



ΠΡΑΚΤΙΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ

Χρήσεις βιομάζας ξυλείας στον οικιακό τομέα



Λίγα λόγια για το COMPOSE

Ο οδηγός δημιουργήθηκε στο πλαίσιο των δραστηριοτήτων της Ευρωπαϊκής πρωτοβουλίας “COMPOSE – Rural communities engaged with positive energy” στην Ελλάδα, η οποία στοχεύει στην προώθηση έργων μικρής κλίμακας Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΕΕ) σε αγροτικές και νησιωτικές περιοχές της Μεσογείου και συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης του προγράμματος INTERREG MED.

Το έργο υλοποιεί 15 πιλοτικές δράσεις σε 11 χώρες (Ελλάδα, Γαλλία, Ισπανία, Ιταλία, Κροατία, Κύπρος, Πορτογαλία, Σλοβενία, Αλβανία, Βοσνία & Ερζεγοβίνη, Μαυροβούνιο), με στόχο την ανάπτυξη και πιλοτική εφαρμογή Μεθοδολογίας Αναπτυξιακού Σχεδιασμού έργων ΑΠΕ και ΕΕ, που θα επιτρέψει σε περιοχές της Μεσογείου να αυξήσουν τις ΑΠΕ στο ενεργειακό τους μείγμα και παράλληλα να αναπτύξουν εργαλεία και οδηγούς για φορείς λήψης αποφάσεων και εμπειρογνώμονες στον αναπτυξιακό σχεδιασμό, εφαρμόζοντας παραδείγματα καλής πρακτικής και αξιοποιώντας την υφιστάμενη Ευρωπαϊκή εμπειρία και τεχνογνωσία.

ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΗΣ ΤΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ ΤΟΥ COMPOSE ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ: Εργαστήριο Ανανεώσιμων και Βιώσιμων Ενεργειακών Συστημάτων, Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος Πολυτεχνείο Κρήτης, (www.resel.tuc.gr)

ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ ΤΟΥ COMPOSE

Slovene Chamber of Agriculture and Forestry-Institute of Agriculture and Forestry Maribor, project coordinator – Σλοβενία, Συντονιστής έργου (www.kmetijski-zavod.si), Kyoto Club – Ιταλία (www.kyotoclub.org), Δήμος Λακατάμιας – Κύπρος (www.lakatamia.org.cy), Energy and Environment Agency of Arrabida – Πορτογαλία (www.ena.com.pt), Regional Energy Agency North – Κροατία (www.rea-sjever.hr), Agricultural University of Tirana – Αλβανία (www.ubt.edu.al), Granollers city council – Ισπανία (www.granollers.cat), Srebrenik Municipality - Βοσνία και Ερζεγοβίνη (www.srebrenik.ba), Institute for Strategic Studies and Prognoses – Μαυροβούνιο (<http://issp.me>), Group for the Environment, Renewable Energy and Solidarity – Γαλλία (www.geres.eu).

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ

Νικόλαος Σαββάκης, Σταυρούλα Τουρνάκη, καθ. Θεοχάρης Τσούτσος (Εργαστήριο Ανανεώσιμων και Βιώσιμων Ενεργειακών Συστημάτων, Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΚΔΟΣΗΣ: ΙΟΥΛΙΟΣ 2018

<https://compose.interreg-med.eu/>

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Η αναπαραγωγή του περιεχομένου ή τμήματος του περιεχομένου επιτρέπεται μετά από έγκριση από τους δημιουργούς και με την προϋπόθεση ότι αναφέρεται σαφώς η πηγή.



Περιεχόμενα

Πρόλογος	4
1. Εφαρμογές βιομάζας ξυλείας στον οικιακό τομέα.....	5
1.1. Η φυτική βιομάζα.....	6
1.2. Κύριες χρήσεις της βιομάζας ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.....	6
1.3. Στερεά βιοκαύσιμα για χρήση στον οικιακό τομέα.....	7
2. Τεχνολογίες αξιοποίησης βιομάζας για θέρμανση κτιρίων	10
2.1. Τυπικό (παραδοσιακό) τζάκι.....	11
2.2. Ενεργειακό τζάκι	12
2.3. Σόμπα ξύλου ή συσσωματωμάτων (pellet)	13
2.4. Λέβητες στερεών καυσίμων	13
2.5. Συγκριτική αξιολόγηση διαφόρων τεχνολογιών θέρμανσης	15
3. Χρήσιμες συμβουλές για το σωστό σχεδιασμό, εγκατάσταση και συντήρηση συστημάτων βιομάζας για θέρμανση κτιρίων.....	16
3.1. Επιλογή τύπου λέβητα στερεών καυσίμων βιομάζας.....	16
3.1.1. Εγκατάσταση και πρόσθετα συστήματα λέβητα στερεών καυσίμων βιομάζας.....	16
3.1.2. Επιλογή και αποθήκευση στερεών καυσίμων βιομάζας.....	17
3.1.3. Συντήρηση λέβητα στερεών καυσίμων βιομάζας	17
3.2. Επιλογή τύπου εστίας καύσης (π.χ. παραδοσιακό ή ενεργειακό τζάκι)	18
3.2.1. Εγκατάσταση και πρόσθετα στοιχεία τυπικών εστιών καύσης.....	18
3.2.2. Επιλογή και αποθήκευση στερεών καυσίμων βιομάζας (καυσόξυλα)	18
3.2.3. Συντήρηση και ασφαλής λειτουργία τυπικών εστιών καύσης.....	18
3.3. Διάθεση Στάχτης	19
4. Χρήσιμοι σύνδεσμοι	20
5. Βιβλιογραφικές πηγές.....	20

Πρόλογος

Η Βιομάζα αποτελεί οργανική ύλη με προέλευση είτε από ζωντανούς (φυτικούς ή ζωικούς) οργανισμούς είτε από ανθρωπογενείς δραστηριότητες (δασοκομικές, γεωργικές, βιομηχανικές). Η φυτική βιομάζα αποτελεί αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών. Συγκοπτάλέγεται στους ανανεώσιμους πόρους καθώς μπορεί να αποκατασταθεί φυσικά όταν εξαντληθούν τα αρχικά αποθέματά της.

Η χρήση της βιομάζας μειώνει τις ανάγκες εισαγωγής ορυκτών καυσίμων περιορίζοντας παράλληλα την εκπομπή, βλαβερών για την ανθρώπινη υγεία, ρύπων όπως τα οξείδια του θείου και του άνθρακα.

Η φυτική βιομάζα στην Ελλάδα χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή θερμότητας στον οικιακό τομέα, για τη θέρμανση θερμοκηπίων, στην ελαιουργία και σπανιότερα στη βιομηχανία. Λόγω του υψηλού δυναμικού βιομάζας στην Ελλάδα, το οποίο είναι τεχνικά και οικονομικά εκμεταλλεύσιμο, οι προοπτικές αξιοποίησής της είναι ευοίωνες.

Ιδιαίτερα στις αγροτικές περιοχές, όπου υπάρχει μεγάλη διαθεσιμότητα πρώτης ύλης σε μικρές αποστάσεις, η ενέργεια που μπορεί να παραχθεί από τη βιομάζα είναι συχνά οικονομικά ανταγωνιστική αυτής που παράγεται από συμβατικές πηγές ενέργειας.

Σε πολλές αγροτικές κοινότητες της Ευρώπης, το παραδοσιακό τζάκι/σόμπα αξιοποιείται είτε ως βασικό μέσο θέρμανσης είτε ως συμπληρωματικό σύστημα τοπικής θέρμανσης σε κατοικίες.

Ο οδηγός παρέχει πληροφορίες για τις χρήσεις της βιομάζας στον οικιακό τομέα και τεχνικές συμβουλές για το σωστό σχεδιασμό, λειτουργία και συντήρηση των συστημάτων θέρμανσης με στερεά καύσιμα βιομάζας.

Καθώς τα τελευταία χρόνια διατίθενται στο εμπόριο διαφορετικοί τύποι συστημάτων και είδη στερεών καυσίμων βιομάζας, ο οδηγός έχει στόχο να αποτελέσει ένα χρηστικό εργαλείο για τους τελικούς χρήστες, προκειμένου να κατανοήσουν τις βασικές πτυχές της ορθής χρήσης και των τεχνολογιών αξιοποίησης των στερεών καυσίμων βιομάζας. Παράλληλα, στοχεύει στην προώθηση της ενεργειακής απόδοσης, μέσω της ορθολογικής χρήσης βιομάζας για θέρμανση χώρων, συμβάλλοντας ταυτόχρονα στην προσπάθεια προστασίας του περιβάλλοντος.



1. Εφαρμογές βιομάζας ξυλείας στον οικιακό τομέα

Εδώ και πολλά χρόνια, η βιομάζα αποτέλεσε σημαντικό φυσικό πόρο για τον άνθρωπο, προκειμένου να καλύψει τις βασικές του ενεργειακές ανάγκες (π.χ. θέρμανση, μαγείρεμα, κ.α.) και να αναπτύξει δραστηριότητες σε οικονομικό, κοινωνικό και πολιτιστικό επίπεδο. Τελευταία, οι προοπτικές αξιοποίησης της βιομάζας παρουσιάζονται ως εξαιρετικά ευοίωνες, καθώς η τεχνολογική εξέλιξη και το διαθέσιμο δυναμικό συνιστούν ικανές συνθήκες για ορθολογική ανάπτυξη αυτής της ανανεώσιμης πηγής ενέργειας.

Με το όρο «βιομάζα» καλείται το βιοαποδομήσιμο κλάσμα προϊόντων, αποβλήτων και καταλοίπων βιολογικής προέλευσης από τη γεωργία (συμπεριλαμβανομένων των υπολειμμάτων φυτικής ή ζωικής προέλευσης), τη δασοκομία και τους συναφείς κλάδους (π.χ. αλιεία, υδατοκαλλιέργειες, βιοαποδομήσιμο κλάσμα βιομηχανικών και οικιακών αποβλήτων) [1].

Πιο συγκεκριμένα, ως «βιομάζα» χαρακτηρίζονται τα προϊόντα και τα υπολείμματα φυτικής ή ζωικής προέλευσης, όπως:

- **τα γεωργικά υπολείμματα**, στα οποία περιλαμβάνονται κυρίως κατάλοιπα των αγροτικών εκμεταλλεύσεων (π.χ. κλαδιά, κλαδέματα, κληματίδες, κ.α.),
- **τα παραπροϊόντα της αγροτικής βιομηχανίας** (π.χ. ελαιοπυρήνας, υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού, στέμφυλα, άχυρα κ.α.),
- **τα υπολείμματα της βιομηχανίας παραγωγής τροφίμων** (π.χ. κουκούτσια, φλούδες, υγρά απόβλητα τυροκομείων, κ.α.),
- **τα δασικά υπολείμματα**, στα οποία συμπεριλαμβάνονται υπολείμματα καλλιέργειας και καθαρισμών δασών (αραιώσεων, υλοτομιών) και υπολείμματα επεξεργασίας ξύλου (κλαδέματα, πριονίδια),
- **τα απόβλητα κτηνοτροφίας και συναφών δραστηριοτήτων** (κοπριά, άχρηστα αλιεύματα, κ.λπ.),
- **τα αστικά απόβλητα**, και συγκεκριμένα το βιοαποδομήσιμο κλάσμα των αστικών στερεών απορριμμάτων και των υγρών αποβλήτων,
- **προϊόντα από ενεργειακές καλλιέργειες (γεωργικές ή δασικές)**, οι οποίες αφορούν καλλιέργεια φυτικών ειδών κατάλληλων για την παραγωγή υγρών (π.χ. ηλίανθος, γλυκό σόργο κ.λπ.) ή στερεών βιοκαυσίμων (π.χ. ευκάλυπτος, λεύκη, ιτιά κ.α.). [2]

Γιατί βιομάζα;

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας είναι:

1. Περιβαλλοντικά οφέλη

- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου
- Βιώσιμη διαχείριση των δασών
- Αξιοποίηση γεωργικών υπολειμμάτων (π.χ. κλαδεμάτων)

2. Οικονομικά οφέλη

- Ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και μείωση των εισαγωγών ορυκτών καυσίμων
- Μειωμένο κόστος θέρμανσης για τους οικιακούς καταναλωτές και τις επιχειρήσεις
- Διεύρυνση των δυνατοτήτων ανάπτυξης μικρομεσαίων επιχειρήσεων, ενεργειακών κοινοτήτων και γεωργικών συνεταιρισμών

3. Κοινωνικά οφέλη

- Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας για τον αγροτικό πληθυσμό



Εικόνα 1: Προϊόντα δασικών καλλιεργειών

[Πηγή: www.eco-business.com, 2018]



Εικόνα 2: Προϊόντα δασικών καλλιεργειών

[Πηγή: <http://www.hellabiom.gr>, 2018]



1.1. Η φυτική βιομάζα

Η φυτική βιομάζα αποτελεί δεσμευμένη μορφή ηλιακής ενέργειας, αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών. Μέσω της διαδικασίας αυτής, η χλωροφύλλη των φυτών μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα (Εικόνα 3), χρησιμοποιώντας ως πρώτες ύλες το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) της ατμόσφαιρας, το νερό (H_2O) και τα ανόργανα συστατικά του εδάφους. Η διεργασία αυτή μπορεί να περιγραφεί σχηματικά ως εξής:

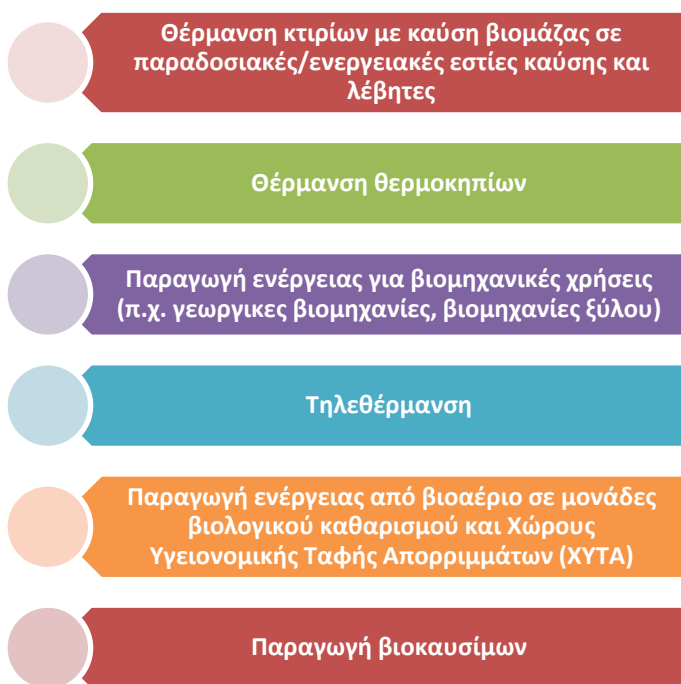


Γιατί η βιομάζα θεωρείται ανανεώσιμη πηγή ενέργειας;

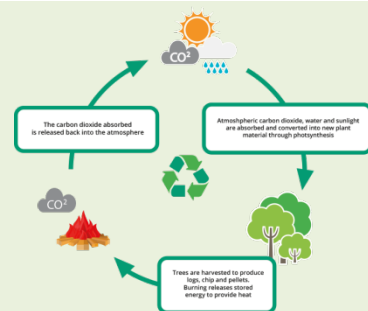
Η ενέργεια της βιομάζας θεωρείται δευτερογενής ηλιακή ενέργεια και κατ' επέκταση **πρακτικά ανεξάντλητη**. Επιπλέον, η χρήση της βιομάζας έχει **μηδενικό ισοζύγιο CO_2** , καθώς οι παραγόμενες ποσότητες του, που απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα κατά την καύση της δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία βιομάζας.

1.2. Κύριες χρήσεις της βιομάζας ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας

Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας (θερμότητας ή/και ηλεκτρισμού) απευθείας μέσω καύσης, είτε έμμεσα μετά τη μετατροπή της, μέσω κατάλληλων διεργασιών (π.χ. πυρόλυση, αεριοποίηση, αλκοολική ζύμωση, αναερόβια χώνευση κ.λπ.) σε αέρια, υγρά ή/και στερεά καύσιμα. Σήμερα, οι κύριες εφαρμογές ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας περιλαμβάνουν:



Σχήμα 1: Εφαρμογές ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας



Εικόνα 3: Ο κύκλος του άνθρακα
[Πηγή: firewoodforstoves.com/wp-content/uploads/2015/07/woodcycle2.png, 2018]



Εικόνα 4: Διαχείριση δασικών οικοσυστημάτων

[Πηγή: www.clickatlife.gr/taksidi/story/52048, 2018]



Εικόνα 5: Βιομάζα σε μορφή στοιβαγμένων καυσόξυλων

[Πηγή: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stack_of_firewood.jpg, 2018]



Εικόνα 6: Καλλιέργεια ηλιανθων για τη παραγωγή βιοκαυσίμων [Πηγή: <https://www.neakriti.gr>, 2018]



1.3. Στερεά βιοκαύσιμα για χρήση στον οικιακό τομέα

Σύμφωνα με την Ελληνική Νομοθεσία (ΥΑ 189533/7.11.2011: «Ρύθμιση θεμάτων σχετικών με τη λειτουργία των σταθερών εστιών καύσης για τη θέρμανση κτιρίων και νερού») τα καύσιμα στερεής βιομάζας, (**Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 14961-1, νέο ΕΛΟΤ EN ISO 17225-1:2014**), αποτελούν επιτρεπόμενο καύσιμο για εγκαταστάσεις θέρμανσης ή/και παραγωγής θερμού νερού χρήσης των κτιρίων του οικιακού τομέα και άλλων κτιρίων. Το Πρότυπο **ΕΛΟΤ EN 14961-1** (νέο ΕΛΟΤ EN ISO 17225-1:2014) ορίζει ως στερεά βιοκαύσιμα: «τα καύσιμα στερεής μορφής που προέρχονται άμεσα ή έμμεσα από τις ακόλουθες πηγές βιομάζας:

- προϊόντα από γεωργία και δασοκομία,
- φυτικά υπολείμματα από γεωργία και δασοκομία,
- παραπροϊόντα από βιομηχανία επεξεργασίας ξυλείας,
- ινώδη φυτικά υπολείμματα από παραγωγή χαρτοπολτού,
- υπολείμματα φελλού.

[1]

«Δεν επιτρέπεται η χρήση ως στερεά καύσιμα, για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών σε κτιριακές εγκαταστάσεις, τα ακόλουθα (δεν εμπίπτουν στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 14961-1 (νέο ΕΛΟΤ EN ISO 17225-1:2014)):

- προϊόντα ή παραπροϊόντα ζωικής προέλευσης (π.χ. κοπριά)
- απόβλητα ξυλείας που μπορεί να περιέχουν αλογονούχες οργανικές ενώσεις ή βαρέα μέταλλα (π.χ. ξυλεία κατεδαφίσεων)
- βιομάζα υδατικής προέλευσης (π.χ. άλγες)
- θερμικά-χημικά επεξεργασμένη βιομάζα (π.χ. ξυλοκάρβουνο)»

[1,5]

Πρακτικά, οι δύο κύριες μορφές των στερεών καυσίμων βιομάζας διάθεσης, είναι:

- **ακατέργαστη μορφή** (π.χ. καυσόξυλα, κουκούτσια κ.α.)
- **επεξεργασμένη μορφή** για ευκολότερη χρήση, αποθήκευση και μεταφορά (π.χ. μπριγκέτες - wood briquettes, θρύμματα ξύλων - wood chips, ή συσσωματώματα βιομάζας - wood pellets).

Ειδικότερα, οι κύριοι ορισμοί για τα καύσιμα στερεής βιομάζας (ΕΛΟΤ EN 14588) έχουν ως εξής:

- Ο όρος **καυσόξυλα** χρησιμοποιείται για τη στερεή βιομάζα ξύλου από υλοτομία, η οποία υπόκειται σε κατάλληλη προ επεξεργασία (τεμαχισμός-διαχωρισμός) πριν τη χρήση σε σταθερές εστίες θέρμανσης κτιρίων (π.χ. σόμπες, τζάκια συστήματα κεντρικής θέρμανσης). Τα καυσόξυλα θεωρούνται ως η κυριότερη εμπορική μορφή στερεών βιοκαυσίμων στην Ελλάδα. Η προέλευσή τους μπορεί να είναι από διαφορετικά δενδρικά είδη (π.χ. οξιά, πεύκο, ελιά, δρυς) και διατίθενται σε διάφορες μορφές (π.χ. κούτσουρα ή σχισμένα καυσόξυλα) και τύπους, (π.χ. χύδην, στοιβαγμένα σε παλέτες, κ.λπ.).

[1,5]



Εικόνα 7: Παραπροϊόντα από βιομηχανία επεξεργασίας ξυλείας
[Πηγή: <http://www.hellabiom.gr>, 2018]



Εικόνα 8: Φυτικά υπολείμματα από γεωργία

[Πηγή: <http://www.hellabiom.gr>, 2018]



Εικόνα 9: Καυσόξυλα από της διαχείριση γεωργικών καλλιεργειών
[Πηγή: <http://www.halkidikinow.gr>, 2018]

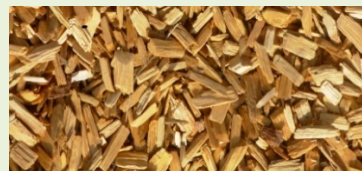


Εικόνα 10: Υπολειμματική δασική βιομάζα

[Πηγή: www.operationsforestieres.ca, 2018]

- II. Το **πυρηνόξυλο** είναι το ξυλώδες παραπροϊόν που παράγεται μέσω κατάλληλης επεξεργασίας του ελαιοπυρήνα (απομάκρυνση της υγρασίας και παραμένουστος ελαίου), που προέρχεται από τη διαδικασία της παραγωγής ελαιόλαδου. Το πυρηνόξυλο χαρακτηρίζεται γενικά από υψηλότερα ποσοστά τέφρας σε σχέση με τα εμπορικά στερεά καύσιμα ξυλώδους βιομάζας ενώ, σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία, επιβάλλεται **το περιεχόμενο έλαιο επί ξηρού να μην υπερβαίνει το 2%**¹. [1,5]
- III. Τα **θρύμματα ξύλων** είναι λεπτά τεμάχια ξύλου, μήκους 5-50 mm, τα οποία είναι κατάλληλα για χρήση κυρίως σε μεγάλους λέβητες. Η ποιότητα των θρυμμάτων βιομάζας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη διαθέσιμη πρώτη ύλη και την τεχνολογία παραγωγής. Συνήθως προέρχονται από υπολείμματα είτε δασικά είτε από πριονιστήρια κ.α. Γενικά, δεν υπόκεινται σε κάποιας μορφής επεξεργασία πέραν της φυσικής ξήρανσης, γι' αυτό έχουν συνήθως αρκετά υψηλά ποσοστά υγρασίας (έως και 50% κ.β). [1,6]
- IV. Ως «**συσσωματώματα ή πέλλετς βιομάζας (wood pellets)**» καλείται το συμπυκνωμένο καύσιμο στερεής βιομάζας, κυλινδρικής μορφής με μέση διάμετρο 6-8 mm και μήκος 5-40 mm. Παρασκευάζεται μέσω συμπίεσης καθαρών μερών ξηρής βιομάζας, η οποία μπορεί να συνίσταται από γεωργικά-δασικά υπολείμματα και παραπροϊόντα βιομηχανιών επεξεργασίας ξύλου. Για την παραγωγική διαδικασία δεν χρησιμοποιούνται χημικά πρόσθετα, παρά μόνο υψηλή πίεση και ατμός. Σήμερα, η πλειοψηφία των εμπορικά διαθέσιμων συσσωματωμάτων έχουν πιστοποιηθεί με κατάλληλα πρότυπα και εμφανίζουν: 1) το χαμηλό ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας (<10% κ.β.) διασφαλίζοντας μειωμένη παραγωγή καπνού και 2) χαμηλά ποσοστά παραγόμενης τέφρας (<3% κ.β.). [1,5,6]
- V. Ως «**μη ξύλινα συσσωματώματα ή πέλλετς**» καλούνται το συμπυκνωμένο καύσιμο στερεής βιομάζας, το οποίο παράγεται από μη ξυλώδη κονιορτοποιημένη βιομάζα (π.χ. από ελαιοπυρήνα, υπολείμματα φρούτων) με ή χωρίς πρόσθετα και έχει συνήθως κυλινδρική μορφή, διαμέτρου <25 mm που λαμβάνεται με μηχανική συμπίεση και είναι τεμαχισμένο στις άκρες². [1]
- VI. Τα **συσσωματώματα ξύλου ή μπριγκέτες** αποτελούν επίσης συμπυκνωμένη μορφή στερεής βιομάζας που παράγεται από κονιορτοποιημένη βιομάζα ξύλου, με ή χωρίς πρόσθετα, συνήθως κυβοειδούς ή κυλινδρικής μορφής. Αντίστοιχα με τα συσσωματώματα βιομάζας, τα συσσωματώματα ξύλου παρουσιάζουν χαμηλά ποσοστά υγρασίας και τέφρας, ενώ το ενεργειακό τους περιεχόμενο κυμαίνεται από 4,5-5,2 kWh/kg. [1,2]

Ποιοι είναι κύριοι τύποι στερεών καυσίμων βιομάζας που διατίθενται στο εμπόριο;



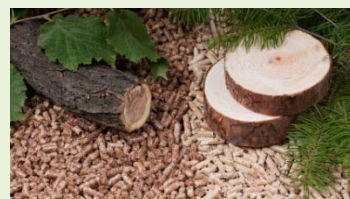
Εικόνα 11: Θρύμματα ξύλων (wood chips)

[Πηγή: <http://caldwelltreecare.com>, 2018]



Εικόνα 12: Ενεργειακή σόμπα συσσωματωμάτων

[Πηγή: www.canadianbiomassmagazine.ca, 2018]



Εικόνα 13: Συσσωματώματα (pellets)

[Πηγή: woodpelletreviews.com, 2018]



Εικόνα 14: Μπριγκέτες ξύλου

[Πηγή: www.woodfuel.coop, 2018]

¹ Για το πυρηνόξυλο και τον ελαιοπυρήνα, εκτός των προβλεπόμενων προδιαγραφών στον πίνακα Β9, (Β.9 – Typical values for olive and grape cake), του προτύπου ΕΛΟΤ EN 14961-1, επιβάλλεται το περιεχόμενο έλαιο επί ξηρού να μην υπερβαίνει το 2%. Η περιεκτικότητα σε έλαιο προσδιορίζεται με βάση τη μέθοδο που περιγράφεται στον Κανονισμό της ΕΟΚ 2568/91 σχετικά με τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών των ελαιολάδων και των πυρηνελαιών (Παράρτημα XV-περιεκτικότητα σε έλαιο των ελαιοπυρήνων). [1]

² Όσον αφορά τα μη ξύλινα πέλλετς για μη βιομηχανική χρήση, εκτός των προβλεπόμενων προδιαγραφών στον πίνακα 2, (Table 2 – Specification of pellets produced from herbaceous biomass, fruit biomass and blends and mixtures), του προτύπου ΕΛΟΤ EN 14961-6, επιβάλλεται το περιεχόμενο έλαιο επί ξηρού να μην υπερβαίνει το 2%. Η περιεκτικότητα σε έλαιο προσδιορίζεται με βάση τη μέθοδο που περιγράφεται στον Κανονισμό της ΕΟΚ 2568/91 σχετικά με τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών των ελαιολάδων και των πυρηνελαιών (Παράρτημα XV- περιεκτικότητα σε έλαιο των ελαιοπυρήνων). [1]

1.000 l πετρελαίου θέρμανσης αντιστοιχούν σε περίπου



Εικόνα 15: Αντιστοιχία ισοδύναμης ενέργειας πετρελαίου θέρμανσης με διαφορετικούς τύπους στερεών βιοκαυσίμων

Πίνακας 1: Συγκριτικός πίνακας των βασικών ιδιοτήτων και του κόστους των διαφορετικών τύπων καυσίμου στερεής βιομάζα

	Μονάδες	Συσσωματώματα ξύλου (pellets) [6]	Θρύμματα ξύλου [6]	Καυσόξυλα (20% περιεκτικότητα σε υγρασία)	Μπριγκέτες
Θερμογόνος δύναμη	GJ/t	17,0	13,4	14,4	17,2
- ανά kg	kWh/kg	4,8	3,7	4,0	4,7
- ανά m ³	kWh/m ³	3.077	744	1.400	3.025
Περιεχόμενη υγρασία	%	<10	20-40	20	<10
Φαινόμενη πυκνότητα	kg/m ³	650	200	350	450-550
Στάχτη	%	<3	<5	<3	<3
Τιμή αγοράς	€/kg	0,25	0,20	0,18	0,35
Εκτιμώμενο ενεργειακό κόστος	€/kWh	0,052	0,054	0,045	0,074

2. Τεχνολογίες αξιοποίησης βιομάζας για θέρμανση κτιρίων



Εικόνα 16: Καύση ξύλων σε παραδοσιακό τζάκι [2]



Εικόνα 17: Καύση ξύλων σε τζακόσομπα
[Πηγή: <http://www.forgreenheat.org>, 2018]



Εικόνα 18: Σύγχρονη ενεργειακή σόμπα ξύλου
[Πηγή: <https://pyroestia.gr>, 2018]

Γενικά, τα συστήματα θέρμανσης κτιριακών εγκαταστάσεων μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο βασικές κατηγορίες:

- **κεντρικής θέρμανσης**, όπου η θερμική ενέργεια του καυσίμου που παράγεται σε κατάλληλη εστία καύσης (π.χ. λέβητας), μέσω ενός φορέα μεταφοράς και του συστήματος διανομής, κατανέμεται σε διάφορους χώρους του κτιρίου προκειμένου να καλύψει τις θερμικές ανάγκες των χρηστών του.
- **τοπικής θέρμανσης**, στα οποία η ενέργεια (θερμότητα) παράγεται και προσδίδεται στον ίδιο χώρο, χωρίς την παρέμβαση ενός συστήματος μεταφοράς (π.χ. τζάκια, θερμάστρες, κ.λπ.). [5,7]

Τα τελευταία χρόνια, η χρήση τεχνολογιών αξιοποίησης καυσίμων στερεής βιομάζας (π.χ. λέβητες συσσωματωμάτων ή θρυμματισμένου ξύλου) για την παραγωγή θερμότητας και ζεστού νερού χρήσης σε κτιριακές εγκαταστάσεις εμφανίζει σημαντική αύξηση. Ταυτόχρονα, σε πολλές αγροτικές κοινότητες της Ευρώπης, το παραδοσιακό τζάκι/σόμπα αξιοποιείται είτε ως βασικό μέσο θέρμανσης είτε ως συμπληρωματικό σύστημα τοπικής θέρμανσης σε αρκετές κατοικίες. Στον Πίνακα 2 παρατίθενται συνοπτικά οι κυριότερες τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον οικιακό τομέα.

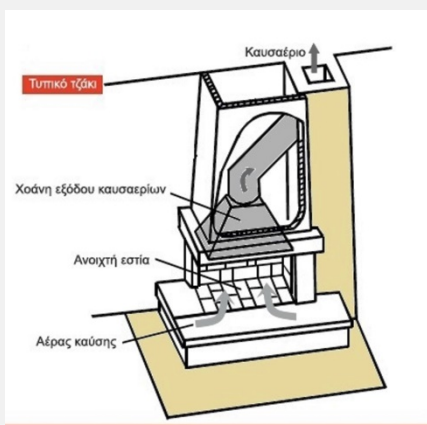
Πίνακας 2: Κύριες τεχνολογίες αξιοποίησης στερεών καυσίμων βιομάζας για θέρμανση

Συστήματα τοπικής θέρμανσης	Συστήματα κεντρικής θέρμανσης
•Τυπικό (παραδοσιακό τζάκι), με βαθμό απόδοσης: 10-20% •Ενεργειακό τζάκι (αερόθερμο), με βαθμό απόδοσης: 70-80% •Σόμπα ξύλου παραδοσιακή, με βαθμό απόδοσης: 30% •Σόμπα ξύλου (ενεργειακή-αερόθερμη) με βαθμό απόδοσης : 70-80% • Σόμπα συσσωματωμάτων (pellets), με βαθμό απόδοσης: 80-90%	• Ενεργειακό τζάκι (υδραυλικό), το οποίο μπορεί να θερμαίνει διάφορους χώρους και νερό χρήσης, με απόδοση: 80-85% •Λέβητας ξύλου ή συσσωματωμάτων (pellets) για κεντρική θέρμανση, με απόδοση: 70-90%. •Σόμπα ξύλου (ενεργειακή-υδραυλική) η οποία μπορεί να θερμαίνει διάφορους χώρους και νερό χρήσης, με βαθμό απόδοσης: 70-80%

2.1. Τυπικό (παραδοσιακό) τζάκι



Εικόνα 19: Καύση ξύλων σε παραδοσιακό τζάκι [Πηγή: Ενεργειακό Γραφείο Κυπρίων Πολιτών, 2010]



Εικόνα 20: Περιγραφή των κύριων μερών ενός παραδοσιακού τζακιού [Πηγή: Hartmann et al., 2007]



Εικόνα 21: Καύση ξύλων σε παραδοσιακό τζάκι [Πηγή: <https://artcomin.gr/>, 2018]

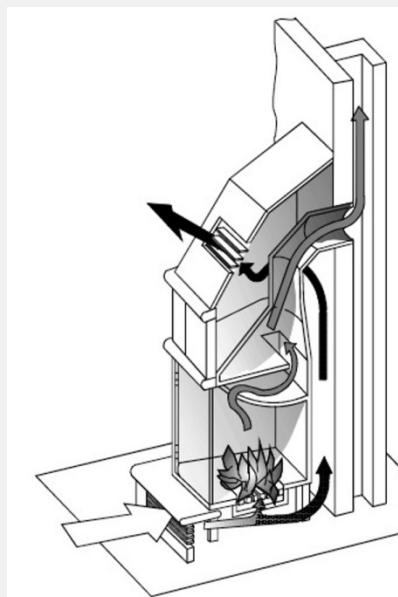
Το **τυπικό τζάκι** αποτελεί ένα συμβατικό σύστημα τοπικής θέρμανσης, κατασκευασμένο από πέτρα ή τούβλα³, το οποίο συνήθως διαθέτει μεγάλα σταθερά ανοίγματα περιμετρικά του χώρου της εστίας καύσης. Γενικά, χαρακτηρίζεται από χαμηλό βαθμό απόδοσης (10-20%) λόγω της ατελούς καύσης των ξύλων και της ανεπαρκούς ανάκτησης της θερμότητας των καυσαερίων. Η χρήση των παραδοσιακών τζακιών συνδέεται άμεσα με σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις για την υγεία των χρηστών και το περιβάλλον, εξαιτίας των αέριων ρύπων και των αιωρούμενων σωματιδίων (CO, NO_x, VOCs, PM₁, PM_{2,5}, PM₄, PM₁₀, κ.α.) που εκλύονται κατά τη διάρκεια της καύσης. [5]

Στη διεθνή βιβλιογραφία παρατίθενται αρκετές μελέτες για τη διερεύνηση των κοινωνικών και περιβαλλοντικών κινδύνων από την εκτεταμένη χρήση των παραδοσιακών μεθόδων θέρμανσης. Στην πλειοψηφία τους, οι μελέτες αυτές δείχνουν πως η ποιότητα του αέρα στο εσωτερικό μιας κατοικίας, στην οποία χρησιμοποιείται το παραδοσιακό τζάκι ως βασικό μέσο θέρμανσης, επιβαρύνεται με σημαντικά υψηλότερες συγκεντρώσεις αέριων ρύπων, συγκριτικά με τις τιμές στον περιβάλλοντα εξωτερικό χώρο της ίδιας περιοχής. Σημαντικό στοιχείο είναι πως ακόμα και οι κατοικίες που δεν χρησιμοποιούν τζάκι μπορούν να επιβαρυνθούν από γειτονικές εστίες θέρμανσης, λόγω της εκπομπής των παραπάνω αερίων, σε ποσοστό που μπορεί να φτάσει μέχρι και 70%. [2]

Πίνακας 3: Βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των παραδοσιακών τζακιών

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
✓ Χαμηλό κόστος εγκατάστασης (1.000-1.500€) ✓ Αισθητική ένταξη σε ένα χώρο ✓ Δεν απαιτείται ηλεκτρική διασύνδεση	- Χαμηλή απόδοση και αυξημένη κατανάλωση ξύλου (ή μπριγκέτας) - Μη ελεγχόμενη και συνήθως ατελής καύση - Αυξημένες εκπομπές αέριων ρύπων και αιωρούμενων σωματιδίων - Αυξημένες απαιτήσεις για απομάκρυνση της στάχτης - Χειροκίνητη ανάφλεξη και τροφοδοσία - Μειωμένη ασφάλεια

³ Τα τελευταία χρόνια υπάρχουν προκατασκευασμένα τζάκια, που αποτελούνται από μεταλλικά φύλλα και βάσεις από μαντέμι ή χάλυβα, ενώ έχουν εφαρμοστεί και κατάλληλες πόρτες.



Εικόνα 22: Περιγραφή των κύριων μερών ενός αερόθερμου ενεργειακού τζακιού

[Πηγή: Hartmann et al., 2007]



Εικόνα 23: Καύση ξύλων σε ενεργειακό τζάκι [2]

"...το ήξερες ότι το ενεργειακό τζάκι έχει έως και 4 φορές υψηλότερη απόδοση από το παραδοσιακό τζάκι (ανοικτού θαλάμου);"

2.2. Ενεργειακό τζάκι

Το ενεργειακό τζάκι σε ένα κτίριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως σύστημα τοπικής είτε ως σύστημα κεντρικής θέρμανσης, ανάλογα με το ρευστό μέσο (π.χ. νερό, αέρας) που διακινείται για τη μεταφορά της θερμότητας. Με βάση τα παραπάνω, τα ενεργειακά τζάκια ταξινομούνται σε δύο βασικές κατηγορίες [2]:

1. **Ενεργειακό τζάκι (αερόθερμο):** εκμεταλλεύεται τη θερμότητα που παράγεται στο χώρο καύσης και διοχετεύει θερμό αέρα μέσω κατάλληλων αεραγωγών στο χώρο που έχει εγκατασταθεί (Εικόνα 22). Η κίνηση του αέρα μπορεί να γίνεται είτε με φυσική ροή είτε με ανεμιστήρα.
2. **Ενεργειακό τζάκι (υδραυλικό):** λειτουργεί ως μονάδα παραγωγής ζεστού νερού, το οποίο διοχετεύεται στα θερμαντικά σώματα (ή ενδοδαπέδια), για θέρμανση και άλλων χώρων του κτιρίου, πέραν του χώρου εγκατάστασής του.

Γενικά, οι δύο τύποι ενεργειακού τζακιού επιτυγχάνουν βέλτιστη εκμετάλλευση της θερμότητας που εκλύεται από την καύση των καυσίμων στερεής βιομάζας (π.χ. καυσόξυλα, μπριγκέτες ξύλου), με το βαθμό απόδοσής τους να φτάνει το 70-80%. Η τιμή αυτή είναι σημαντικά υψηλότερη σε σχέση με την αντίστοιχη τιμή για τα παραδοσιακά (συμβατικά) τζάκια. Η σημαντική αυτή βελτίωση έγκειται στο γεγονός ύπαρξης δευτερογενούς θαλάμου καύσης.

Επιπλέον, θα πρέπει να αναφερθεί ότι η μέγιστη απόδοση ενός ενεργειακού τζακιού επιτυγχάνεται όταν η πόρτα του είναι κλειστή και εντός της εστίας καίγονται καύσιμα κατάλληλα (π.χ. καυσόξυλα με χαμηλή υγρασία). Τέλος, επισημαίνεται το γεγονός ότι η μετατροπή ενός παραδοσιακού τζακιού σε ενεργειακό μπορεί να υλοποιηθεί με εύκολο τρόπο και σχετικά χαμηλό κόστος. [2,5]

Πίνακας 4: Βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ενεργειακών τζακιών

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
✓ Υψηλή λειτουργική απόδοση ✓ Οικονομία στην κατανάλωση ξύλου (έως και 2 kg/h) ✓ Περιορισμένη εκπομπή καυσαερίων, ως αποτέλεσμα της δευτερογενούς καύσης και της πόρτας που καλύπτει την περιοχή καύσης ✓ Δυνατότητα ελέγχου της καύσης ανάλογα με την επιθυμητή θερμοκρασία μέσω θερμοστάτη ✓ Μεγαλύτερη ασφάλεια ✓ Ελαχιστοποίηση οσμών και αιθάλης στο χώρο θέρμανσης ✓ Λογικό κόστος εγκατάστασης και συντήρησης (2.500-4.000€ και 60€/γ, αντίστοιχα)	- Απαιτήση για τακτική απομάκρυνση της στάχτης - Χειροκίνητη ανάφλεξη και τροφοδοσία - Στις περισσότερες περιπτώσεις απαιτείται ηλεκτρική διασύνδεση



Εικόνα 24: Ενεργειακή σόμπα
συσσωματωμάτων

[Πηγή: <http://www.okofen.be/be-nl/home/>, 2018]



Εικόνα 25: Συσσωματώματα [Πηγή:
AEBIOM, 2016]



Εικόνα 26: Λέβητας συσσωματωμάτων
[Πηγή: <http://www.okofen.be>, 2018]

2.3. Σόμπα ξύλου ή συσσωματωμάτων (pellet)

Ο ευρύτερος όρος «σόμπα» αναφέρεται σε επιδαπέδια, συμβατικά ή/και ενεργειακά συστήματα τοπικής ή κεντρικής θέρμανσης, που μπορούν να λειτουργούν με διάφορα είδη καυσίμων (π.χ. καυσόξυλα, συσσωματώματα), ανάλογα με την κατασκευή τους. Συνήθως, η εστία καύσης και τα τοιχώματά της κατασκευάζονται από χυτοσίδηρο, ενώ η απομάκρυνση της τέφρας γίνεται είτε από ειδικό δοχείο κάτω από τη σχάρα καύσης, είτε απευθείας από την εστία σε περίπτωση που δεν υπάρχει σχάρα. Γενικά, οι σόμπες παρέχουν τη δυνατότητα ρύθμισης του αέρα καύσης, μέσω χειροκίνητης ή αυτόματης διαχείρισης ενός κινούμενου διαφράγματος, προκειμένου να επιτύχουν υψηλότερους βαθμούς απόδοσης.

Στις απλές σόμπες, η τροφοδοσία ξύλου γίνεται χειρωνακτικά και ο βαθμός απόδοσής τους κυμαίνεται μεταξύ 30-40%. Ξεχωριστή κατηγορία αποτελούν οι σόμπες συσσωματωμάτων (pellets), καθώς είναι κατάλληλες για συνεχή χρήση και ταυτόχρονα εμφανίζουν υψηλό βαθμό απόδοσης (>80%). Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που παρουσιάζουν οι σόμπες συσσωματωμάτων παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 5: Βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των σομπών συσσωματωμάτων

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
✓ Υψηλή θερμική απόδοση ✓ Αυτόματη ανάφλεξη ✓ Εύκολος έλεγχος λειτουργίας μέσω ηλεκτρονικού πίνακα ✓ Μικρές απαιτήσεις συντήρησης, και κατ' επέκταση χαμηλό κόστος ✓ Η πρωτογενής και δευτερογενής καύση των αερίων ελέγχεται από ανεμιστήρα χαμηλού θορύβου ✓ Αξιοποιεί καθαρό και εύκολο στη χρήση καύσιμο ✓ Μειωμένες εκπομπές αερίων ρύπων	- Χειρωνακτική φόρτωση του καυσίμου στη χοάνη - Στις περισσότερες περιπτώσεις απαιτείται ηλεκτρική διασύνδεση

[2,5]

2.4. Λέβητες στερεών καυσίμων

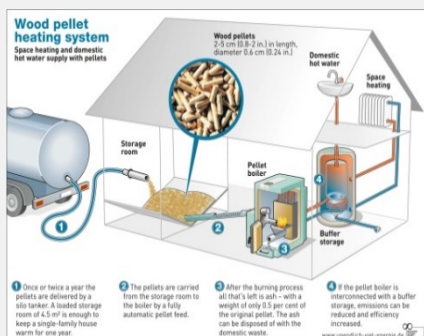
Ο λέβητας είναι η συσκευή στην οποία η χημική ενέργεια του καυσίμου μέσω της καύσης μετατρέπεται σε θερμική. Η παραγόμενη θερμική ενέργεια μεταφέρεται στο ρευστό του συστήματος που επανακυκλοφορεί σε κλειστό δίκτυο και επιτυγχάνει τη θέρμανση χώρων, νερού χρήσης ή την παραγωγή ατμού. [5,7]



Εικόνα 27: Σχηματικό διάγραμμα
λέβητα βιομάζας (θρυμματών ξύλου)
[Πηγή: <http://www.fire-power.it>, 2018]



Εικόνα 28: Λέβητας βιομάζας-
ξυλολέβητας [Πηγή:
<http://www.buffertanks.co.uk>, 2018]



Εικόνα 29: Παράδειγμα σύγχρονου
συστήματος θέρμανσης με
συσσωματώματα ξύλου-pellets
(αυτόματης τροφοδοσίας) [Πηγή:
www.revermont.org/modern-wood-pellet-boiler-consumer-guide, 2018]

Σήμερα, οι λέβητες βιομάζας διατίθενται για διαφόρους τύπους καυσίμων βιομάζας, σε διάφορα μεγέθη και βαθμούς αυτοματισμού και μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με τον τύπο καυσίμου στις εξής κατηγορίες:

- λέβητες για θρυμματισμένο ξύλο (wood chips),
- λέβητες συσσωματωμάτων (pellets),
- ξυλολέβητες,
- λέβητες πυρηνόξυλου.

[5,8]

Οι λέβητες βιομάζας, νέας τεχνολογίας, χρησιμοποιούν αρκετά στοιχεία αυτοματισμού, όσον αφορά την τροφοδοσία καυσίμου, η οποία γίνεται με αυτόματο τρόπο από το χώρο αποθήκευσης, και τη διαδικασία καύσης. Ειδικότερα, η αυτόματη ρύθμιση της λειτουργίας των σύγχρονων λεβήτων βιομάζας σε υψηλές θερμοκρασίες, με ηλεκτρονικά ελεγχόμενη παροχή αέρα για την επίτευξη βέλτιστων συνθηκών καύσης, διασφαλίζει υψηλό βαθμό αξιοποίησης (- 90%) της παρεχόμενης καύσιμης ύλης. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που εμφανίζουν οι λέβητες βιομάζας συνοψίζονται στον πίνακα 6.

Πίνακας 6: Βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των λεβήτων στερεών καυσίμων

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
✓ Μπορούν να συνδεθούν ως σύστημα κεντρικής θέρμανσης ή/και σε παράλληλη σύνδεση με υφιστάμενο λέβητα θέρμανσης πετρελαίου, στερεών καυσίμων κ.α. ✓ Παρέχουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, ασφάλεια και χαμηλές αέριες εκπομπές ✓ Σχετικά χαμηλό κόστος αγοράς και εγκατάστασης ✓ Δυνατότητες για υψηλό επίπεδο αυτοματισμών τροφοδοσίας, λειτουργίας, καθαρισμού των εναλλακτών θερμότητας και απομάκρυνσης της στάχτης	- Αυξημένες απαιτήσεις για χώρο αποθήκευσης καύσιμης ύλης - Αυξημένες απαιτήσεις για συστηματικό ρυθμό τροφοδοσίας καυσίμου - Διαθεσιμότητα πρώτης ύλης (π.χ. μία χρονιά με μικρή ελαιοπαραγωγή συνεπάγεται αύξηση κόστους ή ακόμα και έλλειψη πρώτης ύλης)



2.5. Συγκριτική αξιολόγηση διαφόρων τεχνολογιών θέρμανσης

Στον παρακάτω Πίνακα 7 παρουσιάζονται επιγραμματικά τα κυριότερα αποτελέσματα συγκριτικής αξιολόγησης πέντε διαφορετικών θερμικών συγκροτημάτων, όσον αφορά το κόστος θέρμανσης και την περιβαλλοντική απόδοση τους.

Πίνακας 7: Σύγκριση οικονομικών, ενεργειακών και περιβαλλοντικών στοιχείων για κάλυψη θερμικών αναγκών 8.000 kWh/έτος από 5 διαφορετικά είδη θερμικών συγκροτημάτων

	Παραδοσιακό τζάκι (ανοικτή εστία)	Ενεργειακό τζάκι (κλειστή εστία)	Λέβητας βιομάζας	Λέβητας πετρελαίου	Σόμπα συσσωματωμάτων (pellets)
Απόδοση (%)	20	80	85	87	90
Τύπος καυσίμου	καυσόξυλα	καυσόξυλα	συσσωματώματα (pellets)	πετρέλαιο θέρμανσης	συσσωματώματα (pellets)
Αποδιδόμενη ενέργεια καυσίμου (kWh/kg ή kWh/l)	0,8	3,2	4,1	8,7	4,3
Κόστος καυσίμου (€/kg)	0,18	0,18	0,25	1,1	0,25
Απαίτηση καύσιμου (σε kg) για την παραγωγή θερμικής ενέργειας = 8000 kWh/ έτος	10.000	2.500	1.950	920	1.860
Κόστος λειτουργίας (€/έτος)	1.800	450	487,5	1.012	465
Κόστος εγκατάστασης (€)	1.500	4.000	4.000	1.800	2.500
Κόστος συντήρησης (€/έτος)	60	100	150	100	80
Δείκτες εκπομπών ανά τύπο καυσίμου και τεχνολογία θέρμανσης [9]	CO₂ (g/kWh_{th})	0	0	296	0
	CO (g/kWh_{th})	58	14,9	1,4	1,4
	NO_x (mg/kWh_{th})	1.152	288	312	312
	SO_x (mg/kWh_{th})	144	36	48	48
	PM10 (mg/kWh_{th})	2.160	540	144	13,1
	PCDD/F (ng/kWh_{th})	1	0,25	0,3	n/a
	VOCs (mg/kWh_{th})	2.880	720	28,8	n/a
	PAH (mg/kWh_{th})	2,9	0,73	0	n/a
ΚΥΡΙΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	✓ Χαμηλό κόστος εγκατάστασης	✓ Υψηλή λειτουργική απόδοση	✓ Παράλληλη σύνδεση με υφιστάμενο σύστημα θέρμανσης	✓ Μικρό κόστος αγοράς και εγκατάστασης	✓ Υψηλή θερμική απόδοση
		✓ Μειωμένη κατανάλωση ξύλου	✓ Χαμηλές αέριες εκπομπές	✓ Μεγάλη εμπειρία στη χρήση και συντήρηση	✓ Αυτόματη ανάφλεξη
		✓ Περιορισμένη εκπομπή καυσαερίων	✓ Μικρό κόστος εγκατάστασης		✓ Εύκολος έλεγχος λειτουργίας
		✓ Δυνατότητα ελέγχου της καύσης	✓ Υψηλό επίπεδο αυτοματισμού		✓ Περιορισμένες απαιτήσεις συντήρησης
		✓ Ασφάλεια			✓ Χαμηλά επίπεδα θορύβου
		✓ Ελαχιστοποίηση οσμών και καπνού			
		✓ Κόστος εγκατάστασης και συντήρησης			

3. Χρήσιμες συμβουλές για το σωστό σχεδιασμό, εγκατάσταση και συντήρηση συστημάτων βιομάζας για θέρμανση κτιρίων

3.1. Επιλογή τύπου λέβητα στερεών καυσίμων βιομάζας

Κρίσιμοι παράγοντες κατά τη διαδικασία επιλογής λέβητα βιομάζας αποτελούν:

- **Η διαθεσιμότητα χώρου**, καθώς πρέπει να ληφθούν υπόψη οι απαιτήσεις για την εγκατάσταση του λέβητα (οι λέβητες βιομάζας είναι μεγαλύτεροι σε όγκο από τους αντίστοιχους συμβατικών καυσίμων) και της αποθήκευσης του ξυλώδους καυσίμου.
- **Οι ανάγκες θέρμανσης του κτιρίου**: Η διαστασιολόγηση του λέβητα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τη μελέτη θέρμανσης του κτιρίου, δεδομένου ότι η βέλτιστη απόδοση επιτυγχάνεται όταν ο λέβητας λειτουργεί σε πλήρες φορτίο. Συνεπώς, πρέπει να αποφεύγεται η υπερδιαστασιολόγηση των συστημάτων καθώς σε καμία περίπτωση δεν επιτυγχάνεται καλύτερος βαθμός απόδοσης.
- **Η προσβασιμότητα του χώρου**: Είναι προφανές ότι θα πρέπει να εξασφαλίζεται κατάλληλη πρόσβαση για τα οχήματα που θα παραδίδουν το καύσιμο στερεής βιομάζας, ειδικά για παραγγελίες θρυμματισμένου ξύλου και συσσωματωμάτων χύδην. [5,6,8]



Εικόνα 30: Παράδειγμα αποθήκευσης στερεών καυσίμων βιομάζας [Τσούτσος et al.,1997]

3.1.1. Εγκατάσταση και πρόσθετα συστήματα λέβητα στερεών καυσίμων βιομάζας

Η εγκατάσταση των λεβήτων βιομάζας συνιστάται να γίνεται σε επαρκώς αεριζόμενα λεβητοστάσια ενώ επιπλέον, προτείνεται η χρήση ενός δοχείου αδρανείας για την αποθήκευση θερμού νερού χρήσης, καθώς συμβάλλει στην άμεση και ομαλή λειτουργία του λέβητα. Παράλληλα, ο σωστός σχεδιασμός απαγωγής των καυσαερίων διασφαλίζει τη μεγιστοποίηση του φυσικού ελκυσμού που προσφέρει ασφάλεια (αποφυγή πυρκαγιάς, συσώρευσης επικίνδυνων αερίων ρύπων) και καλή λειτουργία του λέβητα. Όσον αφορά τους λέβητες συσσωματωμάτων με αυτοματοποιημένη τροφοδοσία απαιτείται ηλεκτρική σύνδεση για τη λειτουργία κοχλιών, συστημάτων ελέγχου κ.λπ. [5,6,8].

"... ο καλός αερισμός του λεβητοστασίου, ο σωστός σχεδιασμός της καπνοδόχου και η χρήση δοχείου αδρανείας διασφαλίζουν την ομαλή λειτουργία του λέβητα!"



3.1.2. Επιλογή και αποθήκευση στερεών καυσίμων βιομάζας

Γενικά, ένα λέβητας βιομάζας ή μια εστία καύσης μπορεί να λειτουργήσει με διαφορετικούς τύπους και ποιότητες καυσίμων, υπό τους περιορισμούς που τίθενται από το σύστημα τροφοδοσίας. Ωστόσο, η ορθή λειτουργία του/της προϋποθέτει τη χρήση κατάλληλων και πιστοποιημένων καυσίμων, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Ο χρήστης θα πρέπει ακόμα να λαμβάνει την απαιτούμενη μέριμνα ώστε τα καύσιμα στερεής βιομάζας που προμηθεύεται, να παραμένουν προστατευμένα από την υγρασία και τις καιρικές συνθήκες (αποθήκευση σε κατάλληλο χώρο). [5,6,8]

"... η ορθή λειτουργία του λέβητα ή μιας εστίας καύσης βιομάζας προϋποθέτει τη χρήση κατάλληλων και πιστοποιημένων καυσίμων!"

"... τα καύσιμα στερεής βιομάζας πρέπει να παραμένουν προστατευμένα από την υγρασία και τις καιρικές συνθήκες!"

3.1.3. Συντήρηση λέβητα στερεών καυσίμων βιομάζας

Η πιο κοινή εργασία συντήρησης είναι ο καθαρισμός του λέβητα από την τέφρα του καυσίμου. Εκτός του ετήσιου καθαρισμού από ειδικό συνεργείο, που αποτελεί συχνά όρο για την εγγύηση του λέβητα, απαιτείται και ο τακτικός καθαρισμός από το χρήστη. Η συχνότητα του καθαρισμού εξαρτάται από το είδος του καυσίμου, την περιεκτικότητά του σε τέφρα και τη λειτουργία του λέβητα.

"...η συχνότητα του καθαρισμού του λέβητα εξαρτάται από το είδος του καυσίμου, την περιεκτικότητά του σε τέφρα και το χρόνο λειτουργίας του!"

Ορισμένοι λέβητες έχουν συστήματα αυτόματης απομάκρυνσης και συμπίεσης της τέφρας σε κλειστό δοχείο, το οποίο πρέπει να καθαρίζεται σε πιο αραιά χρονικά διαστήματα. Η καλή λειτουργία απαιτεί επίσης τον τακτικό καθαρισμό της καπνοδόχου από εξειδικευμένο συνεργείο, συνήθως σε ετήσια βάση. [5,6,8]

Σημεία κλειδιά για τον ορθό σχεδιασμό και χρήση ενός λέβητα βιομάζας

1. ΚΑΛΟΣ ΛΕΒΗΤΑΣ

- ✓ Αποδοτικότητα άνω του 85%
- ✓ Χαμηλές εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα (CO) ($<200 \text{ mg/m}^3$) και αιωρούμενων σωματιδίων ($<150 \text{ mg/m}^3$)
- ✓ Αυτόματη τροφοδοσία καυσίμου
- ✓ Αυτόματος καθαρισμός των εναλλακτών θερμότητας και αυτόματη συλλογή στάχτης
- ✓ Υψηλή αξιοπιστία

2. ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

- ✓ Αποθήκευση του καυσίμου κοντά στον λέβητα
- ✓ Χωρητικότητα του χώρου αποθήκευσης τουλάχιστον 30 m^3
- ✓ Εύκολη πρόσβαση στα οχήματα μεταφοράς/διανομής του στερεού καυσίμου βιομάζας
- ✓ Ελάχιστες προδιαγραφές λεβητοστασίου: επιφάνεια 20 m^2 και ύψος $2,5 \text{ m}$
- ✓ Τήρηση των κανόνων πυρασφάλειας

3. ΚΑΛΗ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΦΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

- ✓ Κατάλληλη εκπαίδευση του υπευθύνου λειτουργίας και καθαρισμού του λέβητα
- ✓ Τακτική συντήρηση του λέβητα και διατήρηση αρχείου εργασιών

3.2. Επιλογή τύπου εστίας καύσης (π.χ. παραδοσιακό ή ενεργειακό τζάκι)

Για την εγκατάσταση μιας εστίας καύσης ως σύστημα θέρμανσης μιας οικίας, σημαντικοί παράγοντες που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι:

- **Ο τύπος της εστίας καύσης (τζακιού):** Τα ενεργειακά τζάκια, αν και έχουν υψηλότερο κόστος εγκατάστασης, εμφανίζουν σημαντικά υψηλότερη απόδοση (έως και 85% κατά περίπτωση), σε σχέση με τα συμβατικά τζάκια ανοιχτού θαλάμου, των οποίων η απόδοση δεν ξεπερνάει το 30%.
- **Η ποιότητα των εργασιών εγκατάστασης του τζακιού:** Η κατασκευή και τοποθέτηση του τζακιού θα πρέπει να πραγματοποιείται κατόπιν σχετικής τεχνικής μελέτης, προκειμένου να εντάσσεται σωστά στο χώρο και να εγκαθίσταται από εξειδικευμένους τεχνίτες, προκειμένου να αποφεύγονται πιθανές απώλειες θερμικής ενέργειας και λειτουργικά προβλήματα.

3.2.1. Εγκατάσταση και πρόσθετα στοιχεία τυπικών εστιών καύσης

Η καμινάδα και το αντιανεμικό καπέλο, αποτελούν σημαντικούς παράγοντες για την ομαλή λειτουργία ενός τζακιού. Συγκεκριμένα, το ύψος και η διάμετρος της καμινάδας θα πρέπει να είναι συμβατά με το μέγεθος της εστίας, ενώ η κατασκευή της προτείνεται να είναι κατακόρυφη ώστε να αποφεύγονται οι αλλαγές διεύθυνσης (μεγάλος αριθμός γωνιών). Κατά συνέπεια, ο ορθός σχεδιασμός της εξαγωγής καυσαερίων, που λαμβάνει υπόψη αυτές τις παραμέτρους, μπορεί να διασφαλίσει τον φυσικό ελκυσμό και να καταστήσει ασφαλή τη συστηματική χρήση της εστίας (αποφυγή πυρκαγιάς, συσσώρευσης επικίνδυνων αερίων ρύπων). Επιπλέον, τα παρελκόμενα στοιχεία στην περίπτωση του ενεργειακού τζακιού (υδραυλικού), όπως ο κυκλοφορητής και το δοχείο διαστολής, θα πρέπει να είναι υψηλής ποιότητας προκειμένου να διασφαλίζεται η ομαλή κυκλοφορία του ρευστού μέσου. [10]

"... το ύψος και η διάμετρος της καμινάδας θα πρέπει να είναι συμβατά με το μέγεθος της εστίας καύσης!"

3.2.2. Επιλογή και αποθήκευση στερεών καυσίμων βιομάζας (καυσόξυλα)

Όπως αναφέρθηκε (§ 3.1.2), τα ειδικά χαρακτηριστικά του καυσίμου επηρεάζουν την ποιότητα της καύσης. Κατά συνέπεια, συνίσταται η προμήθεια καυσόξυλων με χαμηλό βαθμό υγρασίας και υψηλή θερμογόνο δύναμη ή/και πιστοποιημένες μπριγκέτες ξύλου. Χρήσιμες συμβουλές για την αγορά και αποθήκευση των καυσόξυλων παρατίθενται ακολούθως:

- ✓ **Έγκαιρη προμήθεια καυσόξυλων:** Προτείνεται η προμήθεια των καυσόξυλων να πραγματοποιείται κατά τη θερινή περίοδο, οπότε και τα ξύλα αναμένεται να έχουν πολύ χαμηλά ποσοστά υγρασίας, ενώ παράλληλα, η τιμή αγοράς τους αναμένεται να είναι χαμηλότερη σε σχέση με την τιμή κατά την περίοδο αιχμής.
- ✓ **Σωστή αποθήκευση:** Τα καυσόξυλά θα πρέπει να αποθηκεύονται σε χώρους που αερίζονται επαρκώς και προστατεύονται από τη βροχή και την υγρασία (π.χ. αποθήκες ή υπόστεγα). Επίσης, τα ξύλα πρέπει να στοιβάζονται αραιά προκειμένου να διέρχεται ο απαιτούμενος αέρας ανάμεσά τους, και να αποβάλλεται η παραμένουσα υγρασία ώστε να αποφεύγεται η παραγωγή μυκήτων. [10]

3.2.3. Συντήρηση και ασφαλής λειτουργία τυπικών εστιών καύσης



Η σωστή συντήρηση και ο καθαρισμός του τζακιού αποτελούν εξαιρετικής σημασίας διαδικασίες, καθώς τυχόν υπολείμματα τέφρας και άλλων παραγόντων που σχετίζονται με την ελλιπή συντήρηση του τζακιού, επιφέρουν σημαντική μείωση στην απόδοσή του.

Συνοπτικά, χρήσιμες συμβουλές για την συντήρηση των εστιών καύσης είναι:

- ✓ **Καθαρισμός της καπνοδόχου:** Απαιτείται, τουλάχιστον μια φορά το χρόνο, ο καθαρισμός της καπνοδόχου με εφαρμογή της συμβατικής μεθόδου με βούρτσα. Παράλειψη καθαρισμού μπορεί να οδηγήσει σε ανάφλεξη της καπνιάς (άκαυστων υδρογονανθράκων), προκαλώντας σοβαρότατες βλάβες στην εστία και τον καπναγωγό του τζακιού, ενώ αποτελεί σοβαρό κίνδυνο υποβάθμισης του εσωτερικού αέρα της κατοικίας.
- ✓ **Οπτικός έλεγχος της καπνοδόχου:** Συστήνεται ο περιοδικός έλεγχος της καπνοδόχου για σώματα τα οποία μπορεί να φράσσουν την καπνοδόχο και να εμποδίζουν την απαγωγή του καπνού - μείωση ελκυσμού καπνοδόχου.
- ✓ **Ορθολογική χρήση της εστίας καύσης:** Μια εστία καύσης αποτελεί συσκευή, η οποία χρήζει ιδιαίτερης προσοχής και σωστής χρήσης.
 - Γενικά, δεν θα πρέπει να υπερβαίνονται τα όρια και η αντοχή της, με συνεχή καύση στο μέγιστο των δυνατοτήτων της, προκειμένου να θερμανθούν χώροι μεγαλύτεροι από αυτούς που μπορεί να θερμάνει.
 - Δεν θα πρέπει να καίγονται ύλες που προέρχονται από ξύλα πατωμάτων, νοβοπάν, σανίδες ή βαμμένα ξύλα, ενώ απαγορεύεται η ρίψη οποιουδήποτε εύφλεκτου υγρού (π.χ. βενζίνη, οινόπνευμα) για την ενίσχυση ή την αναζωπύρωση της φωτιάς καθώς υπάρχει κίνδυνος ανάφλεξης.
 - Όταν αφαιρείται η στάχτη από το τζάκι ή τη σόμπα καυσόξυλων, θα πρέπει να χρησιμοποιείται κατάλληλος μεταλλικός εξοπλισμός για να αποφευχθεί ο κίνδυνος να πέσουν αναμμένα υπολείμματα σε εύφλεκτη επιφάνεια.
 - Είναι σημαντικό να υπάρχει αναπλήρωση του αέρα που μειώνεται εξαιτίας της λειτουργίας του τζακιού.
 - Συστήνεται να υπάρχει πάντα δίπλα στο τζάκι ένας πυροσβεστήρας, καθώς και η τοποθέτηση αισθητήρα καπνού στο χώρο που βρίσκεται το τζάκι.
- ✓ **Οδηγίες ασφαλείας σε περίπτωση ειδικών συνθηκών κατά τη χρήση μιας ενεργειακής εστίας καύσης:** Γενικά, υπάρχουν δύο τρόποι να τοποθετηθεί ένα υδραυλικό τζάκι: α) με ανοιχτό δοχείο διαστολής και β) με κλειστό δοχείο διαστολής. Και στις δύο περιπτώσεις, σε περίπτωση διακοπής ρεύματος, θα πρέπει να σταματήσει άμεσα η τροφοδοσία του τζακιού και ταυτόχρονα, να περιοριστεί η παροχή του εξωτερικού αέρα, ώστε η φλόγα να χαμηλώσει και σταδιακά να σβήσει. [10]

...σε περίπτωση διακοπής ρεύματος, θα πρέπει άμεσα να σταματήσει η λειτουργία του τζακιού!

3.3. Διάθεση Στάχτης

Οι στάχτες του ξύλου δεν είναι επικίνδυνες και συχνά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως λίπασμα. Ενδεικτικά, στον πίνακα που ακολουθεί συνοψίζονται τα κυριότερα συστατικά της στάχτης από θρύμματα ξύλου.

Συστατικά στάχτης	SiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O
(% του βάρους)	24,6	46,6	4,8	6,9	0,5	3,8

[6]



4. Χρήσιμοι σύνδεσμοι

1. Εργαστήριο Ανανεώσιμων και Βιώσιμων Ενεργειακών Συστημάτων:
 - i. Τεχνικός Οδηγός με τίτλο «Θέρμανση κτιρίων και κατοικιών με εφαρμογές βιομάζας. Οδηγός επενδυτών»: http://www.resel.tuc.gr/images/stories/docs/4.ependytes_final.pdf
 - ii. Τεχνικός Οδηγός με τίτλο «Θέρμανση κτιρίων και κατοικιών με εφαρμογές βιομάζας. Τεχνικός οδηγός»: http://www.resel.tuc.gr/images/stories/docs/6.texnikos_final.pdf
 - iii. Τεχνικός Οδηγός με τίτλο «Χρήσεις Βιομάζας Ξυλείας: εφαρμογές στον οικιακό τομέα»: <http://www.resel.tuc.gr/images/stories/docs/19.cea-biomass.pdf>
2. Ελληνική Εταιρεία Βιομάζας:
 - i. Νομοθεσία Στερεών Βιοκαυσίμων:
<http://www.hellabiom.gr/%CE%B5%CE%BB%CE%BB%CE%B7%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AC-%CF%83%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%B5%CE%AC-%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BA%CE%B1%CF%8D%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%B1/>
3. ΥΠΕΚΑ: <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=288&language=el-GR>
4. Ενεργειακό Γραφείο Κυπρίων Πολιτών :
 - i. Εγχειρίδιο για εγκαταστάτες και συντηρητές λεβήτων και θερμαστών βιομάζας:
http://www.cea.org.cy/we_qualify/wp-content/uploads/2015/09/%CE%95%CE%B3%CF%87%CE%B5%CE%B9%CF%81%CE%AF%CE%B4%CE%B9%CE%BF-%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CE%B5%CE%B3%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%AC%CF%84%CE%B5%CF%82-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CF%83%CF%85%CE%BD%CF%84%CE%B7%CF%81%CE%B7%CF%84%CE%AD%CF%82-%CE%BB%CE%B5%CE%B2%CE%AE%CF%84%CF%89%CE%BD-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%B1%CF%83%CF%84%CF%81%CF%8E%CE%BD-%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BC%CE%AC%CE%B6%CE%B1%CF%82.pdf
5. Ευρωπαϊκό έργο Greenpartnerships :
 - i. Ενότητα Βιομάζα:
<http://www.greenpartnerships.eu/wp/el/category/%CE%B2%CE%B9%CE%B2%CE%BB%CE%B9%CE%BF%CE%B8%CE%AE%CE%BA%CE%B7/%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BC%CE%AC%CE%B6%CE%B1-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BA%CE%B1%CF%8D%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%B1/>

5. Βιβλιογραφικές πηγές

1. Υ.Α. 198/2013 (ΦΕΚ 2499 Β/04.10.13): «Καύσιμα στερεής βιομάζας για μη βιομηχανική χρήση – Απαιτήσεις και Μέθοδοι Δοκιμών», [2013 ΥΑ 198 Καύσιμα Στερεής Βιομάζας](#)
2. Ενεργειακό Γραφείο Κυπρίων Πολιτών, Χρήσεις Βιομάζας Ξυλείας: εφαρμογές στον οικιακό τομέα-Τεχνικός οδηγός, 2010
3. V. Francescato, E. Antonini, L. Zuccoli Bergomi, C. Metschina, C. Schnedl, N. Krajnc, K. Kosciak, G. Nocentini, S. Stranieri, Εγχειρίδιο καυσίμων ξύλου (Ι. Ελευθεριάδης, Ι. Παπαμιχαήλ: επιμέλεια μετάφρασης), Ευρωπαϊκό έργο Biomass Trade Centre II, www.biomasstradecentre2.eu, 2008



4. Θ. Τσούτσος & Ι. Κανάκης, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας: Τεχνολογίες και Περιβάλλον, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 2013
5. Π. Γραμμέλης & Ε. Καραμπίνης, Οδηγός στερεών βιοκαυσίμων και λεβήτων βιομάζας για εφαρμογές θέρμανσης, 2014
6. Θ. Τσούτσος & Ι. Μαυρογιάννης, Τεχνικός οδηγός - Θέρμανση κτιρίων και κατοικιών με εφαρμογές βιομάζας, ΚΑΠΕ, 2003
7. Υ.Α. οικ. 189533/2011 (ΦΕΚ 2654 Β/09.11.11): «Ρύθμιση θεμάτων σχετικών με τη λειτουργία των σταθερών εστιών καύσης για τη θέρμανση κτιρίων και νερού» 2011_ΥΑοικ.189533_Σταθερές Εστίες Καύσης
8. ΚΑΠΕ, Λέβητες βιομάζας για δυνητικούς χρήστες/επενδυτές, Ευρωπαϊκό έργο Bioenergy4Business, www.bioenergy4business.eu, 2015
9. Κακαράς Ε., Καρέλλας Σ., Βουρλιώτης Π., Γιαννακόπουλος Δ., Γραμμέλης Π., Πάλλης Π., Καραμπίνης Ε., Δείκτες εκπομπών ανά τύπο καυσίμου & τεχνολογία θέρμανσης , Εργαστήριο Ατμοκινητήρων και Λεβήτων (ΕΜΠ) - ΙΔΕΠ-ΕΚΕΤΑ, 2013
10. PELLETON, http://www.pelleton.gr/?section=2316&language=el_GR (2018)