



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

**Βιομάζα: μια ολιστική προσέγγιση για ενεργειακή αξιοποίηση σε
συστήματα θέρμανσης - κλιματισμού**

Συγγραφέας

Λογοθέτη Γαλάτεια

ΑΜ: 46532

Επιβλέπων:

ΑΝΤΩΝΙΟΣ Γ. ΝΑΖΟΣ

Αθήνα

Σεπτέμβριος 2021



UNIVERSITY OF WEST ATTICA

SCHOOL OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING

Diploma Thesis

Biomass: a holistic approach for energy exploitation in Heating - Air conditioning systems

LOGOTHETI GALATEIA

Registration Number: 46532

Supervisor name and surname:

ANTONIOS G. NAZOS

Athens

September 2021



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**Βιομάζα: μια ολιστική προσέγγιση για ενεργειακή
αξιοποίηση σε συστήματα θέρμανσης - κλιματισμού**

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

A/α	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	ΝΑΖΟΣ ΑΝΤΩΝΗΣ	ΛΕΚΤΟΡΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ	
2	ΠΑΠΑΠΟΣΤΟΛΟΥ ΧΡΙΣΤΙΑΝΑ	ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ	
3	ΖΑΦΕΙΡΑΚΗΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ	ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένη Λογοθέτη Γαλάτεια του Βασιλείου, με αριθμό μητρώου 46532 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής 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».

**Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι και έπειτα από αίτηση μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντα καθηγητή*

Η Δηλούσα



*** Ονοματεπώνυμο /Ιδιότητα**
(Υπογραφή)

Ψηφιακή Υπογραφή Επιβλέποντα

*** Σε εξαιρετικές περιπτώσεις και μετά από αιτιολόγηση και έγκριση του επιβλέποντα, προβλέπεται χρονικός περιορισμός πρόσβασης (embargo) 6-12 μήνες. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να υπογράψει ψηφιακά ο/η επιβλέπων/ουσα καθηγητής/τρια, για να γνωστοποιεί ότι είναι ενημερωμένος/η και συναινεί. Οι λόγοι χρονικού αποκλεισμού πρόσβασης περιγράφονται αναλυτικά στις πολιτικές του Ι.Α. (σελ. 6):**

https://www.uniwa.gr/wp-content/uploads/2021/01/%CE%A0%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%B5%CC%81%CF%82_%CE%99%CE%B4%CF%81%CF%85%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%85%CC%81_%CE%91%CF%80%CE%BF%CE%B8%CE%B5%CF%84%CE%B7%CF%81%CE%B9%CC%81%CE%BF%CF%85_final.pdf

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε ως σκοπό, την ανάλυση της βιομάζας, ώστε να γίνει οικειοποίηση της έννοιας και τελικά να υπάρξει παράθεση των βασικών συστημάτων θέρμανσης και ψύξης με καύσιμο την βιομάζα. Αρχικά, αναλύθηκε το ενεργειακό πρόβλημα που πλήττει την γη, και στην συνέχεια έγινε μια σύντομη περιγραφή των ανανεώσιμων πηγών που μπορούν να το περιορίσουν. Έπειτα, ακολούθησε ο ορισμός της, καθώς και οι πηγές απ' όπου μπορεί να αντληθεί. Στην συνέχεια αναλύθηκαν οι τεχνολογίες επεξεργασίας της πρώτης ύλης της βιομάζας, ώστε να μετατραπεί στην επιθυμητή μορφή για να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο. Επίσης, ακολούθησε ανάλυση των κριτηρίων αξιολόγησης της ποιότητας της βιομάζας, καθώς και ενεργειακή ανάλυση αυτής και σε σχέση με άλλα συμβατικά καύσιμα. Ακόμη, έγινε επεξήγηση των σημαντικότερων ρύπων στην ατμόσφαιρα και των εκπομπών τους, από συστήματα θέρμανσης που χρησιμοποιούν είτε βιομάζα είτε άλλα καύσιμα. Έτσι, ακολούθησε νομοθετική υπόσταση από την Ευρωπαϊκή ένωση, που αφορά τα όρια των ρύπων, καθώς και τις εθνικές δεσμεύσεις σε αυτήν. Με άξονα την εθνική κατάσταση, παρουσιάζονται οι διαθέσιμες ποσότητες βιομάζας και διαχωρίζονται με βάση το είδος που ανήκουν. Ακολουθεί η θέση της βιομάζας σε παγκόσμιο επίπεδο, σε ότι αφορά την ενεργειακή κατανάλωση, καθώς και κάποια παραδείγματα παραγωγής ενέργειας από σύγχρονες βιομηχανίες, για την κάλυψη των δικών τους αναγκών. Επιπλέον, παρουσιάζεται μια γενικότερη σύγκριση των ειδών βιομάζας. Έπειτα, αναλύονται τα βασικότερα συστήματα θέρμανσης με χρήση τη βιομάζα, και η ανάλυση ενός συστήματος ψύξης που χρησιμοποιείται στο εξωτερικό. Τέλος, γίνεται συγκέντρωση των συμπερασμάτων που προκύπτουν από την προηγούμενη ανάλυση ώστε να καταλήξουμε στο καταλληλότερο είδος της βιομάζας για χρήση σε θέρμανση και ψύξη.

Abstract

The present thesis aimed to analyse biomass in order to make the concept familiar and finally to present the basic heating and cooling systems with biomass fuel. First, the energy problem that affects the earth was analyzed, followed by a brief description of the renewable sources that can mitigate it. This was followed by a definition of biomass and the sources from which it can be obtained. The technologies for processing the biomass feedstock to convert it into the desired form for use as a fuel were then discussed. This was followed by an analysis of the criteria for assessing the quality of biomass and an energy analysis of biomass in relation to other conventional fuels. Furthermore, the most important pollutants in the atmosphere and their emissions from heating systems using either biomass or other fuels were explained. This was followed by legislation from the European Union, concerning the limits of pollutants, as well as national commitments to it. Based on the national situation, the available quantities of biomass are presented and separated by species. This is followed by the position of biomass globally, in terms of energy consumption, and some examples of energy production by modern industries to meet their own needs. In addition, a general comparison of biomass types is presented. Then, the main heating systems using biomass are discussed, and an analysis of a cooling system used abroad. Finally, the conclusions drawn from the previous analysis are brought together to arrive at the most suitable type of biomass for use in heating and cooling.

Πίνακας περιεχομένων

Εισαγωγή	9
2.Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	12
2.1 Πλεονεκτήματα των Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	15
2.2 Μειονεκτήματα των Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	16
3.Γενικά Βιομάζας.....	17
3.1 Βασικά χαρακτηριστικά της βιομάζας	17
3.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα	18
3.3 Πηγές προέλευσης της βιομάζας.....	18
3.3.1 Υλοτομία και η βιομηχανία επεξεργασίας ξύλου	18
3.3.2 Γεωργικές δραστηριότητες	23
3.3.3 Κτηνοτροφικές δραστηριότητες	25
3.3.4 Βιομηχανία παραγωγής τροφίμων	26
3.3.5 Υγρά βιοκαύσιμα.....	27
4. Τεχνολογίες- Χαρακτηριστικά Βιομάζας	35
4.1 Ορισμός βιοενέργειας	35
4.2 Τεχνολογίες επεξεργασίας βιομάζας	38
4.3 Τεχνολογίες θερμοχημικής μετατροπής βιομάζας.....	39
4.4 Τεχνολογίες Βιολογικής μετατροπής βιομάζας	42
4.5 Ποιοτικά χαρακτηριστικά της βιομάζας	42
4.5.1 Η περιεκτικότητα σε τέφρα.....	43
4.5.2 Η περιεκτικότητα σε πτητικά στερεά.....	44
4.5.3 Η περιεκτικότητα σε αλκαλικά μέταλλα.....	44
4.5.4 Η θερμογόνο δύναμη	44
4.5.5 Η πυκνότητα.....	44
4.5.6 Η περιεκτικότητα σε υγρασία	45
5. Ενεργειακή προσέγγιση βιομάζας.....	47
5.1 Θερμιδική αξία βιομάζας	47
5.2 Κατηγορίες ρύπων	48
5.2.1 Αιωρούμενα Σωματίδια (PM)	49
5.2.2 Τροποσφαιρικό Όζον (O ₃)	50
5.2.3 Διοξείδιο του Αζώτου (NO ₂)	50
5.2.4 Διοξείδιο του Θείου (SO ₂)	51
5.2.5 Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	51
5.3 Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές CO ₂	52
5.4 Εκπομπές ρύπων από την χρήση βιομάζας.....	54
5.5 Νομοθετικό Πλαίσιο Ε.Ε. και Π.Ο.Υ	57
6. Η βιομάζα στον ελλαδικό χώρο.....	65
6.1 Διαθέσιμη ποσότητα βιομάζας στην Ελληνική Επικράτεια	65
6.1.1 Αροτριαίες καλλιέργειες	72
6.1.2 Δενδρώδεις καλλιέργειες	73
6.2 Πεδία εφαρμογής της βιομάζας	75
6.3 Ενεργειακή αξιοποίηση βιομάζας παγκοσμίως και σε σχέση με την Ελλάδα....	76
.....	76
7. Συστήματα θέρμανσης και ψύξης.....	83
7.1 Συστήματα θέρμανσης με χρήση βιομάζας	83

7.1.1	Τυπικό τζάκι.....	83
7.1.2	Ενεργειακό τζάκι ή ενεργειακή εστία	86
7.1.3	Λέβητας pellet, wood chip, κούτσουρων ξύλου και μπρικετών	90
7.2	Συστήματα ψύξης με χρήση βιομάζας.....	97
7.3	Βασικά μέρη συστήματος ψύξης.....	98
7.3.1	Λέβητας βιομάζας	98
7.3.2	Μονάδα απορρόφησης.....	99
7.3.3	Πύργος ψύξης.....	100
7.3.4	Πύργος ψύξης Delta.....	101
7.3.5	Σύστημα ελέγχου.....	102
7.3.6	Σωληνώσεις.....	102
7.4	Αρχή λειτουργίας.....	102
8.	Συμπεράσματα.....	107
9.	Βιβλιογραφία	110

1. Εισαγωγή

Βασικό χαρακτηριστικό της εξέλιξης του ανθρώπου από την προϊστορία είναι η εκμετάλλευση πηγών ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών του. Η ανάγκη για θέρμανση αποτέλεσε την κινητήρια δύναμη για την εύρεση την πρώτης πηγής ενέργειας, την φωτιά. Η βιομάζα είναι η πιο παλιά και διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Ο πρωτόγονος άνθρωπος, για να ζεσταθεί και να μαγειρέψει, χρησιμοποιούσε την ενέργεια που προερχόταν από την καύση των ξύλων, και άλλων παραπροϊόντων. Στην συνέχεια, υπήρξε η ανακάλυψη του τροχού, συνεπώς και της κινητικής ενέργειας. Έτσι φαίνεται πως με την πάροδο του χρόνου ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται την σπουδαιότητα της ενέργειας και προσπαθεί κάθε φορά να την προσαρμόζει στις ανάγκες που θέλει να καλύψει.

Με το πέρασμα των αιώνων, η τεχνολογία εξελισσόταν, και ειδικότερα μετά τη βιομηχανική επανάσταση. Η ανάπτυξη του βιοτικού επιπέδου των ανθρώπων σημείωσε σημαντική άνοδο. Τη δεκαετία του '70 εμφανίζεται η πετρελαϊκή κρίση, στην οποία γίνεται εμπάργκο από τις χώρες που ανήκαν στον Οργανισμό Αραβικών Πετρελαιοπαραγωγών, καθώς και την Αίγυπτο, τη Συρία και την Τυνησία. Έτσι, η τιμή του πετρελαίου, στις ΗΠΑ, αυξήθηκε από 3 δολάρια το βαρέλι σε σχεδόν 12 με αποτέλεσμα να γίνει οικονομικό κραχ. Αυτό το γεγονός, πέραν από τις οικονομικές επιπτώσεις που είχε, έκανε τους ανθρώπους να αρχίσουν να αντιλαμβάνονται την εξάρτηση που υπάρχει με τα καύσιμα, καθώς και την πτωτική τάση στα αποθέματα. Επιπλέον, συνειδητοποιήσαν ότι οι κοινωνίες που είχαν χτίσει με βάση τα ορυκτά καύσιμα και την υπερκατανάλωση ενέργειας, δεν θα μπορούσαν να υφίστανται για πάντα.

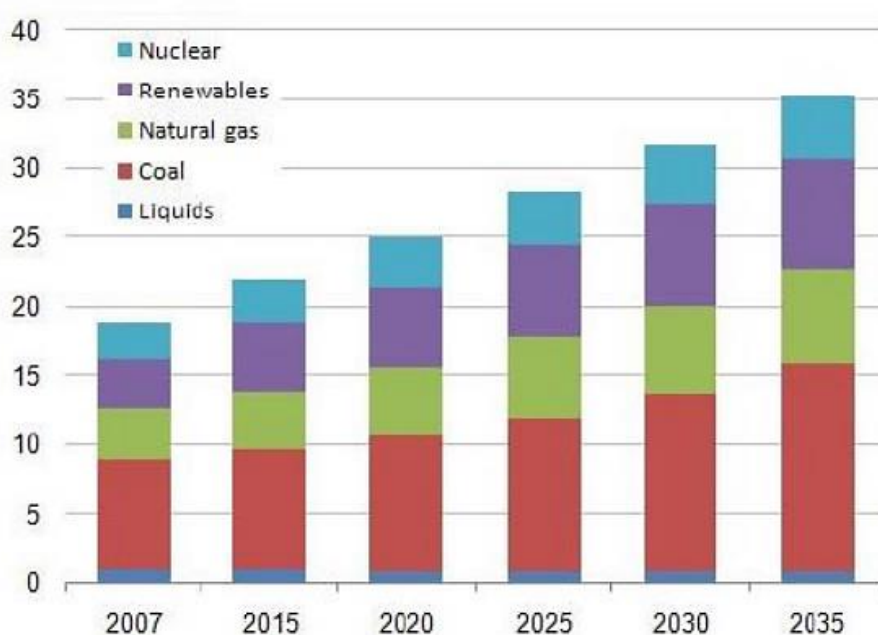
Η αλόγιστη χρήση των ορυκτών καυσίμων αποτέλεσε τα τελευταία χρόνια μεγάλο ενεργειακό πρόβλημα στον πλανήτη, καθώς τα αποθέματα που έχουν μείνει είναι πολύ λίγα και εκτιμάται πως θα τελειώσουν στο κοντινό μέλλον. Η συνεχής ανάγκη του ανθρώπου να καταναλώνει ενέργεια έχει δημιουργήσει μια ανοδική πορεία στην παραγωγή αυτής, καθώς και αρνητικό αντίκτυπο στο περιβάλλον. Από τις αρχές του 2000 ξεκίνησε μια αύξηση των τιμών στα ορυκτά καύσιμα το οποίο στην συνέχεια δημιούργησε αρκετές εντάσεις σε θέματα που αφορούν την γεωπολιτική δομή του πλανήτη και κυρίως των χωρών που έχουν ορυκτό πλούτο. Επίσης, η αυξανόμενη τάση των ρύπων προς το περιβάλλον σε συνδυασμό με τα προβλήματα υγείας των ανθρώπων

και την ποιότητα ζωής τους, έφερε ως αποτέλεσμα την ανάγκη να βρεθούν διαφορετικές πηγές ενέργειας οι οποίες δεν απαιτούν εξόρυξη.

Η ανάγκη για εύρεση νέων πηγών ενέργειας που αφορούν είτε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είτε λιγότερο ρυπογόνες προς το περιβάλλον, δημιούργησε ένα κύμα καινούριων τεχνολογιών και επιλογών στον ενεργειακό τομέα.

Ευρωπαϊκή ένωση

Η Ε.Ε. έχει τρεις φορές περισσότερη ηλεκτροπαραγωγή από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο μέρος στον κόσμο, και κάθε χρόνο εξάγει ενέργεια αξίας 35 δισ. ευρώ. Ο κλάδος των ΑΠΕ προσφέρει 1,2 εκατομμύρια θέσεις εργασίας, των οποίων η χρηματική αξία αποτιμάται σε 130 δισ. ευρώ ετησίως και η νομοθεσία που θεσπίζεται, στοχεύει στην συνεχή προώθησή τους. Επίσης, το 40% των παγκόσμιων ευρεσιτεχνιών στον τομέα των τεχνολογιών Α.Π.Ε. ανήκει στην Ευρώπη. Τέλος, το 2012 κατείχε το 44% του παγκόσμιου δυναμικού ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (εκτός της υδροηλεκτρικής).[26]



Διάγραμμα 1.1: Προβλέψεις σχετικά με τα ποσοστά κατανάλωσης ανα καύσιμο

Τα παραπάνω δεδομένα αποτελούν προβλέψεις για την χρήση καυσίμων ανά κάποια έτη. Οι προβλέψεις αυτές προκύπτουν από την θεώρηση πως θα εφαρμοστούν πλήρως οι διεθνείς συμφωνίες που ορίζονται παγκοσμίως για την μείωση των ρύπων στην

ατμόσφαιρα. Παρατηρούμε πως υπάρχει αυξητική τάση για επιλογή Α.Π.Ε., όμως συνοδεύεται από γενικότερη αύξηση της ανάγκης για ενέργεια, αφού για το 2007 φαίνεται πως αθροιστικά οι ενεργειακές ανάγκες είναι στο 18, ενώ το 2035 στο 35. Τέτοιες προβλέψεις οδήγησαν σε νομοθετικές μεταρρυθμίσεις, με σκοπό τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας από συμβατικές πηγές και αύξηση χρήσης των Α.Π.Ε. . Παραδείγματα διεθνών συμφωνιών για την αύξηση χρήσης των ΑΠΕ και μείωση της εκπομπής CO₂ είναι η Πράσινη και η Λευκή Βίβλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, και το Πρωτόκολλο του Κιότο, τα οποία θα αναλυθούν αργότερα στην παρούσα εργασία.[22]

2. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες. Με ονομασίες όπως ήπιες μορφές ενέργειας, ή νέες πηγές ενέργειας, ή πράσινη ενέργεια αποτελούν μια κατηγορία πηγών ενέργειας που διαφέρουν από της άλλης διότι έχουν την ικανότητα να ανανεώνονται σχετικά άμεσα και χωρίς την επιβολή επιπλέον ενέργειας, δηλαδή φυσικά. Έτσι και ο όρος «ήπιες» αναφέρεται σε αυτό το χαρακτηριστικό τους, πως για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, όπως εξόρυξη, άντληση ή καύση, αλλά η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στο περιβάλλον, η οποία και ανανεώνεται μέσω των φυσικών και κλιματικών φαινομένων. Πρόκειται για «καθαρές» μορφές ενέργειας, που δεν αποδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα, τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα, και άλλες βλαβερές ενώσεις στην ατμόσφαιρα και γενικότερα στο περιβάλλον. Λόγω την φιλικότητάς τους προς το περιβάλλον επιλέγεται ο όρος πράσινη ενέργεια. Παράλληλα, συμβάλλουν στη συνολική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, στη διαφοροποίηση του ενεργειακού εφοδιασμού και στη μείωση της εξάρτησης από αναξιόπιστες και ασταθείς αγορές ορυκτών καυσίμων (πετρελαίου και φυσικού αερίου). Με βάση όλα τα παραπάνω, οι ΑΠΕ αποτέλεσαν μία αφετηρία για την επίλυση των οικολογικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει η Γη. [20]

Αιολική ενέργεια

Αιολική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση της ροής του ανέμου. Είναι μια μορφή ενέργειας που χρησιμοποιείται από την αρχαιότητα για την μετακίνηση, με τα ιστιοφόρα, για την άλεση των δημητριακών και την άντληση νερού τους, με ανεμόμυλους.



Εικόνα 2.1: Ανεμογεννήτριες [7]

Σήμερα, για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας χρησιμοποιούμε τις ανεμογεννήτριες (Α/Γ). Οι ανεμογεννήτριες είναι μηχανές οι οποίες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια. Ο σχεδιασμός τους γίνεται χρησιμοποιώντας μια σειρά από τεχνικές μοντελοποίησης, να εκμεταλλεύονται την αιολική ενέργεια που υπάρχει στην περιοχή. Η αεροδυναμική μοντελοποίηση χρησιμοποιείται για να καθοριστεί το βέλτιστο ύψος του πύργου, τα συστήματα ελέγχου, τον αριθμό και το σχήμα των λεπίδων.

Ηλιακή Ενέργεια

Ο ήλιος αποτελεί μια ανεξάντλητη πηγή ενέργειας και μπορεί να εκμεταλλευτεί χωρίς την ανάγκη για πολύ χώρο και συντήρηση. Μπορεί να μετατραπεί είτε άμεσα είτε έμμεσα σε ηλεκτρική ενέργεια, και χαρακτηρίζεται από το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον ήλιο, όπως το φως, η φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα καθώς και διάφορες ακτινοβολίες. Οι ακτινοβολίες αυτές, ή ενέργεια ακτινοβολίας, και περιλαμβάνουν τα παρακάτω:

- Ενεργητικά ηλιακά συστήματα που μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα.
- Βιοκλιματικός σχεδιασμός και παθητικά ηλιακά συστήματα που αφορούν αρχιτεκτονικές λύσεις και χρήση κατάλληλων δομικών υλικών για τη μεγιστοποίηση της απ' ευθείας εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση, κλιματισμό ή φωτισμό.
- Φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια άμεσα σε ηλεκτρική ενέργεια.

Υδροηλεκτρική ενέργεια

Η Υδροηλεκτρική Ενέργεια είναι η ενέργεια η οποία στηρίζεται στην εκμετάλλευση της μηχανικής ενέργειας του νερού των ποταμών και της μετατροπής της σε ηλεκτρική ενέργεια με τη βοήθεια στροβίλων και ηλεκτρογεννητριών.



Εικόνα 2.2 : Υδροηλεκτρικό έργο[8]

Η ενέργεια αυτή διαχέεται στη φύση από δίνες και ρεύματα, καθώς το νερό ρέει καταφορικά σε ρυάκια, χείμαρρους και ποτάμια μέχρι να φτάσει στη θάλασσα. Όσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος του αποθηκευμένου νερού και όσο ψηλότερα βρίσκεται, τόσο περισσότερη είναι η ενέργεια που περιέχει.

Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι μια πρακτικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, που στηρίζεται στην εκμετάλλευση των ποταμών και των τεχνητών ή φυσικών φραγμάτων. Το σύνολο των έργων και εξοπλισμού μέσω των οποίων γίνεται η μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε ηλεκτρική, ονομάζεται Υδροηλεκτρικό Έργο (ΥΗΕ).[36]

Γεωθερμία ή Γεωθερμική ενέργεια

Με τον όρο γεωθερμική ενέργεια εννοούμε την ενέργεια που περιέχεται στο εσωτερικό της γης και είναι τόσο μεγάλη, ώστε μπορεί να θεωρηθεί ανεξάντλητη για τις ανθρώπινες ανάγκες. Για την μέτρηση της χρησιμοποιείται η γεωθερμική βαθμίδα, η οποία αυξάνεται όσο πλησιάζουμε προς τον πυρήνα. Σε μερικές περιοχές, είτε λόγω ηφαιστειότητας, είτε λόγω ανόδου ζεστού νερού από μεγάλα βάθη μέσω ρηγμάτων, η γεωθερμική βαθμίδα είναι σημαντικά μεγαλύτερη από τη μέση γήινη, με αποτέλεσμα σε μικρό σχετικά βάθος να απαντώνται υδροφόροι ορίζοντες που περιέχουν νερό ή ατμό υψηλής θερμοκρασίας. Οι περιοχές αυτές ονομάζονται γεωθερμικά πεδία, και εκεί η εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας, που διαρρέει από το θερμό εσωτερικό του πλανήτη προς την επιφάνεια, είναι εξαιρετικά συμφέρουσα. Κοντά στην επιφάνεια της γης η γεωθερμική βαθμίδα έχει μέση τιμή περίπου $30\text{ }^{\circ}\text{C/k m}$.

Βιομάζα

Η βιομάζα είναι το αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας, που μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μία σειρά διεργασιών των φυτικών οργανισμών χερσαίας ή υδρόβιας προέλευσης. Στην συνέχεια της παρούσας εργασίας θα γίνει εκτενέστερη ανάλυση της έννοιας της βιομάζας και της σημασίας της.[18]

2.1 Πλεονεκτήματα των Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

- i. Είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα.
- ii. Ανεξάντλητες πηγές ενέργειας.
- iii. Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή ανεξαρτητοποίηση μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
- iv. Ευέλικτες εφαρμογές, που μπορούν να παράγουν ενέργεια επιτόπια με τις ανάγκες του πληθυσμού, μειώνοντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες

παραγωγής ενέργειας, αλλά και για τη μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.

- v. Απλός εξοπλισμός στην κατασκευή και στη συντήρηση.
- vi. Επιδοτούμενα ενεργειακά προγράμματα από τις περισσότερες κυβερνήσεις

2.2 Μειονεκτήματα των Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

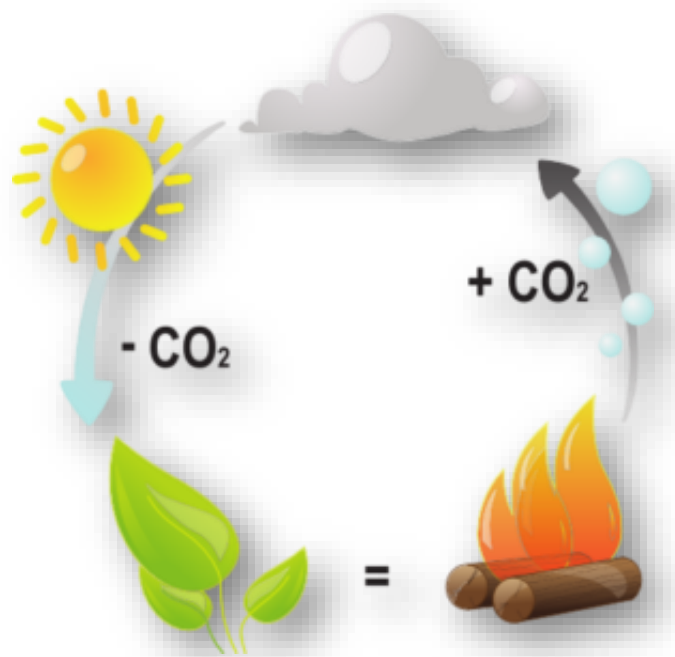
- i. Χαμηλός βαθμός απόδοσης, της τάξεως του 30%. Συνεπώς, απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια της γης, ώστε να επιτευχθεί ικανοποιητικός βαθμός απόδοσης. Γι' αυτό μέχρι σήμερα χρησιμοποιούνται μόνο ως συμπληρωματικές πηγές ενέργειας και σε συμπαραγωγές.
- ii. Υψηλά κόστη κατασκευής και συντήρησης.
- iii. Πηγές όπως η αιολική και η ηλιακή, δεν είναι πάντα διαθέσιμες καθώς εξαρτώνται από την ώρα της ημέρας ή την εποχή. Έτσι δημιουργείται ένα αίσθημα ανασφάλειας ως προς την διαθεσιμότητα της πηγής την στιγμή που υπάρχει η ανάγκη.
- iv. Για τις αιολικές μηχανές υπάρχουν αντιρρήσεις για την αισθητική τους και για τον θόρυβο που προκαλούν, γι' αυτό και αποφεύγεται η τοποθέτησή τους κοντά σε κατοικημένες περιοχές.
- v. Για τα υδροηλεκτρικά έργα υπάρχουν μελέτες που δείχνουν ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω από το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επίσης, προκαλούν αλλοιώσεις στους βιοτόπους της περιοχής τους.
- vi. Για τη βιομάζα, τα κόστη ακόμα παραμένουν υψηλά λόγω του μεγάλου όγκου της, καθώς απαιτείται η αποθήκευση και μεταφορά αυτής.[18]

3. Γενικά Βιομάζας

3.1 Βασικά χαρακτηριστικά της βιομάζας

Ορισμός

Ο όρος βιομάζα αναφέρεται στην ύλη που έχει οργανική προέλευση και στον όρο εμπεριέχεται οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο. Η ηλιακή ενέργεια με μία σειρά διεργασιών των φυτικών οργανισμών χερσαίας ή υδρόβιας προέλευσης, απορροφούν την ηλιακή ενέργεια και την μετατρέπουν σε χημική. Συνεπώς, είναι το αποτέλεσμα της φωτοσύνθεσης. Στην συνέχεια, η εκμετάλλευση της ενέργειας γίνεται με την καύση των οργανισμών αυτών. Έτσι, ένα από τα προϊόντα της καύσης είναι το CO₂. Πρόκειται για μια κυκλική διαδικασία καθώς το CO₂ που παράγεται από την πιθανή εκμετάλλευση της συγκεκριμένης ενέργειας είναι πάλι διαθέσιμο στην ατμόσφαιρα για να παραχθεί καινούρια βιομάζα.



Εικόνα 3.1: Κύκλος CO₂ με την βιομάζα [1]

Σε ότι αφορά την επιλογή της βιομάζας για πηγή ενέργειας, υπολογίζεται ότι κάθε χρόνο παράγονται παγκοσμίως 172 δισεκατομμύρια τόνοι ξηρού υλικού βιομάζας, με ενεργειακό περιεχόμενο το δεκαπλάσιο από αυτό που καταναλώνεται. Επίσης, φαίνεται ότι μόνο το 1/7 της ενέργειας που καταναλώνεται παγκοσμίως προέρχεται από

την εκμετάλλευση της βιομάζας. Συνεπώς, φαίνεται πως ενώ υπάρχει διαθεσιμότητα και ενεργειακό απόθεμα δεν επιλέγεται ως πηγή ενέργειας. Παρακάτω παραθέτονται κάποια βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της βιομάζας σαν πηγή ενέργειας.

3.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της βιομάζας

Πλεονεκτήματα

- Συμβάλλει και αυτή στην αποτροπή του φαινομένου του θερμοκηπίου και στον περιορισμό της έκλυσης CO₂ και SO₂ από την καύση ορυκτών καυσίμων.
- Ο βαθμός απόδοσης της ηλεκτρικής ενέργειας κυμαίνεται από 20-40%
- Απεξάρτηση από χώρες που εξάγουν ορυκτά καύσιμα, όπως φυσικό αέριο και πετρέλαιο, με την μείωση του ποσοστού ενεργειακής εξάρτησης.
- Εκμετάλλευση της βιομάζας ως απόβλητο στο περιβάλλον, και δημιουργία νέου καυσίμου. Έτσι, μετατρέπεται από ρύπος σε νέα πηγή ενέργειας.
- Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και εξασφάλιση πρόσθετου αγροτικού εισοδήματος, καθώς και ενίσχυση της ιδέας της αποκέντρωσης.

Μειονεκτήματα

- Πολύπλοκες διαδικασίες επεξεργασίας για την εκμετάλλευση της (αφαίρεση υγρασίας ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας)
- Μεγάλος όγκος καυσίμου προς αποθήκευση.
- Δυσκολία στη συλλογή της.
- Δαπανηρές εγκαταστάσεις και εξοπλισμός.
- Εποχιακή παραγωγή των προϊόντων που χρησιμοποιούνται για βιομάζα.

3.3 Πηγές προέλευσης της βιομάζας

Οι κατηγορίες που χωρίζονται οι πηγές, από τις οποίες μπορεί να προέλθει η βιομάζα είναι:

3.3.1 Υλοτομία και η βιομηχανία επεξεργασίας ξύλου

Από την επεξεργασία του ξύλου και της υλοτόμησης των δέντρων, προκύπτουν υπολείμματα, όπως πριονίδι, ροκανίδι, θρύμματα ξύλου, υπολείμματα ξυλείας κ.τ.λ., τα οποία είναι ακατάλληλα για περαιτέρω επεξεργασία. Έτσι, αυτά τα υπολείμματα αποτελούν απορρίμματα για την βιομηχανία ή τον αγρότη, τα οποία θα πρέπει κάπου

να τα πετάξει. Για την αποφυγή της απόρριψής τους, επιλέγεται να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιοενέργειας, για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, για να καλύψει θερμικές ανάγκες κ.τ.λ. . Έτσι, όταν αναφερόμαστε στο ξύλο ως ανανεώσιμο καύσιμο δεν εννοούμε την αλόγιστη υλοτόμηση των δασών, αλλά την ενεργειακή αξιοποίηση παραπροϊόντων ξύλου, τα οποία παραμένουν ανεκμετάλλευτα.



Εικόνα 3.2: Ξυλώδη προϊόντα από την υλοτομία

Οι υποκατηγορίες των παραπροϊόντων ξυλείας είναι οι εξής:

α) Πριονίδια

Από βιομηχανίες χαρτιού και πολτού, ξυλουργεία, χρησιμοποιούνται τα υπολείμματα ξύλου που είναι πολύ καθαρά, με υγρασία περίπου 5%, ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν και από την ίδια την εγκατάσταση για την κάλυψη των αναγκών της, εφόσον είναι συμβατή.

β) Υπολείμματα από ξυλαποθήκες και αβλαβή υπολείμματα ξύλου από οικοδομές και κατεδαφίσεις.

γ) Δασική ύλη

Οι κυριότερες μορφές για παραγωγή ενέργειας από δασική περιοχή είναι:

- Κανσόξυλα
- Υπολείμματα αραιώσεων και υλοτομίας δασών και κήπων, κλαδέματα δένδρων από δρόμους.
- Προϊόντα που χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό και την προστασία των δασών από τις πυρκαγιές.

δ) Στερεά καύσιμα από βιομάζα. Κάποιες από τις βασικές κατηγορίες είναι:

- Το πυρηνόξυλο

Το πυρηνόξυλο είναι ένα ξυλώδες υπόλειμμα που προκύπτει, από την αφαίρεση της υγρασίας και του παραμένου ελαίου (πυρηνέλαιου), από την ημι-στερεά πάστα που παρέμεινε μετά την παραγωγή ελαιόλαδου στο ελαιουργείο.

- Τα θρύμματα ξύλου (woodchips)



Εικόνα 3.3 : Woodchips[21]

Τα woodchips είναι μικρά τεμάχια ξύλου, μήκους 5-50 mm. Η ποιότητα των θρυμμάτων βιομάζας, εξαρτάται από την πρώτη ύλη και την τεχνολογία παραγωγής τους. Συνήθως προέρχονται από κλαδιά, κορυφές, ολόκληρα δένδρα, υπολείμματα από πριονιστήρια.

- Τα συσσωματώματα στερεής βιομάζας (Pellets ή Μπρικήτες)



Εικόνα 3.4 : Pellets ή μπρικήτες [10]

Τα pellets αποτελούν τυποποιημένο κυλινδρικό βιολογικό καύσιμο που προκύπτει από:

- α) συμπιεσμένη αγροβιομάζα, δηλαδή υπολείμματα πριστηρίων, κλαδέματα κ.τ.λ.,
- β) υπολείμματα αγρωστωδών καλλιεργειών,
- γ) ενεργειακές καλλιέργειες, όπως η αγριαγκινάρα.

Τα pellets κατά την καύση τους δεν παράγουν διοξείδιο του άνθρακα, συνεπώς είναι ουδέτερα. Αυτό σημαίνει ότι έχουν θετικό ενεργειακό ισοζύγιο και κατά συνέπεια δεν ρυπαίνουν το περιβάλλον. Γι' αυτόν τον λόγο τα pellets αποτελούν βασική επιλογή των καταναλωτών που επιθυμούν να καλύψουν τις θερμικές τους ανάγκες με βιομάζα.[34]

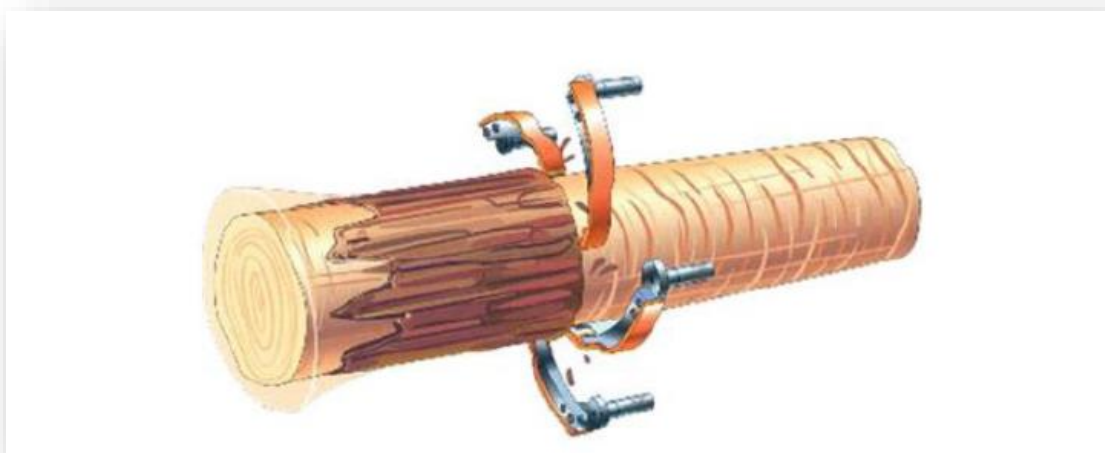
Παραγωγή Πελετών

Τα στάδια της παραγωγής pellets διαφέρουν και εξαρτώνται με το είδος της πρώτης ύλης που χρησιμοποιείται. Για παράδειγμα, στην περίπτωση των ενεργειακών καλλιεργειών, υπάρχουν επιπλέον στάδια τα οποία αφορούν την προετοιμασία του εδάφους, τη λίπανση, τη φύτευση και τη συγκομιδή των φυτών. Σε διαφορετική περίπτωση, αν χρησιμοποιηθούν κορμοί δέντρων για την παραγωγή των pellets κατηγορίας A, σύμφωνα με το πρότυπο EN 14961-2, θα πρέπει απαραίτητα να

αποφλοιωθούν (Εικόνα 3.4). Αν παραληφθεί αυτό το στάδιο, τότε τα συγκεκριμένα pellets δεν θα μπορούν να συμπεριληφθούν στην κατηγορία Α. Ο λόγος που γίνεται κατηγοριοποίηση των pellets είναι γιατί:

α) Η πρώτη ύλη περιέχει και άλλα στοιχεία, πέραν του ξύλου, όπως καρφιά, πέτρες κ.τ.λ. . Έτσι, χρησιμοποιείται ανάλογο μηχάνημα για το διαχωρισμό του καθαρού ξύλου από τις προσμίξεις. Αν περάσουν οι προσμίξεις στο προϊόν, αυτό θα τεθεί οπωσδήποτε εκτός προδιαγραφών ποιότητας

β) Λόγω αυτών των προσμίξεων υπάρχει η πιθανότητα να προκληθούν εκτεταμένες βλάβες στα μηχανήματα του συνόλου της παραγωγής.



Εικόνα 3.5: Σχηματική απεικόνιση της αποφλοίωσης ενός κορμού [32]

Ο φλοιός που αποφλοιώνεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για το στάδιο της ξήρανσης. Επίσης, αν η βιομάζα προέρχεται από υπολείμματα της υλοτομίας, όπως ροκανίδια ή θρύμματα, σημαίνει πως σε αυτή εμπεριέχεται και φλοιός, οπότε δεν γίνεται να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή pellet κατηγορίας Α, αλλά μόνο για βιομηχανικά pellet. Επιπλέον, τα συγκεκριμένα υπολείμματα, συνήθως, περιέχουν μικρό ποσοστό υγρασίας συγκριτικά με τις τιμές από άλλες πρώτες ύλες. Έτσι για αυτές παραλείπεται το στάδιο της ξήρανσης.[11]

Τα στάδια παραγωγής πελετών από ξηλώδη βιομάζα αναπτύσσονται ως εξής:

1. Αποθήκευση πρώτων υλών & Εισαγωγή τους στη γραμμή παραγωγής
2. Καθαρισμός πρώτων υλών από προσμίξεις
3. Πρώτος Τεμαχισμός (Shredding) -

4. Κοσκίνισμα ή Διαχωρισμός
5. Ξήρανση
6. Αποθήκευση ενδιάμεσου προϊόντος
7. Τελικός Τεμαχισμός - Άλεση
8. Πελετοποίηση
9. Ψύξη
10. Κοσκίνισμα των πελετών
11. Ζύγιση, Συσκευασία & Αποθήκευση των πελετών [14]

3.3.2 Γεωργικές δραστηριότητες

Οι γεωργικές δραστηριότητες στην Ελλάδα, αποτελούν πηγή εσόδων για τους ανθρώπους από τα αρχαία χρόνια. Αντίστοιχα με τα παραπροϊόντα της βιομηχανίας ξύλου, τα υπολείμματα από τις γεωργικές δραστηριότητες, όπως π.χ. το άχυρο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν με την καύση για την παραγωγή ενέργειας. Κάποια άλλα υπολείμματα γεωργικών δραστηριοτήτων που μπορούν να εκμεταλλευθούν, αποτελούν τα κλαδέματα από τις δενδρώδεις καλλιέργειες, τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν και να μετατραπούν σε υψηλής ποιότητας στερεά βιοκαύσιμα. Με αυτόν τον τρόπο, προσφέρεται, ένα επιπλέον έσοδο για τους παραγωγούς. Αν δεν υπάρξει εκμετάλλευση αυτών, παραμένουν στον αγρό και αποτελούν κίνδυνο για αναζωπύρωση και αναμετάδοση πυρκαγιών.

Σύμφωνα με απογραφή του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας το 2007 η εκτίμηση για τα άμεσα διαθέσιμα αποθέματα βιομάζας στην Ελλάδα ήταν περίπου 7,5 εκατομύρια τόνοι υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών (σιτηρών, αραβόσιτου, βαμβακιού, καπνού, ηλιάνθου, κλαδοδεμάτων, κληματίδων, πυρηνόξυλου κ.ά.), καθώς και περίπου 2,7 εκατομύρια τόνοι δασικών υπολειμμάτων υλοτομίας.

Τα τελευταία χρόνια, αρκετά διαδεδομένες στη χώρα μας, είναι οι καλλιέργειες ενεργειακών φυτών που αποτελούν, μια πρακτική παραγωγή βιομάζας, και πιο συγκεκριμένα για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων. Για την παραγωγή των στερεών βιοκαυσίμων έχει, επίσης, ξεκινήσει εγκατάσταση δενδρωδών καλλιεργειών ταχείας ανάπτυξης.

Αυτές χωρίζονται σε:

Δασικές ενεργειακές καλλιέργειες

- i. Δύο είδη ευκαλύπτων (*Eucalyptus globulus* Labill., *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.)
- ii. Ψευδακακία (*Robinia pseudoacacia* L.)

Γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες

A) Πολυετείς καλλιέργειες

- i. Καλάμι (*Arundo donax* L.)
- ii. Μίσχανθος (*Miscanthus x giganteus* GREEF et DEU)
- iii. Αγριαγκινάρα (*Cynara cardunculus* L.)
- iv. Switchgrass (*Panicum virgatum* L.)

B) Ετήσιες καλλιέργειες

- i. Γλυκό και κυτταρινούχο σόργο (*Sorghum bicolor* L.)
- ii. Κενάφ (*Hibiscus cannabinus* L.)
- iii. Ελαιοκράμβη (*Brassica napus*, *Brassica carinata*) [23]



Εικόνα 3.5: Αγριαγκινάρα (*cynara cardunculus*, κοινώς κάρντο)

Η αγριαγκινάρα, λόγω των εξαιρετικών χαρακτηριστικών της, αποτελεί την πιο διάσημη πολυετής ενεργειακή καλλιέργεια. Κάποια από τα χαρακτηριστικά της είναι η μεγάλη αντοχή στο ψύχος, η ευκολία στην σπορά, καθώς σπέρνεται μία φορά ακόμα και σε άγονα εδάφη, η δυνατότητα για συνεχή συγκομιδή από 10 έως 15 χρόνια.

Επίσης, δεν χρειάζεται όργωμα, ιδιαίτερη προετοιμασία για την σπορά, ζιζανιοκτόνα,

ενώ παράλληλα έχει μικρές απαιτήσεις σε άρδευση, λίπανση και φυτοφάρμακα. Η παραγωγή της είναι περίπου στα 1.000-1.600 kg όταν δεν ποτίζεται, ενώ σε ποτιστικά εδάφη στα 1.700-2.500 kg. Τέλος, η θερμογόνος δύναμή της είναι 16.5 MJ/kg, ενώ τα pellets αγκινάρας 16-18 MJ/kg δηλαδή 2 κιλά pellet αγριαγκινάρας ισοδυναμούν με 1 λίτρο πετρέλαιο. [23]

Πλεονεκτήματα των ενεργειακών καλλιεργειών

- Μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο και της ρύπανσης του περιβάλλοντος
- Προστασία των εδαφών κατά της διάβρωσης
- Εκμετάλλευση εδαφών χαμηλής γονιμότητας
- Σημαντικό κέρδος για τους απασχολούμενους αγρότες
- Αύξηση θέσεων εργασίας στον αγροτικό τομέα
- Τα περισσότερα ενεργειακά φυτά έχουν ελάχιστες απαιτήσεις άρδευσης, καθώς αξιοποιούν κυρίως το νερό των βροχών
- Χαμηλές εισροές λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων
- Μείωση των περιφερειακών ανισοτήτων και αναζωογόνηση των λιγότερο ανεπτυγμένων γεωργικών οικονομιών

Μειονεκτήματα των ενεργειακών καλλιεργειών

- Εποχιακή παραγωγή
- Αυξημένος όγκος και υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία
- Απαίτηση μεγάλων εδαφικών εκτάσεων για την παραγωγή τους
- Δυσκολίες στη συλλογή, μεταφορά και αποθήκευση

3.3.3 Κτηνοτροφικές δραστηριότητες

Το βασικό απόβλητο των κτηνοτροφικών δραστηριοτήτων αποτελεί η κοπριά. Στην μαζική εκτροφή ζώων, συνήθως βοοειδών, χοίρων και πουλερικών, δημιουργείται πρόβλημα με την διαχείριση της κοπριάς ιδιαίτερα σε περιορισμένους και συστεγασμένους χώρους. Ο ιδανικότερος τρόπος διαχείρισης αυτών των αποβλήτων είναι η διοχέτευσή τους για την παραγωγή βιοενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, με την αξιοποίηση της τεχνολογίας της αναερόβιας χώνευσης, τα υγρά ζωικά απόβλητα μετατρέπονται σε βιοαέριο. Μετά το στάδιο της παραγωγής του, το βιοαέριο τροφοδοτείται σε σύστημα συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας, από

την πώληση των οποίων προκύπτουν τα πολύ σημαντικά έσοδα. Ένα επιπλέον έσοδο που μπορεί να προκύψει στον κτηνοτρόφο, είναι από την εμπορική εκμετάλλευση του χωνεμένου υπολείμματος της κοπριάς ως βιολογικό λίπασμα.

Έτσι, φαίνεται πως η βιομάζα που λαμβάνεται από τα απόβλητα των ζώων, αποτελεί μια πολύ σημαντική πηγή εσόδων για τον παραγωγό και παράλληλα έναν φιλικό τρόπο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Τα οργανικά απόβλητα αποτελούν έναν ανεκμετάλλευτο πλούτο, τον οποίο έχουν αναγνωρίσει όλες οι αναπτυγμένες χώρες εδώ και χρόνια και επενδύουν σε αυτόν διαρκώς.

3.3.3 Βιομηχανία παραγωγής τροφίμων

Τα απόβλητα των βιομηχανιών που παράγουν τρόφιμα, είτε βρίσκονται σε στερεά ή σε υγρή μορφή, μπορούν να αξιοποιηθούν ενεργειακά. Η τεχνολογία της αναερόβιας χώνευσης και της παραγωγής βιοαερίου είναι κάποιοι από τους τρόπους που γίνεται αυτή η αξιοποίηση. Κάποια από τα υγρά απόβλητα που φημίζονται για το υψηλό ρυπαντικό τους φορτίο, είναι το τυρόγαλα, ο κατσίγαρος, τα απόβλητα σφαγείων, τα απόβλητα χυμοποιείων, ζυθοποιείων και βιομηχανιών επεξεργασίας φρούτων και λαχανικών. Με αυτήν τους την αξιοποίηση, αποφεύγεται η έντονη ρύπανση που προκαλούν κατά την ανεξέλεγκτη διάθεση τους, και σταματούν να αποτελούν πρόβλημα για τους παραγωγούς καθώς μετατρέπονται σε ηλεκτρική ενέργεια. Με τη συγκεκριμένη διαχείριση των αποβλήτων προκύπτουν πολλαπλά οφέλη. Ένα από αυτά είναι πως διακόπτεται η περιβαλλοντική υποβάθμιση των υδάτινων αποδεκτών από την διοχέτευση των αποβλήτων των ρυπογόνων βιομηχανιών, με τρόπο που όχι μόνο δεν κοστίζει στον παραγωγό του αποβλήτου, αλλά του προσφέρει επιπλέον έσοδα. Τα έσοδα αυτά προκύπτουν από την πώληση της εναλλακτικής ενέργειας σε καταναλωτές ή στο δίκτυο. Επιπλέον, γίνεται και αποφυγή των υψηλών προστίμων που οφείλει να πληρώνει η βιομηχανία για την ακατάλληλη διάθεση των αποβλήτων της.

Αντίστοιχη διαδικασία ακολουθείται και για τα στερεά οργανικά απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων, με τη χρήση αποτελεσματικών τεχνολογιών χρήσης για την παραγωγή βιοαερίου και ηλεκτρικής ενέργειας.[18]

3.3.4 Υγρά Βιοκαύσιμα

Βιοαιθανόλη

Η βιοαιθανόλη παράγεται συνήθως από τη ζύμωση σακχάρων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο της βενζίνης για την τροφοδοσία κινητήρων ανάφλεξης με σπινθήρα. Μια άλλη οδός είναι η ζύμωση του syngas. Η βενζίνη είναι ένα υγρό που αποτελείται από υδρογονάνθρακες C4-C12 και παράγεται με πυρόλυση αργού πετρελαίου. Η αιθανόλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε καθαρή μορφή (E-100) ή σε μείγμα με βενζίνη. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η χρήση καθαρής αιθανόλης (E-100) απαιτεί τροποποιήσεις στον κινητήρα για να ξεπεραστούν τα προβλήματα που σχετίζονται με τη συμπίεση του καυσίμου, το χρονισμό του ψεκασμού και τη διάβρωση του κινητήρα. Η βιοαιθανόλη μπορεί να αναμιχθεί έως και 10% και 15% με βενζίνη σύμφωνα με τις απαιτήσεις των προδιαγραφών EN 15376 και ASTM D4806, αντίστοιχα. Οι σημαντικές ιδιότητες της καθαρής αιθανόλης (E100) και του 10% μείγματός της με βενζίνη (E10) φαίνονται στον Πίνακα 3.1 και συγκρίνονται με την καθαρή βενζίνη.

Πίνακας 3.1: Βασικές ιδιότητες της βενζίνης, της αιθανόλης (E-100) και του μείγματος 10% αιθανόλης προς βενζίνη (E-10).

Ιδιότητες	Βενζίνη	E-100	E-10
Ιξώδες mm ² /s	0.48–0.84	1.57 (20 °C)	0.53 (30 °C)
Σημείο ανάφλεξης °C	–65	13	–40
RON °C	86.4–100	108.6–114	87.4–94
MON °C	80–98.8	89.7–112	86–99.9
Αριθμός οκτανίου	86–94	98–100	-

Μπορεί να παρατηρηθεί ότι η καθαρή αιθανόλη έχει υψηλότερο αριθμό οκτανίου από τη βενζίνη, γεγονός που υποδηλώνει ότι έχει υψηλότερες ιδιότητες κατά του χτυπήματος. Το σημείο ανάφλεξης της αιθανόλης και του μείγματος είναι επίσης υψηλότερο από τη βενζίνη, γεγονός που καθιστά το καύσιμο ασφαλέστερο στη διαχείριση κατά τη μεταφορά. Επιπλέον, η αιθανόλη έχει χαμηλότερη θερμογόνο δύναμη. Υπάρχουν δύο τρόποι επεξεργασίας για τη μετατροπή της λιγνοκυτταρινικής βιομάζας σε βιοαιθανόλη: Η ζύμωση των υδατανθράκων που προκύπτουν από την υδρόλυση της βιομάζας σε βιοαιθανόλη και η ζύμωση του syngas. Η αλκοόλη που

παράγεται από τη ζύμωση των υδατανθράκων ή του syngas μπορεί να υποβληθεί περαιτέρω σε αφυδάτωση της αιθανόλης, ολιγομερισμό, απόσταξη και υδρογόνωση για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων, όπως βιοκαύσιμο αεριοθετούμενων αεροσκαφών και πράσινο ντίζελ.

Βιοχημική ζύμωση

Η βιοαιθανόλη παράγεται σήμερα από βιομάζα με βάση το άμυλο/ζάχαρη, όπως το σιτάρι και το καλαμπόκι, αλλά προκύπτουν ζητήματα σχετικά με τη βιωσιμότητα αυτών των πρώτων υλών, καθώς ανταγωνίζονται την ανθρώπινη τροφή. Οι αποδόσεις αιθανόλης εξαρτώνται από τη δομή της βιομάζας, τη μέθοδο προεπεξεργασίας, τον τύπο των σακχάρων (σάκχαρα πέντε ή έξι ατόμων άνθρακα), τη συγκέντρωση των σακχάρων στα υδρολυτικά προϊόντα, τον τύπο των μικροοργανισμών και τις συνθήκες της διεργασίας ζύμωσης. Η ενσωμάτωση της υδρόλυσης και της ζύμωσης αποτελεί επίσης σημαντικό βήμα για την επίτευξη βιωσιμότητας της διαδικασίας και υψηλών αποδόσεων αιθανόλης.

Τα κύρια στάδια για την παραγωγή βιοαιθανόλης από λιγνοκυτταρινική βιομάζα είναι η προεπεξεργασία ή/και η αποτοξίνωση, η υδρόλυση, η ζύμωση και η ανάκτηση του προϊόντος. Πριν από την προεπεξεργασία απαιτείται θραύση της πρώτης ύλης και ανάμιξή της με νερό για τη δημιουργία πολτού. Έρευνες έχουν δείξει ότι η επιλογή της κατάλληλης τεχνολογίας προεπεξεργασίας εξαρτάται σημαντικά από τον τύπο της πρώτης ύλης. Μετά την προεπεξεργασία και την υδρόλυση, τα σάκχαρα που απελευθερώνονται ζυμώνονται από τους αντίστοιχους μικροοργανισμούς και μετατρέπονται σε αιθανόλη.

Ζύμωση του syngas

Μια άλλη οδός για την παραγωγή αιθανόλης είναι η ζύμωση του syngas. Τα λιγνοκυτταρινούχα απόβλητα μπορούν αρχικά να μετατραπούν μέσω αεριοποίησης σε ένα αέριο μίγμα (syngas) που αποτελείται από μονοξείδιο του άνθρακα (CO), διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), υδρογόνο (H₂), μεθάνιο (CH₄), υδρατμούς και αέρια υδρογονανθράκων μικρής αλυσίδας. Κατά την αεριοποίηση, αξιοποιούνται όλα τα συστατικά της βιομάζας, συμπεριλαμβανομένης της λιγνίνης, γεγονός που αποτελεί το κύριο πλεονέκτημα της διεργασίας σε σύγκριση με τη ζύμωση με σακχαροποίηση, όπου καταναλώνονται μόνο η ημικυτταρίνη και η κυτταρίνη. Η ζύμωση του syngas περιλαμβάνει την ανάμειξη μονοξειδίου του άνθρακα, υδρογόνου και διοξειδίου του άνθρακα, τα οποία μετατρέπονται σε οξικό άλκα και στη συνέχεια σε αιθανόλη. Το

αέριο που παράγεται από την αεριοποίηση περιέχει ακαθαρσίες, όπως οξείδιο του αζώτου, αλκαλικές ενώσεις και πίσσες. Οι ακαθαρσίες μπορούν να επηρεάσουν τις μικροβιακές δραστηριότητες και το pH του ζυμού ζύμωσης, γεγονός που θα μπορούσε να οδηγήσει σε τοξικότητα των κυττάρων, επομένως απαιτείται καθαρισμός του αερίου πριν από τη ζύμωση.

Οι πιο υποσχόμενοι μικροοργανισμοί είναι τα ακετογόνα, τα οποία μπορούν να μεταβολίζουν το CO, το CO₂ και το H₂ σε αλκοόλες και οργανικά οξέα.

Βιοβουτανόλη

Η βιοβουτανόλη (C₄H₉OH) μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο της βενζίνης, καθώς οι ιδιότητές της είναι συγκρίσιμες με αυτές της βενζίνης που προέρχεται από το πετρέλαιο. Μπορεί να παραχθεί από λιγνοκυτταρινική βιομάζα μέσω της διαδικασίας της ζύμωσης. Παρόμοια με τη ζύμωση της λιγνοκυτταρινικής βιομάζας σε αιθανόλη, απαιτούνται επίσης στάδια προεπεξεργασίας.

Οι πιο σημαντικές ιδιότητες της καθαρής βιοβουτανόλης φαίνονται στον πίνακα 3.2 και συγκρίνονται με την καθαρή βενζίνη.

Πίνακας 3.2: Βασικές ιδιότητες βενζίνης και βιοβουτανόλης

Ιδιότητες	Βιοβουτανόλη	Βενζίνη
Σημείο βρασμού (°C)	118	200
Σημείο κατάψυξης (°C)	-89	-40
Πυκνότητα (kg/m ³)	810	760
Θερμότητα εξάτμισης (MJ/kg)	0.43	0.36
Πυκνότητα ενέργειας (MJ/L)	30	32
Κετάνιο όχι	~25	5–20
Σημείο ανάφλεξης (°C)	35	-42

Βιοντίζελ

Βιοντίζελ (πετρέλαιο βιολογικής προέλευσης) είναι οι μεθυλεστέρες λιπαρών οξέων που παράγονται από φυτικά ή ζωικά έλαια και λίπη. Το βιοντίζελ έχει παρόμοιες φυσικοχημικές ιδιότητες με το πετρελαϊκό (συμβατικό) ντίζελ κίνησης και θέρμανσης και είναι πλήρως συμβατό και αναμίξιμο με αυτό σε οποιαδήποτε αναλογία. Έτσι, το

βιοντίζελ θεωρείται ως ένα άριστο υποκατάστατο του συμβατικού ντίζελ και μπορεί να χρησιμοποιείται αυτούσιο ή σε μίγματα με αυτό στις ήδη υπάρχουσες πετρελαιομηχανές. Τα έλαια που δεν έχουν μετατραπεί σε βιοντίζελ δεν χαρακτηρίζονται από τις προδιαγραφές ως βιοντίζελ, και η χρήση τους σε κινητήρες ντίζελ πρέπει να αποφεύγεται. Αυτό συμβαίνει διότι προκαλούν μακροπρόθεσμα αποθέσεις στους κινητήρες, κόλλημα δακτυλίων στεγανότητας, πήξη των λιπαντικών και μειώνουν τη ζωή του κινητήρα.

Κάποια από τα ελαιούχα φυτά για την παραγωγή βιοντίζελ είναι η ελαιοκράμβη (*brassica napus* L.), βρασσική η Αιθιοπία (*brassica carinata*), και ο ηλίανθος (*helianthus annuus*).



Εικόνα 3.6: Καλλιέργειες ηλίανθου

Ενδεικτικά, φαίνεται πως η ενέργεια που περιέχει το λάδι του ηλίανθου είναι 39,4 MJ/kg, των σπόρων 26,3 MJ/kg και του αλεύρου 19,6 MJ/kg. Δίνει 45-75 λίτρα ανά στρέμμα βιοντίζελ.

Ρυθμίζεται από τα πρότυπα ASTM D6751 και EN 14214. Στον πίνακα 3.3 παρουσιάζονται οι βασικές ιδιότητες και οι διαφορές μεταξύ των ρυθμιζόμενων βιοντίζελ και του ορυκτού ντίζελ.

Πίνακας 3.3 : Βασικές ιδιότητες βιοντίζελ και ορυκτού ντίζελ.

Ιδιότητες	Βιοντίζελ (ASTM D6751)	Βιοντίζελ (EN 14214)	Ορυκτό ντίζελ
Πυκνότητα 15 °C (kg/m ³)	880	860–900	820–850
Ιξώδες 40 °C (cSt)	1.9–6.0	3.5–5.0	2.04–3.23
Θερμογόνος δύναμη (MJ/kg)	-	35	42–48

Σε σύγκριση με το ορυκτό ντίζελ, το βιοντίζελ έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο και αρωματικά, υψηλή βιοδιασπασιμότητα, χαμηλή σταθερότητα (η οποία μπορεί να αυξηθεί με την προσθήκη αντιοξειδωτικών) και υψηλές εκπομπές NO_x κατά την καύση.

Πράσινο ντίζελ

Ένα άλλο βιοκαύσιμο που μπορεί να αναμιχθεί ή να αντικαταστήσει το ορυκτό ντίζελ είναι το πράσινο ή ανανεώσιμο ντίζελ. Το πράσινο ντίζελ προέρχεται από το κλάσμα ντίζελ του αναβαθμισμένου βιοελαίου ή του κεριού Fischer-Tropsch (FT). Στην περίπτωση αυτή, το πράσινο ντίζελ, δεν έχει προέλθει από τη διαδικασία μετεστεροποίησης και μπορεί να ληφθεί με υδροεπεξεργασία (HDO), ακολουθούμενη από πυρόλυση ή ισομερισμό, του βιοελαίου ή του κεριού FT. Ωστόσο, δεν χρησιμοποιείται ακόμη ευρέως, καθώς το κόστος παραγωγής της είναι υψηλότερο σε σύγκριση με το βιοντίζελ και οι συνθήκες λειτουργίας είναι πιο πολύπλοκες (υψηλότερες θερμοκρασίες και πιέσεις). Το πράσινο ντίζελ έχει υψηλότερο αριθμό κετανίου (περίπου 70-90) σε σύγκριση με το βιοντίζελ (50-65) και το ντίζελ (40) και υψηλότερο εύρος σημείου θόλωσης (από -20 έως 20 °C) λόγω ισομερισμού μετά το στάδιο HDO. Συνεπώς, είναι πιο σταθερό. Επιπλέον, το πράσινο ντίζελ έχει υψηλότερη θερμογόνο δύναμη, χαμηλότερη περιεκτικότητα σε οξυγόνο, λιπαντικότητα, πυκνότητα και ιξώδες σε σύγκριση με το βιοντίζελ.

Βιομεθανόλη

Η βιομεθανόλη είναι μια αλκοόλη (CH₃OH) που μπορεί να παραχθεί με καταλυτική (συνήθως οξείδια χαλκού, ψευδαργύρου ή χρωμίου) υδρογόνωση syngas (μονοξείδιο του άνθρακα και διοξείδιο του άνθρακα) ή βιοαερίου (μεθάνιο). Η παραγωγή του μπορεί να χωριστεί σε 3 αντιδράσεις. Οι αντιδράσεις λαμβάνουν χώρα στους 200-300

°C και σε πίεση 50-100 bar και απαιτείται η χρήση καταλυτών προκειμένου να επιβληθεί θερμοδυναμική ισορροπία για την παραγωγή μεθανόλης. Η ανακύκλωση του αερίου που δεν αντέδρασε και τα απαιτούμενα συστήματα ψύξης (λόγω της εξώθερμης φύσης της αντίδρασης) ευθύνονται για το κύριο κόστος της διαδικασίας σύνθεσης.

Για τη σύνθεση μεθανόλης, ο λόγος του αερίου σύνθεσης (H_2/CO_2) πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 2. Συνεπώς, ο καθαρισμός του αερίου σύνθεσης πραγματοποιείται πριν από την παραγωγή μεθανόλης, προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η σύνθεσή του. Επιπλέον, το αέριο σύνθεσης περιέχει ακαθαρσίες, όπως θείο και χλωρίδια, οι οποίες μπορεί να είναι επιβλαβείς για το περιβάλλον ή/και να απενεργοποιήσουν τον καταλύτη. Ένας άλλος τρόπος βελτιστοποίησης της διεργασίας είναι η μετατροπή του CO σε CO_2 με τη χρήση καταλύτη μετατόπισης αερίου με νερό ή αντιδραστήρα καταλυτικής μεμβράνης αμέσως μετά τη διεργασία αεριοποίησης. Το CO_2 μετατρέπεται στη συνέχεια σε μεθανόλη με καταλυτική υδρογόνωση. Η παραγόμενη βιομεθανόλη απαιτεί επίσης ένα στάδιο καθαρισμού προκειμένου να πληροί τις προδιαγραφές. Η διαδικασία αυτή μπορεί να υλοποιηθεί σε ανταγωνιστική τιμή όταν η βιομεθανόλη χρησιμοποιείται ως μίγμα βιοκαυσίμου και η μεθανόλη μπορεί να κατευθυνθεί στην παραγωγή άλλων καυσίμων, όπως βιοντίζελ, DME και OME.

Έχει αποδειχθεί ότι η βιομεθανόλη έχει ανταγωνιστικό κόστος παραγωγής και μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε σύγκριση με την παραγωγή μεθανόλης από ορυκτά καύσιμα. Η βιομεθανόλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως άμεση ανάμειξη με βενζίνη και ναυτιλιακά καύσιμα, για μετεστεροποίηση και ως πρώτη ύλη για τη σύνθεση DME/OME.

Διμεθυλαιθέρας (DME)/(OME)

Οι διμεθυλαιθέρες πολυ(οξυμεθυλενίου) (OME) και διμεθυλαιθέρας (DME) είναι υποκατάστατα του ντίζελ και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κινητήρες ανάφλεξης με συμπίεση χωρίς σημαντικές τροποποιήσεις. Η βιομεθανόλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για την παραγωγή OME/DME. Η δομή του DME είναι CH_3OCH_3 , ενώ του OME είναι $H_3CO(CH_2O)_nCH_3$, με n από 2 έως 8, κατά προτίμηση 3 έως 5 για την αντικατάσταση του ντίζελ. Οι ιδιότητες αυτών των καυσίμων σε σύγκριση με το ντίζελ παρουσιάζονται στον πίνακα 3.4.

Το DME έχει υψηλή περιεκτικότητα σε οξυγόνο, χαμηλό ιξώδες, χαμηλή λίπανση και LHV σε σύγκριση με το ορυκτό καύσιμο ντίζελ. Το DME έχει ήδη δοκιμαστεί σε κινητήρες ντίζελ- οι πληροφορίες σχετικά με τις εκπομπές και τις επιδόσεις είναι τεκμηριωμένες. Σε σύγκριση με

την καύση ντίζελ, το DME εκπέμπει χαμηλότερα επίπεδα σωματιδίων, HC και οξειδίων του αζώτου (NOx), αλλά έχει επίσης χαμηλότερες επιδόσεις (λόγω του χαμηλότερου LHV). Το OME δεν περιέχει ακαθαρσίες και έχει αριθμό κετανίου υψηλότερο από το συμβατικό ντίζελ, αλλά έχει χαμηλότερο HHV. Η ανάλυση κόστους επιβεβαιώνει ότι η παραγωγή OME θα μπορούσε να είναι ακόμη φθηνότερη από την παραγωγή ντίζελ.

Βιοέλαιο

Το βιοέλαιο είναι το πρωταρχικό προϊόν της διεργασίας της πυρόλυσης, το οποίο μπορεί να ληφθεί από τη θερμική αποσύνθεση της λιγνοκυτταρινούχου βιομάζας με ταχεία θέρμανση απουσία οξυγόνου, ακολουθούμενη από ταχεία απόσβεση των προϊόντων ατμών. Πρόκειται για ένα πολυσύνθετο μείγμα που αποτελείται από εκατοντάδες μόρια διαφορετικού μεγέθους που λαμβάνονται από τον αποπολυμερισμό και τον κατακερματισμό της κυτταρίνης, της ημικυτταρίνης και της λιγνίνης. Μια τυπική κατανομή ενώσεων στο βιοέλαιο περιλαμβάνει οξέα, εστέρες, αλκοόλες, κετόνες, αλδεΐδες, σάκχαρα, φουράνια, υδρογονάνθρακες (όπως αλκένια, αρωματικά), φαινόλες (όπως φαινόλες, ανισόλες, κατεχόλες, γουαϊκόλες, συρινγκόλες), νερό και θραύσματα κυτταρίνης και λιγνίνης. Η σύνθεση και οι αποδόσεις του βιοελαίου εξαρτώνται σημαντικά από τις παραμέτρους λειτουργίας της διεργασίας, τη διαμόρφωση του αντιδραστήρα και τον τύπο της πρώτης ύλης.

Το βιοέλαιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο του μαζούτ ή του ντίζελ σε πολλούς βιομηχανικούς λέβητες, κλιβάνους και στατικούς κινητήρες για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας. Οι ΗΠΑ έχουν αναπτύξει το πρότυπο ASTM D7544, το οποίο καλύπτει τις προδιαγραφές του υγρού πυρόλυσης που παράγεται από βιομάζα για χρήση σε διάφορους τύπους εξοπλισμού καύσης καυσίμων.

Καύσιμο Biojet

Το καύσιμο Biojet ή ανανεώσιμο αεροπορικό καύσιμο είναι καύσιμο προερχόμενο από βιομάζα και περιέχει υδρογονάνθρακες με εύρος βρασμού παρόμοιο με το ορυκτό καύσιμο jet (170-300 °C). Το ορυκτό καύσιμο αεριοθούμενων οχημάτων αποτελείται από περίπου 20% παραφίνη, 40% ισοπαραφίνη, 20% ναφθένια και 20% αρωματικά. Ανάλογα με τη διαδρομή, το βιοκαύσιμο αεριοθούμενων καυσίμων δεν περιέχει πάντα αρωματικές ενώσεις. Για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα, έχουν καθιερωθεί ως πρότυπο μίγματα βιοκαυσίμων έως και 50% με ορυκτά καύσιμα αεροσκαφών. Το καύσιμο biojet πιστοποιείται μόνο εάν έχει παρόμοιες ιδιότητες με το ορυκτό καύσιμο jet, όπως το ενεργειακό περιεχόμενο και η πυκνότητα. Ορισμένα χαρακτηριστικά του

καυσίμου biojet (σύμφωνα με το ASTM D 7566) που είναι παρόμοια με το ορυκτό καύσιμο αεριοθούμενων αεροσκαφών παρουσιάζονται στον πίνακα 3.6. [3]

Πίνακας 3.6: Βασικές ιδιότητες του καυσίμου biojet (ASTM D7566).

Ιδιότητες	Καύσιμο biojet
Ολική οξύτητα (mgKOH/g)	0,1,max
Σημείο ανάφλεξης (°C)	38 λεπτά
Πυκνότητα 15 °C (kg/m ³)	775-840
Σημείο κατάψυξης (°C)JetA	-40, max
Ιξώδες -20 °C (cSt)	8, max
Καθαρή θερμότητα καύσης(MJ/kg)	42,8 min

δ) Τα πέλλετς (pellets) και οι μπρικέττες (briquettes), που αναλύθηκαν παραπάνω.

ε) Τα βιοκαύσιμα νέας γενιάς (βιοντίζελ, βιοαιθανόλη, πράσινο ντίζελ, αέριο σύνθεσης, βιοαέριο, βιοϋδρογόνο, συνθετικά βιοκαύσιμα κ.ά.).

Φαίνεται, λοιπόν, πως η βιομάζα είναι η πρώτη ύλη, το βιοκαύσιμο είναι το καύσιμο στο οποίο μετατρέπεται και η βιοενέργεια είναι η ενέργεια που παράγεται και είναι είτε ηλεκτρική, είτε θερμική, είτε κινητική ενέργεια .

Βιοκαύσιμα 1ης γενιάς

Με τον όρο βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς εννοούμε, συνήθως, τη βιο-αιθανόλη και το βιοντίζελ, τα οποία παράγονται από αγροτικά προϊόντα που περιλαμβάνουν στη σύστασή τους υδατάνθρακες (ζάχαρη ή άμυλο) και ελαιούχους καρπούς αντίστοιχα, δηλαδή από edώδιμα προϊόντα με τη χρήση συμβατικών τεχνολογιών [13]

Πρώτες ύλες για την παραγωγή βιοντίζελ στην Ελλάδα

- Ηλιέλαιο
- Κραμβέλαιο
- Βαμβακέλαιο
- Σογιέλαιο
- Καπνέλαιο
- Αγριαγκινάρα
- Χρησιμοποιημένα μαγειρικά λίπη (βιοκαύσιμα 2ης γενιάς)
- Παραπροϊόντα ελαιοτριβείων (βιοκαύσιμα 2ης γενιάς)

Πρώτες ύλες για την παραγωγή βιοαιθανόλης στην Ελλάδα

- Ζαχαρότευτλα
- Γλυκό Σοργό
- Σιτάρι Αραβόσιτος (καλαμπόκι)

Κύριο χαρακτηριστικό ενός βιοκαυσίμου «πρώτης γενιάς» είναι η ικανότητά του να μπορεί να αναμειχθεί με άλλα «κλασικά» πετρελαϊκά καύσιμα, να καίγεται στις υπάρχουσες μηχανές εσωτερικής καύσης και να διανέμεται μέσω της υφιστάμενης υποδομής. Η παραγωγή βιοκαυσίμων 1ης γενιάς είναι εμπορική, με σχεδόν 50 δισεκατομμύρια λίτρα να παράγονται ετησίως.

Βιοκαύσιμα 2ης γενιάς

Ένα από τα μεγάλα προβλήματα των βιοκαυσίμων πρώτης γενιάς είναι ότι χρησιμοποιούν ως πρώτες ύλες, εδάδιμα αγροτικά ή κτηνοτροφικά προϊόντα, όπως είναι π.χ. τα λίπη και έλαια, τα σάκχαρα και οι καρποί (άμυλο). Αυτό μπορεί να οδηγήσει στην αλλαγή της χρήσης της καλλιεργήσιμης γης από την παραγωγή τροφίμων προς την παραγωγή καυσίμων. Υπάρχουν βάσιμοι φόβοι ότι η μετατροπή φυσικών οικοσυστημάτων σε καλλιέργειες σακχαροκάλαμου ή καλαμποκιού για την παραγωγή βιοκαυσίμων, θα φέρει ελλείψεις σε τρόφιμα και θα οδηγήσει σε αύξηση των τιμών των τροφίμων με τεράστιες οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές συνέπειες ενώ η αλλαγή χρήσης της αγροτικής γης θα οδηγήσει σε πιθανή αύξηση των εκπομπών CO₂. Όλες αυτές οι ανησυχίες οδήγησαν στην αναζήτηση άλλων εναλλακτικών πρώτων υλών για την παραγωγή των βιοκαυσίμων, που δεν θα είναι ανταγωνιστικές με τα τρόφιμα, δεν θα απαιτούν την αλλαγή της χρήσης γης για την παραγωγή τους, ενώ παράλληλα θα εξασφαλίζουν ένα ισορροπημένο κύκλο παραγωγής – απορρόφησης (κατά την φωτοσύνθεση) διοξειδίου του άνθρακα.. Η πρώτη ύλη, που θεωρήθηκε ότι πληροί τα προηγούμενα κριτήρια, είναι η λιγνοκυτταρινούχα βιομάζα, δηλαδή η βιομάζα που προέρχεται από φυτά και δέντρα, και τα βιοκαύσιμα που παράγονται από 258 αυτή αναφέρονται ως «βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς». Η λιγνοκυτταρινούχος βιομάζα αποτελείται από τρία δομικά συστατικά (Σχήμα 8.16), τους πολυσακχαρίτες κυτταρίνη (30-50%) και ημικυτταρίνη (20-40%), και το φαινολικό πολυμερές λιγνίνη (15-25 %), ενώ περιέχει και στερεά υπολείματα-τέφρα (Si, Al, Ca, Mg, K, Na, 3-10 %) και εκχυλίσμα (μη-δομικά) συστατικά (5-25 %). Τα αναφερόμενα ποσοστά εξαρτώνται από τον τύπο/προέλευση της λιγνοκυτταρινούχας βιομάζας, π.χ. αν προέρχεται από κλαδιά λεύκας ή κοτσάνια/άχυρα σιταριού.

Οι λιγνοκυτταρινούχες πρώτες ύλες παραγωγής βιοκαυσίμων 2ης γενιάς περιλαμβάνουν:

- Υπολείματα/παραπροϊόντα αγροτικών και δασικών εργασιών/δραστηριοτήτων (ξυλεία, άχυρα, κλαδέματα).
- Παραπροϊόντα/υπολείματα βιομηχανίας επεξεργασίας ξύλου (ροκανίδι).

- Παραπροϊόντα/υπολείμματα βιομηχανίας επεξεργασίας τροφίμων (φλούδες φρούτων, κουκούτσια, τσόφλια, κλπ).
- Βιομηχανικά και αστικά οργανικά απόβλητα.
- Ενεργειακές καλλιέργειες μικρού χρόνου καλλιέργειας ή/και ετήσιες με αποδόσεις 1-4 τον/στρ/χρόνο (π.χ. ακακία, ιτιά, μίσχανθος, καλάμι).

Ως βιοκαύσιμα 2ης γενιάς θεωρούνται:

- Αιθανόλη (από κυτταρίνη, η οποία περιέχεται μέσα στην λιγνοκυτταρινούχα βιομάζα.
- Συνθετικά καύσιμα (ντίζελ, βενζίνη, δηλαδή συνθετικά καύσιμα μέσω της διεργασίας BtL: Biomass to Liquids – περιγράφεται παρακάτω).
- Πυρολυτικό βιοέλαιο (περιγράφεται παρακάτω).
- Βιοαέριο (Μεθάνιο) μέσω αναερόβιας ζύμωσης οργανικών αποβλήτων σε Χώρους Υγεονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ).
- Βιομεθανόλη, βιο-DME, βιο-MTBE, βιο-ETBE, βιο-υδρογόνο, μέσω συνδυασμένων θερμοχημικών καταλυτικών ή/και βιο-καταλυτικών διεργασιών μετατροπής της λιγνοκυτταρινούχας βιομάζας). [38]

4.2 Τεχνολογίες επεξεργασίας βιομάζας

Οι πηγές βιομάζας διαφέρουν από την κάθε θερμογόνο που αποβάλουν κατά την καύση, την υγρασία τους, την τέφρα, κ.λπ. . Έτσι, γίνεται και ο διαχωρισμός για την διαδικασία επεξεργασίας που πρέπει να ακολουθηθεί ώστε να επιτευχθεί η καλύτερη αξιοποίηση των διαθέσιμων πηγών. Οι κατάλληλες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας και παραγωγής βιοενέργειας, αποτελούν έναν τομέα συνεχώς εξελισσόμενο. Ως αποτέλεσμα του πλήθους των διαφόρων ειδών βιομάζας, οι τεχνολογίες μετατροπής τους σε βιοενέργεια είναι πολλές και αρκετά διαφορετικές μεταξύ τους. Συνεπώς, διακρίνονται ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο παράγεται το καύσιμο, σε θερμικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες.

Η βιομάζα μπορεί να αξιοποιηθεί ενεργειακά με δύο βασικούς τρόπους, **τις θερμοχημικές διεργασίες και τις βιολογικές διεργασίες.**

Θερμικές Διεργασίες

Αποτελεί την πιο διαδεδομένη τεχνολογία παραγωγής βιοενέργειας που χρησιμοποιείται στην πλειοψηφία των εφαρμογών παγκοσμίως. Οι διεργασίες της αεριοποίησης και της πυρόλυσης κατατάσσονται στις θερμικές διεργασίες, αλλά εν μέρει είναι και χημικές. Αποτελούν διεργασίες οι οποίες θεωρείται πως θα παρουσιάσουν μεγάλη ανάπτυξη στο μέλλον. Κοινό χαρακτηριστικό όλων των θερμικών τεχνολογιών είναι η απαίτηση χαμηλής περιεκτικότητας σε υγρασία της πρώτης ύλης της βιομάζας. Στις θερμικές διεργασίες κυριαρχεί η καύση και η παραγωγή της ενέργειας, η οποία γίνεται με δύο τρόπους, είτε μέσω ατμοστρόβιλου, είτε μέσω του οργανικού κύκλου Rankine (ORC).

Χημικές Διεργασίες

Η σημαντικότερη χημική διεργασία παραγωγής βιοκαυσίμων και βιοενέργειας είναι η μετεστεροποίηση. Αποτελεί την πιο συνηθισμένη μέθοδο για την παραγωγή βιοντίζελ, μετατρέποντας τα τριγλυκερίδια των ελαίων και λιπών που τροφοδοτούν τη διεργασία σε αλκυλεστέρες, τις ενώσεις που αποτελούν το βιοντίζελ. Η χημική σύσταση των πρώτων υλών είναι καθοριστική για την απόδοση της μετεστεροποίησης.

Βιολογικές Διεργασίες

Οι βιολογικές διεργασίες που παράγουν πολύ μεγάλες ποσότητες βιοενέργειας παγκοσμίως χωρίζονται σε δύο κατηγορίες τη αερόβια ζύμωση (κομποστοποίηση) λιγνοκυτταρινούχων και σακχαρούχων υλικών για την παραγωγή βιοαιθανόλης, και την αναερόβια χώνευση οργανικών αποβλήτων για την παραγωγή βιοαερίου. Η ζύμωση εφαρμόζεται για την παραγωγή καυσίμου κίνησης, τη βιοαιθανόλη, που είναι υποκατάστατο της βενζίνης, ενώ το βιοαέριο καίγεται κατά κανόνα σε μηχανές συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας για την παραγωγή ενέργειας με υψηλές αποδόσεις.[34]

4.3 Τεχνολογίες θερμοχημικής μετατροπής βιομάζας

Καύση

Η συγκεκριμένη διεργασία είναι η πιο γνωστή, καθώς ήταν από το παρελθόν η πιο συνηθισμένη μορφή θέρμανσης. Η καύση της βιομάζας μπορεί να γίνει με τζάκια, σόμπες, καθώς και σύγχρονους καυστήρες σταθερής και ρευστοποιημένης κλίνης και λέβητες (κύκλος Rankine).

Χαρακτηριστικά

- Τα καυσαέρια έχουν θερμοκρασία 800-1000°C.
- Δεν υπάρχει περιορισμός στο είδος βιομάζας που μπορεί να καεί, αλλά η καύση δεν είναι πρακτική όταν η υγρασία είναι μεγαλύτερη του 50%.
- Η κλίμακα των εργοστασίων καύσης κυμαίνεται από πολύ μικρή (οικιακή) μέχρι βιομηχανική 5-500 MW.
- Ιδιαίτερα συμφέρουσα είναι η Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΣΗΘ).
- Δυνατότητα συμπαγωγής βιομάζας με λιγνίτη σε ένα ποσοστό 7-10% του καυσίμου.

Αεριοποίηση

Αεριοποίηση ονομάζεται η μετατροπή της βιομάζας σε μίγμα εύφλεκτων αερίων από τη μερική οξειδωση της οργανικής ύλης παρουσία ατμού σε υψηλές θερμοκρασίες, στην περιοχή 800-900 °C.

Χαρακτηριστικά

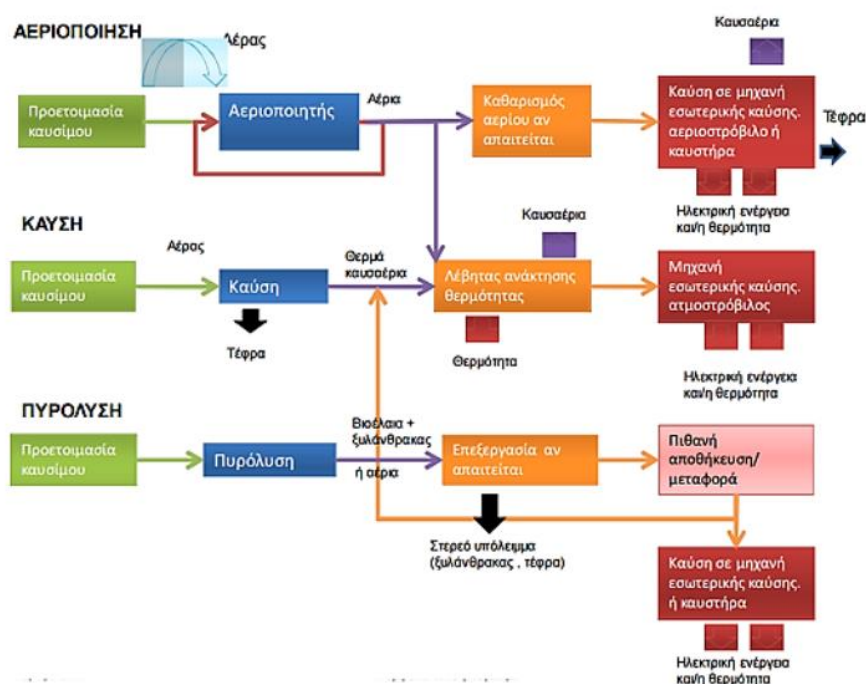
- Η βιομάζα προσφέρεται για αεριοποίηση λόγω του υψηλού περιεχομένου σε πτητικά συστατικά (70-86% σε ξηρή βάση).
- Το παραγόμενο αέριο σύνθεσης είναι μίγμα υδρογόνου, μεθανίου και μονοξειδίου του άνθρακα, καθώς και μικρών ποσοτήτων διοξειδίου και υδρογονανθράκων με χαμηλή θερμαντική δύναμη (4-6 MJ/Nm³)
- Ρυπογόνες ουσίες και την διαδικασία όπως αλκάλια, SO₂ και τέφρα μπορούν να απομακρυνθούν με την εγκατάσταση ειδικών φίλτρων και συστημάτων καθαρισμού, αφήνοντας ένα καθαρό καύσιμο αέριο με ενεργειακό περιεχόμενο περίπου στο 20-25% του φυσικού αερίου.
- Το αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν καύσιμο για να τροφοδοτήσει αεριοστρόβιλους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή σαν πρώτη ύλη στην παραγωγή υγρών καυσίμων.

Πυρόλυση

Είναι η θερμική διάσπαση της κυτταρίνης (240 – 350 °C), της ημι-κυτταρίνης (200 – 260 °C) και της λιγνίνης (280 – 500 °C) που περιέχονται στη βιομάζα σε ουδέτερο περιβάλλον απουσία οξυγόνου. Η κατανομή και η σύσταση των τελικών προϊόντων εξαρτάται κυρίως από τον ρυθμό της θέρμανσης και από την πίεση λειτουργίας του αντιδραστήρα.

Χαρακτηριστικά

- 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



Διάγραμμα 4.2: Διάγραμμα ροής με τις βασικές διεργασίες που συντελούνται σε κάθε μία από τις προαναφερθείσες τεχνολογίες αξιοποίησης βιομάζας[18]

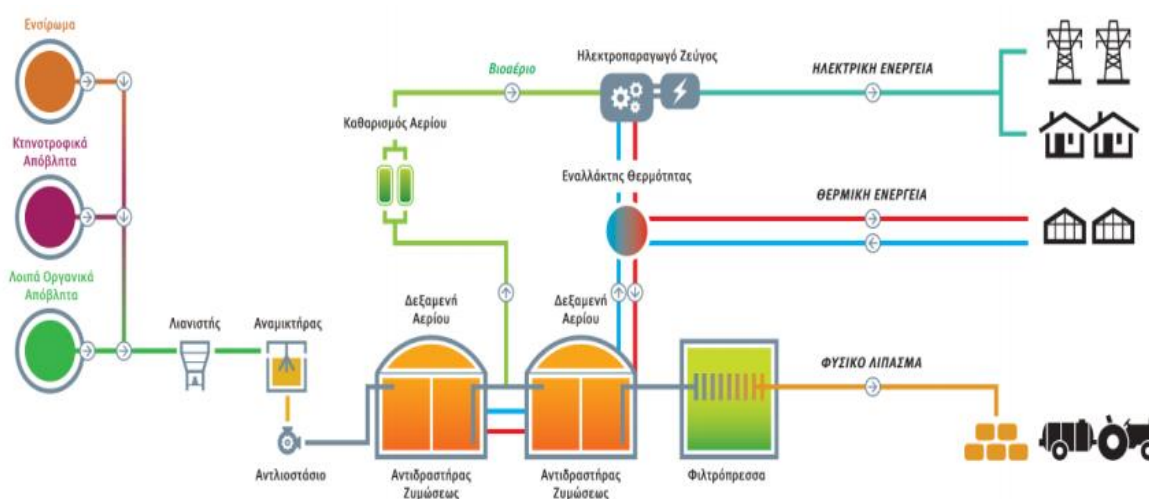
4.4 Τεχνολογίες Βιολογικής μετατροπής βιομάζας

Αερόβια ζύμωση (Κομποστοποίηση)

Αερόβια ζύμωση ονομάζεται η βιολογική διαδικασία αποδόμησης και σταθεροποίησης οργανικών υλικών υπό ελεγχόμενη θερμοκρασία, υγρασία και παροχή οξυγόνου. Το τελικό προϊόν λέγεται «compost» και είναι ένα μίγμα οργανικής ουσίας από θρεπτικά υλικά και ιχνοστοιχεία, και κατάλληλο για χρήση ως εδαφοβελτιωτικό.

Αναερόβια χώνευση (παραγωγή βιοαερίου)

Είναι η διεργασία κατά την οποία η βιομάζα μετατρέπεται σε CH₄ και CO₂ (βιοαέριο) με την συνδυασμένη δράση μεικτού πληθυσμού αναερόβιων μικροοργανισμών, απουσία μοριακού οξυγόνου. Παρακάτω δίνεται σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας που ακολουθείται για να επιτευχθεί αναερόβια χώνευση.



Διάγραμμα 4.3: Διαδικασία αναερόβιας χώνευσης[34]

4.5 Ποιοτικά χαρακτηριστικά της βιομάζας

Με την κατάλληλη επιλογή του είδους της βιομάζας που θα χρησιμοποιηθεί σε κάθε τεχνολογία, εξασφαλίζεται η αποδοτικότητα και η εύρυθμη λειτουργία των μονάδων. Τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά της βιομάζας καθορίζουν τον σχεδιασμό, τη διαστασιολόγηση και την εκτίμηση των εκπομπών των αερίων ρύπων SO₂ και NO_x. Για να γίνει ο καθορισμός τους, απαιτείται να ακολουθηθεί μια σειρά από αναλύσεις, οι οποίες περιλαμβάνουν:

1. Υπολογισμός της ανώτερης και κατώτερης θερμογόνου δύναμης (θερμιδομέτρηση).
2. Στοιχειακή ανάλυση (προσδιορισμός % κ.β. περιεκτικότητας σε C, H, N και O).
3. Προσεγγιστική ανάλυση (προσδιορισμός % κ. β περιεκτικότητας σε πτητικά, τέφρα και μόνιμο άνθρακα).

4.5.1 Η περιεκτικότητα σε τέφρα

Είναι το υπόλειμμα που απομένει μετά την καύση της βιομάζας. Το ανόργανο αυτό κλάσμα αποτελείται κατά κύριο λόγο από: SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, Na₂O, K₂O, MgO, P₂O₅, TiO₂. Οι τιμές της κυμαίνονται από 0.5% (ξύλο) έως και 30–40% (φλοιός ρυζιού) και είναι μία σημαντική παράμετρος που επηρεάζει τη συμπεριφορά του βιοκαυσίμου σε υψηλές θερμοκρασίες.

Η τήξη και η επανασυσσώματωση της τέφρας προκαλεί προβλήματα όπως αποφράξεις, επικαθίσεις, λειτουργικές δυσχέρειες στις ρευστοποιημένες κλίνες κ.α. Η περιεκτικότητα της τέφρας σε κάποια στοιχεία όπως το K, Na, Si είναι δυνατόν να προκαλέσει μεγάλα προβλήματα αλλά και καταστροφές στα μηχανήματα που χρησιμοποιούν τη βιομάζα. Η δημιουργία τηγμάτων που επικάθονται στον καυστήρα, στο λέβητα, στον αεριοποιητή, στους εναλλάκτες και στα συστήματα καθαρισμού των καυσαερίων, αποτελούν βασικό πρόβλημα στην λειτουργικότητα των μηχανημάτων.

Η ποσότητα και η ποιότητα της παραγόμενης τέφρας συμβάλει:

- Στην αύξηση του κόστους καθαρισμού του εξοπλισμού αξιοποίησης της βιομάζας.
- Στην αύξηση του κόστους καθαρισμού των καυσαερίων.
- Στη μείωση της διάρκειας ζωής του εξοπλισμού.
- Στην αύξηση του κόστους διαχείρισης αφού η τέφρα απαιτεί ασφαλή διάθεση κάτι που απαιτεί και παραπάνω κόστος.
- Στην αύξηση του κόστους κτήσης της καύσιμης πρώτης ύλης. Όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα σε τέφρα τόσο μικρότερη είναι η θερμική αξία της βιομάζας.

4.5.2 Η περιεκτικότητα σε πτητικά στερεά

Η «πτητική ύλη» αποτελεί το μέρος της βιομάζας που ελευθερώνεται όταν η βιομάζα θερμαίνεται (στους 400-500 °C). Κατά τη θέρμανσης, η βιομάζα διασπάται σε πτητικά αέρια και στερεό εξανθράκωμα. Συνήθως, η βιομάζα έχει περιεκτικότητα σε πτητικά μέχρι και 80%, ενώ ο γαιάνθρακας έχει περιεκτικότητα σε πτητικά λιγότερο από 40%. Η γνώση της περιεκτικότητας σε πτητικά είναι σκόπιμη κατά τον σχεδιασμό του συστήματος καύσης, καθώς αυξημένη περιεκτικότητα δημιουργεί προβλήματα επικαθίσεων στους καυστήρες.

4.5.3 Η περιεκτικότητα σε αλκαλικά μέταλλα

Τα αλκαλικά μέταλλα που περιέχονται στην βιομάζα είναι το N, K, Mg, P και Ca και έχουν μεγάλη σημασία για τις θερμοχημικές διαδικασίες της. Τα αλκαλικά μέταλλα όταν αντιδρούν με το πυρίτιο που περιέχεται στην στάχτη παράγεται ένα κολλώδες υγρό το οποίο μπορεί να φράξει τους αεραγωγούς του λέβητα.

4.5.4 Η θερμογόνος δύναμη

Η θερμογόνος δύναμη μετρά την ικανότητα παραγωγής θερμικής ενέργειας ενός υλικού, κατά την καύση του. Είναι η θερμική ενέργεια που εκλύεται κατά την καύση ενός κιλού στερεού ή υγρού καυσίμου ή ενός κυβικού μέτρου αερίου καυσίμου που βρίσκεται σε κανονικές συνθήκες. Διακρίνεται σε κατωτέρα και ανωτέρα θερμογόνο δύναμη. Η θερμογόνος δύναμη των περισσότερων ειδών βιομάζας κυμαίνεται από 17-20 MJ/Kg . Ωστόσο η αξιολόγηση μίας πηγής βιομάζας δεν πρέπει να γίνεται αποκλειστικά με βάση τη θερμογόνο δύναμη αλλά και με βάση την ευκολία στην μεταφορά, επεξεργασία, αποθήκευση και ασφάλεια στην χρήση της.

4.5.5 Η πυκνότητα

Καθώς η βιομάζα χρησιμοποιείται σε κομμάτια, πιο εύστοχη τεχνικά είναι η «χύδην» (bulk) πυκνότητα.

- Αποτελεί κλάσμα της πυκνότητας ανά τεμάχιο.
- Εξαρτάται άμεσα από το είδος, το μέγεθος, το σχήμα και την υγρασία των τεμαχίων της βιομάζας.

- Κυμαίνεται από 100-200 kg/m³ (άχυρο) έως και 700-900 kg/m³ (ξύλο).
- Η «χύδην» πυκνότητα σε συνδυασμό με τη θερμογόνο πυκνότητα της βιομάζας αποτελούν την «ενεργειακή» της πυκνότητα. Σε σύγκριση με το πετρέλαιο, η βιομάζα περιέχει περίπου το 10 % της ενεργειακής πυκνότητας

4.5.6 Η περιεκτικότητα σε υγρασία

Η περιεκτικότητα σε υγρασία είναι η ποσότητα νερού που υπάρχει στη βιομάζα και μετράται ως ποσοστό επί του βάρους του υλικού. Κατά την ενεργειακή μετατροπή της βιομάζας αποτελεί πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό, είτε πρόκειται για θερμοχημική μετατροπή, είτε για βιοχημική. Η αύξηση της υγρασίας από το 0 μέχρι το 40% μειώνει τη θερμογόνο δύναμή της κατά 66%. Σε ορισμένα αγροτικά υπολείμματα, όπως το άχυρο και τα τσόφλια, η υγρασία μπορεί να είναι λιγότερο του 10%. Το ξύλο έχει κατά μέσο όρο υγρασία μεταξύ του 40% με 50%, ενώ η βιομάζα που προέρχεται από κτηνοτροφικά απόβλητα έχει αρκετά υψηλή υγρασία. Οι βιοχημικές διεργασίες (αναερόβια χώνευση) απαιτούν υλικά με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία, σε αντίθεση με τις θερμοχημικές (καύση) όπου η υψηλή υγρασία έχει αρνητική επίδραση στην ενεργειακή απόδοσή τους. [19]

Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει τα κυριότερα ποιοτικά χαρακτηριστικά πηγών βιομάζας που μπορούμε να συναντήσουμε.

Πηγή Βιομάζας	Περιεκτικότητα σε υγρασία
θρύμματα ξύλου	10-60%
pellets ξύλου	8-12%
άχυρο	20-30%
πριονίδι	15-60%
υπολείμματα βαμβακιού	10-20%
switchgrass	30-70%
βαγάση	40-60%
κοπριά αγελάδας	88-94%
κοπριά χοίρου	90-97%
κοπριά πουλερικού	75-80%
τυρόγαλα	93-97%

ενσίρωμα καλαμποκιού	65-75%
γλυκό σόργο	20-70%
αγριαγκινάρα	15-20%

Πίνακας 4.1: Ποσοστά σε περιεκτικότητα σε υγρασία, στα πιο συνήθη στερεά καύσιμα

5. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

5.1 Θερμιδική αξία βιομάζας

Η θερμιδική αξία ενός καυσίμου εκφράζει το ποσό της ενέργειας που απελευθερώνεται κατά την πλήρη καύση μιας μονάδας της μάζας του καυσίμου. Η υγρασία του καυσίμου, είναι λογικό πως μειώνει την θερμιδική του αξία. Κατά τη διάρκεια της καύσης, ένα μέρος της ενέργειας χρησιμοποιείται για την εξάτμιση του νερού και συνεπώς, δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θερμική χρήση. Η εξάτμιση του νερού προκαλεί την κατανάλωση 2,44 MJ ανά κιλό νερού. Έτσι, διακρίνονται δύο κατηγορίες θερμογόνου δύναμης:

- Καθαρή ή κατώτερη θερμογόνος δύναμη (NCV): Το νερό στα προϊόντα της καύσης απελευθερώνεται με την μορφή ατμού, δηλαδή η θερμική ενέργεια που απαιτείται για την εξάτμιση του νερού (λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης του νερού στους 25°C) έχει αφαιρεθεί.
- Ακαθάριστη ή ανώτερη θερμογόνος δύναμη (GCV): Το νερό στα προϊόντα της καύσης υφίσταται μεταχείριση ως υγρό, συμπυκνώνεται αποδίδοντας στο σύστημα θερμότητα εξάτμισης.

Στα διάφορα είδη ξύλων η θερμογόνος τους δύναμη σε ξηρή βάση (NCV0) κυμαίνεται από 18,5 έως 19 MJ/Kg. Όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα, η θερμογόνος δύναμη των κωνοφόρων είναι περίπου 2% μεγαλύτερη από ότι των πλατύφυλλων. Το γεγονός αυτό οφείλεται στη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε λιγνίνη όπως επίσης, και στη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ρητίνη, κεριά και έλαια των κωνοφόρων. Η λιγνίνη έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ενέργεια (26-27 MJ/kg, NCV) σε σχέση με την κυτταρίνη και την ημικυτταρίνη που έχουν 17,2–17,5 MJ/kg και 16 MJ/kg αντίστοιχα.

Καύσιμο	Καθαρή θερμογόνος δύναμη (CV) κατά βάρος GJ/τόνο	Καθαρή θερμογόνος δύναμη (CV) κατά βάρος kWh/kg	πυκνότητα kg/m ³	Ενεργειακή πυκνότητα κατ' όγκο MJ/m ³	Ενεργειακή πυκνότητα κατ' όγκο kWh/m ³
---------	--	---	-----------------------------	--	---

Θρύμματα ξύλου (30%MC)	12,5	3,5	250	3.100	870
Κούτσουρο (20% MC)	14,7	4,1	350-500	5.200-7.400	1.400-2.000
Ξύλο (στερεό - ξηρό)	19	5,3	400-600	7.600-11.400	2.100-3.200
pellets ξύλου	17	4,8	650	11.000	3.100
Μίσχανθος (δέμα - 25% MC)	13	3,6	140-180	1.800-2.300	500-650
Άνθρακας	27-31	7,5-8,6	850	23.000-26.000	6.400-7.300
Ανθρακίτης	33	9,2	1.100	36.300	10.100
Πετρέλαιο θέρμανσης	42,5	11,8	845	36.000	10.000
Φυσικό αέριο (NTP)	38,1	10,6	0,9	35,2	9,8
Υγραέριο (LPG)	46,3	12,9	510	23.600	6.600

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1: Τυπικές τιμές θερμογόνων δυνάμεων των καυσίμων.

5.2 Κατηγορίες ρύπων

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO), κάθε διεργασία που έχει ως προϊόντα ουσίες που είναι αρκετά μικρές και ελαφριές για να μεταφερθούν στον αέρα ή είναι οι ίδιες αέρια στοιχεία ή αέριες χημικές ενώσεις, μπορούν να ενισχύσουν στην ατμοσφαιρική ρύπανση του περιβάλλοντος. Τέτοιες πηγές αέριων ρύπων μπορεί να εμφανίζονται άμεσα ή μελλοντικά με την πάροδο του χρόνου και μετά από διάφορες χημικές διεργασίες είτε είναι φυσικές είτε είναι παράγωγες από τον άνθρωπο. Οι πηγές αυτές μπορούν να εντοπιστούν σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, σε αγροτικές περιοχές, σε αστικές περιοχές, οικιακά συστήματα θέρμανσης κτλ. Μπορούν επίσης να είναι ρύποι εσωτερικοί (σε κλειστούς χώρους) ή εξωτερικοί (στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον). Βέβαια, οι ρύποι, όταν δεν υπερβαίνουν κάποια όρια, δεν σημαίνει πως είναι όλοι επικίνδυνοι για την ανθρώπινη υγεία. Έτσι για την διασφάλιση αυτών των

ορίων, υπήρξε καθορισμός από οργανισμούς όπως η Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος των ΗΠΑ και ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας. Κάποια από τους σημαντικότερους ρύπους είναι τα αιωρούμενα σωματίδια (PM), το τροποσφαιρικό όζον (O₃), το διοξείδιο του αζώτου (NO₂), το διοξείδιο του θείου (SO₂), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO).

5.2.1 Αιωρούμενα Σωματίδια (PM)

Γενικά, ατμοσφαιρική ρύπανση είναι οτιδήποτε στερεό ή υγρό αιωρείται στον αέρα. Κάποια από αυτά είναι ο καπνός, οι αναθυμιάσεις, η αιθάλη, όπως και άλλα υποπροϊόντα καύσης. Επίσης, και τα φυσικά σωματίδια όπως η σκόνη, το θαλασσινό αλάτι, η γύρη και οι σπόροι αποτελούν ρύπους για την ατμόσφαιρα. Επίσης, άλλοι ρύποι είναι τα πρωτογενή σωματίδια που βγαίνουν από στοίβες καυσαερίων και σωλήνες εξαγωγής, τα δευτερεύοντα σωματίδια, όπως θειικά και νιτρικά άλατα, τα οποία σχηματίζονται από συμπύκνωση ατμών υλικών ή τα υποπροϊόντα της οξειδωσίας των αερίων στην ατμόσφαιρα. Έτσι η σωματιδιακή ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ένα μείγμα ρύπων από μια σειρά πηγών.

Τα σωματίδια χαρακτηρίζονται από τις αεροδυναμικές ιδιότητές τους μετρούμενες ως αεροδυναμική διάμετρος μετρημένες σε μικρόμετρα. Τα εισπνεόμενα σωματίδια ορίστηκαν ως σωματιδιακή ύλη μικρότερη από 10mm αεροδυναμική διάμετρος (PM₁₀). Στη δεκαετία του '90 άρχισαν να αναπτύσσονται στοιχεία που υποδηλώνουν ότι ακόμη και μικρότερα σωματίδια, δηλαδή εκείνα μικρότερα από 2,5 mm (PM_{2,5}), μπόρεσαν να διεισδύσουν στις κυψελιδικές περιοχές ανταλλαγής αερίων των πνευμόνων και μπορεί να σχετίζονται ειδικά με τις επιπτώσεις στην υγεία.[5]

Η αιθάλη αποτελεί ένα σημαντικό συστατικό των PM_{2.5} και πρωταρχική αιτία της κλιματικής αλλαγής. Είναι, επίσης, γνωστός ως «βραχύβιος κλιματικός ρύπος». Η αιθάλη παραμένει στην ατμόσφαιρα για μικρότερη περίοδο σε σύγκριση με το CO₂, εξού και η ονομασία βραχύβιος ρύπος. Παρά τη σύντομη διάρκεια ζωής της στην ατμόσφαιρα, η αιθάλη είναι ένας από τους μεγαλύτερους συντελεστές στην υπερθέρμανση του πλανήτη μετά το CO₂. Επιπλέον, είναι γνωστό ότι η ύπαρξή της στην ατμόσφαιρα μειώνει τις γεωργικές αποδόσεις και επιταχύνει την τήξη των παγετώνων.[17]

5.2.2 Τροποσφαιρικό Όζον (O₃)

Το τροποσφαιρικό όζον (O₃) είναι ένας δευτερεύων ρύπος που σημαίνει ότι δεν εκπέμπεται άμεσα. Αντ' αυτού, παράγεται όταν το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το μεθάνιο ή άλλες πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) οξειδώνονται παρουσία οξειδίων του αζώτου (NO_x) και ηλιακού φωτός. Το τροποσφαιρικό όζον είναι ένας βραχύβιος ρύπος και ένα από τα πιο σημαντικά αέρια του θερμοκηπίου. Επιπλέον, είναι από τα κύρια συστατικά της φωτοχημικής αιθαλομίχλης και αποτελεί έναν βασικό κίνδυνο για την υγεία, που συνδέεται με αναπνευστικά προβλήματα, άσθμα, μειωμένη πνευμονική λειτουργία και αναπνευστικές παθήσεις. Το όζον "διαλύεται" κοντά σε ισχυρές πηγές εκπομπών NO_x, όπου υπάρχει αφθονία NO και ως αποτέλεσμα οι συγκεντρώσεις του να είναι χαμηλές σε πολυσύχναστα αστικά κέντρα και υψηλότερες στις προαστιακές αγροτικές περιοχές. Το όζον μπορεί να διανύσει μεγάλες αποστάσεις στην ατμόσφαιρα και θεωρείται ως εκ τούτου διασυνοριακό πρόβλημα. Ως αποτέλεσμα της φωτοχημικής προέλευσής του, το O₃ εμφανίζει έντονα εποχιακά και ημερήσια μοτίβα, με υψηλότερες συγκεντρώσεις το καλοκαίρι και το απόγευμα. Η συσχέτιση του O₃ με άλλους ρύπους διαφέρει ανάλογα με την εποχή και την τοποθεσία. Τέλος, υπάρχουν ενδείξεις από μελέτες σε ανθρώπους και ζώα πως έπειτα από την έκθεσή τους σε αυτό, έχουν παρατηρηθεί αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία. Ωστόσο, οι επιπτώσεις του O₃ στην υγεία έχουν μελετηθεί λιγότερο από άλλες, και απαιτείται περισσότερη έρευνα στον τομέα αυτό.[17]

5.2.3 Διοξείδιο του Αζώτου (NO₂)

Το διοξείδιο του αζώτου (NO₂), που εκπέμπεται κυρίως από πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, βιομηχανικές εγκαταστάσεις και οχήματα κυκλοφορίας, είναι ένα σημαντικό συστατικό των αιωρούμενων σωματιδίων και του όζοντος, (World Health Organization– 2003). Υπάρχουν αυξανόμενες ενδείξεις, ότι ακόμα και χωρίς συνδυασμό με άλλους ρύπους, μπορεί να αυξήσει τα συμπτώματα της βρογχίτιδας, του άσθματος, καθώς και να οδηγήσει σε αναπνευστικές λοιμώξεις, μειωμένη πνευμονική λειτουργία και ανάπτυξη. Τα στοιχεία δείχνουν επίσης, ότι το NO₂ μπορεί να είναι υπεύθυνο για ένα μεγάλο ποσοστό ασθενειών, που συνδέουν την έκθεση στον συγκεκριμένο ρύπο με την πρόωρη θνησιμότητα και τη νόσηση από καρδιαγγειακά και αναπνευστικά προβλήματα.

5.2.4 Διοξείδιο του Θείου (SO₂)

Το διοξείδιο του θείου είναι αέριο, και αόρατο, με μια άσχημη και έντονη μυρωδιά. Αντιδρά εύκολα με άλλες ουσίες και σχηματίζει επιβλαβείς ενώσεις, όπως θειικό οξύ, θειούχες ενώσεις και σωματίδια θειικού οξέος. Σχεδόν όλο το ποσοστό του διοξειδίου του θείου στον αέρα προέρχεται από ανθρώπινες δραστηριότητες. Η κυριότερη πηγή διοξειδίου του θείου στον αέρα είναι η βιομηχανική δραστηριότητα που επεξεργάζεται υλικά που περιέχουν θείο, π.χ. παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από άνθρακα, πετρέλαιο ή αέριο που περιέχει θείο. Επίσης, υπάρχουν κάποια μεταλλεύματα τα οποία περιέχουν θείο και κατά την επεξεργασία τους απελευθερώνεται διοξείδιο του θείου.

Επιπλέον, οι βιομηχανικές δραστηριότητες που χρησιμοποιούν για καύσιμα ορυκτά που περιέχουν θείο, αποτελούν σημαντικές πηγές διοξειδίου του θείου. Το διοξείδιο του θείου υπάρχει επίσης στις εκπομπές οχημάτων με κινητήρα, ως αποτέλεσμα της εσωτερικής καύσης του κινητήρα. Στο παρελθόν, η εξάτμιση των μηχανοκίνητων οχημάτων ήταν μια σημαντική, αλλά όχι η κύρια πηγή διοξειδίου του θείου στον αέρα. Ωστόσο, με τη χρήση πιο φιλικών καυσίμων και νέων τεχνολογιών καύσης, αυτό δεν ισχύει πλέον. Η έκθεση στο SO₂ επηρεάζει το αναπνευστικό σύστημα και τη λειτουργία των πνευμόνων και προκαλεί ερεθισμό των ματιών. Η φλεγμονή του αναπνευστικού συστήματος από το SO₂ μπορεί να επιδεινώσει το άσθμα και τη χρόνια βρογχίτιδα, καθώς και να αυξήσει τον κίνδυνο μόλυνσης, οδηγώντας σε αυξημένες επισκέψεις στα επείγοντα περιστατικά ή και σε εισαγωγές στο νοσοκομείο.

Επιπλέον, το κύριο συστατικό της όξινης βροχής είναι το SO₂, το οποίο συνδυασμένο με νερό στον αέρα σχηματίζει θειικό οξύ. Η όξινη βροχή είναι ένα φαινόμενο πολύ μεγάλης σημασίας, καθώς είναι υπαίτιο για τη διάβρωση καλλιεργήσιμων εδαφών, την αλλοίωση αρχαιολογικών μνημείων και, γενικότερα, την καταστροφή φυσικών οικοσυστημάτων.

5.2.5 Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) είναι ένα άχρωμο και άοσμο αέριο, το οποίο, σε υψηλές ποσότητες απορρόφησης από τον ανθρώπινο οργανισμό, μειώνει την ποσότητα οξυγόνου που μεταφέρεται μέσω της κυκλοφορίας του αίματος σε κρίσιμα ζωτικά όργανα και μπορεί να είναι εξαιρετικά επιβλαβές για τον άνθρωπο ή ακόμα και θανατηφόρο. Αν και οι υψηλές συγκεντρώσεις CO απασχολούν περισσότερο σε

εσωτερικούς χώρους, οι εκπομπές σε εξωτερικούς χώρους, ιδίως στις αναπτυσσόμενες χώρες υπάρχουν ενδείξεις ότι είναι υψηλές. Νέα στοιχεία αποκαλύπτουν επίσης ότι η μακροχρόνια έκθεση σε χαμηλές συγκεντρώσεις σχετίζεται επίσης με ένα ευρύ φάσμα επιπτώσεων στην υγεία. Οι κύριες πηγές εκπομπών CO στο περιβάλλον περιλαμβάνουν τις εξατμίσεις των μηχανοκίνητων οχημάτων και βιομηχανίες με μηχανολογικό εξοπλισμό καύσης ορυκτών καυσίμων.

5.3 Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές CO₂

Είναι γνωστό πως η κατανάλωση ορυκτών καυσίμων έχει ως αντίκτυπο στην ατμόσφαιρα βλαβερά προϊόντα, όπως όσα αναφέρθηκαν παραπάνω. Αυτό όμως που πολλές φορές παραβλέπεται, είναι πως οι εκπομπές αυτές δεν δημιουργούνται μόνο κατά την καύση των συσκευασμένων καυσίμων, αλλά και καθ'όλη την διαδικασία συλλογής. Η παραγωγική αλυσίδα περιλαμβάνει τα στάδια της εξόρυξης, επεξεργασίας, αποθήκευσης, μετατροπής των καυσίμων σε ενέργεια.

Ο πίνακας 5.2 που ακολουθεί παρουσιάζει την ενεργειακή κατανάλωση που εκφράζεται ως ποσοστό των μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που καταναλώνονται για την παραγωγή χρήσιμης θερμικής ενέργειας (CER). Επίσης, φαίνονται οι ισοδύναμες τιμές για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα μέσω της κατανάλωσης καυσίμων ξύλου αντί των ορυκτών καυσίμων.

Η καύση του τροφοδοτούμενου καυσίμου στα συστήματα θέρμανσης, έχει ως αποτέλεσμα τόσο την εκπομπή αερίων διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) όσο και άλλων αερίων του θερμοκηπίου, που εκφράζονται σε συνολική μορφή με την παράμετρο του ισοδύναμου CO₂.

Σύστημα θέρμανσης	CER %	CO ₂ kg/MWh	CO ₂ eq. kg/MWh
Καυσόξυλα-κούτσουρα (10 kW)	3,69	9,76	19,27
Θρυματισμένο ξύλο από δάση (50 kW)	7,81	21,12	26,04
Θρυματισμένο ξύλο από δάση (1 MW)	8,61	21,13	23,95
Θρυματισμένο ξύλο λεύκης, μικρού περίτρουπου χρόνου (50 kW)	10,44	27,39	40,16
Σύμψηκτα (Pellets) (10 kW)	10,20	26,70	29,38
Σύμψηκτα (Pellets) (50 kW)	11,08	28,95	31,91
Πετρέλαιο θέρμανσης (10 kW)	17,33	315,82	318,91
Πετρέλαιο θέρμανσης (1 MW)	19,04	321,88	325,43
Υγραέριο (10 kW)	15,03	272,51	276,49
Φυσικό αέριο (10 kW)	14,63	226,81	251,15
Φυσικό αέριο (1 MW)	17,72	233,96	257,72

Πίνακας 5.2 Ενεργειακή κατανάλωση και εκπομπές CO₂ [34]

Στον πίνακα 5.3 παρουσιάζονται οι δείκτες εκπομπών ανά τύπο καυσίμου και τεχνολογία θέρμανσης καθώς και ο βαθμός απόδοσης και ο συντελεστής συμπεριφοράς ανά τεχνολογία θέρμανσης. [31]

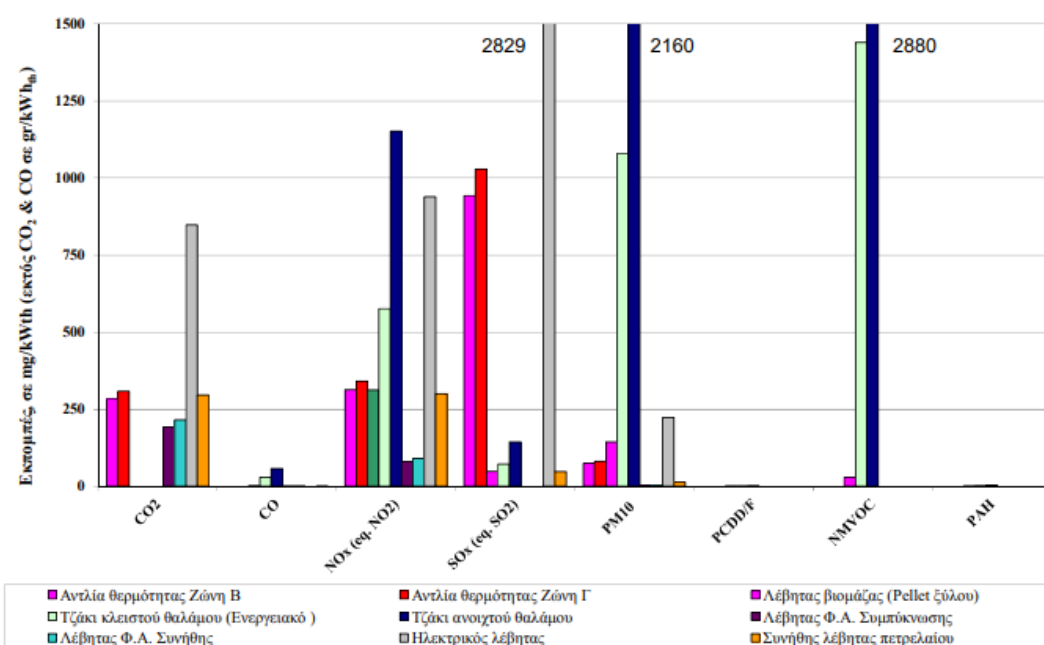
	Βαθμός απόδοσης	CO2 (gr/kWh)	CO (gr/kWh)	NO2 (mg/kWh)	SO2 (mg/kWh)	PM10 (mg/kWh)	PCDD/ F (ng/kWh)	NMVO C (mg/kWh)	PAH (mg/kWh)
Συνήθης λέβητας πετρελαίου	0,87	296	0,17	300	48	13,1	Μ.Δ.	Μ.Δ.	Μ.Δ.
Συνήθης λέβητας Φ.α.	0,87	216	0,13	90	Μ.Δ.	2,1	Μ.Δ.	Μ.Δ.	Μ.Δ.
λέβητας συμπύκνωσ ης φ.α.	0,98	191	0,11	80	Μ.Δ.	1,8	Μ.Δ.	Μ.Δ.	Μ.Δ.
αντλία θερμότητας Ζώνη Β	3,00	283	Μ.Δ.	313	943	74,3	Μ.Δ.	Μ.Δ.	Μ.Δ.
αντλία θερμότητας Ζώνη Γ	2,75	308	Μ.Δ.	341	1029	81,1	Μ.Δ.	Μ.Δ.	Μ.Δ.
Ηλεκτρικός λέβητας	1,00	848	Μ.Δ.	939	2829	223	Μ.Δ.	Μ.Δ.	Μ.Δ.
Τζάκι ανοικτού θαλάμου	0,25	0	58	1152	144	2160	1	2880	2,9
Ενεργειακό Τζάκι	0,5	0	29	576	72	1080	0,5	1440	1,4
Λέβητας βιομάζας πελετ	0,75	0	1,4	312	48	144	0,3	28,8	0

Πίνακας 5.3: Δείκτες εκπομπών ανά τύπο καυσίμου και τεχνολογία θέρμανσης /
Βαθμός απόδοσης ανά τεχνολογία θέρμανσης.

Σημείωση: Μ.Δ. : ΜΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟ

Στο Διάγραμμα 4.1 παρουσιάζονται οι δείκτες εκπομπών (π.χ. mg/kWhth) ανά τύπο καυσίμου. Επίσης, παρουσιάζονται οι δείκτες εκπομπών της χρήσης βιομάζας ανά

διαθέσιμη τεχνολογία. Λόγω έλειψης στοιχείων από μετρήσεις σε εγκαταστάσεις στην Ελλάδα, τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν προέκυψαν από βιβλιογραφική επισκόπηση εργαστηριακών μετρήσεων σε εγκαταστάσεις σε άλλες Ευρωπαϊκές Χώρες. Για την περίπτωση της Ελλάδας θα μπορούσαν να ληφθούν δυσμενέστερες τιμές από αυτές που παρουσιάζονται παρακάτω, εάν ληφθεί υπόψη η διάθεση στην αγορά μη πιστοποιημένων προϊόντων (εστίες καύσης) αλλά και το γεγονός της χρήσης μη κατάλληλης καύσιμης ύλης σε πάσης φύσεως εγκαταστάσεις.



Διάγραμμα 1: Δείκτες εκπομπών ανά τύπο καυσίμου και τεχνολογίας θέρμανσης.

Διάγραμμα 5.1 : Δείκτες εκπομπών ανά τύπο καυσίμου και τεχνολογίας θέρμανσης.

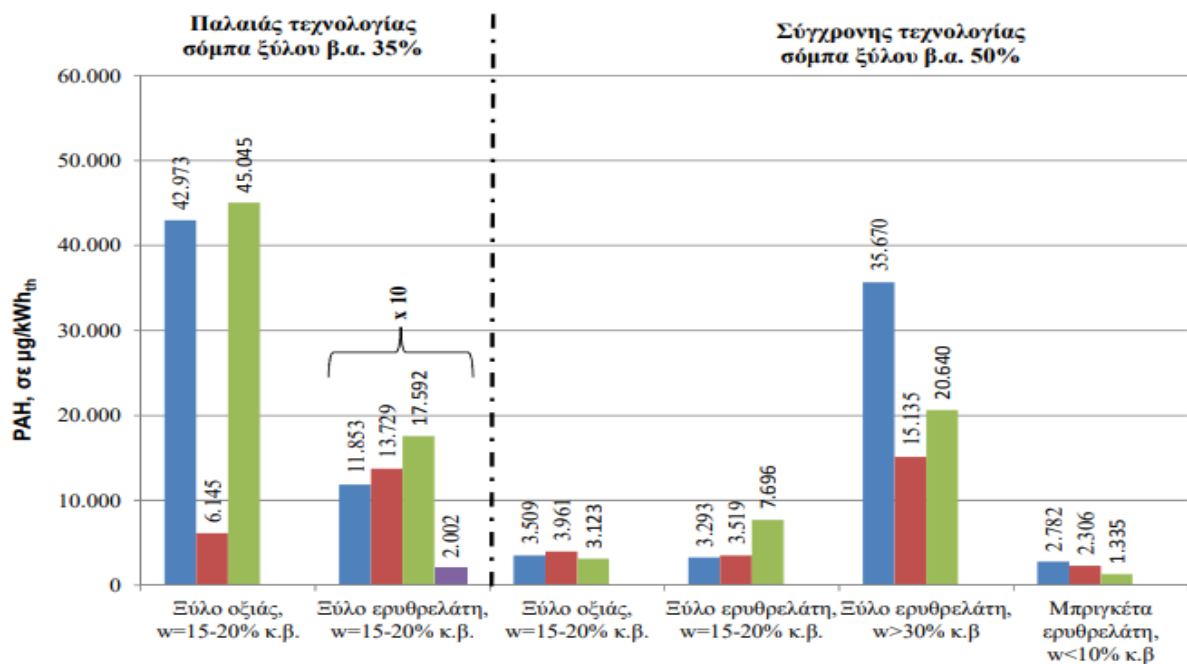
5.4 Εκπομπές ρύπων από την χρήση βιομάζας

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) είναι ένα από τα κύρια προϊόντα της καύσης. Σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα, οι εκπομπές CO₂ από την καύση βιομάζας θεωρούνται ουδέτερες ως προς το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Αυτό συμβαίνει, καθώς η ποσότητα του CO₂ που σχηματίζεται κατά τη διεργασία της καύσης, μπορεί να δεσμευτεί εκ νέου από τα φυτά και να ξεκινήσει καινούριο κύκλο ανάπτυξης. Για την πραγματοποίηση αυτής την διαδικασίας, κρίνεται απαραίτητη προϋπόθεση να υπάρξει αειφόρος διαχείριση των πηγών βιομάζας (δάση, γεωργικές εκτάσεις). Είναι σημαντικό να υπογραμμιστεί ότι και οι εγκαταστάσεις μικρής κλίμακας που χρησιμοποιούν βιομάζα μπορεί να αποτελέσουν αθροιστικά μια κύρια πηγή εκπομπών ρύπων σε

αστικές και περιαστικές περιοχές, λόγω συγκεντρωμένης ισχύος. Οι συγκεντρώσεις αζώτου (N), θείου (S) και χλωρίου (Cl) σε διάφορα είδη βιομάζας είναι πολύ σημαντικές και μπορεί να προκαλέσουν, κατά την καύση της εν λόγω βιομάζας, εκπομπές αζωτοξειδίων (NO_x), διοξείδιο του θείου (SO₂) και υδροχλωρίου (HCl) και αυξημένες εκπομπές χλωριωμένων αρωματικών ενώσεων όπως διοξίνες (PCDD) και φουράνες (PCDF).

Η χρήση ξυλείας ή πελετ από καθαρό ξύλο μειώνει στο ελάχιστο τις εκπομπές αυτού του είδους, σε αντίθεση με τη χρήση νοθευμένου ξύλου ή άλλων ειδών βιομάζας στην περίπτωση των οποίων οι εκπομπές μπορεί να αυξηθούν έως και 1000 φορές. Άλλοι ρύποι οι οποίοι δύνανται να σχηματίζονται κατά τη καύση, είναι αιωρούμενα σωματίδια (PM), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), πτητικοί υδρογονάνθρακες (VOC) και πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAH). Αυτοί οι ρύποι επηρεάζονται κυρίως από την τεχνολογία καύσης και τις φυσικές ιδιότητες του καυσίμου (όπως περιεχόμενη υγρασία, ανόργανα κ.α.). Η χρήση παλαιότερης τεχνολογίας κλειστών εστιών καύσης πόσο μάλλον ανοικτών εστιών (τζάκια) έχει σαν αποτέλεσμα τις πολλαπλάσιες εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων και των υπόλοιπων προϊόντων της ατελούς καύσης με άμεση συνέπεια την υποβάθμιση της ποιότητας της ατμόσφαιρας.

Στο Διάγραμμα 5.2, παρουσιάζονται οι δείκτες εκπομπών πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων (PAH) για διαφορετικής τεχνολογίας σόμπα ξύλου και διαφορετικών χαρακτηριστικών ξύλου. Τα πρωτογενή στοιχεία ελήφθησαν από την βιβλιογραφία



Διάγραμμα 5.2: Δείκτες εκπομπών πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων (PAH) για διαφορετικής τεχνολογίας σόμπας ξύλου και διαφορετικών χαρακτηριστικών ξύλου.

Ένα επιπλέον σημαντικό πλεονέκτημα της χρήσης βιομάζας είναι η χαμηλή τοξικότητα των εκλύομενων μικροσωματιδίων. Τα μικροσωματίδια που εκλύονται από τους καυστήρες βιομάζας έχουν διαφορετικό μέγεθος και τοξικότητα σε σχέση με τους καυστήρες πετρελαίου. Στην περίπτωση της βιομάζας, η διάμετρος των παραγόμενων μικροσωματιδίων κυμαίνεται από 0,05 – 10 μm ενώ, στους καυστήρες πετρελαίου η διάμετρος είναι από 0,005 έως 0,05μm. [24]

Περιορισμός της εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα με τη χρήση βιοκαυσίμων σαν καύσιμα μεταφοράς

Σε θεωρητικό πλαίσιο, τα βιοκαύσιμα κατά την καύση τους ανακυκλώνουν το διοξείδιο του άνθρακα, καθώς το ποσό που εκλύεται έχει αρχικά απομακρυνθεί από την ατμόσφαιρα με τη φωτοσύνθεση κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του φυτού. Αντίθετα, η καύση των πετρελαιοειδών προσθέτει στην ατμόσφαιρα επιπλέον ποσότητες της ουσίας, οι οποίες βρίσκονταν θαμμένες υπόγεια για εκατομμύρια χρόνια. Πρακτικά αυτό που ισχύει, είναι πως η μείωση των εκπομπών από τα βιοκαύσιμα που προέρχονται από ενεργειακές καλλιέργειες είναι μικρότερη, γιατί η ανάπτυξη και η καλλιέργεια των φυτών απαιτεί τη χρήση συμβατικών καυσίμων. Έτσι, για να υπάρξει ορθή αξιολόγηση της παραγωγής ενός βιοκαυσίμου από μια συγκεκριμένη πρώτη ύλη,

πρέπει να υπολογίσει κάποιος και τον Συντελεστή Ορυκτής Ενέργειας (ΣΟΕ). Ο ΣΟΕ ορίζεται ως ο λόγος της ενέργειας που περιέχεται στο παραγόμενο καύσιμο (εκροή) προς την ενέργεια που προέρχεται από ορυκτά καύσιμα και χρησιμοποιείται για την παραγωγή του καυσίμου (εισροή). Όσο μεγαλύτερος υπολογίζεται ο ΣΟΕ για την παραγωγή κάποιου καυσίμου, τόσο πιο δραστική θα είναι και η μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που θα επιτευχθούν με την χρησιμοποίησή του. Ο ΣΟΕ για τη βενζίνη και το πετρέλαιο ντίζελ είναι 0.8, για την αιθανόλη από καλαμπόκι είναι 1.36, για την αιθανόλη από σιτάρι και σακχαρότευτλα είναι 2, για την αιθανόλη από γλυκύ σόργο είναι 2.2, για βιοντίζελ από ελαιοκράμβη είναι 2.5, για βιοντίζελ από σόγια είναι 3, για την αιθανόλη από σακχαροκάλαμο είναι 8, για βιοντίζελ από φοινικέλαιο είναι 9 και για αιθανόλη από λιγνινοκυτταρινούχο βιομάζα είναι από 2 έως 36, ανάλογα με την μέθοδο παραγωγής. Ενδεικτικά η χρησιμοποίηση αιθανόλης από καλαμπόκι, αντί της βενζίνης, ως καύσιμο μεταφοράς, μειώνει τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου κατά 21%, της αιθανόλης από σακχαροκάλαμο κατά 56%, του βιοντίζελ από φυτικά έλαια κατά 68% και της αιθανόλης από λιγνινοκυτταρινούχο βιομάζα κατά 91%. Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι η παραγωγή ενός λίτρου βενζίνης προκαλεί την εκπομπή 2.44 λίτρων διοξειδίου του άνθρακα.[38]

Για όλους τους παραπάνω λόγους, η Ευρωπαϊκή Ένωση, έχει δημιουργήσει κανόνες για τα δάση και τη γεωργία ώστε να διασφαλίζονται σε μεγάλο ποσοστό η αειφόρα παραγωγή βιομάζας και συνεπώς και η καλύτερης ποιότητας προϊόντα κατά την καύση.

5.5 Νομοθετικό Πλαίσιο Ε.Ε. και Π.Ο.Υ

Όπως προαναφέρθηκε, η ατμοσφαιρική ρύπανση ταξιδεύει σε μεγάλες αποστάσεις και διασχίζει εθνικά σύνορα. Αυτό σημαίνει πως είτε υπάρχει εθνική συνείδηση, για τα όρια των ρύπων, είτε όχι, το φαινόμενο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης επιρεάζει το γενικότερο παγκόσμιο σύνολο. Ο αντίκτυπος στην ανθρώπινη υγεία είναι είτε άμεσος, με την δημιουργία αναπνευστικών προβλημάτων, είτε έμμεσος, με την αύξηση της τρύπας του όζοντος, τον ευτροφισμό, την υπερθέρμανση του πλανήτη κ.τ.λ.. Έτσι, προκειμένου να περιοριστεί η ατμοσφαιρική ρύπανση, η Ε.Ε. έχει εφαρμόσει πολιτικές που ελέγχουν τα επίπεδα ρύπων, από μεμονωμένες πηγές αλλά και εθνικά σύνολα. Μαζί με τις οδηγίες για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα, οι εθνικές οδηγίες για τα ανώτατα όρια εκπομπών και η βασική νομοθεσία που τις υποστηρίζει παρέχουν το

νομικό πλαίσιο για την πολιτική της Ε.Ε. για τον αέρα. Οι υπερβάσεις αυτών επιφέρουν οικονομικές κυρώσεις της χώρας λόγω καταπάτησης των κανονισμών της Ε.Ε. .

Αρχικός στόχος της Ε.Ε. ήταν το 2020, με την οδηγία 2009/28/ΕΚ (23 Απριλίου 2009) στην οποία οριζόταν πως έως το 2020 θα πρέπει το 20% της ενέργειας που καταναλώνεται να είναι προερχόμενη από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας . Στην συνέχεια, επιβαλλόταν η προνόηση για τη μελλοντική αποφυγή των ρύπων, καθώς όλες οι περιβαλλοντικές μελέτες προμήνυαν αύξηση των ποσοστών όλων των ρύπων. Έτσι, η Ευρωπαϊκή Ένωση έθεσε ένα πλαίσιο στρατηγικής με ορίζοντα το έτος 2030. Οι στόχοι του πλαισίου αυτού τέθηκαν από το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο και περιλαμβάνουν:

40% μείωση εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου σε σύγκριση με το 1990,
κατανάλωση 27% ενέργειας από Α.Π.Ε.
βελτίωση κατά 27% της ενεργειακής απόδοσης
ολοκλήρωση της εσωτερικής αγοράς ενέργειας με την επίτευξη του ισχύοντος στόχου της ηλεκτρικής διασύνδεσης σε ποσοστό 10% επειγόντως (το αργότερο το 2020) και σε ποσοστό 15% έως το 2030.

Πολιτική Περιβάλλοντος από την Ευρωπαϊκή Ένωση

Στις 18 Δεκεμβρίου του 2013, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ενέκρινε ένα πακέτο πολιτικής για τον καθαρό αέρα. Αυτό το πακέτο περιλάμβανε την αναθεώρηση της πολιτικής της Ε.Ε. μέχρι τότε. Έτσι εντάχθηκε στην Ε.Ε. πρόγραμμα καθαρού αέρα για τις ευρωπαϊκές χώρες, καθώς και πρόταση οδηγιών για τη μείωση των εθνικών εκπομπών ορισμένων ατμοσφαιρικών ρύπων και για τον περιορισμό των εκπομπών ορισμένων ρύπων στον αέρα από μονάδες μέσης καύσης. [9]

Η νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωση

Το 2011-2013 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή διενήργησε αναθεώρηση της πολιτικής της Ε.Ε. για τον αέρα που κατέληξε στην έγκριση της δέσμης μέτρων για τον καθαρό αέρα. Στο πλαίσιο αυτό προτείνεται νέα νομική υπόσταση για τις παραβιάσεις των ορίων, προκειμένου να είναι αποτί οι νέοι στόχοι για την περιβαλλοντική πολιτική της Ε.Ε. για μετά το 2020 και έως το 2030.

Το κύριο νομοθετικό μέσο για την επίτευξη των στόχων του 2030 του προγράμματος καθαρού αέρα είναι η οδηγία (ΕΕ) 2016/2284 σχετικά με τη μείωση των εθνικών εκπομπών ορισμένων ατμοσφαιρικών ρύπων που τέθηκαν σε ισχύ στις 31 Δεκεμβρίου του 2016. Η συγκεκριμένη οδηγία καθορίζει εθνικές δεσμεύσεις για τη μείωση πέντε ρύπων. Το διοξείδιο του θείου, τα οξειδία του αζώτου, τις πτητικές οργανικές ενώσεις, την αμμωνία και τα λεπτά σωματίδια, που ευθύνονται για την οξίνιση, τον ευτροφισμό και τη ρύπανση του όζοντος στο έδαφος. Οι επιπτώσεις των φαινομένων που προκαλούνται είναι σημαντικά αρνητικές στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον.

Η οδηγία 2016/2284, η νέα εθνική οδηγία για τα ανώτατα όρια εκπομπών (οδηγία NEC), καταργεί και αντικαθιστά την οδηγία 2001/81/ΕΚ από την 1^η Ιουλίου του 2018. Έτσι διασφαλίζεται ότι τα ανώτατα όρια εκπομπών για το 2010, που ορίζονται στην συγκεκριμένη οδηγία, θα ισχύουν έως 2020. Η οδηγία 2016/2284 μεταφέρει επίσης τις δεσμεύσεις μείωσης για το 2020 που ανέλαβαν τα κράτη μέλη της Ε.Ε., στο πλαίσιο του αναθεωρημένου πρωτοκόλλου του Γκέτεμποργκ και θέτει πιο φιλόδοξες δεσμεύσεις μείωσης από το 2030, ώστε να μειωθούν οι επιπτώσεις στην ατμοσφαιρική ρύπανση στην υγεία το ήμισυ σε σύγκριση με το 2005.

Οδηγίες και Ευρωπαϊκοί Κανονισμοί

Το 2008, προκειμένου να βελτιωθεί η ποιότητα του αέρα, η Ευρωπαϊκή Ένωση εισήγαγε τη νέα οδηγία για την ποιότητα του αέρα και έθεσε στα κράτη μέλη της αυστηρά όρια-στόχους, σχετικά με τις συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης για τις πιο επιβλαβείς ουσίες. Η τήρηση του νόμου βασίζεται σε ένα σύστημα συνεχής παρακολούθησης και αναφοράς, για την ποιότητα του αέρα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και του κοινού. Οι πολίτες έχουν κάθε δικαίωμα να ενημερώνονται για την επιβλαβή ατμόσφαιρα στην χώρα τους, ακόμα και στην πόλη τους.

Υφιστάμενη νομοθεσία για την ποιότητα του αέρα

- Οδηγία (ΕΕ) 2016/2284 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 14ης Δεκεμβρίου 2016, η οποία αφορά τη μείωση των εθνικών εκπομπών ορισμένων ατμοσφαιρικών ρύπων, για την τροποποίηση της οδηγίας 2003/35 / ΕΚ και την κατάργηση της οδηγίας 2001/81 / ΕΚ
- Οδηγία 2015/1480/ΕΚ της 28ης Αυγούστου 2015 για την τροποποίηση διαφόρων παραρτημάτων των οδηγιών 2004/107 / ΕΚ και 2008/50 / ΕΚ του Ευρωπαϊκού

Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τον καθορισμό των κανόνων σχετικά με τις μεθόδους αναφοράς, τη θέση των σημείων δειγματοληψίας για την αξιολόγηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα

- Εκτελεστική απόφαση της Επιτροπής 2011/850/EU: Εκτελεστική απόφαση της Επιτροπής, της 12ης Δεκεμβρίου 2011, για τον καθορισμό κανόνων για τις οδηγίες 2004/107 / ΕΚ και 2008/50 / ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου όσον αφορά την αμοιβαία ανταλλαγή πληροφοριών και υποβολή εκθέσεων σχετικά με την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα (κοινοποιηθείσα στο έγγραφο Γ (2011) 9068)

- Οδηγία 2008/50/ΕΚ, η οποία αφορά την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και τον καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη, συμπεριλαμβανομένων των ακόλουθων στοιχείων:

5 συγχώνευση του μεγαλύτερου μέρους της υφιστάμενης νομοθεσίας σε μια ενιαία οδηγία (εκτός από την τέταρτη θυγατρική οδηγία) χωρίς αλλαγή στους υπάρχοντες στόχους για την ποιότητα του αέρα.

6 νέοι στόχοι ποιότητας αέρα για PM_{2.5} (λεπτά σωματίδια), συμπεριλαμβανομένων των οριακών τιμών και των σχετικών με την έκθεση στόχων.

7 δυνατότητα μείωσης των φυσικών πηγών ρύπανσης κατά την αξιολόγηση της συμμόρφωσης έναντι των οριακών τιμών.

8 δυνατότητα παράτασης χρόνου έως τρία έτη για (PM₁₀) ή έως πέντε έτη για (NO₂, βενζόλιο) για συμμόρφωση με τις οριακές τιμές.

- Οδηγία 2004/107/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, η οποία αφορά την ύπαρξη στον αέρα του περιβάλλοντος τα στοιχεία: το αρσενικό, το κάδμιο, τον υδράργυρο, το νικέλιο και τους πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες (τέταρτη θυγατρική οδηγία).

Πρότερη νομοθεσία για την ποιότητα του αέρα

- Οδηγία 96/62 / ΕΚ του Συμβουλίου, η οποία αφορά την αξιολόγηση και διαχείριση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα (οδηγία πλαίσιο για την ποιότητα του αέρα) - καταργήθηκε με την οδηγία 2008/50 / ΕΚ.

- Απόφαση 97/101 / ΕΚ του Συμβουλίου, η οποία αφορά τη δημιουργία αμοιβαίας ανταλλαγής πληροφοριών και δεδομένων από δίκτυα και μεμονωμένους σταθμούς μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στα κράτη μέλη (απόφαση ΕοΙ) - καταργήθηκε

από την οδηγία 2008/50 / ΕΚ και αντικαταστάθηκε από την εκτελεστική απόφαση 2011/850 / ΕΕ.

- Οδηγία 1999/30 / ΕΚ του Συμβουλίου, η οποία αφορά τις οριακές τιμές για το διοξείδιο του θείου, το διοξείδιο του αζώτου και τα οξείδια του αζώτου, τα σωματίδια και τον μόλυβδο στον αέρα του περιβάλλοντος (οδηγία για την πρώτη κόρη) - καταργήθηκε με την οδηγία 2008/50 / ΕΚ.

- Οδηγία 2000/69 / ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, η οποία αφορά τις οριακές τιμές για το βενζόλιο και το μονοξείδιο του άνθρακα στον αέρα του περιβάλλοντος (οδηγία για τη δεύτερη κόρη) - καταργήθηκε με την οδηγία 2008/50 / ΕΚ.

- Οδηγία 2002/3 / ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, η οποία αφορά το όζον στον ατμοσφαιρικό αέρα (τρίτη οδηγία για την κόρη) - καταργήθηκε με την οδηγία 2008/50 / ΕΚ.

- Απόφαση 2004/461 / ΕΚ της Επιτροπής για τη θέσπιση ερωτηματολογίου για την ετήσια υποβολή εκθέσεων σχετικά με την αξιολόγηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα βάσει των οδηγιών 96/62 / ΕΚ και 1999/30 / ΕΚ του Συμβουλίου και των οδηγιών 2000/69 / ΕΚ και 2002/3 / ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου - καταργήθηκε με την εκτελεστική απόφαση 2011/850 / ΕΕ.

- Απόφαση 2004/224 / ΕΚ της Επιτροπής για τον καθορισμό της υποχρέωσης των κρατών μελών να υποβάλλουν εντός δύο ετών τα λεγόμενα σχέδια και προγράμματα για εκείνες τις ζώνες ποιότητας του αέρα σε περίπτωση υπέρβασης ορισμένων ορίων αξιολόγησης που καθορίζονται στις οδηγίες - καταργούνται με την εκτελεστική απόφαση 2011/850 / ΕΕ .

- Οδηγία 80/779 / ΕΟΚ του Συμβουλίου, της 15ης Ιουλίου 1980, η οποία αφορά τις οριακές τιμές ποιότητας του αέρα και τις κατευθυντήριες τιμές για το διοξείδιο του θείου και τα αιωρούμενα σωματίδια, όπως τροποποιήθηκε τελευταία από την οδηγία 89/427 / ΕΟΚ - καταργήθηκε με την οδηγία 1999/30 / ΕΚ του Συμβουλίου.

- Οδηγία 85/203 / ΕΟΚ του Συμβουλίου, της 7ης Μαρτίου 1985, η οποία αφορά τα πρότυπα ποιότητας του αέρα για το διοξείδιο του αζώτου, όπως τροποποιήθηκε

τελευταία από την οδηγία 91/692 / ΕΟΚ του Συμβουλίου - καταργήθηκε με την οδηγία 1999/30 / ΕΚ του Συμβουλίου.

Προδιαγραφές Ποιότητας Αέρα Ε.Ε.

Λόγω των σοβαρών επιπτώσεων των ρύπων στην υγεία των ανθρώπων, θεσπίστηκαν οι παραπάνω οδηγίες-νόμοι από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Αυτά τα πρότυπα και οι στόχοι που καθορίζονται μέσω αυτών, συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα 4.4. Αυτά ισχύουν για διαφορετικές χρονικές περιόδους, επειδή και οι παρατηρούμενες επιπτώσεις στην υγεία ετεροχρονισμένα. [9]

Ρύπος	Συγκέντρωση	Περίοδος Αναφοράς	Διορία Εφαρμογής	Επιτρεπόμενες υπερβάσεις
Αιωρούμενα σωματίδια (Pm2.5)	25 µg/m ³	1 έτος	Τιμή στόχος προς συμμόρφωση έως 1.1.2010 ,Οριακή τιμή προς συμμόρφωση έως 1.1.2015	n/a
Αιωρούμενα σωματίδια (Pm10)	50 µg/m ³	24 ώρες	Οριακή τιμή προς συμμόρφωση έως 1.1.2005	35
	40 µg/m ³	1 έτος	Οριακή τιμή προς συμμόρφωση έως 1.1.2005	n/a
Διοξείδιο του Θείου (SO2)	350 µg/m ³	1 ώρα	Οριακή τιμή προς συμμόρφωση έως 1.1.2005	24
	125 µg/m ³	24 ώρες	Οριακή τιμή προς συμμόρφωση έως 1.1.2005	3
Διοξείδιο του Αζώτου (NO2)	200 µg/m ³	1 ώρα	Οριακή τιμή προς συμμόρφωση έως 1.1.2010	18
	40 µg/m ³	1 έτος	Οριακή τιμή προς συμμόρφωση έως 1.1.2011	n/a
Μόλυβδος (Pb)	0,5 µg/m ³	1 έτος	Οριακή τιμή προς συμμόρφωση έως 1.1.2005	n/a
Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	10 µg/m ³	Μέγιστος ημερήσιος Μ.Ο. 8 ωρών	Οριακή τιμή προς συμμόρφωση έως 1.1.2005	n/a
Βενζόλιο	5 µg/m ³	1 έτος	Οριακή τιμή προς συμμόρφωση έως 1.1.2010	n/a

Όζον (O₃)	120 µg/m ³	Μέγιστος ημερήσιος Μ.Ο. 8 ωρών	Τιμή στόχος προς συμμόρφωση έως 1.1.2010	25 ημέρες Μ.Ο. σε 3 χρόνια
Αρσενικό (As)	6 µg/m ³	1 έτος	Τιμή στόχος προς συμμόρφωση έως 31.12.2012	n/a
Κάδμιο (Cd)	5 µg/m ³	1 έτος	Τιμή στόχος προς συμμόρφωση έως 31.12.2012	n/a
Νικέλιο (Ni)	20 µg/m ³	1 έτος	Τιμή στόχος προς συμμόρφωση έως 31.12.2012	n/a
Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες	1 µg/m ³ (ως συγκέντρωση Βενζοπυρενίου)	1 έτος	Τιμή στόχος προς συμμόρφωση έως 31.12.2012	n/a

Πίνακας 5.4 Προδιαγραφές ποιότητας αέρα από της οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

6. Η βιομάζα στον ελλαδικό χώρο

6.1 Διαθέσιμη ποσότητα βιομάζας στην Ελληνική Επικράτεια

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, τα γεωργικά υπολείμματα χρησιμοποιούνται ευρέως για την παράγωγή βιομάζας, και έτσι αξιοποιούνται πλήρως οι γεωργικές καλλιέργειες, καθώς το μεγαλύτερο ποσοστό υπολειμμάτων παραμένουν ανεκμετάλλευτα στις καλλιέργειες μέχρι είτε να αποσυντεθούν, να καούν ή να χρησιμοποιηθούν για βοσκή ζώων. Τα αγροτικά υπολείμματα που χρησιμοποιούνται κυρίως για την παράγωγή βιομάζας είναι:

Υπολείμματα αροτριάων καλλιεργειών

- Άχυρο σιτηρών

Στέλεχος καλαμποκιών

Εκμετάλλευση δενδρώδους βιομάζας

- Κλαδέματα δέντρων
- Νεκρά κλαδιά, φλοιοί δέντρων

Αγροτοβιομηχανικών υπολειμμάτων

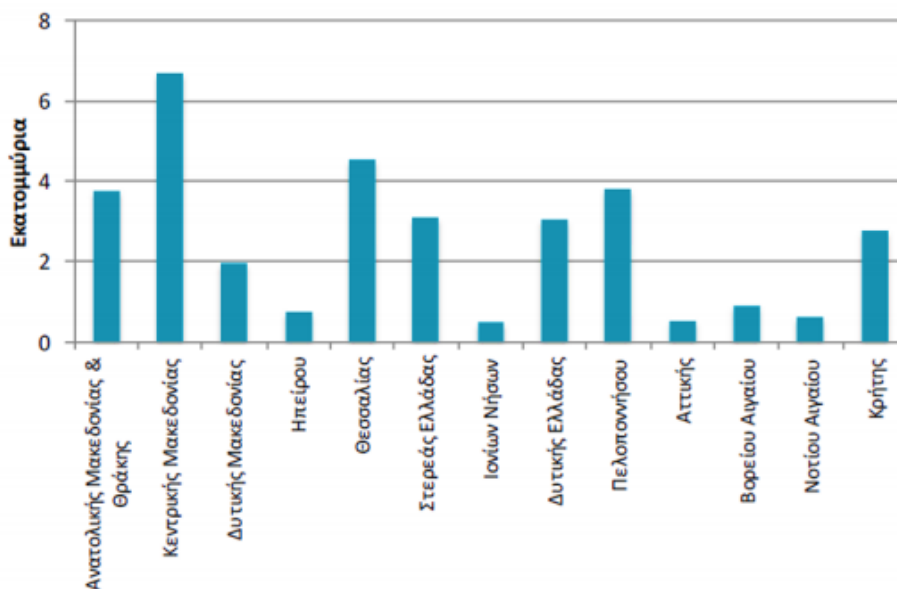
- Πυρήνες φρούτων
- Περικάρπια ξηρών καρπών
- Υπολείμματα οινοποίησης

Ζωικά Απόβλητα

Η γεωργία αλλά και οι υπόλοιποι τομείς που εξαρτώνται από αυτή αποτελούν σημαντικό μοχλό της οικονομίας και ανάπτυξης πολλών χωρών. Η γεωργία στην Ελλάδα βασίζεται σε μικρές διασκορπισμένες οικογενειακές μονάδες, ενώ η επέκταση της συνεταιριστικής οργάνωσης παραμένει σε χαμηλά επίπεδα έναντι όλων των προσπαθειών που έχουν γίνει τα τελευταία 30 χρόνια υπό την εποπτεία της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η ελληνική γεωργία απασχολεί το 12% του συνολικού εργατικού δυναμικού της χώρας, παράγει μόλις το 4% του εθνικού ΑΕΠ ενώ υπάρχουν δυνατότητες να ξεπεράσει το 10%. Παράλληλα, στην Ελλάδα πρωτεύοντα ρόλο έχει η μεγάλη ποικιλία καλλιεργειών και προϊόντων κτηνοτροφίας, όπως και η αλιεία. Αντιθέτως, η δασοκομία αποτελεί δευτερεύοντα ρόλο στο συνολικό δυναμικό της γεωργίας στην Ελλάδα.

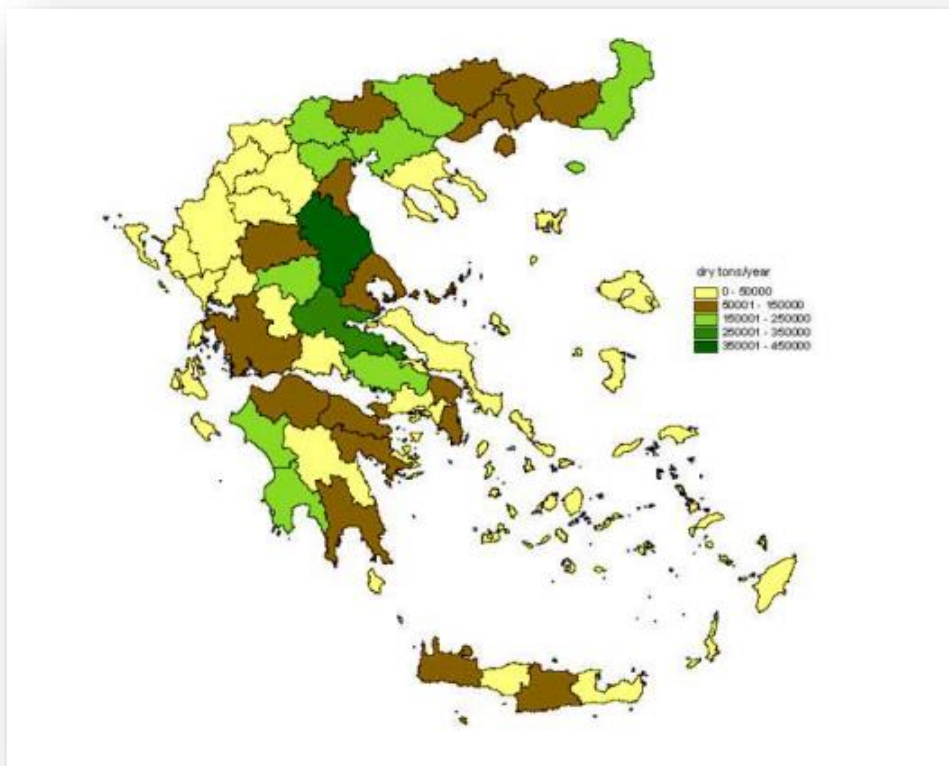
Σύμφωνα με στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Υπηρεσίας για το έτος 2015, η συνολική έκταση των γεωργικών καλλιεργειών στην Ελλάδα είναι περίπου 32.825.200

στρέμματα. Από αυτά τα 17.370.600 είναι αροτριαίες καλλιέργειες, τα 673.200 είναι κηπευτικά, τα 11.111.300 είναι δενδρώδεις καλλιέργειες, και τα 3.670.100 για αργανάπωση (1 – 5 χρόνων). Στο Διάγραμμα 6.1 απεικονίζεται η κατανομή των παραπάνω γεωργικών καλλιεργειών σε στρέμματα για κάθε περιφέρεια της χώρας.



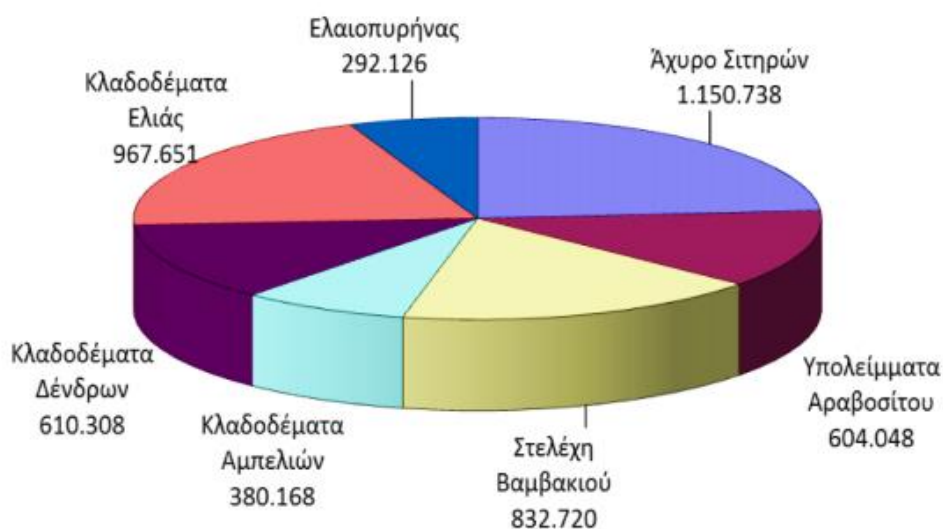
Διάγραμμα 6.1 : Κατανομή στρεμμάτων γεωργικής έκτασης ανά περιφέρεια

Δεδομένης της μεγάλης έκτασης των γεωργικών καλλιεργειών στον ελλαδικό χώρο υπάρχουν αξιόλογες ποσότητες αγροτικών υπολειμμάτων που μπορούν να αξιοποιηθούν για την παραγωγή βιομάζας . Παρακάτω γίνεται ενδεικτική αποτύπωση του θεωρητικού δυναμικού γεωργικών υπολειμμάτων σε ξηρούς τόνους σε ένα έτος.

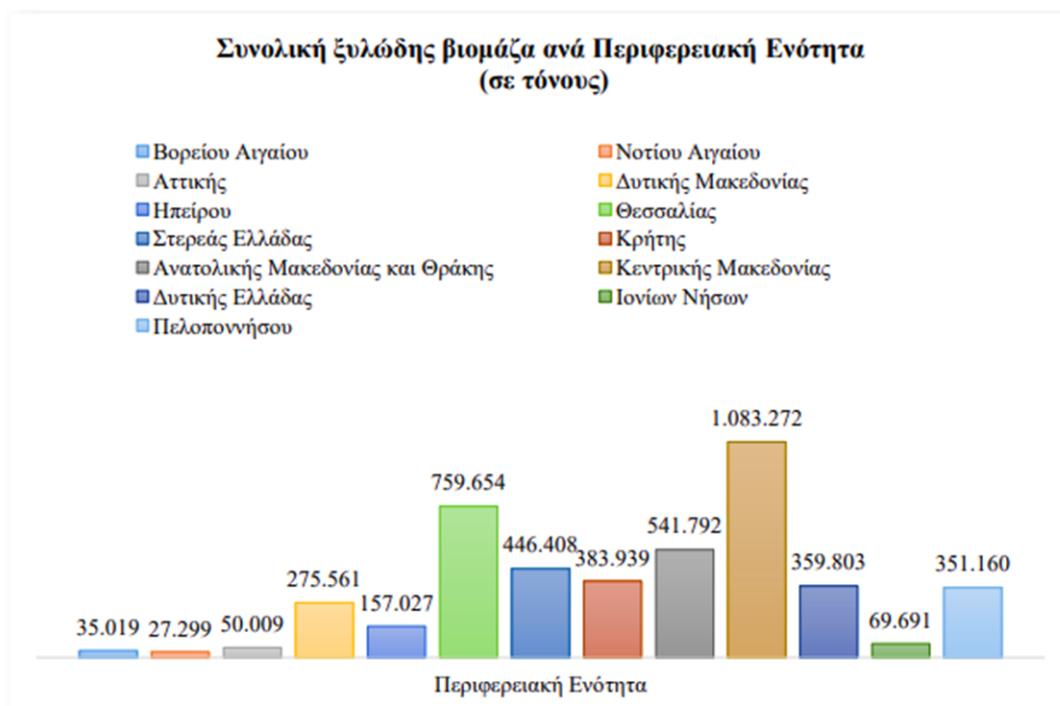


Εικόνα 6.1: Θεωρητικό δυναμικό γεωργικών υπολειμμάτων στην Ελλάδα ανά νομό.

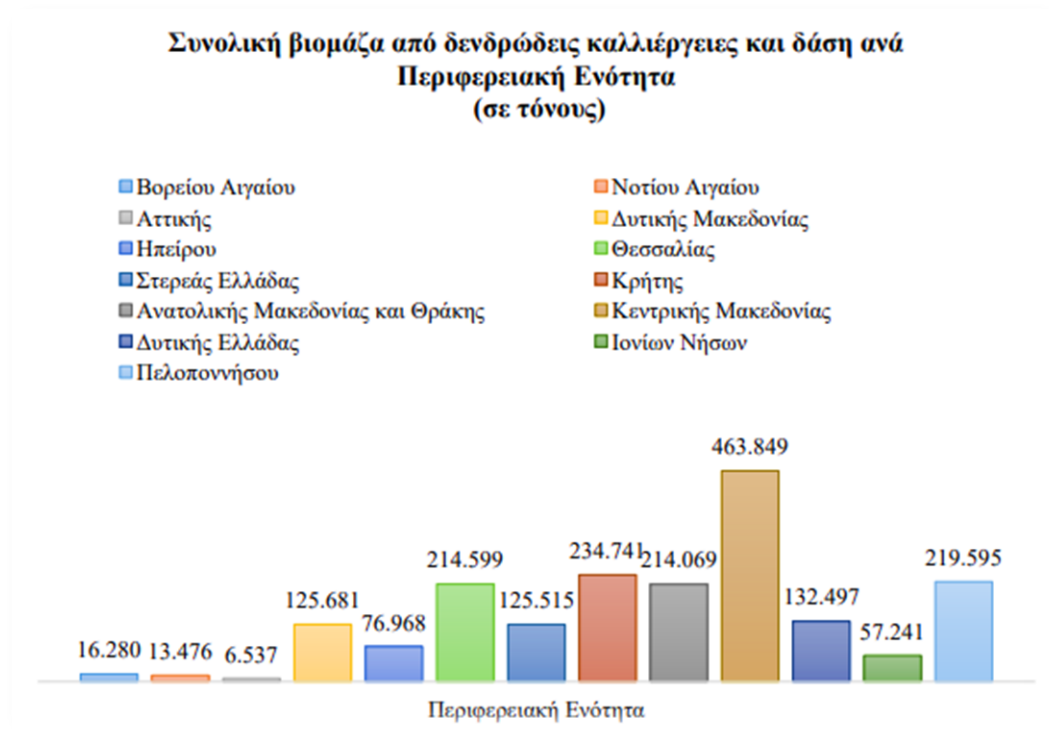
Πέραν από τα άμεσα αγροτικά υπολείμματα που λαμβάνονται από τις γεωργικές καλλιέργειες όπως τα κλαδέματα, το άχυρο σιτηρών κ.τ.λ., υπάρχουν και τα αγροτοβιομηχανικά υπολείμματα όπως ο πυρήνας ροδάκινων, βερίκοκων, ελιών καθώς και πολλά άλλα. Η καταμέτρηση των συγκεκριμένων αγροτικών υπολειμμάτων είναι αρκετά δύσκολη διαδικασία, καθώς υπάρχουν πολλές αποκλίσεις μεταξύ των διάφορων μελετών συνήθως λόγω λήψης διαφορετικών παραδοχών, διακύμανση της ετήσιας απόδοσης της παράγωγης, διαφορετική ποιότητα γεωργικής γης κάθε περιοχής και διαφορετικών καλλιεργητικών πρακτικών που ακολουθούνται που εφαρμόζονται. Επομένως, όλες οι τιμές που θα παρουσιαστούν παρακάτω για τις ποσότητες υπολειμμάτων είναι προσεγγιστικές και μπορεί να παρουσιάσουν αποκλίσεις από την πραγματική κατάσταση. Το θεωρητικό διαθέσιμο δυναμικό αγροτικών υπολειμμάτων που θα μπορούσε να εκμεταλλευτεί για την παραγωγή βιομάζας της χώρας έχει εκτιμηθεί περίπου σε 4,9 Mt ξηρής ουσίας/έτος και στο διάγραμμα 6.2 φαίνεται η κατανομή της παραπάνω ποσότητας ανά νομό.



Διάγραμμα 6.2 :Κατανομή διαθέσιμου δυναμικού βιομάζας 2009 (τόνοι ξηρής ουσίας)

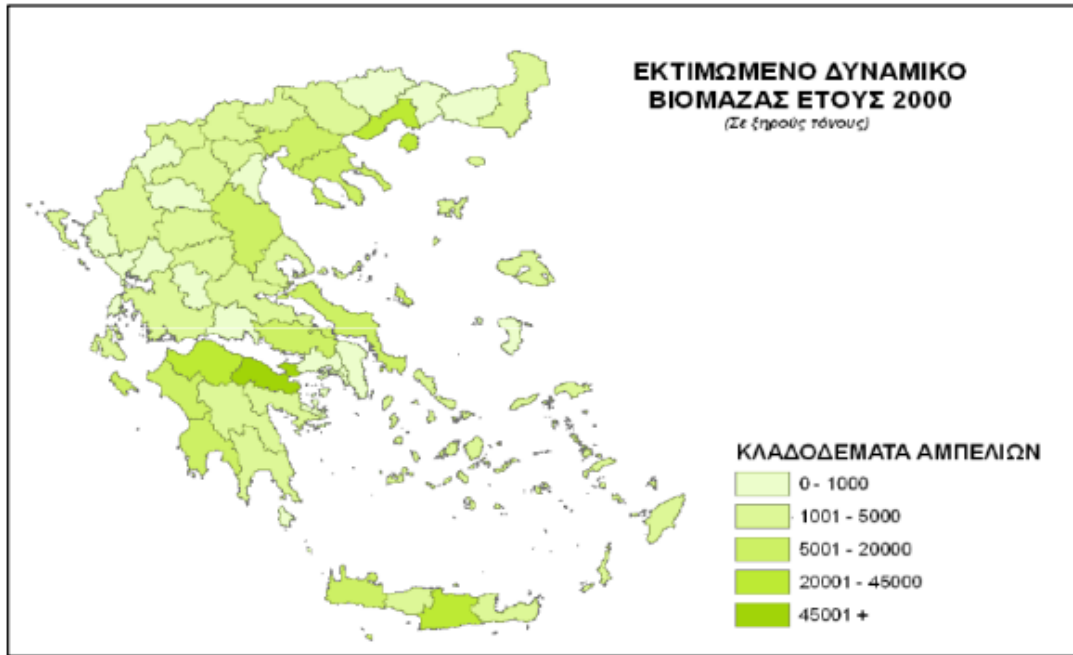


Διάγραμμα 6.3 :Δυναμικό ξυλώδους βιομάζας στην Ελλάδα ανά Περιφέρεια

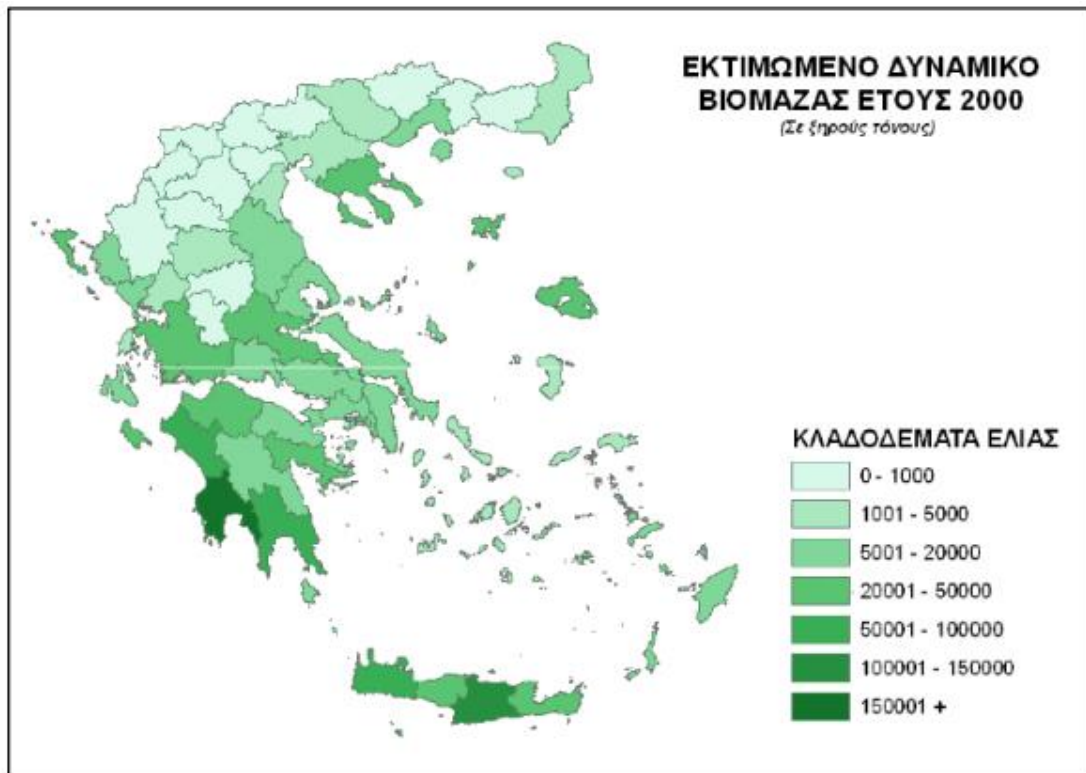


Διάγραμμα 6.4: Δυναμικό βιομάζας από δενδρώδεις καλλιέργειες και δάση ανά Περιφερειακή Ενότητα[18]

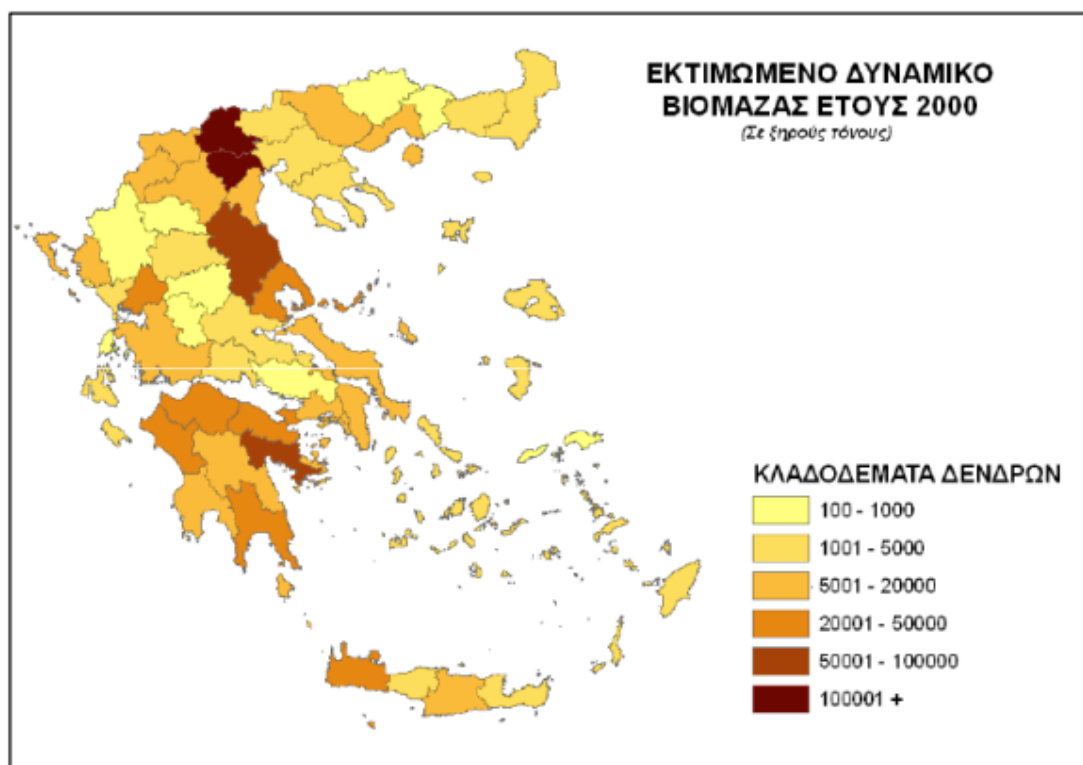
Τα παραπάνω αποτελέσματα φαίνονται και στους χάρτες που ακολουθούν με τις διαφορετικές αποχρώσεις ανάλογα με το δυναμικό σε βιομάζα κάθε Περιφέρειας.



Εικόνα 6.2: Δυναμικό κλαδεμάτων αμπελιών



Εικόνα 6.3: Δυναμικό κλαδεμάτων ελιάς



Εικόνα 6.4: Δυναμικό κλαδεμάτων δένδρων

Σύμφωνα με τα παραπάνω διαγράμματα και τους χάρτες, ότι πρώτη σε παραγωγή ξυλώδους βιομάζας είναι η Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας. Πιο συγκεκριμένα, με 1.083.272 τόνους ετησίως, ενώ ακολουθεί η Θεσσαλία με 759.654 τόνους, η Ανατολική Μακεδονία και Θράκη με 541.792 τόνους, η Στερεά Ελλάδα 446.408 τόνους, και τέλος, η Κρήτη με 383.939 τόνους. Για τις ποσότητες της βιομάζας από δενδρώδεις καλλιέργειες και δάση η Κεντρική Μακεδονία είναι πάλι πρώτη σε παραγωγή με 463.849 τόνους ενώ ακολουθούν η Κρήτη με 234.741, η Πελοπόννησος με 219.595, η Θεσσαλία με 214.599 και η Ανατολική Μακεδονία και Θράκη με 214.069 τόνους.

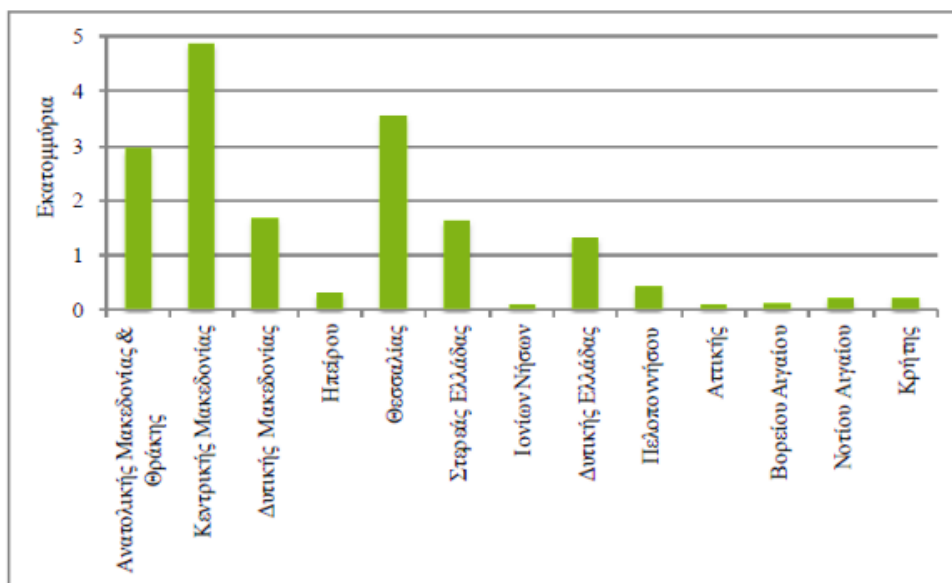
Σύμφωνα με εκτιμήσεις του Υπουργείου περιφερειακής ανάπτυξης το ενεργειακό ισοδύναμο των κατ' έτος διαθέσιμων γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων εκτιμάται σε 1.000.000 τόνους, ενώ από άλλες εκτιμήσεις προκύπτει ότι το σύνολο της άμεσα διαθέσιμης βιομάζας στην Ελλάδα συνίσταται σε 7.500.000 περίπου τόνους υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών και σε 2.700.000 τόνους δασικών υπολειμμάτων υλοτομίας. Συνεπώς, φαίνεται πως η συγκέντρωση των τελικών ποσοτήτων υπολειμμάτων που υπάρχουν εγχώρια, είναι πολύ διαφορετική από μελέτη σε μελέτη. Αυτό συμβαίνει για δύο λόγους. Αρχικά διότι οι περισσότερες αγροτικές

επιχειρήσεις είναι οικογενειακές και συνεπώς δεν είναι εφικτός ο κάθε έλεγχος, και επίσης διότι οι ποσότητες είναι προσεγγιστικές, και όχι πραγματικές. Άρα και οι παραπάνω ποσότητες αποτελούν συγκέντρωση διαφόρων ερευνών και αποφάνσεων ειδικών.[18]

6.1.1 Αροτριάες καλλιέργειες

Σημαντικό ποσοστό της ελληνικής γης καταλαμβάνουν οι αροτριάες καλλιέργειες. Οι αροτριάες καλλιέργειες είναι καλλιέργειες που δεν έχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις για την καλλιέργεια τους και μπορούν να καλλιεργηθούν ακόμα και σε ημιορεινές περιοχές εκτός από πεδιάδες. Οι κυριότερες αροτριάες καλλιέργειες περιλαμβάνουν το σιτάρι, το καλαμπόκι, το βαμβάκι, τη βρώμη, το κριθάρι και τη σίκαλη. Η μεγάλη σημασία των αροτριάων παγκοσμίως οφείλεται στο ότι έχουν την μεγαλύτερη παραγωγή από όλες τις άλλες κατηγορίες φυτών, παρουσιάζουν μεγάλη προσαρμοστικότητα σε διαφορετικές συνθήκες περιβάλλοντος, και περιέχουν μικρό ποσοστό υγρασίας συνεπώς αποθηκεύονται εύκολα.

Από τα αγροτικά υπολείμματα των αροτριάων καλλιεργειών, αυτά που μπορούν να αξιοποιηθούν είναι τα άχυρα που παραμένουν στις καλλιέργειες μετά τον θερισμό των σιτηρών (σιτάρι, βρώμη, κριθάρι, σίκαλη), τα στελέχη καλαμποκιού και βαμβακιού, καθώς και τα υπολείμματα από την εκκόκκιση του σύσπορου του βάμβακος που παραμένουν στα εκκοκκιστήρια. Στον Πίνακα 6.1 παρουσιάζονται οι προσεγγιστικές τιμές των χαρακτηριστικών των βασικών υπολειμμάτων από τις αροτριάες καλλιέργειες, ενώ στο Διάγραμμα 6.5 παρουσιάζεται η κατανομή των στρεμμάτων αροτριάων καλλιεργειών ανά περιφέρεια.



Διάγραμμα 6.5: Κατανομή στρεμμάτων αροτριάων καλλιεργειών ανά περιφέρεια

Καλλιέργειες	Μέρος Φυτού	Υγρασία μετά την συγκομιδή (%)	Παραγωγή ξηράς ουσίας (kg/στρέμμα)	Θερμογόνος Δύναμη (MJ/kg)	Περίοδος Συλλογής
Σιτάρι	Άχυρο	10	217	18,5	Ιούνιος-Αύγουστος
Κριθάρι	Άχυρο	10	120	18,2	Ιούνιος-Αύγουστος
Καλαμπόκι	Στέλεχος	14,7	1010	18	Σεπτέμβριος-Νοέμβριος
Βρώμη	Άχυρο	8,5	355	18	Ιούνιος-Αύγουστος
Σίκαλη	Άχυρο	8	200	18,3	Ιούνιος-Αύγουστος
Βαμβάκι	Στέλεχος	40	350	18	Σεπτέμβριος-Οκτώβριος
	Υπολείμματα εκκοκκισμού	15	100	17,5	Σεπτέμβριος-Οκτώβριος

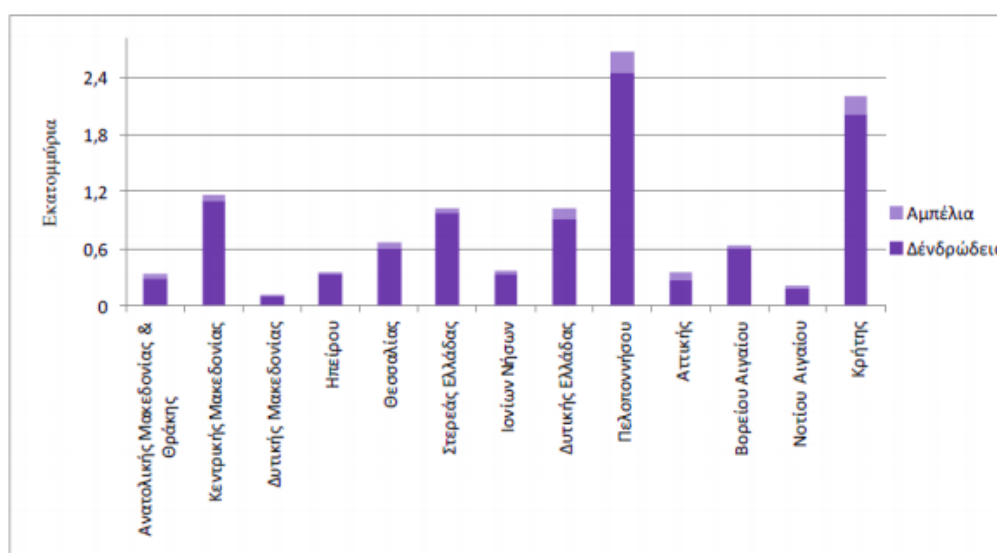
Πίνακας 6.1: Χαρακτηριστικά υπολειμμάτων αροτριάων καλλιεργειών[19]

6.1.2 Δενδρώδεις καλλιέργειες

Οι δενδρώδεις καλλιέργειες αποτελούν σημαντικό κομμάτι της γεωργίας στην Ελλάδα και απαρτίζονται από ελιές, αειθαλή, φυλλοβόλα, σποροφόρα δέντρα και αμπέλια. Οι ελιές αξιοποιούνται σε μεγάλο βαθμό στην Ελλάδα για την παραγωγή ελαιόλαδου, ενώ το ελληνικό ελαιόλαδο θεωρείται ένα από τα καλύτερα στον κόσμο με μεγάλη εξαγωγή στο εξωτερικό. Από τα ελαιόδεντρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιομάζας τα κλαδέματα των δέντρων, αλλά και ο πυρήνας που παραμένει στα ελαιοτριβεία μετά την παραγωγή του ελαιόλαδου και μετατρέπεται σε πυρηνόξυλο μετά από ξήρανση. Το πυρηνόξυλο αποτελείται από τον πυρήνα της ελιάς, το σαρκώδες μέρος της ελιάς (αποξηραμένο) σε μορφή σκόνης και τη φλούδα του καρπού. Το

πυρηνόξυλο παράγεται από τα ελαιοτριβεία και για να χρησιμοποιηθεί πρέπει να ξηραθεί είτε σε μεγάλα περιστρεφόμενα ξηραντήρια των πυρηνελαιουργείων, είτε σε μικρή κλίμακα από το ίδιο το ελαιοτριβείο με ειδικά ξηραντήρια βιομάζας που εξασφαλίζουν την ιδανική ξήρασή του προκειμένου να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο. Το δυναμικό της χώρας σε πυρηνόξυλο εκτιμάται στους 300.000 τόνους.

Από τις υπόλοιπες δενδρώδεις καλλιέργειες, στα αμπέλια χρησιμοποιούνται τα κλαδέματα τους για την παραγωγή βιομάζας. Ένα επιπλέον μέρος καρπού που αξιοποιούνται, είναι οι πυρήνες των ροδάκινων που παραμένουν στις μονάδες επεξεργασίας ροδάκινου, όπου συνήθως ξηραίνονται σε ειδικές μηχανές και έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας από βιομάζα. Το μεγαλύτερο ποσοστό των πυρήνων από τα ροδάκινα, χρησιμοποιείται από τις ίδιες τις μονάδες για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών τους, και ότι περισσεύει πωλείται. Τέλος, τα κελύφη των ξηρών καρπών όπως των αμυγδάλων και των καρυδιών, που αποτελούν υπολείμματα μονάδων επεξεργασίας ξηρών καρπών, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας από βιομάζα. Στον Πίνακα 6.2 παρουσιάζονται οι προσεγγιστικές τιμές των χαρακτηριστικών κάποιων αγροτικών υπολειμμάτων από δενδρώδεις καλλιέργειες και αμπέλια αλλά και από αγροτοβιομηχανικά υπολείμματα ενώ στο Διάγραμμα 6.6 παρουσιάζεται η κατανομή στρεμμάτων των κυρίαρχων δενδρωδών καλλιεργειών ανά περιφέρεια της χώρας.



Διάγραμμα 6.6: Κατανομή στρεμμάτων δενδρωδών καλλιεργειών και αμπελιών

Καλλιέργειες	Μέρος Φυτού	Υγρασία μετά την συγκομιδή (%)	Παραγωγή ξηράς ουσίας (kg/στρέμμα)	Θερμογόνος Δύναμη (MJ/kg)	Περίοδος Συλλογής
Ελιές	Κλαδέματα	43	37,2	19	Δεκέμβριος-Μάρτιος
	Πυρήνας	48	120	19,7	Νοέμβριος-Φεβρουάριος
Ροδακανιές	Κλαδέματα	41	52,1	18,8	Δεκέμβριος-Μάρτιος
	Πυρήνας	20	180	19,3	Μάιος-Σεπτέμβριος
Αμπέλια	Κλαδέματα	39	32,1	18,7	Ιανουάριος-Φεβρουάριος
Βερικοκιές	Κλαδέματα	38	53,2	17,8	Δεκέμβριος-Μάρτιος
Αχλαδιές	Κλαδέματα	39	48,7	18,7	Ιανουάριος-Μάρτιος
Αμυγδαλιές	Κελύφη	20	220	19,1	Αύγουστος-Σεπτέμβριος

Πίνακας 6.2: Χαρακτηριστικά υπολειμμάτων από δενδρώδεις καλλιέργειες, αμπέλια και αγροτοβιομηχανίες[19]

6.2 Πεδία εφαρμογής της βιομάζας

Οι κύριες εφαρμογές με καύσιμο βιομάζα είναι:

Θέρμανση θερμοκηπίων : Σε περιοχές της χώρας όπου υπάρχουν μεγάλες ποσότητες διαθέσιμης βιομάζας, χρησιμοποιείται η βιομάζα σαν καύσιμο σε κατάλληλους λέβητες για τη θέρμανση θερμοκηπίων.

Θέρμανση κτιρίων με καύση βιομάζας σε ατομικούς/κεντρικούς λέβητες : Σε ορισμένες περιοχές της Ελλάδας χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση κτιρίων ατομικοί/κεντρικοί λέβητες πυρηνόξυλου.

Παραγωγή ενέργειας σε γεωργικές βιομηχανίες : Βιομάζα για παραγωγή ενέργειας χρησιμοποιείται από γεωργικές βιομηχανίες στις οποίες η βιομάζα προκύπτει σε σημαντικές ποσότητες σαν υπόλειμμα ή υποπροϊόν της παραγωγικής διαδικασίας και έχουν αυξημένες απαιτήσεις σε θερμότητα. Εκκοκκιστήρια, πυρηνελαιουργεία, βιομηχανίες ρυζιού καθώς και βιοτεχνίες κονσερβοποίησης καίνε τα υπολείμματά τους (υπολείμματα εκκοκκισμού, πυρηνόξυλο, φλοιοί και κουκούτσια, αντίστοιχα) για την κάλυψη των θερμικών τους αναγκών ή/και μέρος των αναγκών τους σε ηλεκτρική ενέργεια.

Παραγωγή ενέργειας σε βιομηχανίες ξύλου : Τα υπολείμματα βιομηχανιών επεξεργασίας ξύλου (πριονίδι, πούδρα, ξακρίδια κλπ) χρησιμοποιούνται για τη κάλυψη των θερμικών αναγκών της διεργασίας καθώς και για την θέρμανση των κτιρίων.

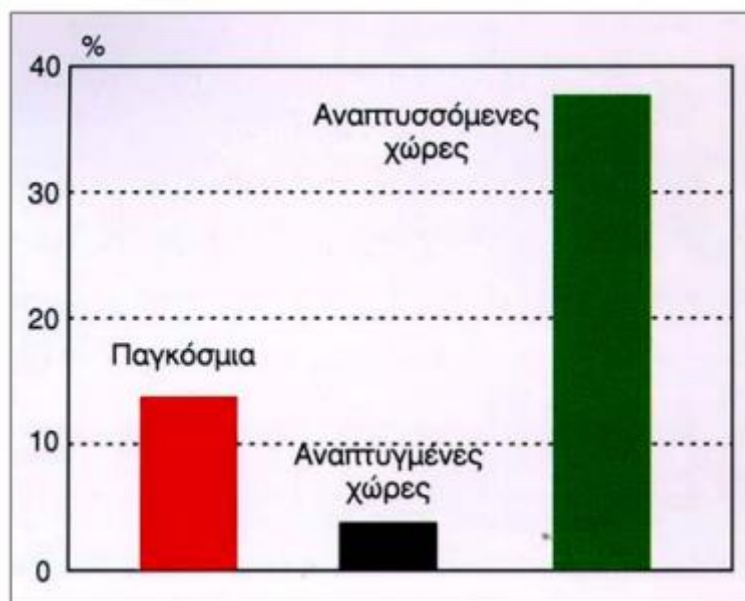
Τηλεθέρμανση : είναι η προμήθεια θέρμανσης χώρων καθώς και θερμού νερού χρήσης σε ένα σύνολο κτιρίων, έναν οικισμό, ένα χωριό ή μια πόλη, από έναν κεντρικό σταθμό παραγωγής θερμότητας. Η θερμότητα μεταφέρεται με προ-μονωμένο δίκτυο αγωγών από το σταθμό προς τα θερμαινόμενα κτίρια. Η χρήση βιομάζας ως καύσιμο σε συστήματα τηλεθέρμανσης είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται αρκετά στην Ευρώπη για την κάλυψη θερμικών αναγκών πόλεων.

Παραγωγή ενέργειας σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού και Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ): Το βιοαέριο που παράγεται από την αναερόβια χώνευση των υγρών αποβλήτων σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού, και των απορριμμάτων σε ΧΥΤΑ καίγεται σε μηχανές εσωτερικής καύσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Παράλληλα μπορεί να αξιοποιείται η θερμική ενέργεια των καυσαερίων και του ψυκτικού μέσου των μηχανών για να καλυφθούν ανάγκες τις διεργασίας ή/και άλλες ανάγκες θέρμανσης (π.χ. θέρμανση κτιρίων).[19]

6.3 Η ενεργειακή αξιοποίηση βιομάζας παγκοσμίως και σε σχέση με την Ελλάδα

Η βιομάζα που παράγεται κάθε χρόνο στον πλανήτη μας υπολογίζεται ότι ανέρχεται σε 172 δισεκατομμύρια τόνους ξηρής ουσίας, αλλά μόνο το 1/7 της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας καλύπτεται από τη βιομάζα. Σύμφωνα με στοιχεία για το έτος 2015, η ενέργεια από βιομάζα κάλυψε το 2% της παγκόσμιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Τα τελευταία χρόνια παρουσιάζεται σημαντική αύξηση της χρήσης βιομάζας, όχι μόνο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θέρμανσης αλλά και για την παραγωγή βιοκαυσίμων, όπως βιοαιθανόλης.

Οι χρήσεις της βιομάζας είναι πιο διαδεδομένες ιδίως σε υπανάπτυκτες ή αναπτυσσόμενες χώρες του κόσμου. Οι αναπτυσσόμενες χώρες παράγουν περίπου το ένα τρίτο της ενέργειας τους από βιομάζα. Περίπου 2,5 δις άνθρωποι ουσιαστικά εξαρτώνται από τη βιομάζα για την κάλυψη των αναγκών τους σε θέρμανση, φωτισμό και μαγείρεμα.



Διάγραμμα 6.7: Η συμμετοχή της βιομάζας (%) στην παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας.

Συγκεκριμένα την δεκαετία από το 2006 έως το 2016, η εγκατεστημένη ισχύς μονάδων αξιοποίησης βιομάζας για παραγωγή ενέργειας αυξήθηκε από την τιμή 47 σε 107 GW, ενώ η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας παρουσίασε αύξηση από 209 TWh σε 477 TWh. Οι 5 χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα στον κόσμο είναι οι ΗΠΑ με 62 TWh, η Κίνα με 53 TWh, η Γερμανία με 50 TWh, η Βραζιλία με 49 TWh και η Ιαπωνία με 35 TWh. Περίπου 2,5 δις άνθρωποι ουσιαστικά εξαρτώνται από τη βιομάζα για την κάλυψη των αναγκών τους σε θέρμανση, φωτισμό και μαγείρεμα.

A/A	Χώρα	Ισχύς 2009 (GW)	Ισχύς 2010(GW)	Ισχύς 2011(GW)
1.	USA	12,6	12,8	13,1
2.	Brazil	7	7,4	7,8
3.	China	3	4,4	5,9
4.	Austria	3.2	4.5	5.8
5.	Germany	4	4,5	5
6.	Italy	4	4,3	4,6
7.	Sweden	3,3	3,2	3,2
8.	India	1,8	2,2	2,6

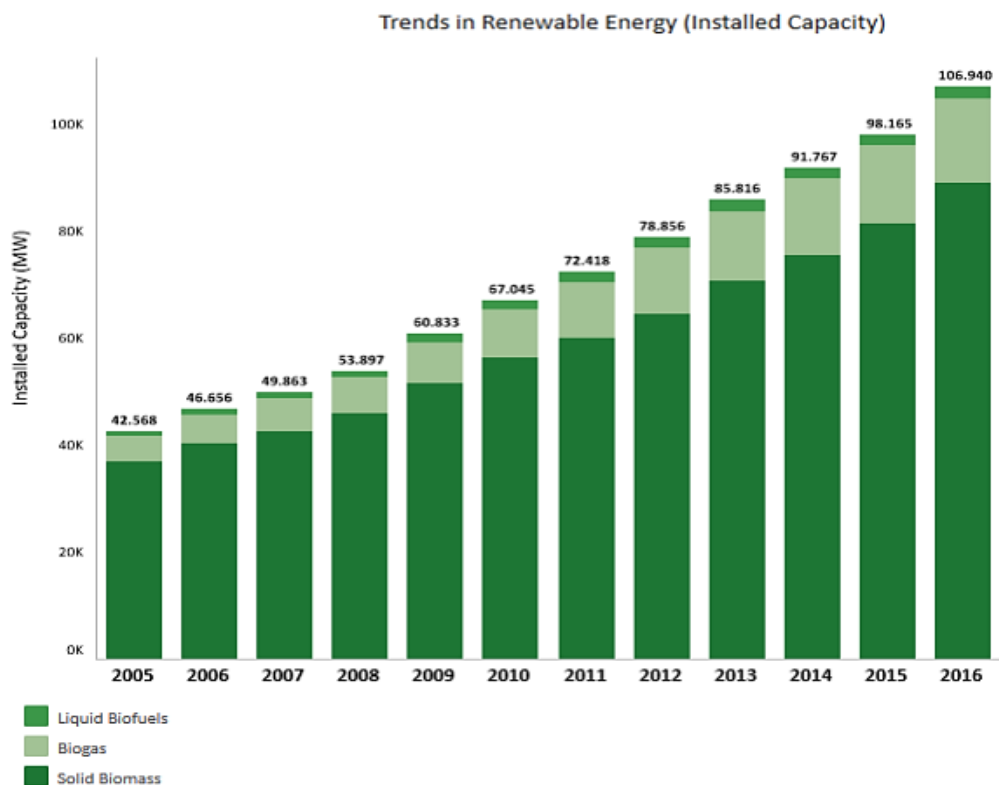
Πίνακας 6.3: Κορυφαίες χώρες παγκοσμίως στην παραγωγή από βιομάζα

Οι χρήσεις της βιομάζας ήταν πάντα πιο διαδεδομένες ιδίως σε υπανάπτυκτες ή αναπτυσσόμενες χώρες του κόσμου. Αυτό είναι λογικό, εφόσον οι συγκεκριμένες χώρες δεν είχαν ορυκτό πλούτο, ή δεν μπορούσαν να κάνουν τις απαραίτητες εργασίες για την εύρεσή του. Έτσι, προσάρμοσαν τις ενεργειακές τους απαιτήσεις στα επίπεδα ενέργειας που παραγόntonταν από την βιομάζα. Οι αναπτυσσόμενες χώρες παράγουν περίπου το ένα τρίτο της ενέργειας τους από βιομάζα.

Στην Ελλάδα τα ετήσια διαθέσιμα γεωργικά και δασικά υπολείμματα ισοδυναμούν ενεργειακά με 3-4 εκατ. τόνους πετρελαίου, ενώ το δυναμικό των ενεργειακών καλλιεργειών μπορεί με τα σημερινά δεδομένα να ξεπεράσει αρκετά εκείνο των γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων. Το ποσό αυτό αντιστοιχεί ενεργειακά στο 30-40% της ποσότητας του πετρελαίου που καταναλώνεται ετησίως στη χώρα μας. Σημειώνεται ότι 1 τόνος βιομάζας ισοδυναμεί με περίπου 0,4 τόνους πετρελαίου.

Η βιομάζα στη χώρα μας χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή θερμότητας στον οικιακό τομέα (θέρμανση, μαγειρική), στη θέρμανση θερμοκηπίων, σε ελαιουργεία και στη βιομηχανία (εκκοκκιστήρια βαμβακιού, παραγωγή προϊόντων ξυλείας, ασβεστοκάμινοι κ.α.) σε περιορισμένη όμως κλίμακα. Ως πρώτη ύλη σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται υποπροϊόντα της βιομηχανίας ξύλου, ελαιοπυρηνόξυλα, κουκούτσια ροδάκινων και άλλων φρούτων, τσόφλια αμυγδάλων, βιομάζα δασικής προέλευσης, άχυρο σιτηρών, υπολείμματα εκκοκκισμού κ.α. .

Το Κ.Α.Π.Ε. εκτιμά ότι περίπου 1.746 TWh παραμένουν αναξιοποίητα, με δυνατότητα μετριασμού του διοξειδίου του άνθρακα κατά περίπου 460.000 τόνους. Η προοπτική της συμπαραγωγής βιομάζας με λιγνίτη καθώς και των μικρών μονάδων τηλεθέρμανσης παρουσιάζουν μεγάλες προοπτικές και αποτελούν στόχους. Τέλος, για την εκμετάλλευση βιομάζας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ως στόχος της Ελλάδας, που έχει οριστεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση είναι έως το έτος 2020 η εγκατεστημένη ισχύς της να φτάσει την τιμή των 350 MW.[33]



Διάγραμμα 6.8: Παγκόσμια ετήσια εγκατεστημένη ισχύς εγκαταστάσεων αξιοποίησης βιομάζας[19]

Για ειδικά έργα Α.Π.Ε. που αφορούν την αξιοποίηση βιομάζας-βιοαερίου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας παρατηρείται το τελευταίο χρονικό διάστημα, λόγω και το έντονου επενδυτικού ενδιαφέροντος, μια καθυστέρηση αναφορικά με την αδειοδότησή τους.

Ο νόμος 3894/2010 σχετικά με την επιτάχυνση και διαφάνεια υλοποίησης Στρατηγικών Επενδύσεων έχει συνεισφέρει στην προώθηση έργων Α.Π.Ε. για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τα οποία πληρούν τα κριτήρια ένταξης. Ουσιαστικά, το συγκεκριμένο νομοθετικό πλαίσιο διευκολύνει την υλοποίηση έργων σε θέματα που αφορούν την έγκριση των περιβαλλοντικών όρων, τις πολεοδομικές ρυθμίσεις, τη διενέργεια αναγκαστικών απαλλοτριώσεων και τη χορήγηση των απαιτούμενων αδειών. Επίσης, ο νόμος 4146/2013 ενισχύει και διευρύνει το ν. 3894/2010 απλοποιώντας την αδειοδοτική διαδικασία ώστε να καταστήσει τη διαδικασία πιο εύκολη, ομαλή και ελκυστική για τους υποψήφιους επενδυτές και παραγωγούς Α.Π.Ε..

Στην Ελλάδα τα έργα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας βρίσκονται σε ανοδική πορεία με την κατασκευή νέων μεγάλο έργων να είναι ήδη σε εξέλιξη και μεγάλες μονάδες

παραγωγής (κυρίως αιολικά-φωτοβολταϊκά πάρκα και υδροηλεκτρικά) να βρίσκονται σε λειτουργία την τελευταία δεκαετία. Τα έργα ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας μέχρι σήμερα δεν ήταν πολλά παρά τις τεράστιες δυνατότητες και τα άμεσα διαθέσιμα ενεργειακά αποθέματα βιομάζας.

Ωστόσο, οι προοπτικές αξιοποίησης της βιομάζας στη χώρα μας είναι εξαιρετικά ευοίωνες για έργα μεγάλου μεγέθους και χωρητικότητας. Αυτό συμβαίνει, καθώς υπάρχει σημαντικό δυναμικό άμεσα διαθέσιμο και σε μεγάλες ποσότητες. Η παραγόμενη ενέργεια από αυτό το δυναμικό, που μπορεί είναι αρκετά οικονομικά ανταγωνιστική σε σχέση με αυτή που παράγεται από τις συμβατικές πηγές ενέργειας. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι έχει αναφερθεί από την διοίκηση της ΔΕΗ, πως η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα αποτελεί έναν από τους βασικούς άξονες ανάπτυξης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στη χώρα μας κι έχει ως στόχους στο εγγύς μέλλον την ένταξη των Α.Π.Ε. στο επιχειρησιακό της σχέδιο.

Αξιοσημείωτη ανάπτυξη έχει παρατηρηθεί στις ενεργειακές καλλιέργειες τα τελευταία χρόνια, κυρίως από τις ανεπτυγμένες χώρες, που προσπαθούν να περιορίσουν, πέραν των περιβαλλοντικών και ενεργειακών τους προβλημάτων, και το πρόβλημα των γεωργικών πλεονασμάτων. Όπως είναι γνωστό, οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης με τα γεωργικά πλεονάσματα και τα οικονομικά προβλήματα που αυτά δημιουργούν, οδηγούν αναπόφευκτα στη μείωση της γεωργικής γης και της αγροτικής παραγωγής. Υπολογίζεται πως την επόμενη δεκαετία, θα μπορούσαν να αποδοθούν στις ενεργειακές καλλιέργειες 100-150 εκατομμύρια στρέμματα γεωργικής γης, προκειμένου να αποφευχθούν τα προβλήματα των επιδοτήσεων των γεωργικών πλεονασμάτων και της απόρριψης αυτών στις χωματερές, με ταυτόχρονη αύξηση των ευρωπαϊκών ενεργειακών πόρων. Στη χώρα μας, για 10 εκατομμύρια στρέμματα καλλιεργήσιμης γης έχουν ήδη περιθωριοποιηθεί ή προβλέπεται να εγκαταλειφθούν στο άμεσο μέλλον. Εάν η έκταση αυτή αποδοθεί για την ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών, το καθαρό όφελος σε ενέργεια που μπορεί να αναμένεται υπολογίζεται σε 5-6 ΜΤΠ (1 ΜΤΠ= 106 ΤΠ, όπου ΤΠ σημαίνει: Τόνοι Ισοδύναμου Πετρελαίου) δηλαδή στο 50-60% της ετήσιας κατανάλωσης πετρελαίου στην Ελλάδα.

Παρά την σχετικά μικρή αξιοποίηση της ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας σε σχέση με άλλες χώρες αλλά και τις ίδιες τις δυνατότητες, σημαντικά έργα και μονάδες

παραγωγής βρίσκονται ήδη σε λειτουργία και ακόμα πιο σημαντικά βρίσκονται στην τελική ευθεία για την κατασκευή τους. Παρακάτω παρατίθενται τα σπουδαιότερα.

Εκκοκκιστήρια στην περιοχή της Βοιωτίας

Ένα παράδειγμα βιομηχανίας όπου με την εγκατάσταση μονάδας συμπαραγωγής υποκαταστάθηκαν, πολύ επιτυχώς, συμβατικά καύσιμα από βιομάζα είναι τα εκκοκκιστήρια στην περιοχή της Βοιωτίας. Τα σημαντικότερα είναι το Π.Γ. ΛΙΝΑΡΔΟΥΤΣΟΣ Α.Ε. με λέβητα ισχύος 6.000.000 kcal/h (6,978 MW) και το ΕΚΚΟΚΙΣΤΗΡΙΑ ΔΑΥΛΕΙΑΣ Α.Ε με λέβητα ισχύος 5.000.000 kcal/h (5,815 MW). Συγκεκριμένα ,στο έργο στη Δαύλεια Βοιωτίας, που είναι και το παλιότερο, εκκοκκίζονται ετησίως 40.000 - 50.000 τόνοι βαμβακιού και από την παραγωγική αυτή διαδικασία προκύπτουν ετησίως 4.000 -5.000 τόνοι υπολειμμάτων, τα οποία στο παρελθόν καίγονταν σε πύργους αποτέφρωσης, χωρίς ιδιαίτερο έλεγχο, δημιουργώντας έτσι κινδύνους αναφλέξεως. Η απαραίτητη ξήρανση του βαμβακιού πριν τον εκκοκκισμό παλαιότερα γινόταν με την καύση πετρελαίου και διοχέτευση των καυσαερίων 55 στο προς ξήρανση βαμβάκι, μέχρι που εγκαταστάθηκε σύστημα συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού, το οποίο αξιοποιεί, μέσω καύσης, τα υπολείμματα του εκκοκκισμού.



Εικόνα 6.5: Εκκοκκιστήριο στη Βοιωτία

Το έργο που παράγεται, κατά την εκτόνωση του ατμού σε ένα στρόβιλο, μετατρέπεται στη γεννήτρια σε ηλεκτρική ενέργεια (ισχύς 560 kW). Μετά την εκτόνωσή του, ο ατμός οδηγείται, μέσω σωληνώσεων, αφ' ενός σε εναλλάκτες θερμότητας, όπου θερμαίνεται ο αέρας σε θερμοκρασία 130°C, ο οποίος, εν συνεχεία, χρησιμοποιείται για την ξήρανση του βαμβακιού σε ειδικούς, γι' αυτό το σκοπό, πύργους, αφ' ετέρου στο σπορelaiουργείο, όπου χρησιμοποιείται στις πρέσες ατμού για την εξαγωγή του βαμβακέλαιου. Με την εγκατάσταση του παραπάνω συστήματος, καλύπτεται το σύνολο των αναγκών σε θερμότητα του εκκοκκιστηρίου, καθώς και μέρος των αναγκών του σε ηλεκτρική ενέργεια. Η εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων που επιτυγχάνεται ετησίως φθάνει τους 630 τόνους πετρελαίου. Έτσι, η αρχική επένδυση, συνολικού ύψους 880.411 ευρώ, αποπληρώθηκε σε μόλις 6 - 7 εκκοκκιστικές περιόδους.

Το συγκεκριμένο έργο αναφέρεται καθώς αποτελεί μια επιτυχημένη αντικατάσταση συμβατικών καυσίμων, με τα ίδια υπολείμματα της βιομηχανίας. Επίσης, φαίνεται πως η οικονομική απόσβεση του αρχικού κόστους επένδυσης, για την δημιουργία της συμπαραγωγής και του συνολικού δικτύου, έγινε πολύ σύντομα.

7. Συστήματα θέρμανσης και ψύξης

7.1 Συστήματα θέρμανσης με χρήση βιομάζας

Κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος καύσης της βιομάζας πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η φωτιά απαιτεί τρεις παράγοντες για να αρχίσει και να συνεχίσει να υπάρχει. Χρειάζεται καύσιμο, οξυγόνο και θερμότητα. Ο έλεγχος της φωτιάς γίνεται με τον έλεγχο των τριών αυτών παραγόντων.

Οι τεχνολογίες που μπορούν να αξιοποιήσουν τη βιομάζα ξυλείας για παραγωγή εγχώριας θερμότητας είναι:

- Τυπικό τζάκι (απόδοση 10-20%).
- Ενεργειακό τζάκι, για θέρμανση χώρων ή νερού (απόδοση 80-85%).
- Λέβητας pellets ή wood chip ή κούτσουρων ξύλου και μπρικετών για κεντρική θέρμανση (απόδοση 70-90%).

Η χρήση συστημάτων αξιοποίησης βιομάζας μπορούν να καλύψουν μέχρι και το 100% των θερμικών αναγκών μιας οικίας. Οι διάφορες αυτές τεχνολογίες για θέρμανση των κτιρίων με βιομάζα ξυλείας μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

- Ως μεμονωμένες μονάδες πηγής θερμότητας για τη θέρμανση ενός δωματίου.
- Ως μοναδική πηγή θέρμανσης της οικίας και για παροχή ζεστού νερού.
- Σε συνδυασμό με λέβητα πετρελαίου και για παροχή ζεστού νερού.

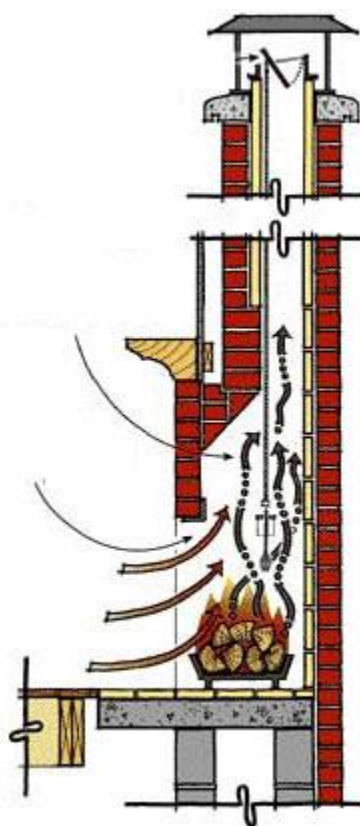
7.1.1 Τυπικό τζάκι

Τα τυπικά (χτιστά) ή παραδοσιακά τζάκια κατασκευάζονται από πέτρα η τούβλο και συνήθως έχουν μεγάλα σταθερά ανοίγματα στην περιοχή της φωτιάς (περιοχή καύσης) και καπνοσύρτη, στην καμινάδα, για να περιορίσει τον αέρα του δωματίου και τις απώλειες θερμότητας όταν το τζάκι δεν χρησιμοποιείται.



Εικόνα 7.1 : Παραδοσιακό τζάκι

Τα περισσότερα παραδοσιακά τζάκια αν και ζεσταίνουν τον χώρο μέσα στον οποίο είναι εγκατεστημένα, απορροφούν παράλληλα τον υφιστάμενο ζεστό αέρα του δωματίου και τον διοχετεύουν έξω μέσω της καμινάδας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι υπόλοιποι χώροι του σπιτιού να κρυνώνουν σταδιακά (εικόνα 7.2). Μερικά παραδοσιακά τζάκια έχουν μετακατασκευαστεί με μικρές πόρτες ή περσίδες για να μειωθεί το ποσοστό του αέρα καύσης που προσλαμβάνεται κατά τη χρήση. Παρ' όλα αυτά, μεγάλο μέρος της θερμότητας που παράγεται από τα παραδοσιακά τζάκια χάνεται στα καυσαέρια και μέσα από την τοιχοποιία κατά την έναρξη της καύσης του ξύλου, γι' αυτό η απόδοση τους ανέρχεται μέχρι το 20-25%.



Εικόνα 7.2: Γραφική απεικόνιση της λειτουργίας παραδοσιακού τζακιού.

Επίσης, στα παραδοσιακά τζάκια, λόγω του ανοιχτού χώρου που γίνεται η καύση του ξύλου, επιτυγχάνεται ατελής καύση με αποτέλεσμα την παραγωγή επιβλαβών αερίων, τόσο για την υγείας μας όσο και για το περιβάλλον. Παράγεται μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οξειδία του θείου (SOX), οξειδία του αζώτου (NOX), πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC) και αιωρούμενα σωματίδια (PM). Το U.S. Environmental Protection Agency (EPA), έχει διεξάγει μετρήσεις που απέδειξαν ότι οι προσμίξεις των αερίων στο εσωτερικό μιας οικίας, η οποία χρησιμοποιεί παραδοσιακό τζάκι για θέρμανση,

βρίσκονται σε υψηλότερα επίπεδα από ότι στον εξωτερικό αέρα. Επίσης, οι κατοικίες που δεν χρησιμοποιούν τζάκι μπορούν να επιβαρυνθούν μέχρι και 70% από γειτονικές εστίες θέρμανσης, λόγω της εκπομπής των παραπάνω αερίων.

Τα κλασικά, συμβατικά τζάκια έχουν χαμηλό βαθμό απόδοσης 10-20% διότι το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας που παράγεται από την καύσιμη ύλη, αποβάλλεται ελεύθερα στο περιβάλλον μέσω της καμινάδας. Τα τζάκια αυτά χαρακτηρίζονται από μεγάλη κατανάλωση σε ξύλο, γεγονός που επιβαρύνει όχι μόνο οικονομικά αλλά και περιβαλλοντικά.

Ενδεικτικά είναι τα στοιχεία έρευνας σε ευρωπαϊκές πόλεις, που διεξήχθη το 2001 - 2005 στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού προγράμματος Carbosol1. Όπως φάνηκε το 50%-70% της χειμερινής ρύπανσης, με βλαβερές για την υγεία ενώσεις άνθρακα, προέρχεται από τα τζάκια και την καύση βιομάζας. Οι ειδικοί του ΚΕΕΛΠΝΟ σημειώνουν ωστόσο, ότι αυτά τα επίπεδα καταγράφονται σε χώρες με πολύ βαρύτερο χειμώνα και πολύ πιο εκτεταμένη καύση βιομάζας και ξυλείας.

Προκατασκευασμένο τζάκι από μαντέμι

Τα προκατασκευασμένα τζάκια (εικόνα 7.8) αποτελούνται από μεταλλικά φύλλα και βάσεις ή από μαντέμι, που φέρουν στο εσωτερικό τους επένδυση από πυρότουβλα και περιβάλλονται από φύλλα χάλυβα με χώρους για την κυκλοφορία του αέρα. Μερικά έχουν εφαρμοστές πόρτες, αλλά και πάλι η απόδοσή τους σε θερμότητα παραμένει στα ίδια επίπεδα με αυτήν των παραδοσιακών τζακιών .



Εικόνα 7.8 : Προκατασκευασμένο τζάκι από μαντέμι

7.1.2 Ενεργειακό τζάκι ή ενεργειακή εστία

Το ενεργειακό τζάκι (εικόνα 7.4) και η ενεργειακή εστία (εικόνα 7.5) είναι συστήματα που αξιοποιούν το μεγαλύτερο ποσοστό της θερμότητας από την καύση του ξύλου διοχετεύοντας την μέσω ειδικού μηχανισμού στον εσωτερικό χώρο. Έτσι, ο βαθμός απόδοσης του σε σχέση με το παραδοσιακό τζάκι είναι πολύ μεγαλύτερος και φτάνει στο 80-85%, εξαιτίας του θαλάμου δευτερογενούς καύσης .



Εικόνα 7.4: Ενεργειακό τζάκι



Εικόνα 7.5: Ενεργειακή εστία

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό αυτού του είδους τζακιού είναι ότι είναι πολύ οικονομικό στην κατανάλωση ξυλείας αφού χρειάζεται περίπου 2 kg ξύλα /h. Με τη

μετατροπή των παραδοσιακών τζακιών σε ενεργειακά, συνεπάγεται βελτίωση του βαθμού ενεργειακής απόδοσης, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση καυσόξυλου.

Επίσης, χαρακτηρίζεται από περιορισμένη εκπομπή καυσαερίων ($PM_{10} < 20 \text{ mg/m}^3$). Αυτό επιτυγχάνεται λόγω της δευτερογενούς καύσης, κατά την οποία καίγονται μεγάλες ποσότητες μονοξειδίου του άνθρακα που παράχθηκαν κατά την πρωτογενή καύση.

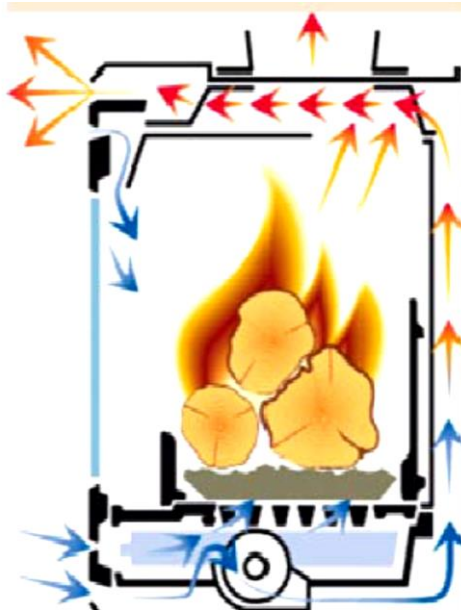
Σημαντικό είναι ακόμη ότι υπάρχει δυνατότητα ελέγχου της καύσης ανάλογα με την επιθυμητή θερμοκρασία και μεγαλύτερη ασφάλεια, λόγω της πόρτας που καλύπτει την περιοχή καύσης. Η μετάδοση της θερμότητας στο χώρο επιτυγχάνεται με μηχανική ή φυσική ροή.

Η μέγιστη απόδοση του ενεργειακού τζακιού επιτυγχάνεται όταν η πόρτα του (πυρίμαχο τζάμι) είναι κλειστή. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και με ανοιχτή πόρτα, ώστε να μη στερηθούν οι απολαύσεις του τζακιού, η θέα της φωτιάς και το ψήσιμο. Επιπλέον, ενσωματώνεται εύκολα στη θέση του παραδοσιακού τζακιού.

Τα ενεργειακά τζάκια ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες:

A) Ενεργειακό τζάκι αέρα, (εικόνα 7.6), το οποίο λειτουργεί ως αερόθερμο, εκμεταλλεύεται τη θερμότητα που παράγεται στο χώρο καύσης και διοχετεύει θερμό αέρα μέσω των αεραγωγών και των περσίδων στο χώρο.

Έχει παρατηρηθεί ότι αυτού του είδους τζάκια ζεσταίνουν έως και τέσσερις φορές περισσότερο από τα τζάκια με πυρότουβλο. Αυτό συμβαίνει γιατί διαθέτουν μηχανισμό ρύθμισης της παροχής του εξωτερικού αέρα που επιτυγχάνει την αυξομείωση της έντασης της φλόγας και κατά συνέπεια της έντασης της θέρμανσης. Επιπλέον, εκμεταλλεύονται της επιφάνειες που βρίσκονται στο πίσω μέρος της εστίας προκειμένου να δημιουργήσουν κύκλωμα αέρα. Με τον τρόπο αυτό διοχετεύεται στο κάτω μέρος της εστίας ψυχρός, υγροποιημένος, καθαρός αέρας ο οποίος στη συνέχεια θερμαίνεται στο πίσω μέρος του τζακιού και διοχετεύεται μέσω αεραγωγών είτε στο χώρο που βρίσκεται το τζάκι, είτε σε άλλους χώρους (εικόνα 7.7).



Εικόνα 7.7: Λειτουργία ενεργειακού τζακιού αέρα

B) Ενεργειακό τζάκι νερού (εικόνα 7.8), το οποίο λειτουργεί ως πλήρης, αυτόνομη μονάδα παραγωγής ζεστού νερού που διοχετεύεται στα θερμαντικά σώματα (ή υποδαπέδια) για θέρμανση όλων των χώρων της οικίας

Λέγονται και τζάκια καλοριφέρ και έχουν ως βασική λειτουργία τη διοχέτευση της ενέργειας που παράγεται από την καύση της ξυλείας, στο νερό. Η λειτουργία της είναι ανάλογη με εκείνη του κανονικού τζακιού, όσον αφορά στο άναμμα, τη χρήση και τη συντήρηση. Το ζεστό νερό μεταφέρεται με τη βοήθεια του κυκλοφορητή σε σώματα καλοριφέρ παρέχοντας ομοιόμορφη κατανομή της θερμότητας στους χώρους της κατοικίας και ταυτόχρονα ζεστό νερό χρήσης. Τα τζάκια καλοριφέρ μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μοναδικές πηγές θέρμανσης σε χώρους μεγαλύτερους από 200 m². Η λειτουργία της μπορεί να είναι είτε αυτόνομη είτε συμπληρωματική με κεντρική θέρμανση, σε συνδυασμό με λέβητα πετρελαίου.



Εικόνα 7.8: Ενεργειακό τζάκι νερού.

Τα ενεργειακά συστήματα τύπου τζακιού πρέπει να κατασκευάζονται με βάση τα Ευρωπαϊκά πρότυπα EN 13240:2001 και EN13229:2001 τα οποία βρίσκονται κάτω από την οδηγία 89/106/EK (CPD) για τα προϊόντα που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές και εναρμονίζονται πλήρως με αυτή από την 1.7.2007.

Ενεργειακό θεωρείται ένα κλειστό τζάκι όταν πληρεί προδιαγραφές που πιστοποιούνται γραπτά από της κατασκευαστές και συνοδεύεται από διεθνείς πιστοποιήσεις. Πρέπει να αναφέρεται η απόδοση σε kw, κατανάλωση ξύλου, βαθμός απόδοσης, βάρος, σε ορισμένα αναφέρεται ακόμα και η εκπομπή των ρύπων. Μη πιστοποιημένες εστίες μπορεί να δημιουργούν περισσότερα προβλήματα από ότι οι ανοιχτού τύπου.[30]

Ακολουθεί πίνακας ο οποίος προσδιορίζει τις διαφορές μεταξύ του παραδοσιακού και του ενεργειακού τζακιού ως προς τα χαρακτηριστικά τους.

Παραδοσιακά τζάκια ανοιχτού τύπου	Ενεργειακά τζάκια κλειστού τύπου
Ζεσταίνουν τοπικά όπου φτάνει η ακτινοβολία της	Διανέμουν ζεστό αέρα σε όλο το χώρο ή ζεστό νερό σε όλη την οικία
Η καμινάδα ρουφάει το ζεστό αέρα του σπιτιού με αποτέλεσμα να το κρυώνει	Η κλειστή πόρτα αποτρέπει την έξοδο του αέρα από την καμινάδα

Μεγάλη και μη ελεγχόμενη κατανάλωση ξύλων	Μικρή και ελεγχόμενη κατανάλωση ξύλων
Αξιοποιούν το 15-30% της θερμογόνου απόδοσης του ξύλου	Αξιοποιούν το 70-85% της θερμογόνου απόδοσης του ξύλου
Εκπομπή επιβλαβών αερίων σε μεγάλες ποσότητες	Περιορισμένη εκπομπή ρύπων
Επικίνδυνα για περίπτωση φωτιάς	Ασφαλή για περίπτωση φωτιάς
Κόστος ανά kwh: 0,12 €/kWh	Κόστος ανά kwh: 0,05 €/kWh
Κόστος ξυλείας: 2.160 €/έτος	Κόστος ξυλείας: 900 €/έτος
Κόστος αγοράς: 1.500 €	Κόστος αγοράς: 3.200€

Πίνακας 7.1: Διαφορές παραδοσιακού-ενεργειακού τζακιού

Τα πλεονεκτήματα του ενεργειακού τζακιού μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

1. Μεγάλος βαθμός απόδοσης.
2. Μειωμένη κατανάλωση καυσίμου.
3. Δυνατότητα ελέγχου του επιπέδου καύσης ανάλογα με την επιθυμητή θερμοκρασία.
4. Μετάδοση της θερμότητας στον χώρο με φυσική ή μηχανική ροή.
5. Αποφυγή καπνού στο χώρο και μειωμένη εκπομπή καυσαερίων.

7.1.3 Λέβητας pellets ή wood chip ή κούτσουρων ξύλου και μπρικετών

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας έχει οδηγήσει στο σχεδιασμό και στην κατασκευή σύγχρονων συστημάτων θέρμανσης και λεβήτων καύσης βιομάζας που επιτυγχάνουν μεγάλους βαθμούς απόδοσης συγκριτικά με τα παραδοσιακού τύπου τζάκια που οι βαθμοί απόδοσης τους είναι πολύ μικροί. Η λειτουργία ενός λέβητα είναι πολύ απλή. Έχοντας ένα ντεπόζιτο με νερό προσπαθούμε να το ζεστάνουμε με διάφορους τρόπους, όπως για παράδειγμα με καύση κάποιου υλικού. Αυτό το θερμό νερό με την

βοήθεια αντλίας διέρχεται στην κατοικία μέσα από σωληνώσεις με αποτέλεσμα να θερμαίνει την ατμόσφαιρα που υπάρχει μέσα σε αυτήν.

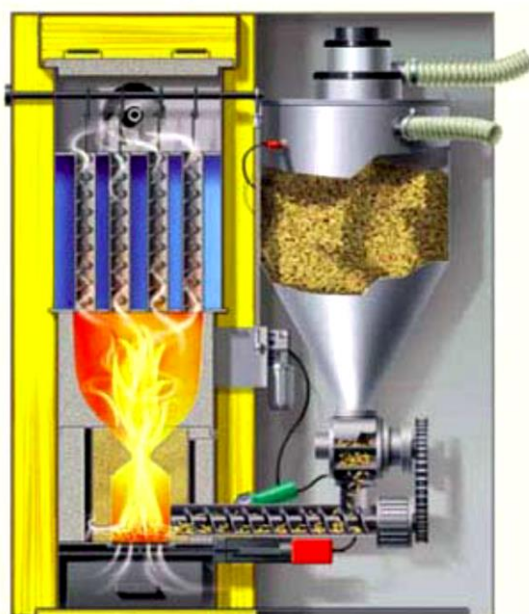
Το πρότυπο που καθορίζει την κατασκευή και λειτουργία των λέβητων βιομάζας είναι το ευρωπαϊκό πρότυπο ποιότητας EN303-5. Σύμφωνα με αυτό καθορίζονται η απόδοση και η καύση της βιομάζας.

Οι τύποι λέβητα βιομάζας (ξύλου) για οικιακές εγκαταστάσεις είναι οι εξής:

- Λέβητες πέλλετ (pellet)
- Λέβητες θρυμμάτων ξύλου (wood chip)
- Λέβητες κούτσουρων ξύλου και μπρικετών

Λέβητας pellet

Οι λέβητες καύσης pellet, λειτουργούν εύκολα σε μια πλήρως αυτόματη διαδικασία. Το γεγονός αυτό οφείλεται τόσο στο μέγεθος των pellet όσο και στις ιδιότητες οι οποίες του δίνουν τα χαρακτηριστικά ρευστού. Τα πλεονεκτήματα αυτά έχουν συντελέσει στη ραγδαία ανάπτυξη και διάδοση των pellet αλλά και στην επίτευξη όλο και μεγαλύτερων βαθμών απόδοσης κατά την καύση τους.



Εικόνα 7.9: Λέβητας pellet

Οι λέβητες pellet, όπως και οι συμβατικοί λέβητες καυσίμων, έχουν αυτόματο σύστημα ανάφλεξης. Σε μερικές περιπτώσεις, οι λέβητες διαθέτουν επίσης, αυτόματο

σύστημα απομάκρυνσης της τέφρας που συλλέγεται στο θάλαμο καύσης. Με αυτόν τον τρόπο, η λειτουργία τους είναι απολύτως αυτοματοποιημένη, διευκολύνοντας τη χρήση τους επιλέγοντας το κατάλληλο σύστημα τροφοδοσίας της βιομάζας στο εσωτερικό λέβητα.

Βασικά μέρη ενός λέβητα pellet

1. Η Δεξαμενή

Ο χώρος τοποθέτησης των pellet (Δεξαμενή-tank), κάποιες φορές είναι μέρος του λέβητα ενώ άλλες πάλι είναι απλά συνδεδεμένος με τον υπόλοιπο λέβητα με κάποια σωλήνα ή κοχλία. Τα pellet από την δεξαμενή με κάποιο μέσο προώθησης (κοχλίας, αστεροειδής βαλβίδα κα) προωθείται στον χώρο καύσης.

2. Ο Χώρος Καύση

Τα Pellet μεταφέρονται στον χώρο αυτό από την Δεξαμενή πάντα όμως με την χρήση διαδρομών ή μηχανισμών που εμποδίζουν την υποχώρηση της φωτιάς στον κύριο χώρο της Δεξαμενής. Οι ασφαλιστικές δικλίδες αυτές είναι παρόμοιες στις διάφορες εταιρίες και περιλαμβάνουν βαλβίδες πυρόσβεσης, επικλινείς "διαδρόμους" από τους οποίους γίνεται η πτώση των pellets στον θάλαμο καύσης κ.α. Ο χώρος καύσης διαφέρει σε σχεδιασμό, υλικά κατασκευής και μέγεθος ανάλογα με το εργοστάσιο παραγωγής και την δυναμικότητα του λέβητα. Στον χώρο καύσης γίνεται το άναμμα, το οποίο όταν είναι αυτόματο γίνεται είτε με χρήση blower θερμού αέρα (ουσιαστικά ένα πιστολάκι υπέρθερμου αέρα) είτε με απλή ηλεκτρική αντίσταση και κατόπιν με την βοήθεια αέρα που προωθείται από ανεμιστήρα συντηρείται και δυναμώνει η φλόγα στον θάλαμο καύσης.

3. Χώρος ανταλλαγής θερμότητας

Ο χώρος αυτός είναι ουσιαστικά η διαδρομή από την οποία περνούν τα καυσαέρια κατευθυνόμενα προς την καμινάδα και ο οποίος περιλαμβάνει σωληνώσεις και σκαλοπάτια τα οποία περιέχουν το νερό του λέβητα. Η διαδρομή αυτή είναι λιγότερο ή περισσότερο πολύπλοκη ανάλογα με τον σχεδιασμό του λέβητα και είναι φτιαγμένη ώστε να επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη δυνατή απορρόφηση της θερμότητας των καυσαερίων από το νερό. Το κατά πόσον η θερμότητα που παράγεται από την καύση των pellet μεταδίδεται στο νερό που περιέχουν τα τοιχώματα του λέβητα, είναι και αυτό που καθορίζει την απόδοση του λέβητα.

4. Καπνοδόχος

Η καπνοδόχος είναι ένα από τα σημεία που, σε συνδυασμό με την ποιότητα των pellet, βοηθούν την σωστή λειτουργία του λέβητα και είναι κάτι που πρέπει να προσέχεται σε όλες τις εγκαταστάσεις. Κάθε κατασκευαστής έχει συγκεκριμένες απαιτήσεις για την καμινάδα που πρέπει να τοποθετηθεί στον λέβητα. Είναι απαραίτητο να ακολουθούνται πιστά οι οδηγίες αυτές.

5. Κεντρική Μονάδα Ελέγχου (Υπολογιστής-PLC)

Όλες οι λειτουργίες και τα μέρη του λέβητα pellet ελέγχονται και προγραμματίζονται από την Μονάδα Ελέγχου που υπάρχει επάνω του. Αυτή η μονάδα χρησιμοποιεί μία σειρά από αισθητήρες ώστε να προσαρμόσει την καύση και την λειτουργία του λέβητα ανάλογα με την ζήτηση θερμότητας από την εγκατάσταση. Σε κάθε λέβητα το πόσο εξελιγμένο ή όχι είναι το σύστημα ελέγχου αυτό, προσφέρει αντίστοιχα πολλές ή λίγες δυνατότητες αλλά και μικρότερη ή περισσότερη οικονομία.[27]

Τέλος, οι λέβητες pellet χωρίζονται σε δύο κατηγορίες : τις σόμπες αέρα και τις σόμπες νερού ή καλοριφέρ.

1. Αερόθερμες σόμπες pellet

Οι αερόθερμες σόμπες pellet θερμαίνουν μέσω της έκλυσης θερμού αέρα και προορίζονται για τη θέρμανση ενιαίων χώρων. Για την κάλυψη 8 m² απαιτείται ονομαστική ισχύς περίπου 1 kW. Οι αποδόσεις των αερόθερμων σομπών pellet κυμαίνονται από 85% - 92%. Έτσι θεωρώντας μια αερόθερμη σόμπα pellet με βαθμό απόδοσης 92% και θερμογόνο δύναμη για το pellet 5 kw/kg, προκύπτει ότι 1kW θερμικής ενέργειας απαιτεί 0,2 kg pellet. Συνεπώς, με κόστος 0,30 ευρώ/kg προκύπτει κόστος 0,06 ευρώ/kWh.

2. Σόμπες pellet καλοριφέρ

Οι σόμπες pellet καλοριφέρ μπορούν να συνδεθούν με τα κεντρικά σώματα θέρμανσης μιας κατοικίας και να λειτουργήσουν είτε σε συνδυασμό με το βασικό καύσιμο είτε σαν μοναδικές εστίες θέρμανσης.

Λέβητες θρυμμάτων ξύλου

Οι λέβητες θρυμμάτων ξύλου είναι παρόμοιοι με τους αντίστοιχους λέβητες καύσης pellet. Διαθέτουν αυτόματο σύστημα ανάφλεξης και σε ορισμένες περιπτώσεις, διαθέτουν και αυτόματο σύστημα απομάκρυνσης τέφρας. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω στους λέβητες καύσης pellet, η λειτουργία τους είναι πλήρως αυτοματοποιημένη και απαιτεί ελάχιστη παρέμβαση. Η διαφορά μεταξύ των λεβήτων καύσης θρυμμάτων ξύλου και λεβήτων καύσης pellet έγκειται στις διαφοροποιήσεις των δύο καυσίμων βιομάζας.

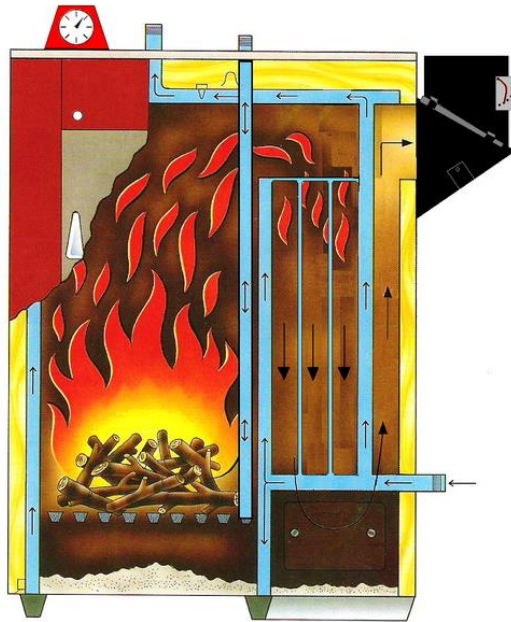


Εικόνα 7.10: Λέβητας wood-chips

Τα θρύμματα ξύλου είναι περισσότερο ανομοιόμορφα στο σχήμα και στο μέγεθος τους σε σχέση με τα pellet και επιπλέον, έχουν μικρότερη ενεργειακή πυκνότητα. Το γεγονός αυτό έχει ως συνέπεια, τη χρήση μεγαλύτερου χώρου αποθήκευσης συγκριτικά με τα pellet και τη δυσκολότερη μεταφορά τους. Τα μειονεκτήματα αυτά καθιστούν τα pellet βιομάζας περισσότερο διαδεδομένα σε σχέση με τα θρύμματα ξύλου κυρίως για τις μικρές οικιακές εγκαταστάσεις. Παρόλα αυτά, η χρήση λεβήτων θρυμμάτων ξύλου υπερτερεί σε μεγαλύτερης κλίμακας οικιακές και βιομηχανικές εφαρμογές εξαιτίας του σημαντικά χαμηλότερου κόστους τους.

Λέβητες κούτσουρων ξύλου και μπρικετών

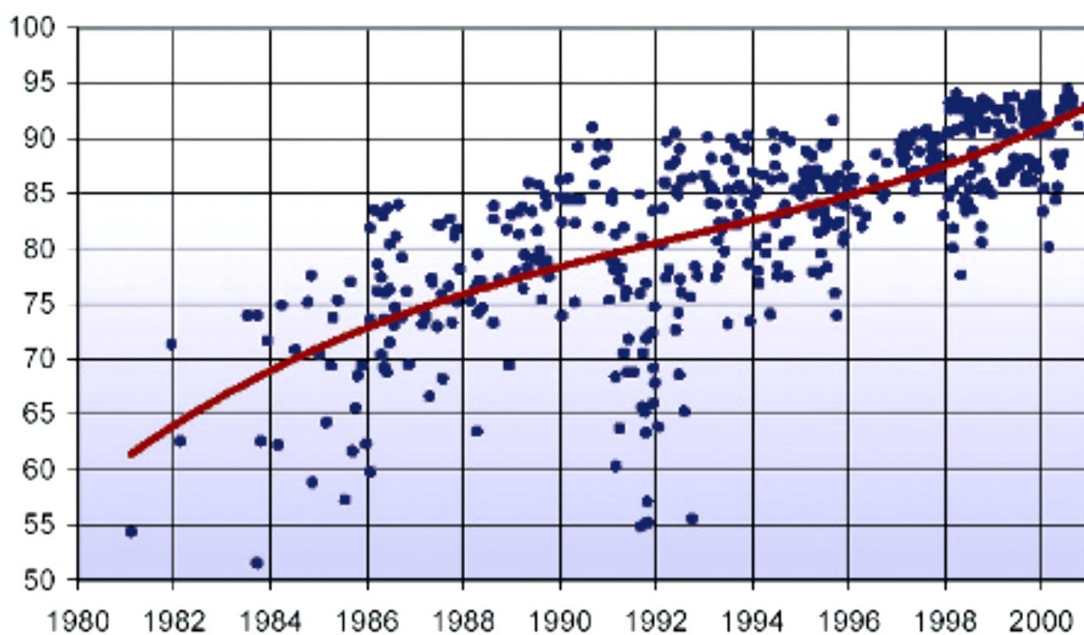
Οι λέβητες καύσης καυσόξυλων ή μπρικετών ανήκουν στην κατηγορία με τη μικρότερη ικανότητα αυτόματης λειτουργίας. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο μεγάλο όγκο που διαθέτουν τα αναφερόμενα καύσιμα. Αυτό έχει ως συνέπεια, την χειροκίνητη τροφοδοσία του λέβητα στην πλειοψηφία των περιπτώσεων. Επιπλέον, τα καυσόξυλα και οι μπρικέτες ξύλου έχουν μικρότερη ενεργειακή πυκνότητα σε σύγκριση με τα pellet και τα θρύμματα ξύλου και συνεπώς, ο αντίστοιχος όγκος αποθήκευσης είναι μεγαλύτερος.



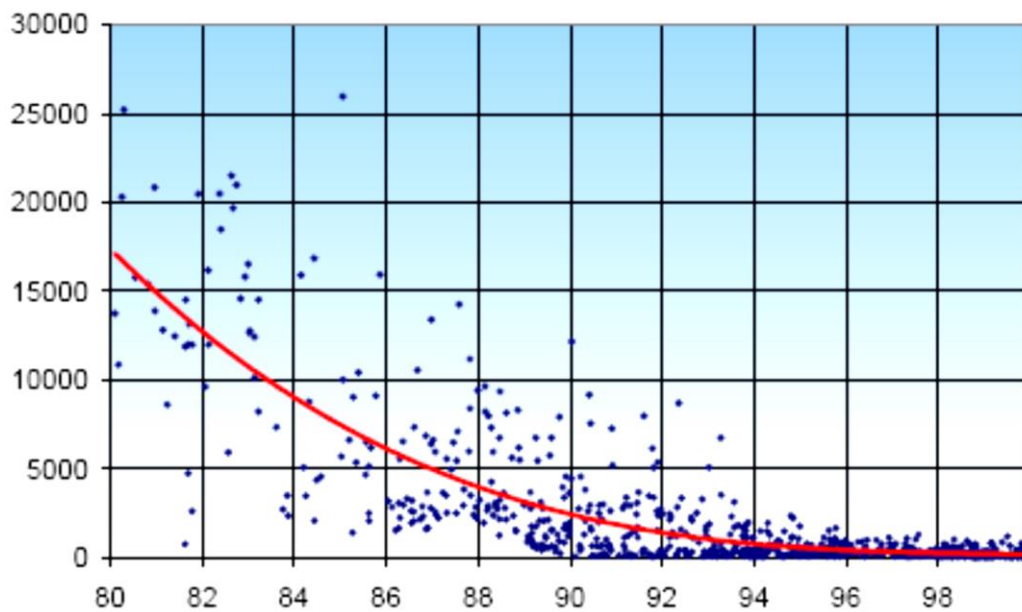
Εικόνα 7.11: Λέβητας καυσόξυλων

Τα καυσόξυλα αποτελούν μία εναλλακτική μορφή θέρμανσης λόγω της άμεσης διαθεσιμότητας τους και της οικονομικότερης τιμής τους. Ωστόσο, οι λέβητες καυσόξυλων έχουν τη μικρότερη αποδοτικότητα από τους άλλους τύπους λεβήτων που περιγράφηκαν στην παράγραφο αυτή. Θετική εξέλιξη αποτελεί το γεγονός ότι η σύγχρονη τεχνολογία έχει οδηγήσει τα τελευταία χρόνια στο σχεδιασμό και στην ανάπτυξη καινοτόμων «αεριοποίησης» κούτσουρων, οι οποίοι μπορούν να επιτύχουν μεγαλύτερους βαθμούς απόδοσης. Όλοι οι τύποι λεβήτων έχουν τον ίδιο τρόπο λειτουργίας ανεξάρτητα από το καύσιμο που χρησιμοποιείται. Το καύσιμο υλικό οδηγείται στο θάλαμο που καίγεται με τη βοήθεια ενός σύγχρονου καυστήρα, ζεσταίνει το νερό του λέβητα που αργότερα μέσω δικτύου σωληνώσεων θα κυκλοφορήσει στα θερμαντικά σώματα που υπάρχουν στους εσωτερικούς χώρους της οικίας. Οι πιο εξελιγμένοι τεχνολογικά λέβητες διαθέτουν αυτόματη λειτουργία και αυτόματο σύστημα για τον καθαρισμό των εναλλακτών θερμότητας και την απομάκρυνση της στάχτης. Στο λέβητα συσσωματωμάτων η τροφοδοσία γίνεται μια φορά τη μέρα, ενώ ο λέβητας ξύλου τροφοδοτείται 3-4 φορές τη μέρα (όχι αυτόματα). Στους λέβητες pellets μπορεί να εφαρμοστεί αισθητήρας ελέγχου του μονοξειδίου του άνθρακα (CO), ο οποίος εξασφαλίζει βέλτιστη παροχή αέρα και έτσι ρυθμίζει την ποιότητα καύσης.[33]

Παρακάτω παραθέτονται γραφικές παραστάσεις στις οποίες απεικονίζεται η εξέλιξη της αποδοτικότητας (%) των λεβήτων βιομάζας ξυλείας για εγχώρια χρήση από το 1980 μέχρι το 2000 (διάγραμμα 7.1) . Στην συνέχεια, στο διάγραμμα 7.2 φαίνεται η έκλυση του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) για την ίδια περίοδο στην Αυστρία. Παρατηρώντας τα δύο αυτά διαγράμματα, με το πέρας των ετών, είναι εμφανής η αύξηση της απόδοσης των λεβήτων ξύλου, και η μείωση των ποσοστών CO στην ατμόσφαιρα. Η αύξηση της απόδοσης των λεβήτων γίνεται λόγω της μεγάλης ζήτησης και της ανάπτυξης της τεχνολογίας, άρα και η αγορά προσπαθεί να βελτιώσει την απόδοση τους και να μειώσει τις απώλειες θερμότητας. Έτσι με το πέρας των ετών, τα υλικά είναι πιο ανθεκτικά, συνδυάζονται με τεχνογνωσία αλλά και με πιο σύγχρονη τεχνολογία, με σκοπό τη βέλτιστη λειτουργία, τη μακροζωία της συσκευής, την οικονομία καυσίμου και τη μείωση των αέριων ρύπων.



Διάγραμμα 7.1: Η απόδοση (%) των λεβήτων ξυλείας της Αυστρίας από το 1980-2000



Διάγραμμα 7.2: Οι εκπομπές CO (mg/Nm³) από λέβητες βιομάζας στην Αυστρία από το 1980-2000 [30]

NIR

Η φασματοσκοπία ανάκλασης στο εγγύς υπέρυθρο (NIR) είναι ένα ισχυρό, φθινό και γρήγορο εργαλείο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό χημικών ενώσεων στο ξύλο. Το NIR είναι μη καταστροφικό και η χρήση του μπορεί να φέρει μεγάλη οικονομική επιρροή σε μια μονάδα παραγωγής ενέργειας από βιοκαύσιμα. Αυτό συμβαίνει διότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση των ιδιοτήτων της βιομάζας σε πραγματικό χρόνο. Στόχος της παρούσας εργασίας ήταν να αξιολογηθεί εάν τα φάσματα NIR μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας σε λιγνίνη και της θερμογόνου δύναμης σε θρυμματισμένο ξύλο από διάφορα δασικά είδη. [4]

7.2 Συστήματα ψύξης με χρήση βιομάζας

Τα συστήματα ψύξης περιλαμβάνουν μονάδες κλιματισμού για γραφεία, βιομηχανίες και νοικοκυριά, τα οποία λειτουργούν με ενέργεια που παράγεται από την καύση βιομάζας. Ο ψύκτης απορρόφησης παράγει τον ψυχρό αέρα από τη θερμότητα που παράγεται. Η θερμότητα από τη βιομάζα χρησιμοποιείται για να λειτουργήσει η απορρόφηση του ψύκτη ώστε να δροσίσει τον αέρα. Στη συνέχεια, ο ψυχόμενος αέρας κυκλοφορεί σε διάφορα μέρη της εγκατάστασης μέσω μονωμένων αγωγών, με

αποτέλεσμα να διατηρείται σε σταθερή θερμοκρασία σε όλους τους χώρους. Αυτά τα συστήματα ψύξης προσδιορίζονται ως την πιθανή αντικατάσταση συμβατικών συστημάτων κλιματισμού που καταναλώνουν σημαντική ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας ή φυσικού αερίου, επηρεάζοντας έτσι τις περιβαλλοντικές συνθήκες.

7.3 Βασικά μέρη συστήματος ψύξης

Ένα σύστημα ψύξης βιομάζας περιέχει πολλές μονάδες που λειτουργούν ως σύστημα.

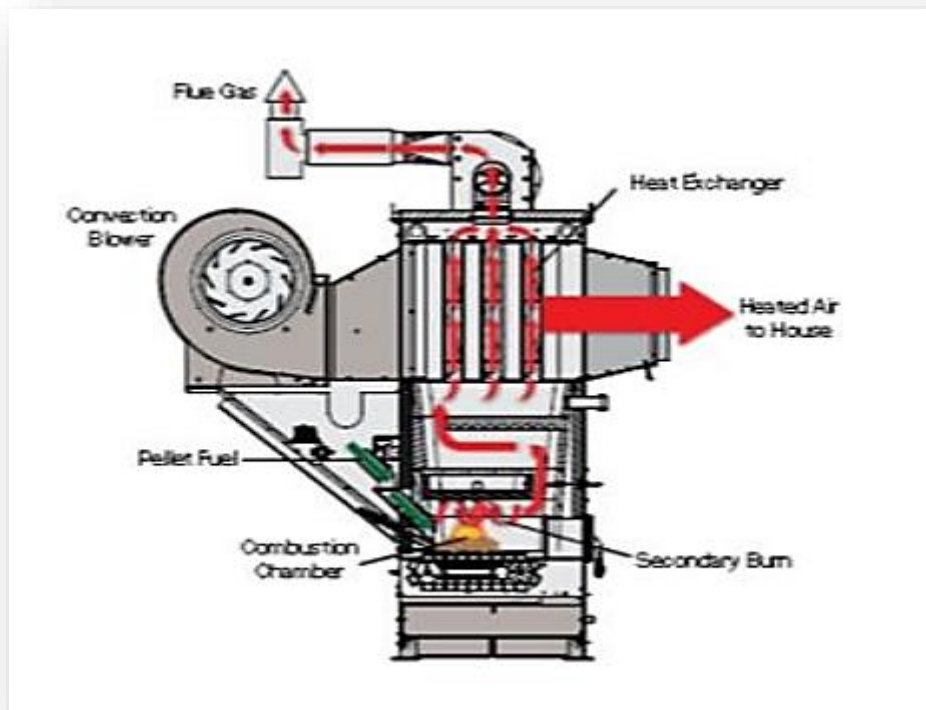
7.3.1 Λέβητας βιομάζας

Ο λέβητας βιομάζας είναι ένα σύστημα θέρμανσης με καύσιμο το ξύλο, που παρέχει θερμότητα σε κτίρια και σπίτια και ζεστό νερό. Ένας λέβητας βιομάζας να είναι η πηγή θερμότητας και για ένα ψυκτικό συγκρότημα απορρόφησης. Επίσης, παρέχει μια αποτελεσματική πηγή θερμότητας και, με την καύση απελευθερώνονται χαμηλά επίπεδα άνθρακα, καθώς το διοξείδιο του άνθρακα που εκπέμπεται είναι συνήθως περίπου το ίδιο με το ποσό που απορροφήθηκε από τα φυτά για την ανάπτυξή τους.



Εικόνα 7.12 :Διάγραμμα Stoker Boiler

Παρακάτω φαίνεται ένας διαφορετικός τύπος καυστήρα, στον οποίο κυκλοφορεί ο αέρας μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας που δέχεται θερμότητα από καύσιμο βιομάζας.



Εικόνα 7.13: Διάγραμμα φούρνων βιομάζας

Ακόμη μια μέθοδος καύσης είναι η τροφοδοσία της βιομάζας από το κάτω μέρος μέσω ενός συστήματος τροφοδοσίας τρυπανιού, όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 7.14: Κεντρικό σύστημα τροφοδοσίας βιομάζας

7.3.2 Μονάδα απορρόφησης

Οι ψύκτες απορρόφησης χρησιμοποιούν θερμότητα για να οδηγήσουν τον κύκλο ψύξης. Οι μονάδες παράγουν κρύο νερό ενώ καταναλώνουν μικρή ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας για τη λειτουργία των αντλιών. Οι ψύκτες απορρόφησης χρησιμοποιούν γενικά θερμότητα (ενέργεια χαμηλής ποιότητας) για να οδηγηθεί έναν κύκλο ψύξης βρωμιούχου λιθίου (LiBr), αντί να χρησιμοποιήσει ηλεκτρική ενέργεια (ενέργεια υψηλής ποιότητας). Η πηγή ενέργειας μπορεί να είναι ατμός, ζεστό νερό ή περίσσεια θερμότητας όπως τα καυσαέρια από έναν κινητήρα.

Η θερμότητα που παράγεται από το λέβητα βιομάζας μπορεί να είναι μια αποτελεσματική πηγή θερμότητας για ένα ψυκτικό συγκρότημα απορρόφησης. Οι ψύκτες απορρόφησης χρησιμοποιούν ψυκτικό με πολύ χαμηλό σημείο βρασμού, στους $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Όταν το ψυκτικό εξατμίζεται, ένα μέρος της θερμότητας διαχέεται, παρέχοντας ψύξη. Ο βασικότερος παράγοντας για τη διαδικασία, είναι η χρήση υγρού ψυκτικού, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα έναν επαναλαμβανόμενο κύκλο.

7.3.3 Πύργος ψύξης

Ο πύργος ψύξης είναι μια συσκευή απόρριψης θερμότητας, η οποία εξάγει θερμότητα στην ατμόσφαιρα μέσω της ψύξης νερού σε ροή σε χαμηλότερη θερμοκρασία. Η απορριπτόμενη θερμότητα σε έναν πύργο ψύξης ονομάζεται "εξατμιζόμενη" καθώς επιτρέπει σε ένα μικρό μέρος του νερού να εξατμιστεί σε ένα κινούμενο ρεύμα αέρα ώστε να παρέχει σημαντική ψύξη στο υπόλοιπο ρεύμα του νερού. Εξατμιστικές συσκευές απόρριψης θερμότητας, όπως π.χ. οι πύργοι ψύξης, συνήθως παρέχουν σημαντικά χαμηλότερες θερμοκρασίες νερού.

Οι αντλίες μεταφέρουν το νερό, που θερμαίνεται από βιομηχανική διαδικασία ή από συμπυκνωτή κλιματισμού, στον πύργο ψύξης, μέσω σωληνώσεων. Το νερό ψεκάζεται μέσω ακροφυσίων πάνω σε τράπεζες υλικού που ονομάζεται "γέμισμα", το οποίο επιβραδύνει τη ροή του νερού μέσω του πύργου ψύξης, και εκθέτει όσο το δυνατόν περισσότερη επιφάνεια νερού ώστε να υπάρχει μέγιστη επαφή αέρα-νερού. Καθώς το νερό ρέει μέσω του πύργου ψύξης, η έκθεσή του στον αέρα διαπερνάται από τον πύργο από έναν ηλεκτρικό ανεμιστήρα με κινητήρα το οποίο προκαλεί εξάτμιση και δημιουργεί μια δράση ψύξης. Στην συνέχεια, μια αντλία κατευθύνει το κρύο νερό πίσω στον συμπυκνωτή ή τον εξοπλισμό επεξεργασίας, όπου εκεί απορροφά θερμότητα. Τότε το νερό πηγαίνει πίσω στον πύργο ψύξης για να κρυώσει ξανά .

7.3.4 Πύργος ψύξης Delta

Κέλυφος

Το κέλυφος είναι κατασκευασμένο χωρίς ραφές, σε κυλινδρικό σχήμα, από πολυαιθυλένιο, με πλαστικό αγωγό φυσητήρα συγκολλημένο πάνω στα τοιχώματα του κελύφους. Επίσης, διαθέτει θύρα ελέγχου με αφαιρούμενο κάλυμμα που βρίσκεται πάνω από την ενσωματωμένη στάθμη κρύου νερού, για πρόσβαση στην αυτόματη βαλβίδα σύνθεσης και ρυθμιζόμενο φλοτέρ.

Δεξαμενή

Η δεξαμενή είναι ενσωματωμένη στο κέλυφος του πύργου ψύξης.

Σύστημα Διανομής Νερού

Ένα σύστημα διανομής νερού είναι ένα εντελώς κλειστό, σύστημα που λειτουργεί με ανυψωτικό σπρέι, υλικού πολυβινυλοχλωριδίου (PVC), το οποίο είναι μη διαβρωτικό. Τα ακροφύσια με σπείρωμα PVC μπορούν να αλλάξουν ή να αντικατασταθούν, στις περισσότερες περιπτώσεις, με άνοιγμα μεγαλύτερης διαμέτρου για αυξημένες συνθήκες ροής χωρίς αύξηση της πίεσης εισόδου. Όλα τα ακροφύσια δέχονται αυξήσεις της παροχής σε υψηλότερες πιέσεις εισόδου.

Φυσητήρας

Ο ανεμιστήρας είναι φυγοκεντρικός με καμπύλη προς τα εμπρός, στατικά και δυναμικά ισορροπημένος, κατασκευασμένος από χάλυβα άνθρακα βαρέου τύπου. Προστατεύεται από τη διάβρωση με βουτηγμένο και ψήσιμο σε αλκυδικό φινίρισμα (είδος πολυεστέρα).

Μοτέρ

Ο κινητήρας είναι ένας πλήρως κλειστός κινητήρας μεταβλητής συχνότητας με ψύξη ανεμιστήρα. Έχει σχεδιαστεί για τριφασική λειτουργία 208 ή 230/460 volt, 60 κύκλων και κατάλληλο για υπαίθρια χρήση. Ο κινητήρας, συνήθως, συνοδεύεται από πενταετή εγγύηση κατασκευαστή κινητήρα.

Προσαρμογή συνδέσεων

Οι συνδέσεις είναι μη διαβρωτικά εξαρτήματα διαφραγμάτων πολυβινυλοχλωριδίου (PVC) με συνδέσεις εισόδου, εξόδου, υπερχειλίσης, αποστράγγισης. Όλα τα

εξαρτήματα πρίζας για εφαρμογές αναρρόφησης της αντλίας έχουν διακόπτη στροβιλισμού.

7.3.5 Σύστημα ελέγχου

Το σύστημα ελέγχου ενσωματώνει το λέβητα βιομάζας, το ψυκτικό συγκρότημα απορρόφησης και τον πύργο ψύξης ώστε να ελέγχει τη λειτουργία και των τριών ως μια ενιαία μονάδα. Το σύστημα ελέγχου διαθέτει αρκετούς αισθητήρες και ηλεκτρονικά κυκλώματα για να παρακολουθεί τις λειτουργίες σύμφωνα με τις δυνατότητές τους, ώστε να εξασφαλίσει τη βέλτιστη εκτέλεση. Η χωρητικότητα ψύξης είναι ανάλογη με τη διαφορά θερμοκρασίας του νερού στην είσοδο και την έξοδο. Οι δείκτες αλλαγών φορτίου βασίζονται στην άνοδο ή την πτώση της θερμοκρασίας του νερού στην είσοδο. Η θερμοκρασία του κρύου νερού εξόδου ποικίλλει ανάλογα με τη θερμοκρασία του ψυγμένου νερού στην είσοδο. Ο αισθητήρας ανιχνεύει τη θερμοκρασία της αντίστασης. Αυτό το σήμα θερμοκρασίας τροφοδοτείται στον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή (PLC). Ένας ενσωματωμένος βρόχος ελέγχου επεξεργάζεται αυτό το σήμα. Ένα σήμα εξόδου ελέγχου αποστέλλεται στον μετατροπέα πίεσης (I/P). Ο ελεγκτής I/P μετατρέπει το ηλεκτρικό σήμα 4 έως 20 mA σε 2,8 σε 14,5 κιλά ανά psi, το οποίο ελέγχει τη θέση της βαλβίδας ελέγχου ζεστού νερού. Καθώς αυξάνεται το φορτίο, ανοίγει η βαλβίδα ελέγχου ζεστού νερού και αντίστροφα, ρυθμίζοντας έτσι την ποσότητα του θερμαινόμενου και ψυχρού νερού που εισέρχεται στο μηχάνημα .

7.3.6 Σωληνώσεις

Το φαινόμενο ψύξης που λαμβάνεται από τους ψύκτες απορρόφησης κυκλοφορεί μέσω αγωγών στις εγκαταστάσεις και διανέμεται ομοιόμορφα με βάση την κατανομή του χώρου. Αυτοί οι αγωγοί είναι παρόμοιοι με αυτούς που χρησιμοποιούνται απ σημερινά συμβατικά συστήματα. Ως αποτέλεσμα, οι εγκατεστημένοι αγωγοί χρησιμοποιούνται για την κυκλοφορία του ψυχρού αέρα. Επίσης, το σύστημα ψύξης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την θέρμανση του χώρου, με μικρές τροποποιήσεις.

7.4 Αρχή λειτουργίας

Μια αντλία στέλνει αραιωμένο διάλυμα βρωμιούχου λιθίου (LiBr) από τον απορροφητή στη γεννήτρια όπου το θερμαντικό μέσο που κυκλοφορεί μέσω της γεννήτριας εναλλάκτη θερμότητας το βράζει. Το ψυχρό (νερό) ατμός,

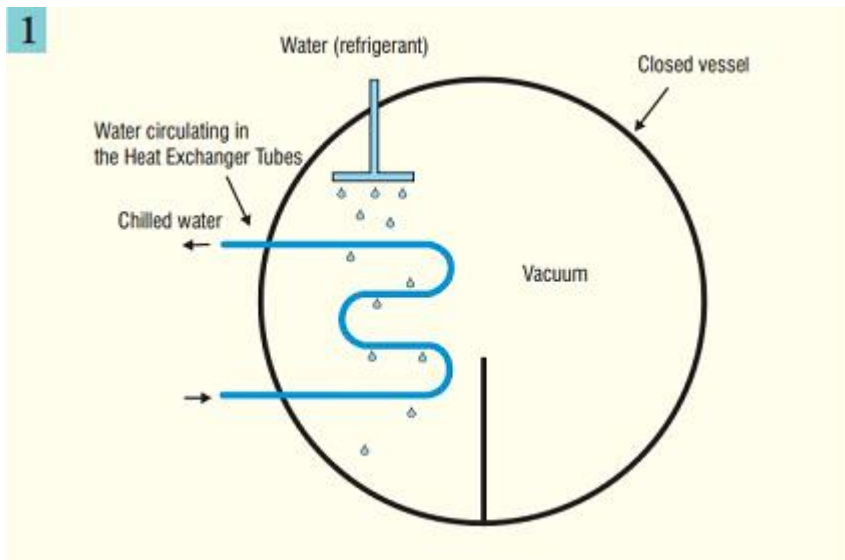
απελευθερώνεται από το αραιωμένο διάλυμα, ρέει στον εναλλάκτη θερμότητας του συμπυκνωτή, όπου εκεί συμπυκνώνεται σε υγρή κατάσταση με την απόρριψη θερμότητας στο κύκλωμα του νερού ψύξης. Λόγω του μερικού διαχωρισμού του διαλύματος βρωμιούχου λιθίου (LiBr) και νερού κατά τη διάρκεια του βρασμού στη γεννήτρια, το τμήμα του LiBr στο υπόλοιπο διάλυμα αυξάνεται. Αυτό το συμπυκνωμένο διάλυμα ρέει από τη γεννήτρια στον απορροφητή πάνω από την επιφάνεια του πηνίου εναλλάκτη.

Δεδομένου ότι το νερό ψύξης από το κύκλωμα κυκλοφορεί μέσω του πηνίου απορρόφησης, υπάρχει χαμηλή ατμοσφαιρική πίεση στο κοινό δωμάτιο του εξατμιστή και του απορροφητή λόγω της υψηλής συγκέντρωσης του LiBr. Αυτό είναι το περιβάλλον που συναντά το ψυκτικό υγρό που προέρχεται από τον συμπυκνωτή. Το συμπυκνωμένο διάλυμα απορροφά τον ψυγμένο ατμό από τον εξατμιστή, καθώς το υγρό ψυκτικό αλλάζει την κατάσταση του σε ατμό, παίρνοντας ενέργεια από την εξάτμιση του παγωμένου νερού που κυκλοφορεί μέσω του εναλλάκτη εξατμιστή. Αυτή η εξαγωγή θερμότητας οδηγεί στην παραγωγή ψυχρού νερού.

Το συμπυκνωμένο διάλυμα επιστρέφει σε αραιωμένη κατάσταση, καθώς απορροφάται ο ατμός του ψυκτικού. Σε σχέση με τη ψυχρή κατάσταση, το συμπυκνωμένο διάλυμα συλλέγεται στο απορροφητικό φρεάτιο και στη συνέχεια εξαναγκάζεται από την αντλία να επιστρέφει στη γεννήτρια για να βράσει ξανά, επαναλαμβάνοντας έτσι τον κύκλο ψύξης.

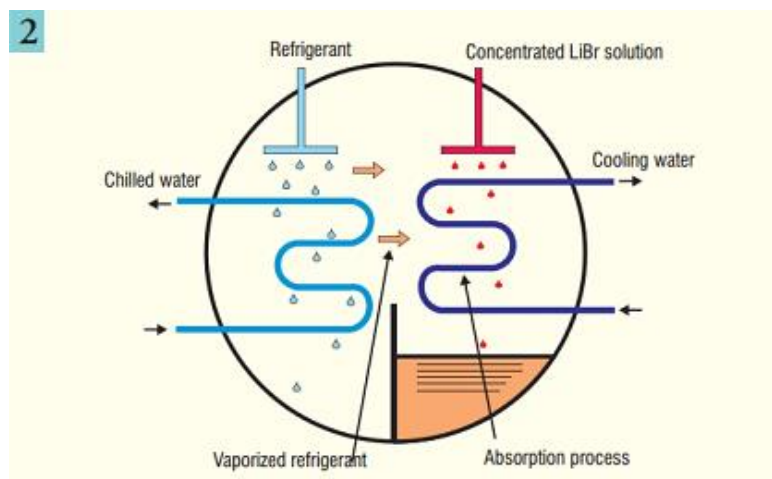
Με ένα σύστημα Trane, τα συστήματα απορρόφησης χρησιμοποιούν θερμική ενέργεια για να παράγουν ψυκτικό αποτέλεσμα. Σε αυτά τα συστήματα, το ψυκτικό (δηλ. το νερό) απορροφά θερμότητα σε χαμηλή θερμοκρασία και χαμηλή πίεση κατά τη διάρκεια της εξάτμισης και απελευθερώνει θερμότητα σε υψηλή θερμοκρασία και υψηλή πίεση κατά τη συμπύκνωση.

Στην εικόνα 7.19 φαίνεται η διαδικασία διατήρησης του συστήματος σε μεγάλο κενό, το οποίο θα επέτρεπε στο νερό να ψύχεται κατά την αλληλεπίδραση με το ψυκτικό νερό. Το ψυκτικό νερό στη συνέχεια αποστέλλεται στο σύστημα για την εξισορρόπηση της θερμότητας που παράγεται μέσω ζεστού νερού, παράγοντας ατμούς.



Εικόνα 7.19 . Σύστημα ψύξης Trane (Thermax)-Ψύξη

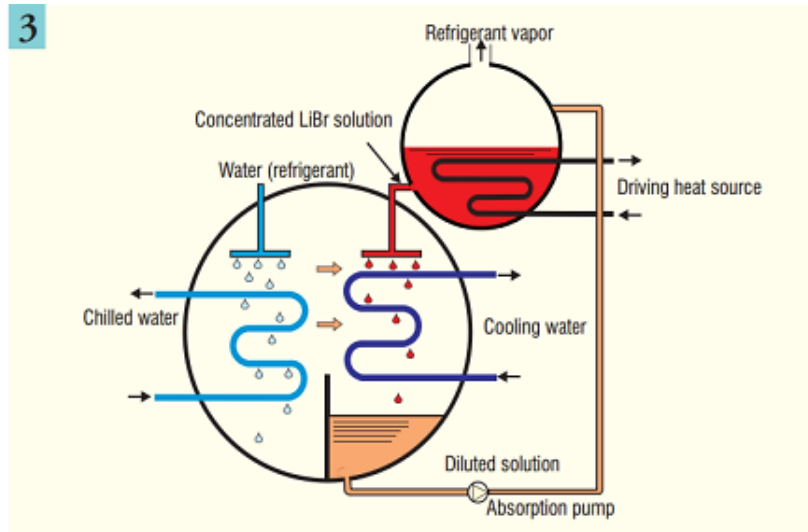
Το σχήμα 7.20 απεικονίζει τη διαδικασία καθώς το διάλυμα LiBr απορροφά το ατμισμένο ψυκτικό υγρό που λαμβάνεται από το προηγούμενο στάδιο. Αυτή η απορρόφηση γίνεται περνώντας το διάλυμα LiBr από αγωγούς με κρύο νερό, και ξεκινά τη διαδικασία απορρόφησης των ατμών του ψυκτικού. Η εξάτμιση του ψυκτικού πραγματοποιείται σε χαμηλή πίεση. Το αραιωμένο διάλυμα, το οποίο περιέχει τους απορροφούμενους ατμούς ψυκτικού και το διάλυμα LiBr, αντιμετωπίζει υψηλότερη πίεση όταν θερμαίνεται.



Εικόνα 7.20 Σύστημα ψύξης Trane (Thermax) - Συμπυκνωμένο LiBr

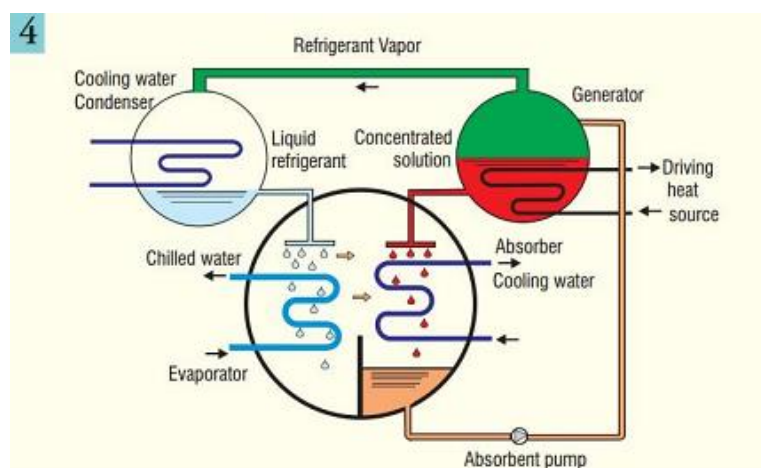
Αυτό οδηγεί στην εξάτμιση του ψυκτικού, η οποία χάνει τη χωρητικότητά του. Στην Εικόνα 7.21 το ψυκτικό συμπυκνώνεται χρησιμοποιώντας πρόσθετη θερμότητα που παράγεται από την εξωτερική πηγή θερμότητας και έτσι, την αποκατάσταση του

διαλύματος στην αρχική του συγκέντρωση, που επιτυγχάνεται για να υπάρξει μελλοντική χρήση. Ο κύκλος επαναλαμβάνεται συνεχώς για να δώσει το επιθυμητό αποτέλεσμα ψύξης μέσω του ατμοποιημένου LiBr και του ψυκτικού νερού.



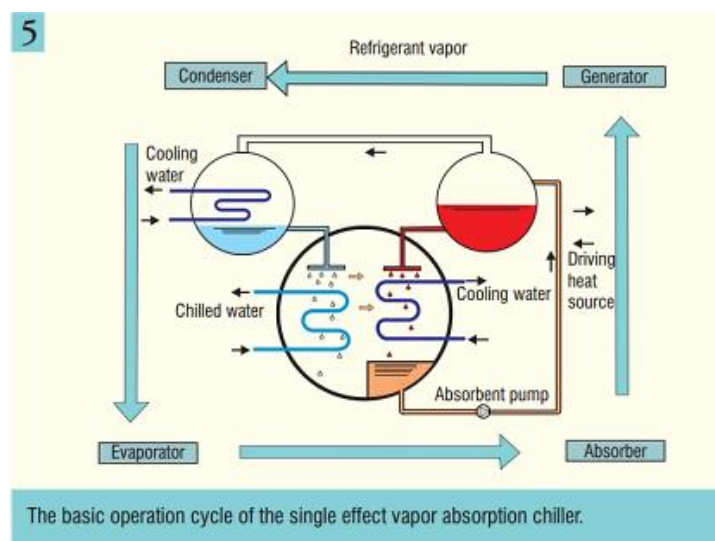
Εικόνα 7.21. Σύστημα ψύξης Trane (Thermax) - Επανασυγκεντρωμένο LiBr

Η εικόνα 7.22 απεικονίζει τη διαδικασία ψύξης του απορροφούμενου ψυκτικού σε μορφή ατμού σε εξωτερικό θάλαμο, που ανακυκλώνεται για να είναι το ψυκτικό υγρό που χρησιμοποιείται στην Ψύξη(εικόνα7.19). Στην απορρόφηση προ ψύξης, το ζεστό νερό περνάει πρώτα από μια γεννήτρια υψηλής πίεσης και στη συνέχεια από μια χαμηλής πίεσης. Έτσι επιτυγχάνεται, η ενίσχυση της αποτελεσματικότητας του κύκλου.



Εικόνα 7.22. Σύστημα ψύξης Trane (Thermax) - Υγρό ψυκτικό

Στη συνέχεια, το ψυκτικό μέσο περνάει από μια σειρά διαδικασιών για την ολοκλήρωση του κύκλου ψύξης (βλέπε εικόνα 7.23). Αυτό είναι μια επαναλαμβανόμενη διαδικασία που δημιουργεί το αποτέλεσμα της ψύξης από την ψυκτική απορρόφηση. Οι διαδικασίες περιλαμβάνουν εξάτμιση, απορρόφηση, συμπίεση, συμπύκνωση. Κατά τη διάρκεια αυτού του κύκλου, το ψυκτικό υγρό απορροφά θερμότητα από μια πηγή θερμότητας χαμηλής θερμοκρασίας και την απελευθερώνει σε υψηλή, σε μια μονάδα αποθήκευσης θερμότητας. [15]



Εικόνα 7.23 : Σύστημα ψύξης Trane (Thermax) - Ψυκτικός απορροφητήρας ατμού μονής επίδρασης [15]

8 .Συμπεράσματα

Ανακεφαλαιώνοντας, η αξιοποίηση της βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας συμβάλει:

- στην εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων
- στη ανεξαρτησίας της χώρας από ξένες ενεργειακές πηγές.
- στην εξασφάλιση εργασίας και τη συγκράτηση των πληθυσμών στην περιφέρεια.
- στην προστασία και βελτίωση του περιβάλλοντος, καθώς η βιομάζα ως καύσιμο πλεονεκτεί και από περιβαλλοντικής απόψεως έναντι των συμβατικών καυσίμων.

Η ανάγκη για διάδοση της βιομάζας σαν καύσιμο είναι καίριας σημασίας, ειδικότερα αυτά τα χρόνια που φαίνεται πως είμαστε ένα βήμα πιο κοντά στην παγκόσμια ενεργειακή κρίση. Τα οφέλη που μπορούν να αποκομισθούν είναι σημαντικά, τόσο από ενεργειακής και οικονομικής πλευράς, όσο και από την πλευρά της προστασίας του περιβάλλοντος. Ένα μεγάλο μέρος της ανθρωπότητας έχει ανάγκες που για να καλυφθούν από πηγές ενέργειας όπως αυτή της βιομάζας, πρέπει να γίνει επιστημονικότερη προσέγγιση και με νέες και καινοτόμες ιδέες.

Σύμφωνα με την προσέγγιση που έγινε σε προηγούμενα κεφάλαια, φαίνεται πως βασικά κριτήρια επιλογής του είδους της βιομάζας που θα χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για την παραγωγή ενέργειας-θερμότητας, αποτελεί:

1. Η χημική σύνθεση του κάθε υλικού φέρει διαφορετική θερμική απόδοση. Όπως υλικά με υψηλή υγρασία χρειάζονται περισσότερη επεξεργασία ώστε αφαιρεθεί από αυτή και να μπορεί να αξιοποιηθεί.
2. Η τεχνολογία επεξεργασίας της πρώτης ύλης που θα ακολουθηθεί επηρεάζει τη θερμική απόδοση που θα έχει τελικά.
3. Η διαθεσιμότητα του είδους σε εθνικό επίπεδο. Για την κάλυψη των εθνικών αναγκών, είναι λογικό πως το είδος της βιομάζας που θα επιλεγεί θα πρέπει να υπάρχει σε πλειονότητα στην χώρα, διαφορετικά η εισαγωγή υλικών από άλλες χώρες θα επιφέρει επιπλέον κόστος στην αγορά αυτού.
4. Το είδος της βιομάζας να μην έχει επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα της γης και, προφανώς, στον ανταγωνισμό με τις υπόλοιπες καλλιέργειες τροφίμων. Ο ανταγωνισμός τρόφιμα - βιοκαύσιμα, συμβάλλει σημαντικά στην αύξηση των

τιμών των τροφίμων και οφείλεται στην αύξηση της παραγωγής αυτών των καυσίμων.

Έτσι, πιο συγκεκριμένα για την κάλυψη των θερμικών αναγκών προτείνεται:

1. Η επιλογή πρώτης ύλης με άξονα τα παραπάνω κριτήρια.
2. Η επιλογή υγρών καυσίμων που μπορούν να αναμειχθούν με ορυκτά καύσιμα, όπως το βιοντίζελ ή η βιοαιθανόλη, με σταδιακή αύξηση του ποσοστού των βιοκαυσίμων.

Ο στόχος είναι η πλήρης αντικατάσταση των ορυκτών υγρών καυσίμων με βιοκαύσιμα. Όπως φαίνεται παραπάνω, ο όρος «βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς» δεν συνεπάγεται με τη χρήση λιγνοκυτταρινούχων πρώτων υλών. Για παράδειγμα, τα κλαδέματα, τα υπολείμματα αγροτικών και δασικών δραστηριοτήτων, τα υπολείμματα βιομηχανίας επεξεργασίας τροφίμων (φλούδες φρούτων, κουκούτσια, τσόφλια, κλπ), τα βιομηχανικά και αστικά οργανικά απόβλητα, είναι πρώτες ύλες που μπορούν να αξιοποιηθούν και αντί για απορρίμματα να αποτελέσουν πηγή ενέργειας εκ νέου και μάλιστα υψηλής αξίας χημικά προϊόντα και καύσιμα. Έτσι, υπάρχει σημαντική οικονομική ανάπτυξη και θετικός περιβαλλοντικός αντίκτυπος των νέων διεργασιών παραγωγής βιοκαυσίμων 2ης γενιάς. Αυτό επιτυγχάνει μια αποτελεσματική «διάθεση» των αποβλήτων/παραπροϊόντων, που μάλιστα οδηγεί στην

Επίσης, στο σύστημα ψύξης νερού που αναλύθηκε χρησιμοποιείται πέλλετ ως πηγή ενέργειας. Ο συνδυασμός των παραπάνω κριτηρίων που χρησιμοποιείται για την θέρμανση του νερού, ισχύει και σε αυτή την περίπτωση, διότι πάλι επιτυγχάνεται με την καύση του υλικού.

Έτσι, γίνονται προτάσεις που μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενο έρευνας για μελέτες.

1. Δημιουργία ενός μαθηματικού μοντέλου που να υπολογίζει τη θερμική απόδοση του βιοκαυσίμου με βάση την πρώτη ύλη, τη διαδικασία επεξεργασίας, καθώς και τις παραμέτρους που μπορούν να διαφοροποιηθούν ώστε να επιτευχθεί υψηλότερο αποτέλεσμα.
2. Ανάπτυξη συστημάτων ανάλυσης, όπως το NIR, μπορεί να γίνει έλεγχος της χημικής σύστασης του εκάστοτε ξύλου, και συνεπώς μια υποτυπώδη εκτίμηση της θερμικής απόδοσης που θα έχει το υλικό κατά την καύση του.

3. Δημιουργία συστήματος ψύξης νερού, αντίστοιχο με αυτό που αναφέρεται παραπάνω, αλλά σε μικρότερη κλίμακα ώστε να μπορεί να ενταχθεί σε οικιακό περιβάλλον και να επιτυγχάνεται και ψύξη του χώρου. Η χρήση ενός υγρού καυσίμου θα μειώσει τον όγκο που καταλαμβάνει συγκριτικά με τα πέλλετ.
4. Η έννοια της ανάπτυξης βιο-δυλιστηρίου για την παραγωγή πολλών διαφορετικών προϊόντων που προέρχονται από μία πρώτη ύλη παρόμοια με ένα δυλιστήριο πετρελαίου έχει ελπιδοφόρες δυνατότητες.

Βιβλιογραφία

1. ADGREEN, (2014), Η βιομάζα, [online] Available at: <<https://www.adgreen.gr/%CE%B7-%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BC%CE%AC%CE%B6%CE%B1/>> [Accessed 10 July 2021].
2. Avelin, A., Skvaril, J., Aulin, R., Odlare, M. and Dahlquist, E., 2014, Forest Biomass for Bioenergy production – Comparison of Different Forest Species, Energy Procedia
3. Antzela Fivga, Lais Galileu Speranza1, Carolina Musse Branco, Miloud Ouadi and Andreas Hornung, 2019, “A review on the current state of the art for the production of advanced liquid biofuels”, AIMS Energy
4. Anders Avelina, Jan Skvarila,c, Robert Aulinb, Monica Odlarea, Erik Dahlquista, 2014, “Forest biomass for bioenergy production – comparison of different forest species”, ScienceDirect
5. Dockery, D.W., 2009, Health Effects of Particulate Air Pollution, Annals of Epidemiology
6. Doring, S., 2013, Power form Pellets: Technology and Applications. Springer-Verlag Berlin Heidelberg
7. *ENERGOPLAN*, 2015, energoplansa. [online] Available at: <http://energoplansa.com/wp-content/uploads/2015/01/446510_1.jpg> [Accessed 10 July 2021]
8. Energy Register, (2020), IRENA: Διαμορφώνει το Συνεργατικό Πλαίσιο για την Υδροηλεκτρική Ενέργεια - Energy Register. [online] Available at: <<https://www.energyregister.gr/diafora/irena>>,[Accessed 10 July 2021].
9. European Commission, 2019, European Commission, official website. [online] European Commission. Available at: <https://ec.europa.eu/info/index_en> [Accessed 1 July 2021]
10. kentrotzakiou.gr (n.d.), 2019, Οικονομική θέρμανση με σόμπες Pellet - Κατηγορίες, πλεονεκτήματα, [online] Available at: <<https://www.kentrotzakiou.gr/article.php?id=8&lang=el&cat=blog>> [Accessed 5 July 2021].
11. Kofman, P., 2007, The production of wood pellets, woodenergy.ie.
12. Obernberger, I., & Thek, G., 2010, The Pellet Handbook: The Production and Thermal Utilisation of Pellets Earthscan
13. Qiu, Fengxian & Li, Yihuai & Yang, Dongya & Li, Xiaohua & Sun, Ping, 2011, "Biodiesel production from mixed soybean oil and rapeseed oil," Applied Energy, Elsevier

14. Parraglia, A., Gonzalez, R., & Saloni, D., 2010, Wood Pellets Feasibility: Techno-Economical Analysis of Wood Pellets Production from U.S. Manufacturers, BioResources
15. Roopesh Pushpala, 2016, “Biomass for Cooling System Technologies:A Feasibility Guide”, Agricultural Utilization Research Institute
16. Topakas, P., 2016, Βιωσιμότητα της Παραγωγής Βιοντήζελ από Μικροφύκη, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
17. WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2003, Shaping the Future, The World Health Report
18. Αλατζάς Σπυρίδων,2017, " Εκτίμηση και μελέτη αξιοποίησης των διαθέσιμων ροών λιγνοκυτταρινικής βιομάζας στην Ελλάδα μέσω αεριοποίησης μικρής κλίμακας", ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
19. Αναγνωστοπούλου Ανθούλα, 2020, ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ΒΙΟΜΑΖΑ- ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ
20. Βικιπαίδεια, Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, Θεματολογικά δελτία για την Ευρωπαϊκή Ένωση, Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας [online] Available at <<https://el.wikipedia.org/wiki/>>[Accessed 10 July 2021].
21. Βικιπαίδεια, 2021, Woodchips. [online] Available at: <<https://en.wikipedia.org/wiki/Woodchips#/media/File:Woodchip.jpg>> [Accessed 5 July 2021].
22. ΕΘΝΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΤΟ ΚΛΙΜΑ,2019, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας
23. Ενεργειακές καλλιέργειες - ΚΑΠΕ - Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. [online] Available at: <<http://www.cres.gr/services/istos.chtm?prnbr=24819&locale=el>> [Accessed 10 July 2021].
24. Κακαράς, Σωτήριος Καρέλλας, Παναγιώτης Βουρλιώτης, ιονύσιος Γιαννακόπουλος, Παναγιώτης Γραμμέλης, Πάλλης, Π. and Καραμπίνης, Ε.,2013, “Δείκτες εκπομπών ανά τύπο καυσίμου & τεχνολογία θέρμανσης”, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
25. Κακαράς, Σωτήριος Καρέλλας, Παναγιώτης Βουρλιώτης, ιονύσιος Γιαννακόπουλος, Παναγιώτης Γραμμέλης, Πάλλης, Π. and Καραμπίνης, Ε.,2016, “Σύγκριση κόστους θέρμανσης από διάφορες τεχνολογίες”, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

26. Κανιέτε Μ. Α, 2015, Θεματολογικά δελτία για την Ευρωπαϊκή Ένωση, Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
27. Λαζός Ηλίας, 2013, Τεχνοοικονομική ανάλυση συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας σε κατοικία, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Καβάλας Τμήμα Ηλεκτρολογίας
28. Μπίμη Χρυσούλα, 2019, “Δείκτες ατμοσφαιρικής ποιότητας και η σχέση τους με το Ευρωπαϊκό και Διεθνές Νομοθετικό πλαίσιο”, Ελληνικό ανοικτό πανεπιστήμιο
29. Μπρουσκέλης Χρήστος , Μπουλάκης Μιχαήλ, “Μελέτη Εγκατάστασης Οικιακής & Εμπορικής Μονάδας Βιομάζας”, ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
30. Σοφοκλέους Άννα, 2012, “ΔΥΝΑΜΙΚΟ, ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΞΥΛΙΑΣ ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ, ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ”
31. ΤΕΛΛΙΔΗΣ Γ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣ, 2020, “ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΕ ΑΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ”, Ελληνικό ανοικτό πανεπιστήμιο
32. Τζαγκαράκης Σταύρος, 2018,“ΜΕΛΕΤΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ PELLETS ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΜΕ ΤΑ ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ”, Α.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ Τ.Τ.
33. ΤΣΕΛΕΠΙΔΗΣ ΓΕΩΡ.-ΤΖΗΡΙΝΗΣ ΑΧΙΛΛΕΑΣ ,2012, “ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ”, ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΣΕΡΡΩΝ
34. Τσεπετιδου Αναστασία, 2013, “ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΣΤΟ ΑΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ: ΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ”, ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
35. ΤΣΙΛΙΔΗ ΕΛΛΑΔΙΟΥ, 2017, ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΙΓΝΟΚΥΤΤΑΡΙΝΟΥΧΑΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ ΜΙΛΟΧ, ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
36. Υδροηλεκτρική ενέργεια, , 2009, [online] Available at: <http://users.sch.gr/kpara/ape2009_10/ydrauliki.html> [Accessed 10 July 2021]
37. Χρήστου Μυρσίνη,2010, “Δυναμικό Βιομάζας στην Ελλάδα”,ΚΑΠΕ
38. ΧΡΙΣΤΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΠΑΥΛΟΣ, ΤΟΠΑΚΑΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ, 2015,“ Βιοτεχνολογική Παραγωγή Βιοκαυσίμων”, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο