

ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΜΗΧ/ΓΙΑΣ

790
Μ/Χ



Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα
Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ

Τ.Ε.Ι ΠΕΙΡΑΙΑ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΓΙΑ
ΤΗΝ ΚΑΛΥΨΗ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΣΤΟΝ ΟΙΚΙΑΚΟ
ΤΟΜΕΑ, ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΤΥΠΙΚΗ ΕΛΛΗΝΙΚΗ
ΚΑΤΟΙΚΙΑ.

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ:

ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ Α. ΔΕΛΑΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

Κ.Α ΚΑΒΒΑΔΙΑΣ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΑΙΓΑΛΛΙΩ

ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2013

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται οι τρόποι αξιοποίησης της βιομάζας, ως πηγή ενέργειας, για την κάλυψη θερμικών φορτίων στον οικιακό τομέα, έναντι του πετρελαίου, που χρησιμοποιείται στο μεγαλύτερο ποσοστό των υφιστάμενων κατοικιών. Ειδικότερα, αναλύονται τα χαρακτηριστικά των συστημάτων, πετρελαίου και βιομάζας, κεντρικής θέρμανσης ως προς τις οικονομοτεχνικές τους διαφορές, αξιολογώντας έτσι βιωσιμότητα της επένδυσης σε μια τυπική ελληνική κατοικία.

ABSTRACT

The corresponding thesis presents methods of biomass implementation as an energy source in order to cover thermal loads in the residential sector. The proposed solution is replacing oil, which is used in the majority of existing homes. More precisely, the characteristics of the systems, oil and biomass central heating systems are analyzed, thus evaluating system's viability when used in a typical Greek house.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:

Βιομάζα, λέβητας, κεντρική θέρμανση, ενεργειακές καλλιέργειες

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΟΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ.....	9
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.2 ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΕΥΡΩΠΑΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ.....	9
1.2.1 Το πρωτόκολλο του Κιότο.....	10
1.2.2 Η Πράσινη Βίβλος.....	10
1.2.3 Η Λευκή Βίβλος.....	11
1.2.4 Προώθηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.....	11
1.2.5 Ευρωπαϊκό σχέδιο εμπορίας εκπομπών.....	13
1.2.6 Προώθηση των βιοκαυσίμων στις μεταφορές.....	14
1.2.7 Προώθηση της συνδυασμένης παραγωγής θερμότητας και ισχύος.....	15
1.2.8 Τελική Οδηγία για την προώθηση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.....	15
1.2.9 Οδηγία για την αποθήκευση διοξειδίου του άνθρακα.....	16
1.2.10 Σχέδιο δράσης για την βιομάζα.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΠΗΓΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.....	17
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.....	17
2.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ.....	17
2.3 ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.....	20
2.3.1 Πριονίδια.....	20
2.3.2 Αστικά υπολείμματα ξύλου.....	20
2.3.3 Υπολείμματα δένδρων.....	21
2.3.4 Δασικά υπολείμματα.....	21
2.3.5 Γεωργικά υπολείμματα.....	21
2.3.5.1 Βαγάση.....	22
2.3.5.2 Φλοιοί ρυζιού.....	22
2.3.5.3 Άχυρο.....	22
2.3.6 Απόβλητα.....	22
2.3.6.1 Βιομηχανικά απόβλητα.....	22
2.3.6.2 Αστικά στερεά απόβλητα.....	23
2.3.6.3 Ζωικά απόβλητα.....	23
2.3.6.4 Αστικά λύματα.....	24
2.3.6.5 Παραγόμενο αέριο καύσιμο σε Χ.Υ.Τ.Α. (Landfill gas).....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.....	25
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	25

3.2 ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.....	25
3.2.1 Μείωση μεγέθους.....	25
3.2.2 Συμπύκνωση.....	26
3.2.3 Δεματοποίηση.....	26
3.2.4 Διαχωρισμός.....	27
3.2.5 Ξήρανση.....	27
3.2.6 Αποθήκευση.....	28
3.2.7 Διακίνηση και μεταφορά.....	29
3.2.8 Παραγωγή συσσωματωμάτων και μπριγκετών.....	30
3.3 ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ.....	33

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.....36

4.1 ΦΥΣΙΚΑ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.....	36
4.2 ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΚΑΙ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ.....	36
4.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	36
4.4 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	38
4.5 ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΝΑΜΗ.....	40
4.6 ΤΡΟΠΟΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.....	40
4.6.1 Καύση βιομάζας.....	41
4.6.2 Αεριοποίηση βιομάζας.....	42
4.6.3 Πυρόλυση βιομάζας.....	43
4.6.4 Αναερόβια χώνευση υπολειμματικής βιομάζας.....	44
4.6.5 Αδρανοποίηση ζωικών υποπροϊόντων.....	44
4.6.6 Εξευγενισμός ελαίων και λιπών.....	45

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΘΕΡΜΑΝΣΗ.....47

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	47
5.2 ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΕΙΔΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.....	47
5.3 ΛΕΒΗΤΕΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.....	48
5.4 ΛΕΒΗΤΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.....	49
5.4.1 Λέβητες για ξύλινους κορμούς.....	49
5.4.1.1 Λέβητες με διαβάθμιση αέρα.....	49
5.4.1.2 Λέβητες ξύλου με πρωτεύοντα αέρα.....	50
5.4.1.3 Λέβητες ξύλου καθοδικής ροής.....	51
5.4.2 Λέβητες για θρύμματα ξύλου.....	52
5.4.3 Λέβητες και καυστήρες για συσσωματώματα ξύλου (pellets).....	54
5.4.4 Θέση και εγκατάσταση λέβητα.....	56
5.4.5 Έλεγχος και συντήρηση λέβητα.....	56
5.4.6 Επιθεώρηση λέβητα.....	57
5.5 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ.....	57
5.6 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ.....	59

5.7 ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΚΑΥΣΑΕΡΙΟΥ ΛΕΒΗΤΩΝ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΕΣΤΙΩΝ ΚΑΥΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ.....	61
---	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΣΕ ΛΕΒΗΤΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.....62

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	62
6.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΒΑΘΜΟΗΜΕΡΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.....	62
6.2.1 Υπολογισμός βαθμοημερών θέρμανσης.....	62
6.2.2 Υπολογισμός θερμικών απωλειών κατοικίας.....	65
6.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΛΕΒΗΤΑ.....	66
6.4 ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ.....	68

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 - ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΣΕ ΛΕΒΗΤΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.....70

7.1 ΛΕΒΗΤΕΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.....	70
7.2 ΚΑΥΣΙΜΗ ΥΛΗ.....	72
7.2.1 Ενεργειακό περιεχόμενο καυσίμων.....	72
7.2.2 Κόστος καύσιμης ύλης.....	72
7.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ.....	73
7.3.1 Σενάριο 1 ^ο	74
7.3.2 Σενάριο 2 ^ο	80
7.3.3 Σενάριο 3 ^ο	84
7.3.4 Σενάριο 4 ^ο	88
7.3.5 Σενάριο 5 ^ο	92
7.3.6 Σενάριο 6 ^ο	96
7.4 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	100

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 - ΟΦΕΛΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.....101

8.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	101
8.2 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΟΦΕΛΗ.....	101
8.3 ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΟΦΕΛΗ.....	102

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....104

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1 - Επίτευξη στόχων ΑΠΕ το 2010 (%).....	12
Σχήμα 2.1 - Ανώτερη θερμογόνος δύναμη ειδών καλλιέργειας (GJ/στρέμμα/έτος).....	20
Σχήμα 3.1 - Μονάδα παραγωγής συσσωματωμάτων ξύλου.....	32
Σχήμα 4.1 - Μέσος όρος ανώτερης θερμογόνου δύναμης ειδών βιομάζας (MJ/kg).....	39
Σχήμα 4.2 - Διαδικασία αναερόβιας χώνευσης.....	44
Σχήμα 5.1 - Λέβητας με διαβάθμιση αέρα.....	50
Σχήμα 5.2 - Λέβητας ξύλου με πρωτεύοντα αέρα.....	51
Σχήμα 5.3 - Λέβητας ξύλου καθοδικής ροής.....	52
Σχήμα 5.4 - Λέβητας για θρύμματα ξύλου.....	53
Σχήμα 5.5 - Καυστήρες για συσσωματώματα ξύλου.....	55
Σχήμα 5.6 - Ολοκληρωμένο σύστημα καυστήρα - λέβητα για συσσωματώματα ξύλου.....	55
Σχήμα 5.7 - Μεταλλική δεξαμενή στερεών βιοκαυσίμων.....	58
Σχήμα 5.8 - Δεξαμενή τύπου δωματίου για στερεά βιοκαύσιμα.....	58
Σχήμα 5.9 - Μηχανικό σύστημα μεταφοράς στερεών βιοκαυσίμων.....	59
Σχήμα 5.10 - Πνευματικό σύστημα μεταφοράς στερεών βιοκαυσίμων.....	60
Σχήμα 6.1 - Φωτογραφία και κάτοψη κατοικίας.....	63
Σχήμα 6.2 - Θερμικές απώλειες για την πόλη της Αθήνας.....	65
Σχήμα 6.3 - Θερμαντικά σώματα τύπου ΑΚΑΝ.....	69
Σχήμα 7.1 - Κόστος εξοπλισμού κεντρικής θέρμανσης (€ / kW).....	71
Σχήμα 7.2 - Κόστος καυσίμου € / kWh για το 1 ^ο σενάριο.....	75
Σχήμα 7.3 - Νεκρό Σημείο για το 1 ^ο σενάριο.....	79
Σχήμα 7.4 - Κόστος καυσίμου € / kWh για το 2 ^ο σενάριο.....	81
Σχήμα 7.5 - Νεκρό Σημείο για το 2 ^ο σενάριο.....	83
Σχήμα 7.6 - Κόστος καυσίμου € / kWh για το 3 ^ο σενάριο.....	85
Σχήμα 7.7 - Νεκρό Σημείο για το 3 ^ο σενάριο.....	87
Σχήμα 7.8 - Κόστος καυσίμου € / kWh για το 4 ^ο σενάριο.....	89
Σχήμα 7.9 - Νεκρό Σημείο για το 4 ^ο σενάριο.....	91
Σχήμα 7.10 - Κόστος καυσίμου € / kWh για το 5 ^ο σενάριο.....	93
Σχήμα 7.11 - Νεκρό Σημείο για το 5 ^ο σενάριο.....	95
Σχήμα 7.12 - Κόστος καυσίμου € / kWh για το 6 ^ο σενάριο.....	97
Σχήμα 7.13 - Νεκρό Σημείο για το 6 ^ο σενάριο.....	99

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1 - Ενδεικτικοί στόχοι ΑΠΕ το 2010.....	12
Πίνακας 1.2 - Όρια εκπομπών αερίων θερμοκηπίου των κρατών μελών το 2020 σε σύγκριση με τα επίπεδα εκπομπών αερίων θερμοκηπίου του 2005.....	14
Πίνακας 2.1 - Χαρακτηριστικά ενεργειακών καλλιέργειών.....	19
Πίνακας 3.1 - Τεχνολογίες τροφοδοσίας βιομάζας.....	30
Πίνακας 3.2 - Μέθοδοι ανάλυσης βιομάζας κατά ASTM.....	33

Πίνακας 3.3 - Πρότυπο EN 14961-1.....	34
Πίνακας 3.4 - Πρότυπο EN 14961-2.....	35
Πίνακας 4.1 - Τυπικό εύρος τιμών προσεγγιστικής ανάλυσης αντιπροσωπευτικών ειδών βιομάζας(σε ξηρή μορφή).....	37
Πίνακας 4.2 - Τυπικό εύρος τιμών στοιχειακής ανάλυσης και θερμογόνου δύναμης αντιπροσωπευτικών ειδών βιομάζας(σε ξηρή μορφή).....	38
Πίνακας 4.3 - Συστήματα αδρανοποίησης.....	45
Πίνακας 5.1 - Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 303.05/1999 σύμφωνα με την κλάση 3.....	61
Πίνακας 6.1 - Χαρακτηριστικά κατοικίας.....	62
Πίνακας 6.2 - Βαθμομηρές θέρμανσης και θερμικές απώλειες για την πόλη της Αθήνας.....	64
Πίνακας 6.3 - Χαρακτηριστικά λέβητα συσσωματωμάτων ξύλου.....	67
Πίνακας 6.4 - Χαρακτηριστικά υφιστάμενων θερμομαντικών σωμάτων.....	69
Πίνακας 7.1 - Λέβητες πετρελαίου.....	70
Πίνακας 7.2 - Λέβητες συσσωματωμάτων.....	70
Πίνακας 7.3 - Ενεργειακό περιεχόμενο επιλεγμένων καυσίμων.....	72
Πίνακας 7.4 - Κόστος καυσίμου € / M.M.....	72
Πίνακας 7.5 - Κόστος καυσίμου € / kWh.....	72
Πίνακας 7.6 - Παράμετροι επένδυσης.....	73
Πίνακας 7.7 - Κόστος πετρελαίου και συσσωματωμάτων ξύλου(Σενάριο 1 ^ο).....	74
Πίνακας 7.8 - Τελικό κόστος θέρμανσης βάσει διαμορφωμένων τιμών καυσίμου(Σενάριο 1 ^ο).....	76
Πίνακας 7.9 - Κόστος πετρελαίου και συσσωματωμάτων ξύλου(Σενάριο 2 ^ο).....	80
Πίνακας 7.10 - Τελικό κόστος θέρμανσης βάσει διαμορφωμένων τιμών καυσίμου(Σενάριο 2 ^ο).....	82
Πίνακας 7.11 - Κόστος πετρελαίου και συσσωματωμάτων ξύλου(Σενάριο 3 ^ο).....	84
Πίνακας 7.12 - Τελικό κόστος θέρμανσης βάσει διαμορφωμένων τιμών καυσίμου(Σενάριο 3 ^ο).....	86
Πίνακας 7.13 - Κόστος πετρελαίου και συσσωματωμάτων ξύλου(Σενάριο 4 ^ο).....	88
Πίνακας 7.14 - Τελικό κόστος θέρμανσης βάσει διαμορφωμένων τιμών καυσίμου(Σενάριο 4 ^ο).....	90
Πίνακας 7.15 - Κόστος πετρελαίου και συσσωματωμάτων ξύλου(Σενάριο 5 ^ο).....	92
Πίνακας 7.16 - Τελικό κόστος θέρμανσης βάσει διαμορφωμένων τιμών καυσίμου(Σενάριο 5 ^ο).....	94
Πίνακας 7.17 - Κόστος πετρελαίου και συσσωματωμάτων ξύλου(Σενάριο 6 ^ο).....	96
Πίνακας 7.18 - Τελικό κόστος θέρμανσης βάσει διαμορφωμένων τιμών καυσίμου(Σενάριο 6 ^ο).....	98
Πίνακας 8.1 - Περιβαλλοντικά οφέλη σχετικά με την ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών.....	101
Πίνακας 8.2 - Κοινωνικά και οικονομικά οφέλη για την ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών.....	102

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΟΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές είναι ζωτικής σημασίας για κάθε προσπάθεια προς την οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Αποτελεί επίσης κομβική συνιστώσα της ενεργειακής στρατηγικής της ΕΕ. Η ευρωπαϊκή βιομηχανία ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές πρωτοστατεί παγκοσμίως στην ανάπτυξη αυτής της τεχνολογίας και απασχολεί 1,5 εκατ. άτομα, αριθμός που είναι δυνατόν να αυξηθεί κατά 3 εκατομμύρια μέχρι το 2020. Με την προώθηση της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές αναπτύσσεται επίσης ευρύ φάσμα ενεργειακών πόρων, κυρίως εγχώριων.

Η πολιτική της ΕΕ για την ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές είναι σχετικά πρόσφατη, αφού εγκαινιάστηκε με την έγκριση της Λευκής Βίβλου, το 1997. Τα κίνητρα της πολιτικής αυτής ήταν η ανάγκη να απαλλαγεί ο ενεργειακός τομέας από τις ανθρακούχες εκπομπές και να αντιμετωπιστεί η αυξανόμενη εξάρτηση από τις εισαγωγές ορυκτών καυσίμων προερχόμενων από πολιτικά ασταθείς περιοχές εκτός της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Έκτοτε, το επίκεντρο έχει μετατοπιστεί από την προώθηση της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές μέσω ενδεικτικών στόχων για τους τομείς της ηλεκτρικής ενέργειας και των μεταφορών στον καθορισμό νομικά δεσμευτικών στόχων που υποστηρίζονται με ολοκληρωμένο νομοθετικό πλαίσιο και, πολύ πρόσφατα, με τον αναπροσανατολισμό της ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής για τις υποδομές, ο οποίος διευκολύνει την ανάπτυξη της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Η νέα οδηγία για την ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές συνιστά σθεναρό και σταθερό κανονιστικό πλαίσιο για την ανάπτυξη της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην Ευρώπη. Με τη μεταφορά της οδηγίας στην εθνική νομοθεσία όλων των κρατών μελών έως τις 5 Δεκεμβρίου 2010 και την έγκριση των εθνικών σχεδίων δράσης για την ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές έχουν τεθεί τα θεμέλια για αποφασιστική δράση της ΕΕ με αντικείμενο την ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές.

Στην ενεργειακή στρατηγική της Επιτροπής για το 2020 επισημαίνεται ο τρόπος με τον οποίο οι πολιτικές της ΕΕ για τις υποδομές και την καινοτομία υποστηρίζουν την ανάπτυξη της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, διασφαλίζουν ότι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και οι σχετικές τεχνολογίες καθίστανται οικονομικά ανταγωνιστικές όσο το δυνατόν συντομότερα, στηρίζοντας έτσι την ανάπτυξη της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές για την επίτευξη των στόχων μας. Ωστόσο, καθώς πρόκειται για νέο και αναπτυσσόμενο κλάδο, θα πρέπει να αντιμετωπιστούν τα επόμενα έτη οι σημαντικές αυτές προκλήσεις, καθώς και η διάσταση της χρηματοδότησης.[1]

1.2 ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΕΥΡΩΠΑΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ

Οι εξελίξεις στην παγκόσμια αγορά ορυκτών καυσίμων οδηγούν τον κλάδο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε αλλαγές. Η συνεχής μείωση των περιορισμένων αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων οδηγούν επίσης στην ανάπτυξη εναλλακτικών πηγών καυσίμων. Σε Ευρωπαϊκό

επίπεδο οι στόχοι της ενεργειακής πολιτικής αφορούν τρεις τομείς, την ασφάλεια της παροχής ενέργειας, την επίτευξη ανταγωνιστικών τιμών και κόστους, και την χρήση της ενέργειας κατά τρόπο φιλικό προς το περιβάλλον. Η καταπολέμηση των κλιματικών αλλαγών είναι μία από τις κύριες δεσμεύσεις πίσω από την στρατηγική βιώσιμης ανάπτυξης της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Τόσο η Ευρωπαϊκή Ένωση όσο και μεμονωμένα κράτη μέλη έχουν λάβει διάφορες πολιτικές πρωτοβουλίες.[2]

1.2.1 Το πρωτόκολλο του Κιότο

Η σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή (UNFCCC) και το Πρωτόκολλο του Κιότο αποτελούν το διεθνές πλαίσιο για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής. Η UNFCCC υιοθετήθηκε το Μάιο του 1992 και τέθηκε σε εφαρμογή τον Μάρτιο του 1994. Όλα τα μέλη που έχουν προσυπογράψει, όφειλαν να δημιουργήσουν εθνικά προγράμματα για την μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου στα επίπεδα του 1990 μέχρι το έτος 2000. Οι ανεπτυγμένες χώρες δεσμεύτηκαν για την μείωση των συνολικών τους εκπομπών για έξι κύρια αέρια του θερμοκηπίου κατά 5%, τουλάχιστον. Οι στόχοι είναι 8% για την ΕΕ, 7% για τις ΗΠΑ και 6% για την Ιαπωνία. Τα επίπεδα εκπομπών για κάθε χώρα θα πρέπει να επιτευχθούν εντός της περιόδου 2008 – 2012. Το πρωτόκολλο του Κιότο προβλέπει μια σειρά αγοραίων μηχανισμών, όπως το Εμπόριο Εκπομπών, την Κοινού Υλοποίηση, και τον Μηχανισμό Καθαρής Ανάπτυξης. Αυτοί επιτρέπουν στις βιομηχανικές χώρες να πετύχουν τους στόχους τους, εμπορεύομενες τα δικαιώματα εκπομπών μεταξύ τους και κερδίζοντας πιστώσεις από έργα μείωσης εκπομπών στο εξωτερικό. Η από Κοινού Υλοποίηση αναφέρεται σε χώρες οι οποίες έχουν στόχους εκπομπών, ενώ ο Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης αναφέρεται σε έργα σε αναπτυσσόμενες χώρες, οι οποίες δεν δεσμεύονται από συγκεκριμένους τρόπους. Το Συνέδριο του Κιότο θεωρείται μια πρώτη προσπάθεια στα πλαίσια μιας διεθνούς προσπάθειας για τη σταθεροποίηση του παγκόσμιου κλίματος. Από τις κύριες βιομηχανικές χώρες, καμία δεν είχε επικυρώσει το Πρωτόκολλο του Κιότο μέχρι το τέλος του 2001.[3]

1.2.2 Η Πράσινη Βίβλος

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υιοθέτησε μία Πράσινη Βίβλο το Νοέμβριο του 1996, σαν πρώτο βήμα μιας στρατηγικής ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αυτό είχε σα σκοπό το διπλασιασμό της συμμετοχής των ανανεώσιμων πηγών στη συνολική παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας, σε επίπεδα της τάξης του 12% μέχρι το 2010. Το Νοέμβριο του 2000, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υιοθέτησε μία Πράσινη Βίβλο για την ασφάλεια της παροχής ενέργειας, με στόχο την εκκίνηση ενός διαλόγου σε γεωπολιτικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά θέματα, τα οποία σχετίζονται με την εξασφάλιση της παροχής ενέργειας στην Ευρώπη. Τον Ιούνιο του 2005, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υιοθέτησε μια Πράσινη Βίβλο για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα, η οποία περιλαμβάνει επιλογές για την μείωση κατά 20% της ενεργειακής κατανάλωσης μέχρι το 2020, κατά τρόπο αποδοτικό από πλευράς κόστους. Η πρωτοβουλία αυτή θα βοηθήσει την Ευρώπη να δημιουργήσει μεγαλύτερη ανάπτυξη και καλύτερες θέσεις εργασίας, καθώς και να υλοποιηθούν οι υποχρεώσεις της, οι οποίες απορρέουν από την συνθήκη του Κιότο.[4]

1.2.3 Η Λευκή Βίβλος

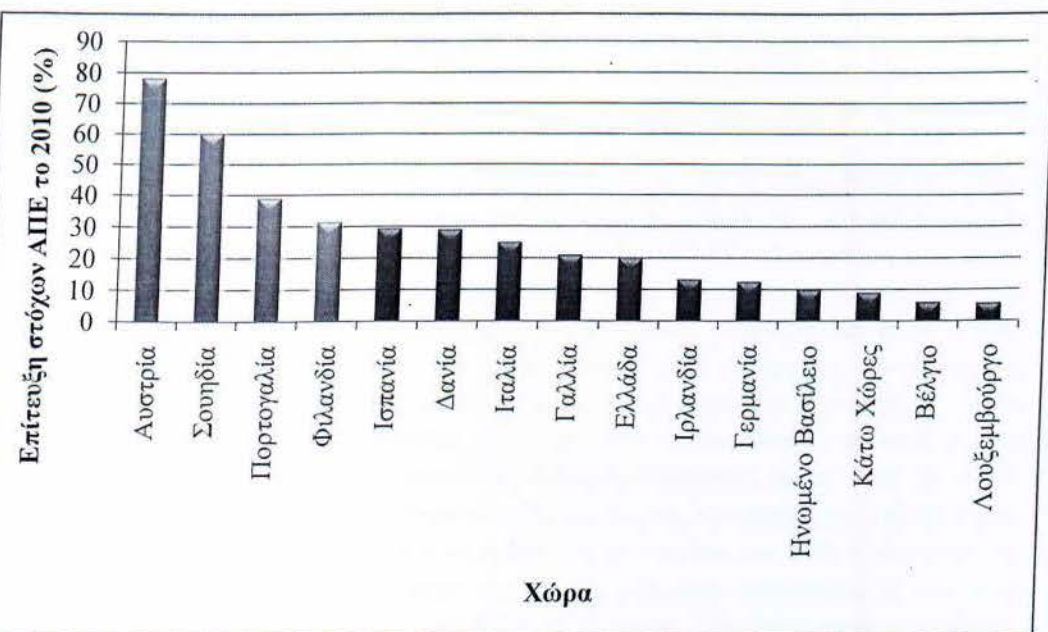
Η Λευκή Βίβλος η οποία υιοθετήθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή το 1997, στοχεύει στην «Κοινοτική Στρατηγική και Σχέδιο Δράσης, Ενέργεια για το Μέλλον: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας». Ένα άμεσο αποτέλεσμα από την Λευκή Βίβλο είναι η Καμπάνια για Απογείωση, η οποία στοχεύει στην υλοποίηση των στόχων της Πράσινη Βίβλου. Η καμπάνια κάλυψε την περίοδο 1999 – 2003. Οι στόχοι από τη Λευκή Βίβλο περιλαμβάνουν την παραγωγή 828 PJ βιοηλεκτρικής ενέργειας μέχρι το 2010, δηλαδή δεκαπλασιασμό της δυναμικότητας σε σύγκριση με το 1995 και την αύξηση του μεριδίου της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στο ένα τρίτο. Συνολικά, προέβλεπε για το 2010, συνεισφορά παραγωγής ενέργειας από βιομάζα της τάξης των 5.700 PJ(135 Mtoe), δηλαδή τριπλασιασμό σε σχέση με τα επίπεδα του 1999.[5]

1.2.4 Προώθηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές

Αρχικά η Οδηγία 2001/77/EC του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με την προώθηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία είναι γνωστή και σαν «Οδηγία RES-E», υιοθετήθηκε το 2001. Οι στόχοι της Οδηγίας ήταν η δημιουργία ενός πλαισίου για αύξηση του μεριδίου της «πράσινης» ηλεκτρικής ενέργειας από 14% σε 22% της μικτής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη μέχρι το 2010, ώστε να συνδράμει στο διπλασιασμό του μεριδίου των πηγών πράσινης ενέργειας από 6% σε 12% της μέσης ενεργειακής κατανάλωσης στην Ευρώπη μέχρι το 2010, και να βοηθήσει περαιτέρω τη συμμόρφωση της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την μείωση των εκπομπών GHG, σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Κιότο. Η αιολική ενέργεια και η βιομάζα είναι οι πιο σημαντικές ανανεώσιμες πηγές για παραγωγή ηλεκτρισμού. Το 2001, το 15% της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώθηκε στην Ευρώπη, προήλθε από ανανεώσιμες πηγές. Για την βιομάζα, απαιτείται ρυθμός ανάπτυξης της τάξης του 6% - 10% ετησίως για την επίτευξη του στόχου. Αυτός ο ρυθμός είχε επιτευχθεί μέχρι το 2000. Ο στόχος της Οδηγίας είναι η επίτευξη υψηλότερων επιπέδων αποδοτικότητας και χαμηλότερων τιμών καταναλωτή, υιοθετώντας συνθήκες εμπορικού ανταγωνισμού. Σήμερα στα κράτη-μέλη λειτουργούν διάφορα σχήματα για την υποστήριξη των ΑΠΕ, όπως η ειδική τιμή αγοράς ηλεκτρισμού (feed in tariffs), εμπορεύσιμα πράσινα πιστοποιητικά, φορολογικά και οικονομικά κίνητρα και υποστήριξη των επενδύσεων. Η Οδηγία απαιτεί από τα κράτη-μέλη να διασφαλίζουν την βέβαιη πρόσβαση των παραγωγών πράσινης ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1.1) φαίνονται ενδεικτικά οι εθνικοί στόχοι για κάθε κράτος-μέλος.[6]

Πίνακας 1.1 - Ενδεικτικοί στόχοι ΑΠΕ το 2010

	Συνολική κατανάλωση ηλεκτρισμού (GWh) 2010	Στόχος 2010 ΑΠΕ (%)	Στόχος 2010 ΑΠΕ (GWh)
Αυστρία	70626	78.1	55189
Βέλγιο	105151	6.0	6305
Δανία	44400	29.0	12876
Φινλανδία	96614	31.5	30240
Γαλλία	537701	21.0	112517
Γερμανία	613277	12.5	76660
Ελλάδα	72463	20.1	14565
Ιρλανδία	33800	13.2	4462
Ιταλία	359018	25.0	89755
Λουξεμβούργο	7951	5.7	453
Κάτω χώρες	132688	9.0	11942
Πορτογαλία	62037	39.0	24154
Ισπανία	255614	29.4	75151
Σουηδία	162565	60.0	97538
Ηνωμένο Βασίλειο	500342	10.0	50034
ΕΕ-15	3054244	21.7	662160



Σχήμα 1.1 – Επίτευξη στόχων ΑΠΕ το 2010 (%)

1.2.5 Ευρωπαϊκό σχέδιο εμπορίας εκπομπών

Το 2003 θεσπίστηκε μία Οδηγία (2003/87/EC), η Οδηγία Εμπορίου Εκπομπών, η οποία αποτελεί ένα σχήμα δικαιωμάτων εμπορίου των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, και δημιουργήθηκε για να υλοποιήσει το εσωτερικό σύστημα εμπορίας εκπομπών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η πρώτη περίοδος εφαρμογής της αφορά τα έτη 2005-2007. Υπό το σχήμα αυτό, τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης θέτουν όρια στις εκπομπές του CO₂ από τις ενεργοβόρες βιομηχανίες, εκδίδοντας δικαιώματα, τα οποία προσδιορίζουν τις ποσότητες CO₂, τις οποίες οι εταιρίες αυτές μπορούν να εκπέμπουν. Οι εταιρίες που εκπέμπουν ποσότητες μικρότερες από αυτές που προβλέπονται από τα δικαιώματα τους, μπορούν να πουλήσουν το πλεόνασμα τους σε εταιρίες που υπερβαίνουν τα δικαιώματα τους, ή σε βιομηχανίες, για τις οποίες τα μέτρα περιορισμού των εκπομπών είναι ιδιαίτερα δαπανηρά σε σύγκριση με το κόστος αγοράς των δικαιωμάτων. Κάθε εταιρία μπορεί να αυξήσει τα όρια εκπομπών της, πάνω από τα επιτρεπόμενα για αυτήν όρια αγοράζοντας περισσότερα δικαιώματα από την αγορά. Κάθε χώρα είχε αρχικά κατανειμίει δικαιώματα εκπομπών σε μονάδες, οι οποίες καλύπτονται από το σύστημα Εθνικών Σχεδίων Ανάθεσης Δικαιωμάτων. Η δεύτερη περίοδος 2008-2012 εκτιμάται ότι θα καλύψει τους ίδιους τομείς, όπως και η πρώτη, με μειωμένα όμως επίπεδα δικαιωμάτων. Η πρώτη περίοδος είχε θέσει συντηρητικές απαιτήσεις για την μείωση εκπομπών στις περισσότερες χώρες, με εκτιμώμενη τιμή 5-10 €/τόνο. Η τιμή των 5€/τόνο σημαίνει μια αύξηση της τάξης του 10% των τιμών ηλεκτρικής ενέργειας στις Σκανδιναβικές χώρες. Το 2005, οι τιμές έφτασαν έως και 30€/τόνο. Η εμπορία δικαιωμάτων εκπομπών θα αυξήσει την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας, και κατά το κόστος όλων των κλάδων, οι οποίοι είναι καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας. Από την άλλη πλευρά, η εμπορία δικαιωμάτων εκπομπών θα αυξήσει την ανταγωνιστικότητα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε όλες τις Ευρωπαϊκές χώρες.[7]

Έπειτα με την Οδηγία 2009/29/EC τροποποιείται η Οδηγία 2003/87/EC για τη βελτίωση και την επέκταση του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου της Κοινότητας.

Τέλος με την Απόφαση 406/2009/EC τα κράτη μέλη θα πρέπει να εφαρμόσουν πρόσθετες πολιτικές και μέτρα σε μια προσπάθεια περαιτέρω περιορισμού των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από πηγές που δεν καλύπτει η οδηγία 2003/87/EC. Η απόφαση αφορά τον επιμερισμό της προσπάθειας για μείωση των εκπομπών από τομείς που δεν καλύπτονται από το σύστημα εμπορίας, όπως οι μεταφορές, ο οικιακός τομέας, η γεωργία και τα απόβλητα. Ακόμη ορίζει την ελάχιστη συμβολή των κρατών μελών στην τήρηση της δέσμευσης της Κοινότητας για μείωση, μεταξύ των ετών 2013 και 2020, των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου που καλύπτει η παρούσα απόφαση, καθώς και κανόνες για την υλοποίηση της συμβολής και για την αξιολόγηση της τήρησης της δέσμευσης. Η παρούσα απόφαση ορίζει επίσης διατάξεις για την αποτίμηση και υλοποίηση αυστηρότερης δέσμευσης της Κοινότητας για μείωση πέραν του 20 %, οι οποίες θα εφαρμόζονται μόλις η Κοινότητα εγκρίνει μια διεθνή συμφωνία για τις κλιματικές αλλαγές, η οποία θα οδηγήσει σε μειώσεις εκπομπών που υπερβαίνουν εκείνες που απαιτούνται σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1.6), όπως αντικατοπτρίζεται

στη δέσμευση περί μείωσης κατά 30 % την οποία προσυπέγραψε το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο του Μαρτίου 2007.

Πίνακας 1.2 - Όρια εκπομπών αερίων θερμοκηπίου των κρατών μελών το 2020 σε σύγκριση με τα επίπεδα εκπομπών αερίων θερμοκηπίου του 2005

Βέλγιο	- 15%
Βουλγαρία	20%
Τσέχικη Δημοκρατία	9%
Δανία	-20%
Γερμανία	-14%
Εσθονία	11%
Ιρλανδία	-20%
Ελλάδα	-4%
Ισπανία	-10%
Γαλλία	-14%
Ιταλία	-13%
Κύπρος	-5%
Λετονία	17%
Λιθουανία	15%
Λουξεμβούργο	-20%
Ουγγαρία	10%
Μάλτα	5%
Κάτω Χώρες	-16%
Αυστρία	-16%
Πολωνία	14%
Πορτογαλία	1%
Ρουμανία	19%
Σλοβενία	4%
Σλοβακία	13%
Φιλανδία	-16%
Σουηδία	-17%
Ηνωμένο Βασίλειο	-16%

1.2.6 Προώθηση των βιοκαυσίμων στις μεταφορές

Η Οδηγία 2003/30/EC του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, σχετικά με την προώθηση της χρήσης των βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις μεταφορές, υιοθετήθηκε το 2003. Η Οδηγία στοχεύει στην προώθηση της χρήσης των βιοκαυσίμων προς αντικατάσταση του ντίζελ ή της βενζίνης στις μεταφορές σε κάθε κράτος-μέλος, καθώς και στην συνεισφορά στην επίτευξη των στόχων όπως η εφαρμογή των

δεσμεύσεων για την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών, η περιβαλλοντική φιλική ασφάλεια και η προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η Οδηγία θέτει ένα στόχο υποκατάστασης σε Ευρωπαϊκή κλίμακα του 5,75% των συμβατικών καυσίμων, τα οποία χρησιμοποιούνται στις μεταφορές, με βιοκαύσιμα μέχρι το Δεκέμβριο του 2010, με ένα ενδιάμεσο στόχο υποκατάστασης του 2% μέχρι το Δεκέμβριο του 2005, μακροπρόθεσμα, η μεγάλη πρόοδος η οποία συντελείται όσον αφορά τα υποκατάστατα καύσιμα, μπορεί να επιτρέψει την αντικατάσταση του 20% των ποσοτήτων βενζίνης και ντίζελ, που χρησιμοποιούνται για οδικές μεταφορές, με τα καύσιμα αυτά, μέχρι το 2020. Ανάμεσα στα κυριότερα μέτρα στήριξης, τα οποία χρησιμοποιούνται στα κράτη-μέλη, συγκαταλέγονται τα δημοσιονομικά μέτρα. Η συνοδευτική οδηγία για την φορολόγηση των ενεργειακών προϊόντων περιλαμβάνει συγκεκριμένες προβλέψεις, για την μείωση συντελεστών φορολόγησης της ενέργειας από βιομάζα και για τη χρησιμοποίηση της φορολογικής διαφοροποίησης ως μέσου προώθησης της βιομάζας. Μέχρι τώρα, έξι κράτη-μέλη της ΕΕ έχουν θεσπίσει φορολογικά σχήματα, τα οποία υποστηρίζουν τη χρήση βιοκαυσίμων. Αυτά είναι η Αυστρία, Γερμανία, Ισπανία, Βέλγιο, Ιταλία και η Σουηδία).[8]

1.2.7 Προώθηση της συνδυασμένης παραγωγής θερμότητας και ισχύος

Η Οδηγία 2004/8/EC του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, όσον αφορά την προώθηση της συμπαραγωγής θερμότητας και ισχύος, αποσκοπεί στην αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας και την βελτίωση της ασφάλειας της προσφοράς, δημιουργώντας ένα πλαίσιο για την προώθηση και την ανάπτυξη συστημάτων παραγωγής θερμότητας και ισχύος υψηλής αποδοτικότητας. Αυτό θα βασίζεται στη ζήτηση χρήσιμης θερμότητας και την εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας στην εσωτερική αγορά, λαμβάνοντας υπόψη τις ειδικές συνθήκες σε κάθε χώρα, και ειδικότερα τις κλιματικές και οικονομικές συνθήκες. Βραχυπρόθεσμα, η πρόθεση της Οδηγίας είναι η υποστήριξη εγκαταστάσεων συμπαραγωγής θερμότητας και ισχύος και η ανάπτυξη της αγοράς σε ένα επίπεδο το οποίο επιτρέπει την εύρυθμη λειτουργία της. Οι μεσοπρόθεσμοι και μακροπρόθεσμοι στόχοι είναι η εξασφάλιση σε κάθε μελλοντικό σχεδιασμό δημιουργίας νέας μονάδας, θα λαμβάνεται υπόψη η επιλογή συμπαραγωγής θερμότητας και ισχύος υψηλής απόδοσης. Μέχρι σήμερα η εγκατεστημένη συνολικής ισχύος που παράγεται από συμπαραγωγή θερμότητας και ισχύος φτάνει τα 110,85 MW.[9]

1.2.8 Τελική Οδηγία για την προώθηση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές

Τέλος η Οδηγία 2009/28/EC του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Απριλίου 2009 σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και την τροποποίηση και τη συνακόλουθη κατάργηση των οδηγιών 2001/77/EK και 2003/30/EK είχε ως αντικείμενο και πεδίο εφαρμογής να θεσπίσει κοινό πλαίσιο για την προώθηση της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Έθεσε υποχρεωτικούς εθνικούς στόχους για το συνολικό μερίδιο ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας και το μερίδιο ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στις μεταφορές. Καθορίζει κανόνες για τη στατιστική μεταβίβαση μεταξύ κρατών μελών, για κοινά έργα μεταξύ κρατών μελών και με

τρίτες χώρες, τις εγγυήσεις προέλευσης, τις διοικητικές διαδικασίες, την πληροφόρηση και την κατάρτιση και την πρόσβαση στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας για ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές. Καθιερώνει κριτήρια αειφορίας του περιβάλλοντος για τα βιοκαύσιμα και τα βιορευστά.[10]

1.2.9 Οδηγία για την αποθήκευση διοξειδίου του άνθρακα

Η παρούσα Οδηγία (2009/31/EK) θεσπίζει το νομικό πλαίσιο για την περιβαλλοντικά ασφαλή αποθήκευση διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) σε γεωλογικούς σχηματισμούς ως συμβολή στην καταπολέμηση της αλλαγής του κλίματος. Σκοπός είναι η μόνιμη απομόνωση του CO₂ κατά τρόπο που να προλαμβάνει και, όπου αυτό δεν είναι εφικτό, να εξαλείφει κατά το δυνατόν τις αρνητικές συνέπειες και τυχόν κινδύνους για το περιβάλλον και την υγεία του ανθρώπου.[11]

1.2.10 Σχέδιο δράσης για την βιομάζα

Στην έκθεση της το 2004 σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δεσμεύτηκε να παρουσιάσει ένα Σχέδιο Δράσης για τη Βιομάζα. Το Σχέδιο Δράσης που τέθηκε σε εφαρμογή το 2005, έθεσε μέτρα για την αύξηση της ανάπτυξης της ενέργειας από ξύλο, απόβλητα και αγροτικές καλλιέργειες. Περιλαμβάνει μέτρα για την προώθηση της βιομάζας στη θέρμανση, στην παραγωγή ηλεκτρισμού και στις μεταφορές, που συνοδεύονται από μέτρα, τα οποία αφορούν την προσφορά βιομάζας, τη χρηματοδότηση και την έρευνα σχετικά με αυτήν. Στις Σκανδιναβικές χώρες παρατηρείται ταχεία αύξηση της χρήσης βιοενέργειας. Οι αλλαγές στην Κοινή Αγροτική Πολιτική (ΚΑΠ), οι οποίες επήλθαν το 2003, εισήγαγαν επιδοτήσεις για ενεργειακές καλλιέργειες. Η ανάπτυξη της ΚΑΠ αποτελεί μία σημαντική προϋπόθεση για την αγροτική βιομάζα. Η απελευθέρωση των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας και η υιοθέτηση συστημάτων προσφοράς, τα οποία βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές, προχωρούν με διαφορετική ταχύτητα στις διάφορες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Πολλές χώρες έχουν θέσει διαφορετικούς εθνικούς στόχους για την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και τη διείσδυση των ΑΠΕ. Η Βρετανία σχεδιάζει να περιορίσει τις εκπομπές κατά 60% ως το 2050, ενώ ταυτόχρονα χρηματοδοτεί την κατασκευή υπεράκτιων αιολικών πάρκων, ισχύος 6000 MW. Η Δανία στοχεύει να καλύψει το 50% των αναγκών της σε ηλεκτρισμό από αιολική ενέργεια, ως το 2030, η Γερμανία στοχεύει στην μείωση των εκπομπών της κατά 40% ως το 2020. 13 πολιτείες των ΗΠΑ έχουν θεσπίσει τα ποσοστά διείσδυσης των ΑΠΕ στο ενεργειακό τους ισοζύγιο. Παρ' όλα αυτά υπάρχει ανάγκη ανάπτυξης σε κάθε χώρα για την εφαρμογή πολιτικών και κανονισμών και την επίτευξη τοπικών συνθηκών για την προώθηση αυτών των αρχών.[12]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΠΗΓΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Η βιομάζα με την ευρύτερη έννοια του όρου περιλαμβάνει οποιοδήποτε υλικό προέρχεται από ζωντανούς οργανισμούς, ειδικότερα, για ενεργειακούς σκοπούς, περιλαμβάνει κάθε τύπο οργανικής ύλης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή στερεών, υγρών ή αέριων καυσίμων.

Στην πράξη υπάρχουν δύο τύποι βιομάζας:

- Η βιομάζα που παράγεται από ενεργειακές καλλιέργειες
- Οι υπολειμματικές μορφές βιομάζας (τα κάθε είδους φυτικά υπολείμματα, ζωικά απόβλητα και τα απορρίμματα), οι οποίες διακρίνονται σε τρεις κύριες κατηγορίες:
 - Υπολείμματα που παραμένουν στον αγρό ή το δάσος μετά τη συγκομιδή του κυρίου προϊόντος. Τέτοιου είδους υπολείμματα είναι το άχυρο σιτηρών, τα βαμβακοστελέχη, τα κλαδοδέματα, κ.ά.
 - Υπολείμματα γεωργικών και δασικών βιομηχανιών, όπως ελαιοπυρήνες, υπολείμματα εκκοκκισμού, πριονίδια, κ.ά.
 - Απορρίμματα, βιομηχανικά κι αστικά απόβλητα (το οργανικό τμήμα τους).

2.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι καλλιεργούμενα ή αυτοφυή είδη, παραδοσιακά ή νέα, τα οποία παράγουν βιομάζα, ως κύριο προϊόν, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους ενεργειακούς σκοπούς, όπως παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων κ.ά.

Οι παραδοσιακές καλλιέργειες των οποίων το τελικό προϊόν θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας και βιοκαυσίμων θεωρούνται ενεργειακές καλλιέργειες. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν το σιτάρι, το κριθάρι, ο αραβόσιτος, τα ζαχαρότευτλα κι ο ηλιάνθος, όταν χρησιμοποιούνται για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων (βιοαιθανόλης και βιοντίζελ).

Οι «νέες» ενεργειακές καλλιέργειες είναι είδη με υψηλή παραγωγικότητα σε βιομάζα ανά μονάδα γης κι αναφέρονται σε δύο κύριες κατηγορίες, τις γεωργικές και τις δασικές. Οι γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες διακρίνονται περαιτέρω σε ετήσιες και πολυετείς.[13,14]

➤ **Δασικές ενεργειακές καλλιέργειες.**

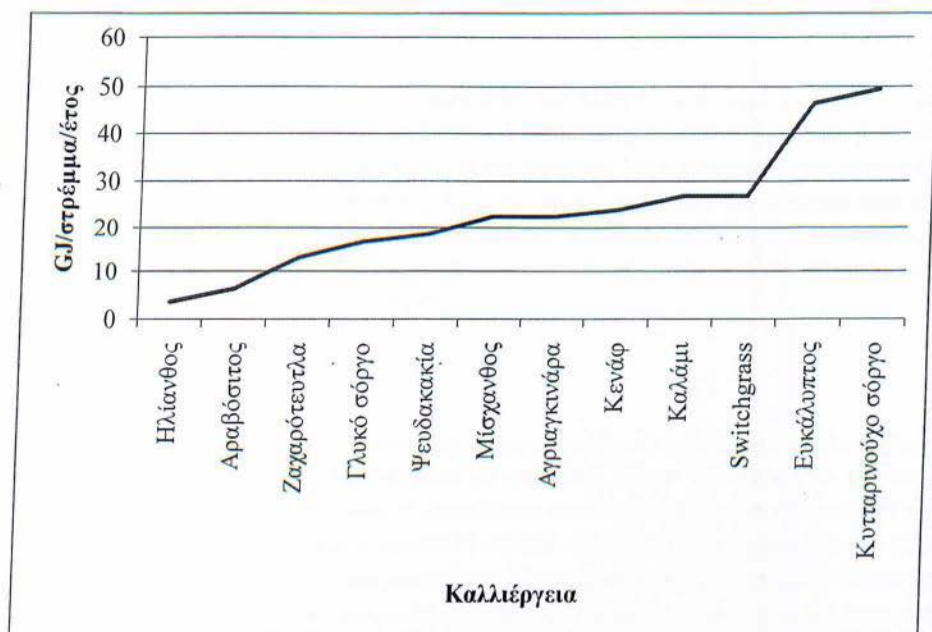
- Δύο είδη ευκαλύπτων (*Eucalyptus globulus* Labill, *Eucalyptus camardutensis* Dehnh)
- Ψευδακακία (*Robinia pseudoacacia* L.)

➤ **Γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες**

- Πολυετείς
 - Καλάμι
 - Μίσχανθος
 - Αγριαγκινάρα
 - Switchgrass
- Ετήσιες
 - Γλυκό σόργο
 - Κενάφ
 - Ελαιοκράμβη
 - Ηλίανθος
 - Σιτάρι – Κριθάρι
 - Ζαχαρότευτλα
 - Αραβόσιτος
 - Κυτταρινούχο Σόργο

Πίνακας 2.1 – Χαρακτηριστικά ενεργειακών καλλιιεργειών

Καλλιιεργεια	Είδος	Απόδοση σε ξηρή βιομάζα (τόνου/στρέμμα)	Ενεργειακή απόδοση (GJ/στρέμμα/έτος)	Πιθανές χρήσεις
Ευκάλυπτος	Δασική	0,4 - 2	35 - 58	Παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας, πρώτη ύλη χαρτοπολλτού
Ψευδακακία	Δασική	0,5 - 0,8	14 -23	Παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας
Καλάμι	Γεωργική(πολυετής)	2 - 3,5	18 - 36	Παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας, πρώτη ύλη χαρτοπολλτού
Μίσχανθος	Γεωργική(πολυετής)	0,8 - 3	18 - 27	Παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας, πρώτη ύλη δομικών υλικών
Αγριαγκινάρα	Γεωργική(πολυετής)	1,7 - 3,3	18 - 27	Παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας, υγρών βιοκαυσίμων
Switchgrass	Γεωργική(πολυετής)	1,0 - 2,0	18 - 36	Παραγωγή υγρών και στερεών βιοκαυσίμων, βιομηχανικές πρώτες ύλες
Γλυκό σόργο	Γεωργική(ετήσια)	8,0 - 14	14,7 – 18,9	Βιοαιθανόλη
Κενάφ	Γεωργική(ετήσια)	0,7 - 2,4	15 - 33	Παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας, πρώτη ύλη χαρτοπολλτού
Ελαιοκράμβη	Γεωργική(ετήσια)	0,15 - 0,8	-	Έλαια για ανθρώπινη κατανάλωση, ζωοτροφές και λίπανση
Ηλιάνθος	Γεωργική(ετήσια)	0,15 - 0,3	2,4 – 4,6	Βιοντίζελ
Σιτάρι - Κριθάρι	Γεωργική(ετήσια)	0,15 - 0,9	0,95 - 5	Βιοαιθανόλη
Ζαχαρότευτλα	Γεωργική(ετήσια)	6	11,5 – 14,7	Βιοαιθανόλη
Αραβόσιτος	Γεωργική(ετήσια)	0,6 - 1,8	5 – 7,5	Βιοαιθανόλη
Κυτταρινούχο σόργο	Γεωργική(ετήσια)	2 - 3,5	36 - 63	Παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας, πρώτη ύλη χαρτοπολλτού



Σχήμα 2.1 – Ανώτερη θερμογόνος δύναμη ειδών καλλιέργειας (GJ/στρέμμα/έτος)

2.3 ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

2.3.1 Πριονίδια

Τα υπολείμματα ξύλου από τη βιομηχανία χάρτου και πολτού, τα ξυλουργεία και άλλους βιομηχανικούς χρήστες ξύλου χρησιμοποιούνται συχνά για την παραγωγή ηλεκτρισμού από βιομάζα. Αυτά τα υπολείμματα είναι συνήθως πολύ καθαρά και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμο σε ένα μεγάλο εύρος συστημάτων ισχύος βιομάζας. Σε πολλές περιπτώσεις, τα πριονίδια χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ατμού και ηλεκτρισμού εντός της εγκατάστασης όπου παράγονται.[15]

2.3.2 Αστικά υπολείμματα ξύλου

Μεγάλες ποσότητες αστικών υπολειμμάτων ξύλου απορρίπτονται στις χωματερές, για παράδειγμα τα απαρχαιωμένα ξύλινα προϊόντα, οι σπασμένες ξύλινες παλέτες και κάσες, και τα ακατέργαστα καθαρά υλικά οικοδομών και κατεδαφίσεων. Τα υλικά αυτά μπορούν να εκτραπούν σε μονάδες ανάκτησης που διαχωρίζουν το καθαρό ξύλο από τα άλλα υλικά (π.χ. βαριά μέταλλα, συνήθως λόγω του χρώματος που μένει στο ξύλο). Το καθαρό ξύλο, με χαμηλή υγρασία μέχρι 5%, μπορεί να χρησιμοποιηθεί παραγωγικά ως καύσιμο βιομάζας και υλικά διαμόρφωσης ανοικτών χώρων.[15]

2.3.3 Υπολείμματα δένδρων

Τα ξυλώδη υπολείμματα των κήπων αποτελούν μια άλλη μεγάλη πηγή ξύλου που προς το παρόν καταλήγουν στις χωματερές. Παρόμοια υλικά επίσης παράγονται από το κλάδεμα των δένδρων που βρίσκονται κοντά σε οδούς, σιδηροδρομικές γραμμές και ηλεκτρικά συστήματα (π.χ. γραμμές μεταφοράς του ρεύματος). Μερικές φορές, τα κλαδιά των δένδρων εισαγόμενα στο λίπασμα μετατρέπονται σε εδαφικό κάλυμμα, ή αλέθονται και χρησιμοποιούνται για επικάλυψη των χωματερών. Πάντως, σταθερό καταναλωτή αυτών των υλικών μπορούν να αποτελέσουν κάποια ενεργειακά έργα.[15]

2.3.4 Δασικά υπολείμματα

Τα δασικά απόβλητα περιλαμβάνουν μη χρησιμοποιούμενα υπολείμματα υλοτομίας, μη εμπορεύσιμα δέντρα, νεκρά ξύλα, και άλλα μη εμπορικά δέντρα που πρέπει να κοπούν από πυκνά, ασθενή ή ευπυρόβλητα δάση. Η αποψίλωση των δασών, που είναι απαραίτητη για να βοηθηθούν μερικά δάση να επανακτήσουν τη φυσική τους υγεία, επίσης παρέχει μια μεγάλη ποσότητα υπολειμμάτων ξύλου που μπορούν να μετατραπούν σε ηλεκτρισμό ή βιοκαύσιμα. Εξαιτίας της διασποράς και της μακρινής τους θέσης, η ανάκτηση των υπολειμμάτων αυτών είναι αρκετά πιο δύσκολη και δαπανηρή από αυτή των αστικών υπολειμμάτων ξύλου.[15]

2.3.5 Γεωργικά υπολείμματα

Μεγάλες ποσότητες υπολειμμάτων συγκομιδής παράγονται κάθε χρόνο παγκοσμίως και μένουν αχρησιμοποίητες. Αυτά περιλαμβάνουν γεωργικά κατάλοιπα όπως άχυρα σιτηρών, στελέχη καλαμποκιού (φύλλα, μίσχοι και κότσαλα), κλαδέματα οπωρώνων, φλοιοί ρυζιού και βγάσση. Τα υπολείμματά του καλαμποκιού μόνο μπορούν να παράγουν πάνω από την τριπλάσια ποσότητα υπολειμμάτων που διατίθεται σήμερα από όλες τις μορφές των υπολειμμάτων ξύλου (εκτός των δασικών). Η γεωργική πρακτική συνήθως είναι τα υπολείμματα αυτά να επιστρέφονται στο χώμα, να καίγονται, να αφήνονται να αποσυντίθενται, ή να αποτελούν απόθεμα βοσκής.

Τα περισσότερα γεωργικά υπολείμματα δεν έχουν ακόμα χρησιμοποιηθεί ευρέως για ηλεκτροπαραγωγή. Ωστόσο, μπορούν να παράσχουν μια αξιόλογη πηγή βιομάζας εάν αναπτυχθούν υποδομές τροφοδοσίας που να τα αποδίδουν οικονομικά σε μονάδες ισχύος που μπορούν να τα χρησιμοποιήσουν ως καύσιμα. Πράγματι, ένας αριθμός μελετών για τη γεωργία και τη βιομάζα έχουν καταλήξει στο ότι είναι δυνατό να αφαιρείται και να αξιοποιείται ένα μέρος των υπολειμμάτων των καλλιεργειών για παραγωγή ενέργειας, παρέχοντας μεγάλους όγκους υλικού χαμηλού κόστους. Αυτά τα υπολείμματα θα μπορούσαν να υποστούν επεξεργασία μετατροπής τους σε υγρά καύσιμα ή να καούν/αεριοποιηθούν για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας.[15]

2.3.5.1 Βαγάσση

Ο πολτός που απομένει μετά το θρυμματισμό του ζαχαροκάλαμου για την εκχύμωσή του ονομάζεται βαγάσση. Αυτή συνηθίζεται να χρησιμοποιείται στη βιομηχανία ζάχαρης ως καύσιμο για τη συμπαραγωγή ατμού (για την παραγωγή της ζάχαρης) και ηλεκτρισμού, για επιτόπια χρήση και πώληση στις εταιρείες ηλεκτρισμού. Το περιεχόμενο σε τέφρα συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 4-11% (του ξηρού βάρους), αλλά η θερμοκρασία τήξης της τέφρας είναι υψηλή. Ο κύριος παραγωγός ηλεκτρισμού από βαγάσση είναι οι ΗΠΑ, όπου τέτοιες εγκαταστάσεις συμπαραγωγής λειτουργούν στη Φλόριντα, τη Χαβάη, και τη Λουϊζιάνα. Η βαγάσση αποτελεί επίσης σημαντική ενεργειακή πηγή για μερικά κράτη όπως η Αυστραλία, το Πακιστάν, η Ινδία, η νήσος Reunion, η Ταϊλάνδη, και άλλα στην Αφρική, τη Νότια Ασία και τη Νότια Αμερική.

2.3.5.2 Φλοιοί ρυζιού

Το ρύζι είναι μετά το σιτάρι η δεύτερη πιο διαδεδομένη καλλιέργεια στον κόσμο ως προς την παραγόμενη ποσότητα και την καλλιεργούμενη έκταση, αποτελεί δε την κύρια τροφή για περισσότερο από το μισό του πληθυσμού της Γης. Οι φλοιοί είναι ένα κατάλοιπο της επεξεργασίας του ρυζιού (περίπου το 20% του ακατέργαστου ρυζιού είναι φλοιοί). Αντί να πετιούνται οι φλοιοί μπορούν να χρησιμοποιούνται από τα εργοστάσια του ρυζιού για την παραγωγή ατμού και ηλεκτρισμού. Αυτό γίνεται ήδη σε αρκετές μονάδες στο Αρκάνσας, τη Λουϊζιάνα και την Καλιφόρνια των ΗΠΑ. Σε χώρες όπως η Κίνα, η Ινδία, το Πακιστάν, η Ταϊλάνδη και το Βιετνάμ, όπου παράγεται ρύζι σε μεγάλες ποσότητες, οι φλοιοί του ρυζιού θα μπορούσαν να αποτελέσουν σημαντική πηγή καυσίμου για την κάλυψη της αυξανόμενης ζήτησης σε ηλεκτρισμό και να υποκαταστήσουν τη χρήση και τις εισαγωγές των ορυκτών καυσίμων.

2.3.5.3 Άχυρο

Το άχυρο έχει χαμηλές θερμοκρασίες τήξης της τέφρας και μπορεί να γίνει κολλώδες σε θερμοκρασίες μέχρι 550-600^o C. Η ενίοτε υψηλή περιεκτικότητα σε χλώριο, ειδικά στις παραθαλάσσιες περιοχές, μπορεί να προκαλέσει διάβρωση στους εναλλάκτες θερμότητας των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, όπου σχετικά παραδείγματα έχουν εντοπιστεί σε μερικές μονάδες καύσης άχυρου στη Δανία. Η περιεκτικότητα σε χλώριο μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ των παραθαλάσσιων περιοχών και αυτών της ενδοχώρας κατά ένα συντελεστή της τάξης του πέντε.

2.3.6 Απόβλητα

2.3.6.1 Βιομηχανικά απόβλητα

Μεγάλες ποσότητες υπολειμμάτων και υποπροϊόντων παράγονται από τη βιομηχανία τροφίμων, οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν ως ενεργειακές πηγές. Τα απόβλητα αυτά

υλικά προέρχονται από όλους τους τομείς της βιομηχανίας αυτής, από την παραγωγή κρέατος μέχρι τη ζαχαροπλαστική. Τα στερεά απόβλητα περιλαμβάνουν φλοιούς και υπολείμματα φρούτων και λαχανικών, τρόφιμα που δεν ανταποκρίνονται στα πρότυπα ποιότητας, πολτό και ίνες από την εξαγωγή ζάχαρης και αμύλου, κατακάθια φίλτρων και καφέ. Αυτά συνήθως αποβάλλονται σε χώρους ταφής και η εταιρεία τροφίμων πληρώνει για την απόρριψή τους.

Ρεύματα υγρών αποβλήτων παράγονται από το πλύσιμο του κρέατος, των φρούτων και των λαχανικών, τη λεύκανση των φρούτων και των λαχανικών, το προ-μαγείρεμα των κρεάτων, πουλερικών και ψαριών, από εργασίες καθαρισμού και επεξεργασίας, καθώς και από την οινοποίηση. Αυτά τα ρευστά απόβλητα περιέχουν ζάχαρα, άμυλα, και άλλες διαλυμένες και στερεές οργανικές ύλες, αλλά σε αραιή μορφή. Το δυναμικό να υποστούν τα βιομηχανικά αυτά απόβλητα αναερόβια χώνευση για την παραγωγή βιοαερίου ή ζύμωση για την παραγωγή αιθανόλης υπάρχει, και ήδη υφίστανται αρκετά εμπορικά παραδείγματα μετατροπής των αποβλήτων σε ενέργεια.

2.3.6.2 Αστικά στερεά απόβλητα

Κάθε χρόνο συλλέγονται εκατομμύρια τόνοι οικιακών αποβλήτων και το μεγαλύτερο μέρος τους απορρίπτεται σε χώρους ταφής. Η σύσταση των ΑΣΑ κυμαίνεται ανάλογα με τη θέση και τον τύπο της υπηρεσίας συλλογής. Έχει βρεθεί ότι η μέση σύσταση των ΑΣΑ στην Αυστραλία είναι 46% σηπτικά υλικά (σηπόμενη οργανική ουσία), 24% χαρτί, 26% πλαστικό, γυαλί και μέταλλο, και 4% άλλα. Η πηγή βιομάζας σε αυτά τα ΑΣΑ αποτελείται από τα σηπτικά, το χαρτί και το πλαστικό, και κατά μέσο όρο είναι το 80% των συνολικά συλλεγόμενων ΑΣΑ. Η χαμηλότερη θερμογόνος δύναμή τους είναι εν γένει γύρω στα 8-12 GJ/τόνο.

Τα ΑΣΑ μπορούν να μετατραπούν σε ενέργεια με άμεση καύση ή μέσω φυσικής αναερόβιας χώνευσης στο χώρο ταφής τους. Στους χώρους ταφής, το αέριο που παράγεται από την φυσική αποσύνθεση των ΑΣΑ (περίπου 50% μεθάνιο και 50% διοξείδιο του άνθρακα) συλλέγεται από τα συσσωρευμένα υλικά και καθαρίζεται πριν να τροφοδοτήσει μηχανές εσωτερικής καύσης ή αεριοστροβίλους για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού.

2.3.6.3 Ζωικά απόβλητα

Υπάρχει μια ποικιλία ζωικών αποβλήτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πηγές ενέργειας από βιομάζα. Οι πιο συνήθεις πηγές είναι οι κοπριές από τα χοιρινά, τα κοτόπουλα και τα βοοειδή (σε εκτροφεία), καθώς τα ζώα αυτά εκτρέφονται σε περιορισμένο χώρο παράγοντας μεγάλη ποσότητα αποβλήτων σε μικρή έκταση. Στο παρελθόν αυτά τα απόβλητα περισυλλέγονταν και πωλούνταν για λίπασμα ή απλά σκορπίζονταν στους αγρούς, αλλά η εισαγωγή αυστηρότερων ελέγχων για τις οσμές και τη μόλυνση του νερού επιβάλει πλέον κάποια μορφή διαχείρισής τους. Αυτό παρέχει επιπλέον κίνητρα για τη μετατροπή των αποβλήτων σε ενέργεια.

Μια συνήθης μέθοδος μετατροπής αυτών των αποβλήτων υλικών είναι μέσω της αναερόβιας χώνευσης, η οποία περιγράφεται παρακάτω. Το προϊόν της αναερόβιας χώνευσης είναι ένα

βιοαέριο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο σε μηχανές εσωτερικής καύσης για την παραγωγή ηλεκτρισμού, ή να καεί άμεσα για μαγειρική ή θέρμανση χώρων και νερού.

2.3.6.4 Αστικά λύματα

Τα αστικά λύματα αποτελούν μια πηγή ενέργειας βιομάζας που είναι αρκετά όμοια με τα άλλα ζωικά απόβλητα που αναφέρθηκαν παραπάνω, με τη μόνη διαφορά ότι αυτά υφίστανται επεξεργασία εδώ και πολλά χρόνια στις αναπτυγμένες χώρες. Ενέργεια μπορεί να εξαχθεί από τα αστικά λύματα μέσω της αναερόβιας χώνευσης για την παραγωγή βιοαερίου. Η παραμένουσα λάσπη μπορεί στη συνέχεια να αποτεφρωθεί ή να υποστεί πυρόλυση, ώστε να παραχθεί περισσότερο βιοαέριο και βιοέλαιο.

2.3.6.5 Παραγόμενο αέριο καύσιμο σε Χ.Υ.Τ.Α. (Landfill gas)

Το Landfill αέριο (LFG) είναι ένα προϊόν διαδικασίας αναερόβιας και αερόβιας χώνευσης και γενικά αποτελείται από μεθάνιο σε ποσοστό μέχρι και 50%. Μόνο 30-40% του Landfill αερίου συλλέγεται σε κανονικές συνθήκες με τα υπολείμματα του αερίου να διαρρέουν στην ατμόσφαιρα.

Το αέριο που συλλέγεται μπορεί να καθαριστεί και να καεί αποκλειστικά σε μηχανές ή με συνδυασμό με στροβίλους για να παραχθεί θερμότητα ή ηλεκτρισμός.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα διάφορα είδη παρθένας ή υπολειμματικής βιομάζας περιέχουν οργανικές ενώσεις, ανόργανες ουσίες και υγρασία. Σε μερικές περιπτώσεις, οι διαφορές στη σύνθεση τους είναι μεγάλες, ώστε πολλοί από τους πιθανούς συνδυασμούς τροφοδοσίας, διεργασίας, τύπου παραγόμενης ενέργειας να μην είναι επιτεύξιμοι. Για παράδειγμα, τα ανεπεξέργαστα δημοτικά στερεά απορρίμματα περιέχουν πολύ μεγάλες ποσότητες υγρασίας τα οποία είναι ακατάλληλα για θερμοχημική μετατροπή. Αντίθετα, η ξυλώδης βιομάζα είναι συχνά κατάλληλη για άμεση χρήση σαν ξηρό καύσιμο.

Ο σκοπός της επεξεργασίας της βιομάζας είναι η παραγωγή ενός βιοκαυσίμου από διάφορες πηγές βιομάζας, το οποίο ικανοποιεί τις απαιτήσεις της μονάδας μετατροπής, όσον αφορά την ποιότητα του καυσίμου (π.χ. υγρασία, μέγεθος σωματιδίου, περιεκτικότητα σε ανόργανη ύλη) και το κόστος του. Η αλυσίδα εφοδιασμού με καύσιμα αποτελείται από μία σειρά διαδοχικών βημάτων, ο συνδυασμός των οποίων εξαρτάται από το τύπο βιομάζας, καθώς και τις απαιτήσεις της μονάδας μετατροπής.

3.2 ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

3.2.1 Μείωση μεγέθους

Τα στερεά βιοκαύσιμα μπορούν να είναι θάμνοι, δασικά υπολείμματα (κλαδιά, κορυφές δένδρων), στελέχη, και φλοιοί, με μία διάμετρο περίπου 50cm, υπολείμματα από πριονιστήρια (φέτες, λωρίδες και τρίμματα ξύλου), καθώς και καθαρό ξύλο. Αυτές οι πρώτες ύλες έχουν πολύ διαφορετικά σχήματα και μεγέθη.

Οι τεχνικές μείωσης μεγέθους χρησιμοποιούνται για την προετοιμασία της βιομάζας για άμεση χρήση σαν καύσιμο, για την παραγωγή συσσωματωμάτων, κύβων και μπριγκέτων ή για διεργασίες μετατροπής. Η μείωση του μεγέθους των σωματιδίων και τεμαχίων της βιομάζας, μειώνει τον όγκο αποθήκευσης της, διευκολύνει την διακίνηση του υλικού σε στερεή κατάσταση και τη μεταφορά του σαν εναιώρημα ή με πνευματικά μέσα και μερικές φορές επιτρέπει τον άμεσο διαχωρισμό των συστατικών του, όπως το φλοιό και το καθαρό ξύλο. Οι φυσικές διαστάσεις της τροφοδοσίας σχετίζονται επίσης με τη μέθοδο μετατροπής, η οποία χρησιμοποιείται. Το μέγεθος των σωματιδίων πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του συστήματος τροφοδοσίας του αντιδραστήρα μετατροπής και της ίδιας της διεργασίας μετατροπής. Για συστήματα καύσης, ο σχεδιασμός του θαλάμου καύσης και των εναλλακτών θερμότητας, οι συνθήκες λειτουργίας και οι μέθοδοι παροχής του στερεού καυσίμου και αποκομής της τέφρας προσδιορίζουν το μέγεθος των σωματιδίων του καυσίμου. Για διεργασίες θερμικής αεριοποίησης και υγροποίησης, το μέγεθος και η κατανομή των μεγεθών των σωματιδίων μπορούν να επηρεάσουν το ρυθμό μετατροπής, τις συνθήκες λειτουργίας της διεργασίας και την απόδοση και κατανομή των παραγόμενων προϊόντων.

Η μείωση μεγέθους των σωματιδίων μπορεί να γίνει με: (α) κοπή των κομματιών μεγέθους 50-250mm, (β) τεμαχισμό των κομματιών μεγέθους 5-50mm και (γ) άλεση των κομματιών μεγέθους 0-80mm. Για όλα τα παραπάνω χρησιμοποιούνται μηχανές διαφόρων τύπων.[16]

3.2.2 Συμπύκνωση

Η συμπύκνωση βιομάζας φαίνεται να είναι περισσότερο χρησιμοποιούμενη μέθοδος αναβάθμισης των αγροτικών και δασικών υπολειμμάτων, το οποία αλλιώς θα χάνονταν ή θα απαιτούσαν τη διάθεση τους με επιπλέον κόστος. Η συμπύκνωση της βιομάζας παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα. Οι υψηλής πυκνότητας, κατασκευασμένες μορφές βιομάζας απλοποιούν τις διεργασίες διακίνησης και αποθήκευσης, βελτιώνουν τη σταθερότητα της βιομάζας, διευκολύνουν την τροφοδοσία των στερεών καυσίμων βιομάζας σε κλιβάνους και την τροφοδοσία πρώτης ύλης βιομάζας σε αντιδραστήρες, προσφέρουν υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα, καθώς και στερεά καύσιμα, που έχουν καθαρότερη καύση και τα οποία σε ορισμένες περιπτώσεις μπορούν να πλησιάζουν την θερμική αξία των γαιανθράκων. Όμως, το βασικό πρόβλημα, το οποίο αντιμετωπίζεται στη χρήση συμπυκνωμένων καυσίμων βιομάζας και τροφοδοσιών πρώτης ύλης βιομάζας είναι το κόστος παραγωγής. Βρίσκονται σε εφαρμογή διάφορες εμπορικές διεργασίες για την παραγωγή συμπυκνωμένων καυσίμων με τη μορφή κορμών ξύλου, μπριγκέτων ή συσσωματωμάτων, από ένα μεγάλο εύρος ειδών βιομάζας, τα οποία χρησιμοποιούνται για οικιακή θέρμανση. Παράλληλα, τα συσσωματώματα και οι μπριγκέτες χρησιμοποιούνται από τη βιομηχανία σαν καύσιμα για λέβητες.[17]

3.2.3 Δεματοποίηση

Η δεματοποίηση χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια για τη συμπύκνωση των αγρωστοδών καυσίμων και δασικών υπολειμμάτων, για την απλοποίηση της απομάκρυνσης τους από τους αγρούς, τη μείωση του χώρου αποθήκευσης και του κόστους μεταφοράς, καθώς και την αύξηση της ενεργειακής τους πυκνότητας. Για παράδειγμα, το δεματοποιημένο άχυρο έχει μία πυκνότητα της τάξης των 70-90kg/m³ με μία περιεκτικότητα σε υγρασία μεταξύ 10-15%κ.β., ενώ η φαινόμενη πυκνότητα του σωρευμένου άχυρου είναι το 5-15% του παραπάνω αναφερόμενου εύρους πυκνότητας.

Η δεματοποίηση του άχυρου επιτελείται συνήθως σε ένα επιπρόσθετο βήμα μεταξύ της συγκομιδής των σιτηρών ή κατά την κοπή της πρώτης ύλης τροφοδοσίας. Για ενεργειακές καλλιέργειες, όπως ο μίσχανθος ή τα δημητριακά, είναι δυνατή η συγκομιδή και δεματοποίηση σε ένα βήμα. Αν το άχυρο ξηραίνεται στο χωράφι πριν τη συλλογή του, μπορεί να επιτευχθεί έκπλυση υδατοδιαλυτών ενώσεων, όπως αυτές οι οποίες περιλαμβάνουν Χλώριο (Cl) και Κάλιο (K) από βροχοπτώσεις, βελτιώνοντας παράλληλα την ποιότητα του καυσίμου.

Το μέγεθος των δεματιών εξαρτάται από τη μηχανή, η οποία χρησιμοποιείται, ενώ η πυκνότητα των δεματιών για μία δεδομένη μηχανή εξαρτάται από το υλικό, το οποίο συσκευάζεται. Όσον αφορά τα προϊόντα της δεματοποίησης, είναι δυνατόν να διακριθούν τα παρακάτω σχήματα και μεγέθη: τετράγωνα δεμάτια (μικρά δεμάτια, τα οποία παράγονται από

μηχανές δεματοποίησης υψηλής πυκνότητας), σφαιρικά δεμάτια, (τα οποία παράγονται από μηχανές δεματοποίησης με ράουλα) και συμπαγή δεμάτια (τα οποία παράγονται από μηχανές συμπαγούς δεματοποίησης). Το σχήμα του δεματίου μπορεί να επηρεάζει το κόστος συγκομιδής και αποθήκευσης. Για τα τετράγωνα και τα σφαιρικά δεμάτια υπάρχουν ρυμουλκούμενες μηχανές, καθώς και μεγάλες αυτοκινούμενες μηχανές δεματοποίησης. Μικρότερες τέτοιες μηχανές βρίσκονται στη φάση ανάπτυξης και δεν είναι ακόμα εμπορικά διαθέσιμες.

Η δεματοποίηση των δασικών υπολειμμάτων πριν τη μεταφορά τους, σε συνδυασμό με τεμαχισμό σε μία κεντρική μονάδα, είναι μία νέα προσέγγιση για τη μείωση του κόστους παραγωγής των θρυμμάτων ξύλου από δασικά υπολείμματα. Τα δεμάτια είναι παρόμοια με τα σφαιρικά δεμάτια άχυρου, με μία διάμετρο 1,2 m και ύψος 1-2 m. Το βάρος τους είναι περίπου 600kg με περιεκτικότητα σε υγρασία γύρω στο 45% κ.β. Η μεταφορά των δεματοποιημένων δασικών υπολειμμάτων μπορεί να είναι μέχρι και 50% οικονομικότερη, από ότι αυτή του μη τεμαχισμένου υλικού. Η μεταφορά των δεματοποιημένων δασικών υπολειμμάτων είναι επίσης φθηνότερη κατά 10% σε σύγκριση με τη μεταφορά των συμβατικών θρυμμάτων ξύλου.[17]

3.2.4 Διαχωρισμός

Ορισμένες φορές είναι επιθυμητός ο φυσικός διαχωρισμός της βιομάζας σε δύο ή περισσότερα μέρη, για διαφορετικές εφαρμογές. Το θέμα είναι εξαιρετικά ευρύ, λόγω του μεγάλου αριθμού ειδών βιομάζας, τα οποία έχουν τύχει επεξεργασίας και των μεθόδων διαχωρισμού, οι οποίες χρησιμοποιούνται. Ακόμα και η συγκομιδή της παρθένας βιομάζας περιλαμβάνει τη χρήση τεχνολογιών φυσικού διαχωρισμού. Τέτοια παραδείγματα είναι ο διαχωρισμός της αγροτικής βιομάζας σε είδη διατροφής και υπολείμματα, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα ή ως πρώτη ύλη για την παραγωγή συνθετικών καυσίμων, ή ακόμη ο διαχωρισμός της δασικής βιομάζας στο περισσότερο σκούρο κλάσμα, το οποίο περιέχει κομμάτια φλοιού και στο περισσότερο ανοιχτόχρωμο κλάσμα, το οποίο είναι κατάλληλο για παραγωγή χαρτοπολτού. Ακόμη μπορούν να χρησιμοποιηθούν ο διαχωρισμός της θαλάσσιας βιομάζας για την απομόνωση ορισμένων χημικών, ο διαχωρισμός των αστικών υπολειμμάτων σε καύσιμα από απορρίμματα και μέταλλα, γυαλί και πλαστικά προς ανακύκλωση, καθώς και ο διαχωρισμός των ελαίων από τους σπόρους. Χρησιμοποιούνται συχνά κοινές πρακτικές, όπως κοσκίνιση, ταξινόμηση με αέρα, μαγνητικός διαχωρισμός, εξαγωγή, μηχανική εξαγωγή υπό πίεση, απόσταξη, διήθηση και κρυσταλλοποίηση, καθώς και ειδικές τεχνικές για τις γεωργικές εκμεταλλεύσεις, τη δασική και άλλες ειδικές βιομηχανίες. Δεδομένου του πολύ μεγάλου αριθμού τύπων βιομάζας, και του ότι οι μέθοδοι φυσικού διαχωρισμού είναι συνήθως ειδικού σχεδιασμού για κάθε εφαρμογή.[17]

3.2.5 Ξήρανση

Η περιεκτικότητα του καυσίμου σε ενέργεια (βασίζομενη στην κατώτερη θερμογόνο δύναμη) εξαρτάται από την περιεκτικότητα του σε υγρασία. Κατά συνέπεια, η αποδοτικότητα του συστήματος μετατροπής αυξάνεται όσο η περιεκτικότητα του καυσίμου σε υγρασία μειώνεται.

Για την επίτευξη της βελτιστοποίησης της διεργασίας μετατροπής (ελάχιστες εκπομπές, μέγιστη αποδοτικότητα), η περιεκτικότητα σε υγρασία του καυσίμου πρέπει να είναι όσο πιο σταθερή γίνεται. Τα καύσιμα με μεταβλητή περιεκτικότητα σε υγρασία απαιτούν μία περισσότερο σύνθετη τεχνολογία μετατροπής και ένα περισσότερο σύνθετο σύστημα ελέγχου της διεργασίας, αυξάνοντας το κόστος της επένδυσης.

Η μακροχρόνια αποθήκευση υγρών βιοκαυσίμων δημιουργεί προβλήματα λόγω απώλειας ξηρής ύλης, καθώς και προβλήματα υγιεινής (ανάπτυξη μυκήτων λόγω βιολογικής αποσύνθεσης). Κατά συνέπεια, η περιεκτικότητα σε υγρασία του καυσίμου για οικιακή χρήση δεν πρέπει να ξεπερνά το 30% κ.β.

Για κλιβάνους ή εστίες μικρής κλίμακας, η περιεκτικότητα σε υγρασία του καυσίμου θα πρέπει να κυμαίνεται στο 10-30% κ.β. για τεχνολογικούς, οικονομικούς και οικολογικούς λόγους.

Για την παραγωγή συσσωματωμάτων και μπριγκέτων, η περιεκτικότητα σε υγρασία της πρώτης ύλης πρέπει να κυμαίνεται στο 15% κ.β.

Η ξήρανση της βιομάζας επηρεάζει σημαντικά το συνολικό κόστος του καυσίμου και θα πρέπει να είναι όσο πιο απλή γίνεται. Λόγω του γεγονότος ότι δεν υπάρχουν οικονομικά ελκυστικές μέθοδοι ξήρανσης βιομάζας για εφαρμογές μεγάλης κλίμακας, τα συστήματα καύσης είναι περισσότερο κατάλληλα για καύσιμα με μία ευρεία κλίμακα περιεκτικότητας σε υγρασία.[17]

3.2.6 Αποθήκευση

Ο απλούστερος τρόπος αποθήκευσης της βιομάζας είναι το στοίβαγμα της σε σωρούς. Όταν η μακροπρόθεσμη αποθήκευση σε σωρούς αφορά θρύμματα ξύλου και φλοιούς με περιεκτικότητα σε υγρασία μεγαλύτερη του 30% πρέπει να ληφθούν υπόψη διάφορες παράμετροι.

Η βιολογική και βιοχημική αποσύνθεση τους οδηγεί στην ανάπτυξη θερμότητας, η οποία μπορεί να προκαλέσει σε ορισμένες περιπτώσεις αυτανάφλεξη. Επίσης πρέπει να ληφθούν υπόψη οι απώλειες ξηρής ύλης, οι μεταβολές της περιεκτικότητας σε υγρασία, η αντοχή της βιομάζας στην φθορά του χρόνου και οι κίνδυνοι υγείας (ανάπτυξη βακτηρίων και μυκήτων). Οι επιπτώσεις των παραπάνω είναι σύνθετες και εξαρτώνται από το μέγεθος των σωματιδίων του υλικού (ολόκληροι βλαστοί, μεγάλα κομμάτια ξύλου, θρύμματα ξύλου), το είδος του υλικού (φλοιός ή ξύλο), την περιεκτικότητα σε υγρασία, το είδος αποθήκευσης (υπαίθρια, εσωτερική κλπ) και τον τρόπο αερισμού του σωρού (μη αεριζόμενος, αεριζόμενος με ατμοσφαιρικό ή προθερμασμένο αέρα κλπ).

Από διάφορες δοκιμές αποθήκευσης έχουν προκύψει τα εξής συμπεράσματα:

- Όταν αποθηκεύονται νωπά θρύμματα ξύλου ή φλοιού, η θερμοκρασία στο κέντρο του σωρού ανεβαίνει στους 60 °C, μέσα στις πρώτες κιόλας μέρες. Όταν όμως αποθηκεύεται υλικό με μέγεθος σωματιδίων μεγαλύτερο των 20 cm, δεν παρατηρείται καμία άνοδος της θερμοκρασίας.

- Η αυτό-ανάφλεξη συμβαίνει κατά κύριο λόγο σε σωρούς φλοιού και μπορεί να αποφευχθεί όταν το ύψος τους δεν υπερβαίνει τα 8 m και η διάρκεια της αποθήκευσης τους 5 μήνες. Η συμπίεση ενός σωρού με χρήση ερπύστριας εμποδίζει την ανάφλεξη.
- Όταν αποθηκεύονται φρέσκο-τεμαχισμένα κομμάτια ξύλου ή φλοιού σε έναν σωρό, οι απώλειες της ξηρής ύλης, ανά μήνα, είναι δυνατόν να ανέρχονται μέχρι και 5% της μάζας. Οι απώλειες της ξηρής ύλης είναι υψηλότερες στην αρχική περίοδο της αποθήκευσης και εξαρτώνται από: την περιεκτικότητα σε υγρασία του καυσίμου (η υψηλή περιεκτικότητα σ υγρασία αυξάνει τις απώλειες), το είδος και την ηλικία της σοδειάς (οι νεότερες σοδειές παρουσιάζουν υψηλότερες απώλειες από ό,τι τα θρύμματα ξύλου από δασικά υπολείμματα), το μέγεθος των σωματιδίων (όσο μικρότερο είναι το μέγεθος των σωματιδίων τόσο μεγαλύτερες είναι οι απώλειες).
- Ο εξαερισμός του σωρού μπορεί να μειώσει τις απώλειες σε ξηρή μάζα, όμως έχει μεγάλο κόστος και γι αυτό δεν χρησιμοποιείται σε βιομηχανική κλίμακα. Για την αποφυγή απωλειών, συνιστώνται η αποθήκευση του υλικού σε μη αλεσμένη μορφή ή υπό αεροστεγείς συνθήκες.
- Όταν αποθηκεύεται νωπή βιομάζα σε σωρούς σε εσωτερικούς χώρους, η περιεκτικότητα της σε υγρασία μπορεί να μειωθεί, εφόσον είναι εφικτή η φυσική συναγωγή με αέρα. Κατά συνέπεια, οι τοίχοι των κτιρίων αποθήκευσης θα πρέπει να επιτρέπουν την κυκλοφορία του αέρα διαμέσου των σωρών.
- Η υπαίθρια αποθήκευση χωρίς κάλυψη ξηρών βιοκαυσίμων (δηλαδή με περιεκτικότητα σε υγρασία μεταξύ 20-30%, όπως το άχυρο), πρέπει να αποφεύγεται εξαιτίας της πιθανής επανύγρυνσης τους από βροχοπτώσεις.
- Η υπαίθρια αποθήκευση βιοκαυσίμων μικρού μεγέθους σωματιδίων, όπως το πριονίδι, θα οδηγήσει σε εκπομπές σκόνης και γι αυτό δεν είναι εφικτή σε κατοικημένες περιοχές. Για το λόγο αυτό είναι αναγκαία η αποθήκευση τους σε κλειστά σιλό ή στο εσωτερικό κτιρίων.
- Η υπαίθρια αποθήκευση χωρίς κάλυψη βιοκαυσίμων θα οδηγήσει σε απόβλητα ύδατα, λόγω της έκπλυσης από τη βροχή (ειδικά για φλοιούς). Αυτό μπορεί να απαιτήσει έπειτα την επεξεργασία των υδάτων αυτών. Τα απόνερα από σωρούς βιομάζας έχουν χαμηλή τιμή pH, μεταξύ 2,5 και 5, λόγω της διάλυσης των οργανικών οξέων.
- Η επιφάνεια της περιοχής της αποθήκευσης πρέπει να είναι επιστρωμένη για την αποφυγή προσμίξεων της βιομάζας με ξένα σώματα (π.χ άμμος, πέτρες).[18]

3.2.7 Διακίνηση και μεταφορά

Τα συστήματα τροφοδοσίας και διακίνησης του καυσίμου είναι αναγκαία για τη μεταφορά του καυσίμου από το σημείο παράδοσης ή αποθήκευσης στο σύστημα καύσης. Λόγω της άμεσης επίδρασης του στη διαθεσιμότητα και στην απόδοση του συστήματος καύσης, το σύστημα τροφοδοσίας πρέπει να είναι σχεδιασμένο προσεκτικά και να μπορεί να προσαρμοσθεί στη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία καύσης. Επίσης η ύπαρξη μεγάλης ποικιλίας συστημάτων βιομάζας, καθιστά αναγκαία την ύπαρξη των κατάλληλων συστημάτων

μεταφοράς και διακίνησης. Για τον σχεδιασμό τους, πρέπει να ληφθούν υπόψη τα παρακάτω κριτήρια:

- Χαρακτηριστικά του καυσίμου (μορφή και κατανομή μεγέθους σωματιδίων, περιεκτικότητα σε υγρασία)
- Απόσταση μεταφοράς
- Υψομετρικές διαφορές οι οποίες πρέπει να αντιμετωπιστούν
- Εκπομπή θορύβου
- Κίνδυνος εκρήξεων σκόνης και φωτιάς
- Δυναμικότητα μεταφοράς
- Κόστος επένδυσης, λειτουργίας συντήρησης
- Διαθεσιμότητα συστημάτων μεταφοράς και διακίνησης.

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 3.1) αναφέρονται οι κατάλληλες τεχνολογίες τροφοδοσίας καυσίμου σύμφωνα με το σχήμα και το μέγεθος των σωματιδίων βιομάζας.[19]

Πίνακας 3.1 - Τεχνολογίες τροφοδοσίας βιομάζας

Υλικό χύδην	< 5 mm	Άμεση έγχυση, πνευματικοί μεταφορείς
Υλικό χύδην	< 50 mm	Κοχλιωτοί μεταφορείς
Υλικό χύδην	< 100 mm	Δονούμενοι μεταφορείς, αλυσιδωτοί μεταφορείς, υδραυλικί τροφοδότες
Υλικό χύδην	< 500 mm	Μεταφορείς με ταινία, αλυσιδωτοί μεταφορείς
Κομμένα δεμάτια	< 50 mm	Κοπτικές μηχανές και πνευματικοί μεταφορείς ή κοχλιωτοί μεταφορείς
Δεμάτια, τεμαχισμένα δεμάτια	Ολόκληρα δεμάτια	Γερανοί, υδραυλικί τροφοδότες
Συσσωματώματα	< 30 mm	Κοχλιωτοί μεταφορείς
Μπριγκέτες	< 120 mm	Μεταφορείς με ταινία, αλυσιδωτοί μεταφορείς

3.2.8 Παραγωγή συσσωματωμάτων και μπριγκέτων

Η παραγωγή συσσωματωμάτων και μπριγκέτων μπορεί να εφαρμοσθεί, για να συμπίσει λεπτά σωματίδια ξύλου, όπως το πριονίδι και τα ροκανίδια, σε μεγαλύτερα μεγέθη και για να παράγει ένα ομοιογενές βιοκαύσιμο με υψηλή ενεργειακή πυκνότητα. Τα συσσωματώματα είναι κυλινδρικά με διάμετρο συνήθως μεταξύ Φ6-8mm, ενώ οι μπριγκέτες έχουν διαμέτρους της τάξης των Ψ30-100mm. Οι μπριγκέτες χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο αντί για καυσόξυλα, σε χειροκίνητα τροφοδοτούμενες οικιακές σόμπες. Τα συσσωματώματα μπορούν

να χρησιμοποιηθούν σε αυτοτροφοδοτούμενες σόμπες, λόγω των καλών ιδιοτήτων ροής τους. Κατά συνέπεια, οι εστίες καύσης συσσωματωμάτων για οικιακή κατανάλωση έχουν τις ίδιες ευκολίες λειτουργίας όπως τα συστήματα καύσης πετρελαίου.

Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός εμπορικών διεργασιών για την παραγωγή συμπυκνωμένων καυσίμων υπό τη μορφή συσσωματωμάτων και μπριγκέτων από ένα μεγάλο εύρος ειδών βιομάζας, για την παραγωγή καυσίμων οικιακής χρήσης για θέρμανση και βιομηχανικής χρήσης για καύση σε λέβητες. Το Σχήμα 3.1 παρουσιάζει μία επισκόπηση της συνολικής διεργασίας παραγωγής συσσωματωμάτων. Μπορούν να διαχωριστούν πέντε βήματα παραγωγής:

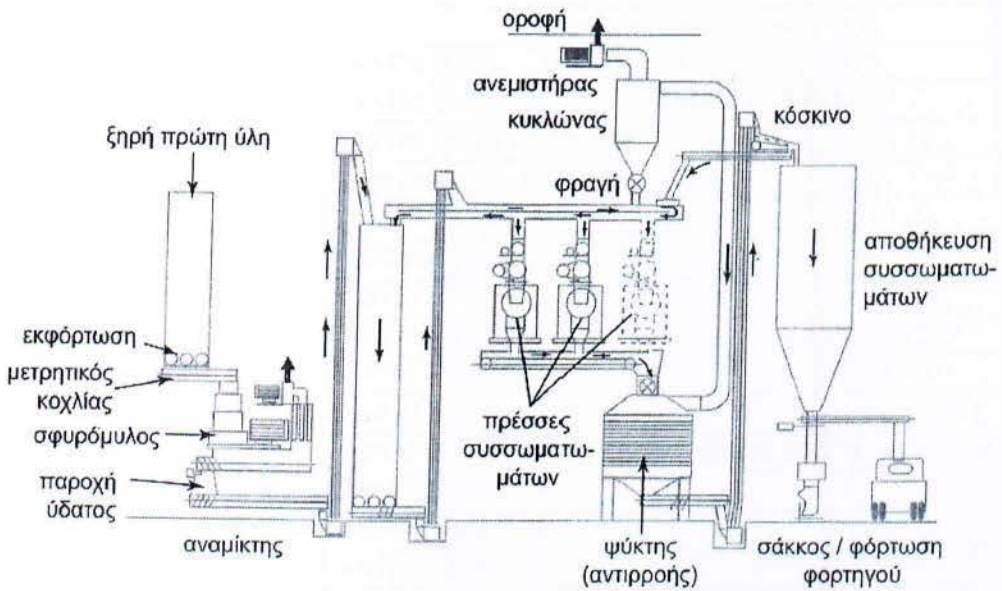
- Ξήρανση: ανάλογα με το είδος ξύλου, το οποίο χρησιμοποιείται. Η περιεκτικότητα της πρώτης ύλης σε υγρασία, πριν αυτό εισέλθει στην πρέσα παραγωγής συσσωματωμάτων, πρέπει να βρίσκεται στα επίπεδα μεταξύ 12 και 17% κ.β. Λόγω του γεγονότος ότι η σταθερότητα των παραγόμενων προϊόντων επηρεάζεται από την τριβή ανάμεσα στο «λαιμό» και την πρώτη ύλη, είναι απαραίτητη η διατήρηση της υγρασίας σε σταθερά επίπεδα. Αν το υλικό είναι πολύ ξηρό, η επιφάνεια του σωματιδίου μπορεί να ανθρακοποιηθεί και τα συνδετικά υλικά θα καούν πριν την ολοκλήρωση της διεργασίας. Αν το ξύλο είναι πολύ υγρό, η υγρασία η οποία περιέχεται στα προϊόντα της συμπίεσης δεν μπορεί να διαφύγει και μεγεθύνει το παραγόμενο προϊόν κατ' όγκο, καθιστώντας το μηχανικά αδύναμο.
- Άλεση: το μέγεθος των σωματιδίων της πρώτης ύλης πρέπει να μειωθεί και να ομογενοποιηθεί, ανάλογα με τη διάμετρο των συσσωματωμάτων, τα οποία παράγονται. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται σφουρόμυλοι.
- Προοδοποίηση: με την προσθήκη ατμού, τα σωματίδια καλύπτονται με μία λεπτή στιβάδα για τη βελτίωση της πρόσφυσης.
- Δημιουργία συσσωματωμάτων: χρησιμοποιούνται επίπεδες δακτυλιοειδείς ή κυκλικές μήτρες. Η μέση δυναμικότητα μίας πρέσας παραγωγής συσσωματωμάτων είναι 5 τόνοι την ώρα.
- Ψύξη: η θερμοκρασία των συσσωματωμάτων αυξάνεται κατά τη διεργασία συμπύκνωσης. Κατά συνέπεια, είναι απαραίτητη η προσεκτική ψύξη των συσσωματωμάτων μετά την πρέσα, για να εξασφαλισθούν υψηλά επίπεδα αντοχής.

Η συνολική κατανάλωση ενέργειας της διεργασίας παραγωγής συσσωματωμάτων είναι το 2% περίπου της ενεργειακής περιεκτικότητας του καυσίμου (χωρίς ξήρανση, και χρησιμοποιώντας πριονίδι σαν πρώτη ύλη). Το κόστος της παραγωγής επηρεάζεται κύρια από το κόστος προμήθειας των πρώτων υλών και στην περίπτωση κατά την οποία χρησιμοποιούνται υγρές πρώτες ύλες, από το κόστος ξήρανσης. Άλλες σημαντικές

παράμετροι, οι οποίες επηρεάζουν το κόστος παραγωγής, είναι η χρησιμοποίηση της μονάδας καθώς και η διαθεσιμότητα της.

Απαραίτητες προϋποθέσεις για τη σταθερότητα των παραγόμενων μπριγκέτων, είναι σταθερή περιεκτικότητα σε υγρασία της πρώτης ύλης (12-14% κ.β.), η σταθερή πίεση αντίθλιψης στην πρέσα παραγωγής μπριγκέτων και η επαρκής ψύξη.

Όσον αφορά στη χρήση των συμπυκνωμένων καυσίμων βιομάζας σε πλήρως αυτοματοποιημένα συστήματα θέρμανσης για οικιακή χρήση, απαιτείται μία υψηλή ποιότητα προϊόντος. Αρκετές ευρωπαϊκές χώρες έχουν θεσπίσει πρότυπα για τη χρήση αυτών των καυσίμων, ενώ σε άλλες χώρες παρόμοια πρότυπα βρίσκονται υπό προετοιμασία ή σχεδιασμό.[17]



Σχήμα 3.1 – Μονάδα παραγωγής συσσωματωμάτων ξύλου

3.3 ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ

Οι μέθοδοι ανάλυσης των καυσίμων βιομάζας κατά τα πρότυπα ASTM παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 3.2). Επίσης υπάρχουν πολλά άλλα πρότυπα για τα στερεά βιοκαύσιμα και την ανάλυση της βιομάζας στις Ευρωπαϊκές χώρες όπως το πρότυπο EN 14961-1 της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ONORM M 7135 της Αυστρίας, SS187120 της Σουηδίας, DIN 51731 και DIN PLUS της Γερμανίας, CΠΙ της Ιταλίας.

Πίνακας 3.2 - Μέθοδοι ανάλυσης βιομάζας κατά ASTM[20]

Ιδιότητα	Αναλυτική μέθοδος
Θερμογόνος δύναμη	ASTM D 2015, E 711
Κατανομή μεγεθών σωματιδίων	ASTM E 828
Προσεγγιστική ανάλυση	
Υγρασία	ASTM E 871
Τέφρα	ASTM D 1102 (873 K), ASTM E 830 (848 K)
Πτυκτική ύλη	ASTM E 872, ASTM 897
Μόνιμος άνθρακας	Από διαφορά
Στοιχειακή ανάλυση	
Άνθρακας, Υδρογόνο	ASTM E 777
Άζωτο	ASTM E 778
Θείο	ASTM E 775
Χλώριο	ASTM E 776
Οξυγόνο	Από διαφορά
Στοιχειακή τέφρας	ASTM D 3682, ASTM D 2795, ASTM D 4278, AOAC 14.7
Μέταλλα	ASTM E 885
Θερμοκρασία τήξης τέφρας	ASTM D 1857
Ολική πυκνότητα	ASTM E 873
Μέγεθος καυσίμου	ASTM E 323

Πίνακας 3.3 - Πρότυπο EN 14961-1[21]

Προδιαγραφές	Μονάδες Μέτρησης	Αυστρία	Σουηδία	Γερμανία		Ιταλία	ΕΕ
		ÖNORM M1735	SS187120	DIN 51731	DIN plus	CTI	EN 14961-1
Διάμετρος	mm	4-10	Να αναφέρεται	4-10	4-10	6	6-8
Μήκος	mm	≤ 5*Δ	≤ 4*Δ	≤ 50	≤ 5*Δ	Δ-4*Δ	3,15-40
Πυκνότητα	Kg/m ³	-	≥ 600	-	-	620-720	≥ 600
Θρύμματα	% κ.β.	≤ 1	-	-	-	≤ 1	≤ 1
Περιεκτικότητα σε υγρασία	% κ.β.	≤ 10	≤ 10	≤ 12	≤ 10	≤ 10	≤ 10
Περιεκτικότητα σε τέφρα (στάχτη)	% κ.β.	≤ 0,5	≤ 0,7	≤ 1,5	≤ 0,5	≤ 0,7	≤ 0,7
Θερμογόνος δύναμη	MJ/kg	≥ 18	≥ 16,9	17,5- 19,5	≥ 18	≥ 16,9	16,5-19
Θείο	% κ.β.	≤ 0,04	≤ 0,08	≤ 0,08	≤ 0,04	≤ 0,05	≤ 0,03
Άζωτο	% κ.β.	≤ 0,3	-	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,3
Χλώριο	% κ.β.	≤ 0,02	≤ 0,03	≤ 0,03	≤ 0,02	≤ 0,03	≤ 0,02
Αρσενικό	mg/kg	-	-	≤ 0,8	-	-	≤ 1
Κάδμιο	mg/kg	-	-	≤ 0,5	-	-	≤ 0,5
Χρόμιο	mg/kg	-	-	≤ 8	-	-	≤ 10
Χαλκός	mg/kg	-	-	≤ 5	-	-	≤ 10
Υδράργυρος	mg/kg	-	-	≤ 0,05	-	-	≤ 0,1
Μόλυβδος	mg/kg	-	-	≤ 10	-	-	≤ 10
Ψευδάργυρος	mg/kg	-	-	≤ 100	-	-	≤ 100
Νικέλιο	mg/kg	-	-	-	-	-	≤ 10
Πρόσθετα	%	≤ 2	Να αναφέρεται	-	≤ 2	Να αναφέρεται	≤ 2

Πίνακας 3.4 - Πρότυπο EN 14961-2[22]

Παράμετρος Ποιότητας	Μονάδες	Κατηγορία ENPlus-A1	Κατηγορία ENPlus-A2	Κατηγορία EN-B
Διάμετρος	mm	6 or 8 +/- 1	6 or 8 +/- 1	6 or 8 +/- 1
Μήκος	mm	3.15 - 40	3.15 - 40	3.15 - 40
Πυκνότητα (χύδην)	kg/m ³	>600	>600	>600
Θερμαντική αξία	MJ/kg	16.5 - 19	16.5 - 19	16.5 - 19
Υγρασία	%	<10	<10	<10
Ανθεκτικότητα	%	>97.5	>97,5	>97.5
Τέφρα	%	<0.7	<1.5	<3
Σημείο Τήξεως Τέφρας	°C	>1200	>1100	>1100
Υλικό Προέλευσης (πρώτη ύλη)		<ul style="list-style-type: none"> • Παρθένα ξυλεία • Μη χημικά επεξεργασμένα υπολείμματα ξύλου 	<ul style="list-style-type: none"> • Ολόκληρα δέντρα χωρίς ριζικό σύστημα • Παρθένα ξυλεία • Υπολείμματα κλαδεμάτων • Μη χημικά επεξεργασμένα υπολείμματα ξύλου 	<ul style="list-style-type: none"> • Δασικές και λοιπές καλλιέργειες & παρθένα ξυλεία • Μη χημικά επεξεργασμένα υπολείμματα ξύλου & χρησιμοποιημένα ξύλα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

4.1 ΦΥΣΙΚΑ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Πολλές διεργασίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την άμεση παραγωγή ενέργειας ή παραγωγή αερίων, υγρών και στερεών καυσίμων από παρθένα και υπολειμματική βιομάζα. Επίσης μπορούν να παραχθούν χημικά από βιομάζα μέσω διαφόρων διεργασιών. Το είδος του βιοκαυσίμου, τα φυσικά του χαρακτηριστικά και η χημική του σύνθεση επηρεάζουν τη συνολική διεργασία χρησιμοποίησης της βιομάζας όπως παροχή καυσίμου, σύστημα μετατροπής, στερεά απόβλητα και αέριες εκπομπές. Τα χαρακτηριστικά και η ποιότητα της βιομάζας ως καύσιμο κυμαίνονται σε ένα μεγάλο εύρος, εξαρτώμενα κυρίως από τον τύπο της βιομάζας και την προεπεξεργασία που έχει δεχθεί. Κατά την φάση παραγωγής για ενεργειακές καλλιέργειες επηρεάζεται μόνο η περιεκτικότητα της βιομάζας σε τέφρα, ανόργανα υλικά και νερό. Η ποιότητα της βιομάζας παρουσιάζει διαφορές από είδος σε είδος, και επηρεάζεται από τις τοπικές καιρικές συνθήκες και από τη διαχείριση της καλλιέργειας, όπως η λίπανση και ο χρόνος συγκομιδής της σοδειάς. Κατά τη φάση της προμήθειας προσδιορίζονται τα φυσικά χαρακτηριστικά του καυσίμου, τα οποία επηρεάζονται από τις τεχνολογίες συγκομιδής τους.[23]

4.2 ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΚΑΙ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Ανάλογα με την διεργασία προετοιμασίας τους, τα καύσιμα βιομάζας είναι διαθέσιμα είτε χύδην (θρύμματα ξύλου, πριονίδι), είτε σε τεμάχια (δεμάτια άχυρου, καυσόξυλα). Για το υλικό χύδην, οι διαστάσεις των σωματιδίων διαφέρουν, και κυμαίνονται από λίγα χιλιοστά έως 50 εκατοστά. Επιπρόσθετα, η κατανομή του μεγέθους των σωματιδίων μπορεί να είναι ομοιόμορφη (συσσωματώματα, μπρικέτες) ή μη ομοιόμορφη (ανεπεξεργαστος φλοιός, θρύμματα ξύλου). Το μέγεθος του σωματιδίου και η κατανομή μεγεθών των σωματιδίων προσδιορίζουν το κατάλληλο σύστημα τροφοδοσίας του καυσίμου και την τεχνολογία καύσης.

Η πυκνότητα του υλικού χύδην κυμαίνεται μεταξύ $150-200 \text{ kg/m}^3$ για το άχυρο και το σιτάρι, μέχρι και $600-900 \text{ kg/m}^3$ για το ξηρό ξύλο.[24]

4.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Οι προσεγγιστικές αναλύσεις αντιπροσωπευτικών τύπων και ειδών βιομάζας δείχνουν το μεγάλο εύρος όρισμένων παραμέτρων, όπως η περιεκτικότητα σε υγρασία, πτητική ύλη, τέφρα και άνθρακα (Πίνακας 4.1).

Πίνακας 4.1 - Τυπικό εύρος τιμών προσεγγιστικής ανάλυσης αντιπροσωπευτικών ειδών βιομάζας(σε ξηρή μορφή)[25]

Κατηγορία	Υγρασία(%)	Πτητικά(%)	Τέφρα(%)	Μόνιμος Ανθρακας
Απόβλητα				
Υπολείμματα ελιάς	60-70	66-83	2-9	8-32
Δασικά υπολείμματα	50-60	72-75	0,2-3	22-28
Πριονίδι	15-60	70-87	0,4-3	10-30
Κοπριά βοοειδών	20-70		23-35	
Πρωτεύοντα βιοστερεά	90-98		25-30	
Λυματολάσπη	54-86	15-85	4-65	2-20
Δημοτικά στερεά απορρίμματα	15-60	25-65	10-60	3-10
Ξηρά ανακυκλώσιμα υλικά	15-30	65-70	14-22	8-21
Αγροστόδια				
Γλυκό σόργο	20-70	60-65	2-9	26-30
Σπόροι και φλούδα ηλιάνθου	4-5	69-76	2-7	17-29
Γρασιδί ταχείας ανάπτυξης	30-70	70-77	4-11	12-26
Μίσχανθος	8-60	78-87	0,4-9	10-22
Ελαιοκράμβη	4-5	80-85	5-6	9-15
Ξυλώδη				
Ξύλο βάμβακος	30-60	65-70	1-2	28-34
Ευκάλυπτος	30-60	65-82	1-3	15-25
Λεύκη	30-60	75-82	1-2	16-24
Πεύκο	30-60	73-82	0,1-11	15-27
Παράγωγα				
Άχυρο ρυζιού	5-25	50-73	5-23	5-22
Βαγάσση	5-12	68-86	1-22	10-31
Υπολείμματα εκκοκκισμού βάμβακος	7-15	67-83	1,5-18	10-31
Χαρτί	3-13	73-90	1-20	6-26
Φλοιός πεύκου	5-30	70-75	2-3	22-28

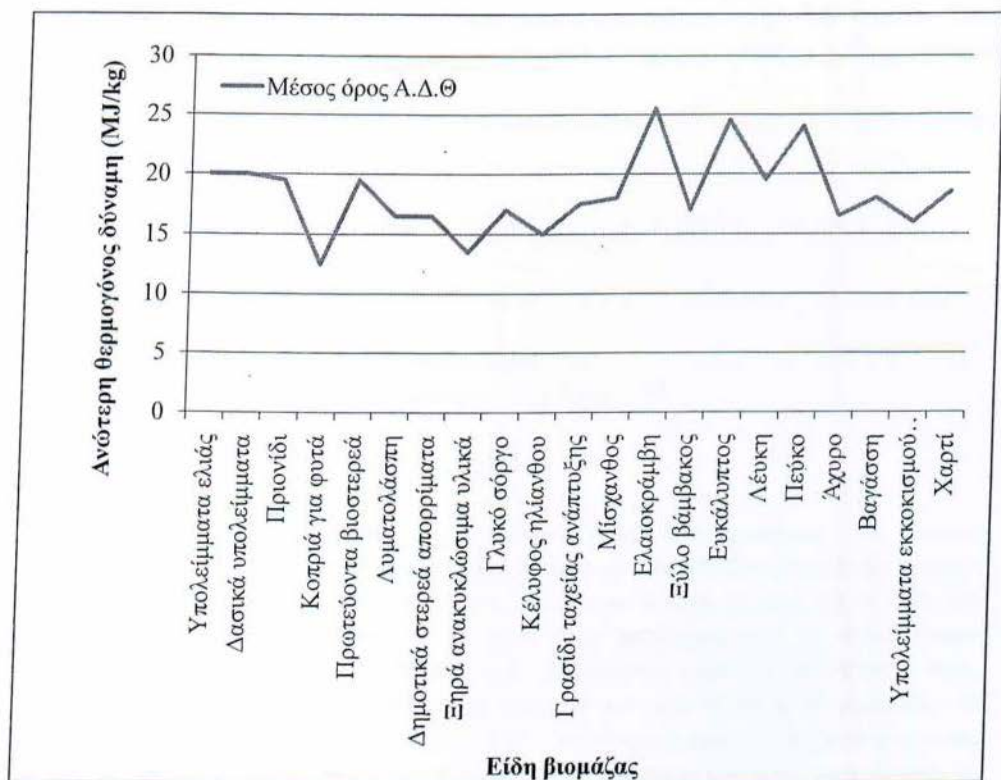
4.4 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.2) παρουσιάζονται οι μέσες τιμές περιεκτικότητας C, H, O, N, S και Cl, το ποσοστό της τέφρας καθώς και η θερμογόνος δύναμη αντιπροσωπευτικών ειδών βιομάζας.

Πίνακας 4.2 - Τυπικό εύρος τιμών στοιχειακής ανάλυσης και θερμογόνου δύναμης αντιπροσωπευτικών ειδών βιομάζας(σε ξηρή μορφή)[25]

Κατηγορία	C	H	O	N	S	Cl	Τέφρα(%)	ΑΘΔ(MJ/kg)
Απόβλητα								
Υπολείμματα ελιάς	44-51	5-7	34-50	0,5-1,5	0,1-0,2	<0,1	2-7	19-21
Δασικά υπολείμματα	48-53	6-6,5	40-44	0,3-0,5	<0,05	<0,05	0,2-3	18-22
Πριονίδι	47-51	5-6,5	35-44	0,1-1,5	<0,1	0,01	0,4-3	18-21
Κοπριά για φυτά	35-40	5-5,5	30-35	2-3	0,3-0,5		20-25	10-15
Πρωτεΐοντα βιοστερεά	40-45	6-6,5	19-20	2-3	0,9-1		25-30	19-20
Λυματολάσπη	23-53	3-8	15-30	1,5-7	0,5-2,5	0,05-1	20-45	10-23
Δημοτικά στερεά απορρίμματα	15-53	2,5-8,5	15-35	0,2-2	<0,1	0,4-0,5	15-25	14-19
Ξηρά ανακυκλώσιμα υλικά	40-42	5-6	30-39	0,5-1	0,1-0,2	0,4-0,5	14-22	13-14
Αγροστόδια								
Γλυκό σόργο	34-47	4,5-6,5	40-41	0,1-1,5	0,02-0,2	<0,1	1,5-4	16-18
Κέλυφος ηλιανθου	44-48	4-6	41-50	0,7-1,5	<0,1	0,5-1,5	3-5	12-18
Γρασιδί ταχείας ανάπτυξης	46-48	5-6	35-40	0,5-1,5	0,01-0,2	0,07-2	4-11	17-18
Μίσχανθος	46-51	4-6	40-44	0,3-6	0,04-1,4		1,5-4	17-19
Ελαιοκράμβη	60-62		23-25	3-4			5-6	25-26
Ξυλώδη								
Ξύλο βάμβακος	45-47	5-6	38-40	1-1,8	0,1-0,2	<0,1	1-7	16-18

Ευκάλυπτος	44-53	5-6	40-50	0,2-0,4	<0,1	0,05-0,2	0,9-1	19-30
Λεύκη	46-48	5-6	40-48	0,2-0,4	<0,1	<0,1	1-2	19-20
Πεύκο	49-52	6-6,5	41-44	0,1-0,2	<0,1	<0,05	0,3-0,5	18-30
Παράγωγα								
Άχυρο	43-48	5-6	36-50	0,3-5	0,1-1	0,6-4	8-9	15-18
Βαγάσση	45-56	5-8	28-40	0,2-1	<0,05	<0,05	1-2	17-19
Υπολείμματα εκκοκκισμού βάμβακος	39-43	5-6	35-37	1,4-2	0,4-0,5		14-15	15-17
Χαρτί	39-45	6-6,5	44-48	<0,1	<0,05	<0,05	3-9	17-20



Σχήμα 4.1 – Μέσος όρος ανώτερης θερμογόνου δύναμης ειδών βιομάζας (MJ/kg)

4.5 ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΝΑΜΗ

Η περιεκτικότητα της βιομάζας σε ενέργεια αποτελεί μια πολύ σημαντική παράμετρο από την άποψη της μετατροπής της σε ενέργεια και συνθετικά καύσιμα. Τα διάφορα συστατικά της βιομάζας έχουν διαφορετικές τιμές θερμότητας καύσης, λόγω των διαφορετικών χημικών τους δομών και της διαφορετικής τους περιεκτικότητας σε άνθρακα. Η κυτταρίνη και η ημικυτταρίνη έχουν μία τιμή ΑΘΔ περίπου 18.6 MJ/kg, ενώ η λιγνίνη έχει τιμή ΑΘΔ περίπου 23-25 MJ/kg.

Όταν οι θερμαντικές ικανότητες των δειγμάτων υπολειμματικής και παρθένας βιομάζας μετατρέπονται σε ενεργειακή περιεκτικότητα ανά μονάδα μάζας άνθρακα, τότε βρίσκονται σε μικρό εύρος τιμών. Αυτό είναι χαρακτηριστικό όλων των τύπων βιομάζας. Υπάρχει ένας συσχετισμός μεταξύ του ενεργειακού περιεχομένου της βιομάζας και της περιεκτικότητας της σε άνθρακα. Επίσης οι υψηλές συγκεντρώσεις ανόργανων συστατικών σε δεδομένα είδη βιομάζας, μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την ενεργειακή περιεκτικότητά τους, αφού τα ανόργανα υλικά δεν συνεισφέρουν στη θερμότητα της καύσης.

Σύμφωνα με τον προηγούμενο πίνακα (Πίνακας 4.2) η ανώτερη θερμογόνο δύναμη των καυσίμων βιομάζας κυμαίνεται μεταξύ 18 και 21 MJ ανά κιλό καυσίμου σε ξηρή μορφή. Οι χαμηλότερες τιμές αναφέρονται στα αγρωστώδη καύσιμα και οι υψηλότερες σε καύσιμα ξύλα και σε φλοιούς. Οι τιμές ΑΘΔ των φύλλων είναι υψηλότερες από αυτές των κλαδιών, λόγω της συγκέντρωσης σε αυτά ελαίων και πτητικών ουσιών, οι οποίες έχουν υψηλότερη θερμογόνο δύναμη.

Η κατώτερη θερμογόνο δύναμη μπορεί να υπολογισθεί από την ανώτερη θερμογόνο δύναμη βάσει του τύπου:

$$NCV = GCV(1-w/100) - 2.447 w/100 - 2.447 h/100 \quad 9.01 (1-w/100)$$

Όπου

NCV: Net Calorific Value

GCV: Gross Calorific Value

w: περιεκτικότητα σε υγρασία του καυσίμου κατά βάρος

h: περιεκτικότητα σε υδρογόνο του καυσίμου κατά βάρος.[26]

4.6 ΤΡΟΠΟΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Η βιομάζα είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών χερσαίας ή υδρόβιας προέλευσης. Τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών. Οι βασικές πρώτες ύλες για αυτό είναι το νερό και το CO₂, που αφθονούν στη φύση. Όσον αφορά την ενέργεια αυτή προέρχεται από το ορατό φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας. Οι θεμελιώδεις αντιδράσεις πραγματοποιούνται στους χλωροπλάστες, οι οποίοι συλλαμβάνουν τα φωτόνια και στη συνέχεια ενεργοποιούν τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης που ανάγει το CO₂ σε υδατάνθρακες. Οι αντιδράσεις αυτές συνοδεύονται από έκλυση O₂ με παράλληλη μείωση της περιεκτικότητας του κυττάρου σε CO₂.

Κατά την πορεία της φωτοσύνθεσης σχηματίζονται οργανικές ενώσεις, δηλαδή η βιομάζα. Για να φτάσουμε πάντως στο στάδιο αυτό, πρέπει να συνυπάρχουν και άλλοι παράγοντες, όπως τα ανόργανα στοιχεία, που απορροφούν οι ρίζες από το έδαφος καθώς και οι κατάλληλες θερμοκρασιακές συνθήκες για κάθε είδος φυτού. Από τη στιγμή που η βιομάζα αυτή έχει σχηματιστεί, μπορούμε να τη χρησιμοποιήσουμε πλέον σαν πηγή ενέργειας.

Οι διεργασίες που ακολουθούνται για την επεξεργασία την παραγωγή βιοκαυσίμων (υγρών και στερεών) διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

Θερμοχημική επεξεργασία

- Καύση βιομάζας
- Αεριοποίηση βιομάζας
- Πυρόλυση βιομάζας

Βιολογική επεξεργασία

- Αναερόβια χώνευση υπολειμματικής βιομάζας (κτηνοτροφικών μονάδων)
- Αδρανοποίηση ζωικών υποπροϊόντων

Χημική επεξεργασία

- Εξευγενισμός ελαίων και λιπών

4.6.1 Καύση βιομάζας

Η βιομάζα διαφέρει από το γαιάνθρακα σε πολλούς τομείς, όπως στην περιεκτικότητα σε οργανική και ανόργανη ύλη και σε ενέργεια, καθώς και στις φυσικές ιδιότητες. Σε σύγκριση με το γαιάνθρακα, η βιομάζα περιέχει λιγότερο άνθρακα, περισσότερο οξυγόνο, περισσότερο πυρίτιο, κάλιο και χλώριο, λιγότερο αλουμίνιο και σίδηρο, έχει χαμηλότερη θερμογόνο δύναμη, περισσότερη υγρασία και πτητικά, καθώς και χαμηλότερη πυκνότητα και ευθραυστότητα. Έτσι, εξαιτίας αυτών των συγκεκριμένων φυσικών και χημικών χαρακτηριστικών, απαιτεί ειδικές τεχνικές καύσης.

Υπάρχουν διαθέσιμες βελτιωμένες διεργασίες καύσης για τη μετατροπή της παρθένας βιομάζας και των σύνθετων τροφοδοσιών υπολειμματικής βιομάζας σε θερμότητα, ατμό και ηλεκτρική ενέργεια, σε προωθημένα συστήματα καύσης, καθώς και σε συστήματα συν-καύσης τροφοδοτούμενα με βιομάζα και ορυκτά καύσιμα. Έχουν αναπτυχθεί καταλυτικές εστίες για καύση ξύλου μικρής κλίμακας, οι οποίες λειτουργούν σε συνολικά υψηλότερα επίπεδα αποδοτικότητας, με χαμηλά επίπεδα εκπομπών. Έχουν σχεδιασθεί αποτεφρωτές μεσαίας και μεγάλης κλίμακας, με δυνατότητα ανάκτησης θερμότητας για αποτελεσματική καύση και αποκομιδή στερεών οικιακών απορριμμάτων με ελαχιστοποιημένες εκπομπές. Επίσης, υπάρχουν διαθέσιμα σύγχρονα συστήματα λεβήτων για χρήση με ξύλο, οικιακά στερεά απορρίμματα, καύσιμα από απορρίμματα, και άλλα καύσιμα βιομάζας, για χρήση από κοινότητες ή οργανισμούς κοινής ωφελείας. Είναι αξιοσημείωτο ότι ανάμεσα σε όλες τις διεργασίες, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μετατροπή της βιομάζας σε

ενέργεια ή καύσιμα, η καύση εξακολουθεί να παραμένει η κυρίαρχη τεχνολογία. Περισσότερο από 95% όλης της ενέργειας από βιομάζα σήμερα, προέρχεται από την άμεση καύση της.

Η πλήρης καύση της βιομάζας συνίσταται στην ταχεία χημική αντίδραση μεταξύ της βιομάζας και του οξυγόνου, στην απελευθέρωση ενέργειας και τον ταυτόχρονο σχηματισμό των τελικών προϊόντων της οξειδωσης της οργανικής ύλης, δηλαδή διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Η χημική ενέργεια απελευθερώνεται συνήθως σαν ακτινοβολία και θερμική ενέργεια, η ποσότητα της οποίας είναι συνάρτηση της ενθαλπίας καύσης της βιομάζας. Σε μία ιδανική περίπτωση η αντίδραση διεξάγεται μεταξύ στοιχειομετρικών ποσοτήτων της βιομάζας και του οξυγόνου, οι οποίες είναι διαθέσιμες, ούτως ώστε να πραγματοποιηθεί άριστη καύση, δηλαδή να καταναλωθούν πλήρως καθένα από τα αντιδρώντα και να παραχθούν μόνο διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Σε φυσιολογικές συνθήκες, μία τέτοιου είδους καύση δεν είναι δυνατό να επιτευχθεί με τα περισσότερα από τα στερεά καύσιμα, που περιέχουν άνθρακα.[27]

4.6.2 Αεριοποίηση βιομάζας

Οι αρχές της χημείας της αεριοποίησης της βιομάζας είναι παρόμοιες με αυτές της αεριοποίησης του γαιάνθρακα, υπό την έννοια ότι και στις δύο περιπτώσεις τα στερεά υφίστανται θερμική αποσύνθεση μέσα σε ένα μέσο αεριοποίησης, όπως ο αέρας, το οξυγόνο ή ο ατμός, με αποτέλεσμα την παραγωγή μιγμάτων αερίων με ουσιαστικά παρόμοια σύνθεση. Όμως, η βιομάζα αντιδρά ευκολότερα από ότι οι περισσότεροι γαιάνθρακες. Η βιομάζα έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πτητικά υλικά. Τα πυρολιτικά εξανθρακώματα αντιδρούν ευκολότερα και η αεριοποίηση διεξάγεται κάτω από πολύ ηπιότερες συνθήκες, έτσι ώστε ορισμένοι αεριοποιητές για γαιάνθρακα να μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για αεριοποίηση βιομάζας ή μιγμάτων βιομάζας με γαιάνθρακα.

Το αέριο, το οποίο παράγεται από την αεριοποίηση της βιομάζας μπορεί να τυποποιηθεί, όσον αφορά την ποιότητα του και να χρησιμοποιηθεί σαν καθαρό αέριο καύσιμο για θέρμανση, για παραγωγή ισχύος ή σαν τροφοδοσία για χημική σύνθεση. Τα πλεονεκτήματα της αεριοποίησης έναντι της καύσης είναι τα ίδια με αυτά, τα οποία χαρακτηρίζουν ένα αέριο καύσιμο, σε σύγκριση με ένα συμπυκνωμένο καύσιμο, δηλαδή υψηλότεροι ρυθμοί έκλυσης θερμότητας, υψηλότερες αποδόσεις καύσης, μειωμένη περιβαλλοντική επιβάρυνση, λιγότερα προβλήματα σχετιζόμενα με την ύπαρξη τέφρας, άμεση καύση του αερίου σε μηχανές εσωτερικής καύσης και εφαρμογή σε συνδυνασμένους κύκλους, καθώς και εύκολη διανομή του αερίου σε μικρές αποστάσεις.

Η αεριοποίηση της βιομάζας ορίζεται ως η ολική μετατροπή του οργανικού τμήματος του στερεού πρωτογενούς υλικού σε αέριο με θέρμανση και με την παρουσία ενός οξειδωτικού μέσου, όπως ο αέρας, το οξυγόνο ή ο ατμός. Στις υψηλές θερμοκρασίες των 800-1100°C και 1000-1400°C, οι οποίες είναι αναγκαίες για αυτό τον τύπο θερμοχημικής μετατροπής, όταν χρησιμοποιούνται αντίστοιχα ο ατμός ή το οξυγόνο σαν μέσα οξειδωσης, το οργανικό τμήμα της βιομάζας αντιδρά με μια περιορισμένη ποσότητα του διαθέσιμου μέσου οξειδωσης, μετατρέπόμενο κατ' αυτό τον τρόπο σε αέριο καύσιμο, που περιέχει άνθρακα.

Η αεριοποίηση αποτελείται από μια σειρά θερμοχημικών φαινομένων, τα οποία λαμβάνουν χώρα σε τρία στάδια: (α) ξήρανση, (β) πυρόλυση και (γ) τελική αεριοποίηση. Από

θερμοδυναμική σκοπιά, η αεριοποίηση είναι παρόμοια με την καύση, ενώ η πυρόλυση αποτελεί ένα στάδιο, το οποίο προηγείται τόσο της αεριοποίησης, όσο και της καύσης.

Το αναμενόμενο προφίλ απόδοσης σε αέριο, υγρό και ξυλάνθρακα, εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, οι σημαντικότεροι των οποίων είναι: η χημική σύνθεση και οι φυσικές ιδιότητες της βιομάζας, ο ρυθμός παροχής θερμότητας, η αρχική και η τελική θερμοκρασία, ο τύπος του αντιδραστήρα και το μέσο οξείδωσης, το οποίο χρησιμοποιείται. Συνήθως, υπάρχει μία πληθώρα υγρών προϊόντων, τα οποία παράγονται σε μικρούς χρόνους παραμονής, ήπιες θερμοκρασίες (500-600°C) και υψηλούς ρυθμούς παροχής θερμότητας. Οι αντιδράσεις αποσύνθεσης των υγρών κλασμάτων κάτω από τους 600°C είναι αργές, ενώ η αεριοποίηση του εξανθρακώματος παρατηρείται πάνω από τους 700°C. Πλήρης εξάλειψη των υγρών μπορεί να επιτευχθεί πάνω από τους 1000°C, ή με χρήση καταλυτών.[28]

4.6.3 Πυρόλυση βιομάζας

Η πυρόλυση της βιομάζας μπορεί να περιγραφεί σαν την άμεση θερμική αποσύνθεση της οργανικής μήτρας χωρίς την παρουσία οξυγόνου, με αποτέλεσμα την παραγωγή μίας σειράς από στερεά, υγρά και αέρια προϊόντα. Η μέθοδος της πυρόλυσης έχει χρησιμοποιηθεί για την εμπορική παραγωγή ενός ευρέος φάσματος καυσίμων, διαλυτών, χημικών και άλλων προϊόντων από βιομάζα. Η συμβατική πυρόλυση συνίσταται στην αργή, μη αναστρέψιμη θερμική αποσύνθεση των οργανικών συστατικών της βιομάζας. Η πυρόλυση με βραδείς ρυθμούς έχει χρησιμοποιηθεί παραδοσιακά για την παραγωγή ξυλάνθρακα. Η πυρόλυση σε μέτριες θερμοκρασίες και με μικρό χρόνο παραμονής της βιομάζας χρησιμοποιείται γενικότερα για την παραγωγή υγρών προϊόντων με υψηλά επίπεδα απόδοσης. Η πυρόλυση με ταχείς ρυθμούς χαρακτηρίζεται από υψηλούς ρυθμούς θέρμανσης και ταχεία ψύξη των υγρών προϊόντων, ώστε να τερματιστεί η δευτερεύουσα μετατροπή τους.

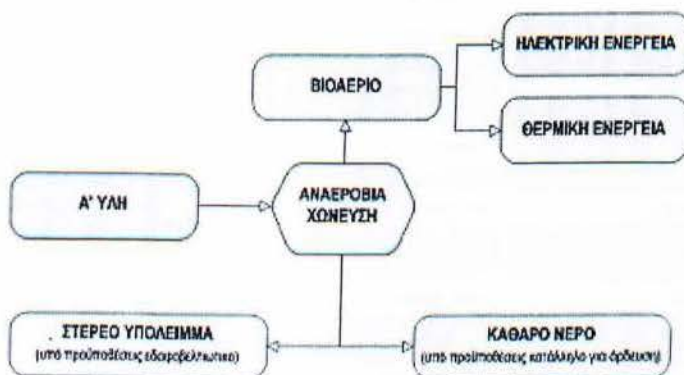
Τα υγρά αποτελούν εξόχως ενδιαφέρουσα επιλογή για παραγωγή ενέργειας, καθότι διαθέτουν, συγκριτικά με τα στερεά και τα αέρια, μεγάλη ενεργειακή πυκνότητα και προσφέρουν πλεονεκτήματα κατά τη μεταφορά και την αποθήκευσή τους, καθώς και ευελιξία στη χρήση τους και στη δυνατότητα ενσωμάτωσης αλλαγών στα συστήματα διαχείρισής τους. Ένα άλλο σημαντικό σημείο είναι η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν τα υγρά αυτά σε υφιστάμενες εγκαταστάσεις, όπως λέβητες, κινητήρες ντίζελ ή στροβίλους.

Η πυρόλυση με μικρούς χρόνους παραμονής της βιομάζας σε μέτριες θερμοκρασίες (ταχεία πυρόλυση) μπορεί να παράγει μέχρι και 70% υγρά προϊόντα. Είναι δυνατόν να εφαρμοσθούν συνθήκες πυρόλυσης τέτοιες, ώστε να παραχθούν υψηλά ποσοστά αερίων και υγρών προϊόντων, με την παραγωγή του ξυλάνθρακα να περιορίζεται σε ποσοστά υποδεέστερα του 5%.

Σε σύγκριση με τους γαιάνθρακες, η πυρόλυση της βιομάζας ξεκινά νωρίτερα και η περιεκτικότητα της βιομάζας σε πτητικές ύλες είναι υψηλότερη. Η συμμετοχή των πτητικών στην παραγωγή θερμότητας είναι της τάξης του 70%, ενώ για τους γαιάνθρακες περιορίζεται στο 36%, όμως το εξανθράκωμα της βιομάζας περιέχει περισσότερο οξυγόνο και η συμμετοχή του στην παραγωγή θερμότητας περιορίζεται στο 30%, σε σύγκριση με το 70%, το οποίο αντιστοιχεί στους γαιάνθρακες [29].

4.6.4 Αναερόβια χώνευση υπολειμματικής βιομάζας

Η αναερόβια χώνευση είναι μια βιοχημική διεργασία κατά τη διάρκεια της οποίας σύνθετα οργανικά στοιχεία αποσυντίθεται απουσία οξυγόνου, από διάφορους τύπους αναερόβιων μικροοργανισμών. Η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης είναι κοινή σε πολλά φυσικά περιβάλλοντα όπως τα ιζήματα θαλάσσιου ύδατος, το στομάχι των μηρυκαστικών ή τα έλη τύρφης. Σε μία εγκατάσταση βιοαερίου, το αποτέλεσμα της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης είναι το βιοαέριο και το κομπόστ. Όταν το υπόστρωμα για την αναερόβια χώνευση είναι ένα ομοιογενές μίγμα από δύο ή περισσότερους τύπους πρώτων υλών (π.χ. ζωικοί πολτοί και οργανικά απόβλητα από τις βιομηχανίες τροφίμων) τότε έχουμε την λεγόμενη «συγχώνευση» η οποία είναι κοινή με πολλές από τις εφαρμογές του βιοαερίου σήμερα.[30]



Σχήμα 4.2 - Διαδικασία αναερόβιας χώνευσης

4.6.5 Αδρανοποίηση ζωικών υποπροϊόντων

Ο όρος αδρανοποίηση, κοινώς γνωστός και ως rendering, σημαίνει διαχωρισμός των ζωικών υποπροϊόντων σε ένα στερεό (πρωτεϊνικό) και ένα υγρό κλάσμα (λίπος) μέσω μιας διαδικασίας θέρμανσης. Η κύρια θεωρία της αδρανοποίησης καλύπτει όλες τις περιπτώσεις επεξεργασίας ζωικών υποπροϊόντων βρώσιμων ή μη.

Υπάρχουν δύο βασικά συστήματα αδρανοποίησης, τα οποία είναι γνωστά είτε ως υγρό "wet", είτε ως ξηρό "dry" σύστημα. Το μέσο αποδέσμευσης του λίπους από τους ιστούς είναι η θερμότητα. Στην περίπτωση της υγρής αδρανοποίησης-ρευστοποίησης, η θερμότητα που εφαρμόζεται στην πρώτη ύλη είναι τόση ώστε να ρευστοποιηθεί το λίπος και στη συνέχεια ακολουθεί ο διαχωρισμός των δύο κλασμάτων πρωτεϊνικού και λίπους, τα οποία περιέχουν υγρασία μετά το διαχωρισμό. Στην περίπτωση της ξηρής αδρανοποίησης η θερμότητα είναι μεγαλύτερη ώστε να επιτευχθεί και εξάτμιση της υγρασίας.[30]

Πίνακας 4.3 – Συστήματα αδρανοποίησης

	Υγρή Αδρανοποίηση (χωρίς στάδιο ξήρανσης)	Ξηρή αδρανοποίηση (με χρήση Cooker)
Κατανάλωση ατμού	Χαμηλή	Υψηλή (3 ή 4 φορές)
Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας	Χαμηλή	Υψηλότερη
Εγκατεστημένη ισχύς	Σχετικά Χαμηλή	Αρκετά υψηλή (πρέσες)
Μηχανολογικός εξοπλισμός	Συνήθης εξοπλισμός	Βαρύς τύπου εξοπλισμός
Θέρμανση υποπροϊόντων	Άμεση	Έμμεση
Θερμοκρασία αδρανοποίησης	90-120°C	>130°C
Υγρασία στα τελικά προϊόντα	Ναι	Όχι
Τύπος μονάδας	Continuous	Batch / Continuous
Επίπεδα οσμών	Χαμηλά	Αυξημένα
Αποθήκευση κρεατάλευρου (για μεγάλο χρονικό διάστημα)	Ψυγείο	Περιβάλλον
Ποιότητα λίπους	Υψηλή (οξύτητα 0.1% μεγαλύτερη της πρώτης ύλης)	Χαμηλή ποιότητα (6-25% οξύτητα στερεό υπόλειμμα απαιτεί επεξεργασία)
Χρόνος παραμονής	1.5 - 2 min	30 - 60 min
Μορφή κρεατάλευρου	Νωπό (με υγρασία)	Ξηρό (μορφή άλευρου)
Επεξεργασία βρώσιμων	Συνηθίζεται	Δε συνηθίζεται
Επεξεργασία αποβλήτων χωρίς διαλογή	Δε συνηθίζεται	Συνηθίζεται
Τεχνολογία	Σχετικά νέα	Συμβατική
Απαιτούμενος χώρος για εγκατάσταση	Μικρός	Μεγαλύτερος
Ήδη εγκατεστημένες μονάδες στην Ελλάδα	Λίγες (1-2) (ήδη κατασκευάζονται)	Πολλές (>10)

4.6.6 Εξευγενισμός ελαίων και λιπών

Σε μία μονάδα εξευγενισμού ελαίων και λιπών δύναται να αξιοποιηθούν απόβλητες ελαιούχες ύλες που επιβαρύνουν το περιβάλλον, καθώς και φυτικά έλαια, που προέρχονται από ενεργειακές καλλιέργειες, προκειμένου να παραχθούν υψηλής καθαρότητας εμπορεύσιμα φυτικά έλαια και ζωικά λίπη, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρώτες ύλες για την παραγωγή βιοκαυσίμων, ζωοτροφών κ.λπ. και όχι για ανθρώπινη κατανάλωση. Μια τέτοια μονάδα αποτελείται από τρεις επιμέρους μονάδες. Τη μονάδα αποσφάτωσης φυτικών ελαίων, τη μονάδα εξουδετέρωσης και τη μονάδα ξήρανσης.

Η πρώτη ύλη (έλαιο ή λίπος) πρέπει να είναι απαλλαγμένη από οξέα, διότι αυτά αντιδρούν με το βασικό καταλύτη, οπότε χάνεται καταλύτης και επιπλέον προκύπτουν σαπούνια που δυσχεραίνουν την παραγωγική διαδικασία. Επίσης, πρέπει να είναι απαλλαγμένη από υγρασία, γιατί το νερό υδρολύει τους παραγόμενους μεθυλεστέρες (βιοντίζελ) και τα λιπαρά οξέα που προκύπτουν αντιδρούν με τον καταλύτη. Τέλος, το φυτικό έλαιο πρέπει να είναι απαλλαγμένο από τις ουσίες που περιέχουν φώσφορο. Δηλαδή, για την παραγωγή βιοντίζελ με την κλασική μέθοδο χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες ραφινάρισμα έλαια. Συνεπώς, για να είναι σε θέση τα τηγανέλαια και άλλα απόβλητα λάδια, τα λίπη και τα

απόβλητα λίπη, καθώς και τα φυτικά έλαια να αποτελούν πρώτες ύλες για μία κλασική μονάδα παραγωγής βιοντίζελ, πρέπει πρώτα όλες αυτές οι όξινες ελαιούχες ύλες να εξευγενίζονται.

Γενικά για να γίνει βιώσιμη η παραγωγή του βιοντίζελ πρέπει αφενός να χρησιμοποιηθούν πρώτες ύλες χαμηλού ή και αρνητικού κόστους, όπως είναι τα τηγανέλαια και άλλα απόβλητα λάδια, τα ζωικά λίπη και τα απόβλητα ζωικά λίπη, και αφετέρου να αξιοποιηθούν σωστά οι αγροτικές εκτάσεις στα πλαίσια σύγχρονων και κάθετων επιχειρηματικών δράσεων. Η επεξεργασία και ο εξευγενισμός απόβλητων ελαιούχων υλών με σκοπό την ενεργειακή αξιοποίησή τους αποτελεί μία επιχειρηματική κίνηση που θα συμβάλλει σημαντικά στη βιωσιμότητα της παραγωγής του βιοντίζελ, αλλά και στην προστασία του περιβάλλοντος. Επίσης, η δυνατότητα επεξεργασίας φυτικών ελαίων συνδέει άμεσα το εργοστάσιο με τον πρωτογενή τομέα και ενισχύει το ρόλο του στην ανάπτυξη της οικονομίας, τουλάχιστον σε τοπικό επίπεδο.[30]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΘΕΡΜΑΝΣΗ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τον όρο θέρμανση και θερμομόνωση ενός κτιρίου εννοείται η συλλογή ή/και παραγωγή των κατάλληλων ποσοτήτων θερμότητας για την κάλυψη των θερμικών αναγκών του κτιρίου, η αποθήκευση και διατήρηση της θερμότητας εντός κτιρίου και η διανομή της στους διάφορους χώρους του.

Η χρήση της παραγόμενης θερμότητας είναι δυνατόν να γίνει άμεσα (π.χ. προσέγγιση σε εστία φωτιάς) ή έμμεσα, με τη βοήθεια ενός υλικού μέσου (συνήθως νερού ή αέρα), που μεταφέρει θερμότητα σε κάποια απόσταση από την εστία καύσεως ή το σημείο όπου υπάρχει διαθέσιμη θερμότητα.

Στα συστήματα και τις μονάδες αμέσου θερμάνσεως συμπεριλαμβάνονται οι ανοικτές εστίες, τα τζάκια, οι θερμάστρες καύσεως, οι θερμάστρες που λειτουργούν με ηλεκτρική αντίσταση κ.ά. Χαρακτηριστικό των μονάδων αυτών είναι ότι το σύστημα παραγωγής της θερμότητας βρίσκεται μέσα στο χώρο που θερμαίνει.

Οι έμμεσες θερμάνσεις μπορούν ποσοτικά (χώρο – γεωγραφικά) και ποιοτικά να ανταποκριθούν σε αυξημένες απαιτήσεις. Ένα καύσιμο ή άλλη πηγή ενέργειας (π.χ. ηλεκτρικό ρεύμα, νερό από γεωθερμική πηγή, ηλιακός συλλέκτης κ.ά.), θερμαίνουν ένα ρευστό, το φορέα της θερμότητας (συνήθως νερό, αέρας, λάδι), ο οποίος οδηγείται στον ή στους χώρους που επιθυμούμε και με τη βοήθεια καταλλήλων εναλλακτών, προσφέρει θερμότητα με αγωγή, μεταφορά και ακτινοβολία. Στα συστήματα αυτά η μονάδα παραγωγής της θερμότητας βρίσκεται έξω από τους θερμαινόμενους χώρους, συνήθως σε κατάλληλα διαμορφωμένα λεβητοστάσια.[31]

5.2 ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΕΙΔΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Η εγκατάσταση θέρμανσης ενός κτιρίου είναι το σύνολο των συσκευών, κατασκευών, μηχανισμών κλπ. που απαιτούνται για την μετάδοση θερμικής ενέργειας στους διάφορους χώρους του κτηρίου, με σκοπό να καλύψει τις θερμικές απώλειες προς το περιβάλλον και να διατηρήσει τη θερμοκρασία των χώρων του κτιρίου στα επιθυμητά επίπεδα.

Οι εγκαταστάσεις θέρμανσης κατατάσσονται σε κατηγορίες, ανάλογα με διάφορα κριτήρια.[32]

Τα κριτήρια αυτά είναι:

- Η θέση της πηγής παροχής θερμικής ενέργειας μέσα σε ένα κτίριο. Έτσι έχουμε:
 - Τοπικές θερμάνσεις
 - Κεντρικές θερμάνσεις
 - Περιφερειακές θερμάνσεις πόλης (τηλεθερμάνσεις).
- Η πηγή παροχής θερμικής ενέργειας. Έτσι έχουμε:

- Θερμάνσεις με στερεά καύσιμα
 - Θερμάνσεις με υγρά καύσιμα
 - Θερμάνσεις με αέρια καύσιμα
 - Θερμάνσεις με ηλεκτρική ενέργεια
 - Θερμάνσεις με αντλία θερμότητας
 - Θερμάνσεις με ηλιακή ενέργεια
- Ο φορέας της θερμικής ενέργειας. Έτσι έχουμε:
- Θερμάνσεις με νερό (θερμό και υπέρθερμο)
 - Θερμάνσεις με ατμό (χαμηλής και υψηλής πίεσης)
 - Θερμάνσεις με αέρα
- Ο τρόπος μετάδοσης της θερμικής ενέργειας στο χώρο. Έτσι έχουμε:
- Θερμάνσεις με ακτινοβολία θερμότητας
 - Θερμάνσεις με μεταβίβαση θερμότητας
 - Συνδυασμό των δύο παραπάνω.

Στην παρούσα εργασία δίνεται έμφαση στους λέβητες κεντρικής θέρμανσης που χρησιμοποιούν ως καύσιμη ύλη βιομάζα. Ο φορέας θερμικής ενέργειας είναι το νερό, ενώ ο τρόπος μετάδοσης της θερμότητας στο χώρο γίνεται μέσω θερμαντικών σωμάτων τύπου ΑΚΑΝ.

5.3 ΛΕΒΗΤΕΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Ο λέβητας είναι μια συσκευή, η οποία μεταδίδει την παραγόμενη θερμότητα από την καύση του καυσίμου στο φορέα μεταφοράς θερμότητας, που είναι το νερό και σπανιότερα ο αέρας. Υπ' αυτήν την έννοια ο λέβητας είναι μια συσκευή καύσης στην οποία η χημική ενέργεια του καυσίμου μετατρέπεται σε θερμότητα και ένας εναλλάκτης θερμότητας, ο οποίος μεταδίδει την παραγόμενη θερμότητα.

Κατασκευαστικά ο λέβητας αποτελείται από το φλογοθάλαμο, τους σωλήνες (αυλούς) συναγωγής και τον καπνοσυλλέκτη. Φλογοθάλαμος ονομάζεται η περιοχή στην οποία αναπτύσσεται η φλόγα της καύσης και από την οποία παράγεται θερμότητα και καυσαέριο. Η θερμότητα της φλόγας μεταδίδεται με ακτινοβολία στα τοιχώματα του φλογοθαλάμου και απ' αυτά στο φορέα θερμότητας. Το καυσαέριο, που παράγεται στο φλογοθάλαμο, οδηγείται στους σωλήνες συναγωγής, όπου μεταδίδει θερμότητα με συναγωγή με τα τοιχώματά τους, η οποία τελικά μεταδίδεται στο φορέα θερμότητας. Μετά την έξοδό του από τους αυλούς, το καυσαέριο συγκεντρώνεται στον καπνοθάλαμο, ο οποίος βρίσκεται στο πίσω μέρος του λέβητα και οδηγείται στον καπναγωγό και τελικά στην καπνοδόχο. Τα κατασκευαστικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά των στοιχείων του λέβητα, π.χ. φλογοθάλαμος, σωλήνες συναγωγής, κτλ., είναι το αποτέλεσμα ειδικών μελετών και εργαστηριακών μετρήσεων και εξαρτώνται από τις απαιτήσεις και τις συνθήκες λειτουργίας της συσκευής. Προφανώς αυτά τα χαρακτηριστικά μεταβάλλονται ανάλογα με τον τύπο και τον κατασκευαστή και

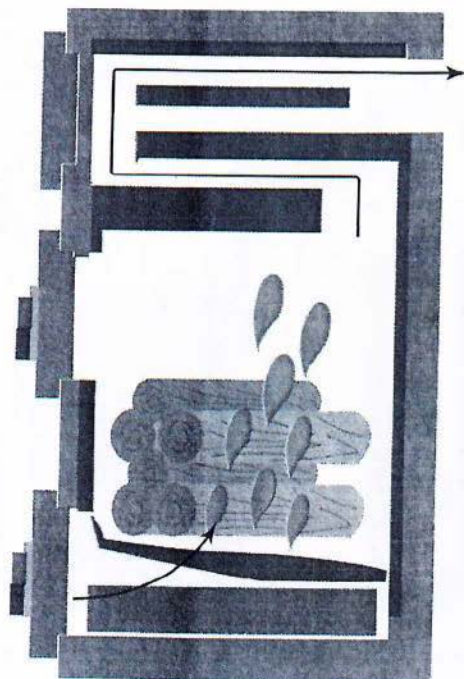
καθορίζουν τελικά την ποιότητα και την αποδοτικότητά του, στοιχεία απαραίτητα για την επιλογή, την εγκατάσταση και τη λειτουργία ενός λέβητα. Η αποδοτικότητα ή ο βαθμός απόδοσης εκφράζει το ποσοστό αξιοποίησης της θερμικής ενέργειας του καυσίμου, το οποίο τελικά παραλαμβάνεται από το φορέα θερμότητας του λέβητα. Η απαίτηση για προϊόντα υψηλής ενεργειακής απόδοσης, καθώς και η ανάγκη ενημέρωσης και προστασίας των καταναλωτών οδήγησαν την Ευρωπαϊκή Ένωση στην ψήφιση της οδηγίας 92/42/ΕΕ, σύμφωνα με την οποία όλοι οι λέβητες θέρμανσης με ισχύ από 4 kW έως 400 kW πρέπει να εξασφαλίζουν έναν ελάχιστο αποδεκτό βαθμό απόδοσης, ώστε να φέρουν σήμανση CE, που αποτελεί προϋπόθεση για τη διάθεσή τους στην εσωτερική αγορά. Ο βαθμός απόδοσης της συσκευής πρέπει να πιστοποιείται από διαπιστευμένα εργαστήρια και να αναγράφεται στα συνοδευτικά έγγραφα και πιστοποιητικά, καθώς και στην πινακίδα της συσκευής.[32]

5.4 ΛΕΒΗΤΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

5.4.1 Λέβητες για ξύλινους κορμούς

5.4.1.1 Λέβητες με διαβάθμιση αέρα

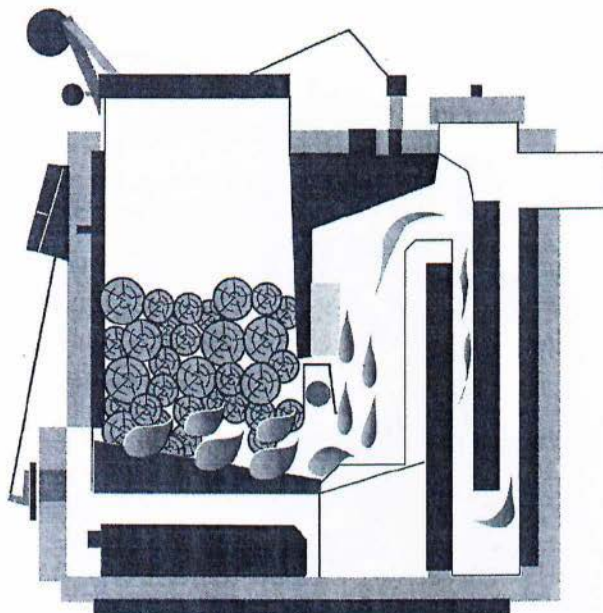
Οι λέβητες με διαβάθμιση αέρα είναι πλέον απλοί και οικονομικοί λέβητες οικιακής χρήσης για καύση ξύλινων κορμών. Η καύση διεξάγεται ταυτόχρονα για όλη την ποσότητα καυσίμου. Ο λέβητας είναι συνήθως εξοπλισμένος με μία είσοδο πρωτεύοντα αέρα κάτω από την εσχάρα και μία είσοδο δευτερεύοντα αέρα πάνω από το καύσιμο και μέσα στη ζώνη καύσης των αερίων. Το ξύλο τροφοδοτείται διαμέσου μίας θύρας στο μπροστινό μέρος του λέβητα, και η τέφρα απομακρύνεται χειροκίνητα από μία δεύτερη θύρα, η οποία βρίσκεται κάτω από την κύρια θύρα τροφοδοσίας. Οι λέβητες αυτοί χρησιμοποιούν φυσική ροή αέρα. Οι εκπομπές άκαυστων υδρογονανθράκων από λέβητες με διαβάθμιση αέρα μπορούν να φτάσουν σε υψηλά επίπεδα, αν λειτουργούν με χαμηλά φορτία. Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 5.1) φαίνεται μία τυπική κατασκευή ενός λέβητα με διαβάθμιση αέρα.[34]



Σχήμα 5.1 - Λέβητας με διαβάθμιση αέρα

5.4.1.2 Λέβητες ξύλου με πρωτεύοντα αέρα

Στους λέβητες με πρωτεύοντα αέρα η αεριοποίηση και μερική καύση γίνονται σε μία μικρή μόνο ποσότητα του καυσίμου, στον πυθμένα του συστήματος αποθήκευσης καυσίμου. Η τελική καύση συντελείται σε έναν ξεχωριστό θάλαμο. Η τέφρα πέφτει μέσω μίας εσχάρας σε ένα δοχείο τέφρας. Κανονικά χρησιμοποιείται φυσική ροή αέρα, όμως μερικοί τύποι λεβήτων είναι εφοδιασμένοι με έναν φυσητήρα ή με έναν ανεμιστήρα απαγωγής απαερίων, οι οποίοι παρουσιάζουν μειωμένες εκπομπές. Το κόστος της επένδυσης υπερβαίνει κατά 50% αυτό το οποίο απαιτείται για τους λέβητες με διαβάθμιση αέρα. Στο σχήμα (Σχήμα 5.2) φαίνεται η κατασκευή ενός λέβητα με πρωτεύοντα αέρα.[34]



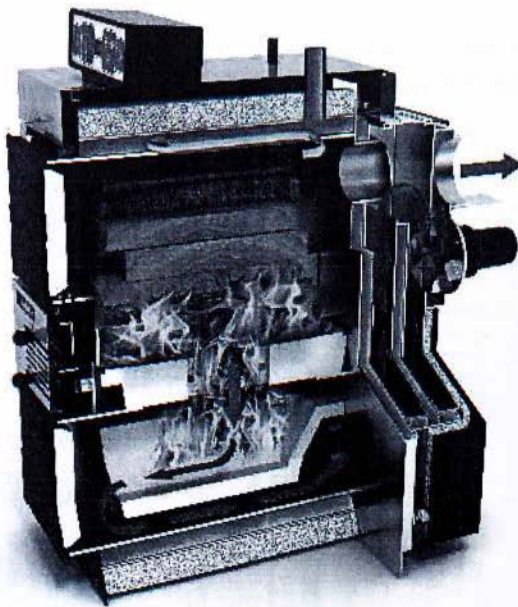
Σχήμα 5.2 - Λέβητας ξύλου με πρωτεύοντα αέρα

5.4.1.3 Λέβητες ξύλου καθοδικής ροής

Η τελευταία καινοτομία στον τομέα κατασκευής εξοπλισμού για καύση ξύλινων κορμών είναι οι λέβητες καθοδικού ρεύματος. Τα απαέρια οδηγούνται προς τα κάτω, διαμέσου οπών σε μία κεραμική εσχάρα. Στην εσχάρα ή σε έναν θάλαμο δευτερεύουσας καύσης, τροφοδοτείται δευτερεύων αέρας καύσης, όπου τα απαέρια ρέουν μέσα σε κεραμικές σήραγγες. Η τελική καύση λαμβάνει χώρα σε υψηλές θερμοκρασίες. Καθότι η αντίσταση στη ροή του απαερίου είναι αρκετά υψηλή, απαιτείται ένας ανεμιστήρας για τον αέρα της καύσης ή τα απαέρια. Ο ανεμιστήρας αυτός επιτρέπει ακρίβεια στην εισαγωγή και διανομή του πρωτεύοντα και δευτερεύοντα αέρα στο θάλαμο καύσης.

Τα πολύ ανστηρά όρια εκπομπών, τα οποία έχουν επιβληθεί σε πολλές χώρες, οδηγούν στη χρήση λεβήτων καθοδικής ροής. Άλλες πρόσφατες εξελίξεις είναι οι σύγχρονες συσκευές ελέγχου της καύσης, όπως ο αισθητήρας «λάμδα», για τη μέτρηση της περιεκτικότητας των απαερίων σε οξυγόνο και την ακριβή μέτρηση του αέρα της καύσης, καθώς και η σταδιακή καύση. Κατ' αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η μείωση εκπομπών και η υψηλή ποιότητα καύσης. Οι λέβητες καθοδικής ροής είναι ακριβότεροι από τους απλούς λέβητες με διαβάθμιση αέρα και τους λέβητες με δευτερεύοντα αέρα.

Στο σχήμα (Σχήμα 5.3) φαίνεται μία τυπική κατασκευή ενός λέβητα καθοδικού ρεύματος.[34]



Σχήμα 5.3 - Λέβητας ξύλου καθοδικής ροής

5.4.2 Λέβητες για θρύμματα ξύλου

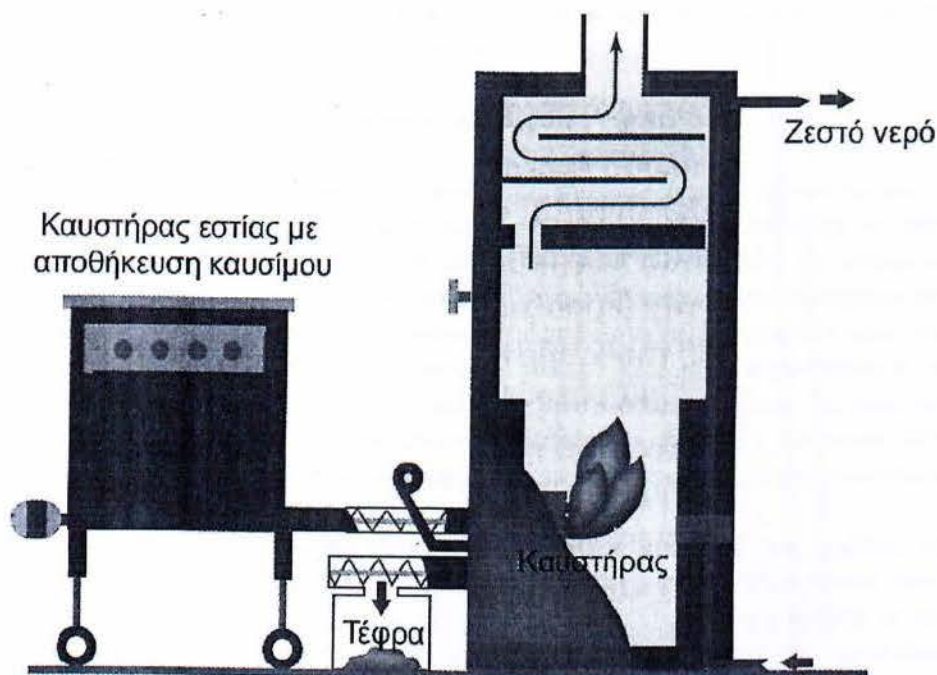
Οι συσκευές για καύση θρυμμάτων ξύλου χρησιμοποιούνται επίσης για οικιακή θέρμανση. Είναι πιο συνηθισμένες στην ύπαιθρο, για τη θέρμανση σε μεγαλύτερες οικίες και φάρμες. Τα πλεονεκτήματα της χρήσης θρυμμάτων ξύλου αντί για καυσόξυλο είναι η αυτόματη λειτουργία και οι πολύ χαμηλότερες εκπομπές (CO, NOx, και πτητικών υδρογονανθράκων) λόγω της αρχής της συνεχούς καύσης. Το μειονέκτημα της χρήσης θρυμμάτων ξύλου είναι ότι η παραγωγή και η αποθήκευσή τους και πολλές φορές η τεχνητή τους ξήρανση, απαιτεί πρόσθετες επενδύσεις σε εξοπλισμό και χώρους αποθήκευσης.

Όταν τα θρύμματα προς καύση είναι αρκετά υγρά, χρησιμοποιούνται προ-καυστήρες. Αυτοί είναι καλά μονωμένοι θάλαμοι, μέσα στους οποίους γίνεται καύση ή μερική αεριοποίηση. Τα θρύμματα ξύλου τροφοδοτούνται στο θάλαμο καύσης με έναν κοχλία και ο αέρας της καύσης τροφοδοτείται με έναν ανεμιστήρα. Η καύση ελέγχεται, και με αυτόν τον τρόπο οι εκπομπές είναι χαμηλές συγκριτικά με την καύση των καυσόξυλων. Οι πρό-καυστήρες μπορούν να συνδεθούν με έναν υφιστάμενο λέβητα, όμως καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται αν ο προ-καυστήρας και ο λέβητας είναι σχεδιασμένοι για να συνδυαστούν μαζί.

Οι καυστήρες με εσχάρα είναι συσκευές για την αυτόματη καύση θρυμμάτων ξύλου, μέσα στο θάλαμο καύσης του λέβητα, και μοιάζουν σε μεγάλο βαθμό με αυτούς για τα συσσωματώματα ξύλου. Οι καυστήρες με τροφοδοσία από κάτω ή με οριζόντια τροφοδοσία είναι πολύ συνηθισμένοι. Στους καυστήρες με τροφοδοσία από κάτω η φλόγα καίει προς τα

πάνω, ενώ στους καυστήρες με οριζόντια τροφοδοσία η φλόγα καίει στην οριζόντια κατεύθυνση.

Με τη χρήση ενός κοιλία, το σύστημα διαχείρισης της τροφοδοσίας τροφοδοτεί το καύσιμο στο καυστήρα. Ο καυστήρας αποτελείται από χυτοσίδηρο και έναν οριζόντιο κύλινδρο έχει πυρίμαχη επένδυση ή ψύχεται με νερό.



Σχήμα 5.4 - Λέβητας για θρύμματα ξύλου

Σε μερικούς καυστήρες η ψύξη με νερό εξασφαλίζει την ανθεκτικότητα των υλικών του καυστήρα, και καθιστά τη μόνωση του ευκολότερη. Η θερμοκρασία μέσα στο καυστήρα ανεβαίνει πάνω από τους 1000°C όταν χρησιμοποιούνται ξηρά καύσιμα. Ο καυστήρας βρίσκεται μερικά τοποθετημένος μέσα στον κλίβανο, ενώ ένα μέρος του βρίσκεται έξω από αυτόν, ώστε όλος ο θάλαμος καύσης του λέβητα να συμμετέχει αποτελεσματικά στη μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία.

Η βασική αρχή για αυτούς τους λέβητες είναι ότι το καύσιμο τροφοδοτείται με ακρίβεια, ανάλογα με τη ζήτηση θερμότητας. Ένας ή περισσότεροι φυσητήρες εισάγουν τον αέρα της καύσης. Έτσι εξασφαλίζεται η πολύ αποδοτική και η καθαρή καύση. Ένας θερμοστάτης στο νερό του λέβητα, ο οποίος χρησιμοποιεί μία απλή διάταξη ανοικτής ή κλειστής θέσης σε μικρούς καυστήρες, και περισσότερο εξελιγμένα συστήματα ελέγχου για μεγαλύτερους καυστήρες, ελέγχουν το ρυθμό παροχής θερμότητας του καυστήρα.

Οι οριζόντιοι καυστήρες με εσχάρα, οι οποίοι είναι κατάλληλοι για καύση βιομάζας, είναι εμπορικά διαθέσιμοι για περίπου 20 χρόνια. Οι περισσότερες συσκευές έχουν σχεδιασθεί για ένα εύρος παραγωγής ισχύος μεταξύ 20 - 40 kW και χρησιμοποιούνται κυρίως για θέρμανση

σε απομονωμένες οικίες και φάρμες. Έχουν κατασκευασθεί και οριζόντιοι καυστήρες με εσχάρα με παραγωγή ισχύος μέχρι και 1ΜW. Έχει παρατηρηθεί μία ενθαρρυντική ανάπτυξη της αγοράς σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες, όπως η Σουηδία, η Αυστρία και η Γερμανία. Στις Μεσογειακές χώρες, η ανεπτυγμένη τεχνική καύσης με χρήση θρυμμάτων μπορεί να προσαρμοσθεί για χρήση με υλικό, το οποίο προέρχεται από πεπιεσμένους ελαιοπυρήνες. Για την αντιμετώπιση της υψηλότερης περιεκτικότητας των ελαιοπυρήνων σε τέφρα, απαιτείται τροποποίηση των συστημάτων αποθήκευσης και απομάκρυνσης της τέφρας, για να εξασφαλιστεί η συνεχής λειτουργία των καυστήρων.[35]

5.4.3 Λέβητες και καυστήρες για συσσωματώματα ξύλου (pellets)

Η χρήση καυστήρων οικιακής χρήσης για συσσωματώματα ξύλου είναι μία σχετικά πρόσφατη εξέλιξη. Οι καυστήρες για συσσωματώματα ξύλου αναπτύχθηκαν για πρώτη φορά το 1980, όμως κατά το τέλος της δεκαετίας του 1990 κατέκτησαν ένα αξιόλογο μερίδιο της αγοράς σε χώρες όπως η Σουηδία, Αυστρία, Δανία και οι ΗΠΑ. Σε άλλες χώρες, το ενδιαφέρον για τέτοιου είδους συστήματα αναπτύχθηκε πρόσφατα, και αυτό λόγω της αύξησης των τιμών του πετρελαίου. Τα συσσωματώματα ξύλου είναι ένα καύσιμο με χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία, το οποίο μπορεί να τροφοδοτείται αυτόματα σε μία συσκευή καύσης. Με αυτό τον τρόπο, η χρήση των συσσωματωμάτων ξύλου καθιστά δυνατή τη συνεχή λειτουργία, έτσι μπορούν εύκολα να αντικαταστήσουν καυστήρες πετρελαίου, σε υφιστάμενες εγκαταστάσεις λέβητα.

Οι καυστήρες για συσσωματώματα ξύλου οικιακής χρήσης, κατασκευάζονται συνήθως για μία ονομαστική θερμική ισχύς έως 25 kW. Ανάλογα με το σύστημα τροφοδοσίας τους, μπορούν να προσδιοριστούν τρεις τύποι τέτοιων καυστήρων (Σχήμα 5.5). Ανάλογα με την κατασκευή τους, η φλόγα καίει είτε οριζόντια είτε προς τα πάνω. Για το λόγο αυτό είναι σημαντικό να είναι συμβατός ο καυστήρας με το λέβητα. Αν η φλόγα έρθει σε επαφή με ψυχρή επιφάνεια, θα έχουμε σαν αποτέλεσμα υψηλά επίπεδα εκπομπών αιθάλης και υδρογονανθράκων καθώς επίσης και χαμηλή απόδοση του συστήματος.

Οι καυστήρες για συσσωματώματα ξύλου συνήθως προσαρμόζονται σε ένα σταθερό επίπεδο θερμικής παραγωγής. Καθώς η θερμοκρασία του νερού στο λέβητα πέφτει κάτω από μία ελάχιστη τιμή, ο καυστήρας θα ξεκινήσει να λειτουργεί και θα παραμείνει σε λειτουργία μέχρι να επιτευχθεί η ανώτερη επιτρεπτή θερμοκρασία στο λέβητα. Το καύσιμο συνήθως τροφοδοτείται με τη χρήση ενός κοχλίου, αν και υπάρχουν και άλλα συστήματα τροφοδοσίας. Η ανάφλεξη επιτυγχάνεται με ηλεκτρική αντίσταση ή με μία βαλβίδα παροχής ζεστού αέρα.

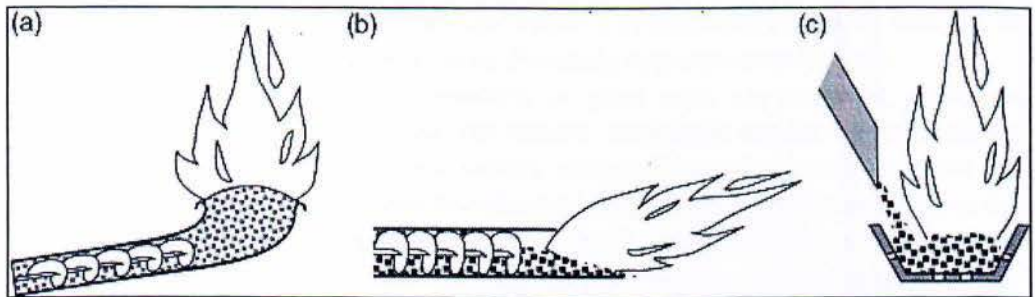
Εναλλακτικά ο καυστήρας μπορεί να είναι μόνιμα σε λειτουργία σε επίπεδο αναμονής έως ότου να υπάρξει ξανά ζήτηση για περισσότερη θερμότητα.

Ο αέρας της καύσης παρέχεται από έναν ηλεκτρικό ανεμιστήρα, ο οποίος αυξομειώνει την ποσότητα του εισερχόμενου αέρα, και κατανέμει ομοιόμορφα τον πρωτεύοντα και δευτερεύοντα αέρα. Η τροφοδοσία του καυσίμου μπορεί να ρυθμιστεί σε διάφορα σταθερά επίπεδα φορτίου, ανάλογα με τις απαιτήσεις παραγωγής θερμότητας.

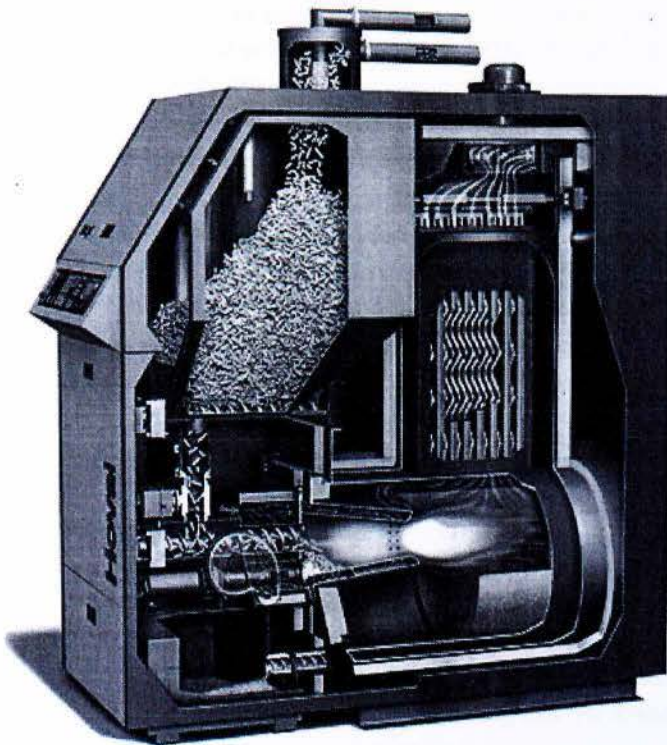
Αν ο συνδυασμός καυστήρα και λέβητα είναι καλά σχεδιασμένος, η απόδοση του συστήματος ξεπερνά το 90%. Οι καλοί καυστήρες συσσωματωμάτων ξύλου επιτυγχάνουν πολύ χαμηλά επίπεδα εκπομπών υδρογονανθράκων και μονοξειδίου του άνθρακα. Όμως οι εκπομπές NOx

τείνουν να είναι σημαντικές παρά τη χαμηλή περιεκτικότητα των συσσωματωμάτων ξύλου σε άζωτο. Το ποσοστό μετατροπής του αζώτου σε καύσιμο NO_x είναι συχνά κοντά στο 100%. Επιπρόσθετα, οι εκπομπές σωματιδιακής ύλης από μικρής κλίμακας καύση ξύλου, μπορούν να είναι σημαντικές. Η σωματιδιακή ύλη αποτελείται από αιθάλη από ατελή καύση και σωματίδια τέφρας. Σε ένα καλοσχεδιασμένο καυστήρα συσσωματωμάτων ξύλου, οι εκπομπές αιθάλης ελαχιστοποιούνται, με τις εκπομπές σωματιδιακής ύλης να εξαρτώνται σε κάποιο βαθμό από τα χαρακτηριστικά της ανόργανης ύλης του καυσίμου.

Στο σχήμα (Σχήμα 5.6) φαίνεται ένα ολοκληρωμένο σύστημα καυστήρα - λέβητα για συσσωματώματα ξύλου.[34]



Σχήμα 5.5 - Καυστήρες για συσσωματώματα ξύλου



Σχήμα 5.6 - Ολοκληρωμένο σύστημα καυστήρα - λέβητα για συσσωματώματα ξύλου

5.4.4 Θέση και εγκατάσταση λέβητα

Οι λέβητες με συνολική ισχύ μεγαλύτερη των 45 kW οφείλουν να τοποθετούνται σύμφωνα με τον ισχύοντα κτιριοδομικό κανονισμό σε ιδιαίτερους χώρους (λεβητοστάσια), οι οποίοι οφείλουν να καλύπτουν ελάχιστες απαιτήσεις ασφάλειας. Αντίθετα, λέβητες με θερμαντική ισχύ μικρότερη των 45 ή 50 kW, στην περίπτωση συσκευών αερίου, μπορούν να εγκαθίστανται σε χώρους εντός της κατοικίας, με την προϋπόθεση ότι και σ' αυτή την περίπτωση λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα για την ασφαλή λειτουργία της συσκευής. Κατά παρέκκλιση των παραπάνω διατάξεων, συσκευές αερίου με θερμαντική ισχύ μικρότερη των 50 kW δύναται να τοποθετηθούν και σε εξωτερικές μη κύριες όψεις του κτιρίου, ενώ στην περίπτωση μη ύπαρξης δευτερευουσών όψεων η εγκατάσταση μπορεί να γίνει και σε κύρια όψη μετά από έγκριση της κατά τόπους Επιτροπής Αρχιτεκτονικού Ελέγχου.

Στην περίπτωση εγκατάστασης της συσκευής σε χώρο εντός της κατοικίας, πρέπει να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα για την ασφαλή τροφοδοσία της με την απαιτούμενη ποσότητα αέρα καύσης αλλά και την ασφαλή απομάκρυνση του καυσαερίου μέσω της εγκατάστασης και λειτουργίας σωστά διαστασιοποιημένης καπνοδόχου. Ειδικότερα, για την απαγωγή του καυσαερίου απαγορεύεται η χρήση απλού οριζόντιου σωλήνα, εφόσον αυτός δεν προβλέπεται από τον κατασκευαστή της, όπως π.χ. σε ορισμένες συσκευές αερίου, και δεν συνοδεύει τη συσκευή. Ανεπαρκής ποσότητα αέρα καύσης ή/και κακή απαγωγή του καυσαερίου έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή ποσοτήτων μονοξειδίου του άνθρακα (CO), το οποίο είναι άοσμο δηλητήριο, που σε περίπτωση εισπνοής θέτει σε κίνδυνο τη ζωή ανθρώπων και ζώων. Εναλλακτικά, όταν το μέγεθος του λέβητα επιβάλλει την κατασκευή και λειτουργία λεβητοστασίου, το μέγεθος (διαστάσεις) του λεβητοστασίου, οι απαιτήσεις του χώρου και τα ανοίγματα αερισμού και εξαερισμού εξαρτώνται από το μέγεθος (ισχύ) του λέβητα. Γενικά, απαγορεύεται το λεβητοστάσιο να επικοινωνεί μέσω ανοίγματος με εσωτερικούς χώρους και ειδικότερα με κλιμακοστάσια και με χώρους διαρκούς παρουσίας ατόμων. Κατ' εξαίρεση προβλέπεται η ύπαρξη μιας πυράντοχης θύρας με μηχανισμό επαναφοράς στην κλειστή θέση για την πρόσβαση σ' αυτό. Τα δομικά στοιχεία του λεβητοστασίου πρέπει να είναι στεγανά και να κατασκευάζονται από υλικά άκαυστα και ανθεκτικά σε υψηλές θερμοκρασίες και πυρκαγιά για τουλάχιστον μια ώρα.

Τέλος, στο χώρο του λεβητοστασίου προβλέπεται η εγκατάσταση παροχής νερού από το δίκτυο ύδρευσης και το δίκτυο αποχέτευσης και πρέπει να είναι εφοδιασμένο με όλα τα προβλεπόμενα συστήματα πυρανίχνευσης και πυροπροστασίας.[33]

5.4.5 Έλεγχος και συντήρηση λέβητα

Σύμφωνα με τις κείμενες νομοθετικές διατάξεις, επιβάλλεται ο έλεγχος και η συντήρηση του λέβητα σε τακτά χρονικά διαστήματα, που καθορίζονται από την ισχύ της συσκευής, από εξειδικευμένο και κατάλληλα πιστοποιημένο τεχνικό προσωπικό. Η περίοδος ελέγχου σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη του έτους, ενώ για εγκαταστάσεις μεγάλης ισχύος ο έλεγχος γίνεται τουλάχιστον μία φορά το μήνα.

Κατά τη διάρκεια της συντήρησης ελέγχεται και επιβεβαιώνεται ότι οι απώλειες θερμότητας, η κατ' όγκο περιεκτικότητα του καυσαερίου σε διοξείδιο του άνθρακα, η τιμή του δείκτη

αιθάλης και η θερμοκρασία του καυσαερίου δεν υπερβαίνουν τις μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές. Σε περίπτωση μη συμμόρφωσης της συσκευής σε κάποιο από τα παραπάνω όρια, πρέπει να γίνονται όλες οι απαραίτητες διορθωτικές ενέργειες, όπως π.χ. αντικατάσταση εξαρτημάτων, η επισκευή συστημάτων κτλ., ώστε να επιτυγχάνονται τελικά τα επιβαλλόμενα όρια.

Κατά τη συντήρηση ο λέβητας πρέπει να καθαρίζεται επίσης από τυχόν επικαθίσεις τόσο στο χώρο καύσης, όσο και στους σωλήνες συναγωγής. Ο καθαρισμός γίνεται συνήθως με μηχανικά μέσα, βούρτσες και ηλεκτρικές σκούπες, αλλά για καλύτερο αποτέλεσμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και χημικός καθαρισμός. Με τον καθαρισμό βελτιώνεται η μετάδοση θερμότητας και επιτυγχάνεται οικονομία στην κατανάλωση καυσίμου.

Πιο συχνός καθαρισμός απαιτείται στους λέβητες στερεών καυσίμων, που δεν διαθέτουν σύστημα αυτόματου καθαρισμού, εξ' αιτίας της αυξημένης συγκέντρωσης υπολειμμάτων από την καύση του ξύλου.

Επίσης ιδιαίτερη μέριμνα πρέπει να δίνεται σε περιόδους μακράς διακοπής της λειτουργίας του λέβητα π.χ. το καλοκαίρι. Κατ' αυτές τις περιόδους ο χώρος του λεβητοστασίου πρέπει να κλείνει στεγανά, ώστε να αποφεύγεται η ιθιανότητα συμπύκνωσης υδρατμών μέσα στο λέβητα, που θα οδηγήσουν στην οξειδωσή του. Καλό είναι σ' αυτές τις περιπτώσεις να τοποθετείται υλικό δέσμευσης της υγρασίας μέσα στο λέβητα.[33]

5.4.6 Επιθεώρηση λέβητα

Με σκοπό τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και τον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) πραγματοποιείται τακτική επιθεώρηση του λέβητα από πιστοποιημένο ενεργειακό επιθεωρητή σε χρόνο που ορίζεται από την ισχύουσα νομοθεσία και εξαρτάται από την ισχύ και τον τύπο του καυσίμου της συσκευής. Με την επιθεώρηση ο ενεργειακός επιθεωρητής πραγματοποιεί οπτικό έλεγχο της συσκευής για την ύπαρξη διαρροών, θερμομόνωσης, φθορών κτλ., καταγράφει τα χαρακτηριστικά της, τις συνθήκες και τα χαρακτηριστικά λειτουργίας της, τα οποία αναγράφονται στα ετήσια φύλλα συντήρησης και ρύθμισής της, ελέγχει τη σήμανση CE κτλ.

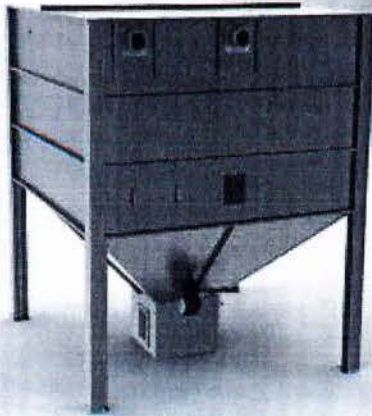
Με βάση τα στοιχεία της επιθεώρησης, ο επιθεωρητής συντάσσει έκθεση, στην οποία αξιολογείται το επίπεδο λειτουργίας και συντήρησης του λέβητα και διατυπώνονται ενδεικτικές οδηγίες και επιλεγμένες και ιεραρχημένες συστάσεις για τη ρύθμιση, συντήρηση, επισκευή ή αντικατάστασή του, εφόσον συντρέχει περίπτωση. Τέλος, για συστήματα θέρμανσης με λέβητες παλαιότερους των 15 ετών ο επιθεωρητής καλείται να αξιολογήσει την αποτελεσματικότητα της συσκευής και των διαστάσεών της σε σχέση με τις ενεργειακές ανάγκες του κτηρίου και να διατυπώσει κατάλληλες οδηγίες και συστάσεις.[33]

5.5 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ

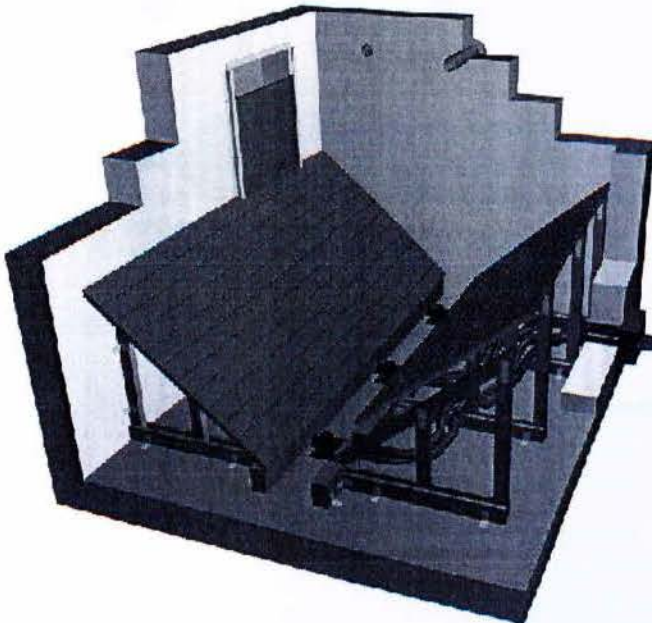
Η δεξαμενή όπου αποθηκεύονται τα στερεά βιοκαύσιμα, διαφέρει από αυτή του πετρελαίου όχι τόσο στο υλικό αλλά στη μορφή της. Οι επικρατέστεροι τύποι δεξαμενών για στερεά βιοκαύσιμα είναι είτε κυλινδρικοί είτε τετράγωνοι. Και στις δύο περιπτώσεις, στη βάση της δεξαμενής σχηματίζεται κωνικότητα (Σχήμα 5.7). Έτσι επιτυγχάνεται η συγκέντρωση του

καυσίμου σε ένα σημείο και με αυτόν τον τρόπο καθίσταται εκμεταλλεύσιμη όλη η ποσότητα καυσίμου που υπάρχει μέσα στην δεξαμενή. Σε εκείνο το σημείο συνδέεται το σύστημα τροφοδοσίας για να μεταφέρει το καύσιμο από την δεξαμενή στον θάλαμο καύσης του λέβητα.

Σπανιότερα μπορούμε να συναντήσουμε εφαρμογές όπου ένα ολόκληρο δωμάτιο χρησιμοποιείται ως δεξαμενή, στο οποίο επικρατεί επίσης η ίδια φιλοσοφία κατασκευής ως προς την κωνικότητα της βάσης (Σχήμα 5.8)



Σχήμα 5.7 – Μεταλλική δεξαμενή στερεών βιοκαυσίμων

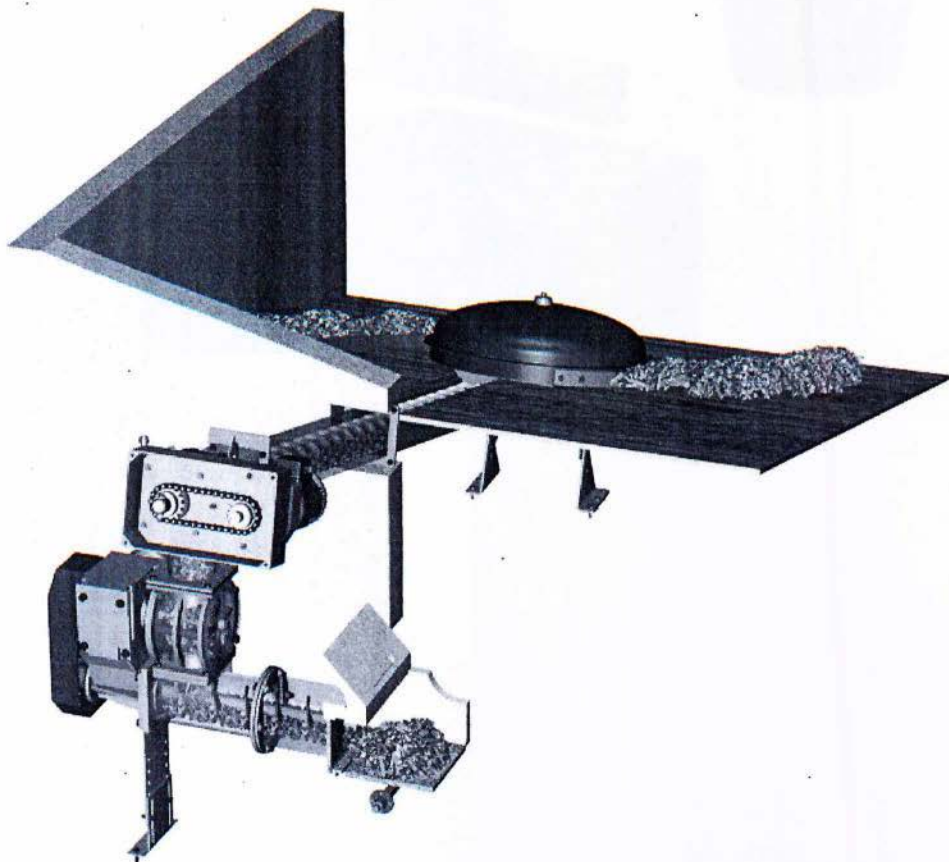


Σχήμα 5.8 – Δεξαμενή τύπου δωματίου για στερεά βιοκαύσιμα

5.6 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ

Ο τύπος του συστήματος τροφοδοσίας των στερεών καυσίμων που πρόκειται να επιλεγθεί σε μία εγκατάσταση εξαρτάται κυρίως από τα χαρακτηριστικά του υλικού που πρόκειται να μεταφέρει. Επίσης πρέπει να ληφθεί υπόψη αν υπάρχουν υψομετρικές διαφορές, η απόσταση μεταφοράς και τέλος οι απαιτήσεις συντήρησης του συστήματος.

Σήμερα συναντάμε δύο τύπους συστημάτων μεταφοράς στερεών καυσίμων. Τα συστήματα που μεταφέρουν το υλικό μηχανικά μέσω ατέρμονα κοχλία (Σχήμα 5.9) και τα συστήματα που μεταφέρουν το υλικό πνευματικά (Σχήμα 5.10)



Σχήμα 5.9 – Μηχανικό σύστημα μεταφοράς στερεών βιοκαυσίμων



Σχήμα 5.10 – Πνευματικό σύστημα μεταφοράς στερεών βιοκαυσίμων

5.7 ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΚΑΥΣΑΕΡΙΟΥ ΛΕΒΗΤΩΝ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΕΣΤΙΩΝ ΚΑΥΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ

Για τις νέες εγκαταστάσεις θέρμανσης οι οποίες χρησιμοποιούν στερεά βιοκαύσιμα θα πρέπει να πληρούνται κατ' ελάχιστο τα όρια απόδοσης και τα ανώτατα όρια εκπομπών ρύπων του προτύπου ΕΛΟΤ EN 303.05/1999, σύμφωνα με την κλάση 3.

Πίνακας 5.1 - Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 303.05/1999 σύμφωνα με την κλάση 3[36]

Μέθοδος τροφοδοσίας	Ονομαστική ισχύς	Οριακές τιμές εκπομπών ρύπων (εκφρασμένες σε mg/m^3 και ανηγμένες σε 10 % O_2) [τιμές εκφρασμένες σε ppm και ανηγμένες σε 10 % O_2]				Βαθμός Απόδοσης
		CO	OGC (Ολικός αέριος οργανικός άνθρακας)	Σωματίδια	NO_x (εκφρασμένα ως NO_2)	
	(kW)					%
Χειροκίνητη	< 50	5000 [4000]	150 [91]	150	340 [166]	$\eta = 67 + 6 \log Q_n$, όπου Q_n είναι η ονομαστική ισχύς του λέβητα σε kW.
	50 – 150	2500 [2000]	100 [61]	150		
	150 – 300	1200 [960]	100 [61]	150		
Αυτόματη	< 50	3000 [2400]	100 [61]	150		
	50 – 150	2500 [2000]	80 [49]	150		
	150 – 300	1200 [960]	80 [49]	150		

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 – ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύεται η Ελληνική αγορά ως προς τα διαθέσιμα προϊόντα κεντρικής θέρμανσης, το κόστος επένδυσης για κάθε περίπτωση ανάλογα τον εξοπλισμό καθώς επίσης και το κόστος θέρμανσης για κάθε τεχνολογία ξεχωριστά για μία Ελληνική τυπική κατοικία. Οι παραδοχές που λαμβάνονται υπ' όψιν φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6.1).

Πίνακας 6.1 – Χαρακτηριστικά κατοικίας

Περιοχή	Αθήνα
Κλιματική ζώνη	B
Εμβαδόν θερμαινόμενης επιφάνειας κτηρίου	140 m ²
Συντελεστής θερμοπερατότητας κελύφους	2,15 kcal/m ² h°C
Ημερομηνία συλλογής τιμών καυσίμων (υγρών, αερίων, στερεών)	15 / 03 / 2013

6.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΒΑΘΜΟΗΜΕΡΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

6.2.1 Υπολογισμός βαθμοημερών θέρμανσης

Η πιο απλή και σύντομη μέθοδος υπολογισμού των απαιτούμενων φορτίων θέρμανσης ενός κτηρίου είναι οι βαθμοημέρες θέρμανσης. Η παράμετρος αυτή προκύπτει από την μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα εικοσιτετραώρου για τους θερινούς μήνες σε μία περιοχή και μία θερμοκρασία αναφοράς η οποία λαμβάνεται συνήθως ίση με 18,3°C, δηλαδή μικρότερη κατά 1-3°C από την επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία. Αυτό γιατί θεωρείται ότι, στην πραγματικότητα προσδίδεται στους χώρους πρόσθετη ενέργεια από εσωτερικά θερμικά κέρδη (ηλεκτρικές συσκευές, φωτισμός, άτομα κ.λπ.) αλλά και από την απορρόφηση ηλιακής ενέργειας από τα οικοδομικά στοιχεία του κτηρίου.

Η εξίσωση υπολογισμού των βαθμοημερών θέρμανσης DD είναι:

$$DD = \Sigma \cdot [N_{mo} \cdot (T_{av} - T_a)^+]$$

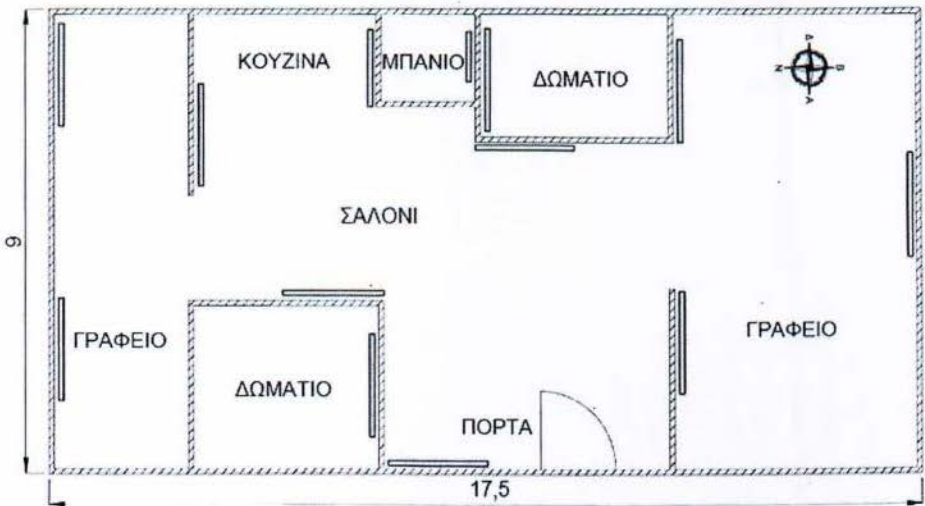
Όπου :

N_{mo} : ο αριθμός ημερών για κάθε μήνα

T_{av} : η θερμοκρασία αναφοράς (°C)

T_a : η μηνιαία θερμοκρασία αέρα περιβάλλοντος (°C)

(*) το σύμβολο αυτό δηλώνει ότι στους υπολογισμούς λαμβάνονται υπόψη μόνο περιπτώσεις κατά τις οποίες η θερμοκρασία $T_a < T_{av}$.



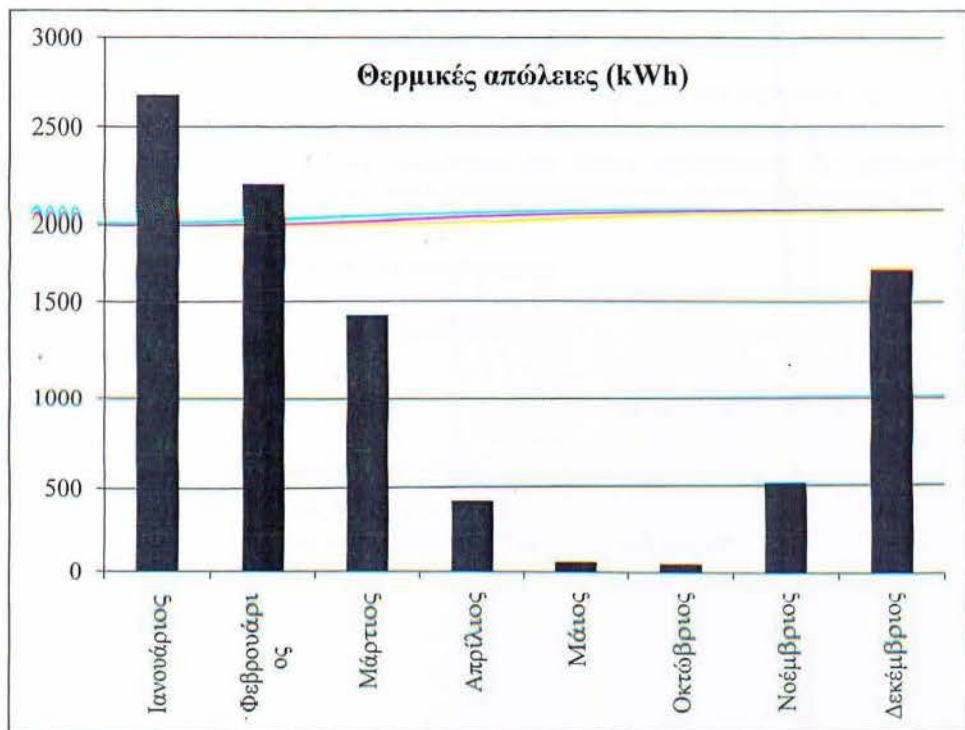
Σχήμα 6.1 – Φωτογραφία και κάτοψη κατοικίας

Η εξεταζόμενη κατοικία βρίσκεται στην περιοχή της Αθήνας, στην κλιματική ζώνη Β (σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ 20701-1). Η θερμαινόμενη επιφάνεια E του κτηρίου είναι ίση με $E = 140 \text{ m}^2$, και το ύψος του $h = 3 \text{ m}$. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας K του κτηρίου θεωρείται ίσος με $K = 2,15 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$. Στην κάτοψη του κτηρίου απεικονίζονται με κόκκινο περίγραμμα τα υφιστάμενα θερμαντικά σώματα, για τα οποία θα δοθούν περισσότερα στοιχεία σε επόμενη ενότητα.

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6.2) παρουσιάζονται, όπως υπολογίστηκαν, οι βαθμοήμερες θέρμανσης ανά μήνα, για την πόλη της Αθήνας.

Πίνακας 6.2 - Βαθμομέρες θέρμανσης και θερμικές απώλειες για την πόλη της Αθήνας

Μήνας	Βαθμομέρες θέρμανσης	Θερμικές απώλειες (kWh)
Ιανουάριος	320,6	2679,2
Φεβρουάριος	257,1	2148,5
Μάρτιος	170,7	1426,5
Απρίλιος	51,1	427
Μάιος	7,7	64,3
Ιούνιος	0	0
Ιούλιος	0	0
Αύγουστος	0	0
Σεπτέμβριος	0	0
Οκτώβριος	6,4	53,4
Νοέμβριος	61,5	513,9
Δεκέμβριος	207,9	1737,3
Σύνολο	1083	9050



Σχήμα 6.2 - Θερμικές απώλειες για την πόλη της Αθήνας

6.2.2 Υπολογισμός θερμικών απωλειών κατοικίας

Η σχέση για τον υπολογισμό θερμικών απωλειών που θα χρησιμοποιηθεί στην παρούσα μελέτη είναι η εξής:

$$Q = E * K * DDh * 24$$

Όπου

Q = Θερμικές απώλειες (kcal/h)

E = Εμβαδό θερμαινόμενης επιφάνειας (m²)

K = Συντελεστής θερμοπερατότητας (kcal/m²h°C)

DDh = Βαθμοημέρες θέρμανσης (days * °C)

6.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΛΕΒΗΤΑ

Η απαιτούμενη θερμότητα για τη θέρμανση του κτηρίου παράγεται στο λέβητα και πρέπει να μεταφερθεί μέχρι τα θερμαντικά σώματα του κάθε χώρου. Για τη μεταφορά της θερμότητας χρησιμοποιείται κυρίως νερό που κυκλοφορεί στο δίκτυο σωληνώσεων. Σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιείται αέρας, οπότε χρειάζεται εγκατάσταση δικτύου αεραγωγών.[39]

Η θερμαντική ισχύς του λέβητα δίνεται από τη σχέση:

$$Q_K = Q_N * (1 + Z_R)$$

Όπου:

Q_N = οι κανονικές θερμικές ανάγκες του κτιρίου

Q_K = η κανονική θερμική ισχύς του λέβητα

Z_R = Προσαύξηση που παίρνει υπόψη τις θερμικές απώλειες του δικτύου σωληνώσεων (ή αεραγωγών)

Οι τιμές του συντελεστή Z_R εκλέγονται ως εξής:

Για κεντρικές θερμάνσεις, στις οποίες οι κεντρικοί σωλήνες είναι τοποθετημένοι σε εξωτερικούς τοίχους, είναι μονωμένοι και οι σωλήνες διανομής βρίσκονται σε θερμούς χώρους, λαμβάνεται:

$$Z_R = 0.05$$

Για κεντρικές θερμάνσεις, στις οποίες οι κεντρικοί σωλήνες είναι τοποθετημένοι σε εσωτερικούς τοίχους, είναι μονωμένοι και οι σωλήνες διανομής βρίσκονται σε θερμούς χώρους, λαμβάνεται:

$$Z_R = 0.10$$

Για δυσμενέστερη τοποθέτηση του δικτύου σωληνώσεων, λαμβάνεται:

$$Z_R = 0.15$$

Ο λέβητας που θα επιλέξουμε πρέπει να έχει την ικανότητα να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες του κτηρίου οποιαδήποτε ημέρα του έτους. Έτσι, λαμβάνουμε υπόψη τα δεδομένα του μήνα Ιανουαρίου, όπου σύμφωνα με τον Πίνακα 6.3 υπάρχει η μεγαλύτερη ζήτηση σε ενέργεια. Επομένως για την κάλυψη των 2.679,2 kWh, για 30 ημέρες και 8 ώρες μέσης ημερησίας λειτουργίας του λέβητα προκύπτει η ισχύς του συστήματος ίση με 11,2 kW.

Λαμβάνοντας υπόψη την τιμή του συντελεστή προσαύξησης για την δυσμενέστερη περίπτωση, προκύπτει η τελική ισχύς του λέβητα:

$$Q_k = Q_N * (1 + ZR)$$

$$Q_k = 11,2 * (1 + 0,15)$$

$$Q_k = 13 \text{ kW}$$

Κατόπιν αυτοψίας του λεβητοστασίου, παρατηρήθηκε ότι ο υφιστάμενος λέβητας πετρελαίου έχει ισχύ 20 kW και βαθμό απόδοσης $\eta_{\text{πετρελαίου}} = 80\%$. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε λάθος επιλογή λέβητα ή στο ότι οι λέβητες πετρελαίου μικρότερης ισχύος από αυτή των 20 kW είναι δυσεύρετοι.

Ο λέβητας συσσωματωμάτων ξύλου που επιλέχθηκε προς αντικατάσταση του υφιστάμενου πετρελαίου, για το εξεταζόμενο κτήριο, έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

Πίνακας 6.3 – Χαρακτηριστικά λέβητα συσσωματωμάτων ξύλου

Προέλευση	Αυστρία
Τύπος	HP 14
Εύρος ισχύος	4 – 15 kW
Βαθμός απόδοσης	94,9 %
Χωρητικότητα σε νερό	28 lt
Μέγιστη πίεση λειτουργίας	3 bar
Μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας	80 °C
Κόστος λέβητα	4.500 €
Κόστος δεξαμενής καυσίμου	300 €
Κόστος εγκατάστασης	500 €
Συνολικό κόστος	5.300 €
Προτεινόμενο καύσιμο	Συσσωματώματα ξύλου πιστοποιημένα κατά EN 14961

6.4 ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ

Τα θερμαντικά σώματα ζεστού νερού των κεντρικών θερμάνσεων, τροφοδοτούνται με ζεστό νερό σχετικά υψηλής θερμοκρασίας (70 – 90 °C), και αποκτούν μια μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια τους ($t_m = 65 - 70$ °C), η οποία διαφέρει κατά 45 – 65 °C από την θερμοκρασία του αέρα και των αντικειμένων του θερμαινόμενου χώρου. Η θερμοκρασιακή αυτή διαφορά είναι η αιτία της ροής ποσών θερμότητας (με αγωγή, μεταφορά και ακτινοβολία) από το θερμαντικό σώμα προς το περιβάλλον του χώρου.

Όλοι οι τρόποι μεταφοράς θερμότητας λειτουργούν σε όλα τα θερμαντικά σώματα, αλλά η κατασκευή κάθε τύπου σώματος προσβλέπει κυρίως σε μία από αυτές.[39]

Έτσι διακρίνουμε τα θερμαντικά σώματα:

Με βάση τον τρόπο μεταφοράς θερμότητας

- Θερμαντικά σώματα ακτινοβολίας, τα οποία αποδίδουν το μεγαλύτερο ποσοστό θερμότητας με ακτινοβολία
- Θερμαντικά σώματα επαφής και μεταφοράς (κονβέκτορες) τα οποία αποδίδουν θερμότητα σχεδόν αποκλειστικά με μεταφορά και επαφή

Με βάση τον τύπο

- Συνήθη ή ‘κοινά’ θερμαντικά σώματα ακτινοβολίας (ΑΚΑΝ)
- Σωληνωτά θερμαντικά σώματα, επαφής – μεταφοράς θερμότητας
- Θερμαντικά σώματα πτερυγιοφόρων σωλήνων
- Επίπεδα θερμαντικά σώματα
- Θερμαντικά σώματα τύπου RUNTAL
- Θερμαντικά σώματα λουτρού
- Θερμαντικά σώματα τύπου κονβεκτέρ, με ή χωρίς ανεμιστήρα
- Θερμαντικά σώματα αλουμινίου

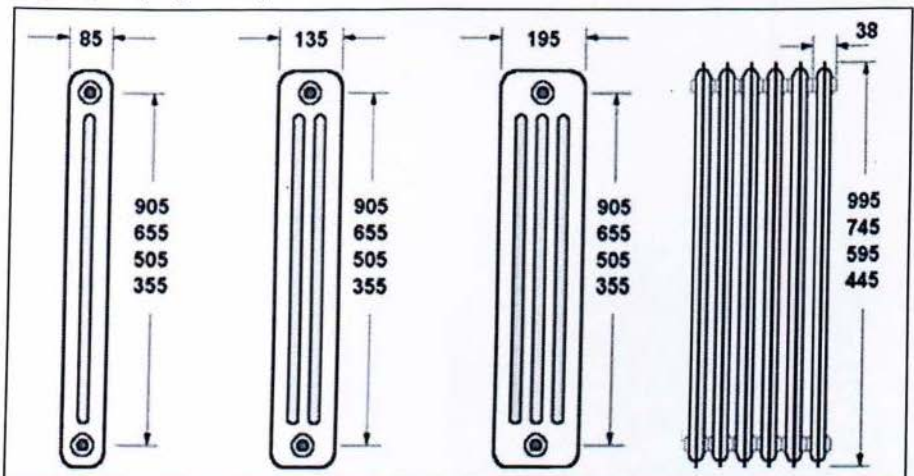
Τα υφιστάμενα θερμαντικά σώματα του εξεταζόμενου κτηρίου ανήκουν στην κατηγορία των κοινών θερμαντικών σωμάτων (ΑΚΑΝ). Τα θερμαντικά σώματα αυτού του τύπου χαρακτηρίζονται από ισομεγέθεις φέτες ή στοιχεία τυποποιημένων διαστάσεων. Κάθε στοιχείο μπορεί να είναι δίστηλο, τρίστηλο ή τετράστηλο ως προς το πλάτος του, και χαρακτηρίζεται ως προς το ύψος του από το συνολικό ύψος του ή από την απόσταση σύνδεσης των σωλήνων προσαγωγής του νερού (συνήθως 355, 505, 605 και 905).

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6.5) παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των θερμαντικών σωμάτων όπως αυτά καταγράφηκαν κατόπιν αυτοψίας του εξεταζόμενου κτηρίου.

Πίνακας 6.4 – Χαρακτηριστικά υφιστάμενων θερμαντικών σωμάτων

Αριθμός στηλών	Αριθμός στοιχείων	Τύπος σώματος	Ισχύς (kcal/h)	Ισχύς (Watt)
2	6	655	340	394
2	6	655	340	394
2	8	505	390	452
3	8	505	390	452
3	8	505	390	452
3	10	655	1000	1160
3	10	655	1000	1160
3	10	905	1280	1485
3	10	905	1280	1485
3	13	655	1300	1500
3	13	905	1925	1660
4	12	505	1290	1495
4	12	505	1290	1495
Σύνολο			12.215	13.584

Σύμφωνα με την μέθοδο των βαθμοημερών θέρμανσης που αναλύθηκε παραπάνω προέκυψε ότι η απαιτούμενη ισχύς του λέβητα είναι 11,2 kW. Από τον παραπάνω πίνακα (Πίνακας 6.5) παρατηρούμε ότι η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των θερμαντικών σωμάτων είναι 13,6 kW, μεγαλύτερη κατά 2,4 kW από την ελάχιστη απαιτούμενη ισχύς του λέβητα. Ο νέος λέβητας συσσωματωμάτων ξύλου που έχει επιλεγεί για να αντικαταστήσει τον υφιστάμενο λέβητα πετρελαίου έχει ονομαστική ισχύ 15 kW. Επομένως επαρκεί για να καλύψει πλήρως τις θερμικές ανάγκες του κτηρίου.



Σχήμα 6.3 - Θερμαντικά σώματα τύπου AKAN

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 - ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΣΕ ΛΕΒΗΤΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

7.1 ΛΕΒΗΤΕΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

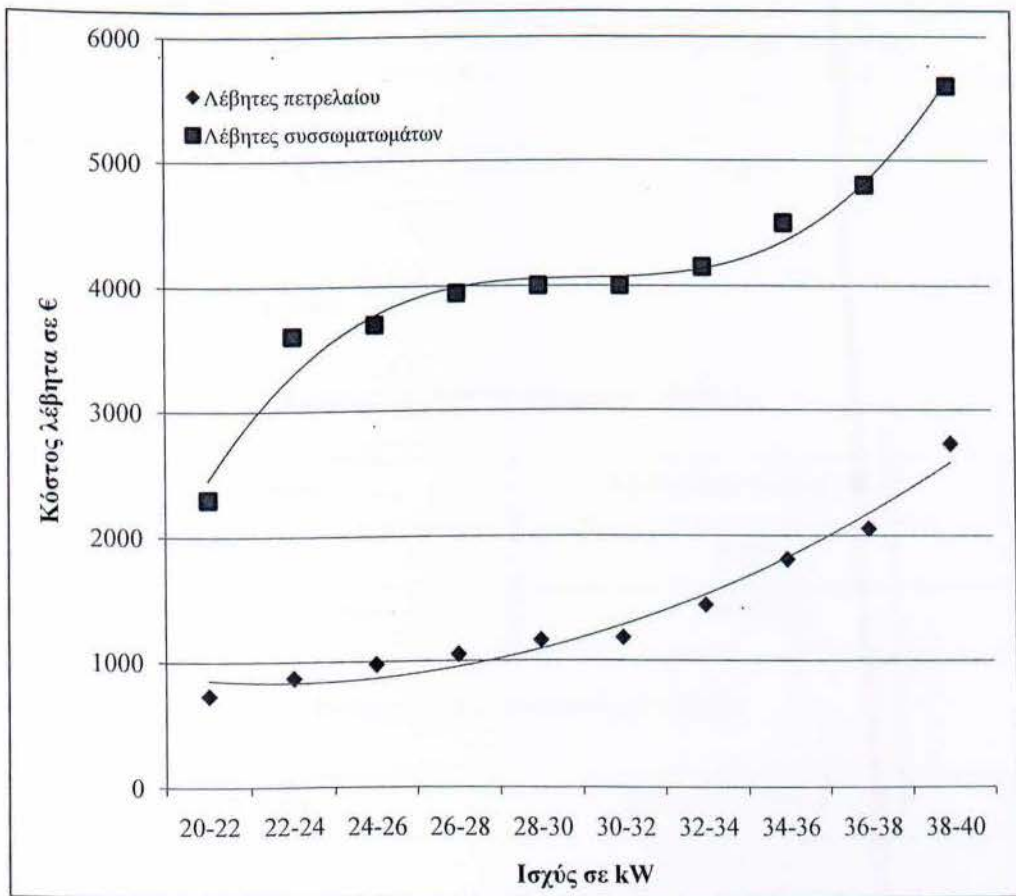
Στους παρακάτω πίνακες (Πίνακας 7.1 και Πίνακας 7.2) παρουσιάζονται λέβητες πετρελαίου και λέβητες συσσωματωμάτων κατασκευαστών που πωλούνται στην Ελληνική αγορά. Οι τελικές τιμές λιανικής πώλησης προέκυψαν κατόπιν τηλεφωνικής επικοινωνίας με τον επίσημο αντιπρόσωπο κάθε εταιρείας για την Ελληνική αγορά.

Πίνακας 7.1 – Λέβητες πετρελαίου

α/α	Κατασκευαστής	Προέλευση	Ισχύς (kW)	Βαθμός απόδοσης (%)	Λιανική τιμή (€)	Κόστος (€/kW)
1	Bentoil	Ελλάδα	20-22	90	730	35
2	Ranex Rob	Κορέα	22-24	91	870	38
3	Thermostahl	Ελλάδα	24-26	90	975	39
4	Kiturami	Κορέα	26-28	92	1050	39
5	Saturn	Κορέα	28-30	94,4	1160	40
6	Errevi	Ιταλία	30-32	91,2	1180	38
7	Mavil	Ελλάδα	32-34	92	1444	44
8	De Dietrich	Γερμανία	34-36	94	1810	52
9	Valliant	Γερμανία	36-38	93	2055	56
10	Buderus	Γερμανία	38-40	94	2730	70

Πίνακας 7.2 – Λέβητες συσσωματωμάτων

α/α	Κατασκευαστής	Προέλευση	Ισχύς (kW)	Βαθμός απόδοσης (%)	Λιανική τιμή (€)	Κόστος (€/kW)
1	Tekla	Πολωνία	20-22	90	3300	157,14
2	Carborobot	Ουγγαρία	22-24	90	4600	200
3	AnxaCalor	Ιταλία	24-26	91	4690	187,6
4	Bioenergy	Ισπανία	26-28	90	4940	182,96
5	Evoworld	Αυστρία	28-30	95	5000	172,41
6	Hkslazar	Πολωνία	30-32	90	5000	161,29
7	Biodrac	Ισπανία	32-34	90	5150	156
8	Tatano	Ιταλία	34-36	90	5500	157,14
9	CTPasqualiccio	Ιταλία	36-38	91	5800	156,75
10	Lasian	Ισπανία	38-40	90	6800	174,35



Σχήμα 7.1 – Κόστος εξοπλισμού κεντρικής θέρμανσης (€/kW)

7.2 ΚΑΥΣΙΜΗ ΥΛΗ

7.2.1 Ενεργειακό περιεχόμενο καυσίμων

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7.3) παρουσιάζεται το ενεργειακό περιεχόμενο επιλεγμένων καυσίμων για τελική χρήση.

Πίνακας 7.3 - Ενεργειακό περιεχόμενο επιλεγμένων καυσίμων[37]

Καύσιμο	Θερμογόνος δύναμη (kWh / kg)
Πετρέλαιο	11,75
Συσσωματώματα ξύλου	4,667

7.2.2 Κόστος καύσιμης ύλης

Πίνακας 7.4 - Κόστος καυσίμου € / M.M[38]

Καύσιμο	Κόστος καυσίμου (€ / M.M)
Πετρέλαιο	1,310 / lt
Συσσωματώματα ξύλου	0,28 / kg

Πίνακας 7.5 - Κόστος καυσίμου € / kWh

Καύσιμο	Κόστος καυσίμου (€ / kWh)
Πετρέλαιο	0,1311
Συσσωματώματα ξύλου	0,0599

7.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

Ένα αναλυτικό εργαλείο που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για μία αρχική εκτίμηση της βιωσιμότητας μιας επένδυσης είναι η ανάλυση Νεκρού Σημείου (Breakeven Analysis).

Νεκρό σημείο (Breakeven point) ονομάζεται το ποσό ακριβώς των πωλήσεων (κύκλου εργασιών), που μια επιχείρηση καλύπτει το σύνολο των εξόδων της, σταθερά και μεταβλητά, μη πραγματοποιώντας ούτε κέρδος ούτε ζημιά.

Παρακάτω αναλύονται έξι περιπτώσεις σχετικά με την διαμόρφωση του κόστους των δύο καυσίμων (πετρελαίου και συσσωματωμάτων ξύλου) έως το έτος 2030.

Για την διαμόρφωση του κόστους καυσίμων λαμβάνεται υπ' όψιν σταθερό ποσοστό αύξησης 4 % το οποίο ισούται με την μέση τιμή του πληθωρισμού της Ελλάδας κατά την διάρκεια των τελευταίων 53 ετών.

Πίνακας 7.6 - Παράμετροι επένδυσης

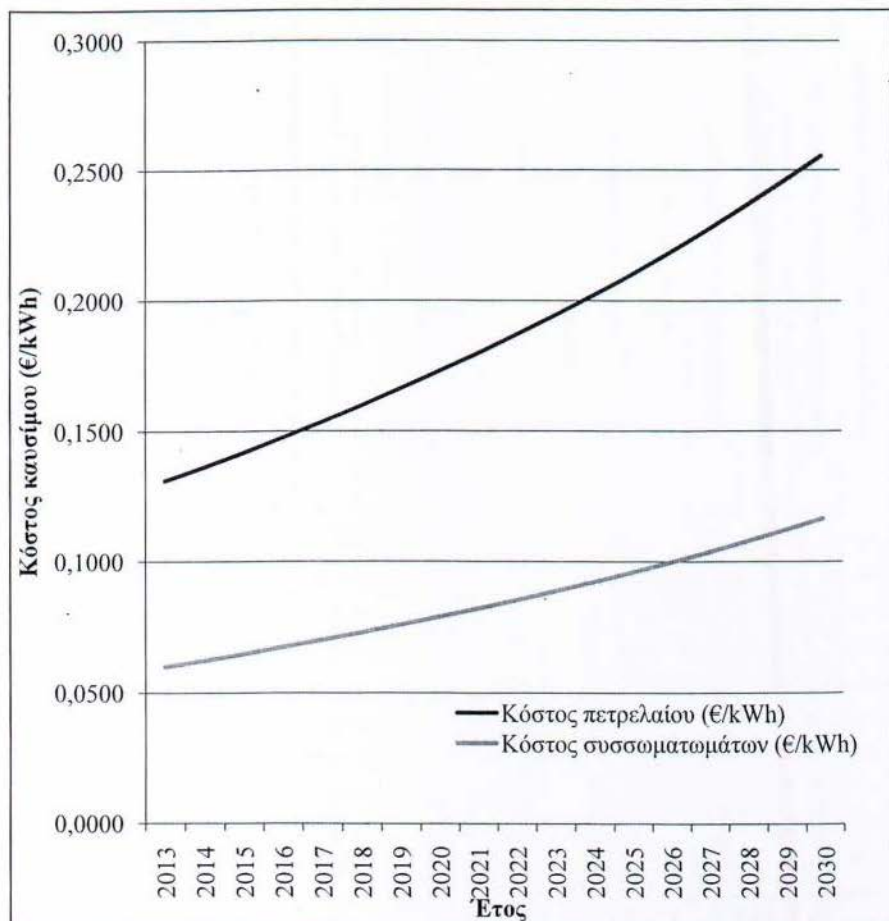
Πληθωρισμός (%)	4,0 %
Κόστος πετρελαίου (€/kWh)	0,1311
Κόστος συσσωματωμάτων ξύλου (€/kWh)	0,0599
Βαθμός απόδοσης λέβητα πετρελαίου (%)	80,0%
Βαθμός απόδοσης λέβητα συσσωματωμάτων ξύλου (%)	94,9%
Ετήσιο κόστος συντήρησης λέβητα πετρελαίου (€)	50,0 €
Ετήσιο κόστος συντήρησης λέβητα συσσωματωμάτων ξύλου (€)	100,0 €
Ετήσιες ενεργειακές ανάγκες (kWh)	9050
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)	5.300,0 €

7.3.1 Σενάριο 1^ο

Σε αυτό το σενάριο εξετάζεται η βιωσιμότητα της επένδυσης, όπου αυξάνεται το κόστος και των δύο καυσίμων (πετρέλαιο και συσσωματώματα ξύλου), όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7.7)

Πίνακας 7.7 – Κόστος πετρελαίου και συσσωματωμάτων ξύλου (Σενάριο 1^ο)

Έτος	Πληθωρισμός	Κόστος πετρελαίου (€/kWh)	Κόστος συσσωματωμάτων (€/kWh)	Ποσοστιαία εξοικονόμηση χρημάτων (%)
2013	4,00%	0,1311	0,0599	54,31%
2014	4,00%	0,1363	0,0623	54,31%
2015	4,00%	0,1418	0,0648	54,31%
2016	4,00%	0,1475	0,0674	54,31%
2017	4,00%	0,1534	0,0701	54,31%
2018	4,00%	0,1595	0,0729	54,31%
2019	4,00%	0,1659	0,0758	54,31%
2020	4,00%	0,1725	0,0788	54,31%
2021	4,00%	0,1794	0,0820	54,31%
2022	4,00%	0,1866	0,0853	54,31%
2023	4,00%	0,1941	0,0887	54,31%
2024	4,00%	0,2018	0,0922	54,31%
2025	4,00%	0,2099	0,0959	54,31%
2026	4,00%	0,2183	0,0997	54,31%
2027	4,00%	0,2270	0,1037	54,31%
2028	4,00%	0,2361	0,1079	54,31%
2029	4,00%	0,2455	0,1122	54,31%
2030	4,00%	0,2554	0,1167	54,31%



Σχήμα 7.2 - Κόστος καυσίμου € / kWh για το 1^ο σενάριο

Στον παρακάτω συγκεντρωτικό πίνακα (Πίνακας 7.8) παρουσιάζεται το τελικό κόστος θέρμανσης για κάθε ένα από τα εξεταζόμενα καύσιμα συναρτήσει των διαμορφωμένων τιμών των καυσίμων για τα επόμενα έτη, έως το 2030.

Πίνακας 7.8 – Τελικό κόστος θέρμανσης βάσει διαμορφωμένων τιμών καυσίμου (Σενάριο 1^ο)

Έτος	Πληθωρισμός (%)										Αρχικό κόστος επένδυσης (€)	Συνολική εξοικονόμηση (€)	Συνολικό όφελος (€)	Μελλοντική αξία αρχικού κόστους (€)	Συνολική εξοικονόμηση σε τρέχουσες αξίες (€)	Συνολική εξοικονόμηση σε τρέχουσες τιμές (€)	Διαφορά κόστους συντήρησης (αθροιστικά)	Έξοδα σε τρέχουσες αξίες (€)	
	Κόστος πετρελαίου (€/kWh)	Κόστος συσσωματωμάτων (€/kWh)	Βαθμός απόδοσης λέβητα πετρελαίου (%)	Βαθμός απόδοσης λέβητα συσσωματωμάτων (%)	Ετήσιο κόστος συντήρησης λέβητα πετρελαίου (€)	Ετήσιο κόστος συντήρησης λέβητα συσσωματωμάτων (€)	Ετήσιες ενεργειακές ανάγκες (kWh)	Ετήσιο κόστος θέρμανσης με λέβητα πετρελαίου (€)	Ετήσιο κόστος θέρμανσης με λέβητα συσσωματωμάτων (€)	Ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων (€)									Ποσοστιαία εξοικονόμηση χρημάτων (%)
2013	4	0,13	0,05	80	94,9	50,€	100	0	0	€	1,53	611€	802€	-1,49	5,30	-1,18	-1,18	9,€	5,20
2014	4	0,13	0,06	80	94,9	52€	101	0	0	€	1,504	608€	809€	-1,52	5,31	-1,19	-1,19	9,€	5,11
2015	4	0,14	0,06	80	94,9	54€	108	0	0	€	1,608	736€	933€	-1,60	5,72	-1,30	-1,30	10,€	5,09
2016	4	0,14	0,06	80	94,9	56€	112	0	0	€	1,731	756€	959€	-1,60	5,92	-1,30	-1,30	10,€	5,09
2017	4	0,15	0,07	80	94,9	58€	117	0	0	€	1,793	785€	1,000	-1,62	6,20	-1,32	-1,30	11,€	6,171
2018	4	0,16	0,07	80	94,9	61€	122	0	0	€	1,865	817€	1,049	-1,63	6,48	-1,32	-1,30	11,€	6,271
2019	4	0,16	0,07	80	94,9	63€	127	0	0	€	1,910	819€	1,091	-1,67	6,76	-1,35	-1,32	11,€	7,101
2020	4	0,17	0,07	80	94,9	66€	132	0	0	€	2,017	883€	1,131	-1,67	6,97	-1,35	-1,32	11,€	7,235
2021	4	0,17	0,08	80	94,9	68€	137	0	0	€	2,098	919€	1,179	-1,67	6,97	-1,35	-1,32	11,€	7,235
2022	4	0,18	0,08	80	94,9	71€	142	0	0	€	2,182	955€	1,227	-1,67	7,24	-1,36	-1,32	11,€	7,783
2023	4	0,19	0,08	80	94,9	74€	148	0	0	€	2,269	991€	1,276	-1,67	7,54	-1,36	-1,32	11,€	8,141
2024	4	0,20	0,09	80	94,9	77€	154	0	0	€	2,360	1,033	1,327	-1,67	7,85	-1,37	-1,32	11,€	8,529
2025	4	0,21	0,09	80	94,9	81€	167	0	0	€	2,454	1,075	1,385	-1,67	8,16	-1,37	-1,32	11,€	8,938
2026	4	0,23	0,09	80	94,9	86€	180	0	0	€	2,561	1,162	1,492	-1,67	8,58	-1,37	-1,32	11,€	9,299
2027	4	0,22	0,10	80	94,9	87€	173	0	0	€	2,655	1,162	1,492	-1,67	8,58	-1,37	-1,32	11,€	9,47
2028	4	0,24	0,10	80	94,9	90€	180	0	0	€	2,761	1,209	1,552	-1,67	8,96	-1,37	-1,32	11,€	9,8
2029	4	0,24	0,11	80	94,9	94€	187	0	0	€	2,871	1,257	1,614	-1,67	9,37	-1,37	-1,32	11,€	10,1
2030	4	0,25	0,11	80	94,9	97€	195	0	0	€	2,986	1,307	1,679	-1,67	9,82	-1,37	-1,32	11,€	10,6

€ 380

Υπολογισμοί Πίνακα 7.8

Για την διευκόλυνση των υπολογισμών θέτω:

A: Έτος

B: Πληθωρισμός (%)

C: Κόστος πετρελαίου (€/kWh)

D: Κόστος συσσωματωμάτων (€/kWh)

E: Βαθμός απόδοσης λέβητα πετρελαίου (%)

F: Βαθμός απόδοσης λέβητα συσσωματωμάτων (%)

G: Ετήσιο κόστος συντήρησης λέβητα πετρελαίου (€)

H: Ετήσιο κόστος συντήρησης λέβητα συσσωματωμάτων (€)

I: Ετήσιες ενεργειακές ανάγκες (kWh)

J: Ετήσιο κόστος θέρμανσης με λέβητα πετρελαίου (€)

K: Ετήσιο κόστος θέρμανσης με λέβητα συσσωματωμάτων (€)

L: Ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων (€)

M: Ποσοστιαία εξοικονόμηση χρημάτων (%)

N: Αρχικό κόστος επένδυσης (€)

O: Συνολική εξοικονόμηση (€)

P: Συνολικό όφελος (€)

Q: Μελλοντική αξία αρχικού κόστους (€)

R: Συνολική εξοικονόμηση σε τρέχουσες αξίες (€)

S: Συνολική εξοικονόμηση σε τρέχουσες τιμές (€)

T: Διαφορά κόστους συντήρησης (αθροιστικά) (€)

U: Έξοδα σε τρέχουσες αξίες (€)

Κόστος πετρελαίου (€)

$$C_A = C_{A-1} * (1 + B_A)$$

Κόστος συσσωματωμάτων (€)

$$D_A = D_{A-1} * (1 + B_A)$$

Βαθμός απόδοσης λέβητα πετρελαίου (%)

Δεδομένο.

Βαθμός απόδοσης λέβητα συσσωματωμάτων (%)

Δεδομένο.

Ετήσιο κόστος συντήρησης λέβητα πετρελαίου (€)

$$G_A = G_{A-1} * (1 + B_A)$$

Ετήσιο κόστος συντήρησης λέβητα συσσωματωμάτων (€)

$$H_A = H_{A-1} * (1 + B_A)$$

Ετήσιες ενεργειακές ανάγκες (kWh)

Δεδομένο σύμφωνα με την μελέτη που έχει προηγηθεί.

Ετήσιο κόστος θέρμανσης με λέβητα πετρελαίου (€)

$$J_A = (I * C_A / E) + G_A$$

Ετήσιο κόστος θέρμανσης με λέβητα συσσωματωμάτων (€)

$$K_A = (I * D_A / F) + H_A$$

Ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων (€)

$$L_A = J_A - K_A$$

Ποσοστιαία εξοικονόμηση χρημάτων (%)

$$M_A = 1 - (K_A / J_A)$$

Αρχικό κόστος επένδυσης (€)

Δεδομένο.

Συνολική εξοικονόμηση (€)

$$O_A = O_{A-1} + L_A$$

Συνολικό όφελος (€)

$$P_A = O_A - N$$

Μελλοντική αξία αρχικού κόστους (€)

$$Q_A = Q_{A-1} * (1 + B_A)$$

Συνολική εξοικονόμηση σε μελλοντικές αξίες (€)

$$R_A = O_A - Q_A$$

Συνολική εξοικονόμηση σε τρέχουσες τιμές (€)

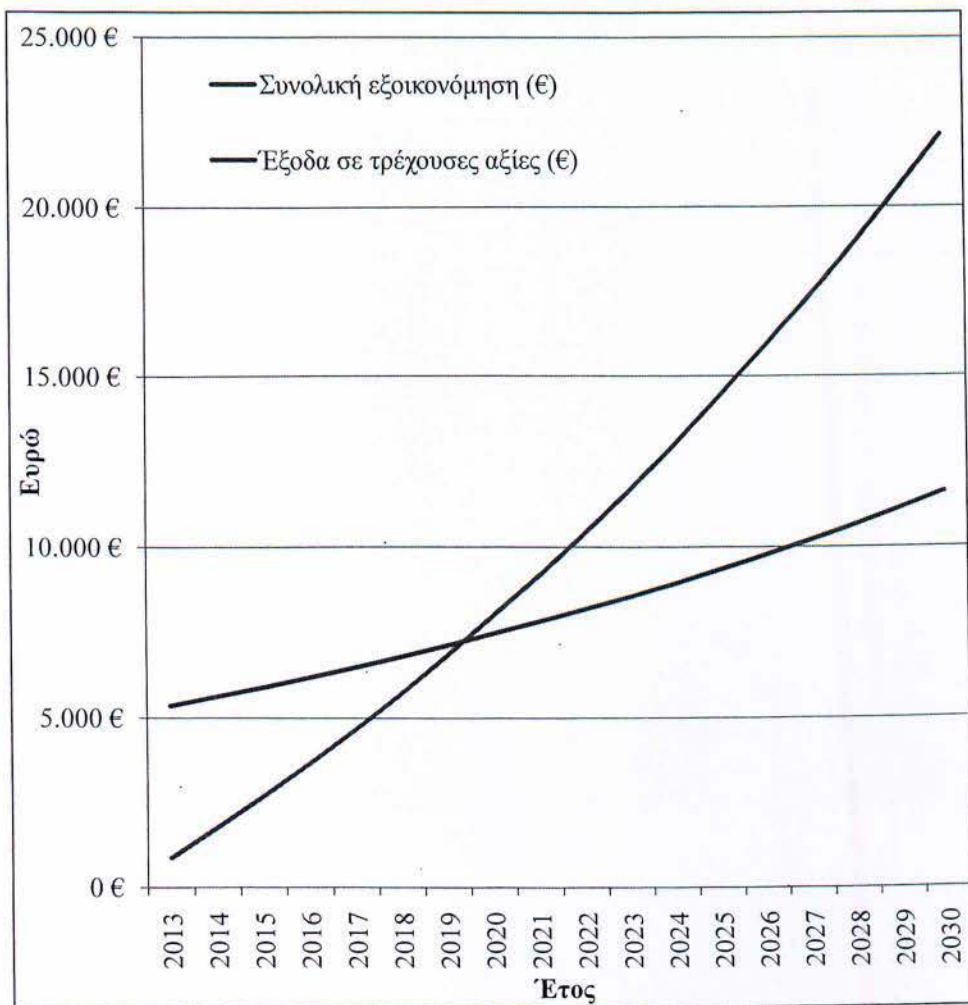
$$S_A = R_A / (1 + B_A)^{17}$$

Διαφορά κόστους συντήρησης (αθροιστικά) (€)

$$H_A - G_A + T_{A-1}$$

Έξοδα σε τρέχουσες αξίες (€)

$$Q_A + T_A$$



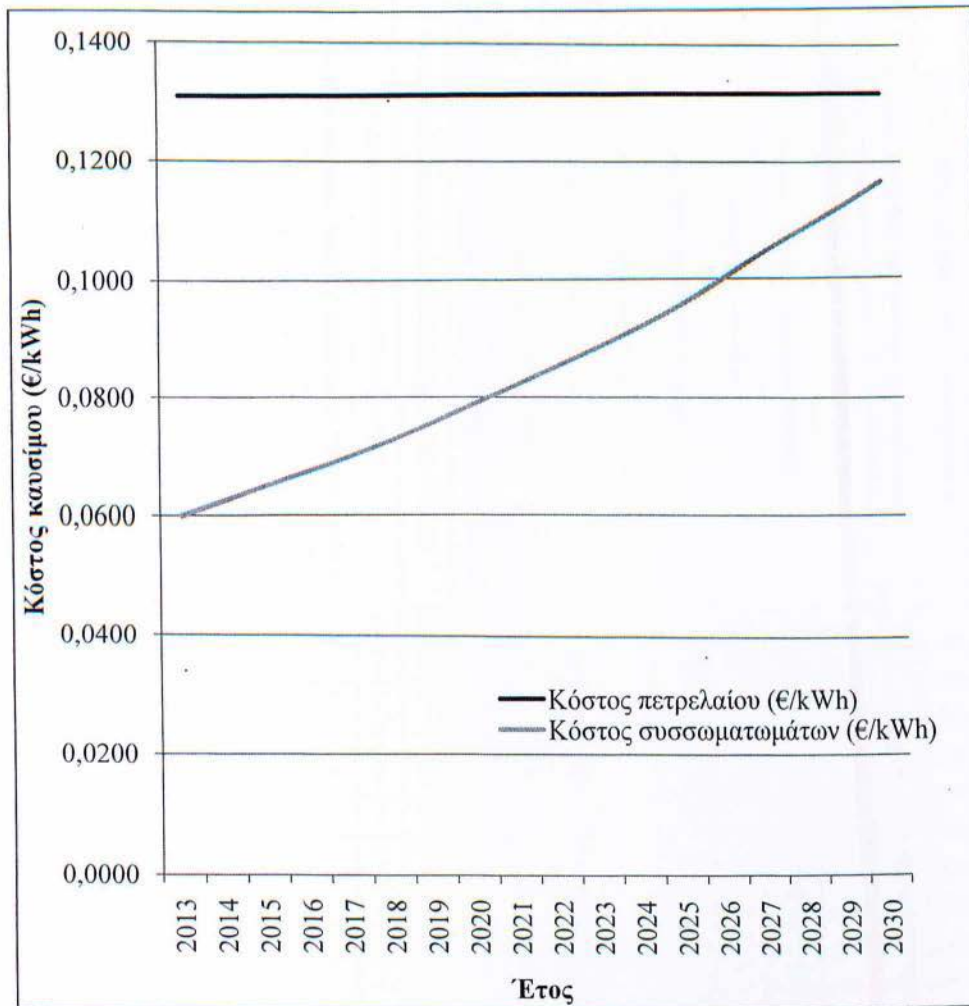
Σχήμα 7.3 - Νεκρό Σημείο για το 1^ο σενάριο

7.3.2 Σενάριο 2^ο

Σε αυτό το σενάριο εξετάζεται η βιωσιμότητα της επένδυσης, όπου το κόστος πετρελαίου παραμένει σταθερό, ενώ το κόστος των συσσωματωμάτων ξύλου αυξάνεται όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7.9)

Πίνακας 7.9 - Κόστος πετρελαίου και συσσωματωμάτων ξύλου (Σενάριο 2^ο)

Έτος	Πληθωρισμός	Κόστος πετρελαίου (€/kWh)	Κόστος συσσωματωμάτων (€/kWh)	Ποσοστιαία εξοικονόμηση χρημάτων (%)
2013	4,00%	0,1311	0,0599	54,31%
2014	4,00%	0,1311	0,0623	52,48%
2015	4,00%	0,1311	0,0648	50,58%
2016	4,00%	0,1311	0,0674	48,60%
2017	4,00%	0,1311	0,0701	46,55%
2018	4,00%	0,1311	0,0729	44,41%
2019	4,00%	0,1311	0,0758	42,19%
2020	4,00%	0,1311	0,0788	39,87%
2021	4,00%	0,1311	0,0820	37,47%
2022	4,00%	0,1311	0,0853	34,97%
2023	4,00%	0,1311	0,0887	32,37%
2024	4,00%	0,1311	0,0922	29,66%
2025	4,00%	0,1311	0,0959	26,85%
2026	4,00%	0,1311	0,0997	23,92%
2027	4,00%	0,1311	0,1037	20,88%
2028	4,00%	0,1311	0,1079	17,71%
2029	4,00%	0,1311	0,1122	14,42%
2030	4,00%	0,1311	0,1167	11,00%



Σχήμα 7.4 - Κόστος καυσίμου € / kWh για το 2^ο σενάριο

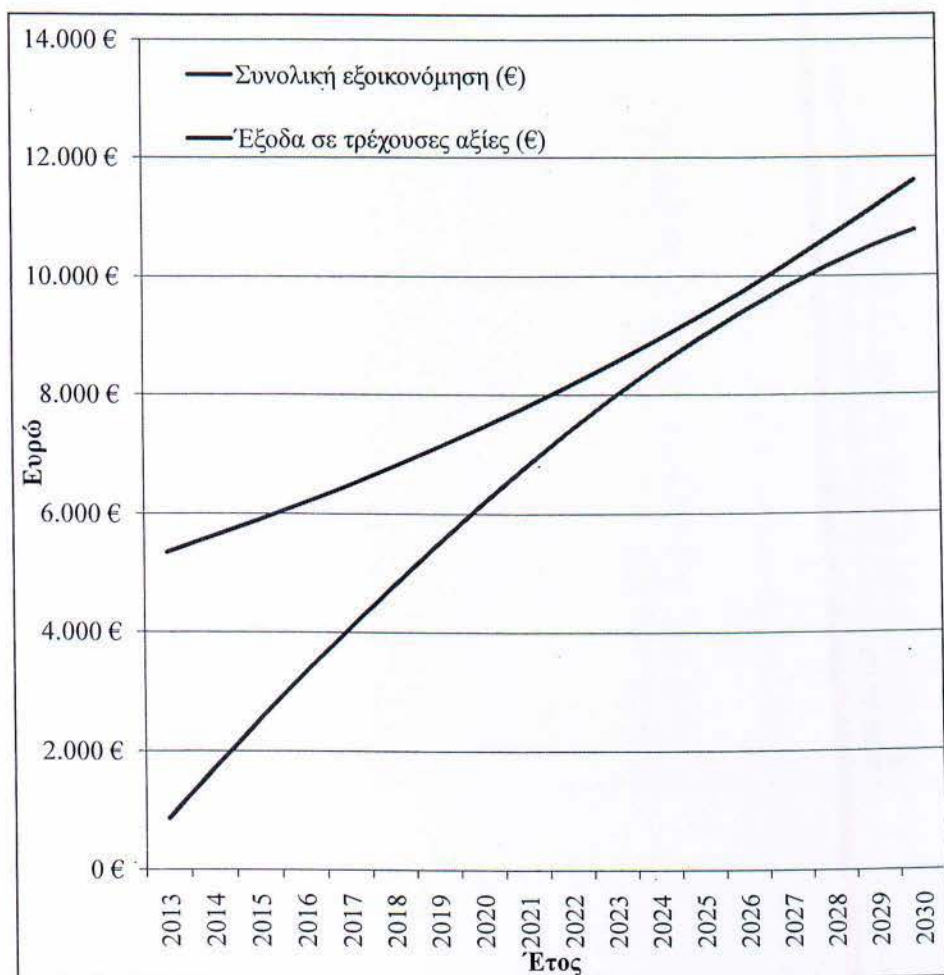
Στον παρακάτω συγκεντρωτικό πίνακα (Πίνακας 7.10) παρουσιάζεται το τελικό κόστος θέρμανσης για κάθε ένα από τα εξεταζόμενα καύσιμα συναρτήσει των διαμορφωμένων τιμών των καυσίμων για τα επόμενα έτη, έως το 2030.

Πίνακας 7.10 - Τελικό κόστος θέρμανσης βάσει διαμορφωμένων τιμών καυσίμων (Σενάριο 2^ο)

Έτος	Πληθωρισμός (%)	Κόστος πετρελαίου (€/kWh)	Κόστος συσσωματωμάτων (€/kWh)	Βαθμός απόδοσης λέβητα πετρελαίου (%)	Βαθμός απόδοσης λέβητα συσσωματωμάτων (%)	Ετησιο κόστος συντήρησης λέβητα πετρελαίου (€)	Ετησιο κόστος συντήρησης λέβητα συσσωματωμάτων (€)	Ετησίες ενεργειακές ανάγκες (kWh)	Ετήσιο κόστος θέρμανσης με λέβητα πετρελαίου (€)	Ετήσιο κόστος θέρμανσης με λέβητα συσσωματωμάτων (€)	Ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων (€)	Ποσοστιαία εξοικονόμηση χρημάτων (%)	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)	Συνολική εξοικονόμηση (€)	Συνολικό όφελος (€)	Μελλοντική αξία αρχικού κόστους (€)	Συνολική εξοικονόμηση σε τρέχουσες αξίες (€)	Συνολική εξοικονόμηση σε τρέχουσες τιμές (€)	Διαφορά κόστους συντήρησης (αθροιστικά)	Έξοδα σε τρέχουσες αξίες (€)
201	4%	0,11	0,05	80	94,9	90 €	100 €	905	€	1.531	862	66,22	€	803 €	-1.438	5.300	-1.438	-1.438	90 €	5.390
201	4%	0,11	0,06	80	94,9	91 €	104	905	1.535	698 €	837	84,92	€	1.039	-1.601	5.312	-1.613	-1.607	102 €	5.014
201	4%	0,13	2,3	80	94,9	51 €	51 €	905	1.537	698 €	811	52,77	€	2.210	-2.790	5.322	-3.222	-2.779	15 €	5.889
201	4%	0,13	0,06	80	94,9	51 €	108	905	1.537	738 €	811	52,77	€	1.294	-2.906	5.382	-2.668	-2.171	15 €	6.172
201	4%	0,13	0,06	80	94,9	54 €	112	905	1.539	755 €	784	50,95	€	1.491	-1.249	6.290	-2.150	-1.808	21 €	6.786
201	4%	0,13	0,07	80	94,9	58 €	117	905	1.542	785 €	756	60,96	€	1.651	-1.129	6.396	-1.808	-1.373	21 €	7.101
201	4%	0,13	0,07	80	94,9	61 €	122	905	1.544	817 €	727	67,30	€	1.778	-1.012	6.494	-1.494	-1.012	35 €	7.495
201	4%	0,13	0,07	80	94,9	63 €	127	905	1.546	849 €	697	62,08	€	1.878	-912	6.592	-1.190	-912	35 €	7.891
201	4%	0,13	0,07	80	94,9	66 €	132	905	1.549	881 €	666	66,42	€	1.978	-812	6.690	-912	-812	35 €	8.286
201	4%	0,13	0,07	80	94,9	68 €	137	905	1.551	914 €	633	60,79	€	2.078	-712	6.788	-812	-712	35 €	8.681
201	4%	0,13	0,08	80	94,9	71 €	142	905	1.554	958 €	599	58,53	€	2.178	-612	6.886	-612	-612	35 €	9.076
201	4%	0,13	0,08	80	94,9	74 €	148	905	1.557	994 €	564	56,19	€	2.278	-512	6.984	-512	-512	35 €	9.471
201	4%	0,13	0,09	80	94,9	77 €	154	905	1.560	1.031	527	53,76	€	2.378	-412	7.082	-412	-412	35 €	9.866
201	4%	0,13	0,09	80	94,9	80 €	160	905	1.563	1.075	488	51,25	€	2.478	-312	7.180	-312	-312	35 €	10.261
201	4%	0,13	0,09	80	94,9	83 €	167	905	1.566	1.118	449	49,75	€	2.578	-212	7.278	-212	-212	35 €	10.656
201	4%	0,13	0,10	80	94,9	87 €	173	905	1.570	1.162	407	47,25	€	2.678	-112	7.376	-112	-112	35 €	11.051
201	4%	0,13	0,10	80	94,9	90 €	180	905	1.573	1.206	364	44,74	€	2.778	-12	7.474	-12	-12	35 €	11.446
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	94 €	187	905	1.577	1.250	320	42,23	€	2.878	98	7.572	98	98	35 €	11.841
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	97 €	194	905	1.580	1.294	275	40,72	€	2.978	198	7.670	198	198	35 €	12.236
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	100 €	202	905	1.584	1.338	230	39,21	€	3.078	298	7.768	298	298	35 €	12.631
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	104 €	209	905	1.588	1.382	185	37,70	€	3.178	398	7.866	398	398	35 €	13.026
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	108 €	216	905	1.592	1.426	140	36,19	€	3.278	498	7.964	498	498	35 €	13.421
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	112 €	224	905	1.596	1.470	95	34,68	€	3.378	598	8.062	598	598	35 €	13.816
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	116 €	231	905	1.600	1.514	50	33,17	€	3.478	698	8.160	698	698	35 €	14.211
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	120 €	239	905	1.604	1.558	5	31,66	€	3.578	798	8.258	798	798	35 €	14.606
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	124 €	247	905	1.608	1.602	0	30,15	€	3.678	898	8.356	898	898	35 €	15.001
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	128 €	254	905	1.612	1.646	0	28,64	€	3.778	998	8.454	998	998	35 €	15.396
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	132 €	262	905	1.616	1.690	0	27,13	€	3.878	1.098	8.552	1.098	1.098	35 €	15.791
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	136 €	270	905	1.620	1.734	0	25,62	€	3.978	1.198	8.650	1.198	1.198	35 €	16.186
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	140 €	278	905	1.624	1.778	0	24,11	€	4.078	1.298	8.748	1.298	1.298	35 €	16.581
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	144 €	286	905	1.628	1.822	0	22,60	€	4.178	1.398	8.846	1.398	1.398	35 €	16.976
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	148 €	294	905	1.632	1.866	0	21,09	€	4.278	1.498	8.944	1.498	1.498	35 €	17.371
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	152 €	302	905	1.636	1.910	0	19,58	€	4.378	1.598	9.042	1.598	1.598	35 €	17.766
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	156 €	310	905	1.640	1.954	0	18,07	€	4.478	1.698	9.140	1.698	1.698	35 €	18.161
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	160 €	318	905	1.644	2.000	0	16,56	€	4.578	1.798	9.238	1.798	1.798	35 €	18.556
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	164 €	326	905	1.648	2.044	0	15,05	€	4.678	1.898	9.336	1.898	1.898	35 €	18.951
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	168 €	334	905	1.652	2.088	0	13,54	€	4.778	1.998	9.434	1.998	1.998	35 €	19.346
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	172 €	342	905	1.656	2.132	0	12,03	€	4.878	2.098	9.532	2.098	2.098	35 €	19.741
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	176 €	350	905	1.660	2.176	0	10,52	€	4.978	2.198	9.630	2.198	2.198	35 €	20.136
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	180 €	358	905	1.664	2.220	0	9,01	€	5.078	2.298	9.728	2.298	2.298	35 €	20.531
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	184 €	366	905	1.668	2.264	0	7,50	€	5.178	2.398	9.826	2.398	2.398	35 €	20.926
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	188 €	374	905	1.672	2.308	0	5,99	€	5.278	2.498	9.924	2.498	2.498	35 €	21.321
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	192 €	382	905	1.676	2.352	0	4,48	€	5.378	2.598	10.022	2.598	2.598	35 €	21.716
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	196 €	390	905	1.680	2.396	0	2,97	€	5.478	2.698	10.120	2.698	2.698	35 €	22.111
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	200 €	398	905	1.684	2.440	0	1,46	€	5.578	2.798	10.218	2.798	2.798	35 €	22.506
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	204 €	406	905	1.688	2.484	0	0,95	€	5.678	2.898	10.316	2.898	2.898	35 €	22.901
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	208 €	414	905	1.692	2.528	0	0,44	€	5.778	2.998	10.414	2.998	2.998	35 €	23.296
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	212 €	422	905	1.696	2.572	0	0,93	€	5.878	3.098	10.512	3.098	3.098	35 €	23.691
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	216 €	430	905	1.700	2.616	0	0,42	€	5.978	3.198	10.610	3.198	3.198	35 €	24.086
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	220 €	438	905	1.704	2.660	0	0,91	€	6.078	3.298	10.708	3.298	3.298	35 €	24.481
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	224 €	446	905	1.708	2.704	0	0,40	€	6.178	3.398	10.806	3.398	3.398	35 €	24.876
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	228 €	454	905	1.712	2.748	0	0,89	€	6.278	3.498	10.904	3.498	3.498	35 €	25.271
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	232 €	462	905	1.716	2.792	0	0,38	€	6.378	3.598	11.002	3.598	3.598	35 €	25.666
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	236 €	470	905	1.720	2.836	0	0,87	€	6.478	3.698	11.100	3.698	3.698	35 €	26.061
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	240 €	478	905	1.724	2.880	0	0,36	€	6.578	3.798	11.198	3.798	3.798	35 €	26.456
201	4%	0,13	0,11	80	94,9	244 €	486	905												

Υπολογισμοί Πίνακα 7.10

Όμοια με τον Πίνακα 7.8



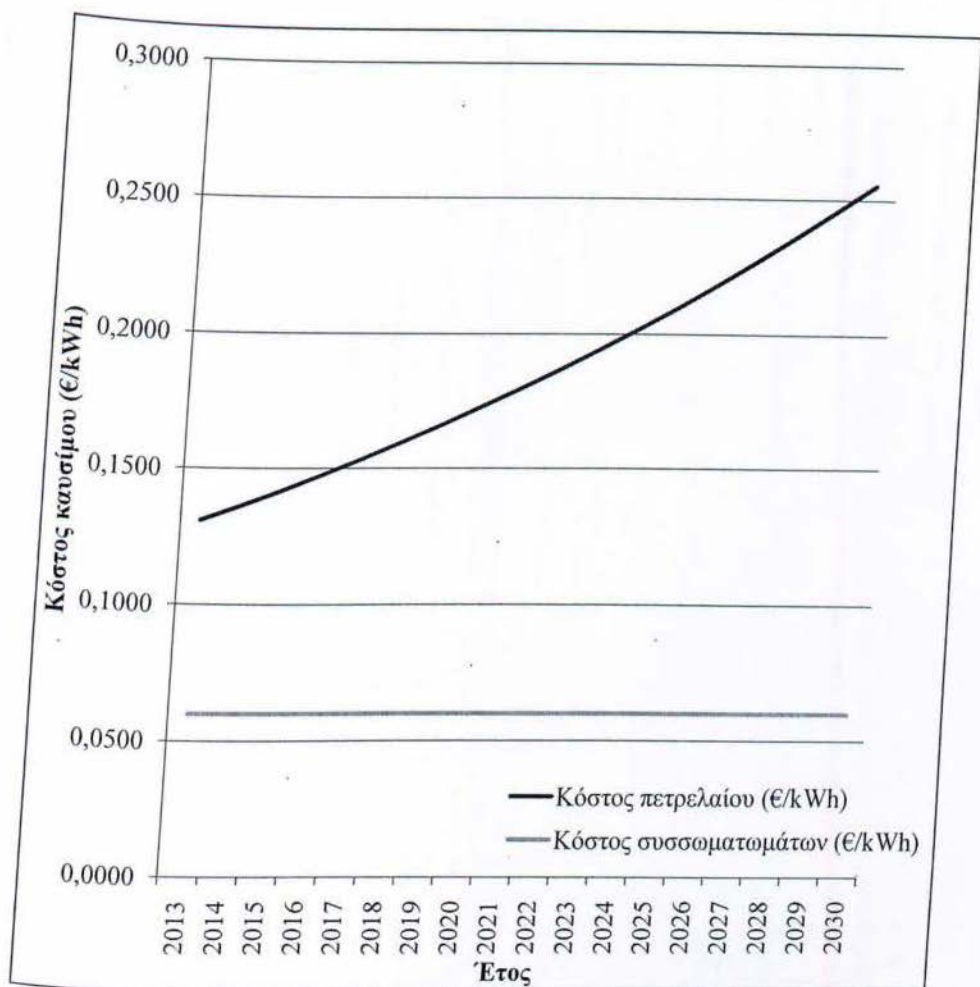
Σχήμα 7.5 – Νεκρό Σημείο για το 2^ο σενάριο

7.3.3 Σενάριο 3^ο

Σε αυτό το σενάριο εξετάζεται η βιωσιμότητα της επένδυσης, όπου το κόστος των συσσωματωμάτων ξύλου παραμένει σταθερό, ενώ το κόστος του πετρελαίου αυξάνεται όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7.11)

Πίνακας 7.11 - Κόστος πετρελαίου και συσσωματωμάτων ξύλου(Σενάριο 3^ο)

Έτος	Πληθωρισμός	Κόστος πετρελαίου (€/kWh)	Κόστος συσσωματωμάτων (€/kWh)	Ποσοστιαία εξοικονόμηση χρημάτων (%)
2013	4,00%	0,1311	0,0599	54,31%
2014	4,00%	0,1363	0,0599	56,07%
2015	4,00%	0,1418	0,0599	57,76%
2016	4,00%	0,1475	0,0599	59,38%
2017	4,00%	0,1534	0,0599	60,94%
2018	4,00%	0,1595	0,0599	62,45%
2019	4,00%	0,1659	0,0599	63,89%
2020	4,00%	0,1725	0,0599	65,28%
2021	4,00%	0,1794	0,0599	66,61%
2022	4,00%	0,1866	0,0599	67,90%
2023	4,00%	0,1941	0,0599	69,13%
2024	4,00%	0,2018	0,0599	70,32%
2025	4,00%	0,2099	0,0599	71,46%
2026	4,00%	0,2183	0,0599	72,56%
2027	4,00%	0,2270	0,0599	73,61%
2028	4,00%	0,2361	0,0599	74,63%
2029	4,00%	0,2455	0,0599	75,61%
2030	4,00%	0,2554	0,0599	76,54%



Σχήμα 7.6 - Κόστος καυσίμων € / kWh για το 3^ο σενάριο

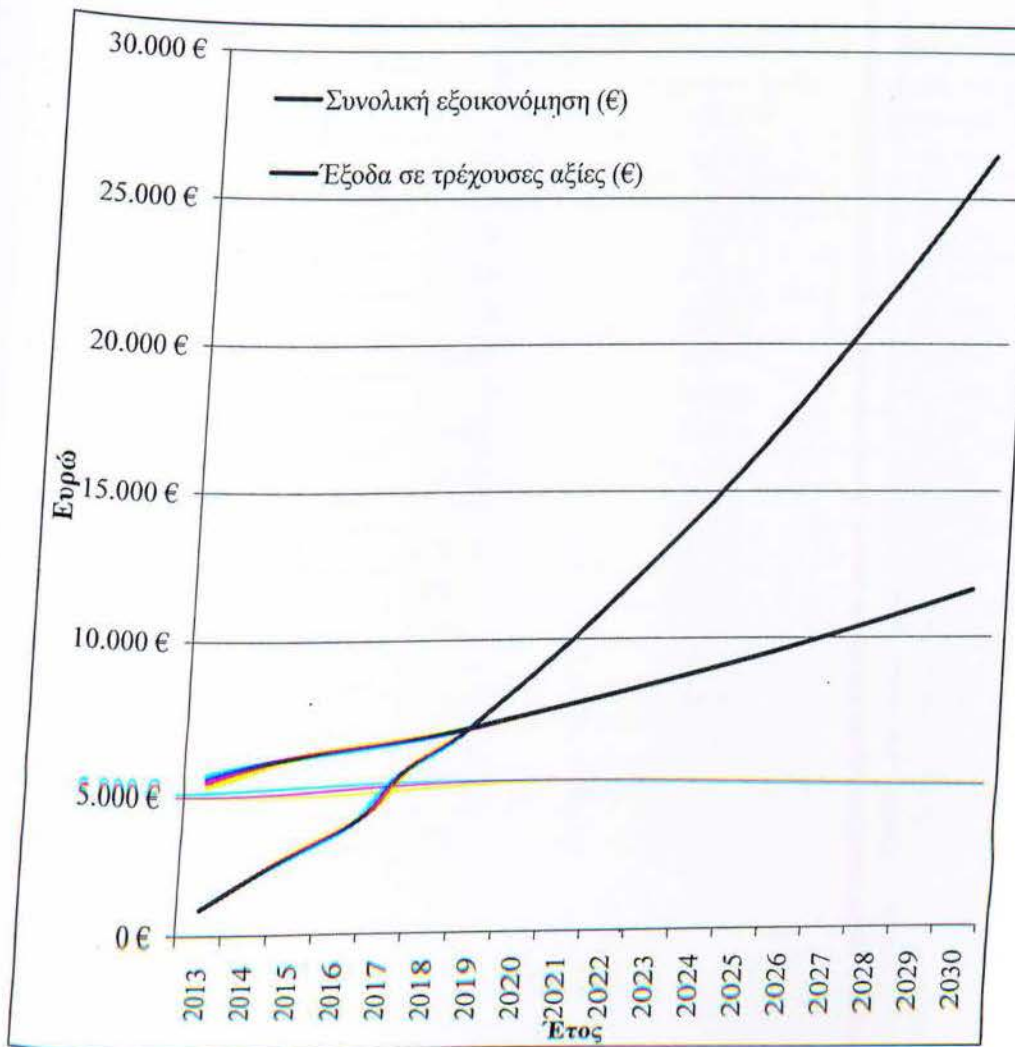
Στον παρακάτω συγκεντρωτικό πίνακα (Πίνακας 7.12) παρουσιάζεται το τελικό κόστος θέρμανσης για κάθε ένα από τα εξεταζόμενα καύσιμα συναρτήσει των διαμορφωμένων τιμών των καυσίμων για τα επόμενα έτη, έως το 2030.

Πίνακας 7.12 - Τελικό κόστος θέρμανσης βάσει διαμορφωμένων τιμών καυσίμου (Σενάριο 3^ο)

Έτος	Πληθωρισμός (%)	Κόστος πετρελαίου (€/kWh)	Κόστος συσσωματωμάτων (€/kWh)	Βαθμός απόδοσης λέβηθα πετρελαίου (%)	Βαθμός απόδοσης λέβηθα συσσωματωμάτων (%)	Ετήσιο κόστος συντήρησης λέβηθα πετρελαίου (€)	Ετήσιο κόστος συντήρησης λέβηθα συσσωματωμάτων (€)	Ετήσιες ενεργειακές ανάγκες (kWh)	Ετήσιο κόστος θέρμανσης με λέβηθα πετρελαίου (€)	Ετήσιο κόστος θέρμανσης με λέβηθα συσσωματωμάτων (€)	Ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων (€)	Ποσοστία εξοικονόμηση χρημάτων (%)	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)	Συνολική εξοικονόμηση (€)	Συνολικό όφελος (€)	Μελλοντική αξία αρχικού κόστους (€)	Συνολική εξοικονόμηση σε τρέχουσες αξίες (€)	Συνολική εξοικονόμηση σε τρέχουσες τιμές (€)	Διαφορά κόστους συντήρησης (αθροιστικά)	Έξοδα σε τρέχουσες αξίες (€)
2013	4%	0,13 11	0,05 99	80 %	94,9 %	50 €	100 €	905 0	1.533 €	671 €	862 €	56,22 %		862 €	-4.438 €	5.300 €	-4.438 €	-4.438 €	50 €	5.350 €
2014	4%	0,13 6,8	0,05 99	80 %	94,9 %	52 €	104 €	905 0	1.594 €	675 €	919 €	57,65 %		1.781 €	-3.519 €	5.512 €	-3.731 €	-3.587 €	102 €	5.614 €
2015	4%	0,14 18	0,05 99	80 %	94,9 %	54 €	108 €	905 0	1.658 €	679 €	979 €	59,03 %		2.760 €	-2.540 €	5.732 €	-2.973 €	-2.748 €	156 €	5.889 €
2016	4%	0,14 75	0,05 99	80 %	94,9 %	56 €	112 €	905 0	1.724 €	684 €	1.041 €	60,35 %		3.801 €	-1.499 €	5.962 €	-2.161 €	-1.921 €	212 €	6.174 €
2017	4%	0,15 34	0,05 99	80 %	94,9 %	58 €	117 €	905 0	1.793 €	688 €	1.105 €	61,63 %		4.906 €	-394 €	6.200 €	-1.294 €	-1.106 €	271 €	6.471 €
2018	4%	0,15 95	0,05 99	80 %	94,9 %	61 €	122 €	905 0	1.865 €	693 €	1.172 €	62,85 %		6.078 €	778 €	6.448 €	-370 €	-304 €	332 €	6.780 €
2019	4%	0,16 59	0,05 99	80 %	94,9 %	63 €	127 €	905 0	1.940 €	698 €	1.242 €	64,03 %		7.320 €	2.020 €	6.706 €	614 €	485 €	395 €	7.101 €
2020	4%	0,17 25	0,05 99	80 %	94,9 %	66 €	132 €	905 0	2.017 €	703 €	1.315 €	65,16 %		8.635 €	3.335 €	6.974 €	1.660 €	1.262 €	461 €	7.435 €
2021	4%	0,17 94	0,05 99	80 %	94,9 %	68 €	137 €	905 0	2.098 €	708 €	1.390 €	66,25 %		10.02 5€	4.725 €	7.253 €	2.771 €	2.025 €	529 €	7.783 €
2022	4%	0,18 66	0,05 99	80 %	94,9 %	71 €	142 €	905 0	2.182 €	714 €	1.468 €	67,30 %		11.49 3€	6.193 €	7.544 €	3.950 €	2.775 €	600 €	8.144 €
2023	4%	0,19 41	0,05 99	80 %	94,9 %	74 €	148 €	905 0	2.269 €	719 €	1.550 €	68,31 %		13.04 3€	7.743 €	7.845 €	5.198 €	3.512 €	674 €	8.520 €
2024	4%	0,20 18	0,05 99	80 %	94,9 %	77 €	154 €	905 0	2.360 €	725 €	1.635 €	69,27 %		14.67 8€	9.378 €	8.159 €	6.519 €	4.235 €	751 €	8.910 €
2025	4%	0,20 99	0,05 99	80 %	94,9 %	80 €	160 €	905 0	2.454 €	731 €	1.723 €	70,20 %		16.40 1€	11.10 1€	8.485 €	7.916 €	4.914 €	831 €	9.317 €
2026	4%	0,21 83	0,05 99	80 %	94,9 %	83 €	167 €	905 0	2.553 €	738 €	1.815 €	71,10 %		18.21 6€	12.91 6€	8.825 €	9.391 €	5.640 €	915 €	9.739 €
2027	4%	0,22 70	0,05 99	80 %	94,9 %	87 €	173 €	905 0	2.655 €	744 €	1.910 €	71,96 %		20.12 7€	14.82 7€	9.178 €	10.94 9€	6.323 €	1.001 €	10.17 9€
2028	4%	0,23 61	0,05 99	80 %	94,9 %	90 €	180 €	905 0	2.761 €	751 €	2.010 €	72,79 %		22.13 6€	16.83 6€	9.545 €	12.59 1€	6.992 €	1.091 €	10.63 6€
2029	4%	0,24 55	0,05 99	80 %	94,9 %	94 €	187 €	905 0	2.871 €	759 €	2.113 €	73,58 %		24.24 9€	18.94 9€	9.927 €	14.32 2€	7.647 €	1.185 €	11.11 2€
2030	4%	0,25 54	0,05 99	80 %	94,9 %	97 €	195 €	905 0	2.986 €	766 €	2.220 €	74,35 %		26.47 0€	21.17 0€	10.32 4€	16.14 6€	8.209 €	1.282 €	11.60 6€

Υπολογισμοί Πίνακα 7.12

Όμοια με τον Πίνακα 7.8



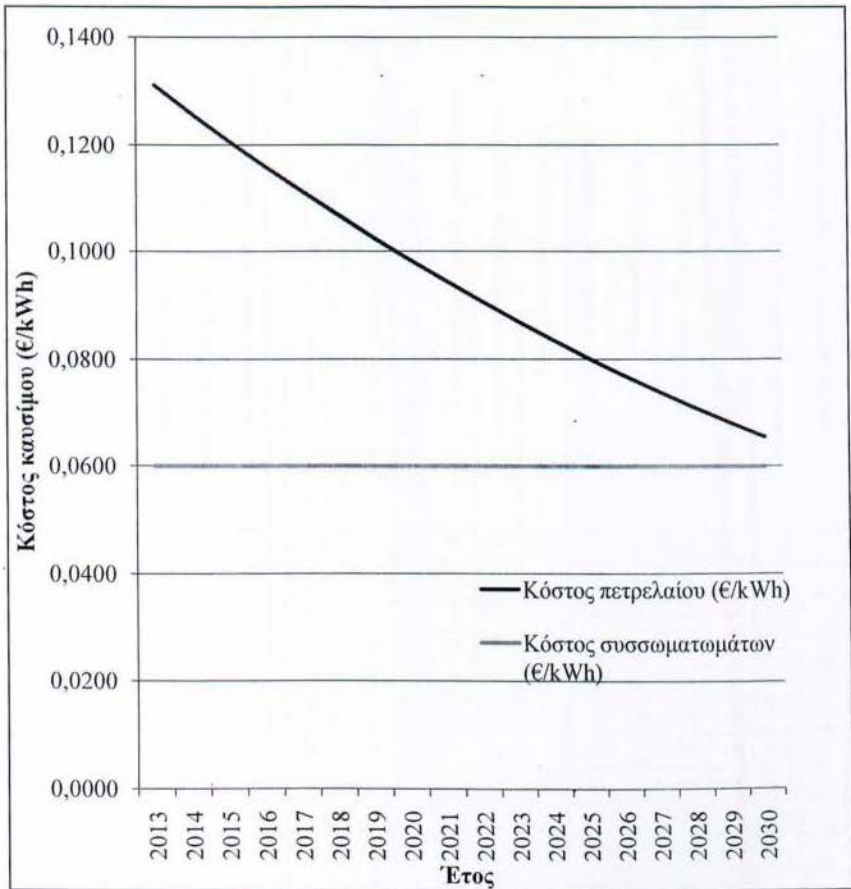
Σχήμα 7.7 – Νεκρό Σημείο για το 3^ο σενάριο

7.3.4 Σενάριο 4^ο

Σε αυτό το σενάριο εξετάζεται η βιωσιμότητα της επένδυσης, όπου το κόστος των συσσωματωμάτων ξύλου παραμένει σταθερό, ενώ το κόστος του πετρελαίου μειώνεται σταθερά όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7.13)

Πίνακας 7.13 - Κόστος πετρελαίου και συσσωματωμάτων ξύλου(Σενάριο 4^ο)

Έτος	Πληθωρισμός	Κόστος πετρελαίου (€/kWh)	Κόστος συσσωματωμάτων (€/kWh)	Ποσοστιαία εξοικονόμηση χρημάτων (%)
			0,0599	54,31%
2013	4,00%	0,1311	0,0599	52,41%
2014	4,00%	0,1259	0,0599	50,42%
2015	4,00%	0,1208	0,0599	48,36%
2016	4,00%	0,1160	0,0599	46,21%
2017	4,00%	0,1113	0,0599	43,96%
2018	4,00%	0,1069	0,0599	41,63%
2019	4,00%	0,1026	0,0599	39,20%
2020	4,00%	0,0985	0,0599	36,66%
2021	4,00%	0,0946	0,0599	34,02%
2022	4,00%	0,0908	0,0599	31,28%
2023	4,00%	0,0872	0,0599	28,41%
2024	4,00%	0,0837	0,0599	25,43%
2025	4,00%	0,0803	0,0599	22,32%
2026	4,00%	0,0771	0,0599	19,09%
2027	4,00%	0,0740	0,0599	15,71%
2028	4,00%	0,0711	0,0599	12,20%
2029	4,00%	0,0682	0,0599	8,54%
2030	4,00%	0,0655	0,0599	



Σχήμα 7.8 – Κόστος καυσίμου € / kWh για το 4^ο σενάριο

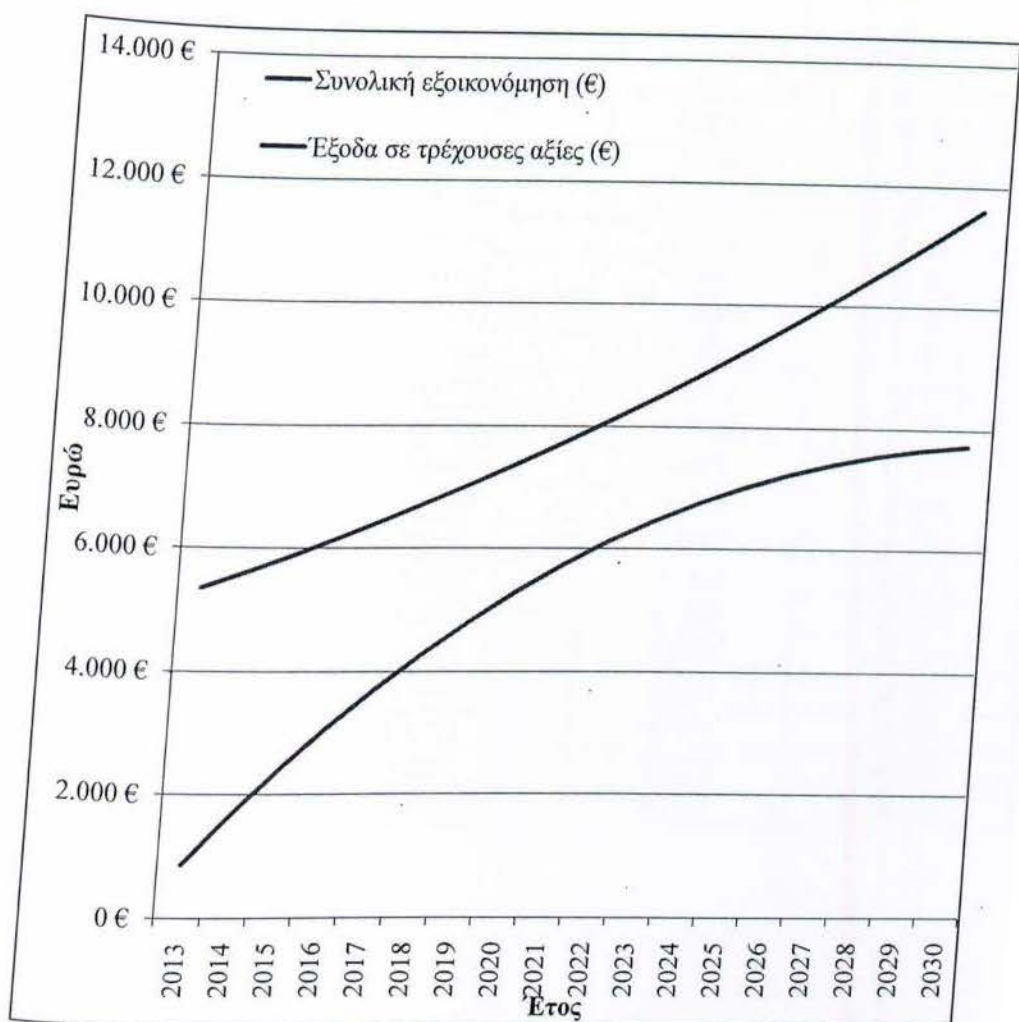
Στον παρακάτω συγκεντρωτικό πίνακα (Πίνακας 7.14) παρουσιάζεται το τελικό κόστος θέρμανσης για κάθε ένα από τα εξεταζόμενα καύσιμα συναρτήσει των διαμορφωμένων τιμών των καυσίμων για τα επόμενα έτη, έως το 2030.

Πίνακας 7.14 - Τελικό κόστος θέρμανσης βάσει διαμορφωμένων τιμών καυσίμου (Σενάριο 4^ο)

Έτος	Πληθωρισμός (%)	Κόστος πετρελαίου (€/kWh)	Κόστος συσσωματωμάτων (€/kWh)	Βαθμός απόδοσης λέβητα πετρελαίου (%)	Βαθμός απόδοσης λέβητα συσσωματωμάτων (%)	Ετήσιο κόστος συντήρησης λέβητα πετρελαίου (€)	Ετήσιο κόστος συντήρησης λέβητα συσσωματωμάτων (€)	Ετήσιες ενεργειακές ανάγκες (kWh)	Ετήσιο κόστος θέρμανσης με λέβητα πετρελαίου (€)	Ετήσιο κόστος θέρμανσης με λέβητα συσσωματωμάτων (€)	Ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων (€)	Ποσοστιαία εξοικονόμηση χρημάτων (%)	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)	Συνολική εξοικονόμηση (€)	Συνολικό όφελος (€)	Μελλοντική αξία αρχικού κόστους (€)	Συνολική εξοικονόμηση σε τρέχουσες αξίες (€)	Συνολική εξοικονόμηση σε τρέχουσες τιμές (€)	Διαφορά κόστους συντήρησης (αθροιστικά)	Έξοδα σε τρέχουσες αξίες (€)
2013	4%	0,13 11	0,05 99	80 %	94,9 %	50 €	108 €	905 €	1.533 €	671 €	862 €	56,22 %		862 €	-4.438 €	5.300 €	-4.438 €	-4.438 €	50 €	5.350 €
2014	4%	0,12 59	0,05 99	80 %	94,9 %	52 €	104 €	905 €	1.476 €	675 €	801 €	54,24 %		1.662 €	-3.638 €	5.512 €	-3.850 €	-3.702 €	102 €	5.614 €
2015	4%	0,12 08	0,05 99	80 %	94,9 %	54 €	108 €	905 €	1.421 €	679 €	741 €	52,19 %		2.404 €	-2.896 €	5.732 €	-3.329 €	-3.078 €	156 €	5.889 €
2016	4%	0,11 60	0,05 99	80 %	94,9 %	56 €	112 €	905 €	1.368 €	684 €	685 €	50,03 %		3.089 €	-2.211 €	5.962 €	-2.873 €	-2.554 €	212 €	6.174 €
2017	4%	0,11 13	0,05 99	80 %	94,9 %	58 €	117 €	905 €	1.318 €	688 €	630 €	47,79 %		3.718 €	-1.582 €	6.200 €	-2.482 €	-2.121 €	271 €	6.471 €
2018	4%	0,10 69	0,05 99	80 %	94,9 %	61 €	122 €	905 €	1.270 €	693 €	577 €	45,45 %		4.296 €	-1.004 €	6.448 €	-2.153 €	-1.769 €	332 €	6.780 €
2019	4%	0,10 26	0,05 99	80 %	94,9 %	63 €	127 €	905 €	1.224 €	698 €	526 €	43,00 %		4.822 €	-1.478 €	6.706 €	-1.884 €	-1.489 €	395 €	7.101 €
2020	4%	0,09 85	0,05 99	80 %	94,9 %	66 €	132 €	905 €	1.180 €	703 €	477 €	40,45 %		5.299 €	-1 €	6.974 €	-1.675 €	-1.273 €	461 €	7.435 €
2021	4%	0,09 46	0,05 99	80 %	94,9 %	68 €	137 €	905 €	1.138 €	708 €	430 €	37,79 %		5.730 €	430 €	7.253 €	-1.524 €	-1.113 €	529 €	7.783 €
2022	4%	0,09 08	0,05 99	80 %	94,9 %	71 €	142 €	905 €	1.098 €	714 €	385 €	35,03 %		6.114 €	814 €	7.544 €	-1.429 €	-1.004 €	600 €	8.144 €
2023	4%	0,08 72	0,05 99	80 %	94,9 %	74 €	148 €	905 €	1.060 €	719 €	341 €	32,15 %		6.455 €	1.155 €	7.845 €	-1.390 €	-939 €	674 €	8.520 €
2024	4%	0,08 37	0,05 99	80 %	94,9 %	77 €	154 €	905 €	1.024 €	725 €	298 €	29,15 %		6.753 €	1.453 €	8.159 €	-1.406 €	-913 €	751 €	8.910 €
2025	4%	0,08 03	0,05 99	80 %	94,9 %	80 €	160 €	905 €	989 €	731 €	257 €	26,03 %		7.011 €	1.711 €	8.485 €	-1.475 €	-921 €	831 €	9.317 €
2026	4%	0,07 71	0,05 99	80 %	94,9 %	83 €	167 €	905 €	956 €	738 €	218 €	22,80 %		7.229 €	1.929 €	8.825 €	-1.596 €	-959 €	915 €	9.739 €
2027	4%	0,07 40	0,05 99	80 %	94,9 %	87 €	173 €	905 €	924 €	744 €	180 €	19,44 %		7.408 €	2.168 €	9.178 €	-1.770 €	-1.022 €	1.001 €	10.179 €
2028	4%	0,07 11	0,05 99	80 %	94,9 %	90 €	180 €	905 €	894 €	751 €	143 €	15,96 %		7.551 €	2.251 €	9.545 €	-1.994 €	-1.107 €	1.091 €	10.636 €
2029	4%	0,06 82	0,05 99	80 %	94,9 %	94 €	187 €	905 €	865 €	759 €	107 €	12,35 %		7.658 €	2.358 €	9.927 €	-2.269 €	-1.211 €	1.185 €	11.112 €
2030	4%	0,06 55	0,05 99	80 %	94,9 %	97 €	195 €	905 €	838 €	766 €	72 €	8,62 %	5.300 €	7.730 €	2.430 €	10.324 €	-2.594 €	-1.332 €	1.282 €	11.606 €

Υπολογισμοί Πίνακα 7.14

Όμοια με τον Πίνακα 7.8



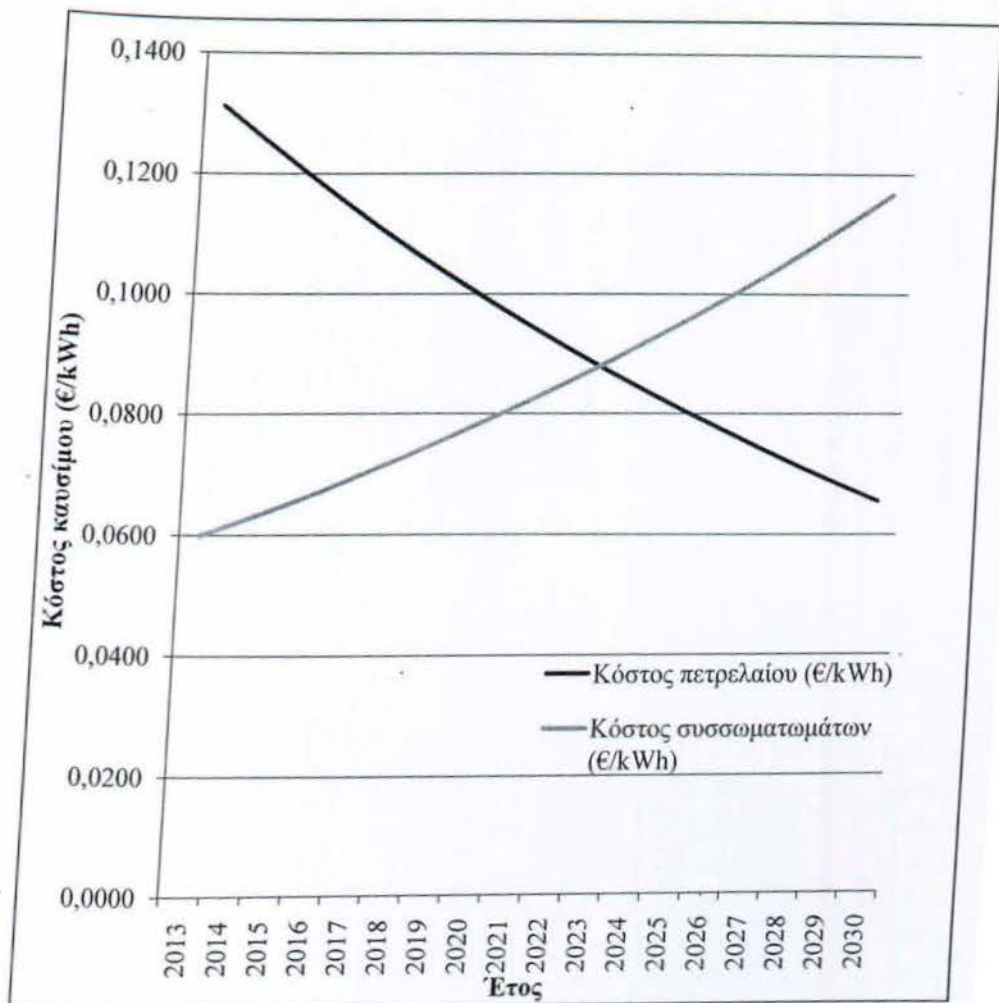
Σχήμα 7.9 - Νεκρό Σημείο για το 4^ο σενάριο

7.3.5 Σενάριο 5^ο

Σε αυτό το σενάριο εξετάζεται η βιωσιμότητα της επένδυσης, όπου το κόστος των συσσωματωμάτων ξύλου αυξάνεται, ενώ το κόστος του πετρελαίου μειώνεται όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7.15)

Πίνακας 7.15 - Κόστος πετρελαίου και συσσωματωμάτων ξύλου(Σενάριο 5^ο)

	Πληθωρισμός	Κόστος πετρελαίου (€/kWh)	Κόστος συσσωματωμάτων (€/kWh)	Ποσοστιαία εξοικονόμηση χρημάτων (%)
2013	4,00%	0,1311	0,0599	54,31%
2014	4,00%	0,1259	0,0623	50,50%
2015	4,00%	0,1208	0,0648	46,38%
2016	4,00%	0,1160	0,0674	41,91%
2017	4,00%	0,1113	0,0701	37,07%
2018	4,00%	0,1069	0,0729	31,82%
2019	4,00%	0,1026	0,0758	26,14%
2020	4,00%	0,0985	0,0788	19,99%
2021	4,00%	0,0946	0,0820	13,32%
2022	4,00%	0,0908	0,0853	6,10%
2023	4,00%	0,0872	0,0887	-1,73%
2024	4,00%	0,0837	0,0922	-10,21%
2025	4,00%	0,0803	0,0959	-19,39%
2026	4,00%	0,0771	0,0997	-29,34%
2027	4,00%	0,0740	0,1037	-40,12%
2028	4,00%	0,0711	0,1079	-51,79%
2029	4,00%	0,0682	0,1122	-64,44%
2030	4,00%	0,0655	0,1167	-78,15%



Σχήμα 7.10 – Κόστος καυσίμου € / kWh για το 5^ο σενάριο

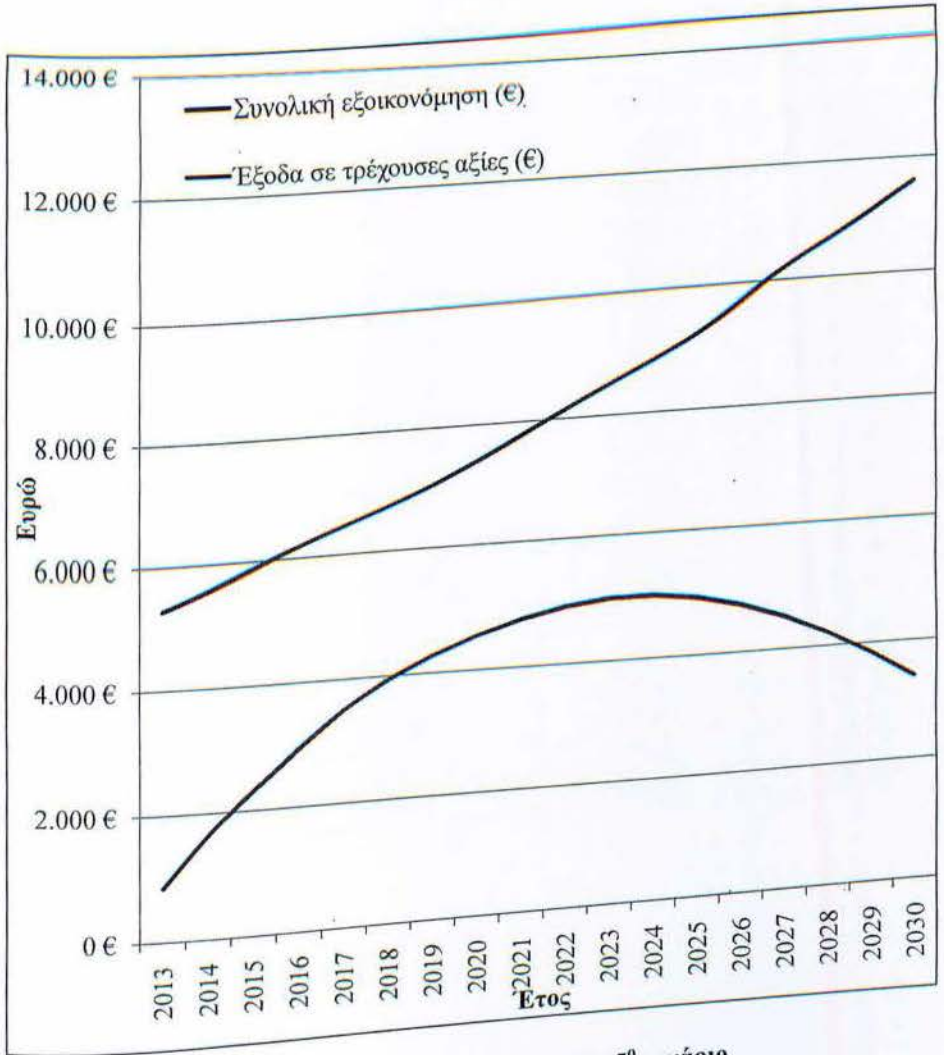
Στον παρακάτω συγκεντρωτικό πίνακα (Πίνακας 7.16) παρουσιάζεται το τελικό κόστος θέρμανσης για κάθε ένα από τα εξεταζόμενα καύσιμα συναρτήσει των διαμορφωμένων τιμών των καυσίμων για τα ετιόμενα έτη, έως το 2030.

Πίνακας 7.16 - Τελικό κόστος θέρμανσης βάσει διαμορφωμένων τιμών καυσίμων (Σενάριο 5^ο)

Έτος	Πληθωρισμός (%)	Κόστος πετρελαίου (€/kWh)	Κόστος συσσωματωμάτων (€/kWh)	Βαθμός απόδοσης λέβητα πετρελαίου (%)	Βαθμός απόδοσης λέβητα συσσωματωμάτων (%)	Ετήσιο κόστος συντήρησης λέβητα πετρελαίου (€)	Ετήσιο κόστος συντήρησης λέβητα συσσωματωμάτων (€)	Ετήσιες ενεργειακές ανάγκες (kWh)	Ετήσιο κόστος θέρμανσης με λέβητα πετρελαίου (€)	Ετήσιο κόστος θέρμανσης με λέβητα συσσωματωμάτων (€)	Ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων (€)	Ποσοστιαία εξοικονόμηση χρημάτων (%)	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)		Συνολικό όφελος (€)	Μελλοντική αξία αρχικού κόστους (€)	Συνολική εξοικονόμηση σε τρέχουσες αξίες (€)	Συνολική εξοικονόμηση σε τρέχουσες τιμές (€)	Διαφορά κόστους συντήρησης (αθροιστικά)	Έξοδα σε τρέχουσες αξίες (€)
													Συνολική εξοικονόμηση (€)	€ 2000						
201	4%	0,13	0,05	80	94,9	50 €	100 €	905	1.630	671 €	862	56,12	%	862	-1.438	5.300	-1.438	-1.438	50 €	5.350
201	4%	0,13	0,06	80	94,9	53 €	104	905	1.670	698 €	778	52,70	%	1.640	-1.660	5.512	-1.672	-1.712	102 €	5.614
201	4%	0,12	0,06	80	94,9	54 €	108	905	1.421	736 €	695	46,90	%	1.234	-2.066	5.722	-2.098	-2.142	156 €	5.809
201	4%	0,11	0,06	80	94,9	56 €	112	905	1.236	755 €	613	44,82	%	1.298	-2.852	5.922	-2.014	-2.679	167 €	6.171
201	4%	0,11	0,07	80	94,9	58 €	117	905	1.210	785 €	533	40,43	%	1.401	-1.810	6.200	-2.750	-2.235	271 €	6.471
201	4%	0,10	0,07	80	94,9	61 €	122	905	1.270	817 €	453	35,70	%	1.514	-1.166	6.480	-2.514	-2.007	322 €	6.790
201	4%	0,09	0,07	80	94,9	64 €	127	905	1.300	843 €	377	25,16	%	1.609	-991 €	6.766	-2.297	-1.895	365 €	7.101
201	4%	0,10	0,07	80	94,9	63 €	127	905	1.224	849 €	375	20,62	%	1.606	-1.091 €	6.974	-2.269	-1.800	365 €	7.435
201	4%	0,09	0,07	80	94,9	66 €	132	905	1.098	855 €	312	14,01	%	1.686	-941 €	7.252	-2.429	-1.774	401 €	7.783
201	4%	0,09	0,08	80	94,9	68 €	137	905	1.138	883 €	297	12,16	%	1.696	-883 €	7.544	-2.575	-1.809	401 €	8.144
201	4%	0,08	0,08	80	94,9	71 €	142	905	1.098	955 €	220	9,30	%	1.696	-774 €	7.845	-2.810	-1.899	416 €	8.520
201	4%	0,08	0,08	80	94,9	71 €	148	905	1.060	955 €	143	13,01	%	1.696	-686 €	8.159	-3.041	-2.046	351 €	8.910
201	4%	0,08	0,09	80	94,9	80 €	160	905	1.024	994 €	66 €	6,27%	%	1.696	-585 €	8.485	-3.256	-2.215	311 €	9.317
201	4%	0,08	0,09	80	94,9	81 €	164	905	1.033	994 €	-10	0,00%	%	1.696	-497 €	8.825	-3.468	-2.431	261 €	9.739
201	4%	0,07	0,09	80	94,9	83 €	167	905	1.138	1.118	-162	16,06	%	1.696	-406 €	9.176	-3.679	-2.679	1.001	10.179
201	4%	0,07	0,09	80	94,9	84 €	173	905	1.162	1.162	-238	25,79	%	1.696	-315 €	9.545	-3.931	-2.935	1.091	10.636
201	4%	0,07	0,10	80	94,9	90 €	180	905	1.209	1.209	-315	35,22	%	1.696	-202 €	9.937	-4.095	-3.264	1.185	11.112
201	4%	0,06	0,11	80	94,9	94 €	187	905	1.257	1.257	-392	45,27	%	1.696	-99 €	10.343	-4.261	-3.571	1.282	11.606
201	4%	0,06	0,11	80	94,9	97 €	195	905	1.307	1.307	-469	55,97	%	1.696	0 €	10.754	-4.430	-3.849	1.382	12.146

Υπολογισμοί Πίνακα 7.16

Όμοια με τον Πίνακα 7.8



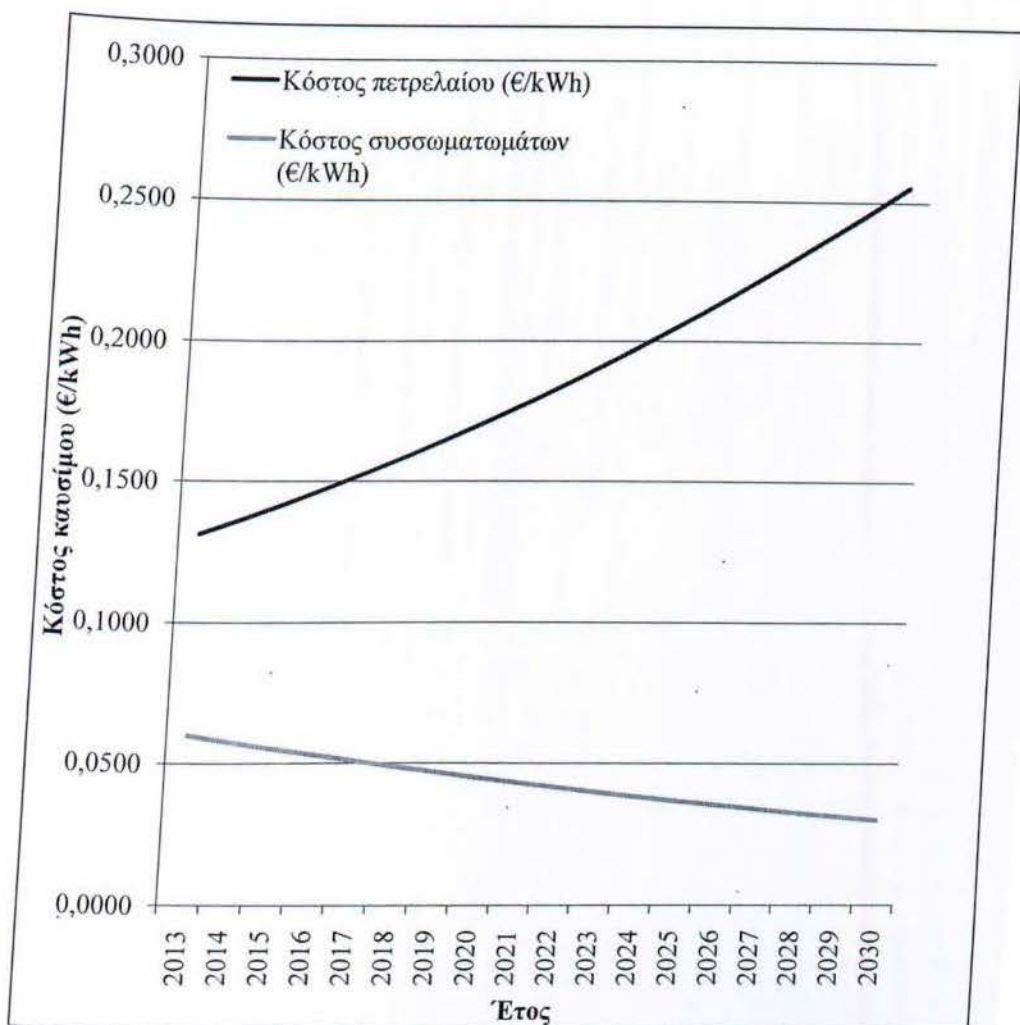
Σχήμα 7.11 - Νεκρό Σημείο για το 5^ο σενάριο

7.3.6 Σενάριο 6^ο

Σε αυτό το σενάριο εξετάζεται η βιωσιμότητα της επένδυσης, όπου το κόστος των συσσωματωμάτων ξύλου μειώνεται, ενώ το κόστος του πετρελαίου αυξάνεται όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7.17)

Πίνακας 7.17 – Κόστος πετρελαίου και συσσωματωμάτων ξύλου(Σενάριο 6^ο)

Έτος	Πληθωρισμός	Κόστος πετρελαίου (€/kWh)	Κόστος συσσωματωμάτων (€/kWh)	Ποσοστιαία εξοικονόμηση χρημάτων (%)
2013	4,00%	0,1311	0,0599	54,31%
2014	4,00%	0,1363	0,0575	57,82%
2015	4,00%	0,1418	0,0552	61,07%
2016	4,00%	0,1475	0,0530	64,06%
2017	4,00%	0,1534	0,0509	66,83%
2018	4,00%	0,1595	0,0488	69,38%
2019	4,00%	0,1659	0,0469	71,73%
2020	4,00%	0,1725	0,0450	73,91%
2021	4,00%	0,1794	0,0432	75,92%
2022	4,00%	0,1866	0,0415	77,77%
2023	4,00%	0,1941	0,0398	79,48%
2024	4,00%	0,2018	0,0382	81,06%
2025	4,00%	0,2099	0,0367	82,51%
2026	4,00%	0,2183	0,0352	83,86%
2027	4,00%	0,2270	0,0338	85,10%
2028	4,00%	0,2361	0,0325	86,25%
2029	4,00%	0,2455	0,0312	87,31%
2030	4,00%	0,2554	0,0299	88,28%



Σχήμα 7.12 – Κόστος καυσίμου € / kWh για το 6^ο σενάριο

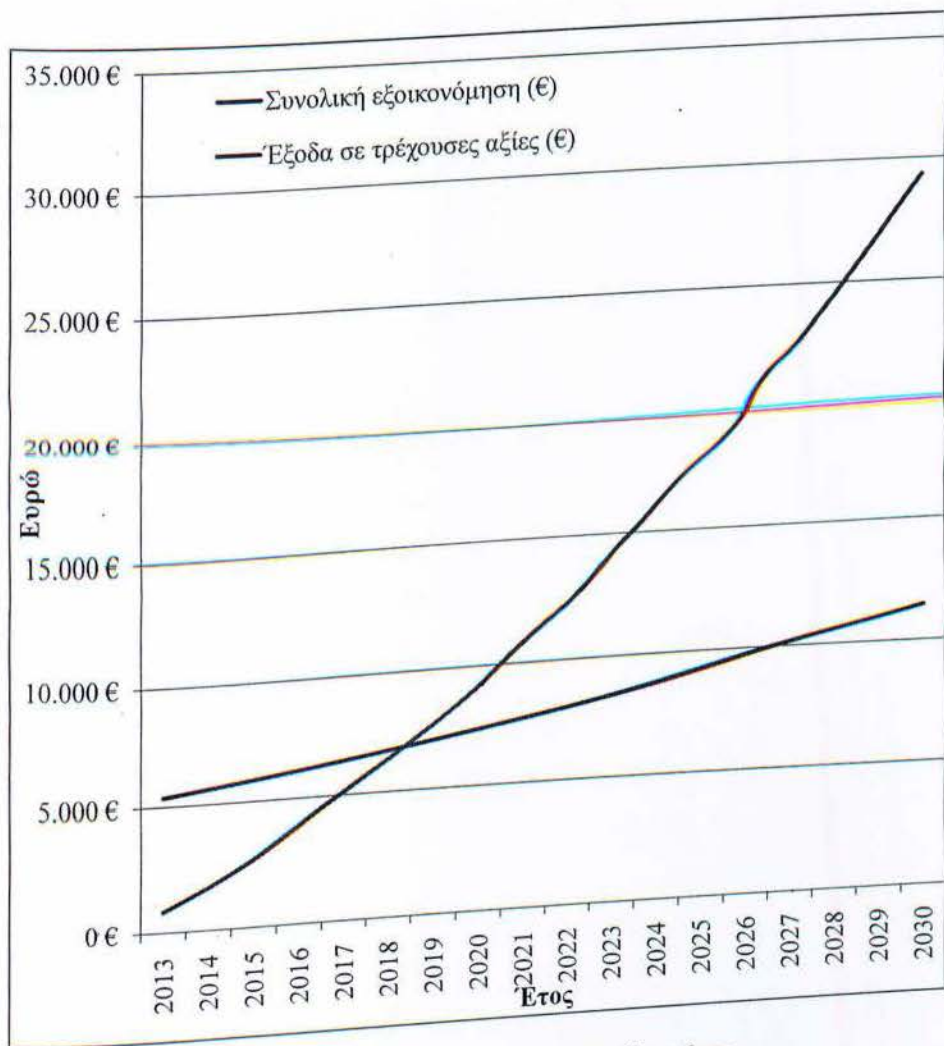
Στον παρακάτω συγκεντρωτικό πίνακα (Πίνακας 7.18) παρουσιάζεται το τελικό κόστος θέρμανσης για κάθε ένα από τα εξεταζόμενα καύσιμα συναρτήσει των διαμορφωμένων τιμών των καυσίμων για τα επόμενα έτη, έως το 2030.

Πίνακας 7.18 - Τελικό κόστος θέρμανσης βάσει διαμορφωμένων τιμών καυσίμου (Σενάριο 6^ο)

Έτος	Πληρωσιμός (%)	Κόστος πετρελαίου (€/kWh)	Κόστος συσσωματωμάτων (€/kWh)	Βαθμός απόδοσης λέβητα πετρελαίου (%)	Βαθμός απόδοσης λέβητα συσσωματωμάτων (%)	Ετήσιο κόστος συντήρησης λέβητα πετρελαίου (€)	Ετήσιο κόστος συντήρησης λέβητα συσσωματωμάτων (€)	Ετήσιες ενεργειακές ανάγκες (kWh)	Ετήσιο κόστος θέρμανσης με λέβητα πετρελαίου (€)	Ετήσιο κόστος θέρμανσης με λέβητα συσσωματωμάτων (€)	Ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων (€)	Ποσοστιαία εξοικονόμηση χρημάτων (%)	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)	Συνολική εξοικονόμηση (€)	Συνολικό όφελος (€)	Μελλοντική αξία αρχικού κόστους (€)	Συνολική εξοικονόμηση σε τρέχουσες αξίες (€)	Συνολική εξοικονόμηση σε τρέχουσες τιμές (€)	Διαφορά κόστους συντήρησης (αθροιστικά)	Έξοδα σε τρέχουσες αξίες (€)
2013	4%	0,13	0,05	90	94,9	50 €	100 €	905	1.533	471	862 €	56,22 %		862 €	-4.438	5.300	-4.438	-4.438	50 €	5.350
2014	4%	0,13	0,05	90	94,9	52 €	104 €	905	1.594	482	942 €	59,08 %		1.804	-3.476	5.512	-3.708	-3.566	102 €	5.614
2015	4%	0,14	0,05	90	94,9	54 €	108 €	905	1.658	495	1.021 €	61,73 %		2.827	-2.473	5.732	-2.905	-2.686	156 €	5.889
2016	4%	0,14	0,05	90	94,9	56 €	113 €	905	1.724	510	1.107 €	64,17 %		3.934	-1.366	5.962	-2.028	-1.803	212 €	6.174
2017	4%	0,15	0,05	90	94,9	58 €	117 €	905	1.793	602	1.191 €	66,43 %		5.125	0 €	6.300	-1.076	-1.076	272 €	6.471
2018	4%	0,15	0,04	90	94,9	61 €	122 €	905	1.865	587	1.278 €	68,51 %		6.403	1.103	6.448	-45 €	-17 €	332 €	6.790
2019	4%	0,16	0,04	90	94,9	63 €	127 €	905	1.940	574	1.366 €	70,43 %		7.769	2.169	6.706	1.063	840 €	395 €	7.101
2020	4%	0,17	0,04	90	94,9	66 €	132 €	905	2.017	561	1.457 €	72,20 %		9.226	3.926	6.974	2.251	1.711	461 €	7.435
2021	4%	0,17	0,04	90	94,9	68 €	137 €	905	2.098	549	1.549 €	73,84 %		10.77	5.475	7.283	3.822	2.574	539 €	7.784
2022	4%	0,18	0,04	90	94,9	71 €	142 €	905	2.182	538	1.644 €	75,35 %	5.300	12.41	7.119	7.544	4.876	3.476	600 €	8.144
2023	4%	0,19	0,03	90	94,9	74 €	148 €	905	2.269	528	1.742 €	76,74 %		14.16	8.861	7.845	6.315	4.266	674 €	8.520
2024	4%	0,20	0,03	90	94,9	77 €	154 €	905	2.360	519	1.842 €	78,03 %		16.00	10.70	8.159	7.843	5.095	751 €	8.910
2025	4%	0,20	0,03	90	94,9	80 €	160 €	905	2.454	510	1.944 €	79,22 %		17.94	12.64	8.485	9.461	5.909	831 €	9.317
2026	4%	0,21	0,03	90	94,9	83 €	167 €	905	2.553	503	2.050 €	80,31 %		19.99	14.69	8.825	11.17	6.710	915 €	9.739
2027	4%	0,22	0,03	90	94,9	87 €	173 €	905	2.655	496	2.159 €	81,33 %		22.15	16.85	9.178	12.97	7.494	1.001	10.17
2028	4%	0,23	0,03	90	94,9	90 €	180 €	905	2.761	490	2.271 €	82,26 %		24.42	19.12	9.545	14.88	8.263	1.091	10.63
2029	4%	0,24	0,03	90	94,9	94 €	187 €	905	2.871	485	2.387 €	83,12 %		26.81	21.51	9.927	16.88	9.016	1.185	11.11
2030	4%	0,25	0,02	90	94,9	97 €	195 €	905	2.986	480	2.506 €	83,92 %		29.32	24.02	10.32	18.99	9.752	1.282	11.60

Υπολογισμοί Πίνακα 7.18

Όμοια με τον Πίνακα 7.8



Σχήμα 7.13 – Νεκρό Σημείο για το 6^ο σενάριο

7.4 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Παραπάνω αναλύθηκαν έξι σενάρια σχετικά με την διαφοροποίηση του κόστους των συσσωματωμάτων ξύλου και του πετρελαίου, κατά την διάρκεια της περιόδου 2013 – 2030.

Βάσει των παραπάνω αναλύσεων παρατηρούμε πως στα τρία (Σενάριο 1^ο, 3^ο και 6^ο) από τα έξι σενάρια η απόσβεση του κεφαλαίου που επενδύεται κυμαίνεται από 7 έως 8 χρόνια.

Για αυτά τα τρία σενάρια η επένδυση θεωρείται ικανοποιητική, αποφέροντας το έτος 2030 συνολική εξοικονόμηση σε τρέχουσες τιμές κυμαινόμενη από 6.047 € έως 9.752€.

Το 2^ο, 4^ο και 5^ο Σενάριο θεωρούνται εξολοκλήρου μη ικανοποιητικά, αφού η επένδυση δεν αποσβένεται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 - ΟΦΕΛΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

8.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αξιοποίηση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα, καθώς είναι υλικό ανεξάντλητο, όντας η ίδια μια «αποθήκη» ηλιακής ενέργειας. Ακόμη θεωρείται καύσιμο «CO₂ – ουδέτερο», αφού το CO₂ που παράγεται κατά την καύση της, δεσμεύεται και πάλι από τα φυτά με τη φωτοσύνθεση, ενώ συμμετέχει πολλαπλά στο ισοζύγιο του CO₂ δίνοντας τη δυνατότητα δέσμευσης άνθρακα σε οργανική μορφή (στα φυτά και τους άλλους οργανισμούς) και εξοικονόμησης ισοδύναμου ποσού CO₂.

8.2 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΟΦΕΛΗ

Πίνακας 8.1 - Περιβαλλοντικά οφέλη σχετικά με την ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών

Θετική συνεισφορά σχετικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου	Η αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων με βιομάζα που είναι ουδέτερη σε εκπομπές CO ₂ καθώς η ποσότητα του CO ₂ που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα μετά την καύση της, αφομοιώνεται από το φυτό κατά την φωτοσύνθεση.
Προστασία έναντι της διάβρωσης του εδάφους	Το πλούσιο υπέργειο τμήμα και το ριζικό σύστημα των ενεργειακών καλλιεργειών (ειδικά των πολυετών), ελαχιστοποιεί τις δυσμενείς επιπτώσεις της διάβρωσης του εδάφους και βαλτώνει τη δομή του.
Διαχείριση νερού	Στο πλαίσιο της ενεργειακής γεωργίας δίνεται η ευκαιρία να επιλεγούν είδη που αξιοποιούν το νερό αποδοτικά, ή και σε πολλές περιπτώσεις είδη που αξιοποιούν τις χειμερινές βροχοπτώσεις για την ανάπτυξή τους και δεν απαιτούν επιπλέον άρδευση, παρουσιάζοντας ικανοποιητική ανάπτυξη και παραγωγικότητα σε βιομάζα. Η αγριαγκινάρα μπορεί να καλλιεργηθεί ξηρικά και να αντικαταστήσει τα χειμερινά σιτηρά όπως το σιτάρι και το κριθάρι. Θα πρέπει να τονίσουμε ότι όλες οι ενεργειακές καλλιέργειες (που παρουσιάζονται στο έντυπο) έχουν μέτρια έως υψηλή αποτελεσματικότητα χρήσης νερού.

Χαμηλές εισροές από λιπάσματα	Οι ενεργειακές καλλιέργειες απαιτούν χαμηλότερα επίπεδα λίπανσης σε σχέση με τα ετήσια φυτά που προορίζονται για τροφή και μπορούν να συντελέσουν στην προστασία του περιβάλλοντος με μείωση της χρήσης λιπασμάτων.
Μείωση της χρήσης φυτοφαρμάκων	Οι ενεργειακές καλλιέργειες παρουσιάζουν υψηλή φυτοκάλυψη και με την εγκατάστασή τους στον αγρό περιορίζουν την ανάπτυξη ζιζανίων. Επιπροσθέτως, δεν προσβάλλονται από σοβαρές ασθένειες και έντομα, και ως εκ τούτου, η χρήση μυκητοκτόνων και εντομοκτόνων είναι πολύ μικρή.
Εκμετάλλευση εδαφών χαμηλής γονιμότητας	Οι ενεργειακές καλλιέργειες μπορούν να αποτελέσουν εναλλακτικές λύσεις σε εγκαταλελειμμένες περιοχές χαμηλής γονιμότητας, καθώς προσαρμόζονται εύκολα και αποδίδουν ικανοποιητικά σε μεγάλο εύρος εδαφών.

8.3 ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΟΦΕΛΗ

Πίνακας 8.2 – Κοινωνικά και οικονομικά οφέλη για την ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών

Προσφορά εναλλακτικών καλλιεργητικών λύσεων	Οι ενεργειακές καλλιέργειες μπορούν να προσφέρουν εναλλακτικές λύσεις για τους αγρότες, λαμβάνοντας υπόψη ότι ήδη υπάρχουν κάποια είδη επιδοτήσεων.
Ενδυνάμωση του γεωργικού χώρου	Με την ανάπτυξη καλλιεργειών για ενέργεια, θα δημιουργηθεί ανάγκη για προμήθεια νέων ποικιλιών, βελτίωση καλλιεργητικών μεθόδων και εξοπλισμού, που θα υποστηρίζουν την παραγωγή και αποθήκευση των νέων φυτών. Αυτό θα δώσει ώθηση στη φθίνουσα γεωργική οικονομία και θα οδηγήσει στην ανάπτυξη της εγχώριας γεωργικής βιομηχανίας.
Αύξηση του αγροτικού εισοδήματος	Η διείσδυση των ενεργειακών καλλιεργειών στην εσωτερική αγορά μπορεί να εξασφαλίσει ικανοποιητικό αγροτικό εισόδημα σε σχέση με ορισμένες συμβατικές καλλιέργειες και

	να ενισχύσει τη διαφοροποίηση των δραστηριοτήτων των γεωργών.
Μείωση των περιφερειακών ανισοτήτων και αναζωογόνηση των λιγότερο ανεπτυγμένων γεωργικών οικονομιών	Η παραγωγή και εκμετάλλευση των ενεργειακών καλλιεργειών θα συντελεστεί στις αγροτικές περιοχές. Η εισροή, επομένως, νέων εισοδημάτων θα βελτιώσει τη ζωή των τοπικών κοινωνιών και θα στηρίξει την ανάπτυξη σε λιγότερο ανεπτυγμένες περιοχές της χώρας.
Εξασφάλιση αιεφόρου περιφερειακής ανάπτυξης	Η δημιουργία αγοράς για παραγωγή βιοκαυσίμων, θερμότητας κι ηλεκτρισμού στην περιφέρεια, θα συμβάλει στην παραμονή του πληθυσμού στις αγροτικές περιοχές, με τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και την εξασφάλιση πρόσθετων εισοδημάτων στην τοπική κοινωνία.
Μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο	Η χρήση καλλιεργειών για ενεργειακούς σκοπούς οδηγεί στην ανάπτυξη στρατηγικών εθνικών προϊόντων και ελαττώνει την εξάρτηση από τις εισαγωγές πετρελαίου

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1]. Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Η πρόοδος προς την επίτευξη του στόχου για την ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές το 2020
- [2].European Commission. Energy in Europe: economic foundation for energy policy. The shared analysis project. EC; 1999
- [3].The Kyoto Protocol; 2007.
<http://europa.eu.int/rapid/pressReleasesAction.do?reference=MEMO/05/49&format=H>
- [4].European Commission. Green Paper. Towards a European strategy for the security of energy supply. COM 760P final; 2000. – European Commission. Green Paper on Energy Efficiency. Doing more with less. COM 265 final; 2005.
- [5].European Commission. White Paper for a Community strategy and Action Plan. Energy for the future: renewable sources of energy. COM 599; 1997
- [6].Directive 2001/77/EC of the European Parliament and of the Council of 27 September 2001 on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market. Official Journal L283, P.0033-0040; 2001
- [7].Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council of 13 October 2003 establishing a scheme of greenhouse gas emission allowance trading within the Community and amending Council Directive 96/61/EC. Official Journal L275; 2003.
- [8].Directive 2003/30/EC of the European Parliament and of the Council of 8 May 2003 on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport. Official Journal L123; 2003.
- [9]. Directive 2004/8/EC of the European Parliament and of the Council of 11 February 2004 on the promotion of cogeneration on a useful heat demand in the internal energy market and amending Council Directive 92/42/EC. Official Journal L52; 2004.
- [10].Directive 2009/28/EC the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC
- [11]. Οδηγία (2009/31/EK)
- [12].European Commission. Communication from the Commission of 07.12.2005 on Biomass Action Plan. COM 628 final; 2005. - European Commission. Communication on mid-term review of the Common Agricultural Policy. COM 394; 2002.
- [13].ΚΑΠΕ. Ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή υγρών και στερεών βιοκαυσίμων στην Ελλάδα; 2007.
- [14].Μ. Μαρδίκης και Ε. Ναμάτοβ, Ενεργειακές καλλιέργειες ΚΑΠΕ, Γεωργία, Κτηνοτροφία 6 (1999).
- [15].Οδηγός τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ, ΚΑΠΕ.
- [16].L.S.Esteban, M. Fernandez, E. Gonzalez and J.E Carrasco, Size reduction of biomass feedstocks and influence of the final particle size on energy consumption and characteristics of the bulk product obtained, Proceedings of the 1st World Conference on Biomass for Energy and Industry, Sevilla (2000)
- [17].J. Vinterback, Pellets 2002: the first world conference on pellets, Biomass and Bioenergy (2004)

- [18].R. Jirjis, Storage and drying of biomass – new concepts, Proceedings of the 2nd¹ Biomass Summer School, Technical University of Graz, Austria (1997)
- [19].IEA. Bioenergy project development and biomass supply. IEA; 2007
- [20].E. Alakangas, J. Valtanen and J. Levlin, CEN technical specification for solid bio-fuel specification and classes, Biomass and Bioenergy (2006).
- [21].Standard EN 14961-1
- [22].Standard EN 14961-2
- [23].H. Hartmann and I. Lewandowski, Herbaceous biomass fuel characteristics and pre-treatment. In: M. Kaltschmitt and A.V. Bridgwater, Editors, Biomass gasification and pyrolysis-state of the art and the future prospects, CPL Press, U.K. (1997).
- [24].H. Hartmann, Influences on the quality of solid biofuels-causes for variations and measures of improvement, Proceedings of the 10th European Conference, Wurzburg (1998).
- [25].www.ieabioenergy-task32.com
- [26].D. L. Klass, Biomass for renewable energy, fuels and chemicals, Academic Press (1998).
- [27].F. Shafizadeh and W.F. DeGroot, Combustion characteristics of cellulosic fuels. In: F. Shafizadeh, K.V Sarkanen and D.A Tillman, Editors, Thermal uses and properties of carbohydrates and lignins, Academic Press, N.Y (1976)
- [28].P. Mc. Kendry, Energy production from biomass: gasification technologies, Bioresource Technology (2002)
- [29]. F. Shafizadeh, Introduction to pyrolysis of biomass, J. Anal. Appl. Pyr. 3 (1982)
- [30]. www.agroenergy.gr
- [31].Πασπαλάς, Κ. Γ., Καυστήρες - λέβητες, Σύλλογος Μηχανολόγων Ηλεκτρολόγων Βόρειας Ελλάδας, ISBN 960-85787-3-6, 2001.
- [32].Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-4/2010. Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτηρίων, λεβήτων & εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, 2010.
- [33]. Y.A. 3046/304/89. Κτιριοδομικός κανονισμός, Φ.Ε.Κ.59Δ/3-02-89.
- [34].S. van Loo and J. Korpejan, Handbook of biomass combustion and co-firing, IEA Bioenergy, Twente Univ. Press, Enschede (2002)
- [35].T. Launhardt, H. Hartmann and H. Link, Domestic wood chip boilers – emissions from test stand and practice measurements, Proceedings of the 1st World Conference on Biomass for Energy and Industry, Sevilla (2000)
- [36]. ΕΛΟΤ EN 303.05/1999
- [37]. Οδηγία 2006/32/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 5ης Απριλίου 2006
- [38]. www.fuelprices.gr
- [39].Ευστάθιος Αθ. Ζωγόπουλος, Νικόλαος Χρ. Φέτσης, Παναγιώτης Ματ. Ευαγγελίου. Μελέτες συστημάτων κεντρικής θέρμανσης