

Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου

**Α' ΤΟΜΕΑΣ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΞΥΛΟΥ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΕΡΕΥΝΑ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΕΛΛΕΤ ΑΠΟ
ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΠΗΓΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ -ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ
ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ»**

ΠΑΠΑΝΤΩΝΗ ΘΕΟΔΩΡΑ

ΑΕΜ 5211050

Επιβλέπων

Δρ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΝΤΑΛΟΣ

Καθηγητής ΤΕΙ Λάρισσας



ΚΑΡΔΙΤΣΑ - ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2015

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για αυτή τη διπλωματική θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Νταλό Γεώργιο που είχε την υπομονή και την όρεξη να με βοηθήσει σε όλη τη διάρκεια των πειραμάτων καθώς και για τις συμβουλές του. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την κυρία Ράμμου Κατερίνα και τον Μουσιλόπουλο Κώστα για την συμβολή τους σε αυτή μου την προσπάθεια.

Το ίδιο το ΤΕΙ που μου παραχώρησε τα μηχανήματα και τα εργαλεία του, καθώς και όσους με βοήθησαν να βρω και να πάρω το υλικό στο οποίο στηρίζεται όλη η διπλωματική. Και τέλος τη διεύθυνση Κτηνιατρικής Τρικάλων για τις πληροφορίες που μου έδωσε.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Για την ολοκλήρωση των σπουδών μου, στο Τ.Ε.Ι. Θεσσαλίας, παράρτημα Καρδίτσας, Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου - Επίπλου, συντάζω την παρακάτω πτυχιακή εργασία.

Το θέμα της διπλωματικής μου εργασίας είναι η «ΕΡΕΥΝΑ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΕΛΛΕΤ ΑΠΟ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΠΗΓΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ-ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ»

Ο σκοπός της εργασίας αυτής είναι να βρεθεί ένα νέο είδος πέλλετ που να μπορεί να αντικαταστήσει τα κοινά πέλλετ ξύλου. Αυτό το νέο πέλλετ θα είναι από μια ανεκμετάλλευτη βιομάζα όπως τα απόβλητα ζώων τα οποία υπάρχουν σε απίστευτα μεγάλη ποσότητα στην Ελλάδα και ιδιαίτερα όπου υπάρχουν κτηνοτροφικές μονάδες. Με την πειραματική διαδικασία που θα ακολουθήσει θα γίνει φανερό αν μπορούμε να χρησιμοποιούμε τα απόβλητα ζώων αυτόνομα ή σε συνδυασμό με κάποια ποσότητα ξύλου, για μεγαλύτερη απόδοση και περισσότερη οικονομία. Στο κομμάτι αυτό με βοήθησε εξαιρετικά ο επιβλέπων καθηγητής κύριος Νταλός.

Η σκέψη για μια τέτοια πειραματική διπλωματική ξεκίνησε από πρόταση του κυρίου Νταλού η οποία δεν ήταν μακριά από τις προσδοκίες μου για ένα καλύτερο και πιο υγιεινό περιβάλλον χωρίς προβλήματα, καθώς η έρευνα και η ανακάλυψη ενός νέου προϊόντος είναι μια εξαιρετικά δημιουργική και ευχάριστη εμπειρία.

Στα κεφάλαια που ακολουθούν δίνονται αναλυτικά πληροφορίες για τα πέλλετ, όπως τι προσφέρουν σε σύγκριση με τα υπόλοιπα καύσιμα θέρμανσης, ποιες πηγές βιομάζας μπορούμε να εκμεταλλευτούμε, ποια είναι τα στάδια παραγωγής ενός πέλλετ, ποια τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τους. Και στη συνέχεια περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία των πειραμάτων με τα συμπεράσματα τα οποία θα μας οδηγήσουν στην απόφαση, αν μπορεί τελικά ένα τέτοιο καινούργιο πέλλετ να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις της αγοράς.

Περιεχόμενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	1
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	2
1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ.....	5
1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ.....	5
1.1.1 Ορισμός βιομάζας	6
2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ.....	11
2.1 ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΩΝ WOOD PELLETS	11
2.1.1 Αποθήκευση πρώτης ύλης.....	12
2.1.2 Εισαγωγή της πρώτης ύλης	12
2.1.3 Καθαρισμός πρώτης ύλης από προσμίξεις.....	13
2.1.4 Αρχικός τεμαχισμός (Shredding)	13
2.1.5 Διαχωρισμός-Κοσκίνισμα (Sifting).....	15
2.1.6 Ξήρανση Βιομάζας (Biomass drying)	16
2.1.7 Αποθήκευση εκ νέου σε σιλό	19
2.1.8 Τεμαχισμός-Άλεση Βιομάζας (Λεπτός τεμαχισμός).....	20
2.1.9 Πελλετοποίηση (Pelleting).....	20
2.1.10 Ψύξη (Cooling process).....	23
2.1.11 Κοσκίνισμα (Sifting)	24
2.1.12 Ζύγισμα, συσκευασία και αποθήκευση των pellets	24
3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ.....	26
3.1 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	26
3.1.1 Πλεονεκτήματα	26
3.1.2 Μειονεκτήματα	27
4 ΚΕΦΑΛΑΙΟ.....	28
4.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	28
4.1.1 Υπολογισμός υγρασίας και τέφρας	28
4.1.2 Διαδικασία κονιοποίησης.....	30
4.1.3 Διαδικασία εκχυλίσσεως με υλικό από περιττώματα προβάτου και πτηνών με διαλύτες από: αποσταγμένο νερό, διχλωρομεθάνιο και αλκοόλη.....	30
4.1.4 Θερμιδική αξία.....	31
5 ΚΕΦΑΛΑΙΟ.....	33
5.1 ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ.....	33
5.1.1 Το ποσοστό των εκχυλισμάτων.....	33
5.1.2 Το ποσοστό της υγρασίας και της τέφρας.....	33

5.1.3	Τα αποτελέσματα της θερμιδικής αξίας.....	35
6	ΚΕΦΑΛΑΙΟ.....	37
6.1	ΤΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ	37
7	ΚΕΦΑΛΑΙΟ.....	41
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	41
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	42

1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ

1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής αποτελεί αναμφίβολα μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις που καλούνται να καλύψουν τα συστήματα ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.

Η εξάρτηση της οικονομίας από τα ορυκτά καύσιμα και η τεράστια κατανάλωσή τους για την παραγωγή ενέργειας, έχει χαρακτηριστεί από επιστήμονες και πολιτικούς ως ο βασικότερος παράγοντας για την όξυνση του φαινομένου της υπερθέρμανσης του πλανήτη, με όλες τις γνωστές συνέπειες.

Η ουδετερότητα των πέλλετς ως προς τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) δεν προκύπτει από το γεγονός ότι δεν εκλύουν κατά την καύση τους το συγκεκριμένο αέριο. Κάτι τέτοιο είναι αδύνατο για οποιαδήποτε καύση ένωσης που περιέχει άνθρακα. Η φιλικότητα των πέλλετ για το περιβάλλον απορρέει από το γεγονός ότι για την παραγωγή τους χρησιμοποιούνται φυσικές πρώτες ύλες (π.χ. υπολείμματα υλοτομίας, πριονίδι, ειδικές καλλιέργειες), που για την ανάπτυξή τους απορροφούν περίπου ίση ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα όση με εκείνη που εκλύουν κατά την καύση τους. Κατά συνέπεια, το συνολικό ισοζύγιο μεταφοράς διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα είναι, κατά προσέγγιση, μηδενικό. Βέβαια, υπάρχουν διάφοροι παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν για έναν αυστηρότερο υπολογισμό του ισοζυγίου άνθρακα, όπως η απόδοση του συστήματος καύσης των πέλλετς ή η ενεργειακή κατανάλωση των μονάδων παραγωγής αυτών των βιοκαυσίμων.

Αρκετές έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί πανευρωπαϊκά την τελευταία δεκαετία για να αποσαφηνιστεί το ερώτημα, αν όντως τα πέλλετς βιομάζας αποτελούν φιλικότερο καύσιμο προς το περιβάλλον σε σχέση με τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα. Σε σχετική μελέτη του κρατικού Τμήματος Εμπορίας και Βιομηχανίας της Μ. Βρετανίας (2003) όπου εξετάζονταν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από διάφορα καύσιμα, σε όλο το φάσμα του κύκλου ζωής τους, διαπιστώθηκε ότι ανά μεγαβατώρα (MWh), τα πέλλετς βιομάζας παράγουν λιγότερο του 5% των αντίστοιχων εκπομπών από πετρέλαιο. Σε σύγκριση, δε, με το φυσικό αέριο (το οποίο «διαφημίζεται» για καθαρό καύσιμο) οι ίδιοι επιστήμονες εκτίμησαν ότι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τα πέλλετς αντιστοιχούν μόλις στο 5,5%. Εν πάση περιπτώσει, τόσο το πετρέλαιο όσο και το φυσικό αέριο αποτελούν, εξ ορισμού, μη ανανεώσιμα καύσιμα, σε αντίθεση με την βιομάζα που, επίσης εξ ορισμού, είναι ανανεώσιμο καύσιμο.

Η περίφημη Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος των Η.Π.Α. (U.S.EPA) αναφέρεται στα πέλλετς ξύλου ως ανανεώσιμο καύσιμο που παράγεται από συμπιεσμένο και ξηρό ξύλο ή άλλες πηγές βιομάζας. Προσθέτει ότι οι σόμπες που χρησιμοποιούν πέλλετς βιομάζας μολύνουν τόσο λίγο ώστε να

μην είναι αναγκαία η πιστοποίησή τους από την Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος (όπως γίνεται με τις συμβατικές σόμπες ξύλου).

Ειδικό Αυστριακό Ινστιτούτο για την Αστικοποίηση και την Κατοικία ανέφερε ως αποτέλεσμα έρευνας ότι ένα μέσο νοικοκυριό στην Αυστρία που χρησιμοποιεί πέλλετς αντί για πετρέλαιο για τη θέρμανση συμβάλει στην προστασία του περιβάλλοντος μειώνοντας κατά 10 τόνους την ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που εκλύει ετησίως.

Η απευθείας σύνδεση που υπάρχει μεταξύ της χρήσης των πέλλετς και της προστασίας του περιβάλλοντος αποδεικνύεται, στην πράξη, και από το γεγονός ότι τις μεγαλύτερες καταναλώσεις πέλλετς εμφανίζονται σε χώρες και οικονομικά προηγμένες και περιβαλλοντικά ευαίσθητες. Προεξέχουσα αυτών, η Σουηδία, η χώρα με την μεγαλύτερη κατανάλωση πέλλετς βιομάζας στην Ευρώπη, η οποία, μάλιστα, χρησιμοποίησε περισσότερη βιομάζα από πετρέλαιο το 2009 για να καλύψει τις ενεργειακές της ανάγκες.

Τα παγκόσμια παραδείγματα από επίσημους, αξιόπιστους φορείς και μελέτες που αποδεικνύουν την συνεισφορά των πέλλετς βιομάζας στην μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι πάρα πολλά.

Μεταξύ της περιόδου 1980-2000 υπήρξε κατακόρυφη πτώση των εκπεμπόμενων ποσοτήτων μονοξειδίου του άνθρακα (CO) από συστήματα οικιακής καύσης πέλλετς· γεγονός που αποδίδεται στην τεχνολογική εξέλιξη των συστημάτων αυτών. Ομοίως τα αιωρούμενα σωματίδια αποτελούν έναν εξίσου σημαντικό ρύπο κατά την καύση στερεών καυσίμων. Αντίστοιχα με την περίπτωση του μονοξειδίου του άνθρακα, είναι τόσο ραγδαία η εξέλιξη της τεχνολογίας των συστημάτων καύσης πέλλετς ώστε να έχει επιτευχθεί μείωση στα εκπεμπόμενα σωματίδια της τάξης του 1% μέσα σε μια εικοσαετία. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι εκπομπές από την καύση πέλλετς είναι λιγότερες από το 5% εκείνων που εκλύονται από συμβατικά τζάκια με καυσόξυλα.

(Τα πέλλετ από βιομάζα ως μέσο αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής - biomassenergy)

1.1.1 Ορισμός βιομάζας

Βιομάζα είναι η οργανική ύλη, η οποία προέρχεται από ζώντες ή προσφάτως ζώντες οργανισμούς. Ως βιομάζα λογίζονται το ξύλο, τα ζωϊκά απόβλητα καθώς και τα φυτικά και δασικά υπολείμματα (κλαδοδέματα, άχυρα, ροκανίδια, καυσόξυλα, κουκούτσια) (Εικόνα 1).



Εικόνα 1. Υπολείμματα από κλαδοδέματα, άχυρα, ροκανίδια, καυσόξυλα, κουκούτσια

Πρακτικά μπορούμε να πούμε ότι σε αυτήν συμπεριλαμβάνεται κάθε υλικό το οποίο έχει φυτική ή ζωϊκή προέλευση (άμεση ή έμμεση). Η χημική σύσταση της βιομάζας παρουσιάζει γενικά υψηλή και μεταβλητή περιεκτικότητα σε υγρασία και ινώδη δομή, η οποία αποτελείται από λιγνίνη, υδατάνθρακες ή σάκχαρα και τέφρα, επίσης μπορεί ακόμα να εμπεριέχει άζωτο και μικρές ποσότητες άλλων ατόμων, συμπεριλαμβανομένων των αλκαλίων, αλκαλικών γαιών και βαρέων μετάλλων.

Οι πηγές προέλευσης της βιομάζας ποικίλλουν κάθε οργανικό υλικό φυσικής προέλευσης μπορεί να θεωρηθεί βιομάζα. Στις πρώτες ύλες λογίζονται π.χ. η ζωϊκή κοπριά και το άχυρο, το χαρτί και τα απόβλητα του, τα απόβλητα σφαγείων, τα οργανικά απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων (π.χ. τυρόγαλα, κατσίγαρος), τα απόβλητα φυτικά λάδια και τα υπολείμματα τροφίμων και μπορούν να χρησιμοποιηθούν με διαφορετικούς τρόπους σε διαφορετικά συστήματα βιοενέργειας για την παραγωγή ενέργειας, θερμότητας και καυσίμων κίνησης.

Οι βασικές πρώτες ύλες βιομάζας προέρχονται:

- **Από την υλοτομία και τη βιομηχανία επεξεργασίας ξύλου**

Τα ξυλώδη υπολείμματα (Εικόνα 2) που λαμβάνονται από την επεξεργασία του ξύλου (πριονίδι, ροκανίδι, θρύμματα ξύλου κλπ.) καθώς και υπολείμματα ξυλείας που παράγονται κατά την υλοτόμηση των δέντρων και είναι ακατάλληλα για περαιτέρω επεξεργασία, μπορούν να χρησιμοποιηθούν με διαφορετικούς τρόπους για την παραγωγή βιοενέργειας, είτε για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος ή για να καλύψει ανάγκες θέρμανσης. Έτσι, όταν αναφερόμαστε στο ξύλο ως ανανεώσιμο καύσιμο δεν εννοούμε, φυσικά, την αλόγιστη υλοτόμηση των δασών, αλλά την ενεργειακή αξιοποίηση παραπροϊόντων ξύλου, τα οποία παραμένουν, συνήθως, ανεκμετάλλευτα.



Εικόνα 2. Ξυλώδη υπολείμματα

- **Από τις γεωργικές δραστηριότητες**

Αντίστοιχα με τα παραπροϊόντα της βιομηχανίας ξύλου, τα υπολείμματα από τις γεωργικές δραστηριότητες, όπως π.χ. το άχυρο (Εικόνα 3), μπορεί να χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά, για την παραγωγή φιλικής προς το περιβάλλον ενέργειας και καύσιμης ύλης. Εκτός από το άχυρο, τα κλαδέματα από τις δενδρώδεις καλλιέργειες, αντί να παραμένουν στους αγρούς και να αποτελούν εστίες ανάπτυξης πυρκαγιών, μπορούν να αξιοποιηθούν και να μετατραπούν σε υψηλής ποιότητας στερεά βιοκαύσιμα, προσφέροντας, ταυτόχρονα, ένα επιπλέον έσοδο για τους παραγωγούς.



Εικόνα 3. Υπολείμματα από γεωργικές δραστηριότητες όπως άχυρο

Οι καλλιέργειες ενεργειακών φυτών αποτελούν, επίσης, μια πρακτική παραγωγής βιομάζας. Είναι, δε, αρκετά διαδεδομένη, τα τελευταία χρόνια ακόμα και στη χώρα μας όπου πραγματοποιείται για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων. Οι ενεργειακές καλλιέργειες μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας, εναλλακτικών αέριων βιοκαυσίμων (βιοαέριο) καθώς και στερεών βιοκαυσίμων (pellets). Για την παραγωγή των στερεών βιοκαυσίμων έχει, επίσης, ξεκινήσει η εγκατάσταση δενδρωδών καλλιεργειών ταχείας ανάπτυξης.

- **Από τις κτηνοτροφικές δραστηριότητες**

Το βασικό απόβλητο όλων των κτηνοτροφικών δραστηριοτήτων είναι η ζωική κοπριά (Εικόνα 4). Το ζήτημα της αποτελεσματικής διαχείρισης της γίνεται ακόμα πιο έντονο κατά την μαζική εκτροφή ζώων (συνήθως βοοειδών, χοίρων και πουλερικών) σε περιορισμένους και συστεγασμένους χώρους.



Εικόνα 4. Κτηνοτροφική μονάδα

Ο ιδανικότερος τρόπος διαχείρισης αυτών των αποβλήτων είναι η χρησιμοποίησή τους για την παραγωγή βιοενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, με τη βοήθεια της τεχνολογίας της αναερόβιας χώνευσης τα υγρά ζωικά απόβλητα μετατρέπονται σε βιοαέριο, ένα εναλλακτικό και «πράσινο» βιοκαύσιμο.

Μετά την παραγωγή του, το βιοαέριο τροφοδοτείται σε σύστημα συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας, από την πώληση των οποίων προκύπτουν τα πολύ σημαντικά έσοδα της μονάδας βιοαερίου. Επιπλέον έσοδα μπορούν να προκύψουν από την εμπορική εκμετάλλευση του χωνεμένου υπολείμματος της κοπριάς ως βιολογικό λίπασμα.

Η βιομάζα, συνεπώς, που λαμβάνεται από την εκτροφή ζώων ως απόβλητο, όχι μόνο δεν είναι άχρηστη, αλλά αποτελεί μια πολύ σημαντική πηγή εσόδων για τον παραγωγό καθώς και ένα τρόπο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με φιλικό για το περιβάλλον και τον άνθρωπο τρόπο. Συνιστά έναν ανεκμετάλλευτο πλούτο, τον οποίο έχουν αναγνωρίσει όλες οι αναπτυγμένες χώρες εδώ και χρόνια, γι αυτό και επενδύουν σε αυτόν διαρκώς.

- **Από τη βιομηχανία παραγωγής τροφίμων**

Τα απόβλητα των βιομηχανιών παραγωγής τροφίμων, είτε βρίσκονται σε στερεά ή σε υγρή μορφή, μπορούν να αξιοποιηθούν ενεργειακά, επίσης μέσω της τεχνολογίας της αναερόβιας χώνευσης και της παραγωγής βιοαερίου.

Έτσι, υγρά απόβλητα που φημίζονται για το υψηλό ρυπαντικό τους φορτίο (π.χ. τυρόγαλα, κατσίγαρος, απόβλητα σφαγείων, απόβλητα χυμοποιείων, ζυθοποιείων και βιομηχανιών επεξεργασίας φρούτων και λαχανικών)(Εικόνα 5) και την έντονη ρύπανση που προκαλούν κατά την ανεξέλεγκτη διάθεση τους, σταματούν, πλέον, να αποτελούν πρόβλημα για τους παραγωγούς καθώς μετατρέπονται σε ηλεκτρική ενέργεια. Με αυτόν τον τρόπο διαχείρισης των αποβλήτων προκύπτουν πολλαπλά οφέλη: διακόπτεται η περιβαλλοντική υποβάθμιση των υδάτινων αποδεκτών από την λειτουργία των ρυπογόνων βιομηχανιών με τρόπο που όχι μόνο δεν κοστίζει στον παραγωγό του αποβλήτου, αλλά του προσφέρει επιπλέον έσοδα από την πώληση της εναλλακτικής ενέργειας και την αποφυγή των υψηλών προστίμων που οφείλει να πληρώνει για την ακατάλληλη διάθεση των αποβλήτων του. Αντιστοίχως και για τα στερεά οργανικά απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων, υπάρχουν αποτελεσματικές τεχνολογίες χρήσης τους για την παραγωγή βιοαερίου και ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 5. Τυρόγαλα, απόβλητα σφαγείων, απόβλητα χυμοποιείων και βιομηχανιών επεξεργασίας φρούτων και λαχανικών

Για την εγκατάσταση μιας τεχνολογικά άρτιας μονάδας παραγωγής βιοενέργειας είναι, συνήθως, αναγκαία η συνεργασία των παραγωγών των ζωικών αποβλήτων με εκείνους των οργανικών βιομηχανικών αποβλήτων για την κατασκευή μονάδας συνδυασμένης αναερόβιας χώνευσης. Πέραν των περιβαλλοντικών, και τα οικονομικά οφέλη του φορέα που θα επενδύσει στην υλοποίηση μιας τέτοιας μονάδας εναλλακτικής ηλεκτροπαραγωγής, είναι σημαντικά υψηλότερα.

(Βιομάζα - biomassenergy)

2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ

2.1 ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΩΝ WOOD PELLETS

1. Αποθήκευση πρώτης ύλης
2. Εισαγωγή πρώτης ύλης
3. Καθαρισμός της πρώτης ύλης από προσμίξεις
4. Αρχικός τεμαχισμός
5. Διαχωρισμός-Κοσκίνισμα
6. Ξήρανση Βιομάζας
7. Αποθήκευση εκ νέου σε σιλό
8. Τεμαχισμός-Άλεση Βιομάζας(Λεπτός τεμαχισμός)
9. Πελλετοποίηση
10. Ψύξη
11. Κοσκίνισμα των pellets
12. Ζύγισμα, συσκευασία και αποθήκευση των pellets (Εικόνα 6)



Εικόνα 6. Τα πιο σημαντικά στάδια παραγωγής.

2.1.1 Αποθήκευση πρώτης ύλης

Ο χώρος αποθήκευσης δεν χρειάζεται να έχει κάποια ιδιαίτερα τεχνικά χαρακτηριστικά, αλλά είναι μεγάλης σημασίας να κρατά τις πρώτες ύλες μακριά από ακαθαρσίες και κυρίως την βροχή. Ειδικά η βροχή μπορεί να δημιουργήσει μεγάλο πρόβλημα, μιας και μπορεί να αυξήσει την υγρασία της πρώτης ύλης σε τέτοιο βαθμό ώστε να είναι ασύμφορη η μετέπειτα ξήρανση της. Άρα ο χώρος θα πρέπει να είναι κλειστός και όσο το δυνατόν πιο ξηρός, για την διευκόλυνση και την χρήση λιγότερης ενέργειας κατά τα επόμενα βήματα της επεξεργασίας.

2.1.2 Εισαγωγή της πρώτης ύλης

Σε αυτό το στάδιο εισάγουμε την πρώτη ύλη στην γραμμή παραγωγής για να ξεκινήσουμε τις παραγωγικές διεργασίες. Η μεταφορά της μπορεί να γίνει είτε χειροκίνητα είτε αυτοματοποιημένα. Χειροκίνητα μπορεί να γίνει ανάλογα το μέγεθος της παραγωγής με διάφορους τρόπους. Δηλαδή αν υποθέσουμε μια μικρή παραγωγή ή παραγωγή για ιδιόχρηση, μπορεί πολύ απλά να γίνει με τα συνηθέστερα των γεωργικών εργαλείων(π.χ. φτυάρι). Αν αναφερόμαστε όμως σε μεγάλης δυναμικότητας γραμμές παραγωγής που μπορούν να φτάνουν και μερικούς τόνους την ώρα, είναι εύλογο να επιβάλλεται η χρήση εκφορτωτικών ή ακόμα και φορτηγών οχημάτων, για την αποτελεσματική και έγκαιρη τροφοδότηση της γραμμής παραγωγής. Η αυτοματοποιημένη τροφοδοσία της πρώτης ύλης από τον χώρο αποθήκευσης στον χώρο παραγωγής (π.χ. μέσω μεταφορικής ταινίας ή κοχλίας) (Εικόνα 7) προτιμάται συχνά για την συρρίκνωση του εργατικού κόστους.



Εικόνα 7. Μεταφορική ταινία

2.1.3 Καθαρισμός πρώτης ύλης από προσμίξεις

Το στάδιο αυτό είναι βασικό κυρίως στις περιπτώσεις όπου χρησιμοποιείται ανακυκλωμένη ή ακατέργαστη ξυλεία (π.χ. παλέτες) ως πρώτη ύλη. Έτσι πολλές μονάδες χρησιμοποιούν μηχανισμούς διαχωρισμού της ξυλείας από αδρανή υλικά, όπως πέτρες, ή μαγνητικούς διαχωριστήρες για τη δέσμευση μεταλλικών αντικειμένων, όπως καρφιά και πρόκες. Η παρουσία ακόμα και της παραμικρής ποσότητας τέτοιων προσμίξεων στο τελικό προϊόν είναι απαράδεκτη ενώ παράλληλα μπορούν να προκαλέσουν σοβαρότατες φθορές στον εξοπλισμό της παραγωγικής διαδικασίας, π.χ. στον σφυρόμυλο και την πρέσα.

2.1.4 Αρχικός τεμαχισμός (Shredding)

Η πρώτη ύλη οδηγείται στον τεμαχιστή-σπαστήρα-θρυμματιστή(wood chipper), με στόχο την δημιουργία ροκανιδιού από 2,5 ως 5 cm. Όμως η πρώτη ύλη μας μπορεί να είναι τριών μορφών :

1. κορμός δέντρου, δηλαδή ακατέργαστο ξύλου
2. κλαδιά (συνήθως στην Ελλάδα τα κλαδέματα ελαιόδεντρων)
3. πριονίδια

Σε περίπτωση που έχουμε στην πρώτη ύλη πριονίδια, δεν χρειάζεται να περάσει από αυτό το στάδιο της γραμμής παραγωγής. Αν έχουμε όμως κορμούς και κλαδιά, χρησιμοποιούμε αντίστοιχα τεμαχιστές κορμών και κλαδιών. Υπάρχει μεγάλο εύρος στις δυναμικότητες αυτών των μηχανημάτων, ενώ μπορούν να είναι σταθερά στην γραμμή παραγωγής μας ή φορητά, ρυμουλκούμενα από κάποιο όχημα (Εικόνα 8), ώστε ο τεμαχισμός να γίνεται στο σημείο παραλαβής της πρώτης ύλης. Με αυτό τον τρόπο γλιτώνουμε επιπλέον δρομολόγια των φορτηγών και πολλές εργατοώρες σκληρής χειρωνακτικής εργασίας, αφού μετά τον τεμαχισμό ο όγκος τους είναι κατά πολύ μικρότερος, κάνοντας την εργασία της αποκομιδής της πρώτης ύλης πολύ πιο αποτελεσματική. Επίσης αν έχουμε στην παραγωγή μας σαν πρώτη ύλη κυρίως πριονίδια, μας συμφέρει επιπλέον ο φορητός τεμαχιστής για να μην χρειαστεί καν να μπει στην γραμμή παραγωγής και να χρησιμοποιείται περιστασιακά όταν έχουμε κορμούς ή κλαδιά.

Οι τεμαχιστές αυτοί λειτουργούν με κινητήρα εσωτερικής καύσης, με ισχύ από 3 ίππους (2,2 kW) έως 1.000 ίππους (750 kW). Υπάρχουν επίσης μοντέλα υψηλής ισχύος που ρυμουλκούνται όμως από φορτηγά και η τροφοδότησή τους γίνεται από χωριστό κινητήρα, ισχύος από 200 ίππους (150 kW) έως 1.000 ίππους (750 kW), για τον τεμαχισμό ολόκληρων κορμών δέντρων.

Συνήθως αποτελούνται από το δοχείο εισαγωγής της πρώτης ύλης, το μηχανισμό θρυμματίσης, και ένα προαιρετικό δοχείο συλλογής για τα ξύλα μετά το θρυμματισμό. Ένα κομμάτι δέντρου ή κλαδιών εισάγεται στο θάλαμο (όπου τα τοιχώματα χρησιμεύουν ως προστατευτικά για τον άνθρωπο από τα κομμάτια που τεμαχίζονται) και έτσι ξεκινάει η θρυμματίση στο μηχανισμό.



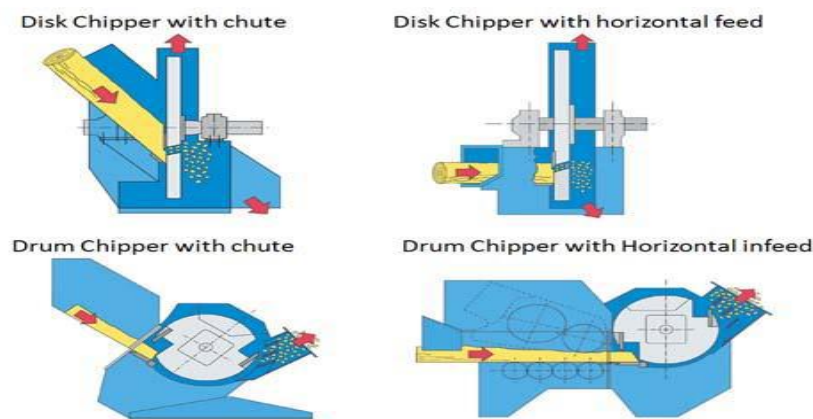
Εικόνα 8. Ρυμουλκούμενος τεμαχιστής

Τα ροκανίδια που εξέρχονται από τον τεμαχιστή οδηγούνται ή στο έδαφος, ή στο δοχείο συλλογής του οχήματος. Εξέρχονται σε μέγεθος περίπου 2,5cm – 5cm μήκος, δηλαδή είναι ακόμα αρκετά μεγάλα κομμάτια ξύλου για τις μετέπειτα επεξεργασίες. Άλλωστε αυτός είναι ο αρχικός τεμαχισμός, οπότε καταλαβαίνουμε ότι δεν έχουν έρθει ακόμα στο επιθυμητό μέγεθος για να μπουν στην πρέσα πελλετοποίησης. Σε επόμενο στάδιο, το στάδιο του λεπτού τεμαχισμού, θα πάρουν το επιθυμητό μέγεθος.

Οι περισσότεροι θρυμματιστές-τεμαχιστές λειτουργούν με την ενέργεια που συσσωρεύεται σε ένα σφόνδυλο, αν και μερικοί χρησιμοποιούν τύμπανα (drum chippers) (Εικόνα 9). Οι λεπίδες τεμαχισμού είναι τοποθετημένες στο πρόσωπο του σφονδύλου, και ο σφόνδυλος παίρνει κίνηση και επιταχύνει από τον κινητήρα εσωτερικής καύσης.

Οι πρώτοι τεμαχιστές που βγήκαν στην αγορά λειτουργούσαν, και λειτουργούν ακόμα, όπως προαναφέραμε με τύμπανο. Με ένα μεγάλο ατσάλινο τύμπανο, με λειτουργία από τον κινητήρα και τη βοήθεια ενός ιμάντα.

Σε ένα νεότερο σχεδιασμό τεμαχιστή (disk chippers) (Εικόνα 9) εφαρμόζεται ένας ατσάλινος δίσκος με μαχαίρια τοποθετημένος σ 'αυτόν όπως ο μηχανισμός ξεφλουδίσματος. Σε αυτό το σχέδιο, συνήθως τροφοδοτείται από υδραυλικά αντιστρέψιμους τροχούς οδηγώντας-τραβώντας το υλικό από τη χοάνη προς το δίσκο, ο οποίος είναι τοποθετημένος κάθετα προς το εισερχόμενο υλικό. Καθώς περιστρέφεται ο δίσκος, τα μαχαίρια κόβουν το υλικό σε μικρότερα κομμάτια(chips). Με φλάντζες στο τύμπανο τα κομμάτια αυτά πετιούνται από αυλάκια. Αυτός ο σχεδιασμός δεν είναι τόσο υψηλής ενεργειακής απόδοσης, αλλά παράγει chips πιο ομοιόμορφα σε σχήμα και μέγεθος.



Εικόνα 9. Χαρακτηριστικά σχέδια drum chippers και disk chippers

Αν και οι τεμαχιστές ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό σε μέγεθος, στον τύπο και τη χωρητικότητα, οι λεπίδες που επεξεργάζονται-τεμαχίζουν το ξύλο είναι παρόμοιες στην κατασκευή. Είναι ορθογωνίου σχήματος και είναι συνήθως από 3,8 έως 10 cm κατά πλάτος και έχουν μήκος από 15 έως 30 cm. Ποικίλλουν σε πάχος από 3,8 cm έως 5,1 cm. Τα πτερύγια των τεμαχιστών είναι κατασκευασμένα από υψηλής ποιότητας χάλυβα και συνήθως περιέχουν τουλάχιστον 8% χρώμιο για αύξηση της σκληρότητας.

2.1.5 Διαχωρισμός-Κοσκίνισμα (Sifting)

Έπειτα από τον αρχικό τεμαχισμό της πρώτης ύλης, θα πρέπει γίνει η διεργασία του κοσκινίσματος (Εικόνα 10), έτσι ώστε να διασφαλίσουμε το σωστό μέγεθος των πριονιδιών μας, για τη σωστή και απροβλημάτιστη διεξαγωγή των επόμενων σταδίων της παραγωγικής διαδικασίας.

Χρησιμοποιώντας συνήθως μεταφορική ταινία, καθότι η αυτοματοποίηση τέτοιων διεργασιών τις κάνει πιο αποτελεσματικές και φθηνές, οδηγούμε το υλικό που έχει παραχθεί από τον αρχικό τεμαχισμό στο κόσκινο και όποια από τα κομμάτια ξύλου(chips) είναι μεγαλύτερα των 3 cm, δεν περνάνε από το κόσκινο και επιστρέφουν στον τεμαχιστή για επιπλέον επεξεργασία τους μέχρι να φτάσουν στο επιθυμητό μέγεθος(>3 cm). Συμφέρει η επιλογή τύπου κόσκινου το οποίο θα περιλαμβάνει σιλό, έτσι ώστε το τεμαχισμένο προϊόν να οδηγείται σ' αυτό με την μεταφορική ταινία, χωρίς να είναι απαραίτητη η ανθρώπινη παρουσία σ' αυτό το στάδιο, καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας.



Εικόνα 10. Δονητικό βιομηχανικό κόσκινο

Σ' αυτά τα μοντέλα συνήθως, το σιλό είναι φτιαγμένο από επίπεδες ατσάλινες πλάκες, με κλίση από τον κατασκευαστή τέτοια ώστε το υλικό να οδηγείται λόγω της βαρύτητας προς τα κάτω, και να τροφοδοτείται με συνεχόμενη ροή το κόσκινο που βρίσκεται στον πυθμένα. Το υλικό που είναι μικρότερο των 3 cm σε μήκος, περνάει από το κόσκινο και εξέρχεται από αυτό, συνεχίζοντας για το επόμενο στάδιο της γραμμής παραγωγής. Τα μεγαλύτερα των 3 cm κομμάτια παραμένουν μέσα στο σιλό, συλλέγονται μετά το πέρας της διεργασίας, για να επανατοποθετηθούν στον τεμαχιστή, για την εκ νέου επεξεργασία τους.

2.1.6 Ξήρανση Βιομάζας (Biomass drying)

Η πλειοψηφία των χρησιμοποιούμενων υλικών για την παραγωγή pellets απαιτεί ξήρανση ώστε να παραχθεί ικανοποιητικής ποιότητας προϊόν. Μόνο ελάχιστα υλικά τα οποία συλλέγονται ξηρά, όπως το άχυρο, μπορούν να παρακάμψουν αυτό το στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας. Η ξήρανση της βιομάζας σε ένα επίπεδο μεταξύ 10 και 15% είναι απαραίτητη.

Υπάρχουν τρεις κύριες επιλογές για ξηραντές βιομάζας :

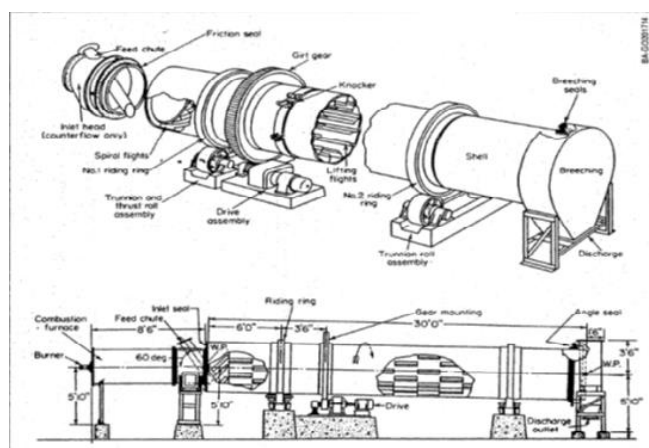
1. περιστρεφόμενου τυμπάνου (rotary dryers)
2. φυσητήρα υπέρθερμου αέρα (superheated steam dryers)
3. ξηραντήρες ζώνης (belt dryers)

Οι ξηραντήρες περιστρεφόμενου τυμπάνου (Εικόνα 11,12) είναι οι πιο ανεκτικοί στο μέγεθος της ύλης που μπορούν να αποξηράνουν και είναι οι πιο διαδεδομένοι, έχοντας όμως και την μεγαλύτερη επικινδυνότητα για εκδήλωση φωτιάς. Το στεγνωτήριο αποτελείται από ένα μεγάλο, περιστρεφόμενο κυλινδρικό σωλήνα, που συνήθως υποστηρίζεται από ειδικούς δοκούς χάλυβα ή τσιμέντου. Έχει μια ελαφριά κλίση έτσι ώστε το άκρο απαλλαγής του περιεχομένου να είναι χαμηλότερα από το άκρο στο οποίο γίνεται η τροφοδοσία του υλικού και να οδηγηθεί μέσα στον κύλινδρο λόγω της βαρύτητας. το

υλικό που πρέπει να στεγνώσει εισέρχεται το στεγνωτήριο και καθώς το στεγνωτήριο περιστρέφεται, το υλικό ανυψώνεται από μια σειρά εσωτερικών περυγίων που ευθυγραμμίζονται με το εσωτερικό τοίχωμα του στεγνωτηρίου. Όταν το υλικό φτάνει αρκετά ψηλά ώστε να κυλήσει πίσω διαμέσου των περυγίων, επιστρέφει στο κάτω μέρος του στεγνωτηρίου, διερχόμενο από το θερμό ρεύμα αέρα καθώς πέφτει.

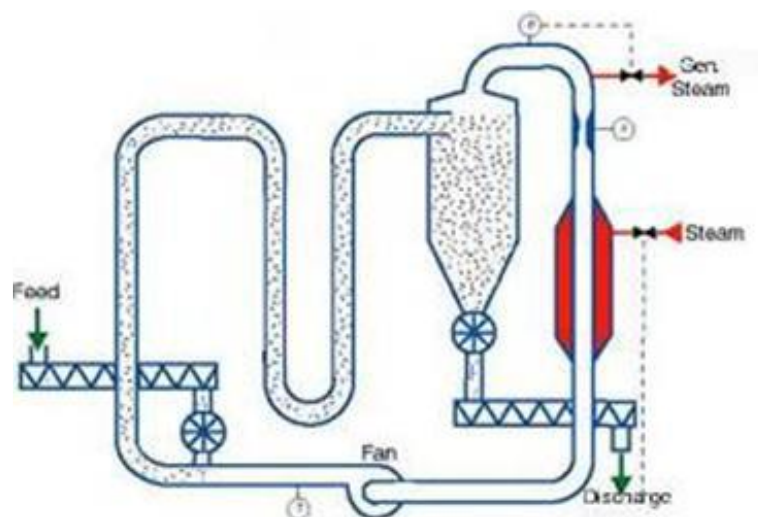


Εικόνα 11. Ξηραντήρας στρεφόμενου τυμπάνου



Εικόνα 12. Μηχανολογικό σχέδιο ξηραντήρα στρεφόμενου τυμπάνου

Στους ξηραντήρες φυσητήρα υπέρθερμου αέρα(Εικόνα 13) χρησιμοποιείται ατμός για την παροχή θερμότητας και την ξήρανση του υλικού. Υπό φυσιολογικές συνθήκες, το προς ξήρανση υλικό αναμειγνύεται με επαρκή υπέρθερμο ατμό ώστε να επιτευχθεί η ξήρανση αλλά και να παραμείνει αρκετός υπέρθερμος ατμός στο ξηραντήριο.



Εικόνα 13. Σχηματική απεικόνιση εργασιών ξηραντήρα φουσητήρα θερμού αέρα

Οι ξηραντές θερμής ζώνης (Εικόνα 14) έχουν σχεδιαστεί για την ιδιαίτερα ευγενική θερμική επεξεργασία του προϊόντος. Το υλικό συνεχώς και ομοιόμορφα βρίσκεται μέσω ενός θαλάμου τροφοδοσίας πάνω σε ένα διάτρητο ιμάντα. Ο ιμάντας, που συνήθως βρίσκεται σε οριζόντια θέση, μεταφέρει το προϊόν μέσα από την περιοχή ξήρανσης η οποία χωρίζεται σε διάφορα τμήματα. Σε αυτά τα κελιά ρέει αέρας μέσα ή πάνω από το προς ξήρανση προϊόν και το στεγνώνει. Κάθε κελί μπορεί να είναι εξοπλισμένο με έναν ανεμιστήρα εξαερισμού και έναν εναλλάκτη θερμότητας. Αυτή η αρθρωτή σχεδίαση επιτρέπει οι θερμοκρασίες ξήρανσης και ψύξης να ελέγχονται ξεχωριστά στα διάφορα τμήματα. Έτσι, κάθε κελί του στεγνωτήρα μπορεί να ελεγχθεί ανεξάρτητα και η ροή του αέρα ξήρανσης μπορεί να ποικίλλει σε κάθε κελί. Επιπλέον, η ταχύτητα του ιμάντα μεταφοράς μπορεί να αλλάξει δίνοντας μια επιπλέον παράμετρο για τον καθορισμό του χρόνου στεγνώματος.



Εικόνα 14. Ξηραντήρας θερμής ζώνης

Όπως αναφέραμε από τους παραπάνω τύπους ως επί τω πλείστον χρησιμοποιούνται οι ξηραντήρες περιστρεφόμενου τυμπάνου. Το καύσιμο που χρησιμοποιείται για την ξήρανση της βιομάζας είναι είτε φυσικό αέριο είτε μέρος της ίδιας της βιομάζας, με τη δεύτερη επιλογή να προτιμάται για περιβαλλοντικούς, τεχνικούς και οικονομικούς λόγους. Σημειώνεται ότι το συγκεκριμένο στάδιο αποτελεί το πιο ενεργοβόρο της παραγωγικής διαδικασίας ενώ συνεισφέρει στο μέγιστο βαθμό στα λειτουργικά έξοδα της μονάδας. Κατά συνέπεια, η πλειοψηφία των ερευνητικών προσπαθειών και καινοτομιών στην παραγωγή των pellets εντοπίζεται στη διαδικασία επιτυχούς ξήρανσης της πρώτης ύλης.

2.1.7 Αποθήκευση εκ νέου σε σιλό

Πλέον η πρώτη ύλη έχει έρθει σε μια μορφή ξηραμένου πριονιδιού, έχοντας κατάλληλη υγρασία και μέγεθος λίγο μεγαλύτερο από αυτό που επιθυμείται για το στάδιο της πελλετοποίησης.

Συνεπώς αυτό το υλικό πρέπει εκ νέου να αποθηκευτεί σε έναν χώρο-σιλό (Εικόνα 15), από το οποίο με παρόμοιους τρόπους με εκείνους του αρχικού σιλό, το προς επεξεργασία υλικό θα συνεχίσει την διαδρομή του στην γραμμή παραγωγής.

Προφανώς αυτός ο χώρος είναι τεράστιας σημασίας να είναι ξηρός και στεγνός, αφού σε αντίθεση περίπτωση πρέπει να οδηγηθεί το υλικό στην πιο ενεργοβόρα διεργασία απ' όλες στην γραμμή παραγωγής, την ξήρανση, με αποτέλεσμα την χρονική καθυστέρηση αλλά κυρίως την κατακόρυφη αύξηση του κόστους παραγωγής.

Όπως αναφέρθηκε και για το πρώτο σιλό, το μέγεθος του εξαρτάται καθαρά από την δυναμικότητα και την εκτιμώμενη παραγωγή που έχει το εργοστάσιο.



Εικόνα 15. Χαρακτηριστικό σιλό αποθήκευσης πέλλετ

2.1.8 Τεμαχισμός-Άλεση Βιομάζας (Λεπτός τεμαχισμός)

Η διαδικασία είναι παρόμοια με του αρχικού τεμαχισμού(shredding), με την ειδοποιό διαφορά ότι τώρα το επιθυμητό αποτέλεσμα είναι πριονίδια(chips) μεγέθους από 0,5 έως 2,5 cm, ακόμα μικρότερα από τα υπάρχοντα. Αυτό είναι απαραίτητο γιατί πριν την εισαγωγή της στην πρέσα πελλετοποίησης, είναι απαραίτητο η βιομάζα να έχει αποκτήσει την κατάλληλη ομοιογένεια και κοκκομετρία. Τα χαρακτηριστικά αυτά επιτυγχάνονται με τη χρήση διαφόρων ειδών μηχανημάτων τεμαχισμού και άλεσης της πρώτης ύλης, όπως είναι οι σφυρόμυλοι(Εικόνα 16), τα χαρακτηριστικά των οποίων αναφέρθηκαν στην παράγραφο.

Το μέγεθος της τεμαχισμένης βιομάζας που πρόκειται να εισαχθεί στην πρέσα δεν είναι τυχαίο: τα σωματίδια πρέπει να μην είναι αρκετά μεγάλα ώστε να μπορούν να εισέρχονται μέσα από τις τρύπες του καλουπιού της πρέσας. Από την άλλη, όμως, αν είναι πολύ λεπτόκοκκη η ύλη υπάρχει μικρότερη απόδοση μετατροπής της βιομάζας σε pellets, καθώς είναι πιο δύσκολη η συσσωμάτωση των σωματιδίων .

Συνεπώς η μόνη διαφορά από τον προηγούμενο στάδιο τεμαχισμού-θρυμματισμού, είναι ότι σ' αυτό το στάδιο ο τεμαχιστής τα παραλαμβάνει σε μορφή πριονιδιών και τα επεξεργάζεται ως το τελικό τους μέγεθος. Όλη η διαδικασία του τεμαχισμού παραμένει ίδια.



Εικόνα 16. Σφυρόμυλος άλεσης βιομάζας

2.1.9 Πελλετοποίηση (Pelleting)

Η μηχανή παραγωγής pellet(pellet mill) ή αλλιώς πρέσα πελλετοποίησης (pellet press), είναι ένα είδος μύλου ή μηχανικής πρέσας, που χρησιμοποιείται στην παραγωγή pellets από πριονίδια.

Υπάρχουν πολλά είδη πελλετομηχανών και μια γενικευμένη ομαδοποίηση τους είναι σε μεγάλης και μικρής κλίμακας. Μεγάλης κλίμακας υπάρχουν δύο ειδών, οι επίπεδοι μύλοι πέλλετ(flat die pellet mills)(Εικόνα 17) και οι κυλινδρικοί μύλοι πέλλετ(ring die pellet mills) (Εικόνα 18,19).



Εικόνα 17. Τομή επίπεδου μύλου πέλλετ

Στο πρώτο είδος χρησιμοποιείται ένα επίπεδο καλούπι με οπές. Το υλικό (πριονίδια) εισάγεται στην κορυφή του καλουπιού και καθώς το καλούπι περιστρέφεται, ειδική πρέσα συμπιέζει την κοκκοποιημένη βιομάζα μέσα από τις οπές του καλουπιού δίνοντας στα pellets την χαρακτηριστική κυλινδρική μορφή τους. Ένας μεταλλικός κόφτης-λεπίδα στο άλλο άκρο του καλουπιού κόβει τα εκτεθειμένα κομμάτια pellets, απελευθερώνοντάς τα από το καλούπι.

Στους κυλινδρικούς μύλους υπάρχουν ακτινικές οπές καθ' όλη την επιφάνεια του καλουπιού. Τα πριονίδια διοχετεύονται στο εσωτερικό του καλουπιού και διασπορείς υλικού (beck) το κατανέμουν ισόποσα στις οπές. Στη συνέχεια δύο κυλινδρικές πρέσες συμπιέζουν το υλικό διαμέσου των οπών του καλουπιού δίνοντας στα pellets την χαρακτηριστική κυλινδρική μορφή τους. Τέλος, στο εξωτερικό του καλουπιού βρίσκονται δύο μεταλλικοί κόφτες-λεπίδες που απελευθερώνουν τα pellets από το καλούπι.

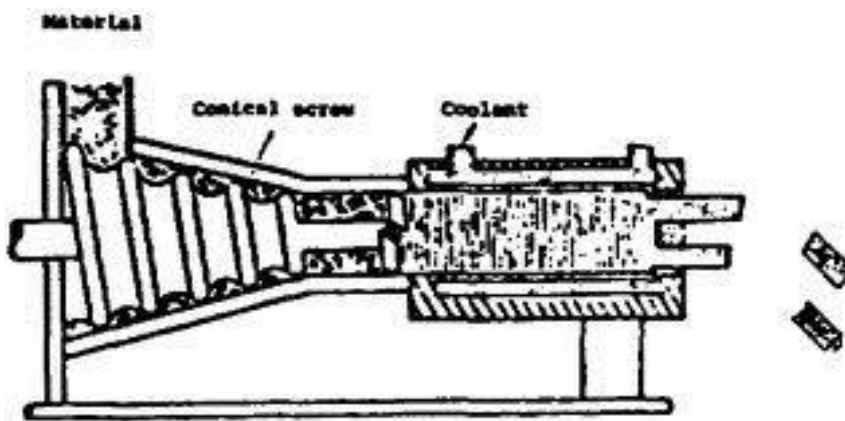


Εικόνα 18. Απεικόνιση λειτουργίας κυλινδρικού μύλου πέλλετ



Εικόνα 19. Κυλινδρικός μύλος πέλλετ

Οι μικρής κλίμακας πελλετομηχανές είναι συνήθως παραλλαγές από κοχλιωτές πρέσες(screw presses) (Εικόνα 20) και υδραυλικές πρέσες(hydraulic presses). Αμφότεροι χρησιμοποιούν την ίδια βασική διεργασία. Ένα καλούπι εμπεριέχει τα ασυμπίεστα ακόμη πριονίδια σε μια διαμορφωμένη θήκη. Το σχήμα της θήκης καθορίζει και την τελική μορφή του pellet. Μια πλάκα είναι εφαρμοσμένη στο τέλος του κοχλία(κοχλιωτές πρέσες) ή στο έμβολο(υδραυλικές πρέσες), η οποία συμπιέζει τα πριονίδια. Σε μερικές πλάκες εφαρμόζεται θερμότητα για να επιταχυνθεί η παραγωγή και να βελτιωθούν οι ιδιότητες του τελικού προϊόντος. Επίσης μπορεί να έχουν σύστημα ψύξης με εισαγωγή νερού, για την πιο γρήγορη επαναφορά της θερμοκρασίας ανάμεσα στις χρήσεις.



Εικόνα 20. Απεικόνιση λειτουργίας κοχλιωτής πρέσας

Καθώς αυξάνεται η ασκούμενη πίεση, αυξάνονται οι τριβές μεταξύ των κόκκων της βιομάζας με άμεση συνέπεια την άνοδο της θερμοκρασίας της. Η αυξημένη θερμοκρασία μαλακώνει την λιγνίνη (μία εκ των τριών βασικών ομάδων ενώσεων της βιομάζας μαζί με την κυτταρίνη και τις ημικυτταρίνες) η οποία δρα σαν συγκολλητική ουσία μεταξύ των σωματιδίων της βιομάζας. Η ρύθμιση της κατάλληλης θερμοκρασίας για να γίνει αυτό επιτυγχάνεται μέσω του κατάλληλου σχεδιασμού του καλουπιού, το οποίο θα πρέπει να δημιουργεί το απαιτούμενο επίπεδο αντίστασης στη ροή των σωματιδίων βιομάζας ώστε να αναπτυχθούν οι επιθυμητές πιέσεις άρα και θερμοκρασίες.

Σε περίπτωση που οι τρύπες του καλουπιού είναι μεγαλύτερες από όσο πρέπει, το υλικό διαφεύγει εύκολα μέσα από αυτές και δεν αναπτύσσονται ικανές πιέσεις-θερμοκρασίες για την παραγωγή ενός συμπαγούς προϊόντος δίχως θρύμματα. Η ύπαρξη, βέβαια, πολύ μικρών οπών στα καλούπια συνεπάγεται την απότομη αύξηση της θερμοκρασίας, την μερική πυρόλυση (ατελή καύση) ορισμένων σωματιδίων και την παραγωγή υποβαθμισμένης ποιότητας τελικού προϊόντος.

Η δυναμικότητα κάθε πρέσας pellets κυμαίνεται από μερικές δεκάδες κιλά έως μερικές δεκάδες τόνους ανά ώρα. Αντίστοιχα μεγάλη διακύμανση εμφανίζεται και στην απόδοση των διαφόρων τύπων πρέσας.

Το στάδιο της πελλετοποίησης είναι η μόνη φάση της παραγωγικής διαδικασίας των pellets, στην οποία μπορεί να χρησιμοποιηθούν και πρόσθετες ενώσεις. Πιο συγκεκριμένα, για την ενίσχυση της συνεκτικότητας των pellets προστίθεται κάποιες φορές κάποιο φυσικό συγκολλητικό, όπως το άμυλο. Η χρήση ή μη των φυσικών προσθέτων εξαρτάται βασικά από την ποιοτική σύσταση της πρώτης ύλης, δηλαδή από την αναλογία της λιγνίνης ως προς την κυτταρίνη, τις ημικυτταρίνες και την τέφρα του υλικού. Η μέγιστη επιτρεπόμενη ποσότητα προσθέτων στο τελικό προϊόν καθορίζεται βάσει των διεθνών προτύπων ποιότητας.

Με κατάλληλο σχεδιασμό του καλουπιού της πρέσας και προσεκτικό έλεγχο ολόκληρης της διεργασίας, τα pellets εξέρχονται από την πρέσα με υγρασία λιγότερο από 10%, πυκνότητα μεγαλύτερη των 600 kg/m³ και θερμογόνο δύναμη που υπερβαίνει τις 4,7 kWh/kg.

2.1.10 Ψύξη (Cooling process)

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο στάδιο, η εξάσκηση μεγάλων πιέσεων στο υλικό μας αποσκοπούν στην ενεργοποίηση της λιγνίνης ,που έχει σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη μεγάλων θερμοκρασιών(70-90 °C) ώστε να ομογενοποιηθεί το υλικό μας. Κατά συνέπεια αφήνονται να ψυχθούν στον αέρα μέσω ταινίας μεταφοράς (Εικόνα 21), ώστε να σταθεροποιηθεί και να σκληρυνει η λιγνίνη ως συγκολλητικό μέσο των ινών κυτταρίνης .



Εικόνα 21. Ταινία μεταφοράς και ψύξης

2.1.11 Κοσκίνισμα (Sifting)

Μετά την διεργασία της ψύξης, τα pellets έχουν πλέον θερμοκρασία ελαφρώς υψηλότερη του περιβάλλοντος και την επιθυμητή σκληρότητα. Συνεπώς απομένει να περάσουν από ένα τελικό βιομηχανικό κόσκινο, το οποίο με την βοήθεια σήτας θα κατακρατήσει τα θρυμματισμένα κομμάτια λόγω σφάλματος στην διεργασία πελλετοποίησης. Σε μερικές περιπτώσεις, ανάλογα με το είδος του κόσκινου, υπάρχει δυνατότητα συλλογής της σκόνης, έτσι ώστε τα κομμάτια αυτά να μπορέσουν να ανακυκλωθούν ώστε να μην υπάρχει απώλεια βιομάζας. Η παρουσία θρυμμάτων στην συσκευασία του τελικού προϊόντος μπορεί να το θέσει εκτός των προδιαγραφών της αγοράς και να μην γίνει αποδεκτό.

2.1.12 Ζύγισμα, συσκευασία και αποθήκευση των pellets

Πλέον η πρώτη ύλη έχοντας περάσει από όλες τις προηγούμενες διεργασίες της γραμμής παραγωγής, έχει φτάσει στην τελική επιθυμητή μορφή των pellets και το μόνο που απομένει είναι η διοχέτευσή τους στην αγορά. Η παροχή στην αγορά γίνεται με τυποποιημένες συσκευασίες οι οποίες για οικιακή χρήση ποικίλουν από 5 έως 50 kg, με πιο συνηθισμένη-διαδεδομένη αυτή των 15 kg, ενώ υπάρχουν και μέγα-σάκοι του ενός τόνου. Ταυτόχρονα με το στάδιο της συσκευασίας γίνεται και το ζύγισμα (Εικόνα 22), ώστε να έχουμε τυποποιημένες σακούλες σταθερού βάρους.

Καθώς τα πέλλετς αποτελούν υψηλής ποιότητας καύσιμο, οι συνθήκες αποθήκευσής του είναι απαραίτητο να εξασφαλίζουν τη διατήρηση της ποιότητάς του. Η αποθήκευσή του σε τυποποιημένες σακούλες σταθερού βάρους από όπου προστατεύονται από τις ακαθαρσίες του περιβάλλοντος και από την υγρασία είναι συνήθης πρακτική, ιδίως όταν οι κύριοι καταναλωτές είναι μικροί οικιακοί χρήστες. Σε περίπτωση χύδην αποθήκευσης, είναι και πάλι σκόπιμο να τοποθετηθούν είτε σε container ή σε σιλό, ομοίως για να προστατευτούν από την υγρασίας και τις ακαθαρσίες.



Εικόνα 22. Μηχάνημα αυτόματης ζύγισης και συσκευασίας Wood pellets

Επιπλέον ο εξοπλισμός ,οι χώροι των μηχανημάτων και αποθήκευσης υλικών θα πρέπει να είναι τοποθετημένοι με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζουν την ομαλή διεξαγωγή όλων των διεργασιών. Μόνο τότε μπορεί να διασφαλιστεί μια αποδοτική γραμμή παραγωγής, καθώς η ροή της θα είναι συνεχόμενη και χωρίς άσκοπες διακοπές. Επίσης σ' αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί ότι ανάλογα την πρώτη ύλη που θα χρησιμοποιήσουμε θα γίνουν και οι απαιτούμενες διαδικασίες.

Ένα εύλογο ερώτημα είναι εάν όλα τα παραπάνω επιμέρους στάδια για την παραγωγή των pellets καταναλώνουν τόση ηλεκτρική ενέργεια, ώστε να μην είναι ενεργειακά συμφέροντα. Εντούτοις, η περιβαλλοντική διάσταση τους δεν μπορεί να καταρριφθεί: υπολογίζεται ότι οι ενεργειακές απαιτήσεις για την παραγωγή των pellets αντιστοιχούν σε λιγότερο από το 22% του ενεργειακού τους περιεχομένου, αφήνοντας τα pellets με θετικό ενεργειακό πρόσημο.

(«Οικονομοτεχνική μελέτη για εργοστάσιο παραγωγής wood pellets» - Ιωάννης-Χρίστος Π. Μαραβέλιας)

3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ

3.1 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Η βιοενέργεια ή πράσινη ενέργεια είναι δευτερογενής ηλιακή ενέργεια. Η ηλιακή ενέργεια μετασχηματίζεται από τα φυτά μέσω της φωτοσύνθεσης. Οι βασικές πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται, είναι το νερό και το διοξείδιο του άνθρακα, που είναι άφθονα στη φύση.

Η μόνη φυσικά ευρισκόμενη πηγή ενέργειας με άνθρακα που τα αποθέματά της είναι ικανά ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο των ορυκτών καυσίμων, είναι η βιομάζα. Αντίθετα από αυτά, η βιομάζα είναι ανανεώσιμη καθώς απαιτείται μόνο μια σύντομη χρονική περίοδος για να αναπληρωθεί. Έτσι, ο όρος "βιοισχύς" περιγράφει τα συστήματα που χρησιμοποιούν πρώτες ύλες βιομάζας αντί των συνήθων ορυκτών καυσίμων (φυσικό αέριο, άνθρακα) για ηλεκτροπαραγωγή, ενώ ως "βιοκαύσιμα" αναφέρονται κυρίως τα υγρά καύσιμα μεταφορών που υποκαθιστούν πετρελαϊκά προϊόντα, π.χ. βενζίνη ή ντίζελ.

Βασικό πλεονέκτημα της βιομάζας είναι ότι είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και ότι παρέχει ενέργεια αποθηκευμένη με χημική μορφή. Η αξιοποίηση της μπορεί να γίνει με μετατροπή της σε μεγάλη ποικιλία προϊόντων, με διάφορες μεθόδους και τη χρήση σχετικά απλής τεχνολογίας. Σαν πλεονέκτημά της καταγράφεται και το ότι κατά την παραγωγή και την μετατροπή της δεν δημιουργούνται οικολογικά και περιβαλλοντολογικά προβλήματα. Από την άλλη, σαν μορφή ενέργειας η βιομάζα χαρακτηρίζεται από πολυμορφία, χαμηλό ενεργειακό περιεχόμενο, σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα, λόγω χαμηλής πυκνότητας και/ή υψηλής περιεκτικότητας σε νερό, εποχικότητα, μεγάλη διασπορά, κλπ. Τα χαρακτηριστικά αυτά συνεπάγονται πρόσθετες δυσκολίες στη συλλογή, μεταφορά και αποθήκευσή της. Σαν συνέπεια το κόστος μετατροπής της σε πιο εύχρηστες μορφές ενέργειας παραμένει υψηλό.

Εντούτοις, η έρευνα και η τεχνολογική πρόοδος που έχει πραγματοποιηθεί τα τελευταία δέκα χρόνια έχουν καταστήσει τις τεχνολογίες ενεργειακής μετατροπής της βιομάζας εξαιρετικά ελκυστικές σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι προοπτικές, μάλιστα, της βιοενέργειας καθίστανται διαρκώς μεγαλύτερες και πιο ελπιδοφόρες. Στις πιο προηγμένες οικονομικά χώρες, αναμένεται να καλύπτει σημαντικό τμήμα της ενεργειακής παραγωγής μελλοντικά.

3.1.1 Πλεονεκτήματα

- Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου - επειδή οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία της βιομάζας.

- Η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στη βιομάζα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου (SO₂) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή.
- Εφόσον η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας, η αξιοποίησή της σε ενέργεια συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα και βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου, στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και στην εξοικονόμηση του συναλλάγματος.
- Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή, αυξάνει την απασχόληση στις αγροτικές περιοχές με τη χρήση εναλλακτικών καλλιεργειών (διάφορα είδη ελαιοκράμβης, σόργο, καλάμι, κενάφ) τη δημιουργία εναλλακτικών αγορών για τις παραδοσιακές καλλιέργειες (ηλίανθος κ.ά.), και τη συγκράτηση του πληθυσμού στις εστίες τους, συμβάλλοντας έτσι στη κοινωνικο-οικονομική ανάπτυξη της περιοχής. Μελέτες έχουν δείξει ότι η παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων έχει θετικά αποτελέσματα στον τομέα της απασχόλησης τόσο στον αγροτικό όσο και στο βιομηχανικό χώρο.
- Είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

3.1.2 Μειονεκτήματα

- Ο αυξημένος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα δυσχεραίνουν την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.
- Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της βιομάζας δυσκολεύουν την συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.
- Βάσει των παραπάνω παρουσιάζονται δυσκολίες κατά τη συλλογή, μεταφορά, και αποθήκευση της βιομάζας που αυξάνουν το κόστος της ενεργειακής αξιοποίησης.
- Οι σύγχρονες και βελτιωμένες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού, συγκρινόμενες με αυτό των συμβατικών καυσίμων.

(Βιομάζα - ABC Financial Group)

4 ΚΕΦΑΛΑΙΟ

4.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η ιδέα δημιουργίας πέλλετ από υπολείμματα ζωικής προέλευσης ξεκίνησε από την προσπάθεια να γίνουν τα πέλλετ ακόμη πιο οικολογικά και πιο αναγκαία ως καύσιμη ύλη. Ένα τέτοιο ιδιαίτερο χαρακτηριστικό θα τα έκανε πιο ελκυστικά στην αγορά και θα μπορούσε να ανταγωνιστεί ακόμη περισσότερο το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο εφόσον η τιμή του θα μειώνονταν ακόμη περισσότερο. Η κατασκευή μια τέτοιας «συνταγής» μπορεί να βοηθήσει όχι μόνο τα εργοστάσια πελλετ αλλά και τους ίδιους τους κτηνοτρόφους όπου θα μπορέσουν να αυξήσουν τα έσοδα τους από μια τέτοια επιχειρηματική κίνηση και σαφώς να αποβάλλουν από το χώρο τους υπολείμματα που τους ενοχλούν τόσο οπτικά αλλά και αισθητικά.

Έτσι λοιπόν η βιομάζα για την οποία συνέλεξα πληροφορίες από τη διεύθυνση κτηνιατρικής Τρικάλων είναι ότι τα αιγοπρόβατα είναι 335.000 και οι μονάδες εκτροφών είναι 3.500. Τα πτηνά χωρίζονται σε γαλοπούλες και κότες όπου γαλοπούλες αναπαραγωγής υπάρχουν 6.000 και κρεοπαραγωγής 56.000 όσο για τις κότες είναι 5.000 πτηνοτροφεία και 300.000 οικόσιτες.

Η πειραματική διαδικασία έλαβε χώρα στο εργαστήριο του τμήματος Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου που εδρεύει στη Καρδίτσα και με τη βασική και πολύτιμη καθοδήγηση του καθηγητή κατάφερα με επιτυχία να τελειώσω τα πειράματα και μαζί να βγάλουμε τα αποτελέσματα και συμπεράσματα μας.

Τα μηχανήματα που χρησιμοποιήθηκαν και παραχωρήθηκαν από το ΤΕΙ για την διπλωματική ήταν το πυριαντήριο, ο ξηραντήρας, ο φούρνος, ο μύλος του Willey, ο ζυγός ακριβείας και η συσκευή εκχυλίσων soxhlet.

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν περιττώματα από πρόβατα και πτηνά σε ποσότητα 2-3 kg. Στη συνέχεια ακολουθούν τα στάδια των πειραμάτων που θα οδηγήσουν στο τελικό συμπέρασμα.

4.1.1 Υπολογισμός υγρασίας και τέφρας

Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν τα κομμάτια που συλλέχτηκαν χωρίς κάποια παρέμβαση, το μόνο που έγινε είναι να μείνουν για αρκετό διάστημα να ξεραθούν με φυσικό τρόπο και έπειτα να υπολογιστούν η αρχική υγρασία (Πίνακας 1) και τέφρα.

Σύμφωνα με την EN 14774 για αυτή τη διαδικασία χρειάστηκαν 6,19g από τα πτηνά και 9,93g από τα πρόβατα και τα τοποθετήθηκαν στο πυριαντήριο για να ξεραθούν. Τα σκεύη είχαν βάρος 105,12g και 103,59g αντίστοιχα. Μετά το πυριαντήριο τοποθετήθηκαν στο κλίβανο για να μπορέσουν να αποκτήσουν με ομαλό τρόπο συνθήκες δωματίου αλλά και να κρυώσουν για να γίνουν πιο εύκολα οι

μετρήσεις. Ύστερα από πέντε ώρες ζυγίζοντας ξανά σκεύη και ύλη, για να γίνει γνωστό το καθαρό ξηρό βάρος και ως αποτέλεσμα η υγρασία του υλικού.

Πίνακας 1. Περιεκτικότητα υγρασίας σε διάφορες πηγές βιομάζας

Πηγή Βιομάζας	Περιεκτικότητα σε υγρασία (υγρή βάση)
Θρύμματα ξύλου	10-60 %
Pellets ξύλου	8-12 %
Άχυρο	20-30 %
Πριονίδι	15-60 %
Υπολείμματα βαμβακιού	10-20 %
Switchgrass	30-70 %
Βαγάσση	40-60 %
Κοπριά αγελάδας	88-94 %
Κοπριά χοίρου	90-97 %
Κοπριά πουλερικού	75-80 %
Τυρόγαλα	93-97 %
Ενσίρωμα καλαμποκιού	65-75 %
Γλυκό σόργο	20-70 %
Αγριαγκινάρα	15-20 %

Σύμφωνα με την EN 14775 που αναφέρεται στο προσδιορισμό της περιεχόμενης τέφρας, το πείραμα έγινε με δύο δείγματα για το καθένα, για σύγκριση αποτελεσμάτων. Έτσι λοιπόν οι κάψες για τα πτηνά1 ζύγιζαν 62,0232g και το υλικό 4,4660g , για τα πτηνά2 60,5041g και το υλικό 4,4925g. Για το πρόβατο1 οι μεγαλύτερες κάψες ζύγιζαν 67,9064g και το υλικό 4,1140g και για το πρόβατο2 η κάψα 67,0958g και το υλικό αυτής 4,6403. Τα δείγματα τοποθετήθηκαν στο φούρνο για 5 ώρες με θερμοκρασία περίπου 465°C. Μόλις ολοκληρώθηκε η διαδικασία και αυτά τα δείγματα μπήκαν στο κλίβανο για το υπόλοιπο της ημέρας για τον ίδιο λόγο όπως και τα προηγούμενα.

4.1.2 Διαδικασία κονιοποίησης

Η επόμενη διαδικασία περιλαμβάνει τη χρήση του μύλου του Willey (Εικόνα 23), με την οποία θα θρυμματιστούν τα δείγματα με σκοπό να γίνει εκχύλιση. Στόχος είναι να συλλεχθεί μια ικανή ποσότητα από κάθε είδος για να μπορέσει να μοιραστεί το υλικό με σωστή αναλογία για κάθε διαδικασία που απαιτείται στη συνέχεια. Αναλυτικότερα είναι 4g για το νερό , 4g για διχλωρομεθάνιο, 4g για την αλκοόλη 2g για την θερμιδική αξία.



Εικόνα 23. Προετοιμασία δείγματος για κονιοποίηση προκειμένου να γίνουν οι εκχυλίσεις

4.1.3 Διαδικασία εκχυλίσεως με υλικό από περιττώματα προβάτου και πτηνών με διαλύτες από: αποσταγμένο νερό, διχλωρομεθάνιο και αλκοόλη.

Η διαδικασία της εκχυλίσεως περιλαμβάνει πρώτα την εκχύλιση με διαλύτη αποσταγμένου νερού και υλικό από περιττώματα προβάτου. Έτσι λοιπόν χρησιμοποιώντας δύο σφαιρικές φιάλες 250ml, τους ηθμούς, τους σωλήνες εκχυλίσεως 100ml και διαλυτή 150ml για την διαδικασία εκχύλισης με σκοπό την συλλογή των εκχυλισμάτων που περιέχονται σε συγκεκριμένη ποσότητα που κονιοποιήθηκε.

Μετά από χρονικό διάστημα 6 ωρών έχουμε το βάρος του ηθμού μαζί με το υλικό έπειτα από τοποθέτηση τους στο πυριαντήριο (Εικόνα 24,25,26).



Εικόνα 24. Εκχύλιση με διαλύτη διγλωρομεθάνιου και δείγμα περιττώματα προβάτου.



Εικόνα 25. Εκχύλιση με διαλύτη αλκοόλης και δείγμα περιττώματα προβάτου.



Εικόνα 26. Εκχύλιση με διαλύτη απιονισμένου νερού και δείγμα περιττώματα πτηνών.

4.1.4 Θερμιδική αξία

Με σκοπό να υπολογιστεί το ποσό θερμότητας που μπορεί να παράγει, αξίζει να υπολογίσουμε την θερμιδική αξία για να μπορέσουμε να την συγκρίνουμε με την απόδοση ενός πέλλετ ξύλου αλλά και με τα υπόλοιπα είδη θέρμανσης. Έτσι παίρνοντας ειδικές κάψες για το προβατο1 το υλικό ζυγίζει 1,0176 και για το προβατο2 ζυγίζει 1,0248.

Τα δείγματα που τοποθετήθηκαν για τα πτηνά ήταν σε βάρος το πτηνά1 1,0808 και το πτηνά2 1,0712.(Εικόνα 27,28)



Εικόνα 27. Η διαδικασία εύρεσης της θερμιδικής αξίας



Εικόνα 28. Μηχάνημα το οποίο μετρά τη θερμидική αξία

(Προδιαγραφές και πρότυπα ποιότητας των pellet βιομάζας – Biomassenergy)

5 ΚΕΦΑΛΑΙΟ

5.1 ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ

5.1.1 Το ποσοστό των εκχυλισμάτων

Σκοπός των εκχυλίσεων ήταν να γίνει γνωστό το ποσοστό των εκχυλισμάτων (Πίνακας 2, 3) που περιέχονται μέσα στο δείγμα, γι' αυτό και χρησιμοποιήθηκαν τρεις διαφορετικοί διαλύτες.

Έτσι λοιπόν ακολουθούν τα αποτελέσματα τα οποία αφορούν ως υλικό τα πρόβατα και τα πτηνά με ποσοστά χωριστά για κάθε διαλύτη.

Πίνακας 2. Ποσοστό των εκχυλισμάτων και με τις 3 μεθόδους για το πρόβατο

Υλικά	Εκχύλιση απιονισμένου νερού με δείγμα από περιττώματα προβάτου	Εκχύλιση διχλωρομεθάνιου με δείγμα από περιττώματα προβάτου	Εκχύλιση αλκοόλης με δείγμα από περιττώματα προβάτου
Πρόβατο 1	48,6%	11,01%	10,2%
Πρόβατο 2	44,5%	11,1%	9,7%

Πίνακας 3. Ποσοστό των εκχυλισμάτων και με τις 3 μεθόδους για τα πτηνά

Υλικά	Εκχύλιση απιονισμένου νερού με δείγμα από περιττώματα πτηνών	Εκχύλιση διχλωρομεθάνιου με δείγμα από περιττώματα πτηνών	Εκχύλιση αλκοόλης με δείγμα από περιττώματα Πτηνών
Πτηνά 1	17,6%	5,54%	6,3%
Πτηνά 2	18,3%	9%	5,6%

5.1.2 Το ποσοστό της υγρασίας και της τέφρας

Τα ποσοστά που ακολουθούν είναι από τα πρώτα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν με την αρχική υγρασία και τέφρα χωρίς να έχουν υποστεί κάποια επεξεργασία. Αρχικά παρουσιάζεται το πρωτόκολλο της τέφρας πρώτα για τα πτηνά και έπειτα για τα πρόβατα αναφέροντας το μέσο όρο, την τυπική απόκλιση, το ελάχιστο και το μέγιστο. Η διαδικασία που ακολουθεί είναι ίδια με τον προσδιορισμό της τέφρας για το ξύλο και της υγρασίας για το ξύλο. Συγκεκριμένα είναι ASTM D 1102-84 ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΤΕΦΡΑΣ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ και DIN 52183/1977 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΞΥΛΟΥ (Πίνακας 4, 5, 6) .

Πίνακας 4. Μέθοδος προσδιορισμού τέφρας υπολειμμάτων ζωικής προέλευσης από πτηνά

ΥΛΙΚΟ	ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ	ΜΕΙΚΤΟ ΒΑΡΟΣ 1	ΒΑΡΟΣ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ	ΜΕΙΚΤΟ ΒΑΡΟΣ 2	ΒΑΡΟΣ ΤΕΦΡΑΣ
Πτηνά1	62,0232	66,4892	4,4660	63,0414	1,0182
Πτηνά2	60,5041	64,9966	4,4925	61,5898	1,0857

ΥΛΙΚΟ	ΒΑΡΟΣ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ	ΒΑΡΟΣ ΤΕΦΡΑΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΤΕΦΡΑΣ
Πτηνά1	4,4660	1,0182	22,8%
Πτηνά2	4,4925	1,0857	24,2%

Μέσος όρος : 23,5%

Τυπική απόκλιση : 0,98%

Ελάχιστο : 22,8%

Μέγιστο : 24,2%

Πίνακας 5. Μέθοδος προσδιορισμού τέφρας υπολειμμάτων ζωικής προέλευσης από πρόβατα

ΥΛΙΚΟ	ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ	ΜΕΙΚΤΟ ΒΑΡΟΣ 1	ΒΑΡΟΣ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ	ΜΕΙΚΤΟ ΒΑΡΟΣ 2	ΒΑΡΟΣ ΤΕΦΡΑΣ
Πρόβατο1	67,9064	72,0204	4,1140	68,5603	0,6539
Πρόβατο2	67,0958	71,7361	4,6403	67,5427	0,4469

ΥΛΙΚΟ	ΒΑΡΟΣ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ	ΒΑΡΟΣ ΤΕΦΡΑΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΤΕΦΡΑΣ
Πρόβατο1	4,1140	0,6539	15,9%
Πρόβατο2	4,6403	0,4469	9,6%

Μέσος όρος: 12,75%

Τυπική απόκλιση: 4,45%

Ελάχιστο: 9,6%

Μέγιστο: 15,9%

Πίνακας 6. Μέθοδος προσδιορισμού της υγρασίας υπολειμμάτων ζωικής προέλευσης από πτηνά και πρόβατα

ΥΛΙΚΟ	ΑΡΧΙΚΗ ΜΑΖΑ	ΞΗΡΗ ΜΑΖΑ	ΥΓΡΑΣΙΑ
Πτηνά	6,19	3,784	63,58%
Πρόβατα	9,93	4,1935	136,79%

5.1.3 Τα αποτελέσματα της θερμιδικής αξίας

Χρησιμοποιώντας το μηχάνημα μέτρησης της θερμιδικής αξίας πάρθηκαν αποτελέσματα τα οποία φανερώνουν το ποσό που δαπανάται σε ενέργεια για να γίνει πλήρης καύση και ως αποτέλεσμα να παραχθεί θερμότητα (Εικόνα 29, 30, 31, 32).

Έτσι λοιπόν το καθένα δίνει θερμιδική αξία που αντιστοιχεί σε 3139cal/g για το πρόβατο1 και 3103cal/g για το πρόβατο2.

Καθώς και τα υπόλοιπα αποτελέσματα ήταν 1814cal/g για τα πτηνά1 και 1867cal/g για τα πτηνά2.

Συγκρίνοντας αρχικά τα δείγματα ζωικής προέλευσης μεταξύ τους διαπιστώνουμε ότι τα ποσοστά που προσέφερε το υλικό από τα περιττώματα προβάτου ήταν καλύτερο με διπλάσια απόδοση, διότι παρήγαγε περισσότερες θερμίδες ανά γραμμάριο.

Calorific value report sheet

Test date: 2015-09-30

Manual number: probato 1		Auto number: 1150930_000		Jacket T: 35.00 °C
Weight: 1.0176 g	Qb, ad: 13143 J/g	(13.14 MJ/kg 3139cal/g)		
q1: 25.00 J	(0.000025 MJ	5.97cal)	EE: 5944.32 J/K	
q2: 0.00 J	(0.000000 MJ	0.00cal)		
Qnet, v, ar:	- J/g	0.00 MJ/kg	0 cal/g	
Qgr, ad:	- J/g	0.00 MJ/kg	0 cal/g	
Qgr, d:	- J/g	0.00 MJ/kg	0 cal/g	
Vo=-0.0614(K/min) To=28.1334(°C) Duration=4.25(min) F_ti=126.66(K.min)				
Vn=-0.0438(K/min) Tn=30.6069(°C) Temp rise=2.4735(K) C=-0.2193(K)				
qn=13.1434(J/g)				

Εικόνα 29. Τα αποτελέσματα από το μηχάνημα θερμιδικής αξίας για το δείγμα πρόβατο1

Calorific value report sheet

Test date: 2015-10-01

Manual number: probato2		Auto number: 1150930_002		Jacket T: 35.00 °C
Weight: 1.0248 g	Qb, ad: 12990 J/g	(12.99 MJ/kg 3103cal/g)		
q1: 25.00 J	(0.000025 MJ	5.97cal)	EE: 5944.32 J/K	
q2: 0.00 J	(0.000000 MJ	0.00cal)		
Qnet, v, ar:	- J/g	0.00 MJ/kg	0 cal/g	
Qgr, ad:	- J/g	0.00 MJ/kg	0 cal/g	
Qgr, d:	- J/g	0.00 MJ/kg	0 cal/g	
Vo=-0.0601 (K/min) To=29.9899 (°C) Duration=3.92 (min) F_ti=123.66 (K.min)				
Vn=-0.0427 (K/min) Tn=32.4345 (°C) Temp rise=2.4446 (K) C=-0.2009 (K)				
qn=12.9901 (J/g)				

Εικόνα 30. Τα αποτελέσματα από το μηχάνημα θερμιδικής αξίας για το δείγμα probato2

Calorific value report sheet

Test date: 2015-10-01

Manual number: kotal		Auto number: 1151001_000		Jacket T: 35.00 °C
Weight: 1.0808 g	Qb, ad: 7593 J/g	(7.59 MJ/kg 1814cal/g)		
q1: 25.00 J	(0.000025 MJ	5.97cal)	EE: 5944.32 J/K	
q2: 0.00 J	(0.000000 MJ	0.00cal)		
Qnet, v, ar:	- J/g	0.00 MJ/kg	0 cal/g	
Qgr, ad:	- J/g	0.00 MJ/kg	0 cal/g	
Qgr, d:	- J/g	0.00 MJ/kg	0 cal/g	
Vo=-0.0748 (K/min) To=29.3226(°C) Duration=4.06(min) F_ti=122.80 (K.min)				
Vn=-0.0629 (K/min) Tn=30.9903(°C) Temp rise=1.6677 (K) C=-0.2829 (K)				
qn=7.5932 (J/g)				

Εικόνα 31. Τα αποτελέσματα από το μηχάνημα θερμιδικής αξίας για το δείγμα πτηνά1

Calorific value report sheet

Test date: 2015-10-01

Manual number:		Auto number: 1151001_002		Jacket T: 35.00 °C
Weight: 1.0712 g	Qb, ad: 7818 J/g	(7.82 MJ/kg 1867cal/g)		
q1: 25.00 J	(0.000025 MJ	5.97cal)	EE: 5944.32 J/K	
q2: 0.00 J	(0.000000 MJ	0.00cal)		
Qnet, v, ar:	- J/g	0.00 MJ/kg	0 cal/g	
Qgr, ad:	- J/g	0.00 MJ/kg	0 cal/g	
Qgr, d:	- J/g	0.00 MJ/kg	0 cal/g	
Vo=-0.0749 (K/min) To=28.7993(°C) Duration=4.20 (min) F_ti=125.01 (K.min)				
Vn=-0.0628 (K/min) Tn=30.5042(°C) Temp rise=1.7049 (K) C=-0.2919 (K)				
qn=7.8177 (J/g)				

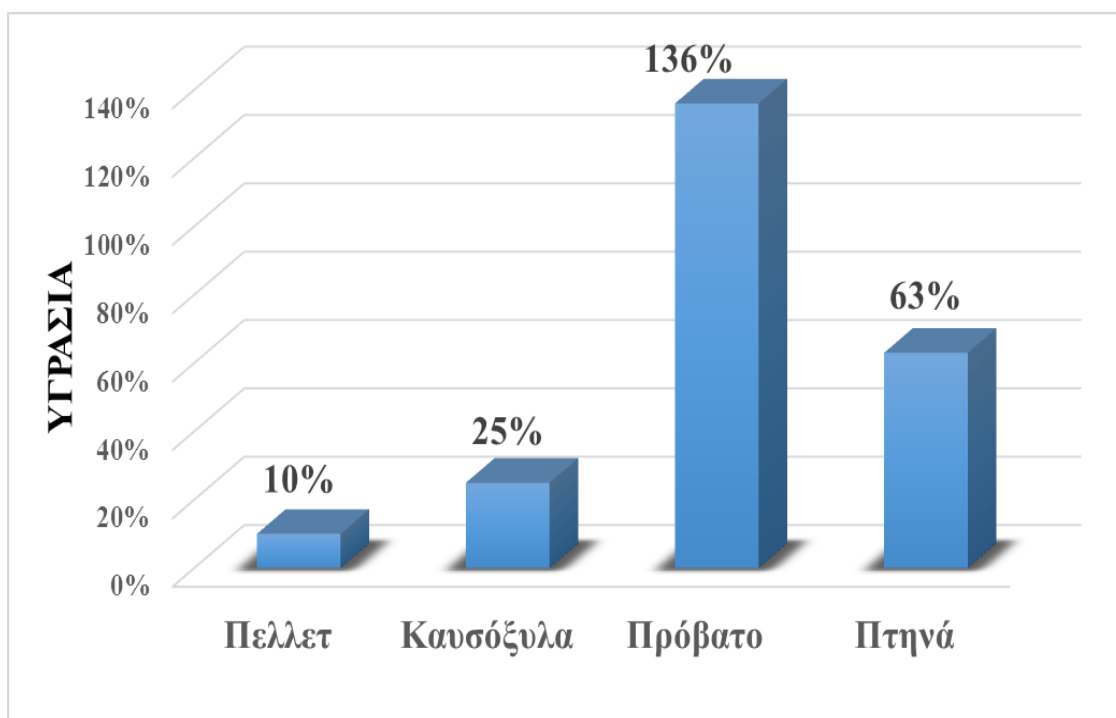
Εικόνα 32. Τα αποτελέσματα από το μηχάνημα θερμιδικής αξίας για το δείγμα πτηνά2

6 ΚΕΦΑΛΑΙΟ

6.1 ΤΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

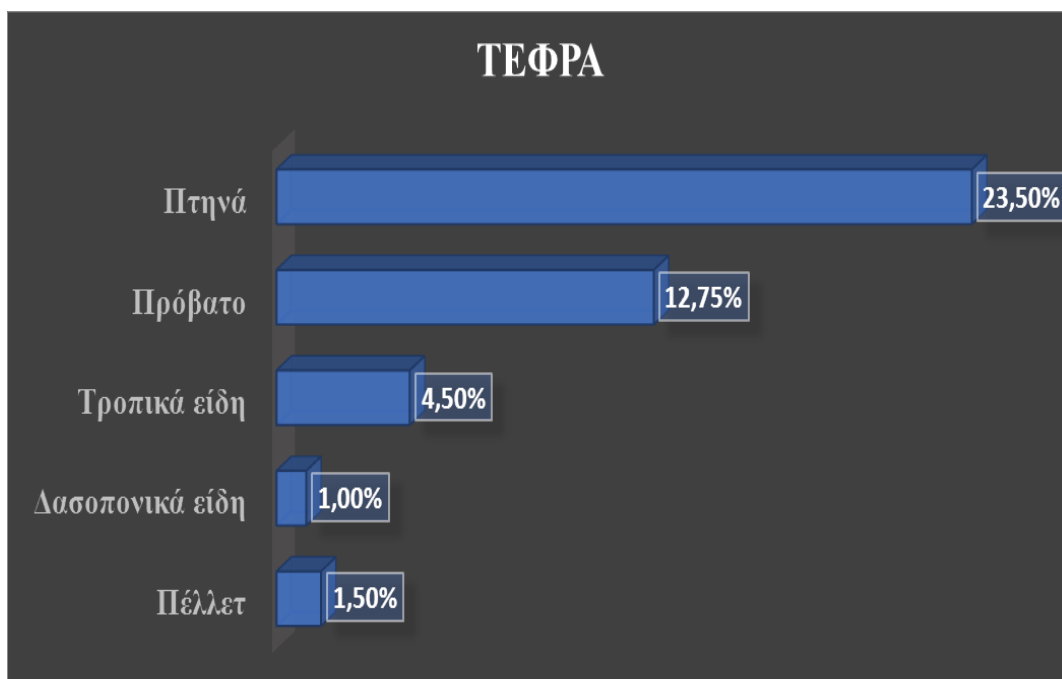
Σύμφωνα με όσα πειράματα πραγματοποιήθηκαν και με δεδομένα όσα ισχύουν για τα πέλλετ τα καυσόξυλα και το πετρέλαιο, ακολουθούν διαγράμματα τα οποία τονίζουν τις διαφορές μεταξύ αυτών των καυσίμων. Τα διαγράμματα αυτά αφορούν την υγρασία (Πίνακας 7), την τέφρα (Πίνακας 8), την θερμιδική αξία (Πίνακας 9) και τέλος τα εκχυλίσματα (Πίνακας 10, 11, 12).

Πίνακας 7. Διάγραμμα υγρασίας μεταξύ διαφόρων καυσίμων



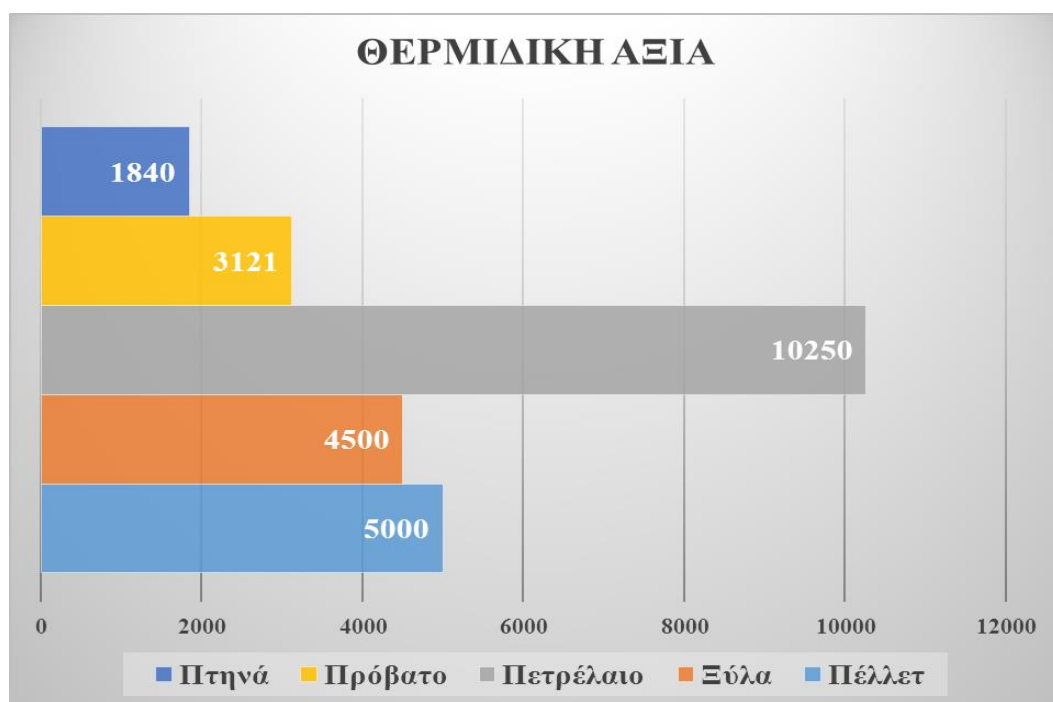
Σύμφωνα με το διάγραμμα της υγρασίας φαίνεται έντονα πως τα υπολείμματα από το πρόβατο είχαν τη μεγαλύτερη υγρασία, κάτι που δηλώνει πως θα χρειαστεί περισσότερο χρόνο για να πέσει το ποσοστό σε επιτρεπτά επίπεδα για να μπορέσει να γίνει αποδεκτή. Καθώς επίσης είναι απαραίτητο ο χώρος να είναι στεγανοποιημένος και καλά αεριζόμενος. Επιπρόσθετα πρέπει να σημειωθεί ότι ο υπολογισμός της υγρασίας ήταν το πρώτο πείραμα που έγινε και τα υλικά μας δεν είχαν ξεραθεί όσο έπρεπε, εφόσον ήταν κλεισμένα σε μια σακούλα μέσα στο χώρο του εργαστήριου και λόγω της προέλευσης τους δεν ήταν τόσο εφικτό να χειριστούν διαφορετικά εξαιτίας κάποιων μικροοργανισμών.

Πίνακας 8. Διάγραμμα τέφρας μεταξύ διαφόρων καυσίμων



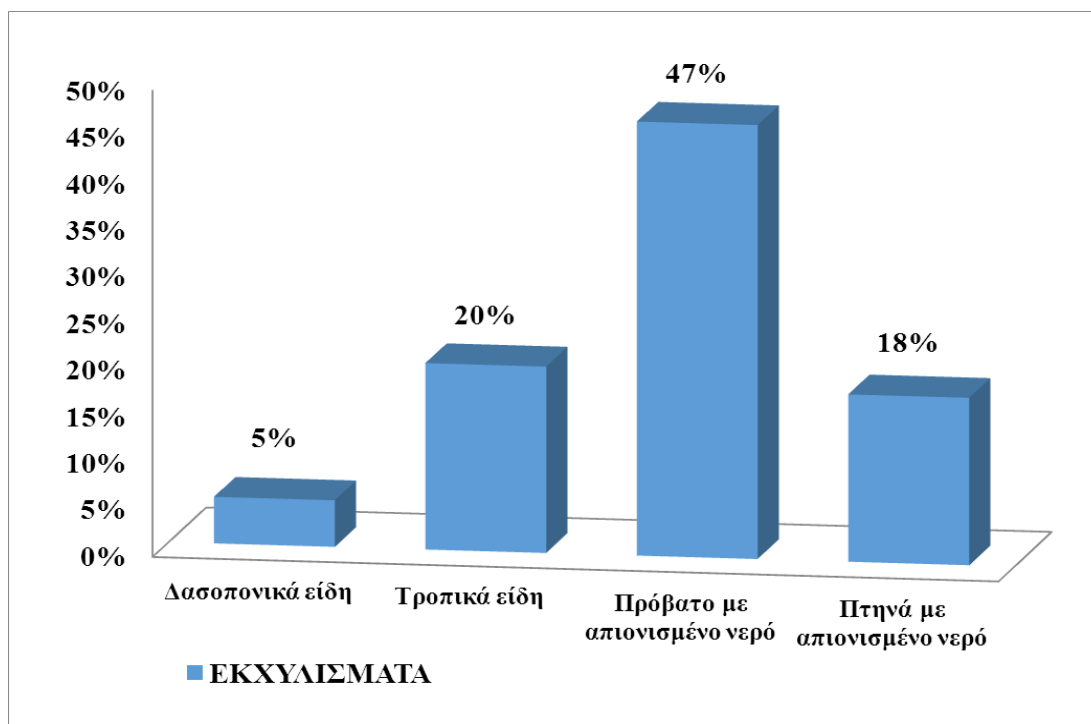
Όπως φαίνεται στο διάγραμμα της τέφρας, τα υπολείμματα τέφρας από τα πτηνά είναι αναλογικά διπλάσια σε ποσοστό απ' ό,τι τα υπολείμματα από τα πρόβατα. Αυτό σημαίνει ότι τα περιττώματα από τα πρόβατα, με καλύτερη επεξεργασία και σύσταση αλλά και ανάμειξη ακόμη, θα δώσουν ένα καλύτερο ποιοτικά αποτέλεσμα.

Πίνακας 9. Διάγραμμα θερμιδικής αξίας μεταξύ διαφόρων καυσίμων

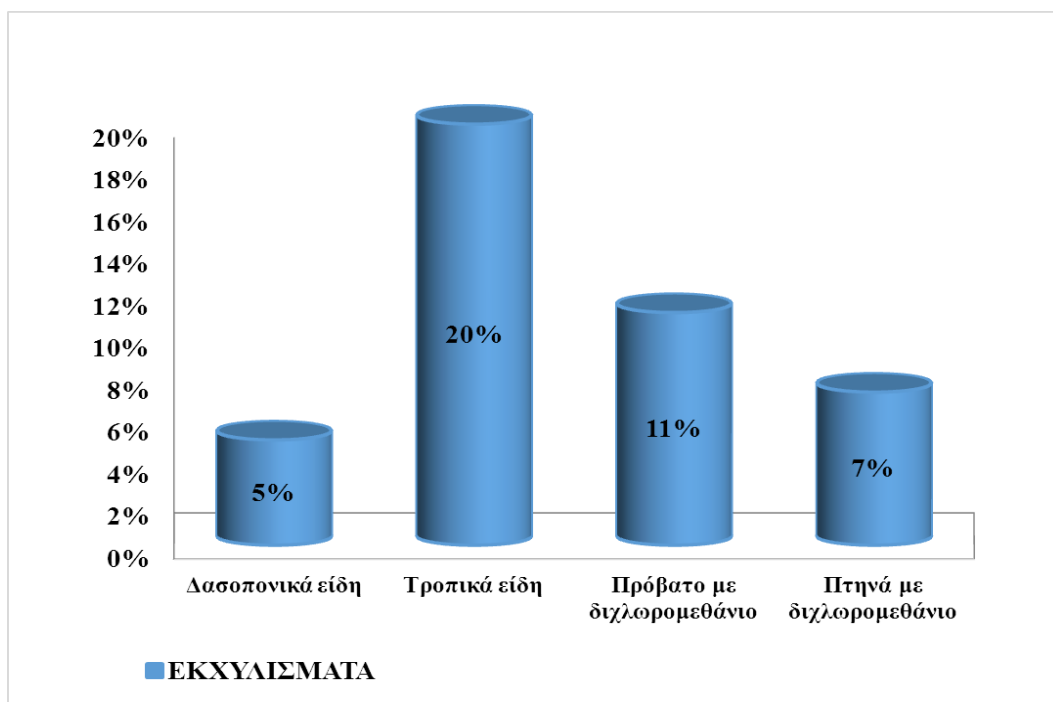


Το διάγραμμα της θερμιδικής αξίας δείχνει ξεκάθαρα την θέση που κατέχει το πετρέλαιο σαν απόδοση θέρμανσης. Όμως πρέπει να αναφερθεί ότι ένα λίτρο πετρελαίου αντιστοιχεί σε δύο κιλά πέλλετ με την έννοια της θερμιδικής απόδοσης, καθώς αυτή η εξίσωση ισοδυναμεί και από οικονομικής άποψης. Έτσι λοιπόν επιλέγοντας πέλλετ έχουμε μηδενικό ισοζύγιο σχετικά με την ύπαρξη άνθρακα κατά την καύση των πέλλετ κάτι που βοηθά σημαντικά στη προστασία του πλανήτη εφόσον είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Συνεπώς και τα υπολείμματα προβάτου έχοντας ένα ικανοποιητικό βαθμό θερμαντικής ικανότητας με περισσότερη πειραματική δραστηριότητα θα μπορούσαν να αυξήσουν την απόδοση της θερμογόνου δύναμης με στόχο να ισοδυναμούν με τα πέλλετ. Η θερμιδική αξία ενός καυσίμου είναι σημαντική αρκεί να είναι και στην αντίστοιχη τιμή για να αποδειχθεί χρήσιμη η έρευνα.

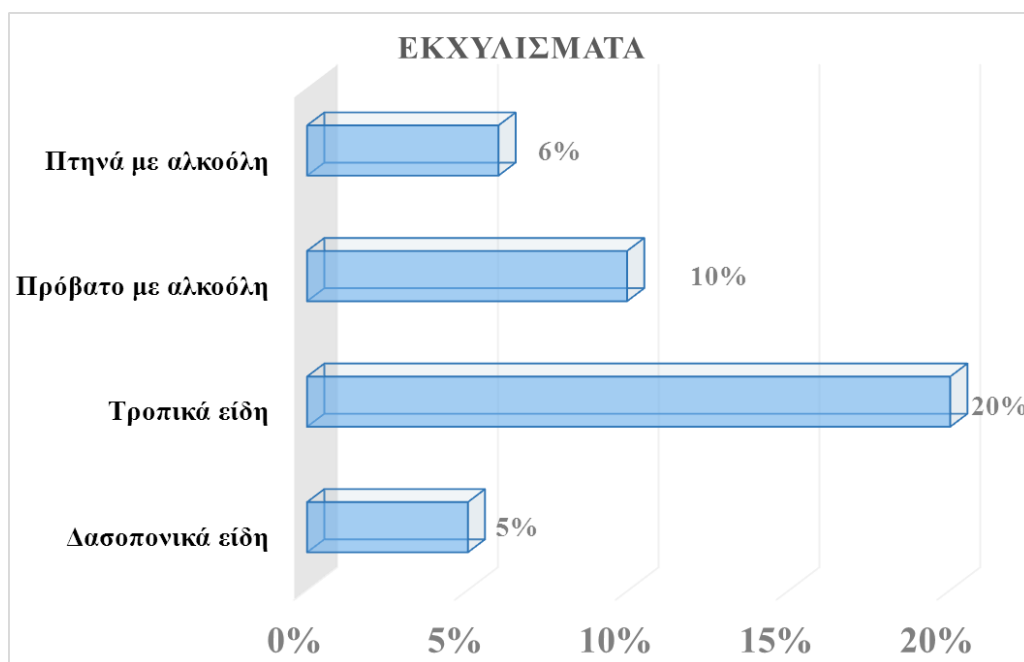
Πίνακας 10. Διάγραμμα εκχυλισμάτων με διαλύτη απιονισμένου νερού



Πίνακας 11. Διάγραμμα εκχυλισμάτων με διαλύτη διχλωρομεθάνιου



Πίνακας 12. Διάγραμμα εκχυλισμάτων με διαλύτη αλκοόλης



Έντονα εκχυλίσματα μας έδωσε το δείγμα από το πρόβατο με διαλύτη απιονισμένου νερού και το χαμηλότερο ήταν από τα δασοπονικά είδη. Για την εκχύλιση που έγινε με διχλωρομεθάνιο το υψηλότερο ποσοστό ήταν από τα τροπικά είδη και το χαμηλότερο από τα δασοπονικά ενώ τα δείγματα με το υλικό που εξετάζεται ήταν σε ποσοστά 7% και 11%. Τέλος για τα δείγματα με διαλύτη αλκοόλης μικρότερο ποσοστό είχαν τα δείγματα από τα πτηνά και το υψηλότερο να είναι πάλι από τα τροπικά είδη.

7 ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με όσα προηγήθηκαν και με όσα είναι ήδη γνωστά για τα πέλλετ μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι το υλικό στο οποίο στηρίχθηκε όλη η εργασία είναι μια πρώτη λύση για τη χρήση της ανεκμετάλλευτης αυτής βιομάζας.

Γεγονός είναι ότι τα πειράματα δεν είχαν καλύτερα αποτελέσματα από αυτά των πέλλετ όπως ήταν αναμενόμενο, όμως με την κατάλληλη επεξεργασία και γνώση πλέον της συμπεριφοράς του υλικού, μπορούν να γίνουν περισσότερα πειράματα για να επιτευχθούν και καλύτερα αποτελέσματα. Η βιομάζα που μελετάται είναι υπολείμματα από κτηνοτροφικές μονάδες, κάτι τέτοιο βοηθάει στη συλλογή εφόσον είναι γνωστά τα μέρη που βρίσκονται για κάθε νομό της Ελλάδας, καθώς και οι ποσότητες είναι όλες καταγεγραμμένες στη διεύθυνση Κτηνιατρικής από κάθε νομό. Συνεπώς με τις κατάλληλες προδιαγραφές και εξοπλισμό υπάρχει δυνατότητα συλλογής αυτού του υλικού σε συγκεκριμένα σημεία για να γίνει η απαραίτητη επεξεργασία.

Με στόχο την επίλυση των βασικότερων προβλημάτων όπως υγρασία, ανόργανα συστατικά και θερμογόνος δύναμη θα μπορέσει να εξελιχθεί αυτό το προϊόν, ώστε να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί. Για να έχουμε καλύτερα ποσοστά υγρασίας θα πρέπει να δημιουργηθεί ένα χώρος στον οποίο να τοποθετηθεί το υλικό απλωμένο, ώστε με κατάλληλες συνθήκες προς ξήρανση να αποβληθεί όσο το δυνατόν περισσότερο νερό. Στη συνέχεια για τα ανόργανα συστατικά της βιομάζας που απέμειναν, επειδή ξεπερνούν κατά πολύ εκείνα των πέλλετ, θα πρέπει να αναμειχθούν σε τέτοια δοσολογία με ένα άλλο υλικό το οποίο δεν θα έχει τόσα ανόργανα συστατικά, με σκοπό να μειωθούν κατά το ήμισυ. Τέλος, η θερμιδική απόδοση είναι το πιο σημαντικό κομμάτι με σωστή αναλογία ποιότητας-τιμής για να μπορέσει ένας καταναλωτής ή ένας παραγωγός να το εμπιστευτεί και να το δοκιμάσει αυτό το καινοτόμο προϊόν. Προφανώς θα πρέπει σε αυτά τα στάδια να γίνει αναγκαστικά ένας τέτοιος ιδανικός συνδυασμός που να μπορέσει να καλύψει τις παραπάνω απαραίτητες ανάγκες που απαιτούνται.

Το απαλλαγμένο από υγρασία ξύλο είναι η καλύτερη επιλογή ή ακόμη άλλες πηγές βιομάζας οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν στα επόμενα πειραματικά έρευνα ώστε να μπορούν να συνδυαστούν και να ολοκληρώσουν αυτή την προσπάθεια. Έχοντας σκοπό την ανάπτυξη καινοτόμων ιδεών για θέρμανση η ανεκμετάλλευτη βιομάζα θα είναι το βασικό συστατικό.

Εν κατακλείδι, συγκεκριμένα η έρευνα απέδειξε ότι η βιομάζα από τα περιττώματα προβάτου θα μπορούσαν να προσφέρουν στη δημιουργία μιας επιτυχημένης συνταγής που θα στοχεύει στην αξιοποίηση της.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Τα πέλλετ από βιομάζα ως μέσο αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής - Biomass Energy - (<http://www.biomassenergy.gr/articles/technology/biomass/90-biomass-pellets-as-a-mean-of-encountering-climate-change-threats>)

Βιομάζα- Biomass Energy - (<http://www.biomassenergy.gr/articles/technology/biomass/16-biomass-resources>)

Ιωάννης-Χρίστος Π. Μαραβέλιας - «Οικονομοτεχνική μελετηθώ για εργοστάσιο παραγωγής Wood pellets» - Πολυτεχνείο Κρήτης Τμήμα Μηχανικών Παράγωγης και Διοίκησης. 41-59

Βιομάζα - ABC Financial Group - (<http://abcfinancialgroup.gr/%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BC%CE%AC%CE%B6%CE%B1/>)

Προδιαγραφές και πρότυπα ποιότητας των pellet βιομάζας - Biomass Energy - (<http://www.biomassenergy.gr/articles/technology/biomass/79-pellets-specifications-and-quality-standards>)