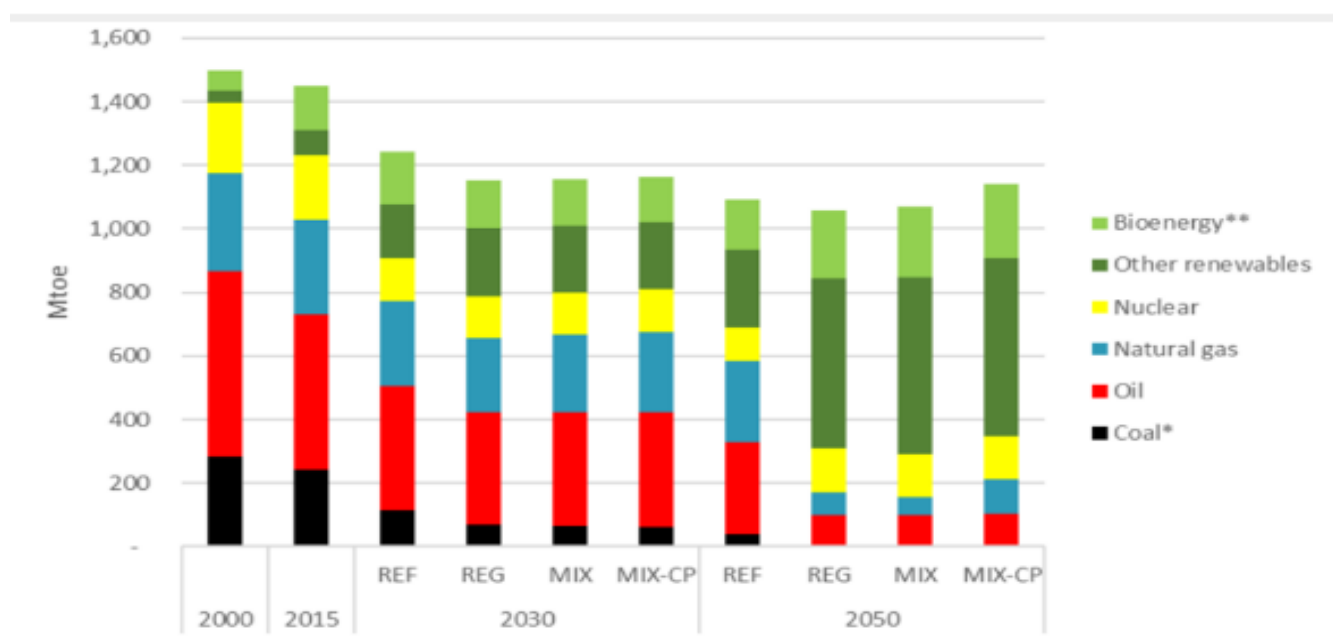
- Το καλάμι (εικόνα 1.3) είναι φυτό ιθαγενές της Νότιας Ευρώπης. Δίνει υψηλές αποδόσεις, πάνω από 3 τόνους το στρέμμα. Είναι φυτό πολυετές, δηλαδή σπέρνεται άπαξ και κάθε χρόνο γίνεται συγκομιδή του, και, μετά την πρώτη εγκατάσταση, οι μόνες δαπάνες αφορούν τα έξοδα συγκομιδής του. Έχει συνεπώς, χαμηλό ετήσιο κόστος καλλιέργειας. Η παραγόμενη από το καλάμι βιομάζα μπορεί να αξιοποιηθεί σε μονάδες εσωτερικής καύσης, για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικού ρεύματος
- Η αγριαγκινάρα είναι ένα άλλο σημαντικό φυτό (εικόνα 1.3), κατάλληλο για ενεργειακή αξιοποίηση, το οποίο προσαρμόζεται θαυμάσια στις ελληνικές συνθήκες. Είναι φυτό πολυετές, με υψηλές αποδόσεις της τάξεως των 2,5-3 τόνων/στρέμμα. Το κυριότερο, όμως, πλεονέκτημά του είναι ότι η ανάπτυξή του λαμβάνει χώρα από τον Οκτώβριο έως τον Ιούνιο και, συνεπώς, αναπτύσσεται με το νερό των βροχοπτώσεων (δηλαδή δεν απαιτεί άρδευση). Η παραγόμενη από την αγριαγκινάρα βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές παρόμοιες με αυτές του καλαμιού.

Επίσης, στη Βόρεια Ευρώπη, όπου είναι πολύ διαδεδομένες οι ενεργειακές καλλιέργειες, καλλιεργούνται σήμερα διάφορα πολυετή φυτά για ενεργειακούς σκοπούς. Στη Σουηδία π.χ. καλλιεργούνται 200.000 στρέμματα με ιτιά, της οποίας η κοπή γίνεται κάθε τέσσερα χρόνια. Η παραγόμενη ποσότητα βιομάζας,

αφού προηγουμένως ψιλό-τεμαχιστεί, οδηγείται σε μονάδες συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού.

1.2.1 Ποιος είναι ο ρόλος της Βιομάζας σε μελλοντικά ενεργειακά σενάρια για την ΕΕ;

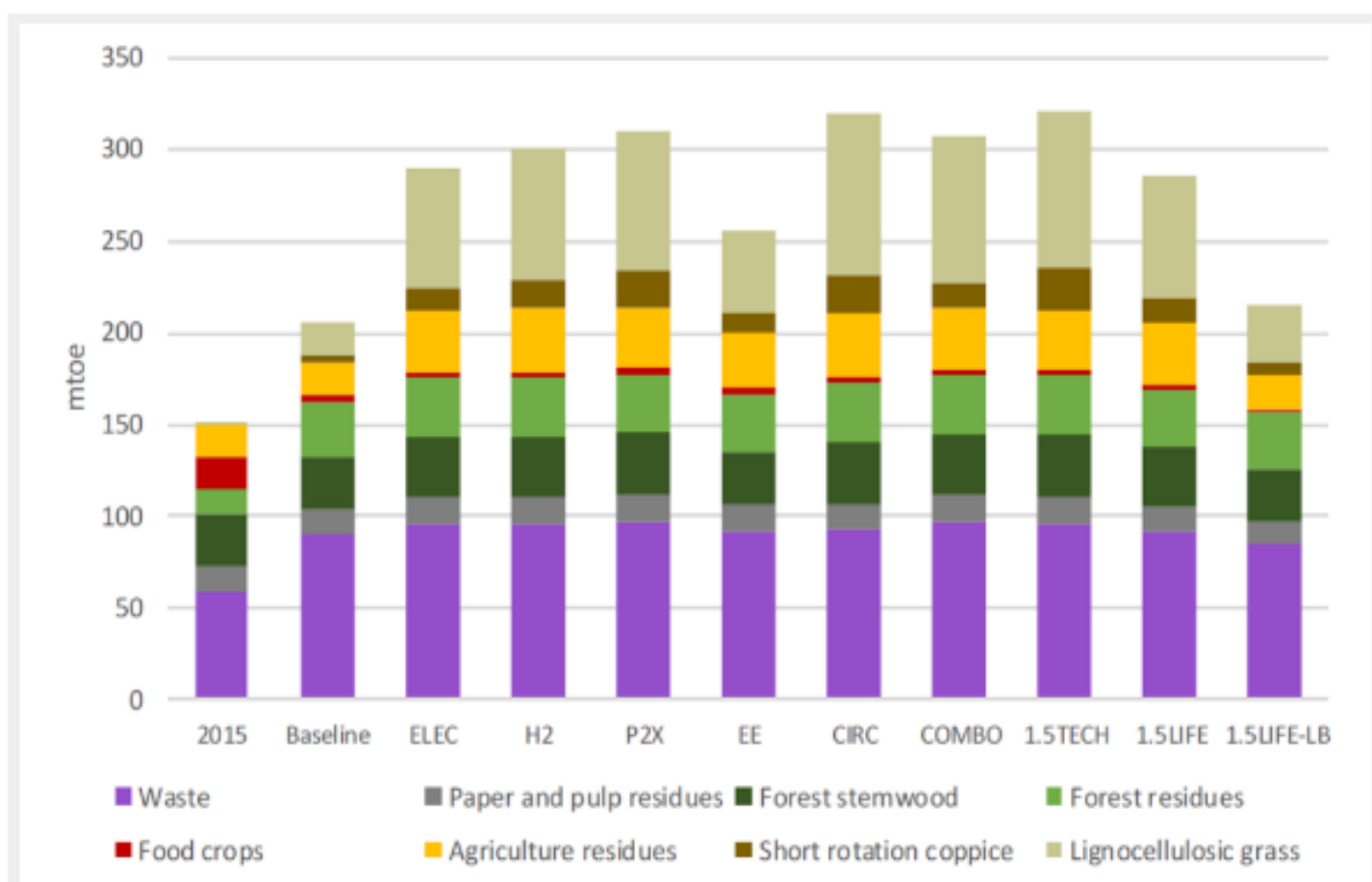
Τα σενάρια που δημοσιεύονται από την Επιτροπή της ΕΕ ως υλικό για το πακέτο Fit for 55 (αποτελεί πακέτο μέτρων της ΕΕ που έχει σχεδιαστεί για τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου της ΕΕ κατά 55% έως το 2030), καθιστούν σαφές ότι η χρήση βιομάζας είναι πιθανό να αυξήσει το μερίδιό της στην κατανάλωση ενέργειας και πιθανώς και σε πραγματικούς αριθμούς: από περίπου 150 Mt σε λίγο περισσότερο από 200 Mt κατά μέσο όρο σχήμα 1.6.



Σχήμα 1.6 Συμμετοχή της βιομάζας στην κατανάλωση ενέργειας έως το 2050 [14].

Η πραγματική αύξηση εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ανάπτυξη της εξοικονόμησης ενέργειας, των μέτρων απόδοσης, της ηλεκτροδότησης και της επέκτασης άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα αντίστοιχα σενάρια. Ωστόσο, σε όλα τα μοντελοποιημένα σενάρια, η Επιτροπή της ΕΕ προβλέπει ότι η χρήση της βιοενέργειας πρέπει να αυξηθεί κατά μέσο όρο κατά 69% – ιδίως για να υποστηριχθεί η απαλλαγή από τις ανθρακούχες εκπομπές της βαριάς βιομηχανίας, οι μεταφορές μεγάλων αποστάσεων και η παραγωγή αρνητικών εκπομπών. Τα σενάρια της ΕΕ βλέπουν το κύριο δυναμικό ανάπτυξης σε νέες πηγές βιομάζας, όπως λιγνοκυτταρινικά χόρτα, υπολείμματα και απόβλητα. Η ποσότητα βιοενέργειας από δασικό βλαστόξύλο ή δασικά υπολείμματα (που θα οριστούν ως πρωτογενής ξυλώδης βιομάζα και επίσης εν μέρει ως ποιοτική στρογγυλή ξυλεία) δεν αυξάνεται ουσιαστικά – αλλά εξακολουθεί να απαιτείται [12].

Το σχήμα 1.7 δείχνει ολόκληρη την πρώτη ύλη που είναι απαραίτητη για την κάλυψη της ζήτησης βιοενέργειας της ΕΕ το 2050.



Σχήμα 1.7 Ποσότητες βιομάζας για την κάλυψη της ζήτησης βιοενέργειας έως το 2050 [14].

Η χρήση της βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς θα εξακολουθήσει να είναι απαραίτητη, ίσως περισσότερο σε περιόδους ενεργειακών κρίσεων και οικονομικής προσιτότητας. Για να μπορέσει πραγματικά η βιομάζα να διαδραματίσει το ρόλο της σε μια βιώσιμη και ουδέτερη Ευρώπη για τα αέρια θερμοκηπίου πρέπει να γίνουν περισσότερα σε εθνικό και τοπικό επίπεδο για την αντιμετώπιση θεμάτων βιώσιμης δασοκομίας μέσω κανόνων πιστοποίησης και εποπτείας.

Κεφάλαιο 2° : Βιομάζα

2.1 Εισαγωγή

Η βιομάζα αποτελεί ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή η οποία προέρχεται από τα φυτικό και ζωικό βασίλειο. Η βιομάζα είναι η πρώτη ενέργεια που αξιοποιήθηκε από την ανθρωπότητα και παρέμεινε η μεγαλύτερη πηγή ενεργειακής κατανάλωσης μέχρι τον 19^ο αιώνα, ενώ εξακολουθεί να αποτελεί σημαντικό καύσιμο σε πολλές χώρες, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες για θέρμανση και μαγείρεμα. Επίσης η χρήση βιοκαυσίμων για μεταφορά και ηλεκτροπαραγωγή αυξάνεται σε πολλές ανεπτυγμένες χώρες, ως μέσο αποφυγής εκπομπών κυρίως του διοξειδίου του άνθρακα το οποίο προέρχεται από τα ορυκτά καύσιμα. Γενικά, με τον όρο βιομάζα ορίζουμε «το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα προϊόντων, αποβλήτων και κατάλοιπων βιολογικής προέλευσης από τη γεωργία (συμπεριλαμβανομένων των φυτικών και των ζωικών ουσιών), τη δασοκομία και τους συναφείς κλάδους, την αλιεία και τις υδατοκαλλιέργειες, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών αποβλήτων και των οικιακών απορριμμάτων». Η βιομάζα περιλαμβάνει:

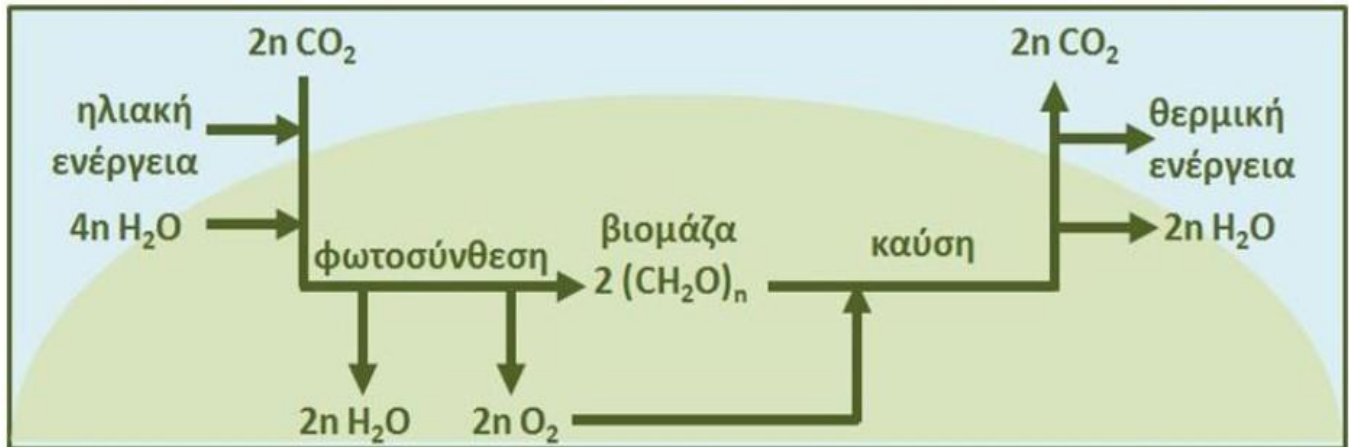
- Φυτά τα οποία έχουν αναπτυχθεί στην άγρια φύση και στο φυσικό τους οικοσύστημα όπως π.χ τα δάση επίσης περιλαμβάνει ενεργειακές καλλιέργειες των οποίων ο σκοπός τους είναι η παραγωγή βιομάζας (μίσχανθος, καλάμι, κ.ά.) για ενεργειακή αξιοποίηση.
- Υπολειμματική βιομάζα ή αλλιώς κατάλοιπα προερχόμενα από τη δασική, ζωική, φυτική και αλιευτική παραγωγή όπως για παράδειγμα κλαδοδέματα, κληματίδες, άχυρα, κτηνοτροφικά απόβλητα κ.ά.
- Υπολείμματα τα οποία προέρχονται κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας ή μεταποίησης υλικών όπως αναφέρθηκαν π.χ. το πριονίδι, υπολείμματα εκκοκκισμού, υπολείμματα ελαιουργείων κ.ά.
- Βιοαπόβλητα που προέρχονται από τα απορρίμματα καθώς και ιλύς των αστικών λυμάτων..

Η βιομάζα πιο συγκεκριμένα μπορεί να περιγραφεί ως το αποτέλεσμα της φωτοσύνθεσης των φυτών που διενεργείται στη φύση και αποτελεί την ηλιακή ενέργεια η οποία δεσμεύτηκε είτε στους φυτικούς οργανισμούς, είτε στα ζώα. Η χλωροφύλλη των φυτών έχοντας ως πρώτη ύλη το διοξείδιο του άνθρακα που βρίσκεται στην ατμόσφαιρα συνδυαστικά με τα ανόργανα συστατικά του εδάφους και το νερό ακολουθεί μια σειρά από διεργασίες έτσι ώστε να μετασχηματιστεί η ηλιακή ενέργεια.

Τα φυτά απορροφούν την ηλιακή ενέργεια η οποία στην συνέχεια αποθηκεύεται μέσω των χημικών δεσμών της οργανικής ύλης. Οι μεταβολικές διεργασίες που γίνονται δεν εμποδίζουν την οργανική ύλη να συνεχίσει να εγκλωβίζει τμήμα της αρχικής ηλιακής ενέργειας μέσω των χημικών δεσμών της, καθώς επίσης και μέρος του αρχικού άνθρακα. Ο συνολικός άνθρακας των φυτών προέρχεται από το διοξείδιο του άνθρακα, ο οποίος κατά την διεργασία της φωτοσύνθεσης δεσμεύεται από την ατμόσφαιρα. Τα ζώα μέσω της τροφής τους λαμβάνουν τον άνθρακα των φυτών, με αποτέλεσμα τόσο τα απόβλητα τους όσο και τα ίδια να δεσμεύουν επίσης τον προερχόμενο από την ατμόσφαιρα διοξείδιο του άνθρακα.

Η αρχική βιομάζα μεταβολίζεται στο πεπτικό σύστημα των ζωικών οργανισμών και έτσι ένα σημαντικό μέρος της αποθηκευμένης ηλιακής ενέργειας καταναλώνεται μέσω βιοχημικών αντιδράσεων για ίδιο όφελος του ίδιου του ζωικού οργανισμού (θέρμανση και κίνηση). Έτσι ο άνθρακας επιστρέφει πάλι πίσω στην ατμόσφαιρα με την μορφή του διοξειδίου του άνθρακα λόγω των βιοχημικών αντιδράσεων ή της αναερόβιας χώνευσης, ή είτε επίσης με την μορφή μεθανίου πάλι λόγω της αναερόβιας χώνευσης που συντελούνται εντός του ζωικού οργανισμού.

Με το τέλος των μεταβολικών διεργασιών καθόλη την τροφική αλυσίδα και την αποδόμηση των αποβλήτων, ο αρχικός άνθρακας στο μεγαλύτερο μέρος του έχει επιστρέψει στην ατμόσφαιρα, ενώ η αρχικά αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια επιστέφει και πάλι στο περιβάλλον.



Σχήμα 2.1 Το διοξείδιο του άνθρακα και η λειτουργία του κατά την διάρκεια σχηματισμού και ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.

Οι χημικοί δεσμοί της βιομάζας ζωικής ή φυτικής προέλευσης όταν διασπώνται με ελεγχόμενες αντιδράσεις χώνευσης μπορούν να οδηγήσουν στην απελευθέρωση της ηλιακής ενέργειας η οποία αποθηκεύτηκε αρχικά με την μορφή θερμικής ενέργειας, ενώ ταυτόχρονα το διοξείδιο του άνθρακα που αποβάλλεται στην ατμόσφαιρα κατά τις αναφερόμενες διεργασίες είναι ίσο ποσοτικά με αυτό που είχε δεσμευτεί αρχικά στο φυτό. Έτσι καθίσταται ξεκάθαρο ότι αξιοποιώντας ενεργειακά τη βιομάζα, αυτή δεν βοηθά στην αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα που βρίσκεται στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα να έχουμε τη συνεχόμενη ανανέωση της ενέργειας η οποία προέρχεται από τη βιομάζα, λόγω της βιοχημικής δέσμευσης εκ νέου ποσοτήτων ηλιακής ενέργειας αλλά και διοξειδίου του άνθρακα το οποίο βρίσκεται στην ατμόσφαιρα. Συμπερασματικά και σύμφωνα με το παραπάνω η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας [3].

Η βιομάζα εφόσον μετασχηματίζεται όπως αναφέρθηκε, μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ανανεώσιμης ενέργειας, η οποία είναι ανεξάντλητη, η πιο φιλική για το περιβάλλον, συμβάλλει σημαντικά στους ενεργειακούς πόρους και ενεργειακή επάρκεια, αντικαθιστώντας ταυτόχρονα τα ορυκτά καύσιμα (φυσικό αέριο, πετρέλαιο, κ.ά.) των οποίων τα αποθέματα βαίνουν μειούμενα συνεχώς [1].

2.2 Οφέλη Βιομάζας

Τα οφέλη της βιομάζας προκειμένου να βελτιωθούν πολλοί και διαφορετικού τομείς της κοινωνίας και της οικονομίας της χώρας είναι πολύ σημαντικά. Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας μπορεί να αποτελέσει το εργαλείο αυτό, το οποίο θα συμβάλει καθοριστικά στη βελτίωση του κοινωνικού και οικονομικού επιπέδου της χώρας.

2.2.1 Περιβαλλοντικά οφέλη της βιομάζας:

- **Η ανανεώσιμη ενέργεια είναι κλιματικά ουδέτερη.** Η βιομάζα δεν επιβαρύνει το περιβάλλον, μέσω της ενεργειακής της αξιοποίησης, διότι το διοξείδιο του άνθρακα που επιστρέφει στην ατμόσφαιρα κατά την καύση της είναι το ίδιο που είχε δεσμευτεί σε αυτήν για την ανάπτυξή της. Με τη χρήση της βιομάζας ως πηγή ενέργειας αποτρέπεται το φαινόμενο του θερμοκηπίου, του οποίου η εκπομπή του CO₂ που εκλύεται στην ατμόσφαιρα από την χρήση των ορυκτών καυσίμων αποτελεί εκ των σημαντικών ρύπων. Ο ρύπος του CO₂, που δημιουργείται από την διαδικασία καύσης της βιομάζας είναι ο ίδιος που δεσμεύτηκε σε αυτήν μέσω της φωτοσύνθεσης προκειμένου να την δημιουργήσει, συνεπώς έχουμε ένα ουδέτερο αποτέλεσμα και καμιά συνεισφορά στην συνεχόμενη αύξηση εκπομπής του ρύπου αυτού παγκοσμίως. Στο σχήμα 2.2 φαίνεται ο τρόπος και οι ποσότητες δέσμευσης και εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα κατά τη διάρκεια αξιοποίησης δασικής βιομάζας έκτασης μεγέθους 2 στρεμμάτων.



Εικόνα 2.1 Καύση αγροτικών υπολειμμάτων [10]

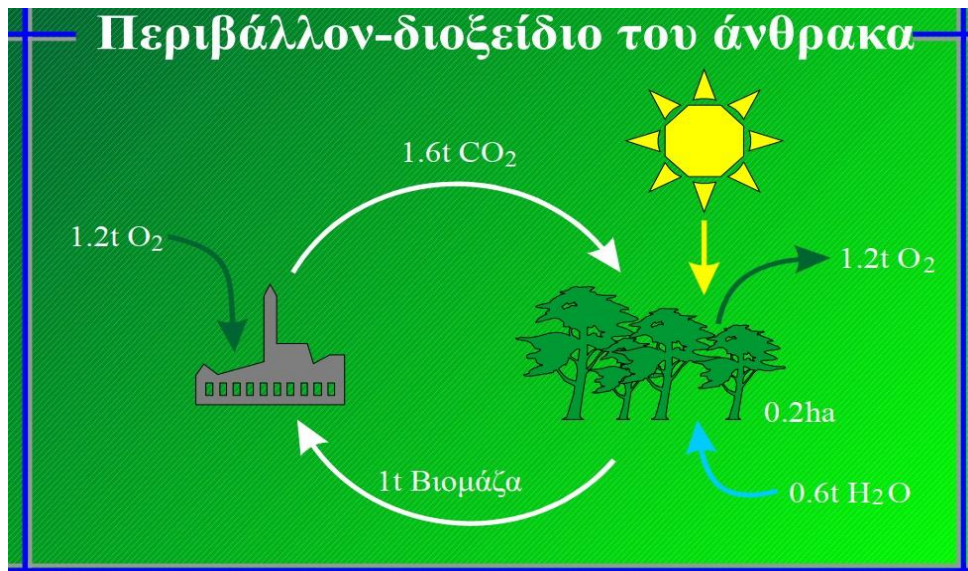
- **Μηδαμινή επιβάρυνση της ατμόσφαιρας από τον ρύπο του διοξειδίου του θείου (SO₂),** ο οποίος εκλύεται στην ατμόσφαιρα από την χρήση των ορυκτών καυσίμων και η συμμετοχή του στο φαινόμενο της όξινης βροχής είναι πολύ μεγάλη. Ενώ η συμμετοχή του θείου στη βιομάζα είναι ανεπαρκής.
- **Ορθολογική διαχείριση των δασών.** Η συγκέντρωση, επεξεργασία και αξιοποίηση της δασικής βιομάζας μέσω ορθολογικών και πιστοποιημένων διαδικασιών είναι πολύ σημαντική για τη ζωή του δάσους. Η υπολειμματική δασική βιομάζα που συγκεντρώνεται από το δάσος συμβάλει στην αποφυγή πυρκαγιών αλλά και στην ανάπτυξη νέων φυτών.

- **Κοινωνικά – Περιβαλλοντικά προβλήματα** που σχετίζονται με την ανεπαρκή διαχείριση δασών και περιαστικών αλσών.
 - Κίνδυνος εκδήλωσης πυρκαγιών μεγάλης κλίμακας.
 - Έκλυση μεθανίου (αερίου του θερμοκηπίου) λόγω σήψης στην ατμόσφαιρα.
 - Απώλεια ευκαιριών υγιούς μετατροπής του δάσους σε ένα σύγχρονο βιο-διυλιστήριο για την κάλυψη των αναγκών όλων των βαθμίδων της κυκλικής βιο-οικονομίας (πριστή ξυλεία κατασκευών, χαρτοπολτός, βιοενέργεια).
 - Γήρανση υλοτομικών πληθυσμών και εγκατάλειψη υπαίθρου.



Εικόνα 2.2 Διαχείριση Βιομάζας Δασών [3].

- **Κίνητρα αξιοποίησης στερεών υπολειμμάτων** οι μέθοδοι αξιοποίησης της βιομάζας αποτρέπουν την απόθεση στερεών υπολειμμάτων στο περιβάλλον όπως κλαδέματα, υγρά απόβλητα από τυροκομεία, σφαγεία, ελαιολαβεία κλπ. Με αποτέλεσμα να υπάρχουν θετικές συνέπειες για τα φυσικά οικοσυστήματα, υδροφόρο ορίζοντα και γενικά τον άνθρωπο τόσο σε επίπεδο υγείας όσο και σε οικονομικό.



Σχήμα 2.2 Δέσμευση και εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα κατά την αξιοποίηση δασικής βιομάζας έκτασης δύο στρεμμάτων.

2.2.2 Οικονομικά Οφέλη της βιομάζας:

- **Συμβολή στην ενεργειακή ανεξαρτησία** της χώρας και περιορισμός των εισαγωγών ορυκτών καυσίμων, βελτιώνοντας το εμπορικό ισοζύγιο.
- **Νέες θέσεις εργασίας** μέσω της περιφερειακής ανάπτυξης της υπαίθρου υλοποιώντας άμεσες επενδύσεις σε περιοχές με μεγάλη ανεργία, συγκρατώντας ταυτόχρονα τον αγροτικό πληθυσμό στον τόπο του, ειδικά στις παραμεθόριες περιοχές δίνοντας του επαγγελματική και οικονομική διέξοδο. Συγκριτικά σε σχέση με τις υπόλοιπες ΑΠΕ η αξιοποίηση της βιομάζας δημιουργεί τις περισσότερες άμεσες και έμμεσες θέσεις εργασίας.
- **Πρόσθετο εισόδημα αγροτών** με την υιοθέτηση ενεργειακών καλλιεργειών και κατάλληλων φυτών για την παραγωγή βιομάζας σε άγρονα και οριακά εδάφη όπως ο μίσχανθος, αγριαγκινάρα, κ.ά.
- **Νέες σημαντικές οικονομικές δραστηριότητες** όπως τα θερμοκήπια, ξηραντήρια κ.ά. τα οποία μπορούν να λειτουργούν από την θερμική ενέργεια η οποία προέρχεται από την αξιοποίηση της βιομάζας σε μονάδες συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας υψηλής απόδοσης (ΣΗΘΥΑ).
- **Ενίσχυση και αύξηση της οικονομικής δραστηριότητας συλλογικών σχημάτων** όπως στην μελέτη περίπτωσης που εξετάζει η παρούσα διπλωματική για την ενεργειακή αξιοποίηση των γεωργικών υπολειμμάτων του αγροτικού συνεταιρισμού ερυθρών. Παράδειγμα, το οποίο έχει εφαρμογή και σε υπόλοιπους γεωργικούς, δασικούς συνεταιρισμούς, αλλά και σε ενεργειακές κοινότητες, τονώνοντας ταυτόχρονα την εγχώρια βιομηχανία.
- **Προσφορά καινοτόμων λύσεων** για την ανάπτυξη εγχώριας τεχνολογίας και ανάπτυξη σχετικού εξοπλισμού.

2.2.3 Μειονεκτήματα βιομάζας:

- **Χαμηλή θερμαντική αξία σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα.** Σημαντικά χαρακτηριστικά της βιομάζας προκειμένου να επιτευχθεί αξιόλογη ενεργειακή της αξιοποίηση είναι η θερμογόνος δύναμη, η υγρασία που εμπεριέχει και η παραγόμενη τέφρα. Σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα έχει χαμηλότερη θερμαντική αξία ανά μονάδα βάρους και όγκου. Επίσης η υγρασία που εμπεριέχεται στη βιομάζα μειώνει ακόμη περισσότερο τη διαθέσιμη θερμαντική δύναμη της ιδιαίτερα εάν αυτή είναι μεγαλύτερη του 20%.

- **Η εφοδιαστική αλυσίδα**, η συλλογή της διάσπαρτης βιομάζας και στην συνέχεια η μεταφορά της, η αποθήκευση της, συνδυαστικά με την εποχικότητα της, δυσχεραίνουν κατά πολύ την υιοθέτηση της ως εναλλακτικό καύσιμο σε σχέση πάντα με τα ορυκτά καύσιμα.
- **Επενδύσεις σε εξοπλισμό και εγκαταστάσεις** προκειμένου να αξιοποιηθεί ενεργειακά η βιομάζα ο οποίος είναι δαπανηρότερος συγκριτικά με άλλες πιο συμβατικές πηγές ενέργειας.
- Τα μειονεκτήματα αυτά αλλά και το παράδειγμα του αγροτικού συνεταιρισμού Ερυθρών που εξετάζει η παρούσα εργασία δείχνουν ότι η ορθή και οικονομικά συμφέρουσα ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας πρέπει να συντελείται στο σημείο παραγωγής της, δηλαδή σε τοπικό επίπεδο και σε αποστάσεις όχι μεγαλύτερες των 30-40 χιλιομέτρων από το σημείο αξιοποίησης της ενεργειακά.

2.2.4 Μέτρα ενίσχυσης συνεισφοράς της βιομάζας στο ενεργειακό μείγμα

Μερικές από τις ενέργειες που θα πρέπει να γίνουν έτσι ώστε η βιομάζα να αυξήσει την συμμετοχή στο ενεργειακό μείγμα της χώρας είναι οι εξής :

- ✓ Υιοθέτηση νέων τεχνολογιών με κύριο κριτήριο το μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης.
- ✓ Συμπαγωγή ενέργειας και θερμότητας από μείξη βιομάζας και άνθρακα (λιγνίτη)
- ✓ Δυνατότητα αξιοποίησης πρώτης ύλης προερχόμενης από πολλές πηγές και διαφορετικού είδους.
- ✓ Αξιοποίηση της παραγόμενης τέφρας ως λίπασμα στην γεωργία, στην βιομηχανία (τσιμέντο), κ.ά.
- ✓ Αντιμετώπιση του προβλήματος αποθέσεων της παραγόμενης τέφρας
- ✓ Ενίσχυση εφοδιαστικής αλυσίδας για την αποθήκευση και διαχείριση της τελικής επεξεργασμένης βιομάζας.
- ✓ Οικονομικές ενισχύσεις και επιδοτήσεις (π.χ. ΚΑΠ, ΕΕ) για έργα ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας
- ✓ Αδειοδότηση έργων ΑΠΕ βιομάζας με ευνοϊκές διαδικασίες ιδιαίτερα για μονάδες ισχύος μικρότερες του 1 MW.

Στα παραπάνω να προστεθούν και τα αστικά απορρίμματα τα οποία καταλήγουν σε χώρους ταφής (χωματερές) και γίνονται πρώιμες ενέργειες για την ενεργειακή τους αξιοποίηση με την εφαρμογή νέων τεχνολογιών όπως αυτή της αεριοποίησης, της παραγωγής βιοαερίου ή παραγωγής Refused Derived Fuel για την τσιμεντοβιομηχανία.

2.3 Ιδιότητες της Βιομάζας

Η βιομάζα κατηγοριοποιείται με γνώμονα την πηγή προέλευσης καθώς και οι πρώτες ύλες που προέρχονται από αυτήν, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 2.1. Γενικά όμως ανεξάρτητα από που προέρχεται η βιομάζα μπορεί να διακριθεί σε τρεις κυρίως κατηγορίες :

• Ξυλώδη Βιομάζα



Εικόνα 2.3 Ξυλώδης Βιομάζα

• Αγρωστώδης (ή ποώδη βιομάζα)

Αγροτικά υπολείμματα

- Ποώδη (π.χ. άχυρο, στελέχη καλαμποκιού)
- Ξυλώδη (π.χ. κλαδέματα)



Αγροτο-βιομηχανικά υπολείμματα

- Τσόφλια ηλιάνθου, φλοιός ρυζιού, κουκούτσια ροδακίνων, κτλ.



Πολυετείς ενεργειακές καλλιέργειες

- Ποώδεις (π.χ. μίσχανθος, switchgrass)
- Ολόκληρα δεμάτια (π.χ. άχυρο, στελέχη καλαμποκιός)



Εικόνα 2.4 Αγρωστώδη ή Ποώδη Βιομάζα

- ζωικά απόβλητα και ενεργός ιλύς



Εικόνα 2.5 Ζωικά Απόβλητα

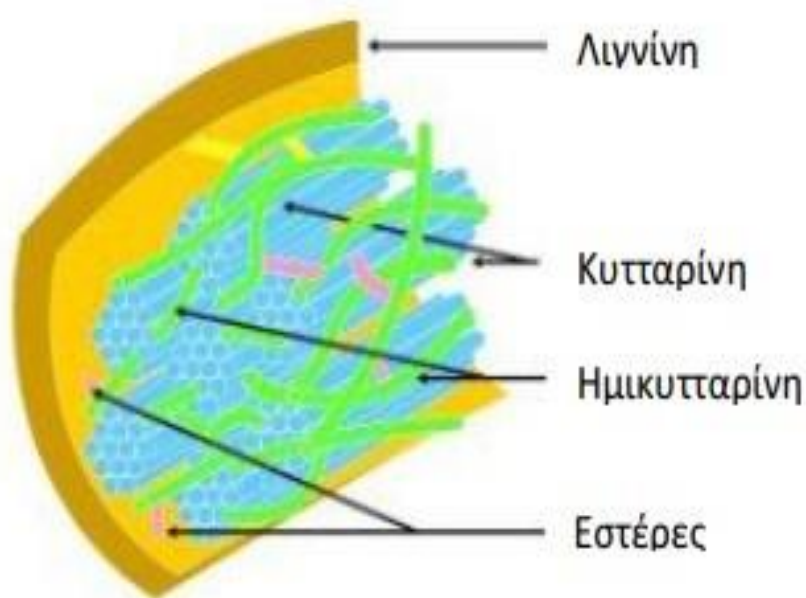
Από τις τρεις βασικές κατηγορίες βιομάζας που αναφέρθηκαν η αγρωστώδης βιομάζα μπορεί να κατηγοριοποιηθεί επιπλέον σύμφωνα με την περιεκτικότητα της σε υγρασία, υψηλή και χαμηλή υγρασία. Η ξυλώδης βιομάζα συνήθως περιέχει χαμηλή υγρασία, ενώ τα ζωικά απόβλητα και τα απόβλητα βιολογικών καθαρισμών (ιλύς κ.ά.) περιέχουν πολύ μεγάλα ποσοστά υγρασίας. Στη βιομάζα και στις πρώτες ύλες αυτής το κριτήριο της υγρασίας είναι πολύ σημαντικό και αποτελεί βασικό κριτήριο για την επιλογή της ορθής μεθόδου ενεργειακής αξιοποίησης αυτής.

Το ποσοστό της υγρασίας στη φρέσκια φυτική βιομάζα (π.χ. γρασίδια, κ.ά.) μπορεί να φτάσει το 60-80% ενώ εάν έχει προηγηθεί φυσική ξήρανση της στο σημείο κοπής (π.χ. άχυρα κ.ά) το ποσοστό αυτό κυμαίνεται από 5-20%, όπως φαίνεται και τον Πίνακα 2.1. Στην φυτική ξηραμένη βιομάζα με φυσικό τρόπο (συνθήκες περιβάλλοντος) η υγρασία μειώνεται από το ξύλο στο γρασίδι και στις πολυετείς αγρωστώδεις καλλιέργειες όπως στο φυτό μίσχανθος, ενώ στο άχυρο είναι πολύ χαμηλότερη. Σχετικά με τα ζωικά απόβλητα η υγρασία αυτών, πριν οποιαδήποτε διαδικασία ξήρανσης μπορεί να φτάσει και σε ποσοστό 75-85% (π.χ. πτηνοτροφεία), ενώ μετά την φυσική τους ξήρανση μπορεί να μειωθεί σε ποσοστό χαμηλότερα και από αυτό του άχυρου. Όσον αφορά την ενεργός ιλύς το αρχικό ποσοστό υγρασίας της προσεγγίζει το 90% και μπορεί να ελαττωθεί με μηχανικά μέσα περίπου στο 60-70% , ενώ για περαιτέρω μείωση του ποσοστού υγρασίας της ακόμη και στο 5% απαιτείται θερμική ξήρανσή της.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η επιλογή της μεθόδου ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας λαμβάνει ως κύριο κριτήριο τα ποσοστά υγρασίας της πρώτης ύλης, αλλά και τις ιδιότητες του ξηρού μέρους αυτής προκειμένου να καθοριστούν συγκεκριμένα οι διεργασίες ενεργειακής αξιοποίησης και ταυτόχρονα να καταγραφούν τα περιβαλλοντικά προβλήματα, που προκύπτουν από την χρήση και απόθεση των υπολειμμάτων της. Σύμφωνα με το προηγούμενο για την σύσταση του ξηρού μέρους της βιομάζας θα πρέπει να ληφθούν υπόψη η προέλευση του φυτού, οι συνθήκες ανάπτυξης του, η ηλικία του, οι κλιματολογικές συνθήκες, υγρασία, ηλιοφάνεια, συστατικά του εδάφους κ.ά.

Τέλος πολύ σημαντικό είναι οι τρόποι καλλιέργειας και φροντίδας του φυτού, όπως η λίπανσή του, η αντιμετώπιση των ασθενειών του, ο τρόπος συγκομιδής του, η εφοδιαστική αλυσίδα του (μεταφορά και αποθήκευση), κ.ά. [5].

Το ξηρό μέρος της βιομάζας αποτελείται από τα εξής συστατικά : α) λιγνίνη, β) κυτταρίνη και γ) ημι-κυτταρίνη όπως φαίνεται και στην εικόνα 2.6. και αναλόγως τον τύπο βιομάζας μεταβάλλονται και τα ποσοστά του κάθε ενός επιμέρους συστατικού.



Εικόνα 2.6 Δομικά συστατικά φυτικής βιομάζας [26].

Για την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας θα ληφθούν υπόψη τα ποσοστά του κάθε συστατικού (λιγνίνη, κυτταρίνη και ημι-κυτταρίνη) στο σύνολο του ξηρού μέρους, της προς επεξεργασίας βιομάζας και σύμφωνα με αυτά θα καθοριστούν και οι βέλτιστες διεργασίες που θα ακολουθηθούν για την ορθή ενεργειακή αξιοποίηση αυτής. Από τα τρία προαναφερθέντα συστατικά, το μεγαλύτερο ποσοστό (40-50%) της φυτικής βιομάζας το καταλαμβάνει η κυτταρίνη ενώ το 20-40% το καταλαμβάνει η ημι-κυτταρίνη. [4].

A. ΑΓΡΟΤΙΚΗ ΒΙΟΜΑΖΑ:	
1. από ενεργειακές καλλιέργειες:	
1.1 ξυλώδης	Δενδρώδεις ενεργειακές καλλιέργειες (ακακία, λεύκα, ιτιά, ευκάλυπτος κ.α.) για την παραγωγή λιγνινο-κυτταρινικής βιομάζας – βιομάζα με υψηλή περιεκτικότητα λιγνίνης και χαμηλή υγρασία κατάλληλη για καύση και άλλες θερμοχημικές διεργασίες ή βιοκαύσιμα 2 ^{ης} γενιάς.
1.2 αγρωστώδης	Χορτώδεις ενεργειακές καλλιέργειες (μίσχανθος, καλάμι, αγριαγκινάρα κ.α.) για την παραγωγή λιγνινο-κυτταρινικής βιομάζας - βιομάζα με χαμηλή περιεκτικότητα λιγνίνης και χαμηλή υγρασία κατάλληλη για καύση και άλλες θερμοχημικές διεργασίες ή βιοκαύσιμα 2 ^{ης} γενιάς.
1.3 υγρή αγρωστώδης	Χορτώδεις ενεργειακές καλλιέργειες (κυρίως ενεργειακός αραβόσιτος) για την παραγωγή λιγνινο-κυτταρινικής βιομάζας - βιομάζα με χαμηλή περιεκτικότητα λιγνίνης και χαμηλή υγρασία κατάλληλη για συγχώνευση με ζωικά κ.α. απόβλητα για την παραγωγή βιοαερίου.
1.4 σακχάρων/αμύλου	Ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή βιομάζας πλούσιας σε σάκχαρα (σακχαρούχο σόργο, ζαχαρότευτλα) ή άμυλο (αραβόσιτος και άλλα δημητριακά) κατάλληλες για την παραγωγή βιοαιθανόλης.
1.5 ελαίων	Ενεργειακές καλλιέργειες σπόρων πλουσίων σε έλαια (ελαιοκράμβη, ηλιάνθος κ.α.) για την παραγωγή βιοντίζελ και υδρογονωμένων ελαίων.
2. από αγροτικά υπολείμματα:	
2.1 αγρωστώδης	Υπολείμματα ετήσιων καλλιεργειών (άχυρα, υπολείμματα αραβοσίτου, βαμβακιού, καπνού κ.α.) την παραγωγή λιγνινο-κυτταρινικής βιομάζας – βιομάζα με χαμηλή περιεκτικότητα λιγνίνης και χαμηλή υγρασία κατάλληλη για καύση και άλλες θερμοχημικές διεργασίες ή βιοκαύσιμα 2 ^{ης} γενιάς (στην κατηγορία αυτή εμπίπτει και η βιομάζα από μόνιμους βοσκότοπους και χορτολιβαδικές εκτάσεις).
2.2 ξυλώδης	Υπολείμματα δενδρωδών πολυετών καλλιεργειών (κλαδέματα ελιάς, αμπέλων, σπυροφόρων κ.α.) την παραγωγή λιγνινο-κυτταρινικής βιομάζας - βιομάζα με υψηλή περιεκτικότητα λιγνίνης και χαμηλή υγρασία κατάλληλη για καύση και άλλες θερμοχημικές διεργασίες ή βιοκαύσιμα 2 ^{ης} γενιάς.
3. από ζωικά απόβλητα:	
3.1 ξηρή	Απόβλητα πτηνοτροφίας και αμνοεριφίων, χαμηλής περιεκτικότητας σε υγρασία κατάλληλα για χώνευση άλλες βιοαέριο αλλά καύση ή άλλες θερμοχημικές διεργασίες.
3.2 υγρή	Απόβλητα βοοειδών και χοίρων με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία κατάλληλα για χώνευση προς βιοαέριο.

Β. ΔΑΣΙΚΗ ΒΙΟΜΑΖΑ	
1. από την άμεση δασική παραγωγή:	
1.1 υφιστάμενη	Κορμοί για την παραγωγή οικοδομικής ξυλείας, επίπλων και άλλων αντικειμένων ή χαρτιού – αν και δυνάμει βιομαζικά βιοκαύσιμα καύσιμα λιγνινοκυτταρινικής βιομάζας με υψηλή περιεκτικότητα λιγνίνης κατάλληλη για καύση κι άλλες θερμοχημικές διεργασίες ή βιοκαύσιμα 2 ^{ης} γενιάς) η παραγωγή τους καθορίζεται από τη ζήτηση για μη - ενεργειακές χρήσεις (οικοδομική ξυλεία, έπιπλα κ.α.) και δεν προσμετρούνται στο δυναμικό βιομάζας.
1.2 συμπληρωματική	Δυνητική επιπλέον παραγωγή κορμών, η οποία υπερβαίνει τη ζήτηση μη - ενεργειακών χρήσεων και να προορίζεται για ενεργειακούς σκοπούς, εντός των ορίων ανανεώσιμης εκμετάλλευσης των δασών - λιγνινοκυτταρινικής βιομάζας με υψηλή περιεκτικότητα λιγνίνης κατάλληλη για καύση κι άλλες θερμοχημικές διεργασίες ή βιοκαύσιμα 2 ^{ης} γενιάς).
2. από υπολείμματα υλοτομίας και βιομηχανίας ξύλου	
2.1 πρωτογενή	Υπολείμματα υλοτομίας εντός των δασικών περιοχών, αποτελούμενα από τις βάσεις των δέντρων και το τμήμα της ρίζας που μπορεί να εξαχθεί από το έδαφος, το επάνω λεπτό μέρος του κορμού, τα κλαδιά και τα φύλλα - η απομάκρυνση τους από το δάσος στους όρους της ανανεώσιμης υλοτομίας - λιγνινοκυτταρινικής βιομάζας με υψηλή περιεκτικότητα λιγνίνης κατάλληλη για καύση κι άλλες θερμοχημικές διεργασίες ή βιοκαύσιμα 2 ^{ης} γενιάς).
2.2 δευτερογενή	Υπολείμματα της επεξεργασίας και της βιομηχανίας ξύλου (φλοιοί, ακατάλληλα τεμάχια ξύλου, ροκανίδια, πριονίδια, ξυλόσκονη) - λιγνινοκυτταρινικής βιομάζας με υψηλή περιεκτικότητα λιγνίνης κατάλληλη για καύση κι άλλες θερμοχημικές διεργασίες ή βιοκαύσιμα 2 ^{ης} γενιάς).
2.3 τριτογενή	Ξύλο από κατεδαφίσεις και αστικά απορρίμματα ξύλου - λιγνινοκυτταρινικής βιομάζας με υψηλή περιεκτικότητα λιγνίνης κατάλληλη για καύση κι άλλες θερμοχημικές διεργασίες ή βιοκαύσιμα 2 ^{ης} γενιάς).
Γ. ΑΠΟΒΛΗΤΑ	
3.1 πρωτογενή	Ξυλώδης ή χορτώδης βιομάζα από την διαχείριση κήπων, πάρκων και νησίδων ή παριών αστικών και εθνικών οδών.
3.2 δευτερογενή	Απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων ποικίλης φύσης (υγρά απόβλητα κατάλληλα για χώνευση προς βιοαέριο, ελαιοπυρήνες, περιβλήματα ξηρών καρπών, απόβλητα εκκοκκιστηρίων κ.α. - ειδικά τα λίπη σφαγίων και το έλαιο από σπόρους βαμβακιού μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιοντίζελ).
3.3 τριτογενή	Ιλύς αστικών αποβλήτων (υψηλής υγρασίας κατάλληλα για αναερόβια χώνευση προς βιοαέριο ή χαμηλής υγρασίας κατάλληλη για καύση κι άλλες θερμοχημικές διεργασίες) οργανικό κλάσμα αστικών απορριμμάτων (ζυμώσιμο προς χώνευση για παραγωγή βιοαερίου ή μη-ζυμώσιμο χαμηλής υγρασίας και ξυλώδες προς καύση ή θερμοχημική αξιοποίηση), χρησιμοποιημένα έλαια προς βιοντίζελ ή υδρογόνωση κ.α.

Πίνακας 2.1: Τύποι βιομάζας και κατηγορίες αυτής [4]

	Κυτταρίνη	Ήμι-κυτταρίνη	Λιγνίνη
Ξυλώδης Βιομάζα	39,5 (12,4 – 65,5)	34,5 (6,7 – 65,6)	26 (10,2 – 44,5)
κορμός (μ.τ.)	51,2	23,4	25,4
φυλλοβόλα (μ.τ.)	46,3	32,1	21,6
Οξιά	45,2	32,7	22,1
Δρυς	58,4	31,4	10,2
Ευκάλυπτος	52,7	15,4	31,9
αιθαλή/κωνοφόρα (μ.τ.)	44,2	27,9	27,9
Πεύκο	48,1	23,5	28,4
Έλατο	47	25,3	27,7
φλοιός (μ.τ.)	22	47	31,0
κλαδιά (μ.τ.)	15,4	62,3	33,3
φύλλα (μ.τ.)	26,5	47,2	26,3
Αγρωστώδης Βιομάζα	46,1 (23,7 – 87,5)	30,2 (12,3 – 54,5)	23,7 (0,0 – 54,3)
γρassίδι (μ.τ.)	42,7	37,9	19,4
Καλάμι	49,2	39,1	11,7
Switchgrass	48,7	38,4	12,9
Σόργο	50,6	24,7	24,7
άχυρο (μ.τ.)	45,4	31,5	23,1
Σιταριού	44,5	33,2	22,3
Κριθαριού	48,6	29,7	21,7
Ρυζιού	52,3	32,8	14,9
στελέχη (μ.τ.)	58,8	23,8	17,4
αραβοσίτου	49	37,9	13,1
Βαμβακιού	66,2	18,4	15,4
Ηλίανθου	71,6	12,3	16,1
Καπνού	44,6	30,2	25,2
Αγροτικά Απορρίμματα (μ.τ.)	40	27,4	32,6
κελύφη καρυδιού	28,1	26,6	45,3
κελύφη αμυγδάλου	50,7	28,9	20,4
κελύφη φουντουκιού	26,6	30	43,4
κελύφη φιστικιού	42,2	22,1	35,7
κελύφη ηλιόσπορου	56,5	28	15,5
πυρήνες ελιάς	25	24,6	50,4
πυρήνες ροδάκινου	23,7	22	54,3
κότσαλα αραβόσιτου	47,4	30,3	22,3
Απόβλητα			
απόβλητα βοοειδών (μ.τ.)	32,7	24,5	42,8
Χαρτί	92,5	0	7,5
RDF	68,1 (45,6 – 92,5)	17,1 (0,0 – 31,3)	14,8 (7,5 – 23,1)

Πίνακας 2.2: Τύποι βιομάζας και συστατικά μέρη του ξηρού μέρους αυτής (%κ.β.) [6]

	C	O	H	N	S
Ξύλο (μ.τ.)	52,1	41,2	6,2	0,4	0,08
οξιά	51,4	41,8	6	0,7	0,11
φτελιά	50,9	42,5	5,8	0,7	0,11
ευκάλυπτος	48,7	45,3	5,7	0,3	0,05
δρυς	50,6	42,9	6,1	0,3	0,1
ελιά	49	44,9	5,4	0,7	0,03
πέυκο	53,8	39,9	5,9	0,3	0,07
λεύκα	53,6	39,3	6,7	0,3	0,1
έλατο	53,6	40	6,2	0,1	0,1
ιπιά	49,8	43,4	6,1	0,6	0,06
Αγρωστώδης (μ.τ.)	49,9	42,6	6,2	1,2	0,15
μίσχανθος	49,2	44,2	6	0,4	0,15
καλάμι	49,4	42,7	6,3	1,5	0,15
σόργο	49,7	43,7	6,1	0,4	0,09
αγριαγκινάρα	56	36,3	6,5	1	0,22
άχυρο κριθαριού	49,4	43,6	6,2	0,7	0,13
στελέχη αραβοσίτου	48,7	44,1	6,4	0,7	0,08
στελέχη ελαιοκράμβης	48,5	44,5	6,4	0,5	0,1
άχυρο ρυζιού	50,1	43	5,7	1	0,16
άχυρο σιταριού	49,4	43,6	6,1	0,7	0,17
Αγροτικά Απορρίμματα (μ.τ.)	50,2	41,9	6,3	1,4	0,16
κελύφη αμυγδάλου	50,3	42,5	6,2	1	0,05
κελύφη βαμβακιού	50,4	39,8	8,4	1,4	0,01
κελύφη φουντουκιού	51,5	41,6	5,5	1,4	0,04
πυρήνες ελιάς	52,8	39,4	6,6	1,1	0,07
φλοιοί ρυζιού	49,3	43,7	6,1	0,8	0,08
κελύφη ηλιόσπορου	50,4	43	5,5	1,1	0,03
κελύφη καρυδιού	49,9	42,4	6,2	1,4	0,09
Οικοδομική Ξυλεία (Μ.Τ.)	51,7	40,7	6,4	1,1	0,09
Έπιπλα (Μ.Τ.)	51,8	41,8	6,1	0,3	0,04
RDF (μ.τ.)	53,8	36,8	7,8	1,1	0,47
Ενεργός Ιλύς (μ.τ.)	50,9	33,4	7,3	6,1	2,33
άνθρακας	78,2	13,6	5,2	1,3	1,7
λιγνίτης	64	23,7	5,5	1	5,8

Πίνακας 2.3: Τύποι βιομάζας και ανάλυση της στοιχειακή σύστασης αυτής απαλλαγμένης της τέφρας (%κ.β.) [5]

Η στοιχειακή σύνθεση της βιομάζας αποτελείται από τον άνθρακα (C), το υδρογόνο (H), το οξυγόνο (O), το ασβέστιο (Ca), το άζωτο (N) και το κάλιο (K), ενώ σε πιο μικρά ποσοστά το αργίλιο (Al), το πυρίτιο (Si), το νάτριο (Na), ο φώσφορος (P), το μαγνήσιο (Mg), το θείο (S), το τιτάνιο (Ti), ο σίδηρος (Fe), το χλώριο (Cl) κ.ά. Στον πίνακα 2.3 φαίνεται η στοιχειακή σύσταση τύπων βιομάζας. [5].

	H ₂ O	VM	FC	τέφρα
Ξύλο (μ.τ.)	19,3	78	18,5	3,5
οξιά	8,4	73,7	18,5	7,8
φτελιά	8,4	73,1	18,8	8,1
ευκάλυππος	12	78	17,2	4,8
δρυς	6,5	78,1	21,4	0,5
ελιά	6,6	79,6	17,2	3,2
πεύκο	4,7	73,7	24,4	1,9
λεύκα	8,4	80,3	17,5	2,2
έλατο	8,4	73,4	23,4	3,2
ιπιά	10,1	82,5	15,9	1,6
Αγρωστώδης (μ.τ.)	12	75,2	19,1	5,7
μίσχανθος	11,4	81,2	15,8	3
καλάμι	7,7	73,4	17,7	8,9
σόργο	7	77,2	18,1	4,7
αγριαγκινάρα	12	76	9,2	14,8
άχυρο κριθαριού	11,5	76,2	18,5	5,3
στελέχη αραβοσίτου	7,4	73,1	19,2	7,7
στελέχη ελαιοκράμβης	8,7	77,4	17,9	4,7
άχυρο ρυζιού	7,6	64,3	15,6	20,1
άχυρο σιταριού	10,1	74,8	18,1	7,1
Αγροτικά Απορρίμματα (μ.τ.)	10,2	74,3	17,1	8,6
κελύφη αμυγδάλου	7,2	74,9	21,8	3,3
κελύφη βαμβακιού	6,9	78,4	18,2	3,4
κελύφη φουντουκιού	7,2	77,1	21,4	1,5
πυρήνες ελιάς	6,1	77	19,9	3,1
φλοιοί ρυζιού	10,6	62,8	19,2	18
κελύφη ηλιόσπορου	9,1	76	20,9	3,1
κελύφη καρυδιού	6,8	59,3	37,9	2,8
Οικοδομική Ξυλεία (M.T.)	16,3	75,8	17,3	6,9
Έπιπλα (M.T.)	12,1	83	13,4	3,6
RDF (μ.τ.)	4,2	73,4	0,5	26,1
Ενεργός Ιλύς (μ.τ.)	6,4	48	5,7	46,3
άνθρακας	5,5	32,8	46,3	20,9
λιγνίτης	10,5	36,7	28,7	34,6

Πίνακας 2.4: Τύποι βιομάζας, φυσική υγρασία αυτών (%κ.β.) και προσεγγιστική ανάλυση (%κ.β. σε ξηρή βάση) [5]

Η περιεκτικότητα σε τέφρα είναι ιδιαίτερα υψηλή στα ζωικά απόβλητα και στην ιλύ και μειώνεται από τα άχυρα, στα μονοετή και πολυετή αγρωστώδη φυτά, τα γρασίδια και στο τέλος στην ξυλώδη βιομάζα, όπως φαίνεται και στον πίνακα 2.4. Διάφοροι τύποι βιομάζας όπως οι ενεργειακές καλλιέργειες γρήγορης ανάπτυξης, τα ετήσια φυτά που αναπτύσσονται πού γρήγορα, τα τμήματα των πολυετών δέντρων όπως τα κλαδιά και τα φύλλα, τα οποία αναπτύσσονται επίσης πολύ γρήγορα, περιέχουν μεγαλύτερα ποσοστά τέφρας συγκριτικά με τα μεγάλα κλαδιά, τους φλοιούς, τις βάσεις των δέντρων και τους κορμούς αυτών [7].

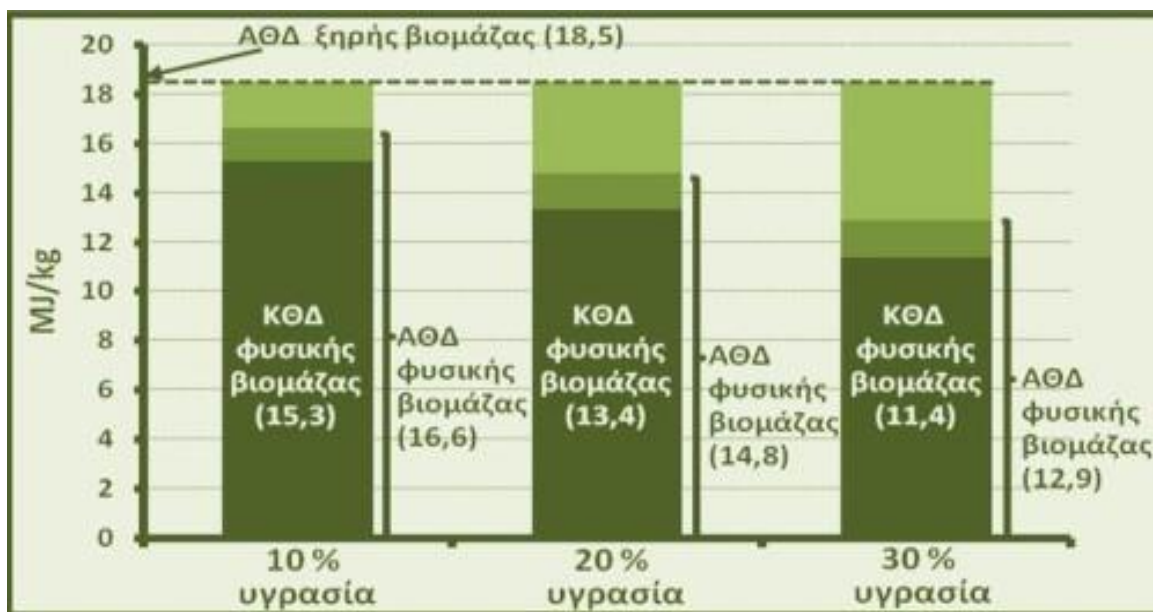
Ξύλο	MJ/kg	αγροτικά απορρίμματα MJ/kg	
φλοιός δέντρου	20,5	κελύφη αμύγδαλου	17,96 - 19,92
κλαδιά	18,96	κελύφη φιστικιού	18,46 - 19,85
λευκή δρυς	19,42	κελύφη φουντουκιού	19,20 - 19,30
μαύρη δρυς	18,93 - 18,98	κελύφη ηλιόσπορου	17,6
έλατο	16,64 - 20,02	κελύφη καρυδιού	18,91 - 20,18
οξιά	19,2	πυρήνας ροδάκινου	19,42 - 20,82
λεύκα	19,38	πυρήνας βερίκοκου	18,8
σημύδα	19,3	πυρήνες ελιάς	20,23
ιπιά	19,59	φλοιοί βαμβακιού	16,38
ευκάλυπτος	19,1	φλοιός ρυζιού	15,29 - 15,67
Αγρωστώδης (μ.τ.)			
άχυρο σιταριού	17,00 - 18,91	στελέχη ηλίανθου	15,87 - 17,86
άχυρο ρυζιού	14,85 - 15,61	στελέχη καπνού	17,7
στελέχη αραβοσίτου	17,65 - 17,93	γλυκό σόργο	13,73
στελέχη βαμβακιού	15,83 - 18,26	μίσχανθος	19,3
στελέχη ελαιοκράμβης	18,34	αλάφα	18,67
αγριαγκινάρα	17,90 - 21,50	καλάμι	17,7
πελλέτες		ενεργός ιλύς	10,14 - 20,90
μαλακού ξύλου	20,54		15,6
μίσχανθου	19		18,1

Πίνακας 2.5: Τύποι ξηρής βιομάζας και ανώτερη θερμογόνο δύναμη (ΑΘΔ) αυτών [8]

Στον πίνακα 2.3 περιγράφονται παραπλήσιες συστάσεις της ξηρής και ελεύθερης τέφρας βιομάζα σε οξυγόνο, άνθρακα και υδρογόνο. Ο άνθρακας κυμαίνεται από 47% έως 56% και μειώνεται στα ζωικά απόβλητα, στην ενεργό ιλύ, στην αγρωστώδη βιομάζα, στην ξυλώδη βιομάζα, καθώς στα άχυρα και στα γρασίδια. Το οξυγόνο κυμαίνεται από 34-44% και μειώνεται κατά την ακολουθία ξυλώδους βιομάζας. Σχετικά με τα ορυκτά στερεά καύσιμα το ξηρό μέρος της βιομάζας ελεύθερο από τέφρα, εμφανίζει υψηλότερες τιμές οξυγόνου και υδρογόνου, καθώς υπολείπεται ανθρακικού περιεχομένου. Όσον αφορά τα ορυκτά στερεά καύσιμα το άζωτο της αγρωστώδης και ξυλώδης βιομάζας είναι υψηλότερο και κυμαίνεται από 0,2 -1,5, ενώ στην ενεργό ιλύ εμφανίζει τιμές μεγαλύτερες από το 6%. Το θείο αντίστοιχα είναι πολύ χαμηλό στη βιομάζα σε σχέση με τα ορυκτά στερεά καύσιμα (ξηρά και ελεύθερα τέφρας) και κυμαίνεται από 0,01-0,16%, εξαιρώντας την ενεργό ιλύ όπου μπορεί να φτάσει το 2% [5].

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η σύσταση της βιομάζας είναι δυνατόν να εκφραστεί ως σταθερός άνθρακας, πτητικά στερεά, υγρασία και ανόργανο μέρος (τέφρα), όπως φαίνεται στον πίνακα 2.4

Τα πτητικά στερεά αφορούν το τμήμα εκείνο της βιομάζας, το οποίο μετατρέπεται σε αέρια κατά την διαδικασία θέρμανσης και απουσίας οξυγόνου σε θερμοκρασία κοντά στους 950 °C και για χρονική διάρκεια 7 λεπτών, ενώ σταθερός άνθρακας χαρακτηρίζεται ότι συνεχίζει να παραμένει εφόσον απομακρυνθούν τα στερεά και ανόργανα.



Σχήμα 2.3: Μεταβολή της Ανώτατης Θερμογόνου Δύναμης και της Κατώτατης Θερμογόνου Δύναμης, ξυλώδους βιομάζας στην οποία εμπεριέχεται η υγρασία.

Το ενεργειακό περιεχόμενο ή αλλιώς η θερμογόνος δύναμης της βιομάζας καθορίζεται από την σύστασή της, όπου στην ουσία πρόκειται για την θερμότητα η οποία απελευθερώνεται κατά την διάρκεια πλήρους καύσης της, σε περίσσεια (αφθονία) οξυγόνου. Αυτή η θερμογόνος δύναμη αναφέρεται ως η θερμική ενέργεια που απελευθερώνεται ανά μονάδα μάζας (MJ/Kg και MJ/lt, για στερεά καύσιμα – βιοκαύσιμα και υγρά καύσιμα-βιοκαύσιμα, αντίστοιχα), ή όγκου καυσίμου (MJ/m³ αέρια καύσιμα-βιοκαύσιμα) και διαχωρίζεται στην ΑΘΔ (ανώτερη θερμογόνου δύναμη) και στην ΚΘΔ (κατώτερη θερμογόνου δύναμη).

Ο ορισμός για τις ανώτερη θερμογόνου δύναμη (ΑΘΔ) και κατώτερη θερμογόνου δύναμη (ΚΘΔ) είναι ο εξής :

«Η ΑΘΔ είναι η συνολική θερμότητα που ελκύεται κατά την πλήρη καύση ενός καυσίμου, περιλαμβανομένης της λανθάνουσας θερμότητας υγροποίησης του ατμού που παράγεται από την καύση και αποτελεί το μέγιστο δυνατό ποσό θερμότητας που μπορεί να εξαρτάται από τη τεχνολογία που χρησιμοποιείται, ενώ πρακτικά η λανθάνουσα θερμότητα συμπύκνωσης των υδρατμών που παράγονται από την καύση είναι συχνά αδύνατο να χρησιμοποιηθεί.

Έτσι, καταλληλότερος όρος για να εκφραστεί η πραγματική ενεργειακή αξία ενός καυσίμου είναι η ΚΘΔ, η οποία προκύπτει από την ΑΘΔ με αφαίρεση της λανθάνουσας θερμότητας συμπύκνωσης των

υδρατμών, που ελκύονται από την καύση και οι οποίοι είτε παράγονται από την καύση του υδρογόνου που περιέχεται στο καύσιμο, είτε προέρχονται από την υγρασία που το καύσιμο αυτό περιέχει».

Στον Πίνακα 2.5 περιγράφονται οι πιο γνωστοί τύποι βιομάζας με τις πραγματικές τιμές της ανώτερης θερμογόνου δύναμης (περιεχόμενης της τέφρας).

	kg/m ³		kg/m ³
ξυλώδης		αγρωστώδης	
πριονίδι κωνοφόρων	180 – 190	φυσικό	20 – 40
πριονίδι πλατύφυλλων	230	σε μπάλες	110 – 200
σκόνη ξύλου	120	σε κύβους	320 – 670
υπολείμματα πλάνης	100	συμπιεσμένο	100 – 1.250
πελλέτες	560 – 630	πελλέτες	560 – 710

Πίνακας 2.6: Πυκνότητα δασικής και αγροτικής βιομάζας

Ένα από τα χαρακτηριστικά της φυσικής βιομάζας, σύμφωνα με το οποίο καθορίζεται τόσο η αξία όσο και οι εφαρμογές της στην ενεργειακή αξιοποίηση της, όσο κυρίως το κόστος της εφοδιαστικής της αλυσίδα (κόστη μεταφοράς και αποθήκευσης) είναι ο όρος φαινόμενη πυκνότητα βιομάζας. Σύμφωνα με τον όρο φαινόμενη πυκνότητα εξετάζεται η πυκνότητα της πρώτης ύλης μακροσκοπικά και δεν έχει να κάνει με την πυκνότητα της ίδιας της βιομάζας, δηλαδή του ίδιου του υλικού που την αποτελεί. Με την μακροσκοπική αυτή παρατήρηση εντοπίζονται κενά όγκων όπως στο πριονίδι ή στο άχυρο κάτι που μειώνει την αρχική τιμή της πυκνότητας της βιομάζας. Ο πίνακας 2.6 δείχνει για συγκεκριμένους τύπους βιομάζας (ξυλώδη και αγρωστώδη) τις τιμές φαινόμενης πυκνότητας που αυτοί μεταφέρονται ή αποθηκεύονται [7].

	MJ/kg*	kg/m ³	MJ/t
στερεά καύσιμα			
γαιάνθρακας	22 - 27	670 - 930	15 - 25
λιγνίτης	5 - 14	640 - 860	3 - 12
ξυλώδης βιομάζα	14 - 17	180 - 230	3 - 4
αγρωστώδης βιομάζα	13 - 16	110 - 320	2 - 5
πελλέτες	13 - 17	560 - 710	7 - 12
υγρά καύσιμα			
αργό πετρέλαιο	41 - 46	800 - 970	29 - 37
ντίζελ	45 - 46	820 - 920	37 - 38
βενζίνη	45	700 - 780	32 - 35
βιο-ντίζελ	38 - 43	880	33 - 36
βιο-αιθανόλη	25	790	20
βιο-μεθανόλη	20	790	16
βιο-έλαιο	10 - 15	1200	12 - 18
αέρια καύσιμα			MJ/m³*
φυσικό αέριο			37
βιο-αέριο			22
αέριο σύνθεσης			5 - 20

*ΚΘΔ σε φυσική μορφή (περιλαμβανομένης της υγρασίας)

Πίνακας 2.7: Ενεργειακό περιεχόμενο, φαινόμενη πυκνότητα και ενεργειακή πυκνότητα καυσίμων και βιοκαυσίμων.

Η στερεή βιομάζα σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα έχει χαμηλή φαινόμενη πυκνότητα, αλλά ταυτόχρονα και χαμηλό ενεργειακό περιεχόμενο με αποτέλεσμα τα στερεά βιοκαύσιμα να υστερούν σημαντικά των αντίστοιχων ορυκτών καυσίμων όσο αφορά την ενεργειακή πυκνότητα και πιο συγκεκριμένα το ενεργειακό περιεχόμενό τους, ανά μονάδα όγκου.

Η χαμηλή φαινόμενη πυκνότητα της στερεής βιομάζας, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα, αλλά και το χαμηλότερο ειδικό ενεργειακό της περιεχόμενο (ενεργειακό περιεχόμενο ανά μονάδα μάζας), έχουν σαν αποτέλεσμα τα στερεά βιοκαύσιμα να υπολείπονται σημαντικά των αντίστοιχων ορυκτών καυσίμων σε ενεργειακή πυκνότητα (ενεργειακό περιεχόμενο ανά μονάδα όγκου). Στον πίνακα 2.7 φαίνονται τα κυριότερα καύσιμα και βιοκαύσιμα με τις τιμές ενεργειακής πυκνότητάς τους, φαινόμενης πυκνότητάς τους και ενεργειακού περιεχομένου τους [14].

Κεφάλαιο 3^ο : Θεσμικό Πλαίσιο και Αδειοδότηση μονάδας βιομάζας.

3.1 Εθνικό νομοθετικό πλαίσιο

Εκ των βασικότερων νόμων που αφορά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας είναι ο **ν.3468/2006** ο οποίος μετά από πολλές τροποποιήσεις (ν. 4546/2018, ν.3851/2010 και ν. 3734/2009) εξακολουθεί να ισχύει. Στην συνέχεια ψηφίστηκε ο **ν. 4414/2016** ο οποίος αφορούσε ένα νέο νομοθετικό πλαίσιο για την στήριξη των ΑΠΕ το οποίο είχε να κάνει κυρίως με το σχήμα κρατικών ενισχύσεων όσο αφορά το περιβάλλον και την ενέργεια. Επίσης ενσωμάτωσε την συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) και μονάδων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας υψηλής απόδοσης (ΣΗΘΥΑ) με τον καλύτερο δυνατό τρόπο ως προς το κόστος και όφελος για τον τελικό καταναλωτή.

Ο νόμος **4685/2020** έρχεται να εκσυγχρονίσει την περιβαλλοντική νομοθεσία και να ενσωματώσει στην εθνική νομοθεσία τις οδηγίες 2018/844 και αυτής 2019/692 του ευρωκοινοβουλίου. Με τον νόμο αυτό απλοποιείται η περιβαλλοντική αδειοδότηση, η διαδικασία της αδειοδότησης των ΑΠΕ, θέματα σχετικά με τους δασικούς χάρτες, τις προστατευόμενες περιοχές και άλλα θέματα δευτερεύοντα.

3.1.1 Διαδικασίες Αδειοδότησης Εφαρμογών Ενεργειακής Αξιοποίησης Βιομάζας

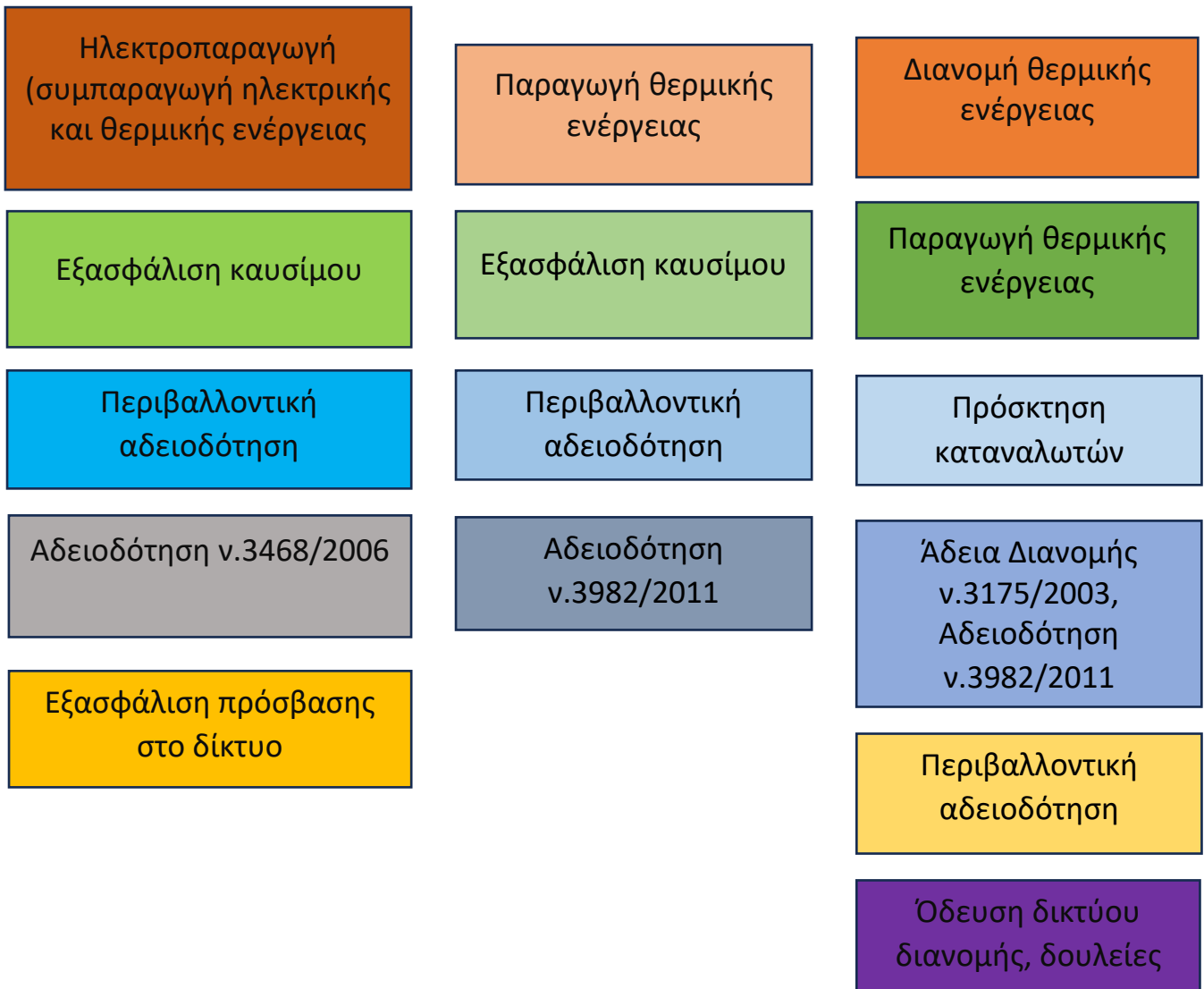
Η απόφαση του υπουργείου ενέργειας ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/30971/1190 του 2020 περιγράφει τις νέες τιμές λειτουργικής ενίσχυσης (feed in tariff) για εφαρμογές βιομάζας και τρόπων ενεργειακής αξιοποίησης αυτών ανάλογα με την ισχύ των μονάδων που θα εγκατασταθούν. Οι τιμές του πίνακα 3.1 ισχύουν από τον Μάιο του 2021 [44].

α/α	Κατηγορία σταθμών	Τ.Α. (€/MWh)
5	Βιομάζα (ή βιορευστά) που αξιοποιείται μέσω θερμικών διεργασιών (καύση, πυρόλυση) εκτός αεριοποίησης, από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ $\leq 1\text{MW}$ (εξαιρουμένου του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων)	176
6	Βιομάζα (ή βιορευστά) που αξιοποιείται μέσω διεργασίας αεριοποίησης από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ $\leq 1\text{MW}$ (εξαιρουμένου του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων)	185
7	Βιομάζα (ή βιορευστά) που αξιοποιείται μέσω θερμικών διεργασιών (καύση, αεριοποίηση, πυρόλυση), από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ από 1MW έως και $\leq 5\text{MW}$ (εξαιρουμένου του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων)	153
8	Βιομάζα (ή βιορευστά) που αξιοποιείται μέσω θερμικών διεργασιών (καύση, αεριοποίηση, πυρόλυση), από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ $> 5\text{MW}$ (εξαιρουμένου του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων)	133

Πίνακας 3.1 τιμολόγηση (feed in tariff) τεχνολογιών ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας [44].

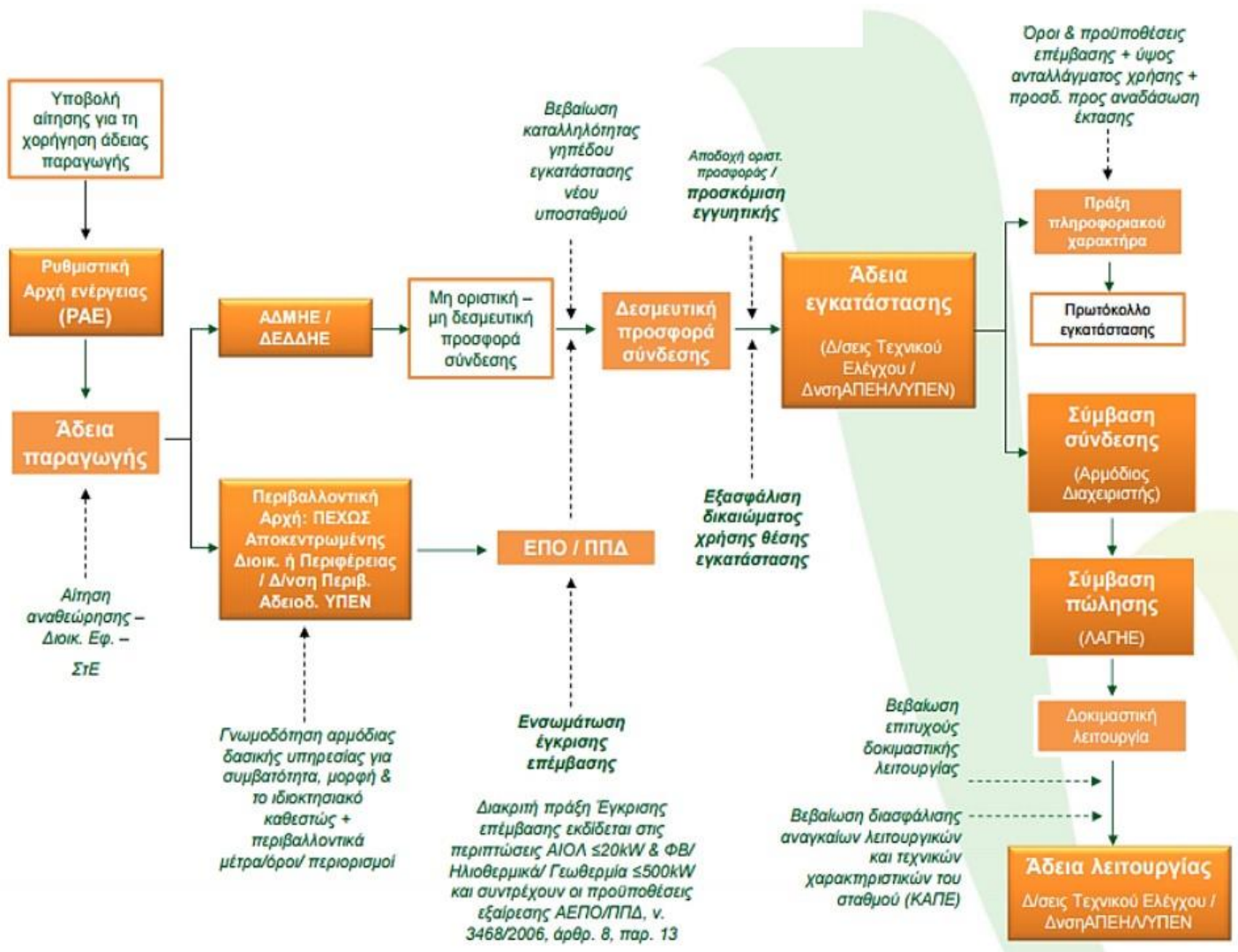
Για τις μονάδες Βιομάζας λόγω της ευνοϊκής τιμολόγησης τους υπάρχει έντονο ενδιαφέρον για την παραγωγή ενέργειας και πώλησης αυτής στο δίκτυο με αποτέλεσμα να αδειοδοτούνται συνεχώς έργα πολλά εκ των οποίων δεν μπορούν να ανταπεξέλθουν στο χρονοδιάγραμμα υλοποίησης τους, κυρίως λόγω των προβλημάτων της εφοδιαστικής αλυσίδας της πρώτης ύλης που χρειάζονται για την λειτουργία τους.

Αδειοδότηση εφαρμογών
ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας



Σχήμα 3.1 Αδειοδότηση εφαρμογών ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας [45].

Η αναλυτική αδειοδοτική διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί μέχρι την λειτουργία ενός σταθμού ΑΠΕ ή ΣΗΘΥΑ φαίνεται στις δύο παρακάτω εικόνες 3.2 και 3.3 για τους σταθμούς που απαλλάσσονται της άδειας παραγωγής και για αυτούς που δεν απαλλάσσονται αντίστοιχα:



Σχήμα 3.3 Μονάδες Βιομάζας για τις οποίες απαιτείται έκδοση άδειας παραγωγής.

Πηγή : http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/B4B_Programme/02_NTZOURAS.pdf

3.2 Οι Αλλαγές του Ν. 4951/2022 στην Αδειοδοτική Διαδικασία Έργων ΑΠΕ

Ο νόμος ν **Ν. 4951/2022** αφορά : «Εκσυγχρονισμός της αδειοδοτικής διαδικασίας Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας – Β΄ φάση, Αδειοδότηση παραγωγής και αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, πλαίσιο ανάπτυξης Πιλοτικών Θαλάσσιων Πλωτών Φωτοβολταϊκών Σταθμών και ειδικότερες διατάξεις για την ενέργεια και την προστασία του περιβάλλοντος». Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ της εργασίας περιγράφονται αναλυτικά,

- α) η αδειοδότηση των σταθμών ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ,
- β) οι διαδικασίες και τα χρονικά ορόσημα που απαιτούνται για την λήψη άδειας εγκατάστασης μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ
- γ) οι ρυθμίσεις για τις εξαιρούμενες μονάδες ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ [9].

Κεφάλαιο 4° : Μέθοδοι ενεργειακής επεξεργασίας βιομάζας.

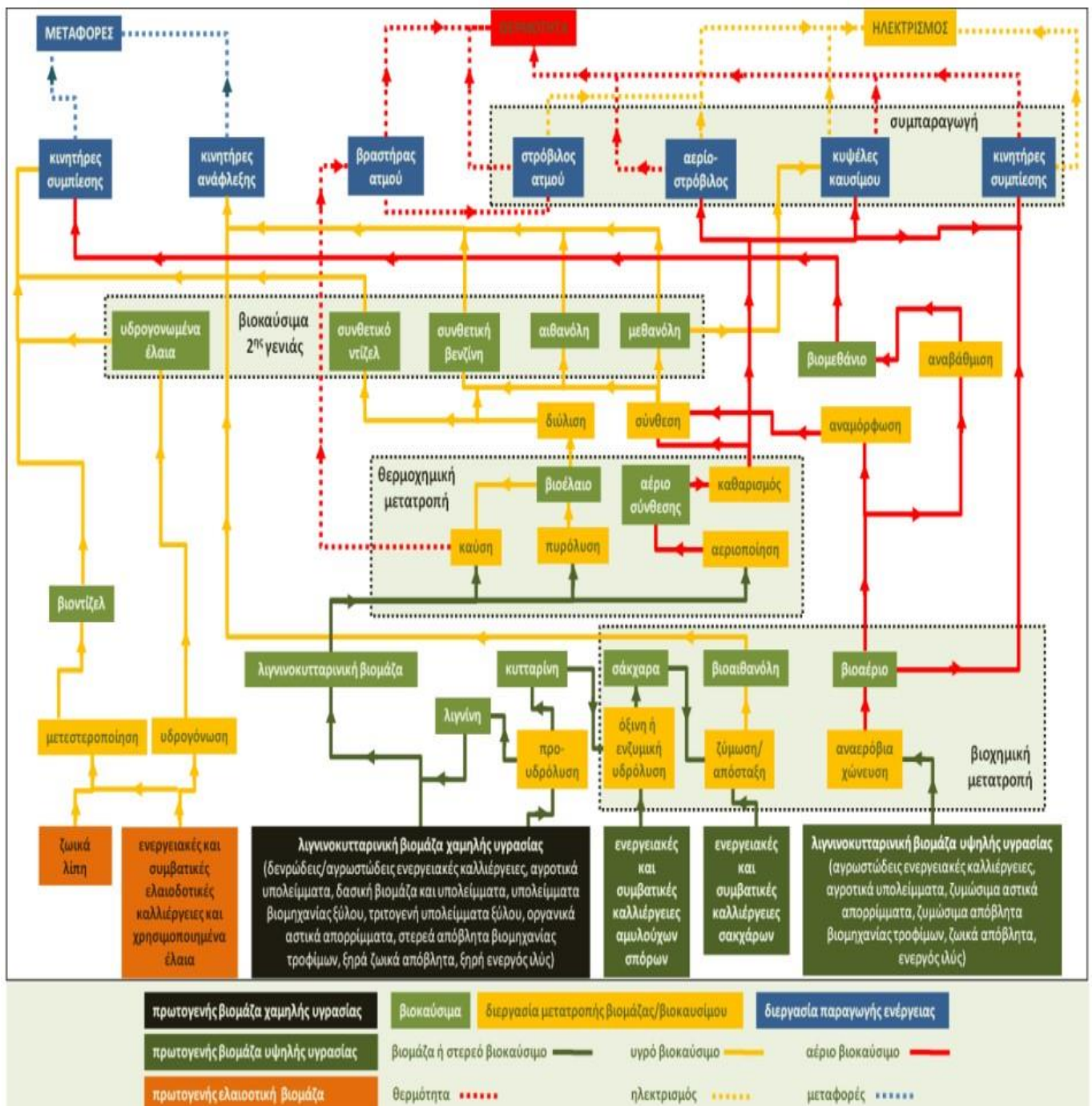
Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 2, η βιομάζα είναι ποικιλόμορφη και χαρακτηρίζεται από πολλές και διαφορετικές πρώτες ύλες. Η βιομάζα στην αρχική της μορφή αποτελείται από το ανόργανο και το οργανικό μέρος, καθώς και την υγρασία. Το ανόργανο μέρος είναι αυτό στο οποίο οφείλεται η τέφρα μετά την καύση, ενώ το οργανικό μέρος δεν περιέχει τέφρα και ονομάζεται αλλιώς και ξηρό μέρος. Το οργανικό μέρος της βιομάζας, ή αλλιώς το ξηρό μέρος αυτής χωρίς τέφρα, αποτελείται από την εξής στοιχειακή σύνθεση : οξυγόνο, υδρογόνο, άνθρακα και σε μικρότερο ποσοστό θείο και άζωτο (πίνακας 2.4).

Οι τρόποι με τους οποίους θα αξιοποιηθεί ενεργειακά η βιομάζα και η πρώτη ύλη αυτής έχει να κάνει με την περιεκτικότητα τέφρας του ανόργανου μέρους αυτής, αλλά και του ποσοστού υγρασίας της φυσικής βιομάζας, οι διακυμάνσεις των οποίων (τέφρας και υγρασίας) ποικίλουν αναλόγως της πρώτης ύλης που θα χρησιμοποιηθεί. Οι μέθοδοι και οι τεχνολογίες βάσει των οποίων, μπορεί να αξιοποιηθεί ενεργειακά το σύνολο της βιομάζας και των πρώτων υλών αυτής (πίνακας 2.1), φαίνονται στο σχήμα 4.1, όπου αναδεικνύεται όλη η τεχνολογική πρόοδος κάλυψης των σημαντικότερων ενεργειακών αναγκών μιας σύγχρονης κοινωνίας. Ανάγκες οι οποίες έχουν να κάνουν με την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας αλλά και με τις ανάγκες καυσίμων για τις μεταφορές. Οι τεχνολογικές επιλογές και διεργασίες για την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας προκειμένου αυτή να μετασχηματιστεί σε βιοενέργεια (ηλεκτρική, θερμική, μεταφορές) είναι πάρα πολλές και αποτελούν συνάρτηση των τύπων και χαρακτηριστικών της πρώτης ύλης, των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, της εκάστοτε ενεργειακής ζήτησης και του οικονομικού αποτελέσματος της κάθε τεχνολογικής επιλογής.

Όπως προαναφέρθηκε η υγρασία και η τέφρα της πρώτης ύλης της βιομάζας θα καθορίσουν και την τεχνολογική επιλογή ενεργειακής αξιοποίησης της. Για παράδειγμα πρώτες ύλες βιομάζας με μεγάλο ποσοστό υγρασίας όπως νωπά ζωικά απόβλητα, αγρωστώδης καλλιέργειες, πρωτογενής ενεργός ιλύς, κ.ά. είναι προτιμότερες για την υιοθέτηση βιοχημικών μεθόδων όπως η αναερόβια χώνευση για την παραγωγή βιοαερίου και στην συνέχεια ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά επίσης και για την παραγωγή βιοαιθανόλης.

Αντίθετα, στην περίπτωση πρώτων υλών βιομάζας με χαμηλό ποσοστό υγρασίας μικρότερο του 20%, επιλέγονται οι θερμοχημικές μέθοδοι ενεργειακής αξιοποίησης τους, όπως η πυρόλυση, η αεριοποίηση ή καύση σε περίσσεια αέρα. Σε όλες όμως τις περιπτώσεις επιλογής βιοχημικών ή θερμοχημικών μεθόδων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας σημαντικό κριτήριο αποτελεί το ποσοστό που έχει το ενεργειακό περιεχόμενο του οργανικού μέρους της πρώτης ύλης, το οποίο θα πρέπει να καταναλωθεί προκειμένου να επιτευχθεί η ξήρανσή της. Για παράδειγμα εάν μια πρώτη ύλη βιομάζας έχει τόσο υψηλή εργασία, έτσι ώστε η ενέργεια (θερμότητα) που απαιτείται για την ξήρανσή της είναι μεγαλύτερη ή ίση με την θερμογόνο δύναμη του ξηρού μέρους, τότε αποκλείονται οι θερμοχημικές μέθοδοι. Επίσης ακόμη ένας παράγοντας που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη για την επιλογή μεθόδου, είναι το ποσοστό της λιγνίνης που βρίσκεται στο οργανικό μέρος της πρώτης ύλης, καθώς και η αναλογία ανόργανου και οργανικού μέρους της βιομάζας. Για παράδειγμα, σε πρώτες ύλες βιομάζας όπως τα δασικά υπολείμματα, δενδρώδεις ενεργειακές καλλιέργειες (λεύκα, ιτιά, κ.ά.), υπολείμματα ξύλου κ.λ.π. τα οποία έχουν πολύ υψηλά ποσοστά περιεκτικότητας σε λιγνίνη η οποία είναι δύσκολο να αποδομηθεί βιοχημικά, αποφεύγεται η χρήση βιοχημικών μεθόδων και προτιμώνται οι θερμοχημικές.

Πέραν των δύο παραπάνω τεχνολογικών επιλογών (θερμοχημικές και βιοχημικές) η μηχανική εξαγωγή ελαίων, καθώς και μετεστεροποίησή τους για την παραγωγή βιοντίζελ ή η διεργασία της υδρογόνωσης, αποτελούν επίσης έναν τρίτο τεχνολογικό δρόμο προκειμένου να επιτευχθεί η ενεργειακή αξιοποίηση αυτής της κατηγορίας πρώτων υλών βιομάζας.



Σχήμα 4.1 Τεχνολογίες και διεργασίες ενεργειακής αξιοποίησης πρώτων υλών βιομάζας [11].

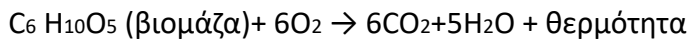
- **Μέθοδοι θερμοχημικής ενεργειακής αξιοποίησης πρώτων υλών βιομάζας (ξηρές)**
 - Άμεση καύση (μετατροπή σε θερμότητα της χημικής ενέργειας των πρώτων υλών βιομάζας)
 - Αεριοποίηση (ατελής καύση των πρώτων υλών βιομάζας και μερική οξείδωση αυτών)
 - Πυρόλυση (θερμική αποδόμηση πρώτων υλών βιομάζας - εσώθερμη θερμοχημική διαδικασία – θέρμανση πρώτων υλών βιομάζας σε Συνθήκες έλλειψης οξυγόνου)
 - Υδρογονοποίηση (εμπλουτισμός με υδρογόνο)

- **Χημικές μέθοδοι (υγρές)**
 - Εστεροποίηση (μετατροπή με χημικές διεργασίες των φυτικών ελαίων σε ελαιοεστέρες)
- **Μέθοδοι Βιοχημικής ενεργειακής αξιοποίησης πρώτων υλών βιομάζας (υγρές)**
 - Αναερόβια χώνευση (μετατροπή πρώτων υλών βιομάζας με μικροοργανισμούς (ζύμωση) σε συγκεκριμένες συνθήκες)
 - Οξειδική υδρόλυση (με χρήση θερμότητας και οξέων)
 - Ενζυμική υδρόλυση (χρησιμοποιώντας γενετικά τροποποιημένα ένζυμα)
 - Ζύμωση
- **Μηχανική μετατροπή**

4.1 Θερμοχημικές Μέθοδοι

4.1.1 Άμεση καύση βιομάζας

Η καύση αποτελεί την μέθοδο μετατροπής των πρώτων υλών της βιομάζας σε θερμότητα και περιγράφεται από την εξής συνάρτηση :



Η θερμότητα αυτή χρησιμοποιείται :

1. Άμεσα (για Θέρμανση ή ξήρανση)
2. Έμμεσα για συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού (κίνηση στροβίλου με την χρήση ατμού)

Το ποσοστό υγρασίας (νερό) της βιομάζας αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την καύση της.

Πρώτες ύλες βιομάζας με περιεκτικότητα σε υγρασία (νερό) μικρότερη του 15% όπως τα καυσόξυλα, γεωργικά υπολείμματα (άχυρα, καλάμια, υπολείμματα ξύλου, κ.ά.) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την καύση. Ο τρόπος καύσης επηρεάζει την θερμαντική αξία πρώτων υλών όπως τα γεωργικά και δασικά υπολείμματα, όπου για παράδειγμα εάν αυτά οδηγηθούν σε βιομηχανικούς κλιβάνους η απόδοση φτάνει στο 40%, ενώ εάν οδηγηθούν σε παραδοσιακά τζάκια η θερμαντική απόδοση είναι μεταξύ 5 και 20%.

Η θερμοκρασία των καυσαερίων φτάνει 800 -1000°C.

- Όλες οι πρώτες ύλες βιομάζας είναι εφικτό να καούν αλλά όταν η υγρασία είναι μεγαλύτερη από το 50% η καύση δεν είναι πρακτική
- Η καύση πρώτων υλών βιομάζας έχει εφαρμογή σε πολύ μικρές ανάγκες π.χ. οικιακές, μέχρι και βιομηχανικές 5 - 500 MW.
- Η Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας υψηλών αποδόσεων (ΣΗΘΥΑ) είναι πιο ενδεδειγμένη λύση.

Η θερμοχημική μέθοδος της καύσης έχει ως αποτέλεσμα την έκλυση θερμότητας, διοξειδίου του άνθρακα(CO₂), και ελάχιστες ποσότητες διοξειδίου του θείου(SO₂) οι οποίες δεν επιφέρουν περιβαλλοντική επιβάρυνση. Επίσης εκλύονται μικροποσότητες οξειδίων του αζώτου (NO_x), μονοξειδίου

του άνθρακα (CO) και άκαυστα αέρια υδρογονανθράκων, τα οποία δεν προκαλούν καμία ρύπανση στην ατμόσφαιρα.

4.1.2 Πυρόλυση βιομάζας

Πυρόλυση είναι η διαδικασία με την οποία επιτυγχάνεται η ενεργειακή μετατροπή των πρώτων υλών βιομάζας, εφόσον θερμανθεί η φυτική ύλη η οποία αποσυντίθεται. Η διαδικασία η οποία γίνεται σε συνθήκες έλλειψης οξυγόνου παράγει βιοέλαιο, βιοάνθρακα και βιοάεριο. Η θερμοκρασία κυμαίνεται από 500-600 °C όπου μέρος της βιομάζας χρησιμοποιείται για την ίδια διαδικασία της πυρόλυσης. Οι πρώτες ύλες βιομάζας δεν θα πρέπει να έχουν περιεκτικότητα σε νερό περισσότερο του 40%. Για τις ενεργειακές ανάγκες της διαδικασίας της πυρόλυσης απαιτείται να καταναλωθεί το 10% του αερίου που παράγεται, ενώ η ενεργειακή απόδοση προσεγγίζει το 90%. Δεν απαιτούνται μεγάλα ποσά ενέργειας από εξωτερικές πηγές καθώς η αντίδραση είναι ισόθερμη. Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά της πυρόλυσης είναι :

- Υψηλοί ρυθμοί θέρμανσης και μεταφοράς θερμότητας
- Λεπτόκοκκη τροφοδοσία (~2 mm), με 10% υγρασία
- Προσεκτική ρύθμιση θερμοκρασίας αντίδρασης (500 °C) και θερμοκρασίας αερίου (400 – 450 °C)
- Μικρός χρόνος παραμονής αερίου

	Χρόνος	Ρυθμός Θέρμανσης	Θερμοκρασία	Προϊόντα
Αργή	Ώρες	Πολύ χαμηλός	400°C	Εξανθράκωμα
Συμβατική	300-1800sec	Χαμηλός	600°C	Υγρά Αέρια Εξανθράκωμα
Ταχεία	0,5 – 5 sec	Υψηλός	650°C	Υγρά
	< 1 sec		<650°C	Υγρά
Ταχεία	< 1 sec		>650°C	Χημικά
Ακαριαία	< 0.5 sec	Πολύ υψηλός	1000°C	Αέριο σύνθεσης
				Χημικά Αέριο σύνθεσης

Πίνακας 4.1 Μέθοδοι πυρόλυσης [14]

Το ενεργειακό προϊόν που προκύπτει από την μέθοδο της πυρόλυσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την θέρμανση χώρων σε οικίες αλλά και για την παραγωγή νερού, όπως επίσης στον αγροτικό τομέα, σε θερμοκήπια για την θέρμανση τους και σε ξηραντήρια για την ξήρανση των παραγόμενων γεωργικών προϊόντων. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη βιομηχανία όπου μπορούν να παραχθούν υγρά και αέρια καύσιμα.

4.1.3 Αεριοποίηση βιομάζας

Η αεριοποίηση βιομάζας γενικά χρησιμοποιείται παγκοσμίως και είναι γνωστή στην χημική βιομηχανία για πάνω από 75 χρόνια, ενώ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιείται εδώ και 35 χρόνια.

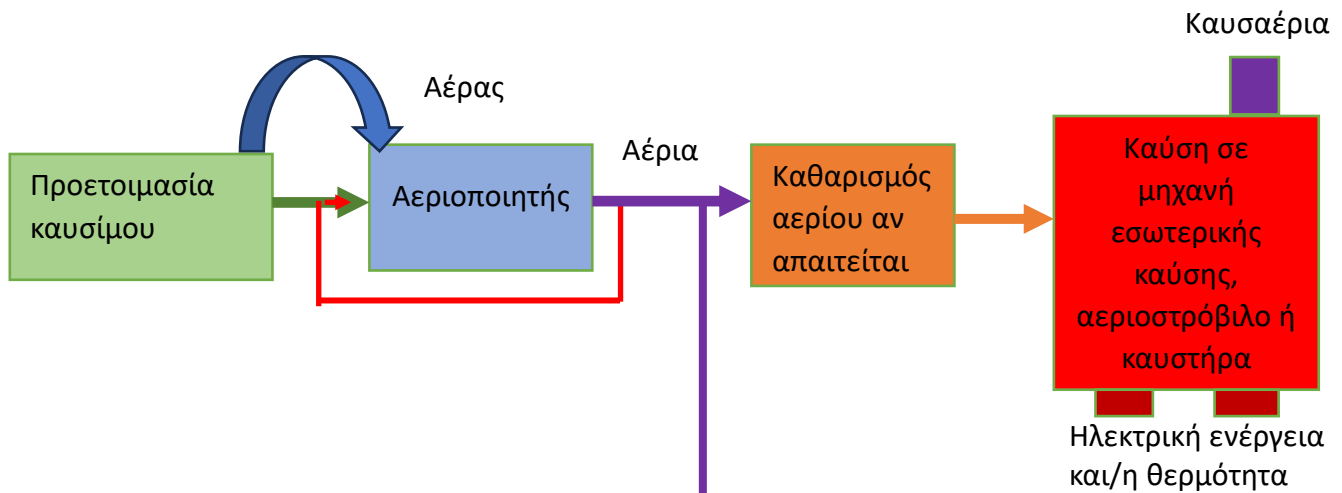
Η αεριοποίηση μετατρέπει τις πρώτες ύλες βιομάζας σε αέριο εφόσον πρώτα έχει προηγηθεί η πυρόλυση της βιομάζας. Αρχικά η οργανική ύλη της βιομάζας περνά από την διαδικασία της πυρόλυσης, αντιδρά με τον αέρα ή το οξυγόνο και στη συνέχεια διασπάται σε μικρότερα μόρια, με αποτέλεσμα να αφαιρούνται οι ρύποι και οι προσμίξεις. Το παραγόμενο αέριο αυτό μίγμα ονομάζεται αέριο σύνθεσης (syngas), όπου στη συνέχεια μπορεί να αξιοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θερμότητας, βιοκαύσιμα κλπ. Το αέριο σύνθεσης έχει μεγάλη θερμογόνο δύναμη και είναι κατάλληλο για χρήση σε λέβητες, ή σε μηχανές εσωτερικής καύσης (Μ.Ε.Κ) για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας.

Βασικά χαρακτηριστικά της μεθόδου αεριοποίησης:

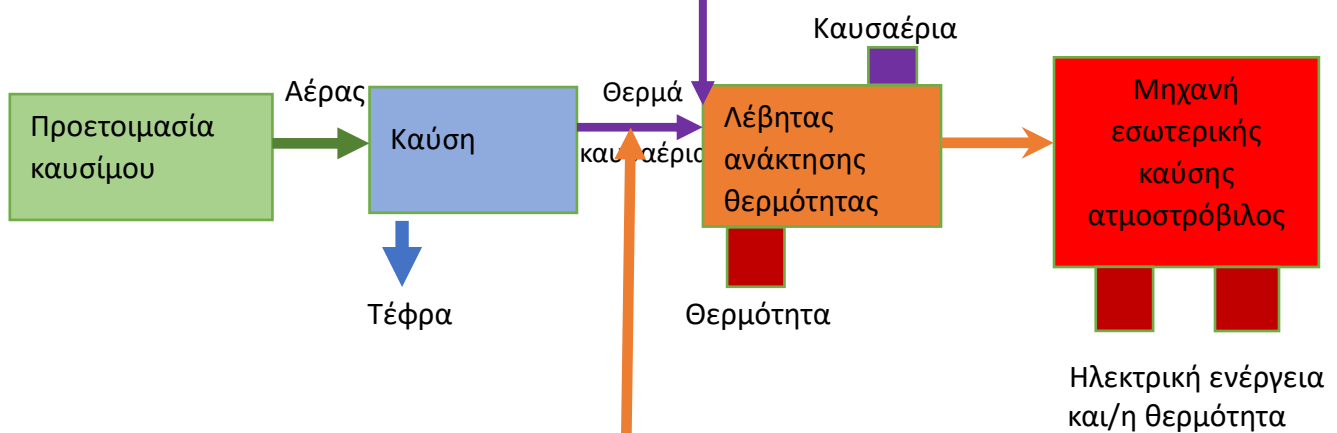
- Λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε πτητικά συστατικά (70-85% σε ξηρό μέρος) η βιομάζα είναι κατάλληλη για αεριοποίηση.
- Το αέριο σύνθεσης (syngas) αποτελεί μίγμα υδρογόνου, μονοξειδίου του άνθρακα, μεθανίου και περικλείει μικρές ποσότητες υδρογονανθράκων και διοξειδίου με χαμηλή θερμομαντική δύναμη (4-6 MJ/Nm³)
- Το αέριο σύνθεσης εφόσον καθαριστεί από ρυπογόνες ουσίες (π.χ. αλκάλια) με χρήση ειδικών συστημάτων καθαρισμού και ταυτόχρονα απομακρυνθεί η τέφρα μέσω ειδικών φίλτρων, αποκτά ενεργειακό περιεχόμενο το οποίο ισούται περίπου με το 20-25% του φυσικού αερίου.
- Το αέριο σύνθεσης είναι κατάλληλο για να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για την τροφοδοσία αεριοστροβίλων για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ή ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοκαυσίμων.

Η αεριοποίηση βιομάζας ως τεχνολογία είναι πολυπλοκότερη σε σχέση με άλλες μεθόδους ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας, όπως της καύσης καθώς επίσης έχει και περιορισμένες εφαρμογές. Η μεγάλη όμως ενεργειακή απόδοσή της, έχει κινήσει το ενδιαφέρον και έχει αυξήσει την εφαρμογή της, σε μονάδες ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας από τις πιο μικρές έως τις πιο μεγάλες (σε ισχύς) [12].

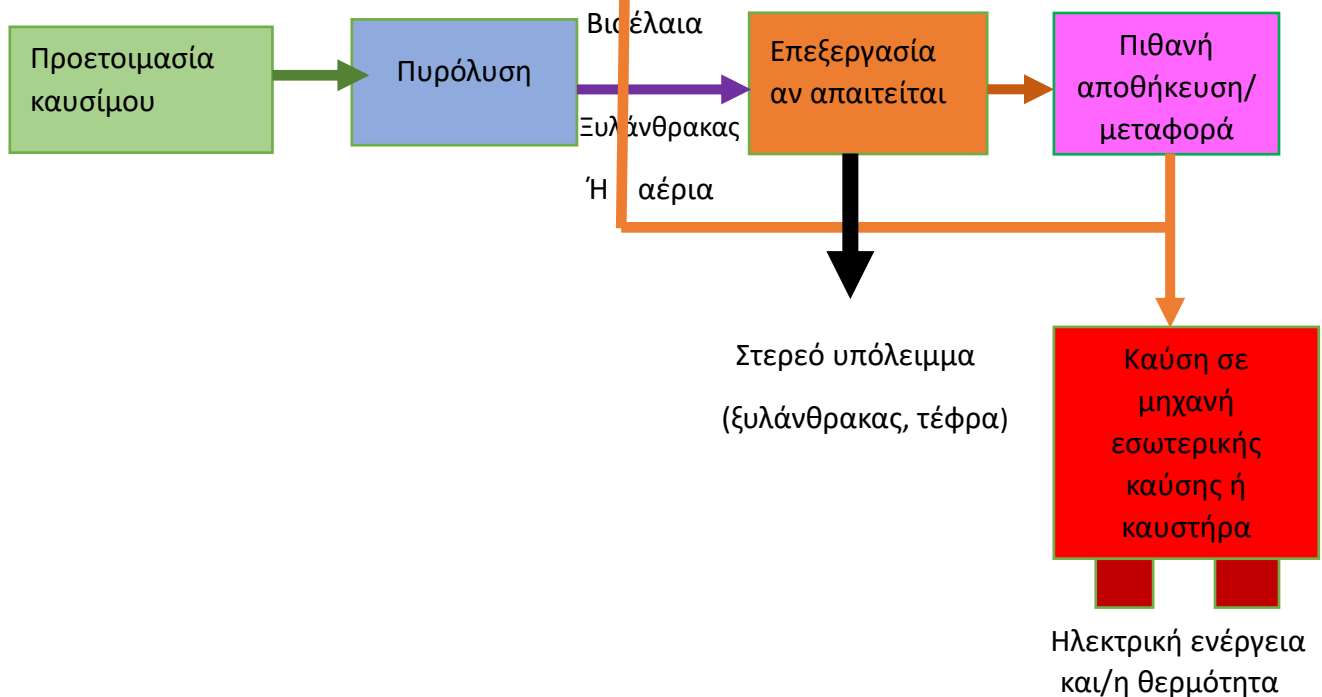
ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ



ΚΑΥΣΗ



ΠΥΡΟΛΥΣΗ



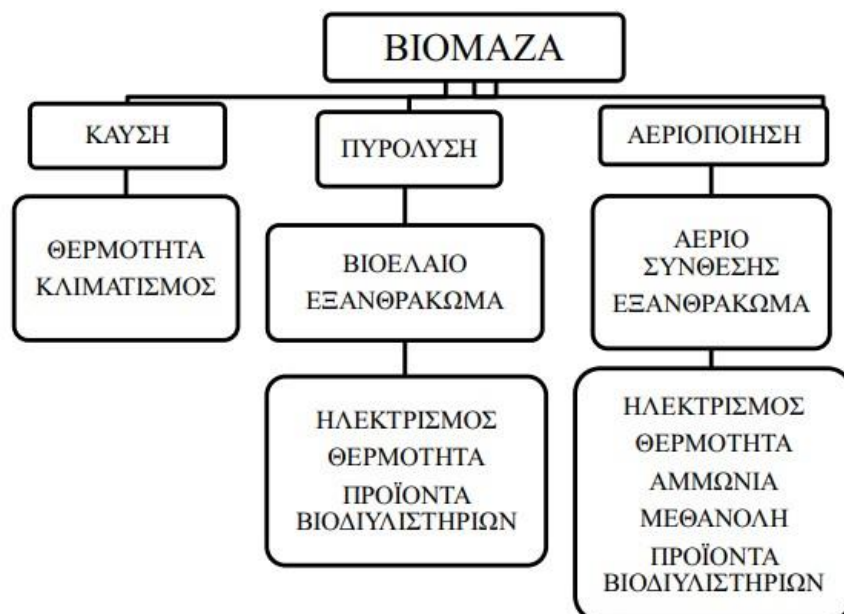
Σχήμα 4.2 Τεχνολογίες θερμικής αξιοποίησης βιομάζας.

Πηγή: <http://users.itia.ntua.gr/nikos/energy/ene-biomass.pdf>

4.1.4 Υδρογονοδιάσπαση βιομάζας.

Με την τεχνολογία της υδρογονοδιάσπασης σε συνθήκες θερμοκρασίας από 250 έως 500°C και πίεσης 150atm γίνεται εμπλουτισμός με υδρογόνο προκειμένου να παραχθεί το καύσιμο.

Στο παραγόμενο προϊόν το οποίο είναι οξυγονωμένο ρευστό η ενεργειακή του πυκνότητα ($\approx 10\text{kWh/kg}$), είναι πολύ μεγάλη, σε σύγκριση πάντα με τα έλαια που προκύπτουν από την πυρόλυση. Επίσης το κόστος της τεχνολογίας είναι υψηλό καθώς απαιτούνται υψηλές πιέσεις, και η προεργασία των πρώτων υλών βιομάζας, περιορίζουν το ενδιαφέρον για την εν λόγω τεχνολογία.[13]



Σχήμα 4.3 Θερμικές διεργασίες αξιοποίησης της βιομάζας [47].

4.2 Χημικές μέθοδοι βιομάζας (υγρές)

4.2.1 Εστεροποίηση

Με τη μέθοδο της εστεροποίησης επιτυγχάνεται η μετατροπή φυτικών ελαίων σε εστέρες. Με την παρουσία κάποιου καταλύτη (υδροξείδιο του καλίου (KOH), και μεθυλίου ή αιθυλίου, τα φυτικά έλαια μετατρέπονται σε μεθυλεστέρες ή αιθυλεστέρες.

Οι εστέρες που παράγονται χρησιμοποιούνται ως βιοκαύσιμο στις μηχανές. Το βιοκαύσιμο με τους ταχύτερους ρυθμούς ανάπτυξης είναι το βιοντίζελ. Το βιοντίζελ RME (μεθυλεστέρας) το οποίο παράγεται από την επεξεργασία σπόρων αγριοκράμβης είναι από τα πλέον πιο γνωστά και χρησιμοποιείται σε Μ.Ε.Κ ντίζελ. Το πλεονέκτημα των βιοκαυσίμων αυτού του τύπου είναι ότι περιέχουν λιγότερα καυσαέρια συγκριτικά με το πετρέλαιο, το οποίο συμβάλει στην μείωση των εκπομπών του θερμοκηπίου. Επίσης εκλύουν μειωμένες εκπομπές διοξειδίου του θείου, έχοντας ως αποτέλεσμα τον περιορισμό του φαινομένου της όξινης βροχής, καθώς επίσης και των πνευμολογικών διαταραχών στον άνθρωπο. Το κύριο μειονέκτημα τους, αφορά το αυξημένο κόστος και την μικρότερη ενεργειακή ικανότητα συγκριτικά με την βιοαιθανόλη, καθώς και την προερχόμενη δυσσομία, η οποία προκύπτει όταν η εστεροποίηση χρησιμοποιείται αυτόνομα [13].

4.3 Βιολογικές μέθοδοι βιομάζας

4.3.1 Ζύμωση βιομάζας

Η παραγωγή του βιοκαυσίμου αιθανόλης επιτυγχάνεται με την επεξεργασία πρώτων υλών βιομάζας όπως οι αγροτοδοσικές πρώτες ύλες, καθώς και από υποπροϊόντα μηδαμινής άλλης χρησιμότητας. Επίσης μπορεί να παραχθεί από την υπολειμματική βιομάζα του σιταριού, και του αραβόσιτου τα οποία αποτελούν αρκετά φθηνή πρώτη ύλη. Οι πρώτες ύλες βιομάζας αρχικά υδρολύονται με την παρουσία θεϊκού οξέος προκειμένου να παραχθεί μίγμα ξυλόζης και γλυκόλης. Στην συνέχεια ζυμώνονται τα σάκχαρα για την παραγωγή αιθανόλης. Η υπολειμματική λιγνίνη που προκύπτει από την υδρόλυση χρησιμοποιείται για παραγωγή ενέργειας με την μέθοδο της άμεσης καύσης ή της πυρόλυσης. Η ζύμωση πρώτων υλών βιομάζας αποτελεί εξώθερμη αντίδραση, το οποίο σημαίνει ότι εκλύεται θερμότητα προς το περιβάλλον [13].

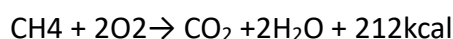
Το βιοκαύσιμο της αιθανόλης χαρακτηρίζεται από την φιλικότητα του προς το περιβάλλον και τα σημαντικότερα πλεονεκτήματά του, έχουν να κάνουν με την εύκολη παραγωγή του, την δυνατότητα ανάμιξης του με ορυκτά καύσιμα όπως το πετρέλαιο και η βενζίνη, την εφοδιαστική αλυσίδα του (άφθονη ύλη και εύκολη μεταφορά), την μείωση του όγκου των αστικών λυμάτων και την εξαιρετική ενεργειακή απόδοση του. Ενώ τα μειονεκτήματά έχουν να κάνουν με την αλλαγή ή μετατροπή των κινητήρων και το υψηλό κόστος [13].

4.3.2 Αναερόβια ζύμωση βιομάζας

Με τη μέθοδο της αναερόβιας προσφέρεται η δυνατότητα να παραχθεί ενέργεια και ταυτόχρονα να μειωθούν τα περιβαλλοντικά προβλήματα που δημιουργούνται από τα αγροτοβιομηχανικά, οργανικά και αστικά υπολείμματα. Το υπόλειμμα της διαδικασίας συνιστά ένα πολύ καλής ποιότητας λίπασμα το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη γεωργία. Στην ουσία η αναερόβια ζύμωση αποτελεί ένα σύνολο βιοχημικών αντιδράσεων τους οποίους προκαλούν οι μικροοργανισμοί των πρώτων υλών βιομάζας που χρησιμοποιούνται. Η διαδικασία αυτή χρησιμοποιείται σε συνθήκες ελλείψεως αέρα για αυτό ονομάζεται και αναερόβια ζύμωση. Το παραγόμενο προϊόν των βιοχημικών αντιδράσεων είναι το βιοαέριο στο οποίο περιέχεται και μια μικρή ποσότητα μεθανίου. Το εναπομένον προϊόν αποτελεί πού καλό λίπασμα για τη γεωργία καθώς περιέχει μεταλλικά άλατα. Η μέθοδος της αναερόβιας ζύμωσης μπορεί να περιγραφεί με την εξής εξίσωση [13] :



Το ακατέργαστο βιοαέριο που παράγει η διαδικασία, περιέχει σε ποσοστό 95% μεθάνιο (CH₄) του οποίου η καύση θεωρείται ισοδύναμη με αυτή του φυσικού αερίου. Η καύση του μεθανίου εκλύει θερμότητα σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση :



Το παραγόμενο βιοαέριο μπορεί να οδηγηθεί σε μηχανές εσωτερικής καύσης (Μ.Ε.Κ) για την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας με απόδοση που να ξεπερνάει το 85%.

Το βασικότερα πλεονεκτήματά της μεθόδου αναερόβιας ζύμωσης είναι η εφοδιαστική αλυσίδα (μεταφορά, αποθήκευση) των πρώτων υλών βιομάζας που χρησιμοποιούνται και αφορά κυρίως την υπολειμματική γεωργική και κτηνοτροφική βιομάζα, καθώς επίσης το μικρό κόστος της συγκριτικά με

άλλες μεθόδους και η μείωση των εκπομπών του θερμοκηπίου. Τα μειονεκτήματα της μεθόδου έχουν να κάνουν με τις μεγάλες ποσότητες νερού που απαιτούνται καθώς και με το κόστος αποθήκευσης του παραγόμενου αερίου (σε χαμηλή θερμοκρασία και υψηλές πιέσεις).

4.3.3 Υδρόλυση βιομάζας

Με τη μέθοδο της υδρόλυσης οι πρώτες ύλες βιομάζας προεργάζονται προκειμένου να ζυμωθούν και να παραχθεί βιοενέργεια. Η εφαρμογή της μεθόδου αυτής γίνεται σε πρώτες ύλες βιομάζας που αποτελούνται από κυτταρίνες και ημικυτταρίνες, προκειμένου να εξαχθεί από αυτές η γλυκόζη, έτσι ώστε στη συνέχεια να ζυμωθεί για να παραχθεί η αιθανόλη. Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθότι οι πρώτες ύλες βιομάζας που αποτελούνται από κυτταρίνες και ημικυτταρίνες είναι άφθονες σε παγκόσμιο επίπεδο φτάνοντας στο 40% περίπου. Το μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι έχει κόστος επεξεργασίας αρκετά υψηλό, καθιστώντας την ασύμφορη οικονομικά με αποτέλεσμα να μην εφαρμόζεται ευρέως [13].

4.4 Μηχανικές μέθοδοι και είδη βιομάζας

Οι μηχανικές μέθοδοι βιομάζας έχουν να κάνουν με τη μετατροπή της πορώδους βιομάζας σε μορφή τέτοια ώστε, να είναι πιο αποδοτική και βολική στη διαχείριση της, καθώς επίσης και να μπορεί να καίγεται ευκολότερα. Η μετατροπή της σε συσσωματώματα μέσω της ξήρανσης και συμπίεσής της είναι πιο κατάλληλος τρόπος. Υπάρχουν τρεις τέτοιοι τρόποι μετατροπής της και τα σχετικά προϊόντα:

- Οι πελέτες (pellets)
- Τα τεμαχίδια ξύλου, ή θρύμματα ξύλου (woodchips)
- Οι μπρικέτες (πλίνθοι)

4.4.1 Πελέτες (pellets)

Οι πελέτες (pellets) αποτελούν πρώτες ύλες βιομάζας οι οποίες προτού αξιοποιηθούν ενεργειακά, συμπιέζονται με μηχανικό τρόπο παίρνοντας την τελική μορφή μικρών κυλίνδρων (εικόνα 4.1). Οι διαστάσεις των πελλετών είναι συνήθως 1-3 cm σε μήκος και περίπου 6-10cm σε διάμετρο. Το επίπεδο υγρασίας τους καθορίζει και το ενεργειακό περιεχόμενό τους. Έτσι, πελέτες με υγρασία μικρότερη του 10% έχουν ενεργειακό περιεχόμενο 16 έως 19MJ/kg, σύμφωνα πάντα με το είδος των πρώτων υλών χρησιμοποιούμενης βιομάζας. Γενικά ισχύει 2 κιλά πελλετών ισούται ενεργειακά με 1 λίτρο πετρελαίου. Πρώτες ύλες βιομάζας για τις πελέτες αποτελούν: η υπολειμματική δασική βιομάζα, τα υπολείμματα γεωργικών καλλιεργειών (άχυρα κ.ά.), ενεργειακές καλλιέργειες (καλάμι, ιτιά, μίσχανθος, αγριαγκινάρα κλπ), κλαδοδέματα, υποπροϊόντα ξυλουργείων και προιονιστηρίων, ελαιοπυρηνόξυλα κ.λ.π. Οι πελέτες που προέρχονται από την υπολειμματική αγροτική βιομάζα ονομάζονται *agripellets*, ενώ αυτές που προέρχονται από δασική βιομάζα και υπολείμματα ξυλουργείου ονομάζονται *woodpellets*.



Εικόνα 4.1 Πελέτες

Οι πελέτες χρησιμοποιούνται ως καύσιμο για θέρμανση χώρων σε κατοικίες, σε εμπορικές και βιομηχανικές επιχειρήσεις, καθώς επίσης και σε μονάδες συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας υψηλής θερμότητας (ΣΗΘΥΑ).

4.4.2 Τεμαχίδια ξύλου ή Θρύμματα ξύλου (woodchips)

Τα τεμαχίδια ξύλου αποτελούν μικρά τεμάχια ξύλου με μήκος τα 5 έως 50 mm. Η ποιότητα και τα χαρακτηριστικά των τεμαχιδίων ξύλου εξαρτώνται από τις πρώτες ύλες βιομάζας και την τεχνολογία παραγωγής τους. Συνήθως οι πρώτες ύλες παραγωγής είναι ξυλώδη υπολειμματική βιομάζα, άλλη ξυλώδη βιομάζα ακατάλληλη για άλλες χρήσεις προερχόμενη από μονάδες επεξεργασίας ξύλου, τμήματα δέντρων υπολείμματα από την υλοτόμηση δέντρων, κλπ.



Εικόνα 4.2 Θρύμματα Ξύλου

Η παραγωγή των τεμαχιδίων ξύλου πρέπει να είναι πιστοποιημένη για να επιτυγχάνονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της πρώτης ύλης. Για παράδειγμα κομμάτια πρώτης ύλης μεγαλύτερα από το απαιτούμενο τυποποιημένο μέγεθος μπορούν να δημιουργήσουν πρόβλημα, μπλοκάροντας το αυτόματο σύστημα τροφοδοσίας του εξοπλισμού ενεργειακής αξιοποίησής τους. Τα τεμαχίδια ξύλου συγκριτικά με τις πελέτες είναι φθηνότερα και χρησιμοποιούνται ευρέως σε σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που λειτουργούν με πρώτη ύλη τη βιομάζα.

4.4.3 Μπρικέτες (πλίνθοι)

Οι μπρικέτες παράγονται με έκθλιψη συμπιέζοντας μικρές ποσότητες πρώτων υλών βιομάζας έτσι ώστε να απομακρυνθεί η περιεχόμενη υγρασία και να σπάσουν οι ελαστικές ίνες. Η μορφή τους είναι συνήθως κυκλική ή παραλληλεπίπεδη με διαστάσεις 6cm - 8cm μήκος, με πολλαπλάσια πυκνότητα από τις αρχικές πρώτες ύλες βιομάζας.



Εικόνα 4.3 Μπρικέτες

Κεφάλαιο 5° : Αεριοποίηση βιομάζας

5.1 Γενικά - Ιστορικό

Η μέθοδος της αεριοποίησης αποτελεί την διεργασία αυτή όπου ένα στερεό υλικό που περιέχει άνθρακα μπορεί να μετατραπεί σε αέριο, όπως π.χ. ο γαιάνθρακας ή διάφορες πρώτες ύλες βιομάζας. Η αεριοποίηση ανήκει στις θερμοχημικές μεθόδους ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας, όπου οι πρώτες ύλες βιομάζας θερμαίνονται σε υψηλές θερμοκρασίες δημιουργώντας το αέριο σύνθεσης. Το αέριο σύνθεσης ή αλλιώς syngas αποτελείται κυρίως από υδρογόνο και μονοξείδιο του άνθρακα και είναι κατάλληλο για την παραγωγή ενέργειας, καυσίμων (υγρών και αέριων) καθώς επίσης και για την παραγωγή διάφορων χημικών ουσιών [16].

Δεδομένου ότι οι πρώτες ύλες βιομάζας περιέχουν ήδη οξυγόνο πλεονεκτούν έναντι του άνθρακα στην διαδικασία της αεριοποίησης, γιατί επιτυγχάνουν χαμηλότερες θερμοκρασίες αεριοποίησης τους.

Η ανακάλυψη της τεχνολογίας της αεριοποίησης είναι πάρα πολύ παλιά.

Το 1609 ο Jan Baptista Van Helmont, ένας Βέλγος χημικός και φυσικός, ανακάλυψε ότι μπορεί να παραχθεί αέριο από τη θέρμανση ξύλου ή λιθάνθρακα.

Μετά την ανακάλυψη αυτή, αρκετοί βοήθησαν στην ανάπτυξη και τη βελτίωση της διεργασίας της αεριοποίησης [15]:

- Το 1669 ο Thomas Shirley εκτελεί διάφορα πειράματα με «ανθρακούχο υδρογόνο».
- Στα τέλη του 17ου αιώνα, ο John Clayton πειραματίζεται με διατάξεις διαχωρισμού του αερίου ,που παράγεται από λιθάνθρακα.
- Το 1788 ο Robert Gardner, γίνεται ο πρώτος που αποκτά δίπλωμα ευρεσιτεχνίας, που αφορά τη διεργασία της αεριοποίησης.
- Το 1791 ο John Barber λαμβάνει το πρώτο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας, στο οποίο χρησιμοποιήθηκε αέριο προϊόν, για να κινήσει μια μηχανή εσωτερικής καύσης, η οποία περιλάμβανε όλα τα σημαντικά χαρακτηριστικά ενός επιτυχημένου αεριοστρόβιλου.
- Το 1798 για πρώτη φορά, συλλαμβάνεται η ιδέα αεριοποίησης βιομάζας, όταν ο Philippe Lebon, δοκιμάζει να αεριοποιήσει ξύλο.

Τα σημαντικότερα ορόσημα της αεριοποίησης αναφέρονται παρακάτω με την αύξουσα χρονολογική σειρά τους [15]:

- Το 1792 ο Σκωτσέζος μηχανικός William Murdoch πρώτος συνέλαβε την εμπορική δυνατότητα, που προσέφερε η θέρμανση λιθάνθρακα απουσία αέρα για την παραγωγή αερίου. Ο Murdoch χρησιμοποίησε αυτό το αέριο για να παρέχει φωτισμό στο σπίτι του, καθώς βελτίωνε τις μεθόδους που εφάρμοζε. Συνεργάστηκε με τους Matthew Boulton και τον μετέπειτα διάσημο κατασκευαστή ατμομηχανών James Watt για την ανάπτυξη και την εμπορική εκμετάλλευση συστημάτων βιομηχανικού φωτισμού, στην Αγγλία στο τέλος του 18ου αιώνα.
- Το 1807, το φωταέριο χρησιμοποιείται για τον φωτισμό των δρόμων του Λονδίνου, και μέχρι το 1816 το μεγαλύτερο μέρος της πόλης ήδη φωταγωγείται.
- Το 1804 δόθηκε για πρώτη φορά δίπλωμα ευρεσιτεχνίας στον Freidrich Winzer για φωτισμό από αέριο προερχόμενο από λιθάνθρακα. Η εταιρεία London and Westminster Gas Light & Coke

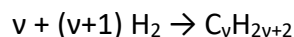
φωταγώγησε τη γέφυρα του Westminster το βράδυ της παραμονής πρωτοχρονιάς του 1813 χρησιμοποιώντας φωταέριο μέσω ξύλινων αγωγών.

- Η εταιρεία Baltimore Gas Company έγινε η πρώτη εταιρεία φωταερίου στις ΗΠΑ το 1816, παρέχοντας φωταέριο για το φωτισμό των δρόμων της Βαλτιμόρης.
- Μετά την εισαγωγή του φωταερίου στη Βαλτιμόρη, ο φωτισμός των δρόμων με τη χρήση του, εξαπλώθηκε σε όλες τις πόλεις των ανατολικών πολιτειών των ΗΠΑ, συμπεριλαμβανομένης της Βοστώνης το 1821, της Νέας Υόρκης το 1823 και της Φιλαδέλφειας το 1841.
- Την εποχή της βιομηχανικής επανάστασης και στις δυτικές χώρες, σχεδόν κάθε μεγάλη αστική περιοχή, είχε το δικό της εργοστάσιο μετατροπής του λιθάνθρακα σε φωταέριο για την παροχή καυσίμου, για το φωτισμό, τη θέρμανση και το μαγείρεμα.

Η τεχνολογία της αεριοποίησης έπαιξε ένα σημαντικό ρόλο ως τεχνολογία ενεργειακού εφοδιασμού, έως ότου ο Nicolas Tesla και ο Thomas Edison έφεραν την πρόοδο του ηλεκτρικού φωτισμού στη δεκαετία του 1880, αντικαθιστώντας το φωταέριο ως μέσο φωτισμού και θέρμανσης. Η αύξηση χρήσης του φυσικού αερίου στις αρχές του 20^{ου} αιώνα καθώς και η βελτίωση των υποδομών του, έδωσε την επιλογή χαμηλού κόστους για τις ανάγκες θέρμανσης και του μαγειρέματος με αποτέλεσμα να περιοριστεί η χρησιμότητα της αεριοποίησης, σε τομείς που δεν ήταν εφικτή η χρήση του φυσικού αερίου. Το σύνολο των αεριοποιητών που λειτουργούσαν πριν τον παγκόσμιο ανερχόταν στους 20.000.

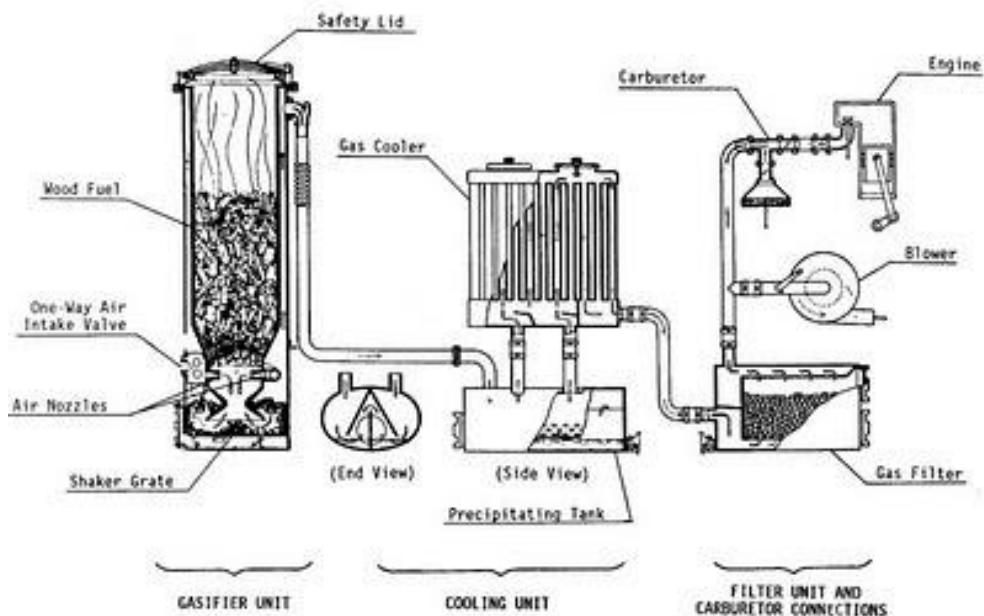
Η παραγωγή υγρών καυσίμων μέσω της διαδικασίας της αεριοποίησης που επιτευχθεί στην Γερμανία πριν το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο στάθηκε σταθμός για την ανάπτυξη της τεχνολογίας [17]. Προκείμενου να αποφευχθεί η εξάρτησή της από τα εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα καθώς και του εμπάρκου που είχε υποστεί προχώρησε στην ανάπτυξη μεθόδων οι οποίες θα επέτρεπαν την παραγωγή υγρών καυσίμων, δεδομένου και των πλούσιων αποθεμάτων λιθάνθρακα που είχε.

Ο Γερμανός χημικός Friedrich Bergius μεταξύ των ετών 1910 έως 1925, ανέπτυξε μια διεργασία υγροποίησης ή υδρογόνωσης του λιθάνθρακα σε πίεση από 200 έως 700 bar και θερμοκρασίες από 400°C έως 500°C. Η διαδικασία αυτή πήρε το όνομα του και ονομάζεται Bergius μέσω της οποίας επιτυγχάνεται η παραγωγή υγρών καυσίμων από τη μετατροπή του λιθάνθρακα [49].



Η γνωστή διεργασία Fischer-Tropsch (πήρε το όνομα της από τους Franz Fischer και Hans Tropsch) χρησιμοποιεί επίσης την υγροποίηση ή υδρογόνωση του λιθάνθρακα, όπου το παραγόμενο αέριο σύνθεσης μέσω της αεριοποίησης του λιθάνθρακα μετατρέπεται σε υγρά καύσιμα. Έως το τέλος του 2^{ου} παγκοσμίου πολέμου είχαν κατασκευαστεί στην Γερμανία 9 μονάδες Fischer – Tropsch και 12 μονάδες υδρογόνωσης λιθάνθρακα [17].

Ο Γερμανός Μηχανικός George Imbert το 1920 κατάφερε να αναπτύξει μια γεννήτρια παραγωγής «ξυλο-αερίου» η οποία προοριζόταν για την κίνηση των αυτοκινήτων [18].



Εικόνα 5.1 Γεννήτρια Imbert [18]

Πηγή : https://en.wikipedia.org/wiki/Georges_Imbert

Η γεννήτρια Imbert παράχθηκε μαζικά το 1931 και στο τέλος της δεκαετίας του '30 περίπου 9000 οχήματα τέτοιου τύπου κυκλοφορούσαν στην Ευρώπη. Στη συνέχεια υιοθετήθηκε από πολλές ευρωπαϊκές χώρες λόγω κυρίως της τεράστιας έλλειψης καυσίμων, με αποτέλεσμα όλα τα σχεδόν τα αυτοκίνητα στην Ευρώπη να κινούνται με αυτόν τον τρόπο (στην Γερμανία περίπου 500,000), οδηγώντας σε πολλές των περιπτώσεων σε εκτεταμένη αποδίαωση.

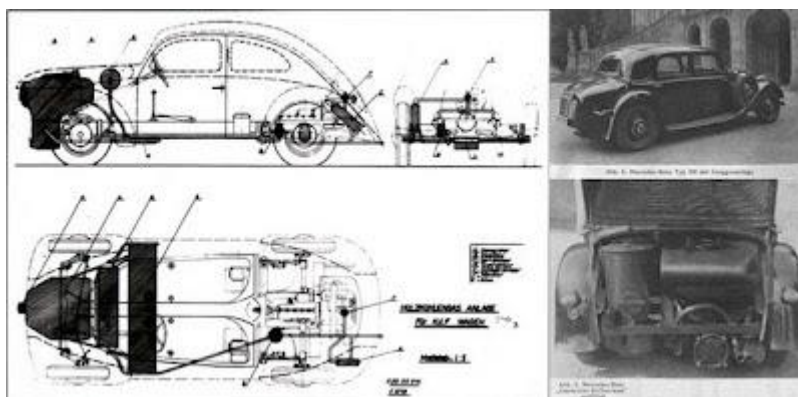


Εικόνα 5.2 Όχημα κινούμενο με ξύλο-αέριο [18]

Πηγή : https://en.wikipedia.org/wiki/Georges_Imbert

Τα παραπάνω στοιχεία αφορούν μόνο στα οχήματα των πολιτών και όχι αυτά στρατιωτικού τύπου. όπου και εκεί επίσης υιοθετήθηκε η τεχνολογία της αεριοποίησης βιομάζας για την παραγωγή υγρών καυσίμων πιο έντονα, με αποτέλεσμα κατά τον 2^ο παγκόσμιο πόλεμο να καλύπτονται οι πολεμικές στρατιωτικές

ανάγκες σε καύσιμα κατά 50% (στην αεροπορία κατά 70%). Τελειώνοντας ο πόλεμος λόγω εκ νέου της διαθεσιμότητας του πετρελαίου η τεχνολογία της αεριοποίησης άρχισε να εγκαταλείπεται. Στις σκανδιναβικές χώρες την δεκαετία του '50 λόγω της τεράστιας δασικής βιομάζας υπήρξε ενδιαφέρον αξιοποίησης της μεθόδου αεριοποίησης για την κίνηση οχημάτων με «ξύλο-αέριο» για προληπτικούς λόγους πιθανής μελλοντικής έλλειψης ορυκτών καυσίμων. Η αυτοκινητοβιομηχανία Volvo υποστήριξε το όλο εγχείρημα προκειμένου όλα τα οχήματα να μπορούσαν να κινηθούν με αυτόν τον τρόπο. Τα οχήματα αυτά αποτελούσαν μια πρακτική ανάγκης και δεν είχαν καμιά στιλιστική κομψότητα. Κάποιες ευρωπαϊκές εταιρείες όμως όπως η Mercedes και η Volkswagen προσπάθησαν να δώσουν κάποιες στιλιστικές προτάσεις κυρίως με στόχο να υποκρύπτουν τον ιδιαίτερο τεχνολογικό τρόπο κίνησης του οχήματος.



Εικόνα 5.3 Στιλιστική σχεδίαση αυτοκινήτων ξύλο-αερίου [18]

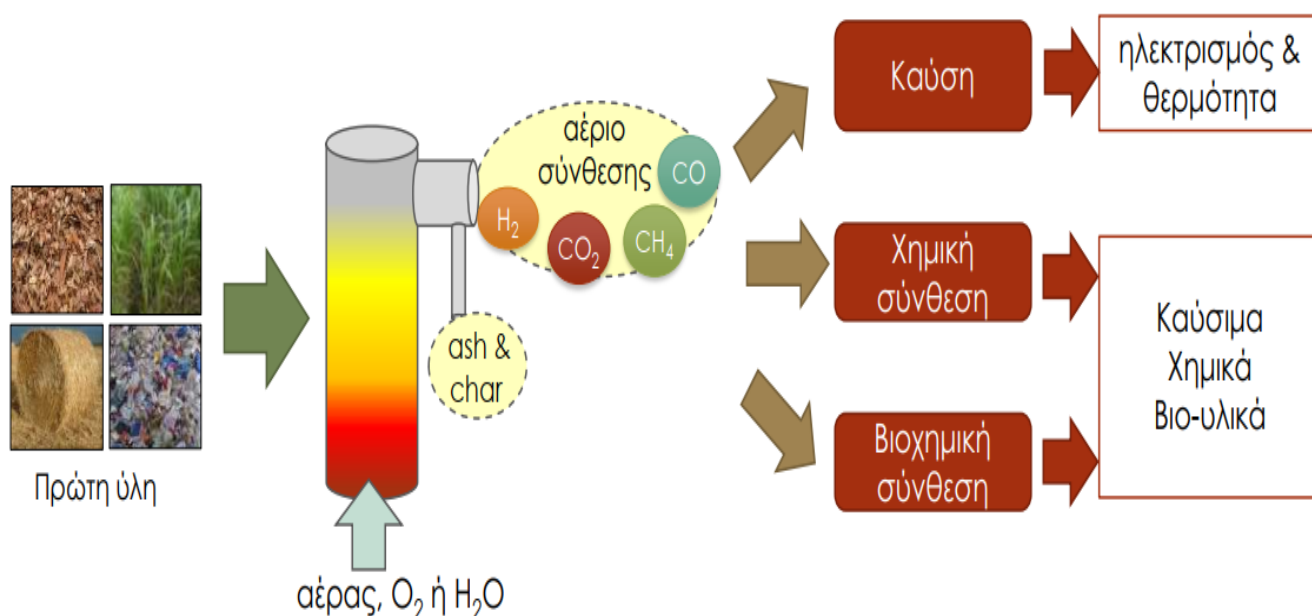
Στη σύγχρονη εποχή η πιθανή απότομη υιοθέτηση της κίνησης των οχημάτων με «ξύλο-αέριο» λόγω ξαφνικής έλλειψης ορυκτών καυσίμων θα ήταν καταστροφική για τα δάση, συνδυάζοντας την και με τις ανάγκες θέρμανσης τότε θα υπήρχαν τεράστια περιβαλλοντικά προβλήματα με πρώτο αυτό της εξαφάνισης κυριολεκτικά των δασών. Κατά συνέπεια ο σημερινός τρόπος ζωής δεν θα μπορούσε να υπηρετηθεί από μία τέτοια λύση, παρά μόνο ως λύση έκτακτης ανάγκης και αυτό για μικρό χρονικό διάστημα.



Εικόνα 5.4 Σύγχρονο όχημα με καύσιμο ξύλο-αέριο (Woodmobile) [18]




5.2 Ορισμός Αεριοποίησης

Η μέθοδος αεριοποίησης αποτελεί μια ενδόθερμη θερμική διεργασία με την οποία μετατρέπονται οργανικά ή ορυκτά καύσιμα τα οποία έχουν την βάση τους στον άνθρακα, σε καύσιμο αέριο. Το καύσιμο αυτό αέριο είναι μίγμα πολλών άλλων αερίων εκ των οποίων τα κύρια είναι : διοξείδιο και μονοξείδιο του άνθρακα (CO_2 , CO), υδρογόνο (H_2) και Μεθάνιο (CH_4). Υπόλοιπα αέρια που συμμετέχουν στο παραγόμενο αέριο είναι : ίχνη υδρογονανθράκων (π.χ. C_2H_6 , C_2H_4), υδρατμοί (H_2O), και άζωτο (N_2 , όταν χρησιμοποιείται αέρας για την διεργασία και όχι καθαρό οξυγόνο). Επίσης κατά την διεργασία της αεριοποίησης προκύπτουν ρυπαντές όπως τα σωματίδια πίσσας, αμμωνία, τέφρα και σύνθετοι υδρογονάνθρακες. Η παραγωγή του αέριου καυσίμου επιτυγχάνεται σε υψηλές θερμοκρασίες ($> 700^\circ\text{C}$) μέσω της αντίδρασης του υλικού, χωρίς καύση, αλλά με μία ελεγχόμενη ποσότητα οξυγόνου, αέρα, ή/και ατμού. Το παραγόμενο καύσιμο αέριο ονομάζεται αέριο σύνθεσης (syngas) και αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, καθώς οι ενώσεις αερίων που το δημιούργησαν λήφθηκαν από πρώτες ύλες βιομάζας [19].



Σχήμα 5.1 Ορισμός της αεριοποίησης βιομάζας [10]

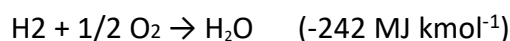
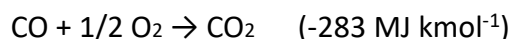
Η χημεία της αεριοποίησης είναι αρκετά πολύπλοκη και επιτυγχάνεται μέσω μιας σειράς φυσικών μετασχηματισμών και χημικές αντιδράσεις εντός του αεριοποιητή. Μερικές από τις σημαντικότερες χημικές αντιδράσεις παρουσιάζονται στον πίνακα 5.1.

	<p>Αεριοποίηση με Οξυγόνο (Gasification with Oxygen)</p> $C + 0.5 O_2 \longleftrightarrow CO$	<p>Σύνθεση Αερίου Και υπολείμματα</p>	<p>Στοιχείο</p>	<p>(Vol %)</p>
	<p>Οξείδωση άνθρακα (Combustion with Oxygen)</p> $C + O_2 \longleftrightarrow CO_2$	<p>H₂ CO</p>	<p>25 – 30 30 - 60</p>	
	<p>Αεριοποίηση με διοξείδιο του άνθρακα (Gasification with Carbon Dioxide)</p> $C + CO_2 \longleftrightarrow 2CO$	<p>CO₂ H₂O</p>	<p>5 – 15 2 - 30</p>	
	<p>Αεριοποίηση με Ατμό (Gasification with Steam)</p> $C + H_2O \longleftrightarrow CO + H_2$	<p>CH₄ H₂S</p>	<p>0 – 5 0.2 - 1</p>	
	<p>Αεριοποίηση με υδρογόνο (Gasification with Hydrogen)</p> $C + H_2O \longleftrightarrow CO + H_2$	<p>COS N₂</p>	<p>0 – 0.1 0.5 - 4</p>	
	<p>Μετατροπή υδρατμού - αερίου (Water-gas shift)</p> $CO + H_2O \longleftrightarrow H_2 + CO_2$	<p>Ar NH₃ + HCN</p>	<p>0.2 – 1 0 – 0.3</p>	
	<p>Μεθανοποίηση (Methanation)</p> $CO + 3H_2 \longleftrightarrow CH_4 + H_2O$	<p>Ash/Slag/PM</p>	<p>Στερεό υαλοποιημένο υπόλειμμα/ στάχτη</p>	

Πίνακας 5.1 Αντιδράσεις Αεριοποίησης και σύσταση παραγόμενου αερίου[20].

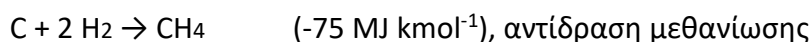
5.2.1 Διαδικασίες και αντιδράσεις εντός του αεριοποιητή [20], [21] :

- **Αποξήρανση βιομάζας** - Κάθε περιεκτικότητα της πρώτης ύλης σε ελεύθερο νερό εξατμίζεται, αφήνοντας ξηρό υλικό και αναπτύσσοντας υδρατμούς, οι οποίοι μπορεί να εισέλθουν σε μεταγενέστερες χημικές αντιδράσεις. Είναι απαραίτητη προκειμένου οι πρώτες ύλες βιομάζας να περιέχουν μόνο το απαραίτητο ποσοστό, το οποίο κατά κανόνα εξαρτάται από τον υφιστάμενο λόγο C:O. Όταν η θερμοκρασία της πρώτης ύλης ξεπερνά τους 100°C, απομακρύνεται η υγρασία των πρώτων υλών βιομάζας και μετατρέπεται σε υδρατμό. Κατά την διαδικασία της αποξήρανσης δεν υφίσταται καμία αποσύνθεση της βιομάζας.
- **Πυρόλυση βιομάζας** - Αυτό συμβαίνει καθώς η πρώτη ύλη εκτίθεται σε αυξανόμενη θερμοκρασία στον αεριοποιητή απουσία ατμοσφαιρικού οξυγόνου. Συμβαίνει απαερίωση και σπάσιμο των ασθενέστερων χημικών δεσμών, απελευθερώνοντας πτητικά αέρια όπως ατμούς πίσσας, μεθάνιο και υδρογόνο, μαζί με την παραγωγή ενός άνθρακα (κωκ) υψηλού μοριακού βάρους που θα υποστεί αντιδράσεις αεριοποίησης.
Κατά την πυρόλυση της βιομάζας δημιουργούνται τρία είδη προϊόντων : Στερεά, υγρά και αέρια. Η χημική σύνθεση των πρώτων υλών βιομάζας, καθώς και οι συνθήκες λειτουργίας της αεριοποίησης αυτών, παίζουν καθοριστικό ρόλο στην αναλογία των παραγόμενων προϊόντων. Η θερμογόνος δύναμη του παραγόμενου αερίου κατά την διεργασία της πυρόλυσης είναι χαμηλή και κυμαίνεται από 3.5 έως και 8.9 MJ m⁻³. Οι θερμοκρασίες στις οποίες υλοποιείται η διεργασία της πυρόλυσης κυμαίνονται από 280°C και 500°C. Στις θερμοκρασίες από 500°C και 700°C , η απόδοση παραγωγής πτητικών είναι μικρότερη και το υδρογόνο αποτελεί το βασικό συστατικό τους.
- **Καύση βιομάζας** - Τα πτητικά προϊόντα και μέρος του άνθρακα αντιδρούν με περιορισμένο οξυγόνο για να σχηματίσουν διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), και με αυτόν τον τρόπο παρέχουν τη θερμότητα που απαιτείται για τις επακόλουθες αντιδράσεις αεριοποίησης. Οι εξώθερμες αντιδράσεις καύσης-οξείδωσης είναι [21] :



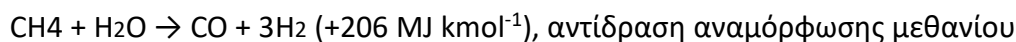
Ο αέρας που εισέρχεται στη ζώνη οξείδωσης περιέχει, εκτός από οξυγόνο και υδρατμούς, αδρανή αέρια όπως άζωτο και αργό. Τα αδρανή αέρια δεν αντιδρούν με τα συστατικά του καυσίμου της τροφοδοσίας, ενώ ο υδρατμός μπορεί να αντιδράσει.

- **Αεριοποίηση** - Ο εναπομείνας άνθρακας (κωκ) αντιδρά με CO₂ και ατμό για την παραγωγή CO και υδρογόνου (H₂), δημιουργώντας τις εξής παρακάτω αντιδράσεις :



- **Μετατροπή υδρατμών - αερίου και μεθανοποίηση** - Πρόκειται για ξεχωριστές αμφίδρομες αντιδράσεις της αέριας φάσης που λαμβάνουν χώρα ταυτόχρονα με βάση τις συνθήκες του

αεριοποιητή. Πρόκειται για δευτερεύουσες αντιδράσεις που παίζουν μικρό ρόλο στον αεριοποιητή. Ανάλογα με το επιθυμητό προϊόν, το αέριο σύνθεσης μπορεί να υποβληθεί σε περαιτέρω επεξεργασία μετατροπής νερού-αερίου και μεθανοποίησης κατάντη των αεριοποιητών. Οι αντιδράσεις αυτές φθάνουν σε χημική ισορροπία και διαμορφώνουν τη σύσταση του αερίου σύνθεσης, ειδικά το λόγο υδρογόνου προς μονοξείδιο του άνθρακα.



Η αντίδραση water gas shift (wgs) είναι εξώθερμη και ευνοείται στη ζώνη της αναγωγής (περιοχή χαμηλότερης θερμοκρασίας απ' αυτήν της ζώνης καύσης). Αντίθετα, η αναμόρφωση του μεθανίου με υδρατμό σαν ενδόθερμη αντίδραση ευνοείται στη ζώνη της οξειδωσης.

Για την ολοκλήρωση της αεριοποίησης η απαιτούμενη θερμότητα μπορεί να προέρχεται από την ίδια την διεργασία (αυτόθερμη διεργασία) ή να παρέχεται από εξωτερική πηγή (αλλόθερμη διεργασία). Κύριος σκοπός της αεριοποίησης αποτελεί η μέγιστη παραγωγή ενός αερίου με υψηλή θερμογόνο δύναμη έτσι ώστε να αξιοποιηθεί είτε για παραγωγή ενέργειας και θερμότητας, είτε από την χημική βιομηχανία για βιοκαύσιμα 2ης γενιάς καθώς και για διάφορα άλλα υλικά. Τα παραγόμενα προϊόντα της αεριοποίησης είναι το αέριο και ανέρχεται σε περίπου 80%κ.β. ενώ το εξανθράκωμα περίπου 20%κ.β. και τα οποία εξαρτώνται από τις συνθήκες που υλοποιείται η διεργασία της αεριοποίησης [26].

Διεργασία Μετατροπής	Παροχή οξυγόνου	Θερμοκρασιακό εύρος (°C)	Κύρια Προϊόντα
Αεριοποίηση	Λιγότερο από την απαιτούμενη στοιχειομετρική	800 - 1200	Θερμότητα, Αέριο σύνθεσης, Εξανθράκωμα
Καύση	Σε περίσσεια	800 - 1200	Θερμότητα
Πυρόλυση	Πλήρης απουσίας	300 - 600	Θερμότητα, Βιο-έλαιο, Εξανθράκωμα

Πίνακας 5.2 Σύγκριση αεριοποίησης, καύσης και πυρόλυσης [22]

Από την σύγκριση των τριών μεθόδων του πίνακα 5.2 προκύπτει ότι η αεριοποίηση υπερτερεί των υπολοίπων δύο γιατί αποτελεί νέα τεχνολογία πολύ φιλικότερη από την καύση προς το περιβάλλον, καθώς επίσης είναι ωριμότερη και το καύσιμο που παράγεται από αυτή είναι υψηλής ποιότητας και δεν παρουσιάζει διαβρωτικό χαρακτήρα σε αντίθεση με το βιοέλαιο της πυρόλυσης.

5.3 Αέριο σύνθεσης (Synthesis Gas)

Το αέριο σύνθεσης παράγεται μέσω αεριοποίησης σε υψηλές θερμοκρασίες, πάνω από τους 900°C, ή μέσω καταλυτικής αεριοποίησης. Σε αυτές τις συνθήκες η βιομάζα μετατρέπεται πλήρως σε υδρογόνο (H₂), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), μεθάνιο (CH₄) και νερό (H₂O). Από χημικής πλευράς, το αέριο σύνθεσης είναι παρόμοιο με εκείνο που προέρχεται από ορυκτές πηγές και μπορεί να αντικαταστήσει το ορυκτό ισοδύναμό του σ' όλες του τις εφαρμογές. Σε περίπτωση που η διεργασία γίνει με τη χρήση αέρα (η πιο οικονομική και συνήθης επιλογή), το αέριο σύνθεσης έχει καθαρή θερμογόνο δύναμη περίπου 4,6 MJ/ m³ (περίπου το 1/5 εκείνης του φυσικού αερίου). Όταν χρησιμοποιείται καθαρό οξυγόνο αντί για αέρας, η θερμογόνος δύναμη του αερίου μπορεί ακόμα και να τριπλασιασθεί. Το αέριο σύνθεσης χρειάζονται επιπλέον καθαρισμό και ρύθμιση αερίων για να παρέχει ένα αέριο με τη σωστή σύνθεση και τις προδιαγραφές για την τελική του εφαρμογή.

Πριν την αξιοποίησή του το αέριο σύνθεσης καθαρίζεται από σωματίδια, πίσσες και άλλες ανεπιθύμητες ενώσεις (αλκαλικές, θειούχες κ.ά.). Για την απομάκρυνση της τέφρας, των σωματιδίων του εξανθρακώματος και του αδρανούς υλικού χρησιμοποιούνται κυρίως κυκλώνες,

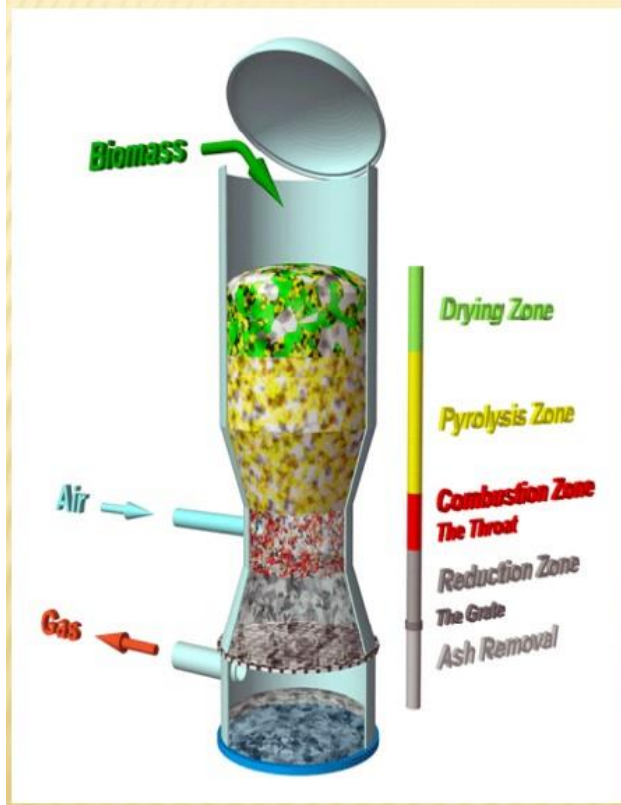
φίλτρα εμποδίου (barrier filters) και ηλεκτροστατικά φίλτρα. Το ποσοστό απομάκρυνσης σωματιδίων μέσω των κυκλώνων μπορεί να φτάσει ως και 90 % για διαμέτρους άνω των 5 μm, ενώ η πτώση πίεσης του αερίου είναι μόλις της τάξης 0.01 atm. Αποτελούν δοκιμασμένη τεχνολογία και οικονομικά συμφέρουσα ακόμα και σε μικρής κλίμακας αεριοποιητές. Πολύ καλύτερη απόδοση εμφανίζουν τα φίλτρα, τα οποία δεσμεύουν κοκκομετρικές μικρότερες του 1 μm. Ωστόσο, η χρήση φίλτρων εμφανίζει σημαντικούς τεχνικοοικονομικούς περιορισμούς και καθίσταται συμφέρουσα όταν εφαρμόζεται σε μεγάλης ισχύος μονάδες [27].

Πολύ σημαντικό ρόλο στη διεργασία της αεριοποίησης παίζει το είδος των πρώτων υλών βιομάζας. Οι ιδιότητες τους διαφέρουν σημαντικά αναλόγως τον τύπο και την προέλευση τους, επηρεάζοντας καθοριστικά την διαδικασία αεριοποίησης καθώς και την βιωσιμότητα της ίδια της μονάδας. Οι σημαντικότεροι παράμετροι που εξετάζονται σχετικά με τις πρώτες ύλες βιομάζας είναι η υγρασία και περιεκτικότητα σε τέφρα των πρώτων υλών, η θερμογόνος δύναμη της, η στοιχειακή της ανάλυση, η κοκκομετρία και η πυκνότητα της.

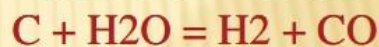
Μετά τον καθαρισμό του το παραγόμενο αέριο σύνθεσης χρησιμοποιείται :

- ως καύσιμο σε αεριοστροβίλους ή λέβητες για παραγωγή ατμού, σε μηχανές εσωτερικής καύσης (M.E.K)
- για την παραγωγή υδρογόνου
- για την παραγωγή βιοκαυσίμων (π.χ. βιοντίζελ) μέσω της διαδικασίας Fischer-Tropsch και αλκοολών (π.χ. μεθανόλης)
- για χρήση σε κυψέλες καυσίμου
- ως υποκατάστατο φυσικού αερίου

Αεριοποίηση της βιομάζας



Στον αεριοποιητή πραγματοποιούνται οι παρακάτω χημικές αντιδράσεις



με αποτέλεσμα την παραγωγή του syngas που είναι μείγμα αερίου CO, CH₄ και H₂



Εικόνα 5.6 Παραγωγή αερίου σύνθεσης [25],

Επίσης το αέριο σύνθεσης αποτελεί ένα ευέλικτο δομικό στοιχείο για την χημική βιομηχανία. Η ετήσια συνολική παγκόσμια χρήση αερίου σύνθεσης (syngas) που προέρχεται από τα ορυκτά καύσιμα αντιστοιχεί σε περίπου 6.000 PJ, η οποία αντιστοιχεί στο 2% της συνολικής παγκόσμιας πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης. Όπου το 53% του παραγόμενου αερίου σύνθεσης χρησιμοποιείται για την σύνθεση αμμωνίας και την παραγωγή λιπασμάτων, το 23% το οποίο αποτελεί το δεύτερο μεγαλύτερο μέρος του παραγόμενου αερίου είναι το υδρογόνο και χρησιμοποιείται για τις διεργασίες διύλισης πετρελαίου και τέλος το 11% χρησιμοποιείται για την παραγωγή μεθανόλης.

Η χρήση του αερίου σύνθεσης είναι καταλυτική για την παραγωγή καθαρότερων καυσίμων φιλικότερων προς το περιβάλλον, μειώνοντας σημαντικά τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Τα καύσιμα για τις μεταφορές και χημικά προϊόντα αντιστοιχούν στο 30% περίπου της παγκόσμιας πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης. Τα βιοκαύσιμα του μέλλοντος θα προέρχονται από διεργασίες “gas-to-liquids” και θα είναι περιβαλλοντικά πολύ πιο “καθαρά”. Επίσης στο μέλλον η παραγωγή χημικών και καυσίμων από αέριο σύνθεσης το οποίο θα προέρχεται από την αεριοποίηση πρώτων υλών βιομάζας θα αποτελέσει καθοριστικό παράγοντα καθότι είναι η μόνη ανανεώσιμη πηγή που περιέχει άνθρακα. Έτσι ένα μεγάλο μέρος του αερίου σύνθεσης από πρώτες ύλες βιομάζας θα χρησιμοποιηθεί για να παραχθούν καύσιμα “biomass-to-liquids, BTL” και επίσης ένα άλλο μεγάλο τμήμα θα χρησιμοποιηθεί για να παραχθούν ανανεώσιμα χημικά προϊόντα “biomass-to-chemicals”. Η παραγωγή του αερίου σύνθεσης προκειμένου να συμβάλει στην μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα σύμφωνα και με τους ευρωπαϊκούς και εθνικούς στόχους θα βρεθεί στο επίκεντρο. Επιβάλλεται η δημιουργία μεγάλης δυναμικότητας εγκαταστάσεων, καθώς επίσης και η περαιτέρω ενίσχυση των ήδη υπάρχοντων εγκαταστάσεων επεξεργασίας βιομάζας [23].

5.4 Πλεονεκτήματα αεριοποίησης βιομάζας

5.4.1. Η αποτελεσματική χρήση της βιομάζας

Η τεχνολογία της αεριοποίησης επιτρέπει την επεξεργασία της βιομάζας, συμπεριλαμβανομένης και της ξυλείας, με ιδιαίτερα αποτελεσματικό τρόπο σε αντίθεση με την απλή καύση. Λύνει πολλά ζητήματα διαχείρισης των δασών και πολιτικής αξιοποίησης του ξύλου με την προώθηση της χρήσης του «λιγότερο πολυτιμότερου ξύλου», δημιουργώντας έτσι υψηλή προστιθέμενη αξία. Παρέχει έτσι λύσεις για την αειφόρο χρήση των τοπικών πόρων, το οποίο είναι σημαντικό για κάθε χώρα που επιδιώκει τη διατήρηση των φυσικών της πόρων. Παρέχει μια βιώσιμη εναλλακτική λύση για εξαγωγή του ξύλου ως πρώτη ύλη και αφαιρεί την αναγκαιότητα για την αναποτελεσματική μεταφορά σε μεγάλες αποστάσεις [24].

5.4.2. Εξελιγμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Ενώ οι περισσότερες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας παράγουν σχετικά μικρό ποσό ηλεκτρικής ενέργειας, σε σχέση με τους πόρους που χρησιμοποιήθηκαν και τη θερμότητα που παρήχθη, η συμπαραγωγή με την χρήση αεριοποίησης παράγει περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια με τη λιγότερη δυνατή ποσότητα πόρων. Μπορεί να εξασφαλίσει σταθερή, προκαθορισμένη ροή βασικού φορτίου ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία είναι ζωτικής σημασίας για κάθε οικονομία [24].

Πολλές περιοχές του κόσμου έχουν αφθονία σε πόρους που σχετίζονται με βιομάζα, αλλά οι πόροι αυτοί χρησιμοποιούνται ανεπαρκώς για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε τοπικό επίπεδο. Αντί αυτού, η ενέργεια παράγεται κυρίως σε απομακρυσμένες μονάδες και μεταφέρεται με μετασχηματισμό τάσης σε πολύ μεγάλες αποστάσεις με αυξημένες δαπάνες και απώλειες ενέργειας. Τα συστήματα αεριοποίησης στον αντίποδα, μπορούν να κατασκευαστούν κοντά σε περιοχές πλούσιες σε βιομάζα [24].

Τα συστήματα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας έχουν αναπτυχθεί ιστορικά σε μεγάλες αποστάσεις και αναπτύσσονται για να παραδώσουν ηλεκτρική ενέργεια σε μεγάλης κλίμακας εγκαταστάσεις. Ακραία καιρικά φαινόμενα ωστόσο συμβαίνουν συχνότερα λόγω της κλιματικής αλλαγής και αυξάνουν τους κινδύνους της βλάβης σε αυτά τα απομακρυσμένα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Μπορεί να προκληθούν, για παράδειγμα, μακράς διάρκειας διακοπές ρεύματος από δυνατή χιονόπτωση και αέρα. Μία από τις βασικές απαντήσεις σε τέτοιου είδους καταστροφές είναι η αποκεντρωμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε περιοχές, σε αντίθεση με τη συγκέντρωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε λίγα κέντρα. Οι αεριοποιητές συνδεδεμένοι με σταθερές μηχανές προσφέρουν την δυνατότητα αξιοποίησης βιομάζας για την παράγωγη μηχανικής ή ηλεκτρικής ισχύος σε εύρος από ελάχιστα KW ως μερικά MW. Το παραγόμενο αέριο προς καύση σε μια μηχανή οφείλει να έχει μια επαρκή τιμή θερμογόνου ικανότητας (μεγαλύτερη των 4,2 MJ/kg), να μην έχει υψηλή περιεκτικότητα σε πίσσα και τεφρά ώστε να ελαχιστοποιείται η φθορά της μηχανής και πρέπει να είναι στην μέγιστη δυνατή χαμηλή θερμοκρασία ώστε να αυξηθεί το ποσοστό εισαγωγής αερίου και κατά συνέπεια και η ισχύς εξόδου της μηχανής. Έτσι οι εγκαταστάσεις χωρίζονται ανάλογα με το μέγεθος του επιθυμητού έργου σε [28]:

- Μεγάλης κλίμακας εφαρμογές (500 KW και άνω).
- Μεσαίας κλίμακας εφαρμογές (30 - 500 KW).
- Μικρής κλίμακας εφαρμογές (7 - 30 KW).
- Πολύ μικρής (micro) κλίμακας εφαρμογές (1 - 7 KW)

5.4.3. Πλεονεκτήματα παραγωγή θερμότητας

Η παραγωγή θερμότητας είναι κατάλληλη για περιοχές με πρόσβαση σε πόρους βιομάζας ή όταν έχει διασφαλισθεί ο βέλτιστος εφοδιασμός των πόρων αυτών. Η παραγόμενη θερμότητα προορίζεται για τις εταιρείες υπηρεσιών θέρμανσης, εργοστάσια παραγωγής με ανάγκη τεράστιων ποσοτήτων θερμότητας, θερμοκήπια, κλίβανοι ξήρανσης ξύλου, ιχθυοτροφεία [24].

5.4.4. Φροντίδα για το Περιβάλλον

Η συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού από ορυκτά καύσιμα, όπως άνθρακας και φυσικό αέριο εκλύουν στο περιβάλλον CO₂ και άλλα τοξικά αέρια που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η τεχνολογία της αεριοποίησης είναι «CO₂-free» και συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών CO₂ που προκαλούνται από τη χρήση των ορυκτών καυσίμων. Μια εγκατάσταση αεριοποίησης με παράγωγή ενέργειας και θερμότητας σε κλειστό κύκλο δεν προκαλεί αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Το παραπροϊόν της διαδικασίας είναι η τέφρα, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως οργανικό λίπασμα στη γεωργία [24].

5.5 Τύποι Αεριοποιητών

Προκειμένου να υλοποιηθεί η διαδικασία της αεριοποίησης χρησιμοποιούνται διάφορα είδη αντιδραστήρων, οι οποίοι ταξινομούνται ανάλογα με τον τρόπο κίνησης του καυσίμου και του μέσου αεριοποίησης (οξυγόνο, αέρας, ατμός). Χωρίζονται στους εξής τύπους :

Τύποι Αεριοποιητών		
Σταθερής Κλίνης (Fixed Bed)	Ρευστοποιημένης Κλίνης (Fluidized Bed)	Παρασυρόμενης Κλίνης (Entrained Flow)
Ανοδικού Ρεύματος (Updraft)	Φυσαλίδας (Bubbling)	Άνω Ροής (Upstream)
Καθοδικού Ρεύματος (Downdraft)	Κυκλοφορίας (Circulating)	Κάτω Ροής (Downstream)
Οριζόντιου Ρεύματος (Crossdraft)	Διπλής Κλίνης (Two Bed)	

Πίνακας 5.3 Τύποι Αεριοποιητών [29].

Πηγή : <https://www.bios-bioenergy.at/en/electricity-from-biomass/biomass-gasification.html>

Η επιλογή της τεχνολογίας αεριοποιητή εξαρτάται από [30]:

- Την τελική χρήση του αερίου
- Τις απαιτήσεις προ-επεξεργασίας της πρώτης ύλης
- Τους περιορισμούς ως προς το μέγεθος
- Την επιθυμητή καθαρότητα του αερίου (πίσσα, τέφρα, κ.ά.)
- Τη θερμογόνο δύναμη του αερίου
- Τη διαθεσιμότητα λειτουργίας

- Το ρυθμό παραγωγής ενέργειας
- Τη διαθεσιμότητα και το κόστος της βιομάζας
- Τη θερμοκρασία και την πίεση λειτουργίας

5.5.1 Αεριοποιητής Σταθερής Κλίνης (Fixed- Bed)

Ο αεριοποιητής σταθερής κλίνης είναι εκείνος στον οποίο τα στερεά κομμάτια του καύσιμου κινούνται προς ή αντίθετα της ροής του αερίου κατά την διάρκεια της αντίδρασης, και τα στερεά μετατρέπονται σε αέρια. Ο αεριοποιητής σταθερής κλίνης είναι κατάλληλος για διεργασίες στερεών καυσίμων, οι οποίες απαιτούν σχετικά στενό έλεγχο της θερμοκρασίας (ειδικά αν είναι μεταβλητή κατά την διαδρομή της αεριοποίησης), μεταφορά των σωματιδίων τέφρας μακριά από την περιοχή της αντίδρασης, απλή λειτουργία και ελάχιστη διάβρωση στο σώμα του αντιδραστήρα [42].

Οι αεριοποιητές αυτού του είδους χωρίζονται στα παρακάτω είδη ανάλογα με το τρόπο εισαγωγής του μέσου αεριοποίησης και τον τρόπο εξαγωγής του αερίου, ενώ η εισαγωγή του καύσιμου γίνεται πάντα από την κορυφή.

5.5.1.1 Ανοδικού Ρεύματος (Updraft)

Η εικόνα 5.7 δείχνει ότι οι ροές του καύσιμου και του αερίου είναι αντίθετες (counter-current flow) μέσα στον αεριοποιητή ανοδικού ρεύματος. Αποτελεί έναν από τους πρώτους και πιο απλούς σε χρήση, ευρέως γνωστό αντιδραστήρα. Η περιοχή οξείδωσης υψηλής θερμοκρασίας παρατηρείται στο κάτω μέρος όπου το καύσιμο καίγεται. Το μέσο αεριοποίησης εισάγεται από το κάτω μέρος και ανεβαίνει προς το πάνω μέρος, καθώς το καύσιμο παρέχεται από την κορυφή και κατεβαίνει προς τον πάτο του αντιδραστήρα. Το καύσιμο κατά την πορεία του περνά από 3 ζώνες (ξήρανση, πυρόλυση, οξείδωση) με προοδευτική αύξηση θερμοκρασίας. Η θερμοκρασία στην οξείδωση μπορεί να ξεπεράσει τους 1500°C. Η οξείδωση γίνεται στο κάτω μέρος του αεριοποιητή και το καιόμενο αέριο περνά από αυτή τη ζώνη αντιδρώντας με την τέφρα, απελευθερώνοντας την απαραίτητη θερμότητα. Το παραγόμενο αέριο, πίσσες και άλλα σωματίδια φεύγουν από την κορυφή καθώς τα βαριά σωματίδια τέφρας μένουν στον πάτο. Το παραγόμενο αέριο έχει συνήθως θερμοκρασίες μικρότερες των 400°C και γι' αυτό είναι πλούσιο σε υδρογονάνθρακες και σε υψηλή περιεκτικότητα πίσσας. Η πίσσα αυτή περιέχει σχεδόν το 30% της ενέργειας που είχε αρχικά η βιομάζα. Ωστόσο, απαιτείται καθαρισμός και ψύξη για την χρήση του αερίου αυτού σε μηχανή εσωτερικής καύσης. Το αέριο περιέχει περισσότερο μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και λιγότερο μεθάνιο, αιθάνιο και αιθίνιο από αέρια άλλων αεριοποιητών.

Αντιδραστήρας σταθερής κλίνης – Ανοδικού ρεύματος

(Τροφοδοσία βιομάζας και συλλογή αερίου από την κορυφή Τροφοδοσία αέρα από την βάση). Μέγεθος < 20 MW_{th}

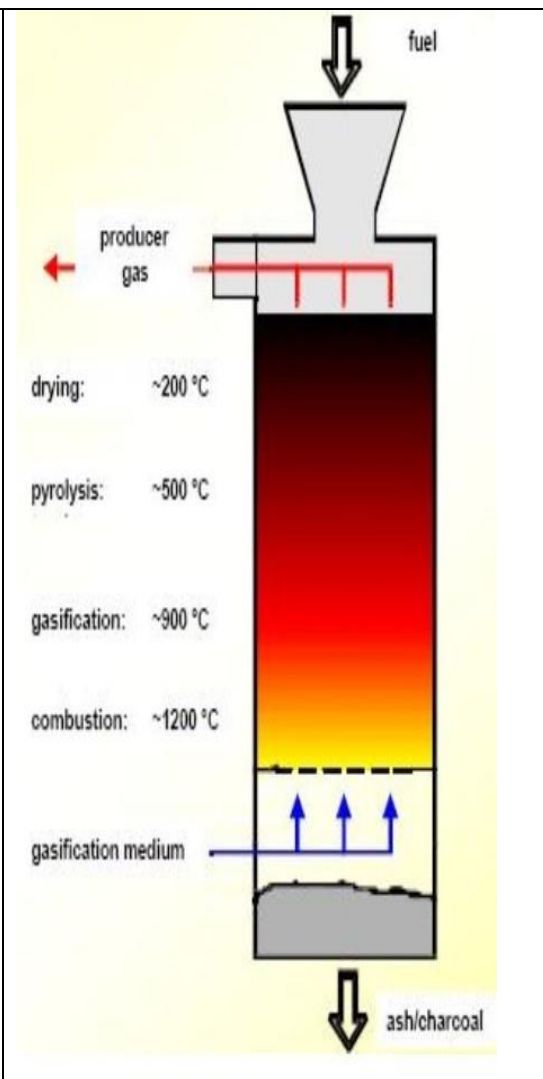
ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΠΡΩΤΗΣ ΥΛΗΣ

Υγρασία	10 – 60 % κ.β υγρή βάση
Μέγεθος τεμαχιδίων	0,5 – 10 cm
Στάχτη	< 6 % κ.β. ξηρή βάση

ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΕΡΙΟΥ

ΚΘΔ	4000 – 5500 kJ/Nm ³
Θερμοκρασία	150 – 300°C
Πίσσα	20 – 100 g/Nm ³

- Απόδοση : 90-95% (θερμό αέριο).
- Σχετικά χαμηλή θερμοκρασία λειτουργίας.
- Παραγωγή αερίου με αρκετή ποσότητα πίσσας – Αέριο κατάλληλο κυρίως για λέβητες.
- Εμπορικές τεχνολογίες : Volund, Bioneer
Άλλες : Compact Power, TKEnergie, Novel



Εικόνα 5.7 Αεριοποιητής σταθερής κλίνης Ανοδικού ρεύματος [30].

Οι αεριοποιητές ανοδικού ρεύματος έχουν ορισμένα πλεονεκτήματα όπως ευκολία στον σχεδιασμό και την κατασκευή, μικρή θερμοκρασία εξόδου του αερίου, υψηλό ποσοστό καύσης άνθρακα και μεγάλη θερμογόνο ικανότητα. Ωστόσο, οι επικαθίσεις σωματιδίων πίσσας μπορεί να θεωρηθούν κρίσιμες στους αεριοποιητές, ειδικά σε περιπτώσεις αεριοποίησης βιομάζας με υψηλή περιεκτικότητα σε τέφρα όπως τα άχυρα σιτηρών και καλαμποκιού. Άλλο μειονέκτημα αποτελεί η δυσκολία χρήσης αφράτων και χαμηλής πυκνότητας καύσιμων [31].

5.5.1.2 Καθοδικού Ρεύματος (Downdraft)

Παρόμοια περίπτωση με τον αεριοποιητή ανοδικού ρεύματος, με την διάφορα το μέσο αεριοποίησης ρέει στην κατεύθυνση της ροής του καύσιμου (co-current flow). Απαιτείται πρόσδοση επιπρόσθετης θερμότητας στο πάνω μέρος της κλίνης είτε κάνοντας καύση σε μικρά κομμάτια στέρεου είτε με χρήση εξωτερικής ενέργειας. Το παραγόμενο αέριο φεύγει με την μέγιστη θερμοκρασία και μέρος της ενέργειας του συνήθως πάει στο μέσο που εισάγεται από την κορυφή. Καθώς όλες οι πίσσες περνούν από το σημείο της καυτής τέφρας, σε αυτή την περίπτωση, τα επίπεδα της πίσσας είναι πιο χαμηλά από εκείνα του αντιδραστήρα ανοδικού ρεύματος.

Αντιδραστήρας σταθερής κλίνης – Καθοδικού ρεύματος

(Τροφοδοσία βιομάζας από την κορυφή και συλλογή αερίου από τη βάση – Η τροφοδοσία αέρα πλευρική ή από την κορυφή).

Μέγεθος 10 kW_{th} - 2 MW_{th}

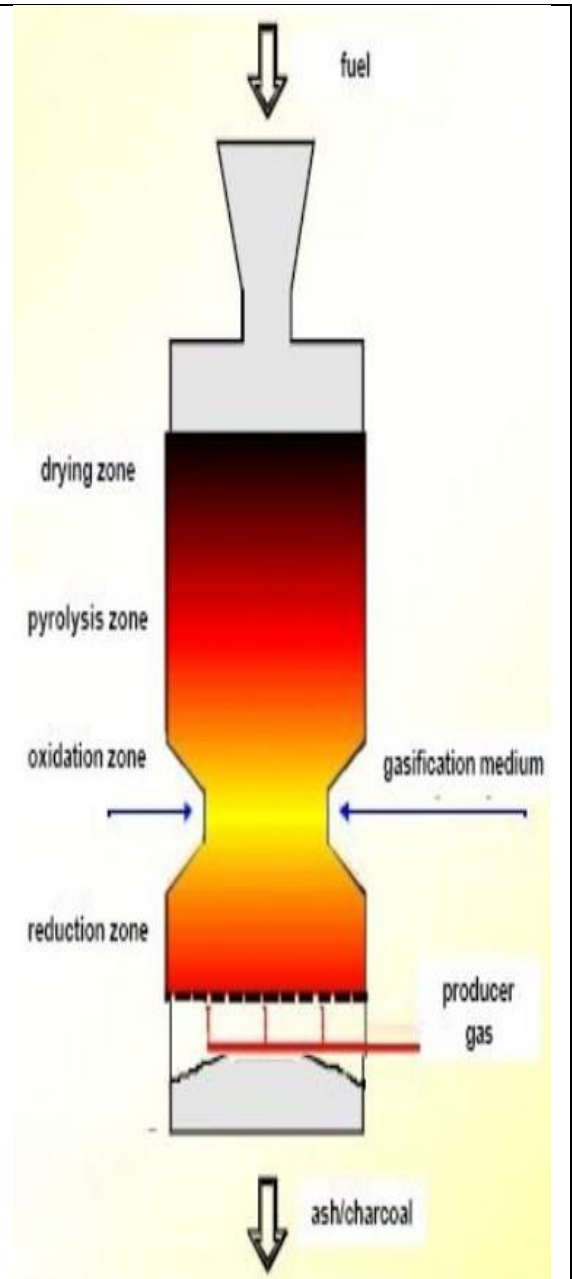
ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΠΡΩΤΗΣ ΥΛΗΣ

Υγρασία	10 – 25 % κ.β υγρή βάση
Μέγεθος τεμαχιδίων	2 – 20 cm
Στάχτη	< 6 % κ.β. ξηρή βάση

ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΕΡΙΟΥ

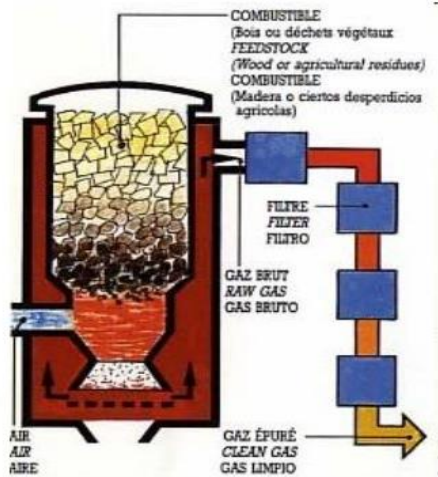
ΚΘΔ	4500 – 5500 kJ/Nm ³
Θερμοκρασία	400 – 600°C
Πίσσα	0.5 – 3 g/Nm ³

- Απόδοση 65 – 75% (κρύο αέριο)
- Σχετικά μεγαλύτερη θερμοκρασία λειτουργίας
- Υψηλή θερμοκρασία εξόδου του αερίου (600°C)
- Παραγωγή αερίου με μικρή ποσότητα πίσσας, αλλά με μεγάλες ποσότητες τέφρας και σωματιδίων.
- Αέριο κατάλληλο για καύση σε μηχανές εσωτερικής καύσης.
- Υψηλές απαιτήσεις όσον αφορά τα χαρακτηριστικά της βιομάζας.
- Δεν είναι δυνατή η κλιμάκωση μεγέθους.
- Εμπορικά συστήματα : Pyroforce, Xylowatt, Fluidyne, Pudhas.
- Rural Gen, Biomass Engineering Community power



Εικόνα 5.8 Αεριοποιητής σταθερής κλίνης Καθοδικού ρεύματος [30].

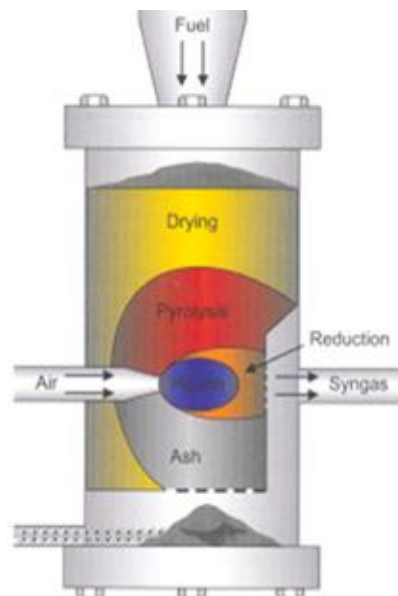
Το πλεονέκτημα αυτής της κλίνης είναι η ικανότητα παράγωγης αερίου χαμηλής περιεκτικότητας ελαίων και πίσσας, και έτσι απαιτείται λιγότερος καθαρισμός πριν την χρήση του σε μια μηχανή εσωτερικής καύσης. Ωστόσο, χρειάζεται μια μικρή κλίμακα φιλτραρίσματος. Μολονότι, θεωρείται πιο ευέλικτη κλίνη, το πρόβλημα του slagging την καθιστά ακατάλληλη για καύσιμα πλούσια σε τεφρά όπως τα υπολείμματα καλλιεργειών. Ένα βασικό μειονέκτημα είναι και η αδυναμία να χειριστεί καύσιμα χαμηλής πυκνότητας [31].



Εικόνα 5.9 Μονάδα αεριοποίησης σταθερής κλίνης και κινητήρας εσωτερικής καύσης [30]

5.5.1.3 Οριζοντίου Ρεύματος (Crossdraft)

Η αεριοποίηση οριζοντίου ρεύματος είναι ένας από τους απλούστερους τύπους αεριοποίησης.



Εικόνα 5.10 Αεριοποιητής σταθερής κλίνης Οριζοντίου ρεύματος [32]

Ο αντιδραστήρας για αυτή την αεριοποίηση μοιάζει πολύ με τον αεριοποιητή ανοδικού ρεύματος, δεδομένου ότι το καύσιμο εισέρχεται από πάνω και η θερμοχημική αντίδραση λαμβάνει χώρα προοδευτικά καθώς το καύσιμο κατεβαίνει στον αντιδραστήρα. Η ειδοποιός διαφορά είναι ότι ο αέρας εισέρχεται στον αεριοποιητή από το πλάι του αντιδραστήρα και όχι από πάνω ή από κάτω. Ο χρόνος εκκίνησης αυτού του αντιδραστήρα είναι σχετικά σύντομος και με αυτόν τον τύπο αεριοποίησης μπορούν να επιτευχθούν υψηλές θερμοκρασίες. Η αεριοποίηση με εγκάρσιο ελκυσμό δεν παρατηρείται πολύ συχνά σε εμπορικές διεργασίες, κυρίως επειδή άλλες μέθοδοι αεριοποίησης προσφέρουν μεγαλύτερη ευελιξία όσον αφορά τους τύπους καυσίμων- αυτός ο τύπος αεριοποίησης δεν χειρίζεται καύσιμα που έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε πίσσα και η γεφύρωση μπορεί να είναι συνέπεια του μεγέθους των σωματιδίων του καυσίμου. [32] Στις αναπτυσσόμενες χώρες χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις με ισχύ κάτω από 10 kWel. Αυτό είναι εφικτό λόγω της πολύ απλής διαδικασίας

καθαρισμού του αερίου (κυκλώνας και ένα φίλτρο κλίνης). Ένα μειονέκτημα είναι η ελάχιστη ικανότητα μετατροπής της πίσσας, με αποτέλεσμα την ανάγκη για υψηλής ποιότητας ξυλάνθρακα. [24]

5.5.2. Αεριοποιητής Ρευστοποιημένης Κλίνης (Fluidized - Bed)

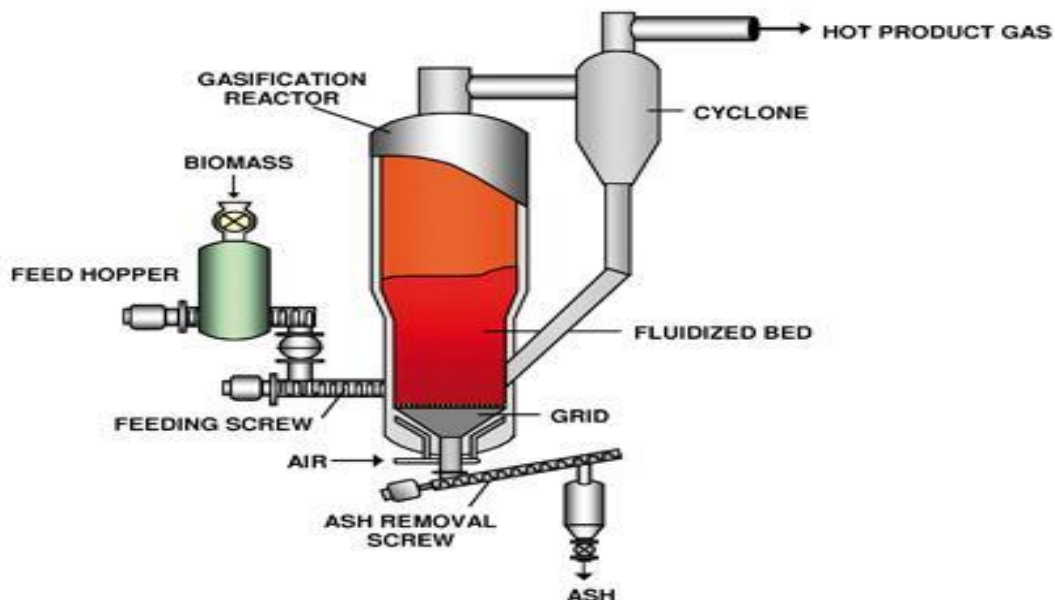
Αντίθετα με τους αντιδραστήρες σταθερής κλίνης, τα μοντέλα ρευστοποιημένης κλίνης δεν έχουν ζώνες αντίδρασης και η αεριοποίηση συμβαίνει ταυτόχρονα σε όλο τον αντιδραστήρα. Οι αντιδραστήρες ρευστοποιημένης κλίνης μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με την διαμόρφωση και την ταχύτητα του μέσου αεριοποίησης σε bubbling, circulating, spouted και swirling fluidized bed.

Στους αεριοποιητές ρευστοποιημένης κλίνης ο αέρας και το καύσιμο αναμιγνύονται σε ένα θερμό στρώμα κοκκώδους υλικού (κλίνη) που συνήθως είναι άμμος. Λόγω της ανάμειξης αυτής, οι διαφορές φάσεις που λαμβάνουν χώρα, πυρόλυση, καύση και αεριοποίηση δεν είναι δυνατόν να διαχωριστούν, παρόλα αυτά στην κλίνη επιτυγχάνεται ομοιόμορφη θερμοκρασία. Η θερμοκρασία, επίσης μπορεί να ρυθμιστεί εύκολα με την αλλαγή λόγου αέρα.

Το μειονέκτημα είναι ότι το παραγόμενο αέριο περιέχει πάντα πίσσες που θα πρέπει με κάποιο τρόπο να απομακρυνθούν. Τα πλεονεκτήματα χρήσης αυτού του αντιδραστήρα είναι ο υψηλός συνολικός όγκος παραγόμενου έργου, η βελτιωμένη μεταφορά μάζας και θερμότητας από το καύσιμο, η υψηλή θερμογόνος ικανότητα και τα μειωμένα υπολείμματα άκαυστου άνθρακα. Ένα ακόμη θετικό χαρακτηριστικό είναι ότι η τεφρά του καύσιμου δεν λιώνει και έτσι μπορεί να απομακρυνθεί ευκολότερα [43,46, 47].

Συνοπτικά οι αεριοποιητές ρευστοποιημένης κλίνης [24]:

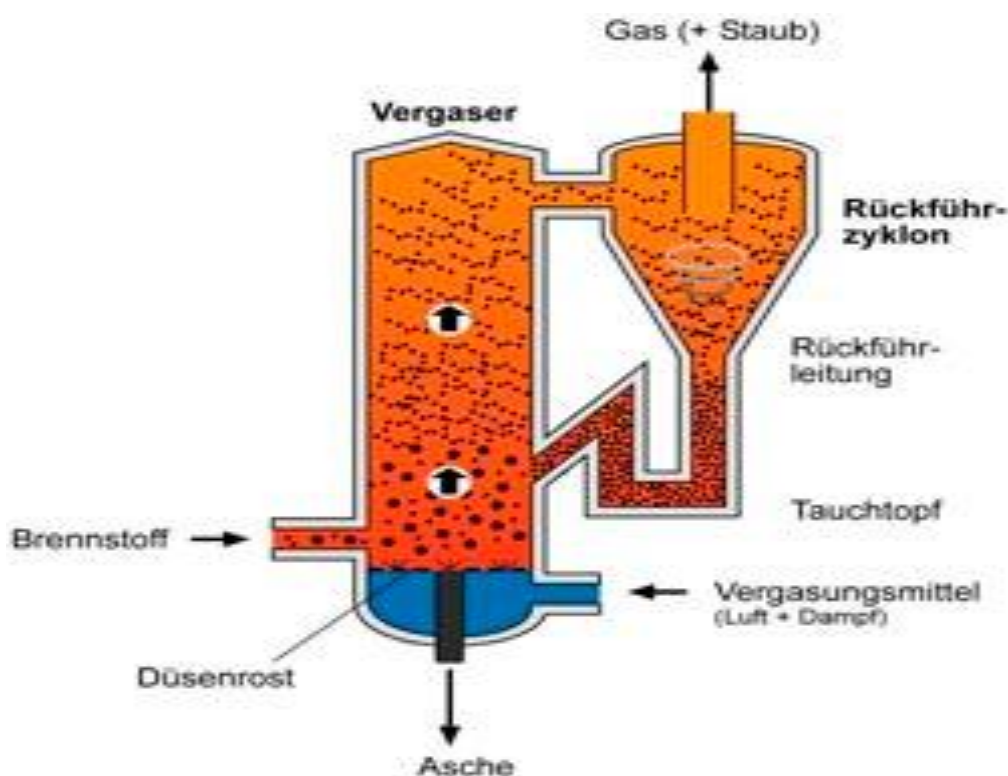
- Έχουν ευελιξία φορτίου και υψηλά ποσοστά μεταφοράς θερμότητας.
- Έχουν ευελιξία καυσίμου, και μπορούν να αεριοποιήσουν ένα ευρύ φάσμα πρώτων υλών.
- Έχουν μέτριες απαιτήσεις σε οξειδωτικά και ατμό.
- Εμφανίζουν ενιαίες, μετρίως υψηλές θερμοκρασίες.
- Απαιτούν εκτεταμένη ανακύκλωση του παραγόμενου κωκ.



Εικόνα 5.11 Αεριοποιητής ρευστοποιημένης κλίνης φυσαλίδας (bubbling fluidized bed) [33]

Σε έναν αεριοποιητή ρευστοποιημένης κλίνης φυσαλίδας, το ανθρακούχο στερεό καύσιμο, αφού συνθλίβεται σε σωματίδια μικρότερα από 10mm, τροφοδοτείται μέσα στον αεριοποιητή και ρευστοποιείται από τα μέσα αεριοποίησης που εισέρχονται από τον πυθμένα. Μερικές φυσαλίδες

εμφανίζονται όταν το αέριο οδεύει μέσα από την κλίνη. Μια μικρή ποσότητα σωματιδίων σηκώνονται λίγο πάνω από την κλίνη και στη συνέχεια τα περισσότερα από αυτά θα πέσουν πάλι σε αυτήν. Μερικά ελαφρά σωματίδια (σκόνη) απομακρύνονται από τον αεριοποιητή, συλλέγονται σε έναν κυκλώνα και στη συνέχεια επιστρέφουν πάλι στον αεριοποιητή. Εκτός από τα μέσα αεριοποίησης που τροφοδοτούνται από τον πυθμένα, ένα συμπληρωματικό μέσο αεριοποίησης μπορεί να εισαχθεί από την κάτω πλευρά του αεριοποιητή. Ο σκοπός αυτού είναι να αντιδράσει με τα σωματίδια που δεν αντέδρασαν και παραμένουν στο χώρο πάνω από την κλίνη για να επιτευχθεί έτσι υψηλότερη μετατροπή του ανθρακούχου καυσίμου. Η διαδικασία ροής σε ένα αεριοποιητή ρευστοποιημένης κλίνης φυσαλίδας παρουσιάζει πολύ καλύτερη ανάμειξη του αερίου και των σωματιδίων από ότι στους αεριοποιητές σταθερής κλίνης. Ένας τέτοιος αεριοποιητής είναι κατάλληλος για εγκαταστάσεις μεσαίας κλίμακας [24].



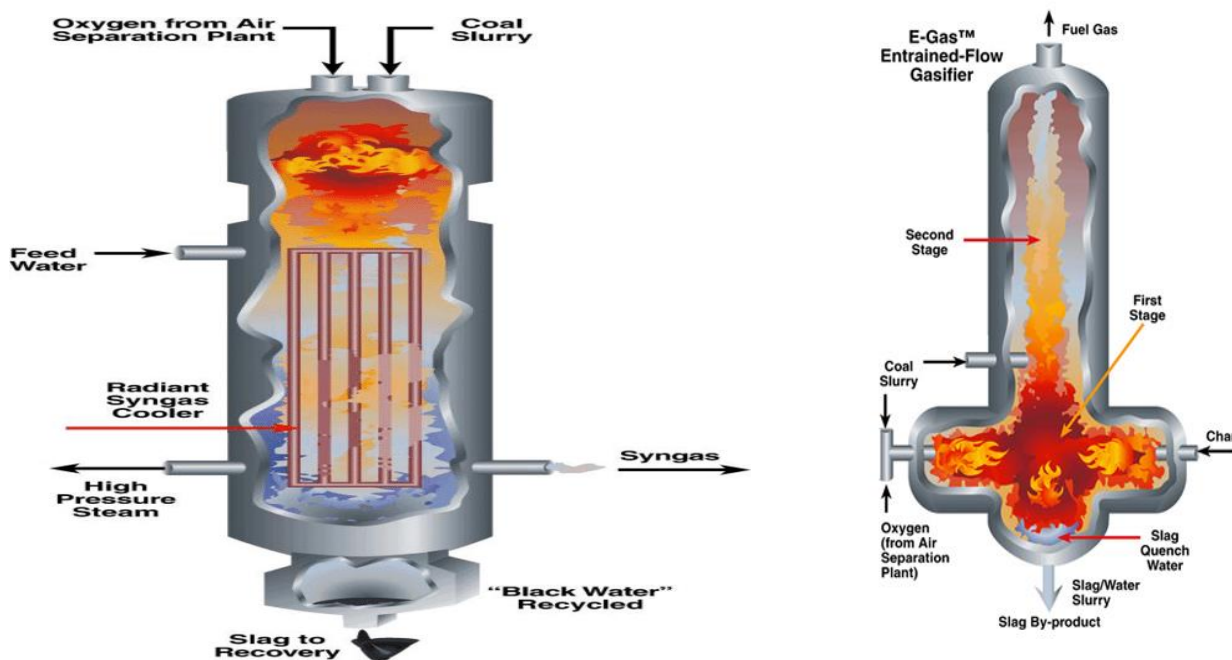
Εικόνα 5.12 Αεριοποιητής ρευστοποιημένης κλίνης κυκλοφορίας (circulating fluidized bed) [32]

Αεριοποιητής ρευστοποιημένης κλίνης κυκλοφορίας είναι πιο σύγχρονος από τις προηγούμενες τεχνολογίες- η βελτιστοποίηση αυτής της διαδικασίας επικεντρώνεται στην επίτευξη ομοιόμορφων θερμοκρασιών και στη συνεχή επαφή μεταξύ των στερεών και των αερίων στον αντιδραστήρα. Το στερεό υλικό είναι συνήθως άμμος ή κάποιο είδος καταλύτη- τα σωματίδια αυτά μπορούν να επιτρέψουν καλύτερη μεταφορά θερμότητας από τα παραδοσιακά συστήματα. Τα σωματίδια μπορούν να απομακρυνθούν με τη χρήση διαχωριστή κυκλώνα, από τον οποίο μπορούν να ανακυκλωθούν. Η κύρια διαφορά μεταξύ των συστημάτων ρευστοποιημένης κλίνης και της κυκλοφοριακής ρευστοποιημένης κλίνης είναι η δίνη αερίου που δημιουργείται με τον αεριοποιητή και τον διαχωριστή- αυτό διατηρεί τα στερεά σε μια μακρά διαδρομή υψηλής θερμοκρασίας που θα βοηθήσει στη διατήρηση της αποδοτικότητας της διεργασίας. Η ρευστοποιημένη φύση στο εσωτερικό του αντιδραστήρα αποτελείται από την τροφοδοσία που εισέρχεται στον αντιδραστήρα και τη ροή αέρα/οξυγόνου που διατηρεί αυτό το υλικό σε αιώρηση στον αέρα, όπως τα ρευστά [32].

5.5.3. Αεριοποιητής Παρασυρόμενης κλίνης (Entrained Flow- Bed)

Στους αεριοποιητές παρασυρόμενης κλίνης, τα λεπτόκοκκα υλικά άνθρακα και το οξειδωτικό (αέρας ή οξυγόνο) ή/και ο ατμός τροφοδοτούνται στην κορυφή του αεριοποιητή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το οξειδωτικό και ο ατμός να περιβάλλουν ή να συμπαρασύρουν τα σωματίδια άνθρακα κατά τη ροή τους μέσα στον αεριοποιητή. Οι αεριοποιητές αυτού του τύπου λειτουργούν σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες για να λιώσουν την τέφρα άνθρακα σε αδρανή σκωρία. Η λεπτή τροφοδοσία άνθρακα και η υψηλή θερμοκρασία λειτουργίας επιτρέπουν την αντίδραση αεριοποίησης με πολύ υψηλό ρυθμό (ο τυπικός χρόνος παραμονής είναι της τάξης των λίγων δευτερολέπτων), με υψηλή απόδοση μετατροπής άνθρακα (98-99,5%). Η πίσσα, το πετρέλαιο, οι φαινόλες και άλλα υγρά που παράγονται από την απαερίωση του άνθρακα στο εσωτερικό του αεριοποιητή διασπώνται σε υδρογόνο (H_2), μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και μικρές ποσότητες αερίων ελαφρών υδρογονανθράκων. Οι αεριοποιητές παρασυρόμενης ροής έχουν την ικανότητα να χειρίζονται πρακτικά οποιαδήποτε πρώτη ύλη άνθρακα και να παράγουν καθαρό αέριο σύνθεσης χωρίς πίσσα. Η λεπτή τροφοδοσία άνθρακα μπορεί να τροφοδοτηθεί στον αεριοποιητή είτε σε ξηρή είτε σε μορφή πολτού.

Στην πρώτη περίπτωση χρησιμοποιείται ένα σύστημα χοάνης με κλειδαριά, ενώ η δεύτερη βασίζεται στη χρήση αντλιών πολτού υψηλής πίεσης. Η τροφοδοσία με πολτό είναι απλούστερη, αλλά εισάγει νερό στον αντιδραστήρα, το οποίο πρέπει να εξατμιστεί. Το αποτέλεσμα αυτού του πρόσθετου νερού είναι ένα αέριο σύνθεσης με υψηλότερο λόγο H_2 προς CO , αλλά με χαμηλότερη θερμική απόδοση του αεριοποιητή. Το σύστημα προετοιμασίας της τροφοδοσίας πρέπει να αξιολογείται μαζί με άλλες εναλλακτικές λύσεις σχεδιασμού της διεργασίας, για μια συγκεκριμένη εφαρμογή [32].



Εικόνα 5.13 Αεριοποιητής παρασυρόμενης κλίνης κάτω και άνω ροής [32]

5.6 Κύρια χαρακτηριστικά τεχνολογιών αεριοποίησης

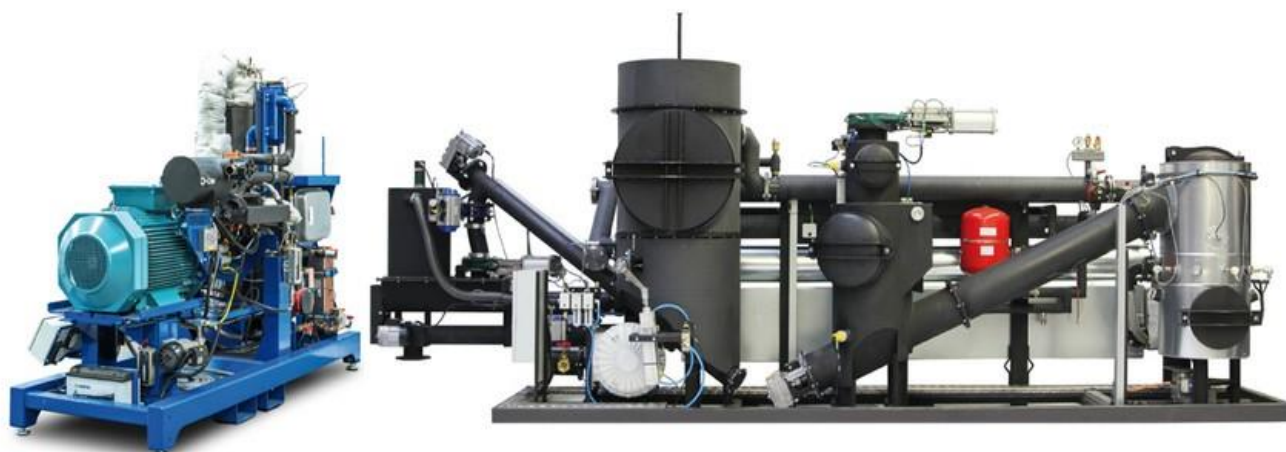
Τύπος αντιδραστήρα	ΚΑΘΟΔΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ	ΑΝΟΔΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ	ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΚΛΙΝΗΣ	ΠΑΡΑΣΥΡΟΜΕΝΗΣ ΚΛΙΝΗΣ
Ισχύς (MW _{th})	< 2	< 20	10 – 100	> 50
Χρόνος εκκίνησης (h)	< 0.5	< 1	> 5	> 24
Ευαισθησία στην ποιότητα πρώτης ύλης	Μεγάλη	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Πίσσα σε πλήρες φορτίο (g/Nm ³)	< 0.5	1 – 15	1 – 10	< 0.5
Ευαισθησία στις διακυμάνσεις φορτίου	Μεγάλη	Μικρή	Μέτρια προς μεγάλη	Μέτρια
Συντελεστής ελάχιστης ισχύος	3 - 4	5 – 10	2 – 3	2 - 3
Απόδοση κρούς αερίου	65 - 75	40 - 60	65 – 75	70 - 80
Απόδοση θερμού αερίου	85 - 90	90 - 95	86 – 95	> 90
Χρήσεις	ΜΕΚ Λέβητας	ΜΕΚ Λέβητας	ΜΕΚ. Λέβητας Αεριοστρόβιλος Σύνθεση	ΜΕΚ. Λέβητας Αεριοστρόβιλος Σύνθεση

Πίνακας 5.4 Σύνοψη χαρακτηριστικών τεχνολογιών αεριοποίησης [30].

5.7 Παραδείγματα τεχνολογιών αεριοποιητών (Gasifiers)

5.7.1 Αεριοποιητής Spanner Re²

Το σύστημα αεριοποίησης Spanner λειτουργεί βάση των αρχών της συμπαραγωγής μετατρέποντας τα ροκανίδια ξύλου σε ηλεκτρική ενέργεια από βιομάζα και θερμότητα με υψηλή απόδοση.



Εικόνα 5.14 Αεριοποιητής Spanner Re²

Πηγή : <https://www.holz-kraft.com/en/products/hka-35-45-49.html>

Μονάδα παραγωγής ενέργειας από βιομάζα: μονάδες μεσαίας κλίμακας	HKA 35	HKA 50	HKA 70	HKA 300
Ηλεκτρική ισχύς	35 kWel	49 kWel	68 kWel	280-300 kWel
Θερμική ενέργεια	79,5 kWth	106 kWth	144 kWth	123 kWth
Ποιότητα ξυλοτεμαχιδίων (Woodchips)	Φυσικά θραύσματα ξύλου, σύμφωνα με το DIN ISO 17225-1,	Φυσικά θραύσματα ξύλου, σύμφωνα με το DIN ISO 17225-1,	Φυσικά θραύσματα ξύλου, σύμφωνα με το DIN ISO 17225-1,	Φυσικά θραύσματα ξύλου, σύμφωνα με το DIN ISO 17225-1,
Κατανάλωση ξυλοτεμαχιδίων (Woodchips)	31,5 kg/h	41,9 kg/h	55,1 kg/h	220,4 kg/h

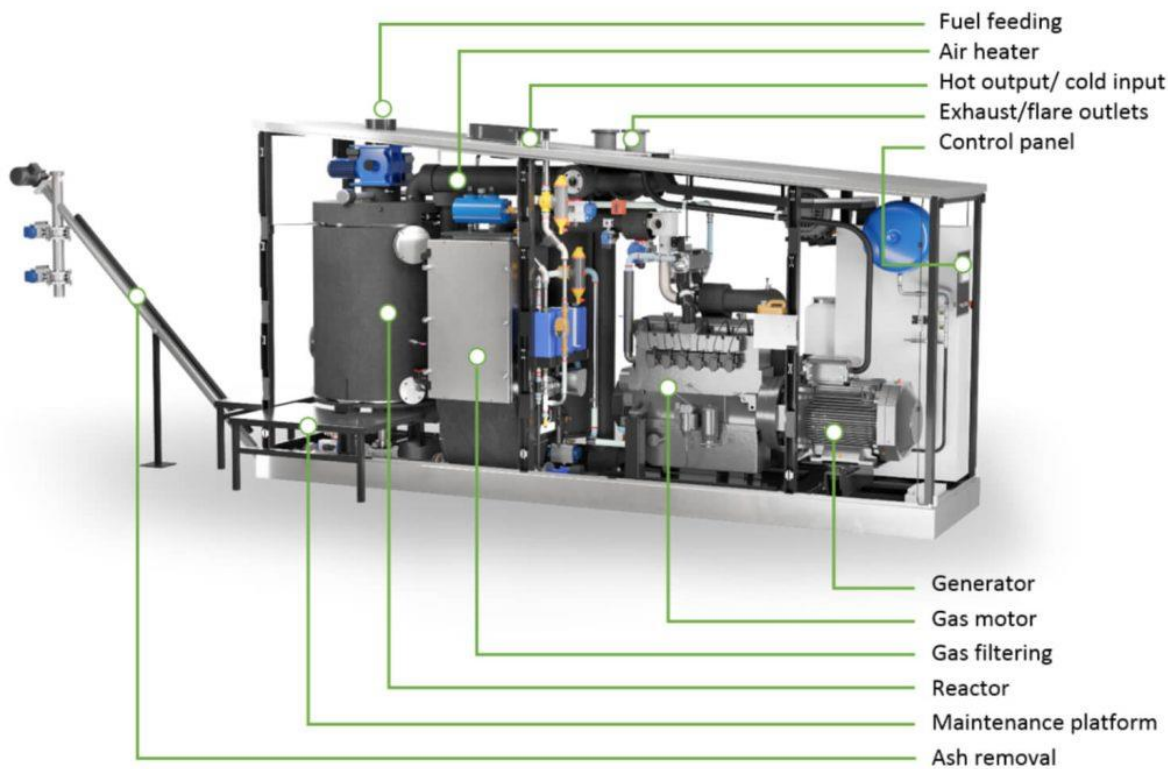
Πίνακας 5.5 Τεχνικές προδιαγραφές μοντέλων αεριοποιητών Spanner Re²

Πηγή : <https://www.holz-kraft.com/en/products/hka-35-45-49.html>

Οι ανωτέρω σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής από βιομάζα αποτελούνται από μια μονάδα αεριοποίησης ξύλου και μια μεταγενέστερη μονάδα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ). Αρκετές εκατοντάδες από αυτές τις δοκιμασμένες μονάδες παραγωγής ενέργειας από βιομάζα λειτουργούν σε όλο τον κόσμο και παράγουν αξιόπιστα μεγάλες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας. Ο μέσος χρόνος λειτουργίας του σταθμού ηλεκτροπαραγωγής από βιομάζα ανά έτος είναι περίπου 8.500 ώρες λειτουργίας [34].

5.7.2 Αεριοποιητής Volter

Ο αεριοποιητής της εταιρείας Volter είναι μια μονάδα ΣΗΘ που παράγει αρκετή ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα για τις ετήσιες ανάγκες ενός αγροκτήματος, ενός ολόκληρου μικρού οικισμού ή μιας μικρής επιχείρησης. Οι μονάδες ΣΗΘΥΑ μπορούν να επεκταθούν σε εγκαταστάσεις πολλαπλών μονάδων για να καλύψουν τις ανάγκες της αυξανόμενης ζήτησης ενέργειας σε διάφορες εφαρμογές. Η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται με την αεριοποίηση βιομάζας με τη μορφή τεμαχίων ξύλου. Η απορριπτόμενη θερμότητα από τη διαδικασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη γεωργία ή σε βιομηχανικές διεργασίες, στην ενδοδαπέδια υδραυλική θέρμανση, στην προθέρμανση του κλιματισμού, κλπ.



Εικόνα 5.15 Αεριοποιητής Volter

Πηγή: <https://volter.fi/en/volter-products/technology/>

Τα κομμάτια ξύλου τροφοδοτούνται στον αεριοποιητή, όπου η καύση πραγματοποιείται σε χαμηλά επίπεδα οξυγόνου και υψηλές θερμοκρασίες, σχηματίζοντας καθαρό αέριο αεριοποίησης. Ο εναλλάκτης θερμότητας ψύχει το αέριο στους 200 °C. Το φίλτρο διαχωρίζει όλα τα στερεά σωματίδια από το αέριο, ενώ ο δευτερεύων εναλλάκτης θερμότητας ψύχει το αέριο στους 60 °C και το αναμιγνύει με αέρα. Το ψυγμένο αέριο τροφοδοτείται στον κινητήρα εσωτερικής καύσης, ο οποίος λειτουργεί τη γεννήτρια. Η μονάδα ΣΗΘ παράγει ηλεκτρική ισχύ 50Kw και 130 KW θερμαντική ισχύ σε μορφή ζεστού νερού [35].

5.7.3 Αεριοποιητής WegscheidEntrenco

Η WegscheidEntrenco χρησιμοποιεί την αρχή της συνδυασμένης παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας (CHP), η οποία παράγει ταυτόχρονα ηλεκτρική και θερμική ενέργεια με υψηλή απόδοση. Η κατοχυρωμένη με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας τεχνολογία της επιτυγχάνει υψηλή απόδοση μέσω της ομοιόμορφης, λεπτομερώς ελεγχόμενης αεριοποίησης και του αρμονικού συντονισμού ολόκληρης της αλυσίδας διεργασιών. Χρησιμοποιώντας το ξύλο ως βιομάζα, ο κύκλος της πρώτης ύλης είναι ουδέτερος ως προς το CO₂ [36].



Εικόνα 5.15 Αεριοποιητής WegscheidEntrenco

Πηγή : <https://we-bioenergy.com/en/products/>

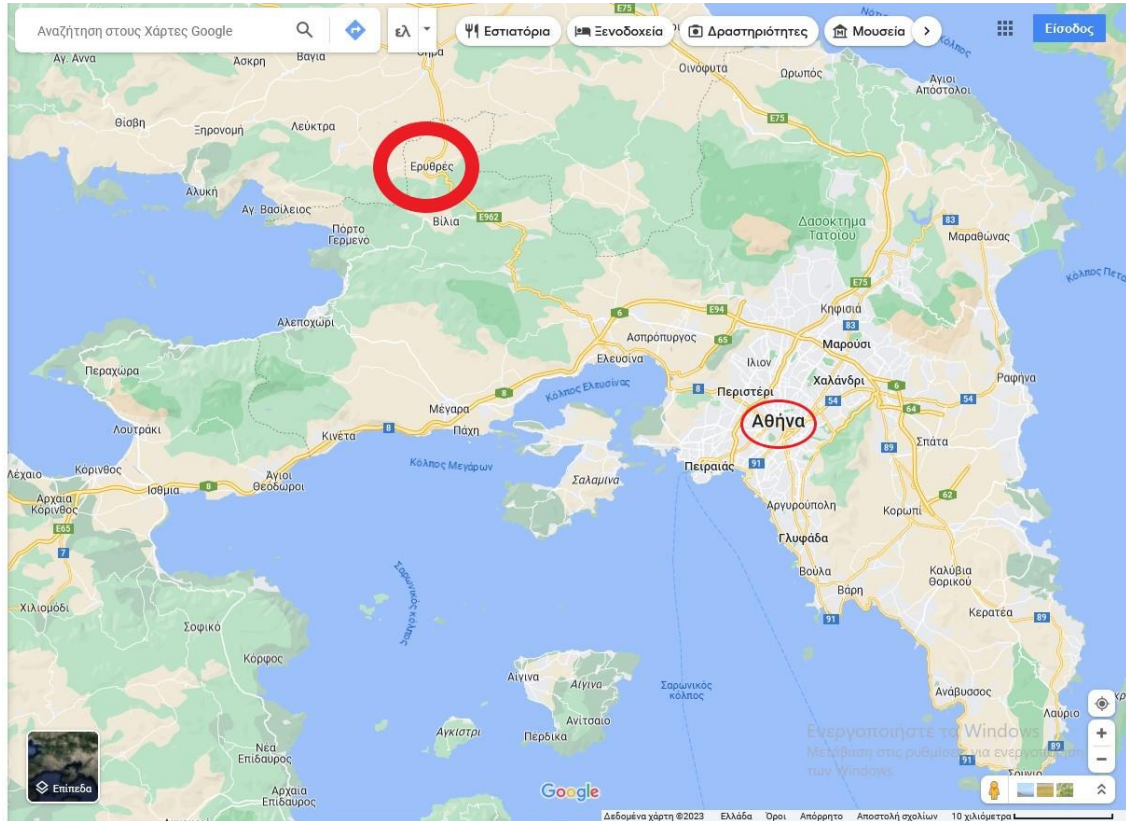
Μονάδα παραγωγής ενέργειας από βιομάζα: μονάδες μεσαίας κλίμακας	E5
Ηλεκτρική ισχύς	50 kWel
Θερμική ενέργεια	120 kWth
Ποιότητα ξυλοτεμαχιδίων (Woodchips)	Φυσικά θραύσματα ξύλου, σύμφωνα με το EN14961-1, P16-P45, υγρασία 8% - 10%,
Κατανάλωση ξυλοτεμαχιδίων (Woodchips)	45 -48 kg/h
Συνολική απόδοση	85%

Πίνακας 5.6 Τεχνικές προδιαγραφές αεριοποιητή WegscheidEntrenco

Πηγή : <https://we-bioenergy.com/en/products/>

Κεφάλαιο 6^ο : Συμπαράγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας και Θερμότητας μέσω αεριοποίησης Αγροτικών υπολειμμάτων στον Αγροτικό Συνεταιρισμό Ερυθρών.

Στο παρόν κεφάλαιο η μελέτη – διαστασιολόγηση της μονάδας αεριοποίησης βιομάζας για τον αγροτικό Αγροτικό Συνεταιρισμό Ερυθρών. Ο αγροτικός συνεταιρισμός βρίσκεται στη δημοτική ενότητα Ερυθρών του δήμου Μάνδρας -Ειδυλλίας, στην περιφερειακή ενότητα Δυτικής Αττικής, της περιφέρειας Αττικής (εικόνα 6.1).



Εικόνα 6.1 Δημοτική ενότητα Ερυθρών του δήμου Μάνδρας - Ειδυλλίας [37]

Η κωμόπολη των Ερυθρών έχει περίπου 3500 κατοίκους και βρίσκεται, κτισμένη στους πρόποδες του όρους Κιθαιρώνα, στα όρια του Ν. Αττικής με το Ν. Βοιωτίας και διαθέτει κάμπο περίπου 65.000 στρεμμάτων απέχοντας μόλις 55 χλμ. από το κέντρο των Αθηνών. Η κωμόπολη έχει ένα ιδιόκτητο κάμπο εκτάσεως περίπου 65.000 στρέμματα όπου κυριαρχούν κυρίως εκτατικές καλλιέργειες με ετήσια φυτά όπως δημητριακά (με «βασιλιά» το σιτάρι και ποικιλίες του που ευδοκίμησαν για μεγάλη περίοδο και έγιναν τοπικές ποικιλίες όπως κυρίως το μονολόι, το μαυραγάνι, λήμνος, κ.ά. αλλά και κριθάρι, βρώμη, σίκαλη κ.ά.) αμπέλι (με ποικιλίες όπως το ασπρούδι, το ασύρτικο, ο ροδίτης, ο σιδερίτης και τις νεότερες ποικιλίες) και ψυχανθή (όσπρια κυρίως ρεβίθια και φακές, λιγότερα κουκιά και φασόλια), βαμβάκι, και δευτερευόντως, λόγω έλλειψης του νερού, κηπευτικά (πατάτες, κρεμμύδια), και περιορισμένης/εντοπισμένης έκτασης ελιές [37].

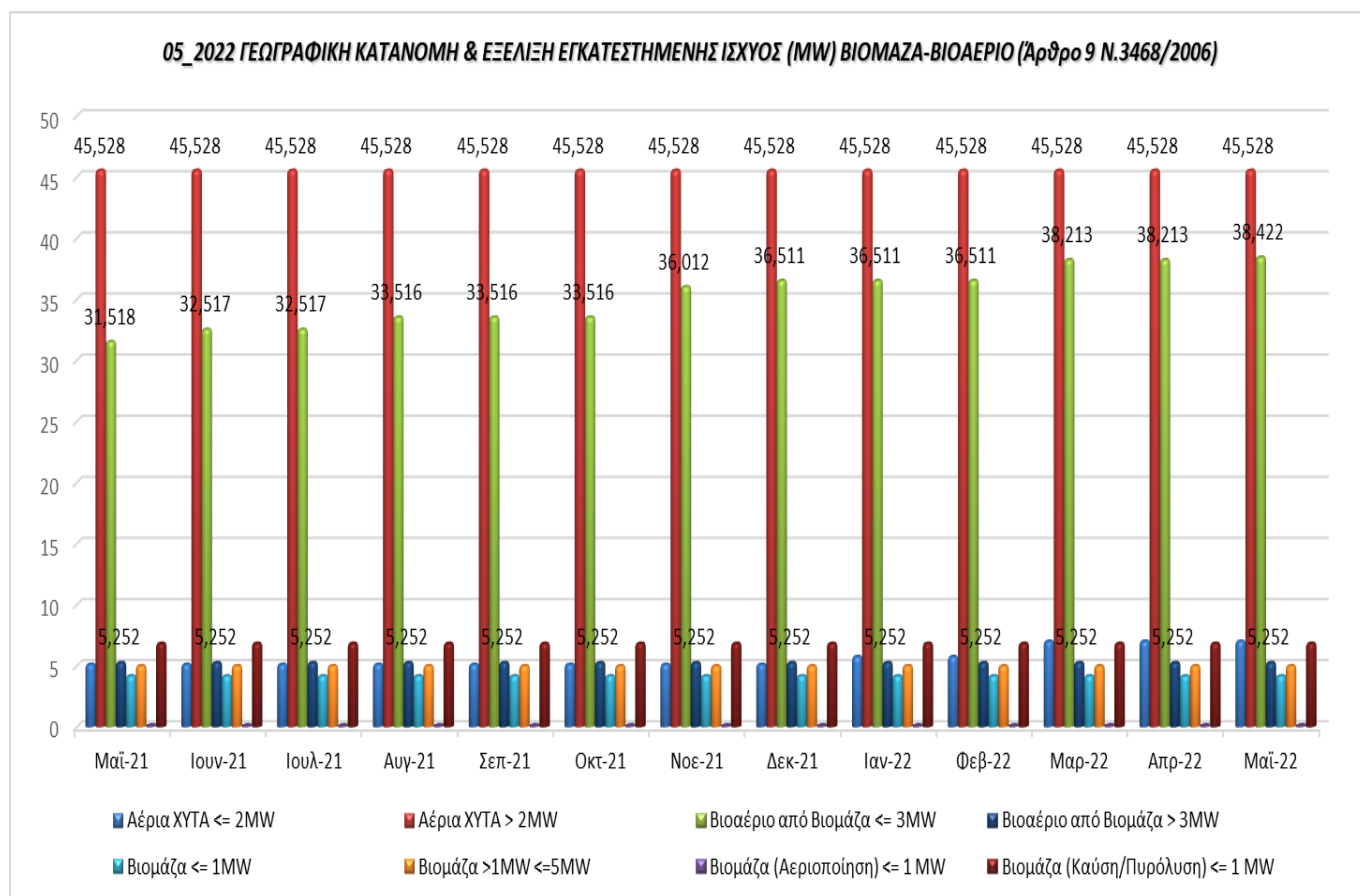
6.1 Εγκατεστημένη ισχύς μονάδων Βιομάζας - Βιοαερίου

Σύμφωνα με το Διαχειριστή ΑΠΕ και Εγγυήσεων Προέλευσης (ΔΑΠΕΕΠ ΑΕ) η εγκατεστημένη ισχύς μονάδων Βιομάζας-Βιοαερίου στο σύνολο της χώρας είναι 112 MW (πίνακας 6.1). Ενώ στον νομό Αττικής η εγκατεστημένη ισχύς είναι 36,83 MW της οποίας το μεγαλύτερο μέρος αφορά το ΧΥΤΑ του δήμου Φυλής (πίνακας 6.2). Στην εικόνα 6.1 φαίνεται ότι τα έργα βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας με την τεχνολογία της αεριοποίησης στο σύνολο της χώρας, είναι κάτω από ένα 1 MW, καθότι πρόκειται για τεχνολογία η οποία έρχεται ξανά στο προσκήνιο τα τελευταία λίγα χρόνια.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΒΙΟΜΑΖΑ-ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΔΙΑΣΥΝΔΕΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ (5^{ος} – 2022)

Μήνας	Ενέργεια (MWh)	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)	Συντελεστής Φόρτισης (%)
Ιανουάριος	38.912	109,14	47,92%
Φεβρουάριος	35.900	109,14	48,95%
Μάρτιος	37.654	112,11	45,14%
Απρίλιος	36.559	112,11	45,29%
Μάιος	36.371	112,31	43,53%
Ιούνιος			
Ιούλιος			
Αύγουστος			
Σεπτέμβριος			
Οκτώβριος			
Νοέμβριος			
Δεκέμβριος			
Σύνολο	185.396		

Πίνακας 6.1 Συνολική εγκατεστημένη ισχύς μονάδων Βιομάζας-Βιοαερίου (5^{ος} 2022 - ΔΑΠΕΕΠ) [39]



Εικόνα 6.2: Συνολική παραγωγή ενέργειας από Βιομάζα- Βιοαέριο ανά τεχνολογία [39]

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΒΙΟΜΑΖΑΣ/ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΤΟΥ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΑ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ

Περιφέρεια	Τεχνολογία	Ενέργεια (MWh)	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)	Συντελεστής Φόρτισης (%)
Νοτίου Αιγαίου	Φωτοβολταϊκοί Σταθμοί	1.221	8,57	19%
	Χερσαία Αιολικά	4.564	25,08	24%
	ΜΥΗΣ	0	0,00	
	Βιοαέριο/Βιομάζα	0	0,00	
	ΣΗΘΥΑ	0	0,00	
Ανατ. Μακεδονίας & Θράκης	Φωτοβολταϊκοί Σταθμοί	67.412	414,52	22%
	Χερσαία Αιολικά	65.111	535,25	16%
	ΜΥΗΣ	1.308	8,13	22%
	Βιοαέριο/Βιομάζα	4.404	7,46	79%
	ΣΗΘΥΑ	7.062	45,75	21%
Αττικής	Φωτοβολταϊκοί Σταθμοί	35.616	223,05	21%
	Χερσαία Αιολικά	30.200	182,86	22%
	ΜΥΗΣ	302	0,63	64%
	Βιοαέριο/Βιομάζα	6.066	36,83	22%
	ΣΗΘΥΑ	5	32,74	0%
Δυτικής Ελλάδας	Φωτοβολταϊκοί Σταθμοί	56.462	358,16	21%
	Χερσαία Αιολικά	48.161	370,20	17%
	ΜΥΗΣ	6.636	53,96	17%
	Βιοαέριο/Βιομάζα	1.038	6,13	23%
	ΣΗΘΥΑ	0	0,00	
Δυτικής Μακεδονίας	Φωτοβολταϊκοί Σταθμοί	63.828	460,43	19%
	Χερσαία Αιολικά	18.905	201,50	13%
	ΜΥΗΣ	5.319	24,32	29%
	Βιοαέριο/Βιομάζα	421	3,74	15%
	ΣΗΘΥΑ	0	0,00	
Ηπείρου	Φωτοβολταϊκοί Σταθμοί	29.970	197,24	20%
	Χερσαία Αιολικά	11.285	109,20	14%
	ΜΥΗΣ	16.363	46,87	47%
	Βιοαέριο/Βιομάζα	3.870	7,13	73%
	ΣΗΘΥΑ	0	0,00	
Θεσσαλίας	Φωτοβολταϊκοί Σταθμοί	121.858	740,42	17%
	Χερσαία Αιολικά	1.481	18,60	17%
	ΜΥΗΣ	3.955	31,71	17%
	Βιοαέριο/Βιομάζα	8.008	21,66	50%
	ΣΗΘΥΑ	752	4,00	25%
Ιονίων Νήσων	Φωτοβολταϊκοί Σταθμοί	5.057	34,16	20%
	Χερσαία Αιολικά	12.013	120,40	13%
	ΜΥΗΣ	0	0,00	
	Βιοαέριο/Βιομάζα	46	0,33	19%
	ΣΗΘΥΑ	0	0,00	
	Φωτοβολταϊκοί Σταθμοί	121.648	736,73	22%
	Χερσαία Αιολικά	17.136	158,10	15%

Κεντρικής Μακεδονίας	ΜΥΗΣ	16.713	55,11	41%
	Βιοαέριο/Βιομάζα	11.301	25,66	59%
	ΣΗΘΥΑ	3.857	32,76	16%
Πελοποννήσου	Φωτοβολταϊκοί Σταθμοί	56.714	341,00	22%
	Χερσαία Αιολικά	82.413	639,30	17%
	ΜΥΗΣ	572	3,99	19%
	Βιοαέριο/Βιομάζα	0	0,48	0%
	ΣΗΘΥΑ	0	0,00	
Στερεάς Ελλάδας	Φωτοβολταϊκοί Σταθμοί	99.092	606,03	22%
	Χερσαία Αιολικά	273.134	1863,06	55%
	ΜΥΗΣ	11.582	32,89	47%
	Βιοαέριο/Βιομάζα	780	1,90	55%
	ΣΗΘΥΑ	289	2,90	
Κρήτης	Φωτοβολταϊκοί Σταθμοί	14.393	78,29	25%
	Χερσαία Αιολικά	35.798	202,69	24%
	ΜΥΗΣ	0	0,30	0%
	Βιοαέριο/Βιομάζα	437	1,00	59%
	ΣΗΘΥΑ	0	0,00	

Πίνακας 6.2: Συνολική Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας Βιομάζας-Βιοαερίου και εγκατεστημένη ισχύς ανά περιφέρεια. [39]

6.2 Γενικά στοιχεία χωροθέτησης μονάδας – πρώτες ύλες μονάδας

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας θα πραγματοποιηθεί με την χρήση της βιομάζας του κάμπου των ερυθρών. Η εγκατεστημένη μονάδα θα λειτουργεί σε 24ωρη βάση με αυτοματοποιημένη διαδικασία ελέγχου καθώς επίσης θα υπάρχει και σύστημα παρακολούθησης της λειτουργίας της και του χώρου.

Η μονάδα θα αποτελείται από ένα αγροτικό κτίριο εμβαδού 800 m², το οποίο θα περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες εγκαταστάσεις της μονάδας αεριοποίησης, καθώς και χώρο για την αποθήκευση και προεργασία της πρώτης ύλης (πίνακας 6.3). Η βιομάζα του κάμπου που θα αποτελέσει την πρώτη ύλη της μονάδας αφορά γεωργικά κυρίως υπολείμματα χωρίς να αποκλείεται βιομάζα της ευρύτερης περιοχής ενδιαφέροντος, δασική ή άλλου τύπου (κλαδοδέματα δήμου, ενεργειακές καλλιέργειες κ.ά.). Η λειτουργία της μονάδας ετησίως αναμένεται να είναι 8300 ώρες και περίπου 460 ώρες θα χρησιμοποιούνται για τη συντήρηση του εξοπλισμού. Η μονάδα για την ορθή λειτουργία της θα προσλάβει ένα κύριο άτομο (ειδικότητας ηλεκτρολόγου ή μηχανολόγου μηχανικού) και έναν βοηθός (ήδη υπάλληλος του συνεταιρισμού).

Είδος έργου	Εγκατάσταση εκμετάλλευσης ενέργειας από βιομάζα
Παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος	100 KW
Φορέας υλοποίησης	Αγροτικός Συνεταιρισμός Ερυθρών
Έκταση – Χώρος τοποθέτησης μονάδας	Κτίριο 800 m ² και περιβάλλον χώρος (εικόνα 6.3)
Λειτουργία	24ώρη / εβδομαδιαία / ετήσια

Πίνακας 6.3: Είδος και μέγεθος έργου



Εικόνα 6.3 Εγκαταστάσεις Αγροτικού συνεταιρισμού Ερυθρών στην δημοτική ενότητα Ερυθρών

Βασικό κριτήριο χωροθέτησης αποτέλεσε ότι το ιδιοκτησιακό καθεστώς του προς επιλογή οικοπέδου: ιδιόκτητος στεγασμένος χώρος 800m² του αγροτικού συνεταιρισμού ο οποίος πληροί όλες τις προϋποθέσεις εγκατάστασης της μονάδας. Επίσης όμως εξετάστηκαν :

- Η άμεση δυνατότητα σύνδεσης με το ηλεκτρικό δίκτυο. Σύμφωνα με τη νομοθεσία οι σταθμοί ισχύος μέχρι και 100 KW μπορούν να διασυνδεθούν απευθείας στο δίκτυο της χαμηλής τάσης, ενώ σταθμοί με ισχύ μεγαλύτερη των 100 KW συνδέονται στο δίκτυο μέσης τάσης
- Η ύπαρξη δρόμων / δικτύου πρόσβασης
- Αποστάσεις από τον αστικό ιστό και κοντινότερους οικισμούς (η μονάδα θα βρίσκεται στο βορειότερο απομακρυσμένο άκρο της κωμόπολης των Ερυθρών)
- Η χρήση γης
- Οι αποστάσεις από τα βασικά δίκτυα υποδομής.

Η ανωτέρω επιλογή θέσης του έργου επιπλέον έλαβε υπόψη τις σημαντικότερες οικονομοτεχνικές, χωροταξικές και περιβαλλοντικές παραμέτρους, ώστε να καταστεί το έργο βιώσιμο.

6.3 Κατάταξη Έργου ή Δραστηριότητας

Σύμφωνα με τη σχετική νομοθεσία Ν. 4014/21.9.2011 (ΦΕΚ 209/Α/2011) η οποία αφορά την κατάταξη δημοσίων και ιδιωτικών έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες και υποκατηγορίες, το έργο αυτό μπορεί να καταταχθεί :

1. Στην Ομάδα 4η: Συστήματα Περιβαλλοντικών Υποδομών, Α/Α: 11, Εγκαταστάσεις επεξεργασίας μη επικίνδυνων αποβλήτων προς παραγωγή βιοαερίου (εργασία R3) β) πυρόλυση ή **αεριοποίηση**, στην Υποκατηγορία Α2 (Q=1.000 t/έτος <50.000 t/έτος).

2. Στην Ομάδα 10η: Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, Αύξων Αριθμός: 7, Ηλεκτροπαραγωγή από σταθμούς καύσης βιομάζας, στην Υποκατηγορία Α2 ($P < 10 MW$).

3. Στην Ομάδα 11η: Μεταφορά ενέργειας, καυσίμων και χημικών ουσιών, Α/Α: 10, Εναέριες γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας με τις συνοδευτικές αυτών εγκαταστάσεις (υποσταθμοί και κέντρα υπερύψηλης τάσης), δεν κατατάσσεται σε κάποια κατηγορία.

Σύμφωνα με την Υ.Α. οικ. 3137/191/Φ. 15/2012 (ΦΕΚ1048 /04-04-2012) - Αντιστοίχιση των κατηγοριών των βιομηχανικών και βιοτεχνικών δραστηριοτήτων και δραστηριοτήτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τους βαθμούς όχλησης, που αναφέρονται στα πολεοδομικά διατάγματα, το έργο εντάσσεται στην κατηγορία:

- α/α 303 Σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ - β. Σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής με χρήση βιομάζας ή αγροτικών παραπροϊόντων **≤ 5 MW**, άρα κατατάσσεται ως **δραστηριότητα χαμηλής όχλησης**.

6.4 Λειτουργία του Έργου

Εργασίες οι οποίες θα πραγματοποιούνται κατά τη φάση της λειτουργίας του έργου είναι:

- Αποθήκευση και τροφοδοσία πρώτης ύλης.
- Διεργασία αεριοποίησης με σκοπό την παραγωγή αερίου σύνθεσης (Syngas).
- Εξευγενισμός, καθαρισμός και ψύξη του παραγόμενου αερίου σύνθεσης.
- Μ.Ε.Κ., γεννήτρια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το αέριο σύνθεσης που παράγεται.
- Ηλεκτρικό σύστημα ελέγχου μονάδας.

Η μονάδα θα ηλεκτροδοτείται από το δίκτυο. Για τις ανάγκες λειτουργίας της η μονάδα θα καταναλώνει το 10% της συνολικής παραγόμενης ενέργειας.

Σχετικά με τα στερεά απόβλητα της παραγωγικής διαδικασίας συγκαταλέγονται τα εξής :

- Στερεά απόβλητα (φυσική στάχτη) από τη συστοιχία κυκλώνων, που θα χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση των αέριων σωματιδίων του αερίου μίγματος,
- Υπολείμματα άκαυστου άνθρακα
- Στερεά απόβλητα από το στάδιο καθίζησης του καθαρισμού του νερού, που ανακυκλοφορεί στην κλίνη αντίστροφης πλύσης.

Σχετικά με τα αέρια απόβλητα της παραγωγικής διαδικασίας

Το αέριο σύνθεσης πριν την καύση του καθαρίζεται 'έτσι ώστε η παρουσία ρυπαντών να είναι εντός ορίων. Επίσης το κύκλωμα είναι κλειστό και στεγανό για αποφυγή διαρροών.

Επίσης θα γίνεται τακτικός έλεγχος καλής λειτουργίας της Μ.Ε.Κ., όπου θα μετριοούνται οι εκπομπές NOx, CO, άκαυστοι υδρογονάνθρακες, ανά εξάμηνο, θα καταγράφονται σε ειδικό βιβλίο μετρήσεων και θα

τηρείται αρχείο. Εάν τα όρια εκπομπών υπερβούν τα όρια, τότε θα ακολουθηθεί η διαδικασία διακοπής της λειτουργίας της μονάδας, θα εντοπιστεί το πρόβλημα και στην συνέχεια θα αποκατασταθεί η επαναλειτουργία της μονάδας.

Επίσης κατά τη λειτουργία της μονάδας πηγή θορύβου είναι κυρίως ο μηχανολογικός εξοπλισμός της μονάδας, ο οποίος ωστόσο δεν αναμένεται να ξεπερνά το όριο των 50 Db, που ορίζεται από την σχετική νομοθεσία (ΠΔ 1180 ΦΕΚ 293/Α/06-10-81), για τις περιοχές όπου το επικρατέστερο στοιχείο είναι το βιομηχανικό και το αστικό. Ο μηχανολογικός εξοπλισμός επιβάλλεται να συντηρείται συνεχώς και σωστά και να γίνεται προσπάθεια να εκσυγχρονίζεται με νέα μηχανήματα, έτσι ώστε να εκπέμπονται χαμηλότερα ποσοστά θορύβου, δονήσεων, και αναθυμιάσεων.

	ΕΙΔΟΣ			ΜΕΓΕΘΟΣ			ΔΙΑΡΚΕΙΑ		ΑΝΑΤΑΞΗ		ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ			
	ΘΕΤΙΚΕΣ	ΟΥΔΕΤΕΡΕΣ	ΑΡΝΗΤΙΚΕΣ	ΑΣΘΕΝΕΙΣ	ΜΕΤΡΙΕΣ	ΙΣΧΥΡΕΣ	ΒΡΑΧΥΧΡΟΝΙΕΣ	ΜΑΚΡΟΧΡΟΝΙΕΣ	ΑΝΑΣΤΡΕΨΙΜΕΣ	ΜΕΡΙΚΩΣ ΑΝΑΣΤΡΕΨΙΜΕΣ	ΜΗ ΑΝΑΣΤΡΕΨΙΜΕΣ	ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΙΜΕΣ	ΜΗ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΙΜΕΣ	ΜΗ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΙΜΕΣ
ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ	x				x			x						
ΕΔΑΦΟΣ	x				x			x						
ΑΕΡΑΣ			x		x			x		x		x		
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΥΔΑΤΑ			x		x		x		x			x		
ΥΠΟΓΕΙΑ ΥΔΑΤΑ			x	x			x		x			x		
ΧΛΩΡΙΔΑ		x												
ΠΑΝΙΔΑ		x												
ΑΚΟΥΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ			x	x				x		x		x		
ΧΡΗΣΗ ΓΗΣ		x												
ΔΟΜΗΜΕΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ		x												
ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ - ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ	x				x			x						
ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ			x	x			x			x		x		
ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ		x												
ΑΙΣΘΗΤΙΚΗ		x												
ΤΟΥΡΙΣΜΟΣ- ΑΝΑΨΥΧΗ		x												

Πίνακας 6.4: Πίνακας επιπτώσεων του έργου

6.5 Πρώτη ύλη (βιομάζα)

Η βιομάζα του κάμπου θα χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για τις ανάγκες της μονάδας. Για την ορθή και συνεχόμενη λειτουργία της μονάδας απαιτούνται περίπου 1.000 τον/έτος βιομάζας. Σε πολύ κοντινή απόσταση από την μονάδα και συγκεκριμένα σε ακτίνα 5km από τα όρια του γηπέδου εντοπίζονται

αγροτικές καλλιέργειες, οι οποίες έχουν άμεση συσχέτιση με τη μονάδα καθώς αποτελούν δραστηριότητες με δυνατότητα τροφοδότησης πρώτης ύλης της μονάδας. Οι βασικές καλλιέργειες του κάμπου των Ερυθρών οι οποίες θα τροφοδοτήσουν την μονάδα βιομάζας περιγράφονται στον πίνακα 6.5, σύμφωνα πάντα με τα στοιχεία του αγροτικού συνεταιρισμού ερυθρών.

Καλλιέργεια	Αριθμός Στρεμμάτων
Σιτάρι	20.000
Βαμβάκι	12.000
Αμπελώνες	8.000
Κριθάρι	4.000
Βρώμη	2.000
<u>Λοιπές διάφορες Καλλιέργειες</u> Όσπρια : ρεβίθια, φακές, κουκιά και φασόλια Κηπευτικά : πατάτες, κρεμμύδια και ελαιόδεντρα	4.000
Ακαλλιέργητη γη για εν δυνάμει καλλιέργεια του ενεργειακού φυτού μίσχανθος, υψηλής απόδοσης βιομάζας (3-4 τόνους / στρέμμα)	10.000

Πίνακας 6.5 Κύριες Καλλιέργειες του κάμπου των Ερυθρών

Βάσει των υπολογισμών η ποσότητα της βιομάζας γεωργικών υπολειμμάτων που προκύπτει από τις καλλιέργειες του πίνακα 6.5 υπερκαλύπτει την απαιτούμενη ποσότητα βιομάζας που απαιτείται για την εύρυθμη λειτουργία της μονάδας βιομάζας των 100 KW που προτείνεται και είναι 1.000 τόνοι ετησίως.

Για παράδειγμα, όσο αφορά στο σιτάρι, καλλιεργείται κυρίως η ποικιλία Simeto της οποίας η υπολειπόμενη ποσότητα που μένει στο χωράφι μετά τον θερισμό είναι περίπου 100 kg ανά στρέμμα. Δηλαδή μόνο από την καλλιέργεια σιταριού η προς αξιοποίηση βιομάζα ανέρχεται στους 2.000 τόνους ετησίως. Σε διάφορες άλλες ποικιλίες σιταριού που επίσης καλλιεργούνται στον κάμπο, η υπολειπόμενη ποσότητα βιομάζας που μένει στο χωράφι φθάνει περίπου στα 150 kg ανά στρέμμα.

Αθροίζοντας την υπολειπόμενη βιομάζα και από τις υπόλοιπες καλλιέργειες του πίνακα 6.5 συμπεραίνεται ότι θα μπορούσε να υποστηριχθεί μια πολύ μεγαλύτερη μονάδα επεξεργασίας της τοπικής βιομάζας (έως και 300 KW). Δεδομένου ότι τα εμπορικά συστήματα αεριοποίησης βιομάζας αποτελούνται από τμήματα (modules) ανάλογα με την επιθυμητή ισχύ, δεν αποκλείεται στο μέλλον να επιδιωχθεί η αύξηση περαιτέρω της ισχύος της υπάρχουσας μονάδας για να εκμεταλλευτεί ο συνεταιρισμός προς όφελος του, ακόμη περισσότερο την υπολειπόμενη βιομάζα του κάμπου.

Συμπληρωματικά με τα ανωτέρω η καλλιέργεια του ενεργειακού φυτού μίσχανθος στην ακαλλιέργητη γη των 10.000 στρεμμάτων, το οποίο είναι πολυετές με ελάχιστες απαιτήσεις καλλιέργειας, μεγάλες στρεμματικές αποδόσεις (3 - 4 τον/στρ.) και με εικοσαετή τουλάχιστον διάρκεια ζωής, όσο και η σχεδιαζόμενη μονάδα βιομάζας, θα είχε ως αποτέλεσμα την ετήσια παραγωγή επιπλέον περίπου 30.000 τόνων βιομάζας.



Εικόνα 6.4 Φυτό Μίσχανθος

6.5.1 Διαχείριση πρώτης ύλης της μονάδας

Γενικά ισχύει σε όλες τις μονάδες αεριοποίησης ανεξαρτήτως τεχνολογίας τους, η υγρασία της πρώτης ύλης προτού διοχετευτεί στον αεριοποιητή θα πρέπει να είναι από 7% έως 10%. Δεδομένου ότι η εξασφάλιση μιας τέτοιας πρώτης ύλης είναι τεχνικά ανέφικτη καταφεύγουμε σε ξηραντήριο έτσι ώστε η μονάδα αεριοποίησης να μπορεί να επεξεργαστεί τις πρώτες ύλες οι οποίες φέρουν υγρασία μεγαλύτερη του 20% και έως και 40%. Θα μπορούσε να επιτευχθεί ξήρανση της πρώτης ύλης με την χρήση μέρους της παραγόμενης θερμότητας της μονάδας. Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενα κεφάλαια η εξάλειψη όσο το δυνατό περισσότερο της υγρασίας από την πρώτη ύλη είναι καθοριστική για την εύρυθμη λειτουργία της μονάδας, καθώς η θερμογόνος δύναμη της πρώτης ύλης είναι στενά συνδεδεμένη με το ποσοστό της περιεχόμενης υγρασίας αυτής. Για παράδειγμα στον πίνακα 6.6 φαίνεται η εξέλιξη της θερμογόνου δύναμης σε σχέση με τα ποσοστά υγρασίας για τον τύπο βιομάζας τεμαχίδια ξύλου (woodchips) [13].

Περιεχόμενη υγρασία (%)	MJ/kg	Kwh/kg
0	19,9	5,3
10	16,9	4,7
20	14,7	4,1
30	12,6	3,5
40	10,4	2,9
50	8,2	2,3
60	6,1	1,7

Πίνακας 6.6: Σχέση θερμογόνου δύναμης και υγρασίας ξυλοτεμαχιδίων (woodchips)

Η βιομάζα που θα εισέρχεται στη μονάδα αεριοποίησης θα υπό μορφή πελλετών (pellets – εικόνα 4.1) ή μπρικέτας (εικόνα 4.3). Όπως αναφέρεται και στην παράγραφο 4.4 (Μηχανικές μέθοδοι βιομάζας), η πιο ενδεδειγμένη μέθοδος αξιοποίησης της πορώδους βιομάζας είναι να μετατραπεί αυτή σε πυκνά

συσσωματώματα μέσω των διεργασιών της ξήρανσης και της συμπίεσης και στη συνέχεια να αξιοποιηθεί ενεργειακά.

Έτσι ο συνεταιρισμός θα προμηθεύει τη μονάδα αεριοποίησης βιομάζας με μπρικέτες που θα παράγει ο ίδιος σε άλλη ξεχωριστή μονάδα επεξεργασίας βιομάζας (παραγωγή πελλετών) με σκοπό τη διάθεση των προϊόντων αυτής ποικιλοτρόπως. Οι δυο επενδύσεις του συνεταιρισμού, παραγωγή ενέργειας από βιομάζα και παραγωγή πελλετών - μπρικετών από βιομάζα είναι διαφορετικές όσο αφορά την υλοποίησή τους, αλλά στην συνέχεια θα υπάρχει η δυνατότητα “αλληλοκάλυψης” τους, σχετικά με τα κόστη λειτουργίας τους. Η μονάδα αεριοποίησης λαμβάνει πελέτες-μπρικέτες ως πρώτη ύλη και η μονάδα παραγωγής πελλετών λαμβάνει την απαιτούμενη ενέργεια λειτουργίας της, συνδυαστικά πάντα και με άλλες ΑΠΕ.

Ο συνεταιρισμός θα παράγει πρώτη ύλη πελέτες – μπρικέτες από την υπολειμματική βιομάζα των φυτών που καλλιεργούνται στον κάμπο των ερυθρών όπως άχυρο από σιτάρι, κριθάρι, βρώμη, άλλης υπολειπόμενης βιομάζας, σε διάφορες αναλογίες το οποίο ονομάζεται διεθνώς agripellet.

Η θερμογόνο δύναμη της πελέτας (pellet) άχυρου κυμαίνεται μεταξύ 17,00 και 18,91 MJ/kg (πίνακας 2.5), ενώ η περιεκτικότητα σε στάχτη είναι περίπου 7% (πίνακας 2.4) και η υγρασία είναι μικρότερη από 12%. Αναφέρθηκε ήδη ως μια από τις προτάσεις προώθησης των ΑΠΕ βιομάζας, η στάχτη που προκύπτει από την διεργασία της αεριοποίησης να αξιοποιείται ως λίπασμα στα χωράφια, κάτι που μπορεί να γίνει και στην περίπτωση του συνεταιρισμού ερυθρών.

Η μετατροπή της υπολειμματικής γεωργικής βιομάζας σε πελέτες (pellets) έχει ως αποτέλεσμα την εύκολη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας (κόστη μεταφοράς και αποθήκευσης) της πρώτης ύλης και διάθεσης της σε πολλούς αποδέκτες.

Για τον υπολογισμό του κόστους λειτουργίας, της μονάδας αεριοποίησης βιομάζας αυτή θα λαμβάνει την ανάλογη απαιτούμενη ποσότητα πρώτης ύλης (μπρικέτας) από τη μονάδα παραγωγής πελέτας – μπρικέτας του συνεταιρισμού σε τιμή κόστους, το οποίο σύμφωνα με τη βιβλιογραφία [40] είναι για πελέτες €53/τόνος και για μπρικέτες €34/τόνος.

Ο αγροτικός συνεταιρισμός Ερυθρών πέρα της πολύ καλής του οικονομικής κατάστασης, είναι άρτια οργανωμένος διαθέτοντας όλον τον απαιτούμενο αγροτικό εξοπλισμό και υποδομές για να στηρίξει την επένδυση παραγωγής ενέργειας από την υπολειμματική βιομάζα του κάμπου των Ερυθρών (εικόνα 6.5).

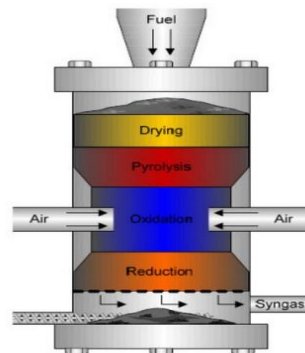


Εικόνα 6.5 Αγροτικός εξοπλισμός και υποδομές Αγροτικού Συνεταιρισμού Ερυθρών

Η υποδομή του συνεταιρισμού κρίνεται καθοριστική για τη βιωσιμότητα του έργου, επιδρώντας άμεσα τόσο στο κόστος πρώτης εγκατάστασης όσο και στη συνέχεια στην μακροχρόνια λειτουργία της μονάδας βιομάζας.

6.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά μονάδας αεριοποίησης βιομάζας

Η σχεδιαζόμενη μονάδα θα χρησιμοποιεί αντιδραστήρα σταθερής κλίνης καθοδικού ρεύματος όπως αυτός περιεγράφηκε στην παράγραφο 5.5.1.2 και φαίνεται στην εικόνα 6.6.



Εικόνα 6.6 Αεριοποιητής σταθερής κλίνης καθοδικού ρεύματος [30].

Στην εικόνα 6.7 φαίνεται το διάγραμμα διεργασίας της μονάδας βιομάζας όπου :

1. Αποθήκευση βιομάζας
2. Μεταφοράς βιομάζας
3. Αεριοποιητής βιομάζας
4. Κυκλώνας συλλέκτης σκόνης
5. Ψυγείο αέρα
6. Ψυγείο αερίου
7. Ηλεκτροστατικό φίλτρο
8. Ψυγείο αερίου
9. Ψύξη αερίου
10. Δεξαμενή απομόνωσης
11. Φλόγα αερίου (πυρσός)
12. Γεννήτρια, Μ.Ε.Κ.
13. Ανεμιστήρας



Εικόνα 6.7 Διάγραμμα διεργασίας μονάδας βιομάζας με αεριοποιητή σταθερής κλίνης καθοδικού ρεύματος (dawn draft)

Πηγή : https://www.powermaxgasifiers.com/article_read_155.html

Η μονάδα θα χρησιμοποιεί μηχανή εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ) της εταιρείας MAN, όπως φαίνεται στην εικόνα 6.8 [48], με τα εξής χαρακτηριστικά :

Τύπος	Αέριο
Αριθμός κυλίνδρων	12 κυλίνδροι
Τεχνολογία	Υπερτροφοδοτούμενος
Εφαρμογές προϊόντος	Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
Ισχύς	275 kW, 300 kW (373, 896 hp)
Ταχύτητα περιστροφής	1.500 rpm, 1.800 rpm (9.424,78 rad min ⁻¹)
Μετατόπιση	25.8 l (6.816 gal)
Βάρος	1.763 kg (3.886,75 lb)
Μήκος	1.743 mm (68,6 in)
Πλάτος	1.245 mm (49 in)
Ύψος	1494 mm (58.8 in)



Ενώ για ηλεκτρογενήτρια παραγωγή ενέργειας θα χρησιμοποιεί την γεννήτρια της εικόνας 6.9, με τα εξής χαρακτηριστικά :



MODEL: ECP34-2M4C

OUTPUT POWER:

1800 RPM **kVa** 160

kW 128

1500 RPM **kVa** 125

kW 100

ALTERNATOR EFFICIENCY: 95

POWER COEFFICIENT: 0.8

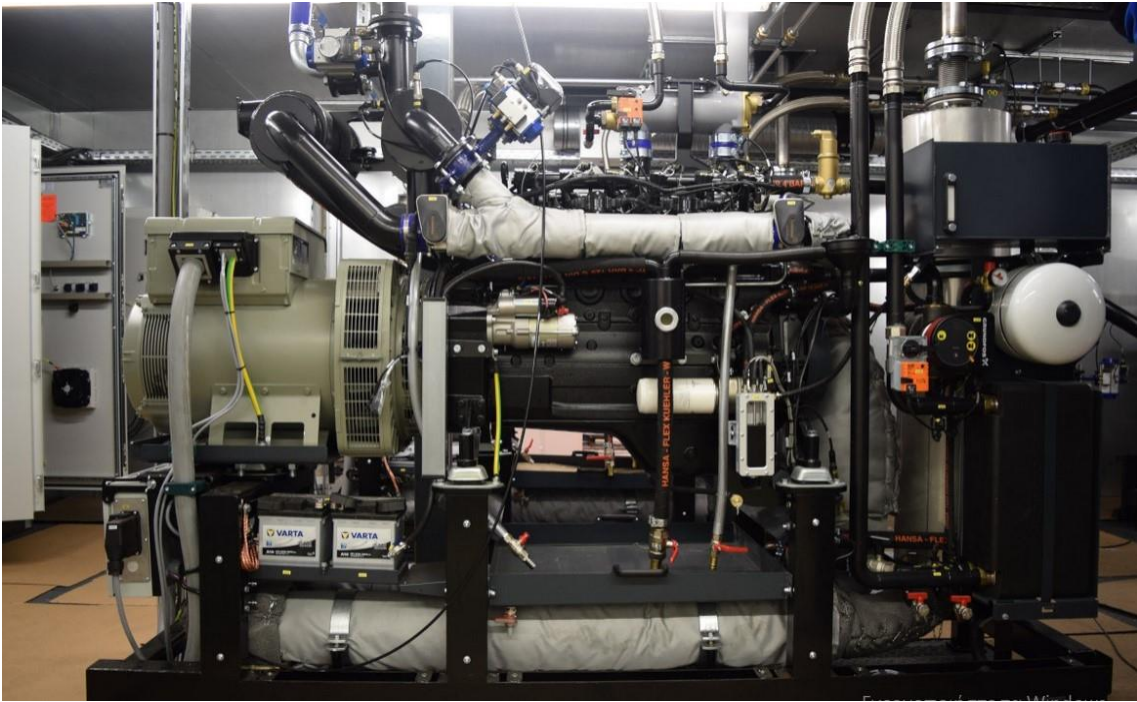
Εικόνα 6.9 Ηλεκτρογεννήτρια μονάδας αεριοποίησης βιομάζας

Πηγή : <https://www.norm.com.tr/en/product/ecp34-2m4c-497>

Συνολικά τεχνικά χαρακτηριστικά μονάδας αεριοποίησης της βιομάζας και αποδόσεις αυτής :

Βάρος	11.800 Kg
Ηλεκτρική ισχύς	100 kW _e
Καθαρή θερμική ισχύς	146 kWh _{th}
Κατανάλωση βιομάζας	120 Kg/h
BioChar (μέσος όρος)	8,4 kg/h
Αεριοποιητής	Σταθερής κλίνης καθοδικού ρεύματος
Κινητήρας (1500 rpm @ 50 HZ)	MAN e3262 e302-V12 (εικόνα 6.8)
Γεννήτρια (50 Hz / 400 V)	Meccalte ECP34 2M4 C (εικόνα 6.9)
Παραγωγικότητα και περιβαλλοντικό αποτύπωμα @ 8300 ώρες/έτος	
Ηλεκτρική παραγωγή	830 MWh _e
Θερμική απόδοση	1.211 MWh _{th}
Παραγωγή βιοανθράκων (μέσος όρος)	70 τον/έτος
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας	260 toe/y
Εξοικονόμηση CO ₂	760 τον/έτος

Πίνακας 6.7: Συνολικά τεχνικά χαρακτηριστικά μονάδας αεριοποίησης της βιομάζας



Εικόνα 6.10 Βασικό τμήμα της μονάδας αεριοποίησης βιομάζας

6.5 Οικονομικά στοιχεία της μονάδας αεριοποίησης βιομάζας

Ο χρόνος ζωής της εγκατάστασης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας από βιομάζα, είναι το ελάχιστο 20 έτη αδιάκοπης λειτουργίας της. Το κτίριο ιδιοκτησίας του συνεταιρισμού στο οποίο θα εγκατασταθεί η μονάδα έχει χρόνο ζωής πολύ μεγαλύτερο από το χρόνο ζωής του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού. Κατά συνέπεια η οικονομική ζωή της επένδυσης λαμβάνει κατά βάση υπόψη της το χρόνο ζωής του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού. Οι σημαντικότερες παράμετροι της επένδυσης που πρέπει να υπολογιστούν είναι :

- το συνολικό κόστος εγκατάστασης (πάγια επένδυση)
- τα λειτουργικά κόστη (πρώτη ύλη, εργασία, συντήρηση, ασφάλιση, λοιπά έξοδα)
- τα χρηματοοικονομικά κόστη (αποσβέσεις)
- τα έσοδα από την πώληση ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας
- τα διαθέσιμα προς επένδυση κεφάλαια (ίδια και επιδοτούμενα)
- οι χρόνοι αποπληρωμής (προ φόρων και αποσβέσεων)

Για την αξιολόγηση της επένδυσης σημαντικές παράμετροι είναι η τήρηση ενός εύλογου χρονοδιαγράμματος από την εκκίνηση της αδειοδοτικής διαδικασίας μέχρι και την τελική σύνδεσή του, η εύρυθμη λειτουργία στο σύνολο των 20 ετών που διαρκεί το επενδυτικό πλάνο και φυσικά η οικονομική βιωσιμότητά του. Για το τελευταίο θα υπολογιστούν δύο δείκτες, η Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) και ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (ΕΒΑ). Η πρώτη καθορίζει αν η υπό μελέτη επένδυση είναι συμφέρουσα ή όχι. Αν η ΚΠΑ>0 τότε η επένδυση είναι κερδοφόρα.

Ο ΕΒΑ ή εσωτερική αποδοτικότητα (IRR) δείχνει την αποδοτικότητα της επένδυσης και στην ουσία αποτελεί ένα προεξοφλητικό επιτόκιο που μηδενίζει την Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) της επένδυσης. Η επένδυση αξιολογείται θετικά αν ο ΕΒΑ προκύπτει μεγαλύτερος από το προεξοφλητικό επιτόκιο. Προκειμένου για δυο επενδυτικά σχέδια, προτιμάται φυσικά εκείνο με το μεγαλύτερο δείκτη απόδοσης.

Το επιτόκιο προεξόφλησης ορίζεται **στο 9%**, σύμφωνα με το άρθρο 3 παράγραφο 9 του Νόμου 4414/2016 (ΦΕΚ 149/Α/9-8-2016). Το επιτόκιο προεξόφλησης υπολογίζει τη σημερινή (ή παρούσα) αξία ενός μελλοντικού ποσού [41].

Άρθρο 3 του Νόμου 4414/2016

Το Επιτόκιο Αναγωγής για τις κατηγορίες σταθμών του Πίνακα 1 της περίπτωσης β' της παρ. 1 του άρθρου 4 καθορίζεται ως εξής:

α) σε 9% για κατηγορίες σταθμών του Πίνακα 1 της περίπτωσης β' της παρ. 1 του άρθρου 4, με αύξοντα αριθμό 1-10, 12-14, 28,

Άρθρο 4

β. Πίνακας 1: Τιμές Αναφοράς ανά κατηγορία σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α..

α/α	Κατηγορία σταθμών	Τ.Α. (€/MWh)
1	Αιολική Ενέργεια που αξιοποιείται με χερσαίες εγκαταστάσεις	98
2	Αιολική Ενέργεια που αξιοποιείται με χερσαίες εγκαταστάσεις στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά	98
3	Υδραυλική Ενέργεια που αξιοποιείται με μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ <3MWe	100
4	Υδραυλική Ενέργεια που αξιοποιείται με μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ από 3MWe έως και 15 MWe	97
5	Βιομάζα (ή βιορευστά) που αξιοποιείται μέσω θερμικών διεργασιών (καύση, πυρόλυση) εκτός αεριοποίησης, από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ < 1MW (εξαιρουμένου του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων)	184
6	Βιομάζα (ή βιορευστά) που αξιοποιείται μέσω διεργασίας αεριοποίησης από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ < 1MW (εξαιρουμένου του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων)	193

Εικόνα 6.11 Πίνακας ΑΠΕ, όπου το επιτόκιο προεξόφλησης καθορίζεται σε 9%

6.5.1 Συνολικό κόστος εγκατάστασης

Το κόστος εγκατάστασης της μονάδας ανέρχεται :

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΑΞΙΑ (€)
Πλήρης ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός μονάδας	350.000
Αδειοδοτική διαδικασία	8.000
Όροι σύνδεσης	10.000
Παράβολα φακέλου	500
Σύνολο	368.500

Πίνακας 6.8: Αρχικό κόστος εγκατάστασης της μονάδας

6.5.2 Λειτουργικά Έξοδα

Τα λειτουργικά έξοδα αποτελούν πολύ σημαντική παράμετρο για να εκτιμηθεί η βιωσιμότητα της επένδυσης. Ο υπολογισμός με ακρίβεια των λειτουργικών εξόδων βοηθά να μετρηθεί ένα σημαντικό κομμάτι του ρίσκου της επένδυσης, η αναμενόμενη κερδοφορία της και να προβλεφθούν οι ταμειακές ροές της σε βάθος εικοσαετίας. Έτσι έχουμε :

Το κόστος αγοράς βιομάζας: Όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 6.4.1 σχετικά με την διαχείριση της πρώτης ύλης αλλά και στον πίνακα 6.7 συνολικά τεχνικά χαρακτηριστικά μονάδας αεριοποίησης βιομάζας, για την μονάδα των 100 KW απαιτούνται ετησίως 1.000 τόνοι βιομάζας (120 kg ανά ώρα λειτουργίας για σύνολο 8.300 ωρών ετήσιας συνολικής λειτουργίας της μονάδας), οι οποίοι θα προμηθεύονται από τον συνεταιρισμό στην μέση τιμή των **€30/τόνος**.

Το ετήσιο κόστος συντήρησης: Το ετήσιο κόστος συντήρησης ανέρχεται στο **2%** της αρχικής επένδυσης του Η/Μ εξοπλισμού συνυπολογιζόμενου της ολικής γενικής συντήρησης της μηχανής ανά 4 χρόνια.

Το κόστος λογιστικής υποστήριξης και ασφάλισης της μονάδας: Το ετήσιο κόστος λογιστικής υποστήριξης (Μονοπρόσωπη Ι.Κ.Ε.) ανέρχεται στο ποσό των €3.600, ενώ το κόστος ασφάλισης της μονάδας του Η/Μ εξοπλισμού στο 0,3% της αρχικής επένδυσης, ήτοι €1.050

Το μισθολογικό κόστος: Δεδομένου της ημι-αυτοποιημένης λειτουργίας της μονάδας το μόνιμο προσωπικό της θα αποτελείται από έναν ηλεκτρολόγο ή μηχανολόγο μηχανικό απόφοιτο ΑΕΙ ως κύριο επιβλέποντα λειτουργίας της μονάδας με μηνιαίο μισθό €1300 (περιλαμβανομένων των ασφαλιστικών εισφορών). Επίσης θα υπάρχει και κάποιος βοηθός (ανειδίκευτος εργάτης) ο οποίος εργάζεται ήδη στον συνεταιρισμό Ερυθρών και θα απασχολείται κάποιες ώρες όποτε θα κρίνεται αναγκαίο, χωρίς να υπάρχει σχετικό κόστος. Το συνολικό ετήσιο εργατικό κόστος ανέρχεται στο ποσό των **€18.000**

Απόσβεση κεφαλαιουχικού εξοπλισμού: Η απόσβεση του κεφαλαιουχικού εξοπλισμού είναι 10ετής και ανέρχεται στο **10%** και αφορά μόνο τον Η/Μ εξοπλισμό και όχι το κόστος αδειοδοτικής διαδικασίας, μισθολογικό κόστος , κόστος διασύνδεσης στο ηλεκτρικό δίκτυο, κλπ.

Συντελεστής φορολόγησης μονάδας (Μονοπρόσωπη ΙΚΕ με μοναδικό εταίρο τον Αγροτικό συνεταιρισμό Ερυθρών): Για την φορολόγηση της ΙΚΕ επιβάλλεται φόρος εισοδήματος με ενιαίο φορολογικό συντελεστή ύψους 22%, χωρίς αυτός να εξαρτάται από το ύψος κερδών της εταιρείας.

Πληθωρισμός λειτουργίας και Συντήρησης : είναι ίσος με 2%

6.5.3 Έσοδα από την πώληση ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας

Έσοδα από παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια: Η ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι 830 MWh με ένα μέρος της, που είναι 83 MWh να καταναλώνεται για τις ανάγκες λειτουργίας της μονάδας, οπότε η ηλεκτρική ενέργεια που εγχέεται στο δίκτυο και τιμολογείται με €185 / MWh (πίνακας 3.1 τιμολόγηση (feed in tariff) τεχνολογιών ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας) είναι 747 MWh με ετήσια έσοδα **€138.195**.

Έσοδα από παραγόμενη θερμική ενέργεια: Η ετήσια παραγόμενη θερμική ενέργεια αντίστοιχα είναι 1.211 MWh και μπορεί να κοστολογηθεί με ένα ποσό της τάξης των €30/ MWh, με ετήσια έσοδα €36.330.

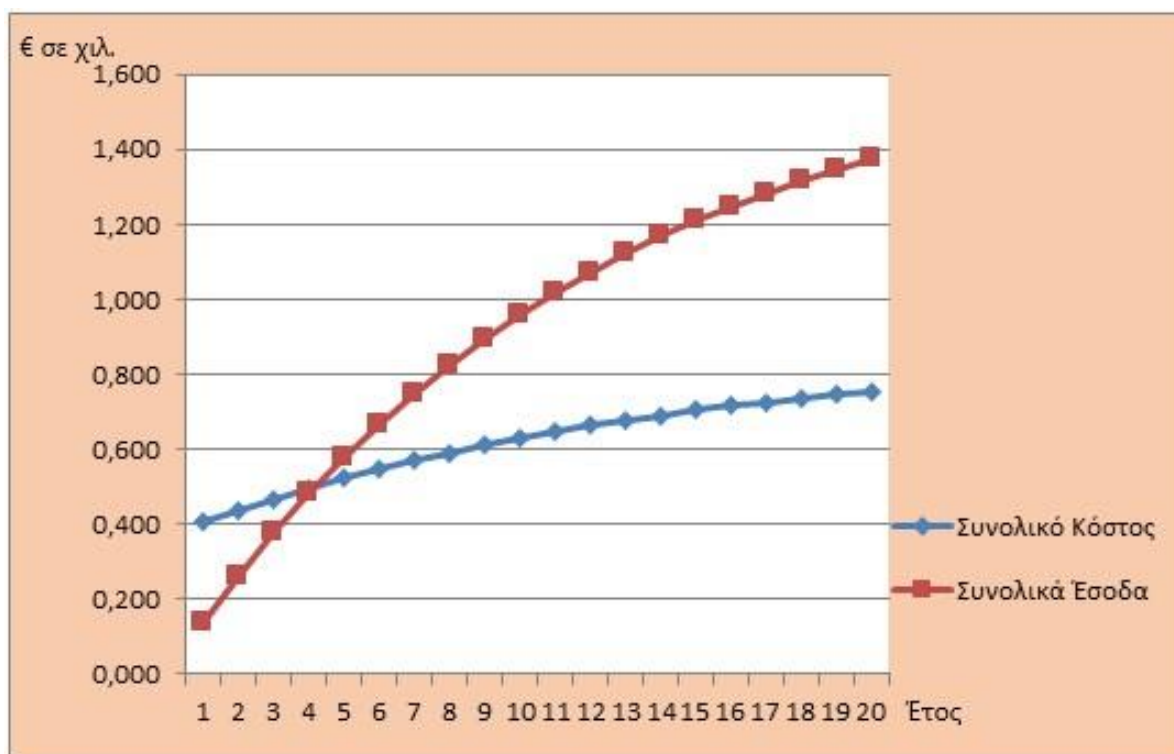
6.6 Τεχνοοικονομική Αξιολόγηση της Επένδυσης

Μια επένδυση για να αξιολογηθεί αν είναι συμφέρουσα στο τέλος χρόνου ζωής της, πρέπει να εξετασθούν όπως προαναφέρθηκε:

- Η Καθαρά Παρούσα Αξία (NPV)
- Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης της επένδυσης (IRR) και
- Η αναλογία του κέρδους (Pr) - η αναλογία του κέρδους σε σχέση με το αρχικό κόστος επένδυσης, είναι εκ των βασικών κριτηρίων αξιολόγησης της επένδυσης. Μεγαλύτερο της μονάδας, σημαίνει στο τέλος της ζωής της επένδυσης, ο επενδυτής θα έχει κέρδος μεγαλύτερο από το επενδυτικό κόστος.

Πίνακας Βασικών Δεδομένων για την Αξιολόγηση της Επένδυσης	
Ισχύς Μονάδας	100KW
Διάρκεια ζωής	20 χρόνια
Βαθμός Απόδοσης Μονάδας	95%
Τιμή Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας	€185/MWh
Τιμή Πώλησης Θερμικής Ενέργειας	€30/MWh
Ίδια Κεφάλαια	100%
Επιτόκιο Αναγωγής	9%
Ετήσιο Πληθωρισμός	2%
Ετήσιο κόστος συντήρησης	2%
Ποσοστό πληθωρισμού Συντήρησης & Λειτουργίας	2%
Ετήσια αύξηση τιμής πώλησης της ενέργειας	-
Ιδιοκατανάλωση ενέργειας επί της παραγόμενης ενέργειας	10%
Απόσβεση εξοπλισμού	10 χρόνια
Αγορά καυσίμου	€30/τόνος
Ετήσια αύξηση τιμής καυσίμου	1%
Εργατικό κόστος	€18.000
Λογιστική Υπόστηριξη, Ασφάλιση εξοπλισμού, κλπ	€7.000
Φορολογία	22%

Πίνακας 6.9: Πίνακας Βασικών Δεδομένων για την Αξιολόγηση της Επένδυσης



Σχήμα 6.1 Συνολικά ακαθάριστα έσοδα και έξοδα της επιχείρησης

Στο διάγραμμα 6.1 φαίνεται το σύνολο των ακαθάριστων εσόδων της μονάδας κατά την διάρκεια ζωής της επένδυσης από την πώληση ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας. Το ίδιο συμβαίνει και για τα συνολικά έξοδα αυτής (αγορά καυσίμου, κλπ).



Σχήμα 6.2 Πορεία των κερδών της επιχείρησης χωρίς και με φορολογία

Η Εταιρεία που θα συσταθεί για την λειτουργία της επένδυσης θα έχει νομική μορφή ΙΚΕ, με κύριο και μοναδικό μέτοχο τον αγροτικό συνεταιρισμό Ερυθρών (θυγατρική). Ο φορολογικός συντελεστής έχει οριστεί στο 22% και στο διάγραμμα 6.2 φαίνεται η πορεία των κερδών της επιχείρησης με φορολόγηση τους και χωρίς φορολόγηση τους. Μια πιθανή μείωση της φορολογίας περαιτέρω θα βελτιώσει περαιτέρω την εικόνα των καθαρών κερδών.



Σχήμα 6.3 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας της μονάδας.

Στο διάγραμμα 6.3 φαίνεται η παραγωγή ενέργειας κατά την διάρκεια ζωής της επένδυσης η οποία παραμένει η ίδια, δεδομένου ότι το σύστημα δουλεύει σε υψηλότατο βαθμό απόδοσης, σύμφωνα και με τις τεχνικές προδιαγραφές του κατασκευαστή, Η ετήσια ηλεκτρική παραγωγή ανέρχεται στις 830 MWh ετησίως και η παραγωγή θερμικής ενέργειας στις 1200 MWh.

Επειδή η λειτουργία της μονάδας βασίζεται στην παραγωγή και κατανάλωση μέρους της ενέργειας αυτής για τη λειτουργία της ίδιας, αφαιρείται ένα ποσοστό 10% της παραγομένης ενέργειας προκειμένου να λειτουργήσει η μονάδα. Έτσι η ετήσια καθαρή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας προς πώληση ανέρχεται στις 747MWh.



Σχήμα 6.4 Ανάγκες Συντήρησης του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού.

Στο σχήμα 6.4 φαίνεται η συντήρηση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, με σημαντικότερη αυτή της συντήρησης της μηχανής εσωτερικής καύσης (Μ.Ε.Κ). Οι αιχμές της καμπύλης του διαγράμματος έχουν να κάνουν με την σημαντική συντήρηση (γενικό service) της Μ.Ε.Κ που απαιτείται να γίνει μετά από τέσσερα χρόνια λειτουργίας της. Ο κάθετος άξονας δείχνει την ετήσια βαθμιαία άνοδο του κόστους συντήρησης όπου μετά από τον κάθε τέταρτο χρόνο λειτουργίας της μονάδας, το κόστος συντήρησης αυξάνεται κατακόρυφα λόγω της απαιτούμενης γενικής συντήρησης και κατόπιν επανέρχεται στο αρχικό κόστος της ετήσιας προγραμματισμένης συντήρησης της μηχανής εσωτερικής καύσης. Η Μ.Ε.Κ δουλεύει ασταμάτητα όλο το 24ώρο και πέραν της πολύ συχνής τυπικής συντήρησης της (αλλαγές λαδιών κλπ) ενδεχομένως μετά από τόσο εντατική λειτουργία της να χρειάζεται κάποια σημαντική επιδιόρθωση για να μη μειωθεί η αποδοτικότητάς της, η οποία καλό είναι να προγραμματίζεται από πριν.



Σχήμα 6.5 Χρόνος Απόσβεσης της επένδυσης.

Ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης είναι στα 5 χρόνια. Παρόλο που το κόστος επένδυσης δεν είναι υπερβολικό για τα δεδομένα του συνεταιρισμού για να προχωρήσει στην επένδυση με ίδια κεφάλαια και παρόλο που διαθέτει δικές του υποδομές (κτίρια, αυτοκίνητα κλπ) ο χρόνος απόσβεσης παραμένει μεγάλος (αν και για βιομηχανική επένδυση είναι ικανοποιητικός). Αυτό έχει να κάνει με την διαστασιολόγηση της μονάδας, η οποία θα μπορούσε εξαρχής ή πιθανόν αργότερα να πάει στα 200KW αυξάνοντας την παραγωγική δυνατότητα της και κρατώντας σταθερά βασικά λειτουργικά της έξοδα, έτσι ώστε το οικονομικό όφελος να μεγιστοποιηθεί.



Σχήμα 6.6 Ταμειακές ροές.

Οι ταμειακές ροές παραμένουν κατά την διάρκεια ζωής της επένδυσης σε σταθερό ρυθμό και μέσο ετήσιο ποσό τις €85.000. Αυτό εξηγείται από την επαναλαμβανόμενη σταθερή λειτουργία της μονάδας.

NPV – IRR -PR

Οι οικονομικότεροι σημαντικοί δείκτες που κρίνουν και την βιωσιμότητα μιας επένδυσης είναι η Καθαρά Παρούσα Αξία (NPV), Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) και η αναλογία του κέρδους (Pr), όπου :

NPV (€)	0.99
IRR (%)	17
Pr	2.67

NPV

Η καθαρά παρούσα αξία φτάνει κοντά στο ένα εκατομμύριο ευρώ (1Μ€), το οποίο από μόνο του δεν αρκεί αλλά συνδυαστικά και με τα υπόλοιπα άλλα δύο (IRR, Pr), θα κρίνουν το αποτέλεσμα της επενδυτικής επιλογής. Όμως όπως αναφέρθηκε στην αρχή της παραγράφου 6.6, εάν το $NPV > 0$ τότε η επένδυση είναι κερδοφόρα.

IRR

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι αρκετά ικανοποιητικός και ξεπερνάει κατά οχτώ ποσοστιαίες μονάδες (8%) το επιτόκιο αναγωγής, το οποίο είναι αρκετά υψηλό και επιλέχθηκε σύμφωνα και με το άρθρο 3 του Νόμου 4414/2016, όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 6.5 (εικόνα 6.11).

Pr

Η αναλογία του κέρδους σε σχέση με το αρχικό κόστος επένδυσης, είναι εκ των βασικότερων στοιχείων αξιολόγησης της επένδυσης, το οποίο είναι μεγαλύτερο της μονάδας που σημαίνει ότι τέλος της ζωής της επένδυσης, ο επενδυτής θα έχει κέρδος μεγαλύτερο από το επενδυτικό κόστος.

6.6.1 Βασικά στοιχεία σεναρίου μονάδας αεριοποίησης βιομάζας ισχύος 200KW – προοπτικές

Ο συνεταιρισμός Ερυθρών λόγω της πολύ καλής του οικονομικής κατάστασης θα μπορούσε να αυξήσει την ισχύ της υπάρχουσας μονάδας στα 200KW, ενδεχομένως και παραπάνω. Η αύξηση αυτή ισχύος τεχνικά είναι αρκετά εύκολη καθότι οι μικρές μονάδες αεριοποίησης αποτελούνται από τμήματα (modules) τα οποία “ενώνονται” μεταξύ τους προκειμένου να υλοποιηθεί μια μεγαλύτερη μονάδα ισχύος. Η πρώτη ύλη (καύσιμο) μπορεί να βρεθεί εύκολα από τον κάμπο των Ερυθρών και να διατεθεί από τον συνεταιρισμό όπως και στην υπάρχουσα μονάδα. Το λειτουργικό και εργατικό κόστος θα παραμείνουν σχεδόν τα ίδια με την υπάρχουσα επένδυση των 100KW χωρίς να επηρεάζουν ιδιαίτερα το αποτέλεσμα.



Σχήμα 6.7 Χρόνος Απόσβεσης της επένδυσης μονάδας των 200KW

Συγκρίνοντας τα σχήματα 6.5 (χρόνος απόσβεσης μονάδας 100KW) και το σχήμα 6.7 (χρόνος απόσβεσης μονάδας 200KW), θα διαπιστώσει ότι στο μεν πρώτο (100KW) η επένδυση θέλει 5 χρόνια για να αποσβεστεί, ενώ στο δεύτερο (200KW) μόλις 3. Αυτό έχει να κάνει με την υψηλή αποδοτικότητα της μονάδας, συνδυαστικά με την διατήρηση σε μεγάλο βαθμό των ιδίων εξόδων λειτουργίας της (εξαιρουμένου του καυσίμου).

Εξαιρετικοί είναι και οι οικονομικοί δείκτες της μελλοντικής επένδυσης και ιδιαίτερα του IRR (εσωτερικού βαθμού απόδοσης) ο οποίος ξεπέρασε το επιτόκιο αναγωγής 15 ποσοστιαίες μονάδες.

NPV (€)	1,73
IRR (%)	24
Pr	2,30

Συμπερασματικά η μελλοντική πρόταση επένδυσης αύξησης ισχύος της υπάρχουσας μονάδας στα 200KW είναι αρκετά κερδοφόρα και θα μπορέσει να υλοποιηθεί από το συνεταιρισμό Ερυθρών οποιαδήποτε στιγμή κριθεί επιθυμητό, δεδομένου και της κυρίαρχης θέσης του τόσο στον κάμπο των Ερυθρών, αλλά και στο όμορο κάμπο του νομού Βοιωτίας.

Κεφάλαιο 7^ο : Συμπεράσματα και Προτάσεις

Η βιομάζα και οι τεχνολογίες αξιοποίησης αυτής συμβάλλουν στην απανθρακοποίηση του πλανήτη καλύπτοντας τις ενεργειακές ανάγκες βιομηχανικών μονάδων (κεντρικό επίπεδο) αλλά και σε μικρότερο επίπεδο (τοπικά). Η πιο ενδεδειγμένη τεχνολογία για την αξιοποίηση της βιομάζας είναι η αεριοποίηση, ενώ οι υπόλοιπες καύση, πυρόλυση και αναερόβια χώνευση είναι εξίσου σημαντικές.

Η αεριοποίηση βιομάζας αποτελώντας μια μέθοδο γνωστή τουλάχιστον τα τελευταία 100 χρόνια έχει έρθει ξανά στο προσκήνιο τα τελευταία 10 χρόνια βρισκόμενη στο κέντρο του τεχνολογικού ενδιαφέροντος. Αυτό οφείλεται κυρίως στην αποδοτικότητα της συγκριτικά με άλλες μεθόδους και στην άριστη περιβαλλοντική της συμπεριφορά αποτελώντας μία από τις καλύτερες υποσχόμενες τεχνολογίες για την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, βασιζόμενη στην αεριοποίηση/πυρόλυση. Έχει αρχίσει τα τελευταία χρόνια να προτιμάται και σε πολύ μικρές εφαρμογές για παραγωγή ενέργειας, όπως οι πάρα πολύ μικρές μονάδες ισχύος των 5KW.

Μπορεί να αξιοποιήσει πολλούς τύπους βιομάζας και διάφορα είδη υπολειμματικής ύλης όπως τα γεωργικά, τα δασικά, τα αγροτοβιομηχανικά απόβλητα, την ενεργός ιλύς κ.ά. Επιτυγχάνει υψηλότερα μεγέθη παραγωγής ενέργειας συγκριτικά με τις άλλες ΑΠΕ λειτουργώντας ασταμάτητα σχεδόν 24 ώρες το 24ώρο έως και 8.300 ώρες ετησίως (πάνω από 90% βαθμό απόδοσης). Επίσης έχει πολύ μικρές απαιτήσεις χώρου για την παραγωγή ενέργειας που επιτυγχάνει, οι εκπομπές αερίων είναι ελάχιστες και αβλαβής, δεν αφήνει κατάλοιπα και μπορεί εύκολα να προσαρμοστεί σε όλες τις απαιτούμενες ανάγκες παραγωγής ενέργειας.

Μικρές μονάδες όπως αυτή που παρουσιάστηκε στην παρούσα διπλωματική για λειτουργία στον αγροτικό συνεταιρισμό ερυθρών θα μπορούσε κάλλιστα να χωρέσει όλος ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός σε ένα κιβώτιο εμπορευμάτων (container). Ο αγροτικός συνεταιρισμός διαθέτοντας άφθονη πρώτη ύλη για να καλύψει τις ανάγκες εφοδιασμού της προτεινόμενης μονάδας ισχύος των 100 KW μπορεί να υποστηρίξει επίσης – αναφορικά με τη διαθεσιμότητα πρώτων υλών- μια μεγαλύτερη μονάδα ισχύος κοντά στα 300 KW δίνοντας σημαντική προστιθέμενη αξία τόσο στον ίδιο, όσο και στους αγρότες την κωμόπολη των Ερυθρών, αλλά και των γειτονικών χωριών στον κάμπο του νομού Βοιωτίας.

Προχωρώντας ακόμη ένα βήμα παραπέρα, η καλλιέργεια των άγονων εδαφών του κάμπου ή αυτών μειωμένης αποδοτικότητας, με ενεργειακές καλλιέργειες όπως το φυτό μίσχανθος, για παραγωγή ενέργειας θα άλλαζε θεαματικά την απόδοση των αγροτικών εκμεταλλεύσεων των αγροτών παρέχοντας τους ένα επιπλέον πολύ υψηλό εισόδημα. Η τεχνοοικονομική ανάλυση της προτεινόμενης επένδυσης της μονάδας ισχύος 100KW, έδειξε ξεκάθαρα τα οικονομικά οφέλη της επένδυσης αυτής, αλλά και της μακροχρόνιας βιωσιμότητας της. Οι χρήσεις της θερμότητας από τη μονάδα αεριοποίησης είναι αρκετές και θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν ως μοχλός υλοποίησης από το συνεταιρισμό διαφόρων άλλων έργων ιδιοκτησίας του όπως θερμοκήπια, ξηραντήρια κλπ. Έχοντας αναλύσει στην παρούσα διπλωματική τόσο τις προοπτικές και τα οφέλη της βιομάζας σε ευρωπαϊκό αλλά και σε εθνικό επίπεδο, αλλά και τις τεχνολογίες αεριοποίησης βιομάζας, μπορεί κάποιος πολύ εύκολα να καταλάβει γιατί η εν λόγω τεχνολογία κερδίζει συνεχώς τεχνολογικό έδαφος αξιοποίησης των γεωργοκτηνοτροφικών, δασικών και λοιπών αποβλήτων.

Γενικές προτάσεις για την αξιοποίησης της βιομάζας αποτελούν οι ακόλουθες:

- Χωροθέτηση πράσινων σημείων βιομάζας, τα οποία αποτελούν χωροθετημένες θέσεις στις οποίες συγκεντρώνονται, ποσότητες υπολειμματικής βιομάζας.
- Χρηματοδότηση από την νέα ΚΑΠ – Κοινή Αγροτική Πολιτική, για την υλοποίηση επενδύσεων σε τεχνολογίες βιομάζας, με έμφαση στη βιοοικονομία και κυκλική οικονομία.

- ίδρυση μονάδων στον τομέα της βιοοικονομίας, μέσω επιχορηγήσεων καθώς και δράσεις ενημέρωσης και εκπαίδευσης του αγροτικού πληθυσμού και της εκάστοτε τοπικής κοινωνίας για τα οφέλη της βιοοικονομίας και της κυκλικής οικονομίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας – ΚΑΠΕ, (2016), “Οδηγός Βιομάζας” <www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf>. (τελευταία πρόσβαση στις 10/03/2023).
- [2] Bioenergy Europe’s Statistical Report, (2022), “Biomass Supply, Landscape Report, Bioelectricity, Bioheat, Biogas”, <<https://bioenergyeurope.org/>>. (τελευταία πρόσβαση στις 15/03/2023).
- [3] Ελληνική Εταιρεία Ανάπτυξης Βιομάζας, (2023). “Προτάσεις Βιώσιμης Δασικής Διαχείρισης” <<https://hellabiom.gr>>. (τελευταία πρόσβαση 12/10/2023).
- [4] McKendry P, (2002) “Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. Bioresource Technology”, 83, 37–46.
- [5] Vassilev SV, Baxter D, Andersen LK, Vassileva CG, (2010) “An overview of chemical composition of biomass.” Fuel, 89, 913-933.
- [6] Vassilev SV, Baxter D, Andersen LK, Vassileva CG, Morgan TJ, (2012) “An overview of the organic and inorganic phase composition of biomass.” Fuel, 94, 1-33.
- [7] Κάρναβος Ν. - Λάμπας Α. - Μαρνέλλος Γ, Κ. Αθανασίου, (2014) “Βιοκαύσιμα- Αειφόρος Ενέργεια”, Εκδόσεις Α. Τζιόλα & Υιοί Α.Ε.
- [8] Nhuchhen DR, Abdul Salam PA, (2012) “Estimation of higher heating value of biomass from Proximate analysis: A new approach.” Fuel 99, 55–63.
- [9] Οι Αλλαγές του Ν. 4951/2022 στην Αδειοδοτική Διαδικασία Έργων ΑΠΕ, (2022), <<https://lawandtech.eu>> (τελευταία πρόσβαση 5/9/2023).
- [10] Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης –ΕΚΕΤΑ (2020) “Βιομάζα και Εναλλακτικά Καύσιμα, Εναλλακτικές Πηγές Ενέργειας”
- [11] ΑΕΒΙΟΜ (2012), European Bioenergy Outlook <http://www.jotforme.eu/AEBIOMstatisticalreport/2012_European_Bioenergy_Outlook> (τελευταία πρόσβαση 6/5/2023).
- [12] Κατσίρη, 2011, “Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία Ενέργεια από βιομάζα”.
- [13] Παραγωγή Syngas – Αεριοποίηση Βιομάζας, Υδρογονοδιάσπαση Βιομάζας, Χημικές Μεθόδους Βιομάζας, Βιολογικές Μεθόδους Βιομάζας <<http://www.agroenergy.gr>> (τελευταία πρόσβαση 6/6/2023).
- [14] Bridgwater, A.V., Grassi, G., Gosse, G., DosSantos, G. (1989), “BiomassforEnergyandIndustry”, 5th E.C Conference, Applied Science, Lisbon, pp.2489.
- [15] National Energy Technology Laboratory – NETL, “Biomass” <<http://www.netl.doe.gov>> (τελευταία πρόσβαση στις 15/07/2023).

- [16] Dmitri A. Bulushev & Julian R.H. Ross (2011), "Catalysis for conversion of biomass to fuels via pyrolysis and gasification".
- [17] Lesch A. John, (2000), "The German Chemical Industry in the Twentieth Century", Kluwer Academic Publishers, pp 147-158.
- [18] Γεννήτρια Imbert, <<https://jsl.gr/kinisi-aftokinitou-kegontas-xilo-ke-paragontas-aerio>> (τελευταία πρόσβαση στις 15/04/2023).
- [19] Wikipedia, Gasification, <<https://en.wikipedia.org/wiki/Gasification>> (τελευταία πρόσβαση στις 17/06/2023).
- [20] National Energy Technology Laboratory – NETL, "Syngas Biomass – Gasification Reaction-Transformations", <<https://www.netl.doe.gov/research/coal/energy-systems/gasification/gasifipedia/reaction-transformations>> (τελευταία πρόσβαση στις 15/07/2023).
- [21] Malkow, T, (2004), "Novel and innovative pyrolysis and gasification technologies for energy efficient and environmentally sound MSW disposal", Waste Management 24 53-79.
- [22] Thermal Conversion of Biomass, (2017), <<http://www.biomassenergy.gr/articles/technology/gasification/1696-biomass-thermal-conversion>> (τελευταία πρόσβαση στις 17/06/2023).
- [23] Review of applications of gases from biomass gasification H. Boerrigter R. Rauch, (2005), Vienna University of Technology.
- [24] Αλατζάς Σ. (2017), Μεταπτυχιακή διατριβή : Εκτίμηση και μελέτη αξιοποίησης των διαθέσιμων ροών λιγνοκυτταρινικής βιομάζας στην Ελλάδα μέσω αεριοποίησης μικρής κλίμακας, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο--Μεταπτυχιακή Εργασία, Διεπιστημονικό-Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών (Δ.Π.Μ.Σ.) "Περιβάλλον και Ανάπτυξη"
- [25] Κουμπάκης Β. – Αντωνόπουλος, (2011), Ι. 16^ο Εθνικό Συνέδριο <<Ενέργεια & Ανάπτυξη>>
- [26] LignoFUEL, "What is lignocellulose?", (2010), <<http://lignofuel.wordpress.com/2010/09/15/lignocellulose/#respond>> (τελευταία πρόσβαση στις 19/07/2023).
- [27] K.D. Panopoulos, C. Christodoulou, E.-I. Koytsoumpa, Biomass gasification: gas production and cleaning for diverse applications- CHP and chemical synthesis, in: M. Aresta, A. Dibenedetto, F. Dumeignil (Eds.) (2012) Biorefinery: From biomass to chemicals and fuels, Walter de Gruyter GmbH, Berlin, Germany, pp. 297- 316.
- [28] Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1986), " Wood gas as engine fuel: Mechanical Wood Products Branch"

- [29] Ingwald Obernberger, (2021), "Ashes and particulate emissions from biomass combustion", <<http://www.bios-bioenergy.at/en/electricity-from-biomass/biomass-gasification.html>> (τελευταία πρόσβαση 2/6/2023).
- [30] Κυρίτσης Σ., (2010) <<Μικρές Μονάδες Αεριοποίησης σε Επίπεδο Παραγωγού και κοινότητας,
- [31] Dr. Sadaka S. Gasification. Associate Scientist, Center for Sustainable Environmental Technologies Adjunct Assistant Professor, Department of Agricultural and Biosystems Engineering, Iowa State University.
- [32] Biofuels Academy, "Cross Draft Gasification, Flow Diagrams", <<http://biofuelsacademy.org/index.html%3Fp=504.html>>, (τελευταία πρόσβαση 4/6/2023).
- [33] A schematic of a bubbling fluidised-bed gasifier for biomass developed and offered by ANDRITZ Carbona. <https://www.researchgate.net/figure/A-schematic-of-a-bubbling-fluidised-bed-gasifier-for-biomass-developed-and-offered-by_fig5_303309834>, (τελευταία πρόσβαση 2/6/2023).
- [34] Spanner Re² (Renewable Energy Experts) GmbH Thomas Bleul, <<https://www.holz-kraft.com/en/products/hka-35-45-49.html>> (τελευταία πρόσβαση 21/7/2023).
- [35] Walter powerplant, (1998), <<https://volter.fi/en/products/walter-powerplant/>> (τελευταία πρόσβαση 16/8/2023).
- [36] WegscheidEntrenco Bioenergy Solutions engineered in Germany Regenerative energy supply with biomass cogeneration plants, (2004) <<https://we-bioenergy.com/en/products/>> (τελευταία πρόσβαση 13/9/2023).
- [37] Οικονόμου Ανδρομάχη, (2015), "1915-2015 Η 100χρονη πορεία και ο ρόλος του Γεωργικού/Αγροτικού συνεταιρισμού Ερυθρών".
- [38] Χαλεβελάκης Ι., (2019), Διπλωματική εργασία : "Καταλυτική αεριοποίηση βιομάζας", Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Πολυτεχνείο Κρήτης.
- [39] Διαχειριστής ΑΠΕ & Εγγυήσεων Προέλευσης, (2018), <<https://www.dapeep.gr/>>, (τελευταία πρόσβαση 16/8/2023).
- [40] ΚΑΠΕ Biomass Day 2023, (2023), "Διαχείριση βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας και ενεργειακών προϊόντων"
- [41] Καλιαμπάκος Δ., Δαμίγος Δ., (2008) Οικονομικά του περιβάλλοντος και των υδάτινων Πόρων.
- [42] Eigenberger G., (1992) Fixed Bed Reactors. Institut flir Chemische Verfahrenstechnik, Universitiit Stuttgart..
- [43] Παπαποστόλου Χριστιάννα, Κονδύλη Αιμιλία, (2007), "Βασικές παράμετροι εφοδιαστικής αλυσίδας βιοκαυσίμων με ειδική αναφορά στην Ελλάδα"

- [44] Διαδικασίες Αδειοδότησης Εφαρμογών Ενεργειακής Αξιοποίησης Βιομάζας, <<https://ypen.gov.gr>>, (τελευταία πρόσβαση 6/9/2023).
- [45] ΚΑΠΕ - Διαδικασίες αδειοδότησης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής / εγκαταστάσεων παραγωγής / διανομής θερμικής ενέργειας, από βιομάζα / βιοαέριο / βιορευστά , (2016), <http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/B4B_Programme/02_NTZOURAS.pdf>
- [46] Παπαποστόλου Χριστιάννα, Κονδύλη Αιμιλία, Καλδέλλης Ιωάννης, (2008), Life cycle analysis of biofuels' supply chain life with special focus in Greece.
- [47] Γκριμέκης Δημήτριος,(2014), Διπλωματική εργασία : Πειραματική διερεύνηση της αεριοποίησης Αγροτικών υπολειμμάτων σε σχέση με την ξυλώδη βιομάζα σε ρευστοποιημένη κλίση και Ανάλυση της επίδρασης του πυρωμένου ολιβίνη στη διεργασία, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, ΕΜΠ.
- [48] MAN Engines - A Division of MAN Truck & Bus <<https://www.directindustry.com/prod/man-engines-division-man-truck-bus/product-81737-1441195.html>>, (τελευταία πρόσβαση 6/9/2023).
- [49] Friedrich Karl Rudolf Bergius, WIKIPEDIA <https://en.wikipedia.org/wiki/Friedrich_Bergius> (τελευταία πρόσβαση 17/9/2023).

Στάδια Αδειοδότησης Σταθμών ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ

Με το άρθρο 4 αυτού, ο Ν. 4951/2022 επανεπιβεβαιώνει σε γενικό επίπεδο και ως προς τη Β' φάση εν μέρει τροποποιεί τα στάδια αδειοδότησης σταθμών ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ ως εξής:

Δυνατότητα παροχής των γνωμοδοτήσεων που απαιτούνται για την περιβαλλοντική αδειοδότηση σταθμών ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ.

Έκδοση Βεβαίωσης Παραγωγού Ηλεκτρικής Ενέργειας από την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας («ΡΑΕ»).

Έκδοση Απόφασης Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων («ΑΕΠΟ») για έργα της κατηγορίας Α' ή υπαγωγή σε Πρότυπες Περιβαλλοντικές Δεσμεύσεις για έργα της κατηγορίας Β' ή βεβαίωση απαλλαγής από περιβαλλοντική αδειοδότηση για τα έργα που απαλλάσσονται βάσει του ν. 4014/2011, η οποία χορηγείται από την αρμόδια περιβαλλοντική αρχή, εντός αποκλειστικής προθεσμίας είκοσι (20) ημερών από την υποβολή του αιτήματος. Σε περίπτωση άπρακτης παρέλευσης της προθεσμίας των είκοσι (20) ημερών από την υποβολή του σχετικού αιτήματος τεκμαίρεται αυτοδικαίως η απαλλαγή από την υποχρέωση περιβαλλοντικής αδειοδότησης, με την προσκόμιση από τον ενδιαφερόμενο του αριθμού πρωτοκόλλου του σχετικού αιτήματος (βλ. και άρθρο 3 § 6 του Ν. 4951/2022).

Έκδοση Οριστικής Προσφοράς Σύνδεσης από τον αρμόδιο Διαχειριστή.

Έγκριση επέμβασης σε δάσος ή δασική έκταση, του άρθρου 45 του ν. 998/1979 (Α' 289), εφόσον απαιτείται και δεν είναι ενσωματωμένη στην απόφαση περιβαλλοντικής Αδειοδότησης, άλλως των αναγκαίων αδειών για την κτήση του δικαιώματος χρήσης του γηπέδου εγκατάστασης του έργου.

Αποδοχή της Οριστικής Προσφοράς Σύνδεσης.

Έκδοση Άδειας Εγκατάστασης από τη Διεύθυνση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Εναλλακτικών Καυσίμων του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας για έργα τα οποία κατατάσσονται στην κατηγορία περιβαλλοντικής κατάταξης Α1 ή από τις οικείες Διευθύνσεις Τεχνικού Ελέγχου των Αποκεντρωμένων Διοικήσεων για έργα, τα οποία κατατάσσονται, κατά την ημερομηνία υποβολής της αίτησης για χορήγηση άδειας εγκατάστασης, στις Α2 και Β' κατηγορίες περιβαλλοντικής κατάταξης.

Κατάρτιση Σύμβασης Σύνδεσης με τον αρμόδιο Διαχειριστή, η οποία προβλέπει τις υποχρεώσεις των δύο (2) μερών για την υλοποίηση των έργων σύνδεσης, την ηλεκτρίση και σύνδεση στο Δίκτυο ή στο Σύστημα των εγκαταστάσεων του χρήστη, καθώς και κάθε άλλο θέμα που ορίζεται στους σχετικούς Κώδικες Διαχείρισης του Συστήματος ή του Δικτύου ή των ΜΔΝ.

Κατάρτιση Σύμβασης Λειτουργικής Ενίσχυσης ή έκδοση Βεβαίωσης Απευθείας Συμμετοχής στην Αγορά. Χορήγηση αδειών (συμπεριλαμβανομένων των οικοδομικών αδειών ή εγκρίσεων εργασιών μικρής κλίμακας κατά περίπτωση), πράξεων, πρωτοκόλλων ή άλλων εγκρίσεων που απαιτούνται για την εγκατάσταση του σταθμού.

Υποβολή Δήλωσης Ετοιμότητας στον αρμόδιο Διαχειριστή για τη σύνδεση του σταθμού με το Δίκτυο ή το Σύστημα μετά την ολοκλήρωση των εργασιών εγκατάστασης του σταθμού.

Έκδοση Άδειας Λειτουργίας από τη Διεύθυνση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Εναλλακτικών Καυσίμων του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας για έργα τα οποία κατατάσσονται στην κατηγορία περιβαλλοντικής κατάταξης Α1 ή από τις οικείες Διευθύνσεις Τεχνικού Ελέγχου των Αποκεντρωμένων Διοικήσεων για έργα, τα οποία κατατάσσονται, κατά την ημερομηνία υποβολής της αίτησης για χορήγηση άδειας εγκατάστασης, στις Α2 και Β' κατηγορίες περιβαλλοντικής κατάταξης.

Σταθμοί παραγωγής ενέργειας ΑΠΕ ή/και αποθήκευσης χαρακτηρίζονται ως έργα δημόσιας ωφέλειας. Στο πλαίσιο αυτό, για την σύστασή του ο κάτοχος του σταθμού παραγωγής, υπέρ του οποίου εκδίδεται άδεια εγκατάστασης ή Οριστική Προσφορά Σύνδεσης στις περιπτώσεις που δεν εκδίδεται Άδεια Εγκατάστασης, αποκτά δικαίωμα για την αναγκαστική απαλλοτρίωση ακινήτων ή για την εις βάρος αυτών σύσταση εμπραγμάτων δικαιωμάτων σύμφωνα με τον Ν. 2882/2001 (Α' 17).

Ο κάτοχος του σταθμού παραγωγής προβαίνει σε αναγκαστική απαλλοτρίωση του γηπέδου εγκατάστασης, εφόσον έχει εξαντλήσει κάθε άλλο μέσο απόκτησης της νόμιμης χρήσης αυτού. Ειδικά για φωτοβολταϊκούς σταθμούς η απαλλοτριωμένη έκταση δεν μπορεί να καταλαμβάνει ποσοστό μεγαλύτερο του είκοσι τοις εκατό (20%) επί του συνολικού γηπέδου εγκατάστασης (άρθρο 4 § 7 του Ν. 4951/2022). Αντιστοίχως, ο κάτοχος του συνδεδεμένου σταθμού παραγωγής αποκτά δικαίωμα για την αναγκαστική απαλλοτρίωση ακινήτων ή για την εις βάρος αυτών σύσταση εμπραγμάτων δικαιωμάτων την εγκατάσταση των έργων σύνδεσης σύμφωνα με τα άρθρα 15 § 3 και 22 του Ν. 3175/2003 (Α' 207), ανεξαρτήτως του κυρίου των έργων σύνδεσης (άρθρο 11 § 34 του Ν. 4951/2022).

Έκδοση Άδειας Εγκατάστασης Σταθμών ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ

Εφόσον έχει λάβει Απόφαση Περιβαλλοντικής Αδειοδότησης και Οριστική Προσφορά Σύμβασης και δύναται να τεκμηριώσει γραπτώς την εξασφάλιση του δικαιώματος χρήσης του γηπέδου εγκατάστασης καθώς και των χώρων των συνοδών έργων, ο κάτοχος της Βεβαίωσης Παραγωγού Ηλεκτρικής Ενέργειας ή της άδειας Παραγωγής δύναται να αιτηθεί την έκδοση Άδειας Εγκατάστασης του σταθμού ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ ενώπιον των αρμόδιων διοικητικών αρχών, με συν υποβολή των δικαιολογητικών εγγράφων του άρθρου 17 § 3 του Ν. 4951/2022.

Η Άδεια Εγκατάστασης εκδίδεται εντός είκοσι (20) ημερών από την υποβολή της αίτησης ή από την ημερομηνία υποβολής τυχόν συμπληρωματικών ή διευκρινιστικών στοιχείων και δημοσιεύεται στον ιστότοπο «ΔΙΑΥΓΕΙΑ», καθώς και σε ειδική ιστοσελίδα που δημιουργείται στον ιστότοπο του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας (άρθρο 17 § 5 και 9-10 του Ν. 4951/2022). Σε περίπτωση μη τήρησης των προθεσμιών του παρόντος από την οικεία Διεύθυνση Τεχνικού Ελέγχου της οικείας Αποκεντρωμένης Διοίκησης, ο ενδιαφερόμενος δύναται να αιτηθεί Άδεια Εγκατάστασης ενώπιον της Διεύθυνσης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Εναλλακτικών Καυσίμων του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας (άρθρο 17 § 14 του Ν. 4951/2022).

Η Άδεια Εγκατάστασης εκδίδεται άπαξ και ισχύει για τρία (3) έτη, με δυνατότητα παράτασης έως δώδεκα (12) μήνες, εφόσον ο κάτοχος της Άδειας Εγκατάστασης δηλώσει εγγράφως στην αρμόδια αδειοδοτούσα αρχή την πρόθεσή του να ολοκληρώσει το έργο και εφόσον έχει καταβάλει το «Τέλος Παράτασης Εγκατάστασης και Δέσμευσης Ηλεκτρικού Χώρου», το οποίο ορίζεται σε χίλια (1.000) ευρώ ανά μεγαβάτ (MW) Μέγιστης Ισχύος Παραγωγής, για κάθε μήνα παράτασης. Η διάρκεια ισχύος της Άδειας Εγκατάστασης των σταθμών, οι οποίοι επιλέγονται για ένταξη σε καθεστώς στήριξης με τη μορφή λειτουργικής ενίσχυσης, μέσω ανταγωνιστικής διαδικασίας υποβολής προσφορών, παρατείνεται μέχρι τη λήξη της προθεσμίας ενεργοποίησης της σύνδεσής τους (θέση σε κανονική ή δοκιμαστική λειτουργία). Η Άδεια Εγκατάστασης, καθώς και όλες οι άδειες που απαιτούνται για την εγκατάσταση του σταθμού, παραμένουν σε ισχύ ακόμα και μετά την παρέλευση της ημερομηνίας λήξης τους, εφόσον κατά την ισχύ τους έχει υποβληθεί από τον κάτοχο παραδεκτός είτε αίτηση για την προσωρινή σύνδεση του σταθμού, είτε δήλωση ετοιμότητας, είτε αίτηση για χορήγηση Άδειας Λειτουργίας ή τμηματικής Άδειας Λειτουργίας, άλλως παύει αυτοδικαίως (άρθρο 19 του Ν. 4951/2022).

Από τον Νόμο παρέχεται η δυνατότητα έκδοσης τμηματικής Άδειας Εγκατάστασης, άπαξ για τμήμα, που έχει τεχνική και λειτουργική αυτοτέλεια και το οποίο αφορά τουλάχιστον σε ποσοστό πενήντα τοις εκατό (50%) της συνολικής ισχύος, για την οποία έχει χορηγηθεί Βεβαίωση ή Βεβαίωση Ειδικών Έργων ή Άδεια Παραγωγής. Με την υποβολή αιτήματος για Τμηματική Άδεια ο ενδιαφερόμενος υποχρεούται να υποβάλει αίτηση για έκδοση της τελικής Άδειας Εγκατάστασης, ως προς τη συνολική ισχύ του Σταθμού, με τη διάρκεια ισχύος αυτής να άρχεται από την ημερομηνία έκδοσης της αρχικής τμηματικής. Σε περίπτωση μη υποβολής σχετικής αίτησης, ο ενδιαφερόμενος προσαρμόζει και τροποποιεί όλες τις άδειες και τις εγκρίσεις που του έχουν χορηγηθεί σύμφωνα με την εκδοθείσα Τμηματική Άδεια (άρθρο 23 του Ν. 4951/2022).

Ρύθμιση Εξαιρούμενων Σταθμών

Ο Ν. 4951/2006 υπάγει ορισμένες κατηγορίες σταθμών ηλεκτρικής ενέργειας με χαμηλή ισχύ σε ειδικό ευνοϊκότερο καθεστώς αδειοδότησης με σκοπό την προώθηση της εγκατάστασής τους.

Ως εξαιρούμενοι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ορίζονται οι εξής (άρθρο 33 § 1 του Ν. 4951/2022):

- ✓ Γεωθερμικοί σταθμοί, **σταθμοί βιομάζας**, βιοαερίου και βιορευστών, φωτοβολταϊκοί σταθμοί, ηλιοθερμικοί σταθμοί, σταθμοί ΣΗΘΥΑ και μικροί υδροηλεκτρικοί σταθμοί με μέγιστη ισχύ παραγωγής μικρότερη ή ίση του ενός (1) μεγαβάτ (MW).
- ✓ Αιολικές εγκαταστάσεις, με μέγιστη ισχύ παραγωγής μικρότερη ή ίση των εξήντα κιλοβάτ (60 KW).
- ✓ Σταθμοί ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ με μέγιστη ισχύ παραγωγής έως πέντε μεγαβάτ (5 MW), οι οποίοι εγκαθίστανται από εκπαιδευτικούς ή ερευνητικούς φορείς του δημοσίου ή ιδιωτικού τομέα, για όσο χρόνο οι σταθμοί αυτοί λειτουργούν αποκλειστικά για εκπαιδευτικούς ή ερευνητικούς σκοπούς, από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.), για όσο χρόνο οι σταθμοί αυτοί λειτουργούν για τη διενέργεια πιστοποιήσεων ή μετρήσεων, καθώς και από Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης, την προμήθεια και εγκατάσταση των οποίων αναλαμβάνει για λογαριασμό τους το Κ.Α.Π.Ε. στο πλαίσιο προγραμματικών συμβάσεων με αυτούς,
- ✓ Αυτόνομοι σταθμοί ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ, οι οποίοι δεν συνδέονται στο Σύστημα ή στο Δίκτυο, με μέγιστη ισχύ παραγωγής μικρότερη ή ίση των πέντε μεγαβάτ (5 MW), χωρίς δυνατότητα τροποποίησης της αυτόνομης λειτουργίας τους. Τα πρόσωπα που έχουν την ευθύνη της λειτουργίας των σταθμών αυτών, υποχρεούνται, πριν εγκαταστήσουν τους σταθμούς, να ενημερώνουν τον αρμόδιο Διαχειριστή για τη θέση, την ισχύ και την τεχνολογία των σταθμών.
- ✓ Σταθμοί ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ που εγκαθίστανται από αυτοπαραγωγούς, είτε σύμφωνα με το άρθρο 14Α του ν. 3468/2006 είτε που δεν διοχετεύουν πλεόνασμα της παραγόμενης ενέργειας στο Δίκτυο ή το Σύστημα.
- ✓ Λοιποί σταθμοί, που δεν εμπίπτουν στις προηγούμενες περιπτώσεις, με μέγιστη ισχύ παραγωγής μικρότερη ή ίση των πενήντα κιλοβάτ (50 KW), εφόσον οι σταθμοί αυτοί χρησιμοποιούν ενέργεια ΑΠΕ.
- ✓ Σταθμοί αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας με μέγιστη ισχύ έγχυσης μικρότερη του ενός μεγαβάτ (1 MW),
- ✓ Σταθμοί παραγωγής ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ με ενσωματωμένη αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας, με ή χωρίς δυνατότητα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που απορροφάται από το δίκτυο, με μέγιστη ισχύ παραγωγής μικρότερη ή ίση του ενός μεγαβάτ (1) MW.

Για τους εξαιρούμενους σταθμούς ισχύουν οι ακόλουθες ευνοϊκές ρυθμίσεις σε σχέση με τις υποχρεώσεις αδειοδότησης (άρθρο 33 § 1-5, 34 και 38 του Ν. 4951/2022):

- ❖ Απαλλαγή από την υποχρέωση για την έκδοση Βεβαίωσης Παραγωγού ή Βεβαίωσης Ειδικών Έργων.
- ❖ Απαλλαγή από την υποχρέωση για την έκδοση Αδειών Εγκατάστασης και Λειτουργίας.
- ❖ Δικαίωμα μη έγχυσης ενέργειας προς το Δίκτυο ή το Σύστημα για σταθμούς αυτοπαραγωγής.
- ❖ Απλή γνωστοποίηση και ευνοϊκές ρυθμίσεις για τη σύνδεση στο Δίκτυο για σταθμούς ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ με ισχύ μέχρι 50 KW, σταθμούς ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ στα ΜΔΝ με ισχύ μέχρι 10 KW και αιολικούς σταθμούς με ισχύ μέχρι 20 KW με σύστημα αποθήκευσης.