

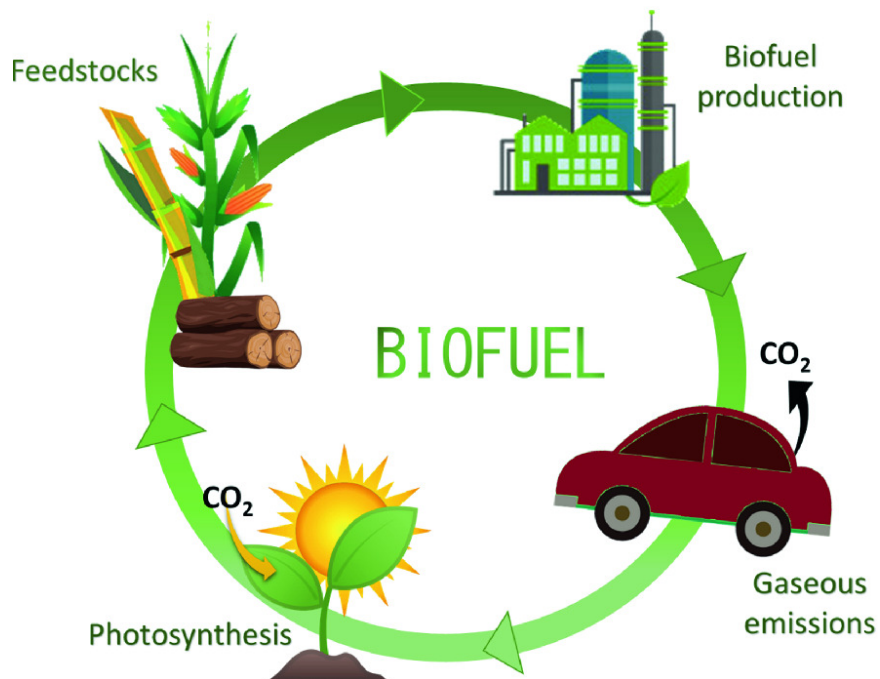


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

Σχολή Γεωπονικών Επιστημών
Τμήμα Γεωπονίας

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Θέμα: «Βιοκαύσιμα Ενεργειακή και Περιβαλλοντική
Αξιολόγηση»



Ντοκουμές Ιωάννης, Α.Μ. 12346

Τζένης Χρυσοβαλάντης Α.Μ. 12322

Επιβλέπων Καθηγητής: Καυγά Αγγελική

Αμαλιάδα, 2021

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	3
Περίληψη.....	5
Abstract	6
1. Εισαγωγή.....	7
2. Βιοκαύσιμα.....	8
2.1. Ορισμός.....	8
2.2. Γενιές Βιοκαυσίμων.....	8
2.3. Τα βιοκαύσιμα στην Ελλάδα.....	9
2.3.1. Βιοντίζελ στην Ελλάδα	10
2.3.2. Βιοαιθανόλη στην Ελλάδα	11
3. Βιομάζα	13
3.1. Ορισμός.....	13
3.2. Χαρακτηριστικά βιομάζας.....	14
3.3. Εφαρμογές βιομάζας.....	14
3.4. Ενεργειακές καλλιέργειες	15
3.4.1. Ορισμός ενεργειακών καλλιεργειών.....	15
4. Βιοντίζελ.....	27
4.1. Ορισμός.....	27
4.2. Ιστορικά στοιχεία	28
4.3. Πρώτες ύλες παραγωγής βιοντίζελ.....	28
4.4. Παραγωγή και επεξεργασία πρώτης ύλης βιοντίζελ	32
4.5. Προϊόντα και παραπροϊόντα παραγωγής βιοντίζελ	34
4.6. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα βιοντίζελ	34
4.6.1. Πλεονεκτήματα βιοντίζελ	34
4.6.2. Μειονεκτήματα βιοντίζελ	35
5. Βιοαιθανόλη	38
5.1. Ορισμός.....	38
5.2. Διαδικασία παραγωγής βιοαιθανόλης	39
5.3. Τεχνολογικοί στόχοι στην παραγωγή βιοαιθανόλη.....	42
5.4. Προβλήματα στην παραγωγή βιοαιθανόλης.....	42
5.5. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα βιοαιθανόλης	42
5.5.1. Πλεονεκτήματα βιοαιθανόλης	42

5.5.2. Μειονεκτήματα βιοαιθανόλης	44
6. Βιοαέριο	44
6.1. Ορισμός	44
6.2. Διαδικασία παραγωγής βιοαερίου	45
6.3. Χρήσεις βιοαερίου	47
6.4. Οφέλη βιοαερίου	48
6.5. Προβλήματα βιοαερίου	49
6.6. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα βιοαερίου	49
6.6.1. Πλεονεκτήματα βιοαερίου	49
6.6.2. Μειονεκτήματα βιοαερίου	53
7. Πέλλετ ξύλου	55
7.1. Ορισμός	55
7.2. Στάδια παραγωγής των πέλλετ	55
7.3. Χρήσεις των πέλλετς	59
7.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των πέλλετς	59
7.4.1. Πλεονεκτήματα των πέλλετς	59
7.4.2. Μειονεκτήματα των πέλλετς	61
8. Συμπέρασμα	62
9. Βιβλιογραφία	63

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία θα εξεταστούν τα βιοκαύσιμα τόσο ως προς την περιβαλλοντική τους όσο και την ενεργειακή τους αξιολόγηση, πιο συγκεκριμένα θα μελετήσουμε λεπτομερώς τα πιο κοινά και ευρέως χρησιμοποιούμενα βιοκαύσιμα. Παράλληλα θα αναφερθούμε για τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα για το κάθε ένα ξεχωριστά αλλά και για τις ενεργειακές καλλιέργειες οι οποίες αποτελούν τις πρώτες ύλες για την παραγωγή των βιοκαυσίμων. Με αφορμή τα παραπάνω θα μπορέσουμε να αναφερθούμε στον τρόπο και στην διαδικασία παραγωγής τους, τον τρόπο χρήσης τους, όπως και τα οφέλη που προκύπτουν τόσο για το περιβάλλον όσο και για τον άνθρωπο. Τέλος θα συμπεραίνουμε μέσω των στοιχείων που έχουμε συλλέξει την καταλληλότητα και την αποδοτικότητα των βιοκαυσίμων τόσο για τον άνθρωπο όσο και για το ίδιο το περιβάλλον που τα παρέχει.

Abstract

In this paper we will examine biofuels both in terms of their environmental and energy assessment, and in particular we will examine in detail the most common and widely used biofuels. We will also refer to the advantages and disadvantages of each of them separately, we will examine the energy crops that are the raw materials for the production of biofuels and thus we are given the opportunity to expand by referring to the way and the process of their production, the way they are used, as well as the benefits for both the environment and for humans. Finally, we conclude through the data we have collected the unsuitability and efficiency of biofuels both for humans and for the environment that provides them.

1. Εισαγωγή

Το πρώτο βιοκαύσιμο παράχθηκε το 1981 στην Νότια Αφρική και πιο συγκεκριμένα αυτό ήταν το βιοντίζελ. Το 1985 η Γερμανία, η Αυστρία και η Γαλλία ήταν οι πρώτες Ευρωπαϊκές χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή βιοντίζελ, ενώ η συστηματική εμπορευματοποίησή του έγινε το 1990 και μετά. Παράλληλα την επόμενη χρονιά εξασφαλίστηκε υψηλή ποιότητα του καυσίμου κάνοντας το γνωστό και αποδεκτό από τους καταναλωτές. Αρχικά σαν πρώτη ύλη χρησιμοποιήθηκε το έλαιο ελαιοκράμβης (Εικόνα 1), διότι το συγκεκριμένο φυτό θεωρήθηκε ως το καταλληλότερο για το ευρωπαϊκό κλίμα. Επιπρόσθετα στην Ιταλία και στην Γαλλία χρησιμοποιήθηκε και το ηλιέλαιο. Σε άλλες χώρες όπως η Μαλαισία και η Αμερική χρησιμοποιήθηκαν φοινικέλαιο και σογιέλαιο αντίστοιχα.

Τα βιοκαύσιμα (στερεά, υγρά, αέρια) είναι καύσιμα τα οποία παράγονται από οργανικά προϊόντα και θεωρούνται ως ανανεώσιμα καύσιμα. Ως ανανεώσιμα καύσιμα λοιπόν τα χαρακτηρίζει η χαμηλότερη εκπεμπόμενη ποσότητα CO₂ στο συνολικό κύκλο ζωής τους σε σχέση με συμβατικά ορυκτά καύσιμα, βέβαια αυτό εξαρτάται από τους τρόπους διανομής, προέλευσης, παραγωγής τους.



Εικόνα 1: Κραμβέλαιο

2. Βιοκαύσιμα

2.1. Ορισμός

Βιοκαύσιμα ονομάζονται τα στερεά, υγρά και αέρια καύσιμα τα οποία παράγονται από βιομάζα, τα προϊόντα/ απόβλητα ανθρωπίνων δραστηριοτήτων τα οποία αποτελούν βιοδιασπώμενο κλάσμα προϊόντων. Το καλαμπόκι, τα ζαχαρότευτλα όπως και άλλα οργανικά προϊόντα χρησιμοποιούνται για να παραχθούν τα βιοκαύσιμα και εκεί άλλωστε οφείλουν το όνομά τους ως ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Τα συνηθέστερα βιοκαύσιμα είναι η βιοαιθανόλη/αιθανόλη, το βιοντίζελ, το βιοαέριο, τα πέλλετς και οι μπριγκέτες. Αντίθετα το βιοντίζελ και η βιοαιθανόλη δεν χρησιμοποιούνται αυτοτελώς αλλά γίνεται ανάμειξη με βενζίνη και πετρέλαιο σε κινητήρες εσωτερικής καύσης χρησιμεύοντας έτσι ως εναλλακτικά καύσιμα.

2.2. Γενιές Βιοκαυσίμων

Οι γενιές των βιοκαυσίμων είναι τέσσερις :

- Η 1^η γενιά

Έχει ως προέλευση τα φυτικά έλαια, ζωικά λίπη, σάκχαρα, άμυλο, απόβλητα και υπολείμματα βιομάζας, στερεή βιομάζα.

Στις πρώτες ύλες περιλαμβάνονται ελαιούχοι σπόροι, σπόροι δημητριακών, ζαχαρότευτλα και ζαχαροκάλαμο, αγροτικά και βιομηχανικά όπως και άλλα οργανικά υπολείμματα και απόβλητα από ενεργειακές καλλιέργειες. Τέλος συγκαταλέγονται τα δασικά και γεωργικά υπολείμματα.

Βιοκαύσιμα βιοντίζελ, βιοαιθανόλη, βιοαέριο, μπριγκέτες και πέλλετς.

Στόχος παραγωγή βιοκαυσίμων από εύκολα διαθέσιμες πρώτες ύλες

Μειονεκτήματα οι περισσότερες πρώτες ύλες χρησιμοποιούνται στην διατροφική αλυσίδα τόσο των ανθρώπων όσο και των ζώων, με αποτέλεσμα η χρήση τους να επιδρά αρνητικά στην διαθεσιμότητα και τη διατήρηση της βιοποικιλότητας και των τροφίμων.

- Η 2^η γενιά

Έχει ως προέλευση: υπολειμματικά φυτικά έλαια, ζωικά λίπη και απόβλητα, κυτταρινούχα φυτά και πρώτες ύλες που δεν χρησιμοποιούνται ως τροφές. Τέλος απόβλητη και υπολειμματικοί βιομάζα.

Στις πρώτες ύλες περιλαμβάνονται: υπολειμματικές και απόβλητες ελαιούχες ύλες (απόβλητα σφαγίων, όξινα έλαια και λίπη). Πλούσια σε κυτταρίνη φυτά όπως γλυκό σόργο, αγριαγκινάρα, κέλυφος από καρπούς, γεωργικά παραπροϊόντα όπως άχυρα και φύλλα.

Βιοκαύσιμα: βιοντίζελ, βιοαιθανόλη, συνθετική κηροζίνη, συνθετικό ντίζελ (FT), πράσινο ντίζελ, βιοαέριο και βιοϋδρογόνο.

Στόχος: χρησιμοποιούνται πρώτες ύλες που δεν χρησιμοποιούνται σε τροφές.

Μειονεκτήματα: χρήση πρώτων υλών, νερού και εκτάσεων που θα χρησιμοποιούνταν για καλλιέργεια.

- Η 3^η γενιά

Έχει ως προέλευση: βιομάζα μεγάλη στρεμματική απόδοση.

Στις πρώτες ύλες περιλαμβάνονται: μικροφύκη (άλγη).

Βιοκαύσιμα: βιοντίζελ, βιοαιθανόλη, συνθετικό η πράσινο ντίζελ, βιοαέριο.

Στόχος: αύξηση της απόδοσης παραγωγής των πρώτων υλών.

Θετικά: έχει υπολογιστεί ότι μπορεί να αποδώσει 30 φορές περίπου περισσότερη ενέργεια ανά μονάδα καλλιεργούμενης έκτασης σε σχέση με τα καλλιεργούμενα φυτά. Οι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούν το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) ως θρεπτική ύλη.

- Η 4^η γενιά

Έχει ως προέλευση: κατανάλωση διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) από μικροοργανισμούς.

Στις πρώτες ύλες περιλαμβάνονται: το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Βιοκαύσιμα: βιοϋδρογόνο, βιομεθάνιο, συνθετικά βιοκαύσιμα.

Στόχος: παραγωγή βιοκαυσίμων με αρνητικό αποτύπωμα άνθρακα με γεωαποθήκευση (CO₂) και ανάπτυξη βιομάζας με αυξημένη δέσμευση (CO₂)

Θετικά: λόγω διεργασιών κατανάλωσης (CO₂) από τους μικροοργανισμούς επιτυγχάνεται η μείωση (CO₂) ατμόσφαιρας.

2.3. Τα βιοκαύσιμα στην Ελλάδα

Τα συχνότερα χρησιμοποιούμενα βιοκαύσιμα στην Ελλάδα σύμφωνα με την οδηγία 2003/30/EK, είναι το **βιοντίζελ** και η **βιοαιθανόλη**, ενώ υπάρχει έντονο ενδιαφέρον για τα φυτικά έλαια.

2.3.1. Βιοντίζελ στην Ελλάδα

Η παραγωγή του βιοντίζελ γίνεται μέσω της διαδικασίας της εστεροποίησης έχοντας ως πρώτες ύλες φυτικά έλαια, ζωικά λίπη και μαιθανόλη. Ως παραπροϊόν της διαδικασίας αυτής παράγεται η γλυκερίνη. (Kallivroussis et. al., 2002)

Πίνακας 1 Παραγωγή βιοντίζελ στην Ελλάδα

Πρώτη ύλη παραγωγής βιοντίζελ	Απόδοση προϊόν (ανά στρέμμα)	Απόδοση βιοκαύσιμο (κιλά/ στρέμμα)	Απόδοση βιοκαύσιμα (λίτρα/ στρέμμα)
Ηλιάνθος	150-300	50-100	58-116
Ελαιοκράμβη	150-300	50-100	58-116
Αγριαγκινάρα	100-150	24-36	28-41
Βαμβάκι	120-160	17-23	20-27
Σόγια	160-240	27-41	32-48

Το βιοντίζελ ως πρώτη ύλη έχει: μαγειρικά έλαια και τηγανέλαια που παράγονται από τον ηλιάνθο, την ελαιοκράμβη, την αγριαγκινάρα, το βαμβάκι και την σόγια.

Το βιοντίζελ χρησιμοποιείται: αναμειγνύοντας το με το πετρέλαιο σε ποσοστό κατά όγκο έως 5%.

Στο πετρέλαιο κίνησης το ποσοστό αυτό είναι μεγαλύτερο. Η διάθεσή του γίνεται ως αυτούσιο στην λιανική αγορά. Τα καύσιμα που είναι παράγωγα των πετρελαιοειδών όταν υπερβαίνουν την τιμή του 5% σε βιοκαύσιμα όπως η βιοιθανόλη ή το βιοντίζελ επιβάλλεται υποχρεωτικά στα σημεία πωλήσεων ειδική σήμανση.

Το βιοντίζελ χρησιμοποιείται κυρίως ως: καύσιμο θέρμανσης, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, την συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού.

Για να προωθηθεί η χρήση Βιοκαυσίμων αρχικά έγινε ολική αποφορολόγηση, δηλαδή έγινε απαλλαγή των Βιοκαυσίμων από την επιβολή Ειδικού Φόρου Κατανάλωσης, ώστε να έχει ως αποτελέσματα τα βιοκαύσιμα να γίνουν ποιο ανταγωνιστικά σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα.

Κατά το έτος 2007 παράχθηκαν 107.000 χιλιόλιτρα βιοντίζελ από 10 δικαιούχους ανά την Ελλάδα. Εισήχθησαν από κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης 7.000 χιλιόλιτρα από 3 δικαιούχους.

2.3.2. Βιοαιθανόλη στην Ελλάδα

Η βιοαιθανόλη έχει ως πρώτες ύλες φυτά πλούσια σε υδατάνθρακες .Μέσω ζύμωσης αυτών παράγεται και το τελικό προϊόν. Η βιοαιθανόλη έχει ως πρώτη ύλη κυρίως φυτά όπως το σιτάρι, ο αραβόσιτος, τα ζαχαρότευτλα και το σόργο.

Στην χρήση της βιοαιθανόλης υπάρχουν κάποιες τεχνικές δυσκολίες. Έτσι σε ψυχρές συνθήκες και ενώ έχει αναμιχθεί με την βενζίνη γίνεται διαχωρισμός του βιοκαυσίμου και υπάρχει παρουσία νερού. Επίσης στις βενζίνες θερινών προδιαγραφών υπάρχει ειδικά υψηλή τάση ατμών (RPV).

Ως λύση για τα παραπάνω προβλήματα προτείνεται: Η μετατροπή της βιοαιθανόλης από ETBE (μέθυλοτριτοβουτυλαιθέρας) σε MTBE (μέθυλοτετρα- βουτυλαιθέρας) που χρησιμοποιείται σήμερα.

Το ποσοστό ανάμειξης της βιοαιθανόλης με βενζίνη ανέρχεται σε 5% κατά όγκο μόνο. Αντίθετα το ποσοστό σε ETBE και MTBE που αναμειγνύεται είναι μέχρι 15% κατά όγκο.

Στην χώρα μας μέχρι σήμερα δεν υπάρχει εισαγωγή ή παραγωγή βιοαιθανόλης που να χρησιμοποιείται ως καύσιμο μεταφορών, παρά μόνο για την δημιουργία και παρασκευή αλκοολούχων.

Στην χώρα μας επειδή δεν παράγεται βιοαιθανόλη, ως λύση θα μπορούσαμε να εκμεταλλευτούμε την παρουσία της EBZ (Ελληνικής Βιομηχανίας Ζάχαρης). Συγκεκριμένα θα μπορούσαν να μετατραπούν τόσο στην Λάρισα όσο και στην Ξάνθη τα δυο ζαχαρουργεία που υπάρχουν σε μονάδες παραγωγής βιοαιθανόλης. Ως πρώτη ύλη θα έχουν τα σιτηρά και την μελάσα που παράγεται από τα ζαχαρότευτλα. Η δυναμικότητα των δυο ζαχαρουργείων θα μπορούσε να είναι 150.000 m³ ή 120.000 τόνοι ανά έτος.

Πίνακας 2 Παραγωγή βιοαιθανόλης στην Ελλάδα

Πρώτη ύλη παραγωγής βιοαιθανόλης	Απόδοση προϊόν (ανά στρέμμα)	Απόδοση βιοκαύσιμο (κιλά/ στρέμμα)	Απόδοση βιοκαύσιμα (λίτρα/ στρέμμα)
Σιτάρι	150-800	36-192	46-423

Αραβόσιτος	800-1200	189-284	240-360
Τεύτλα	5.500-7.000	435-554	550-700
σόργο	7.000-9.000	553-711	700-900

3. Βιομάζα

3.1. Ορισμός

Βιομάζα ονομάζεται το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα προϊόντων υπολειμμάτων βιολογικής προέλευσης φυτικά και ζωικά υπολείμματα προστιθέμενης της αλιείας και της υδατοκαλλιέργειας. Τέλος μπορούν να χρησιμοποιηθούν βιομηχανικά απόβλητα και οικιακά απορρίμματα. Ουσιαστικά η βιομάζα αποτελείται από προϊόντα που έχουν να κάνουν με άμεση ή έμμεση οργανική προέλευση. Όταν η βιομάζα χρησιμοποιείται ως καύσιμη ύλη για παραγωγή ενέργειας τότε μιλάμε για στερεά, υγρά και αέρια βιοκαύσιμα.

Στερεά βιοκαύσιμα αποτελούν τα καυσόξυλα, τα ροκανίδια, τα πυρηνόξυλα, οι μπριγκέτες και τα πέλλετ ξύλου. Επίσης υγρά βιοκαύσιμα αποτελούν το βιοντίζελ και την βιοαιθανόλη, που χρησιμοποιούνται συχνά ως καύσιμα κίνησης.

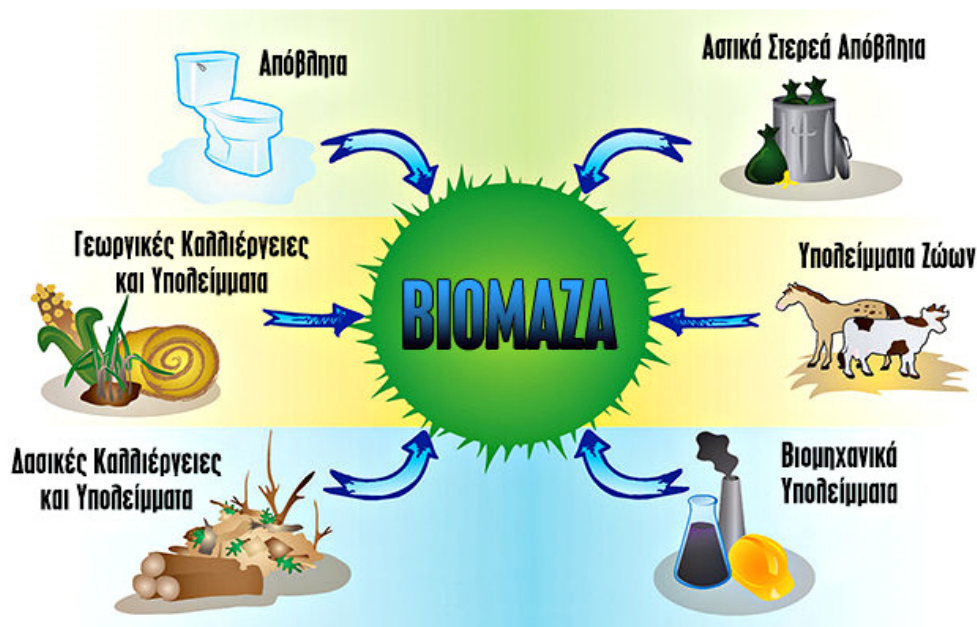
Η ενέργεια που περιέχεται στην βιομάζα προέρχεται από τον ήλιο που έχει δεσμευτεί από τις φυτικές ουσίες. Η ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται σε βιομάζα μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης. Στην ενέργεια αυτή η ζωική οργανισμοί την προσλαμβάνουν μέσω της τροφής τους και ένα μέρος αποθηκεύεται. Η βιομάζα τελικά αποδίδει την ενέργεια αυτή μετά την επεξεργασία και την χρήση της. Θεωρείται ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας διότι ουσιαστικά είναι αποθηκευμένη η ενέργεια του ήλιου που δεσμεύτηκε μέσω της φωτοσύνθεσης από τους φυτικούς οργανισμούς.

Η βιομάζα θεωρείται ως η παλαιότερη και ευρέως διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Η πρωτόγονοι άνθρωποι τόσο για να ζεσταθούν όσο και για να μαγειρέψουν χρησιμοποιούσαν την ενέργεια (θερμότητα) που προερχόταν από την καύση ξύλων, που ουσιαστικά είναι είδος βιομάζας. Παρόλα αυτά μέχρι και σήμερα, αγροτικοί κυρίως πληθυσμοί τρίτων κυρίως χωρών όπως της Αφρικής, της Λατινικής Αμερικής, της Ασίας, όπως και της Ευρώπης. Για φωτισμό, για θέρμανση και για μαγείρεμα χρησιμοποιούνται ξύλα, φυτικά υπολείμματα όπως άχυρα, πριονίδια, σπέρματα καρπών και ζωικά απόβλητα όπως κοπριά, λίπος ζώων και άχρηστα αλιεύματα. Όλα τα προαναφερθέντα υλικά προέρχονται από το φυτικό βασίλειο άμεσα ή έμμεσα. Αλλά και το μεγαλύτερο μέρος από τα αστικά απορρίμματα, όπως υπολείμματα τροφών, χαρτί και τα βιομηχανικά απόβλητα μπορούν να μετατραπούν σε ενέργεια.

3.2. Χαρακτηριστικά βιομάζας

Η ενέργεια της βιομάζας είναι η πράσινη ενέργεια η αλλιώς βιοενέργεια, ουσιαστικά είναι δευτερογενής μορφή της ηλιακής ενέργειας. Μέσω της φωτοσύνθεσης η ηλιακή αυτή ενέργεια μετασχηματίζεται σε βιομάζα (Εικόνα 2). Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται από τα φυτά είναι το ύδωρ και το διοξείδιο του άνθρακα, τα οποία είναι σε μεγάλη αφθονία στην φύση.

Η βιομάζα προς το παρόν είναι η μοναδική πηγή ενέργειας που υπάρχει στην φύση όπου τα αποθέματα άνθρακα που περιέχει είναι ικανά ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αντικαταστήσουν τα ορυκτά καύσιμα. Αντιθέτως από τα ορυκτά καύσιμα, η βιομάζα ανήκει στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας διότι απαιτείται μικρό χρονικό διάστημα για να αναπληρωθεί. (Wayback Machine, 2012)



Εικόνα 2: Όλη η ενέργεια της βιομάζας μετατρέπεται από τον ήλιο

3.3. Εφαρμογές βιομάζας

Η βιομάζα χρησιμοποιείται κυρίως:

1. **Στην θέρμανση θερμοκηπίων**, συγκεκριμένα σε κάποιες περιοχές της Ελλάδας όπου υπάρχει μεγάλη ποσότητα βιομάζας, χρησιμοποιείται ως καύσιμο σε ειδικούς λέβητες για την θέρμανση των θερμοκηπίων.

2. **Θέρμανση κτηρίων με ατομικούς ή κεντρικούς λέβητες**, σε κάποιες περιοχές της χώρας μας χρησιμοποιούνται ατομικοί ή κεντρικοί λέβητες πυρηνόξυλου για την θέρμανση των κτηρίων.
3. **Παραγωγή ενέργειας σε γεωργικές βιομηχανίες**, γίνεται χρήση βιομάζας για παραγωγή ενέργειας που χρησιμοποιείται σε γεωργικές βιομηχανίες. Η συγκεκριμένη βιομάζα παράγεται σε μεγάλες ποσότητες ως υπολείμματα ή υποπροϊόν της παραγωγικής διαδικασίας και παράλληλα έχουν αρκετά μεγάλες απαιτήσεις σε θερμότητα. Τέτοιες βιομηχανίες αποτελούν οι βιομηχανίες ρυζιού, οι βιοτεχνίες κονσερβοποίησης, τα εκκοκκιστήρια και τέλος τα πυρηνελαιουργεία. Ως καύσιμη ύλη χρησιμοποιούν τα υπολείμματα τους, όπως πυρηνόξυλο υπολείμματα εκκοκκισμού και κουκούτσια αντίστοιχα, για να καλυφτούν οι θερμικές τους ανάγκες ή/ και ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια.
4. **Παραγωγή ενέργειας σε βιομηχανίες ξύλου**, τα υπολείμματα της επεξεργασίας του ξύλου που παράγονται από τις αντίστοιχες βιομηχανίες, χρησιμοποιούνται για να καλύψουν τις θερμικές τους ανάγκες και διάφορες άλλες διεργασίες που απαιτούνται καθώς και για την θέρμανση των κτιρίων.
5. **Παραγωγή ενέργειας σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού και χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ)**, στις μονάδες βιολογικού καθαρισμού παράγεται βιοαέριο μέσω της διαδικασίας της αναερόβιας χώνευσης/ ζύμωσης των υγρών αποβλήτων. Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται καύση απορριμμάτων σε μηχανές εσωτερικής καύσης στους (ΧΥΤΑ). Επιπροσθέτως υπάρχει η περίπτωση να αξιοποιηθεί η θερμική ενέργεια του ψυκτικού υγρού και των καυσαερίων των μηχανών ή άλλων διεργασιών ώστε να καλυφτούν οι ανάγκες για θέρμανση ή και άλλων αναγκών (θέρμανση κτιρίων).
6. **Τηλεθέρμανση**, είναι η παροχή θέρμανσης και θερμού νερού για χρήση σε σύνολο κτηρίων όπως πόλης, χωριά, οικισμούς, από έναν κεντρικό σταθμό παραγωγής θερμότητας. Η θερμότητα αυτή μεταφέρεται μέσω ενός μονωμένου δικτύου αγωγών από τον σταθμό παραγωγής προς τα κτήρια που θέλουμε να θερμάνουμε.

3.4. Ενεργειακές καλλιέργειες

3.4.1. Ορισμός ενεργειακών καλλιεργειών

Ενεργειακές καλλιέργειες αποτελούνται από αυτοφυή ή καλλιεργούμενα φυτά (Εικόνα 3), νέα ή παραδοσιακά, τα οποία είδη παράγουν ως βασικό τους προϊόν βιομάζα που χρησιμοποιείται για διάφορους ενεργειακούς σκοπούς. Η βιομάζα στα φυτά αυτά

μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για συμπαραγωγή ηλεκτρισμού με γαιάνθρακες, για θέρμανση από ηλεκτροπαραγωγή όσο και για καύση, ως πρώτη ύλη για διάφορες διαδικασίες όπως η αραιοποίηση για παραγωγή αιθανόλης, πυρόλυση, παραγωγή βιοαερίου και διαφόρων άλλων πυρολιτικών ελαίων. (Σκαράκης Γ.Ν., Ν. Κορρές και Ο.Ι. Παυλή, 2008)



Εικόνα 3: Ενεργειακές καλλιέργειες

Η ενεργειακές καλλιέργειες χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:

Ετήσιες, πολυετής, παραδοσιακές και δασικές.

Ετήσιες καλλιέργειες αποτελούν:

- **Ο αραβόσιτος** (*Zea mays L.*) αποτελεί φυτό της οικογενείας των αγραστωδών, κατάγεται από την Αμερικανική ήπειρο όπου εξημερώθηκε πριν 5.500 χρόνια από πολιτισμούς όπως οι Αζτέκοι, οι Μάγιας και οι Ίνκας. Στην χώρα μας εισήχθη το 1.600 μ.χ. από τους Άραβες.
- **Γλυκό και ινώδες σόργο** (*Sorghum bicolor*) το σόργο είναι φυτό που ανήκει στην οικογένεια των αγραστωδών και στην ομάδα των σιτηρών. Το φυτό είναι γνωστό για τους εδώδιμους αμυλούχους σπόρους του. Είναι ιθαγενές κυρίως των τροπικών και υποτροπικών περιοχών, ωστόσο όλες οι καλλιεργούμενες μορφές σόργου κατάγονται από το είδος (*Sorghum bicolor*) που φύονται στην άγρια μορφή τους πιθανότατα στην Αφρική.

Στην χώρα μας απαιτούνται 2 ειδή:

1. (*Sorghum halepense*) το οποίο είναι πολυετές είδος και βρίσκεται σε δροσερά και γόνιμα εδάφη, είναι το γνωστό σε όλους μας ζιζάνιο βέλιουρας.

2. (*Sorghum scoparion*) φυτό που φτάνει τα 3 μέτρα και διακλαδισμένη ταξιανθία από την οποία κατασκευάζονται σκούπες.
- **Ελαιοκράμβη** (*Brassica napus*) είναι φυτό που κατάγεται πιθανότατα από την περιοχή της Μεσογείου. Η καλλιέργεια της παρουσιάζει παγκόσμια εξάπλωση με κυριότερες χώρες παραγωγής την Αγγλία, την Ολλανδία, την Γερμανία, την Γαλλία, την Πολωνία, το Πακιστάν, τις ΗΠΑ, τον Καναδά, την Ινδία και την Κίνα. Η καλλιεργούμενη έκταση στην Ευρωπαϊκή ήπειρο περιλαμβάνει περίπου 50.000 στρέμματα με κυριότερες χώρες την Γαλλία, την Γερμανία και την Αγγλία, καλύπτοντας συνολικά το 85% της συνολικής καλλιεργούμενης έκτασης. Στην χώρα μας η ελαιοκράμβη καλλιεργείται κυρίως σε μικρές πειραματικές εκτάσεις για να αξιολογηθεί η αξία της ως ενεργειακό φυτό. (Vanedaal, R., Jorgensen, U. and C. A Foster., 1999)
 - **Ζαχαρότευτλο** (*Beta vulgaris var. saccharifera*) είναι φυτό των εύκρατων περιοχών, η καλλιέργειά τους συναντάται ευρύτατα στις περισσότερες χώρες της Ασίας, της Ευρώπης και της Αμερικής. Οι χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή στην Ευρώπη είναι η Γερμανία, η Γαλλία, η Ρωσία και η Πολωνία. Η κονδυλόριζα του ζαχαρότευτλου έχει υψηλή περιεκτικότητα σε σακχαρόζη που κυμαίνεται από 13 έως 22%, για αυτό το λόγο χρησιμοποιείται κυρίως για παραγωγή ζάχαρης. Μέσω της επεξεργασίας του ζαχαρότευτλου παράγονται παραπροϊόντα όπως η μελάσα που χρησιμοποιείται για να παραχθούν αλκοόλη και ζύμες αρτοποιίας. Αλλά 2 προϊόντα είναι τα νωπά πέλλετ και τα μελασώμενα πέλλετ (ξηρή πούλπα). Που χρησιμοποιούνται στην διατροφή των ζώων. Στην Ελλάδα η καλλιέργεια του ζαχαρότευτλου ξεκίνησε το 1961 με μοναδικό φορέα αξιοποίησης του προϊόντος την Ελληνική Βιομηχανία Ζάχαρης. Οι παραγωγοί συνεργάζονται με την Ελληνική Βιομηχανία Ζάχαρης μέσω της συμβολαιακής γεωργίας. Το κάθε ζαχαρουργείο παρέχει στον παραγωγό την απαιτούμενη συμβουλευτική υποστήριξη και οργανωμένες γεωπονικές υπηρεσίες έτσι ώστε να γίνει η χρήση μεθόδων και γεωργικών εφοδίων που είναι τα καταλληλότερα και οικονομικότερα για την καλλιέργεια. Σήμερα λειτουργούν 3 εργοστάσια εκ των 5 που υπήρχαν στο παρελθόν. Τα 3 εργοστάσια που βρίσκονται στις εξής περιοχές Πλατύ Ημαθίας, Σέρρες, Ορεστιάδα επεξεργάζονται συνολικά πρώτη ύλη από 220.000 στρέμματα.

- **Ηλιάνθος** (*Helianthus annuus*) στο γένος *Helianthus* περιλαμβάνονται περίπου 65 έως 100 είδη τόσο πολυετή όσο και μονοετή ποώδη. Όλα τα είδη είναι ιθαγενή στην αμερικανική ήπειρο. Οι πρώτες αναφορές για την καλλιέργεια του γίνονται στο 3.000 π.Χ. το ύψος του μονοετή καλλιεργούμενου ηλιάνθου φτάνει έως τα 3 μέτρα, τα φύλα του είναι μεγάλα, ωσειδή, οδοντωτά και τριχωτά στην άνω επιφάνεια. Η ονομασία του γένους προέρχεται από την ιδιαιτερότητα του φυτού, η ταξιανθία να ακολουθεί την πορεία του ήλιου κατά την διάρκεια της ημέρας. Η κίνηση αυτή είναι οφειλόμενη στην κάμψη του βλαστού πριν και κατά την διάρκεια της ανθοφορίας. Το φαινόμενο αυτό σταματά με την γονιμοποίηση των ανθέων και οι κεφαλές παραμένουν στραμμένες μόνιμα ποια προς την ανατολή. Ο ηλιάνθος είναι το 2^ο κατά σειρά ελαιοδοτικό φυτό, καλλιεργείται κυρίως για το έλαιό του σε μεγάλη έκταση σε χώρες με εύκρατο κλίμα. Οι κυριότερες χώρες καλλιέργειας ηλιάνθου είναι η Ρωσία, η ΗΠΑ, η Χιλή, η Ουρουγουάη, η Αργεντινή, η Ινδία, η Αγγλία, η Αίγυπτος και η Τουρκία. Η παγκόσμια παραγωγή ηλιόσπορου σύμφωνα με τον FAO κυμαίνονταν το 2.002 σε 21.000.000 τόνους. Η τεράστια οικονομική σημασία του φυτού οφείλεται στο ηλιέλαιο, δηλαδή το λάδι που περιέχεται στους σπόρους σε ποσοστό που κυμαίνεται από 25-32%. Οι ηλιόσποροι καταναλώνονται αποξηραμένοι ή καβουρδισμένοι και χρησιμοποιούνται για τροφή τόσο από ανθρώπους όσο και από πτηνά. Στην Ελλάδα ο ηλιάνθος καλλιεργείται σε έκταση 40.000 έως 50.000 στρεμμάτων που βρίσκονται κύριος σε περιοχές της ανατολικής Μακεδονίας και της Θράκης.
- **Κενάφ** (*Hibiscus cannabinus*) το κενάφ είναι ανοιξιάτικο, ετήσιο φυτό που ανήκει στην οικογένεια *Malvaceae* κατάγεται από την τροπική νοτιοανατολική Ασία και καλλιεργείται κυρίως σε τροπικά και υποτροπικά κλίματα. Η ιδανικότερη θερμοκρασία ανάπτυξης είναι από 15 έως 27 βαθμούς κελσίου. Το κενάφ είναι ποώδες φυτό ετήσιο αυτογονιμοποιούμενο και με πασαλώδες ριζικό σύστημα, το ύψος του κυμαίνεται από 1,5 έως 4,2 μέτρα ανάλογα με την ποικιλία και τις καλλιεργητικές τεχνικές. Η ανάπτυξη του είναι ευθυτενής, χωρίς πλάγιους βλαστούς και χωρίς διακλαδώσεις. Επίσης ο βλαστός έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε λιγνίνη και κυτταρίνη καθιστώντας το φυτό ιδανικό για παραγωγή βιομάζας. Η πρώτες καλλιέργειες στην Γηραιά ήπειρο ξεκίνησαν στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή σάκων. Το φυτό του κενάφ λόγω των ιδιοτήτων του και τις ιδιαίτερης χημικής του σύστασης χρησιμοποιείται για την

παραγωγή ινών, χαρτοπολτού, παρασκευή χαλιών, μονωτικών υλικών και στην διατροφή των ζώων. Με δεδομένο την μεγάλη παραγωγή βιομάζας χρησιμοποιείται τόσο στην αμειψισπορά όσο και για χρήση ως πρώτη ύλη για την παραγωγή ενέργειας.

- **Το κριθάρι (*Hordeum vulgare*)** είναι ποώδες ετήσιο φυτό που ανήκει στην οικογένεια (*Poaceae*). Κατάγεται πιθανότατα από την περιοχή της Μεσοποταμίας. Ήταν ένα από τα αρχικά φυτά που εξημερώθηκαν τα πολύ παλιά χρόνια και καλλιεργείται σε μεγάλη ποικιλία κλιμάτων. Στις μέρες μας χρησιμοποιείται κυρίως για παρασκευή μύρας, ψωμιού και ζωοτροφών. Σύμφωνα με στοιχεία του 2011 η χώρα με την μεγαλύτερη παραγωγή κριθαριού στην Ευρωπαϊκή Ένωση ήταν η Γαλλία με 8,8 εκατομμύρια μετρικούς τόνους, η Γερμανία με 8,7 εκατομμύρια τόνους. Σύμφωνα με στατιστικές του 2006, στην χώρα μας παράχθηκαν 250.000 τόνοι που προήρθαν από 1.017.000 στρέμματα.
- **Το σιτάρι (*Triticum aestivum*)** είναι ετήσιο ποώδες φυτό που ανήκει στην οικογένεια (*poaceae*) έχει θυσανώδες ριζικό σύστημα, η ταξιανθία του είναι στάχυς, ευδοκιμεί σε εύκρατα κλίματα με ψυχρούς και υγρούς χειμώνες, η άνοιξη δροσερή και με έλλειψη βροχοπτώσεων για να ευνοήσει της άνθησης και της γονιμοποίηση ενώ τα καλοκαίρια πρέπει να είναι θερμά και ξηρά για την ομοιόμορφη ανάπτυξη και ωρίμανση του σπόρου. Παράλληλα το σιτάρι δεν ευδοκιμεί στα θερμά και υγρά τροπικά κλίματα εκτός αν διαθέτουν μια χρονική περίοδο μέσα στο έτος σχετικά δροσερή ώστε να ευνοηθεί η ανάπτυξη του φυτού και να παρεμποδιστεί η ανάπτυξη τόσο των παρασιτικών ασθενειών όσο και τον εχθρών. Κατάγεται από την Μεσοποταμία, είναι από τα πρώτα φυτά που εξημερώθηκαν και καλλιεργήθηκαν από τον άνθρωπο που τα ίχνη του χάνονται στο βάθος της ιστορίας. Στις μέρες μας το σιτάρι έρχεται παγκοσμίως στην δεύτερη θέση όσον αφορά την συγκομιδή μετά τον αραβόσιτο και χρησιμοποιείται ως βασική τροφή, τόσο του ανθρώπου όσο και των ζώων. Πιο συγκεκριμένα οι σπόροι του φυτού χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη, για να παρασκευαστούν αλεύρι, ζωοτροφές, όπως και για την παρασκευή αλκοολούχων ποτών και καυσίμων. Επιπρόσθετα ο φλοιός που αποσπάται από τον σπόρο αλέθεται και μας δίνει το λεγόμενο πίτουρο ενώ παράλληλα τα υπολείμματα της καλλιέργειας χρησιμοποιούνται ως ζωοτροφή ως γνωστό σε όλους άχυρο. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση σύμφωνα με στατιστικές μελέτες του 2013 η χώρα με την μεγαλύτερη

παραγωγή είναι η Γαλλία, παράγοντας 39.000.000 τόνους, ύστερα ακολουθεί η Γερμανία με 25.000.000 τόνους. Στην χώρα μας η καλλιεργούμενη έκταση σε σιτάρι καλύπτει το 1/4 των συνολικών καλλιεργούμενων εκτάσεων, δηλαδή 10.000.000 στρέμματα παράγοντας 500.000 τόνους.

Πολυετείς καλλιέργειες αποτελούν:

- **Γαϊδουράγκαθο (*Onopordum acanthium*)** το φυτό αυτό είναι από τα γνωστότερα αγριόχορτα και φύεται σχεδόν παντού, ανήκει στην οικογένεια (*Asteraceae*) σε ακαλλιεργητες περιοχές με άγονο και μη αρδευόμενο έδαφος. Αυτοφυείται σε όλη την περιοχή της μεσογειακής λεκάνης από μηδενικό έως ημιορεινό υψόμετρο. Πρόκειται για φυτό όπου ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος μπορεί σπάνια να είναι μονοετές φυτό ή συχνότερα δίαιτες ή πολυετές φτάνοντας έως 1 μέτρο ύψος, τα φύλλα απαρτίζονται από άσπρες έντονες νευρώσεις, είναι λογχοειδή και φέρουν αγκάθια στην περιφέρεια. Η ταξιανθία είναι κεφάλι με ανθίδια χρώματος ροζ-μοβ, οι κεφαλές περιβάλλονται από βράκτια φύλλα που παίζουν τον ρόλο των αγκαθιών προστατεύοντας τα άνθη. Ο πολλαπλασιασμός του φυτού του γαϊδουράγκαθου γίνεται μόνο με σπόρο. Το γαϊδουράγκαθο χρησιμοποιείται τόσο ως βιοκαύσιμο όσο και ως βότανο που προλαμβάνει ή θεραπεύει κάποιες ασθένειες που σχετίζονται με το ήπαρ και καταπολεμά κάποιες ασθένειες όπως:

1. Αποτοξινώνει τον οργανισμό
2. Βοηθά στην αναγέννηση των κατεστραμμένων υπατικών κυττάρων.
3. Έχει αντιφλεγμονώδη δράση
4. Είναι αντικαταθλιπτικό
5. Χωνευτικό και αποχρεμπτικό
6. Κύρωση του ύπατος
7. Ηπατίτιδα

Τέλος τα μέρη του φυτού που φέρουν τις θεραπευτικές ιδιότητες είναι:

1. Οι σπόροι (που συλλέγονται από τις αποξηραμένες κεφαλές στα τέλη του καλοκαιριού)
2. Τα φύλλα
3. Οι ρίζες

Όταν το φυτό αναπτυχθεί πλήρως κόβεται η κορυφή του και αφήνεται στην σκιά να αποξηραθεί, όπου χρησιμοποιείται για την παρασκευή ροφήματος.

Ως βιοκαύσιμο το γαϊδουράγκαθο χρησιμοποιείται η παραγόμενη βιομάζα που χρησιμεύει για την θέρμανση κτηρίων ή για την ηλεκτροδότηση τους μέσω αντίστοιχων βιομηχανιών. Το φυτό παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον διότι μπορεί να αντικαταστήσει το σιτάρι σε αγώνες και ακατάλληλες περιοχές για αυτό που αποδίδουν χαμηλές στρεμματικές αποδόσεις. Ποιο συγκεκριμένα θα μπορούσε το γαϊδουράγκαθο να καλλιεργηθεί και να αντικαταστήσει παράλληλα το σιτάρι σε 2 εκατομμύρια στρέμματα εκ των 10 εκατομμύριων που καλλιεργούνται συνολικά στην χώρα μας. Η παραγωγή του γαϊδουράγκαθου θα κυμαίνονταν στα 1.300.000 κυβικά ισοδύναμου πετρελαίου θέρμανσης. Ενδεικτικά στην χώρα μας μέσω πειραματικών καλλιεργειών που έχουν γίνει έχει βγει το συμπέρασμα ότι 1 εκατομμύριο στρέμματα με καλλιέργεια γαϊδουράγκαθου μπορούν να παράξουν περίπου 2 εκατομμύρια τόνους βιομάζας ετησίως. Η ποσότητα αυτή θα μπορούσε να αντικαταστήσει το πετρέλαιο που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από σταθμούς της ΔΕΗ που βρίσκονται στα Ελληνικά νησιά και για τα οποία κάθε έτος ξοδεύονται 800 εκατομμύρια ευρώ σε πετρέλαιο. Ενώ αντίστοιχα το κόστος θα ήταν 300 εκατομμύρια ευρώ αν χρησιμοποιούνταν ως βιοκαύσιμο το γαϊδουράγκαθο.

- **Καλάμι** (*Arundo donax*) το καλάμι ή κοινό καλάμι είναι ιθαγενές πολυετές φυτό της Ευρώπης, ανήκει στην οικογένεια (*poaceae*) έχει πολλά μορφολογικά/ ανατομικά χαρακτηριστικά με το μπαμπού. Η βλαστοί του είναι όρθιοι, ξυλώδεις, ενώ ως τελικό ύψος φτάνει τα 8 μέτρα, οι βλαστοί φέρουν αρκετά φύλλα και αναπτύσσουν πολλά υπόγεια ριζώματα που είναι ο κύριος τρόπος πολλαπλασιασμού του φυτού. Τα φύλλα σε μέγιστο μήκος φτάνουν έως και 60-70 εκατοστά. Το καλάμι είναι ένα πάρα πολύ ανθεκτικό φυτό όπου αρέσκεται να φύτεται σε εδάφη με αυξημένη υγρασία, για αυτόν τον λόγο φύτεται κατά μήκος των υδροβιότοπων, ποταμών, ακτών και σε άλλα παρόμοια μέρη με κατάλληλες περιβαλλοντικές συνθήκες για αυτό. Παρόλα αυτά μπορεί να επιζήσει και να υπάρξει ακόμα και σε χαλικώδη ξηρά και άνυδρα εδάφη. Λόγω του ότι ευδοκίμει σε περιοχές με μεγάλο εύρος εδαφοκλιματικών συνθηκών το καθιστά ζιζάνιο που δύσκολα πολλές φορές αντιμετωπίζεται. Παρ' όλα αυτά σε μερικές περιπτώσεις καλλιεργείται διότι προστατεύει το έδαφος από την διάβρωση, λόγω του μεγάλου ύψους του φυτού και της μεγάλης πυκνότητας των βλαστών και των φύλλων. Είναι κατάλληλο για την δημιουργία ανεμοφράκτη προστατεύοντας έτσι διάφορες καλλιέργειες. Έπειτα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως καλλωπιστικό φυτό, για να

δημιουργηθούν πρόχειρα στέγαστρα και καταλύματα. Τέλος ο βλαστός του φυτού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία και την κατασκευή ξύλινων πνευστών οργάνων, καλαμιών ψαρέματος και από τα φύλλα κατασκευάζονται διάφορα ψάθινα είδη. Η ταξιανθία του φυτού του καλαμιού είναι φόβη, που αποτελείται από σταχίδια και εμφανίζεται την περίοδο του Αυγούστου έως τον Νοέμβριο στην κορυφή του βλαστού και κατ' επέκταση του τελευταίου μεσογονατίου διαστήματος. Τα σταχίδια αυτά αποτελούνται από 2 έως 6 τέλεια άνθη τα οποία είναι στείρα και κατ' επέκταση δεν παράγουν βιώσιμους σπόρους. Συνεπώς, για τον παραπάνω λόγο, το φυτό αναπαράγεται μόνο με αγενή πολλαπλασιασμό μέσω των ριζωμάτων και των μοσχευμάτων. Τέλος, το φυτό της καλαμιάς σύμφωνα με την διεθνή βιβλιογραφία, θεωρείται μια από τις ανθεκτικότερες καλλιέργειες σε προσβολή τόσο από εχθρούς όσο και από ασθένειες. Γενικά δεν προσβάλλεται από βακτήρια, μύκητες και ιούς εκτός τον μύκητα του γένους *pythium*. Από εντομολογικές προσβολές την σημαντικότερη ζημιά την κάνει η *sesamia*.

- **Μίσχανθος** (*Miscanthus x giganteus*) είναι πολυετές φυτό της οικογένειας (*poaceae*) το συγκεκριμένο είδος είναι στείρο υβρίδιο μεταξύ των ειδών *Miscanthus sinensis* και *Miscanthus sacchariflorus*. Ο βλαστός του είναι καλάμι, φτάνει σε ύψος έως και 4 μέτρα, τα φύλλα είναι λογχοειδή πυκνά σε διάταξη και φτάνουν τα 30 εκατοστά μήκος. Η ρίζα φτάνει σε μεγάλο βάθος επιτρέποντας του να ανέχεται και να αναπτύσσεται σε ξερικά εδάφη. Ο μίσχανθος πολλαπλασιάζεται με ριζώματα κόβονται σε μικρά κομμάτια με τουλάχιστον έναν οφθαλμό και φυτεύονται σε 10 εκατοστά βάθος. Το φυτό του μίσχανθου είναι ανθεκτικό σε αντίξοες εδαφοκλιματικές και περιβαλλοντικές συνθήκες όπως έλλειψη νερού, έλλειψη θρεπτικών συστατικών και ένταση ηλιακής ακτινοβολίας. Χαρακτηριστικά το φυτό καλλιεργείται σε άγονα και ξηρά εδάφη που άλλα φυτά δεν μπορούν να ευδοκιμήσουν, ανέχεται κατάκλιση, μεγάλη αλατότητα, κακή στράγγιση, παρουσία τοξικών στοιχείων και βαρέων μετάλλων όπως και μεγάλες εκτάσεις γης που είναι ακατάλληλες για καλλιέργεια μπορούν να καλλιεργηθούν με το φυτό του μίσχανθου αποδίδοντας μάλιστα μεγάλη ποσότητα βιομάζας. Ειδικότερα στην Ευρώπη η μέση μέγιστη απόδοση ξηράς μάζας κυμαίνεται από 4 έως 16 τόνους ανά στρέμμα ετησίως. Σε πειράματα που έχουν γίνει αρδεύσιμες καλλιέργειες στην Πορτογαλία απέδωσαν 36 τόνους ανά εκτάριο, στην Ιταλία 34

έως 38 τόνους ανά εκτάριο και στην χώρα μας 38 έως 44 τόνους ανά εκτάριο. Επίσης έχει διαπιστωθεί ότι οι καλλιέργειες στην Νότια Ευρώπη αποδίδουν πολύ περισσότερο σε σχέση με αντίστοιχες στην Βόρεια Ευρώπη, εφόσον αρδεύονται. Ο μίσχανθος είναι από τα ελάχιστα φυτά που βρίσκεται αρκετά κοντά στην μέγιστη θεωρητική απόδοση της μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε βιομάζα, παράλληλα το φυτό έχει την μεγαλύτερη από οποιαδήποτε άλλη καλλιέργεια αποδοτικότητα χρήσης του νερού. Ο μίσχανθος χρησιμοποιείται κυριότερα ως πρώτη ύλη για στερεά βιοκαύσιμα όπως τα πέλλετς και οι μπριγκέτες, παράλληλα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για υγρά βιοκαύσιμα και βιοαέριο. Εναλλακτικά χρησιμοποιείται ως οικοδομικό υλικό μόνωσης, τα μονωτικά υλικά μπορεί να είναι ινοσανίδες και σύνθετες μοριοσανίδες ξύλου. Άλλες χρήσεις, το άχυρο του φυτού χρησιμοποιείται ως εδαφοκάλυψη διατηρώντας έτσι την υγρασία του εδάφους, αποτρέποντας την διάβρωση και εμποδίζοντας την ανάπτυξη των ζιζανίων. Ακόμη η υψηλή αναλογία άνθρακα προς άζωτο καθιστά το φυτό αφιλόξενο περιβάλλον για πολλούς μικροοργανισμούς, δημιουργώντας έτσι ένα καθαρό περιβάλλον για διάφορα ζώα, για αυτό το λόγο το άχυρο του φυτού χρησιμοποιείται ως στρωμή σε πουλερικά βοοειδή, χοίρους, αλόγα και ζώα συντροφιάς. Τέλος ο μίσχανθος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μια πολύ καλή πηγή φυτικών ινών για κατοικίδια ζώα.

- **Switch grass** (*Panicum virgatum*) είναι πολυετές θερινό φυτό της οικογένειας (*poaceae*) είναι ριζωματώδες ανθεκτικό φυτό μπορεί να φτάσει έως τα 2,7 μέτρα ύψος, τα φύλλα έχουν μήκος 30 έως 90 εκατοστά, τα άνθη είναι πάνω σε φόβη και οι σπόροι είναι από 3 έως 6 χιλιοστά μήκος και 1,5 χιλιοστό πλάτος και αναπτύσσονται μέσα σε ένα σταχίδιο, τέλος το φυτό ανήκει στην κατηγορία των C4 φυτών, δίνοντας του ένα εξαιρετικό πλεονέκτημα, συνθήκες ξηρασίας και υψηλών θερμοκρασιών, τέλος ο πολλαπλασιασμός του γίνεται τόσο από ριζώματα όσο και από σπόρους. Το switch grass κατάγεται από την βόρεια Αμερική και φύτευε από τον Καναδά και τις ΗΠΑ έως το Μεξικό. Μπορεί να βρεθεί σε ανοιχτές χορτολιβαδικές εκτάσεις σε πρώιμους βοσκοτόπους και εγκλιματίζεται πολύ εύκολα σε παρόμοια περιβάλλοντα. Η ανάπτυξη του φυτού εντοπίζεται την θερμή περίοδο του έτους, δηλαδή η ανάπτυξη ξεκινά τέλη της άνοιξης και τελειώνει αρχές φθινοπώρου και τον χειμώνα μπαίνει σε λήθαργο. Παρ' όλα αυτά, η χρονική περίοδος της ανάπτυξης του φυτού και της παραγωγικής περιόδου παράλληλα

διαφέρει ανάλογα με την περιοχή που εκφύετε η καλλιεργείται το switch grass. Δηλαδή στον βόρειο βιότοπο που βρίσκεται στον Καναδά είναι 3 μήνες ενώ στον νότιο άκρο του οικοτύπου του που βρίσκεται στο Μεξικό η συγκεκριμένη περίοδος διαρκεί από 8 έως 10 μήνες. Το φυτό του switch grass είναι ένα είδος με εντυπωσιακές διαφορές μεταξύ των φυτών κατά μήκος του βιότοπού του, αυτή η πολυμορφία αντανακλά την εξελικτική διαδικασία με την προσαρμογή του φυτού σε νέα περιβάλλοντα καθώς εξαπλώνονται σε όλη την ήπειρο της βόρειας Αμερικής. Παραδείγματος χάρη τα φυτά που φύονται σε βορειότερες περιοχές τείνουν να είναι χαμηλότερα, να έχουν ποιο πυκνούς βλαστούς και παράλληλα να είναι ανθεκτικά σε χαμηλές θερμοκρασίες, ενώ τα φυτά που φύονται στις πεδινές περιοχές, μπορούν να φτάσουν έως 2,7 μέτρα ύψος, είναι η μορφή με την μεγαλύτερη πυκνότητα σε βλαστούς και είναι ιδανική για την παραγωγή βιομάζας. (Wikipedia, 2021)

Δασικές καλλιέργειες

- **Ευκάλυπτος:** τα κυριότερα είδη που χρησιμοποιούνται είναι:
1. *Eucalyptus globulus*: Είναι φυτό της οικογένειας *myrtaceae* μπορεί να φτάσει σε ύψος τα 80 μέτρα, είναι αρκετά γρήγορο σε ανάπτυξη, είναι δέντρο αειθαλές, ο κορμός είναι σκληρός και γκριζωπός ο οποίος μια φορά τον χρόνο αποβάλλει κομμάτια του σε σχήμα λωρίδας. Τα φύλλα είναι επιμήκη και γλαυκό χρώμα, τα άνθη είναι λευκά και αφού γονιμοποιηθούν μετατρέπονται σε κάψες γκριζου χρώματος και χωρίζονται με 3 έως 6 εγκοπές. Το συγκεκριμένο είδος ευκαλύπτου κατάγεται από την Τασμανία και την Αυστραλία αλλά έχει εγκλιματιστεί πολύ καλά και φύτετε στην Ευρώπη, την Νότια Αφρική, την Χαβάη, την Καλιφόρνια και την Νέα Ζηλανδία. Στην Ελλάδα ισχύει το 1862 από τον βοτανολόγο Θεόδωρο Ορφανίδη και καλλιεργείται κύριος σε περιοχές της νότιας Ελλάδας που είναι ευνοϊκό το κλίμα για την καλλιέργεια του. Οι χρήσεις του ευκαλύπτου είναι αρκετές, πολλές φορές χρησιμοποιείται ως καλλωπιστικό φυτό τόσο με κήπους σπιτιών όσο και σε πάρκα διότι προσφέρει δροσιά, σκιά και την ικανότητα να απομακρύνει τα κουνούπια. Επίσης η καλλιέργεια του γίνεται τόσο για φαρμακευτικούς λόγους όσο και για την παραγωγή βιομάζας. Πιο συγκεκριμένα από τα φύλλα του φυτού παράγεται μέσω έκθλιψης και απόσταξης αιθέριο έλαιο, το γνωστό σε όλους μας ευκαλυπτέλαιο που έχει πολλές ιδιότητες όπως: αντισηπτικό, δροσιστικό, αποχρεμπτικό, είναι αρωματικό, βοηθάει στην

αντιμετώπιση του κρυολογήματος, βοηθάει στην αντιμετώπιση και θεραπεία ασθενειών που σχετίζονται με το αναπνευστικό σύστημα όπως: το άσθμα, η βρογχίτιδα, η πνευμονία, επίσης βοηθάει στην αντιμετώπιση της ρινικής συμφόρησης και της καταρροής. Τέλος λόγω της έντονης και γρήγορης ανάπτυξης που χαρακτηρίζει το φυτό ο ευκάλυπτος χρησιμοποιείται ως φυτό για την παραγωγή βιομάζας. Πιο συγκεκριμένα ο ευκάλυπτος είναι το πιο αποδοτικό ενεργειακά είδος από όλα τα φυτά της χλωρίδας που βρίσκονται παγκοσμίως, διότι στους ιστούς του περιέχεται κυτταρίνη σε ποσοστό 75%. Επιπρόσθετα το φυτό του ευκάλυπτου έχει την ιδιότητα να πρεμνοβλαστάνει πολύ έντονα και γρήγορα αφού γίνει η πρώτη υλοτομία. Δηλαδή μετά από κάθε υλοτομία τα φυτά δημιουργούν βλαστούς που με την σειρά τους παράγουν βιομάζα διπλάσια σε ποσότητα της πρώτης αρχικής υλοτομίας. Το συγκεκριμένο φαινόμενο συμβαίνει για αρκετές διαδοχικές υλοτομίες και συνεπώς έχει τεράστια οικονομική σημασία τόσο για τον παραγωγό όσο και για την επιχείρηση όπου χρησιμοποιεί την βιομάζα, καθώς έτσι εξασφαλίζεται η αειφόρος παραγωγή, αφού δεν χρειάζεται να γίνει ανανέωση της φυτείας ύστερα από κάθε υλοτομία. Συνεπώς έχουμε ελαχιστοποίηση και μείωση κόστους παραγωγής. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι έχει παρατηρηθεί ότι υπό κατάλληλες συνθήκες φυτεία έκτασης 5 στρεμμάτων και παρουσία φυτών ανά ένα μέτρο σε μήκος και πλάτος, η απόδοση την πρώτη τριετία κυμαίνεται σε 15 τόνους χλωρής βιομάζας ανά στρέμμα. Ενώ στην δεύτερη υλοτομία των πρεμνοβλαστημάτων που διενεργήθηκε στα 2 χρόνια η παραγωγή βιομάζας ήταν διπλάσια, δηλαδή σχεδόν 30 τόνοι ανά στρέμμα

2. *Eucalyptus camaldulensis*: είναι είδος ευκάλυπτου που φύτευε κατά μήκος των ποταμών σε ένα μεγάλο μέρος της ηπειρωτικής Αυστραλίας, σε ύψος αναπτύσσετε συνήθως μέχρι τα 20 μέτρα αλλά κάποιες φορές έχουν βρεθεί και φυτά έως 45 μέτρα ύψος. Το χρώμα του φλοιού είναι λευκό, με μπαλώματα κίτρινου, ροζ ή καφέ. Τα φύλλα είναι λογχοειδή, φτάνουν σε μήκος από 8 έως 18 εκατοστά και πλάτος από 1,3 έως 2,5 εκατοστά, το χρώμα των φύλλων είναι γκριζοπράσινο ή θαμπό πράσινο και στις 2 πλευρές. Τα άνθη διατάσσονται σε ομάδες των 7 ή των 9. Οι χρήσεις και οι ιδιότητες του συγκεκριμένου είδους είναι όμοιες με τον *Eucalyptus globulus*
- **Ψευδακακία (*Robinia pseudoacacia*)** είναι φυλλοβόλο φυτό της οικογένειας *fabaceae*, είναι φωτόφυλλο δέντρο γρήγορης ανάπτυξης και φτάνει έως τα 25 μέτρα. Κατάγεται από τις νοτιοανατολικές πολιτείες των ΗΠΑ και έως σήμερα έχει

καταφέρει να εγκλιματιστεί στην Ελλάδα. Τα φύλλα έχουν ακανόνιστο ωοειδές σχήμα, πτεροειδή. Τα άνθη είναι χρώματος λευκού ή ροζ, είναι αρωματικά και κρέμονται σε βότρους, ανθίζει από τον Απρίλιο έως τον Ιούνιο και είναι όμοια με αυτά της γλυτσίνιας. Ο κορμός είναι χρώματος γκρι και φέρει ανάγλυφες ρίγες. Αποτελεί εξαιρετικά ανθεκτικό δέντρο, αντέχει στις περιβαλλοντικές καταπονήσεις όπως η ζέστη και οι ισχυρή άνεμοι, αλλά είναι ανθεκτική στις καταπονήσεις του αστικού περιβάλλοντος. Το φυτό της ψευδακακίας αποτελεί ένα εξαιρετικά καλό μελισσοκομικό φυτό και είναι πολύ χρήσιμο ως δέντρο για την αρχιτεκτονική τοπιού όπως και την κηποτεχνία. Επειδή ως φυτό είναι γρήγορο σε ανάπτυξη η ψευδακακία χρησιμοποιείται ως ξύλο θέρμανσης, διότι παράγει υψηλή θερμοκρασία κατά την καύση και παράλληλα η καύση είναι πολύ αργή. Επίσης το ξύλο της χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιομάζας όπως πέλλετες και μπριγκέτες για τους παραπάνω λόγους. Το ξύλο χρησιμοποιείται για την κατασκευή πασσάλων, ξυλίας σκαφών, κιβώτιο, ενώ τα φύλλα ως ζωοτροφή μιας και η περιεκτικότητα αυτόν σε πρωτεΐνες κυμαίνεται από 23 έως 24%. Τέλος κάποια άλλα φυτά που μελετώνται ή χρησιμοποιούνται ως ενεργειακά φυτά στην Ευρώπη και έχουν παράλληλα δώσει αρκετά ενθαρρυντικά αποτελέσματα, είναι η ιτιά (*Salix sp.*), λεύκα (*Populus sp.*), κάνναβης (*Cannabis sativa*), σίκαλη (*Secale cereale*), τριτικάλε (*x Triticosecale*), φάλαρη (*Phalaris arundinaceae*), σκλήθρος (*Alnus sp.*), κολοκάσι (*Helianthus tuberosus*), ψευδολινάρι (*Camelina sativa*).

4. Βιοντίζελ

4.1. Ορισμός

Βιοντίζελ ονομάζεται οτιδήποτε ζωικό λίπος ή φυτικό έλαιο που μέσω επεξεργασίας αποκτά ιδιότητες ως καύσιμο συγκρίσιμες με εκείνες του ντίζελ (πετρελαίου), για αυτό το λόγο λοιπόν μπορεί το βιοντίζελ να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο βιολογικής προέλευσης του πετρελαίου. Το βιοντίζελ παράγεται μέσω χημικής αντίδρασης των λιπιδίων με την αλκοόλη, αυτή η αντίδραση ονομάζεται στεριοποίηση. Η χημική σύσταση του βιοντίζελ αποτελείται από μακρές αλυσίδες καρβοξυλικών αλκυλεστερών που συνήθως αυτή μπορεί να είναι μεθυλεστέρες (RCOOCH_3), αιθυλεστέρες ($\text{RCOOCH}_2\text{CH}_3$) ή προπυλεστέρες ($\text{RCOOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$). Το βιοντίζελ όπως και τα υπόλοιπα βιοκαύσιμα είναι αρκετά φιλικό προς το περιβάλλον διότι εκπέμπει στην ατμόσφαιρα ελάχιστα ποσοστά μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και διοξείδιο του θείου (SO_2) έχοντας ως συνέπεια την μείωση του κινδύνου για σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις καθώς και μειωμένο κίνδυνο για την υγεία των ανθρώπων. Παράλληλα λόγω της ικανότητας του να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο στις μηχανές εσωτερικής καύσης, υπάρχει η δυνατότητα πρόσμιξης με τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα, παρουσιάζοντας μεγάλη διαλυτική ικανότητα. Συνεπώς, στην πρόσμιξη του βιοντίζελ με τα συμβατικά καύσιμα μειώνεται αισθητά η παραγωγή βλαβερών ρύπων, όπως το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και διοξείδιο του θείου (SO_2). Το βιοντίζελ επίσης, επειδή αποτελείται από κάποιους συγκεκριμένους εστέρες που έχουν συναφής φυσικοχημικές ιδιότητες με τους αντίστοιχους του πετρελαίου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αυτόνομο βιοκαύσιμο σε κινητήρες εσωτερικής καύσης, αντικαθιστώντας έτσι το πετρέλαιο. Ως σκοπός το βιοντίζελ να χρησιμοποιηθεί σε κανονικούς ντιζελοκινητήρες και για αυτό το λόγο διακρίνεται από τα υπόλοιπα φυτικά έλαια και απόβλητα που χρησιμοποιούνται ως καύσιμα σε αντίστοιχους κινητήρες ντίζελ οι οποίοι έχουν υποστεί κατάλληλες μετατροπές. Τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί ραγδαία η ζήτηση σε βιοκαύσιμα και συνεπώς σε βιοντίζελ λόγω του ότι το περιβάλλον έχει καταπονηθεί ιδιαίτερα και έχει μολυνθεί από την καύση ορυκτών καυσίμων, έτσι μέσω της χρήσης των βιοκαυσίμων θα μπορέσουμε να απ' εξαρτηθούμε από αυτά. Επομένως κρίνεται αναγκαίο τόσο στην Ευρωπαϊκή Ένωση όσο και στην χώρα μας να δοθούν κίνητρα στους παραγωγούς ώστε να καλλιεργήσουν ενεργειακά φυτά και να δημιουργηθούν αντίστοιχες βιομηχανίες για την παραγωγή βιοντίζελ.

4.2. Ιστορικά στοιχεία

Η χρήση τόσο φυτικών ελαίων όσο και ζωικών λιπών δεν είναι πρόσφατη καινοτομία για την δημιουργία διαφορετικών και εναλλακτικών καυσίμων πέρα των ορυκτών, αλλά έχει ξεκινήσει η χρήση τους είδη από τον 19^ο αιώνα . Οι πρώτες ενέργειες για την παραγωγή και την χρήση βιοντίζελ έγιναν από την νότια Αφρική το 1981, επίσης η πρώτη χώρα στην Ευρώπη όπου παρήγαγε βιοντίζελ είναι η Αυστρία το 1985, ενώ η συστηματική εμπορευματοποίηση του ξεκίνησε 5 χρόνια αργότερα. Το 1991 το βιοντίζελ εξασφάλισε υψηλή ποιότητα και έτσι ξεκίνησε να γίνεται αποδεκτό ευρέως από το κοινό. Αρχικά η πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ που χρησιμοποιήθηκε ήταν το κραμβέλαιο, διότι το φυτό της ελαιοκράμβης θεωρείται το ιδανικότερο για το Ευρωπαϊκό κλίμα. Επίσης στην νότια Ευρώπη όπως στην Ιταλία και στην Γαλλία χρησιμοποιήθηκε αρκετά το ηλιέλαιο ενώ στην βόρεια Αμερική το σογιέλαιο.

4.3. Πρώτες ύλες παραγωγής βιοντίζελ

Τα κυριότερα φυτά που χρησιμοποιούνται για παραγωγή βιοντίζελ είναι:

- **Ηλίανθος:** οι τυπικές συνήθως αποδόσεις σε σπόρο σε ξηρική καλλιέργεια κυμαίνεται από 150 έως 200 κιλά ανά στρέμμα, αντιθέτως η παραγωγή σε αρδευόμενη καλλιέργεια μπορεί να φτάσει από 300 έως 400 κιλά ανά στρέμμα. Η κατάλληλη περιεκτικότητα σε έλαιο είναι 40% και οι μέσες αποδόσεις σε βιοντίζελ κυμαίνονται από 70 κιλά ανά στρέμμα σε ξηρές καλλιέργειες και 140 κιλά ανά στρέμμα σε αρδευόμενες καλλιέργειες. Από την επεξεργασία ποσότητας ενός τόνου σπόρου παράγονται 400 κιλά ηλιέλαιου και 550 κιλά πίτας.
- **Ελαιοκράμβη:** η απόδοση της ελαιοκράμβης σε ξηρικό αγρό κυμαίνεται από 120 έως 250 κιλά ανά στρέμμα ενώ σε αρδευόμενο αγρό η απόδοση μπορεί να φτάσει έως τα 400 κιλά ανά στρέμμα. Παράλληλα όμως παράγεται και ξηρή βιομάζα από τα στελέχη του φυτού που φτάνει από 0,6 έως 0,8 τόνους ανά στρέμμα και έχει αρκετά υψηλή περιεκτικότητα σε κυτταρίνη. Η περιεκτικότητα του σπόρου της ελαιοκράμβης σε έλαιο είναι 35 με 40% και οι αντίστοιχες ποσότητες βιοντίζελ που παράγονται ανά στρέμμα είναι 75 κιλά για ξηρική καλλιέργεια και 120 κιλά για αρδευόμενη. Το βιοντίζελ που προέρχεται από την ελαιοκράμβη έχει πολύ καλή και σταθερή συμπεριφορά καύσης σε χαμηλές θερμοκρασίες διότι η περιεκτικότητα του ανέρχεται 60% σε ελαϊκό οξύ και μόλις 6% σε κορεσμένα οξέα.

Τα τελευταία χρόνια έχουν δημιουργηθεί αρκετά νέα βελτιωμένα υβρίδια που έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ελαϊκό οξύ.

- **Βαμβάκι:** το βαμβάκι θεωρείται ως το πλέον κυριότερο φυτό μεγάλης καλλιέργειας στην Ελλάδα, η οποία στην Ευρωπαϊκή Ένωση είναι η πρώτη παραγωγός χώρα σε ποσότητα, από το συνολικό ποσοστό του σύσπορου βαμβακιού το 52 έως 54% αποτελεί ο βαμβακόσπορος που χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή για παραγωγή ελαίου και άλλων επεξεργασιών. Το 32 με 33% αποτελούν οι καθαρές εκμεταλλεύσιμες ίνες του βαμβακιού ενώ το υπόλοιπο 14 με 16% αποτελείται από ίνες μικρού μήκους, φύλα, βλάστη και άλλα. Τα συγκεκριμένα ποσοστά διαφέρουν σημαντικά και εξαρτώνται από αρκετούς παράγοντες όπως στις εδαφοκλιματικές συνθήκες, την περιοχή, την ποικιλία, και το πόσο εντατική γίνεται η καλλιέργεια. Ο σπόρος του βαμβακιού όταν υποβληθεί σε θερμή πίεση δίνει έλαιο και ποσοστό της τάξεως των 12 έως 18%. Έχοντας ως δεδομένο ότι σε ένα στρέμμα καλλιέργειας βαμβακιού παράγεται σύσπορο βαμβάκι ίσο με 350kg, προκύπτει ετήσια παραγωγή σε βαμβακέλαιο 20 έως 32kg ανά στρέμμα. Το συγκεκριμένο γεγονός καθιστά την καλλιέργεια του βαμβακιού ως μια παραγωγό καλλιέργεια πρώτης ύλης που αυτή είναι ο βαμβακόσπορος για παραγωγή βιοντίζελ αν και εφόσον συνεχίζεται η εκμετάλλευση των ινών του βαμβακιού που είναι το βασικό προϊόν της καλλιέργειας. Αυτό γίνεται διότι η καλλιέργεια του βαμβακιού για παραγωγή βαμβακέλαιου εξολοκλήρου κάνει την καλλιέργεια ασύμφορη.
- **Μικροφύκη:** αξίζει να αναφερθούμε στα μικροφύκη διότι είναι μια εναλλακτική πηγή ενέργειας, ποιο συγκεκριμένα μικροφύκη είναι μικροσκοπικοί οργανισμοί που δεν είναι ορατοί με γυμνό μάτι, έχουν την ικανότητα να φωτοσυνθέτουν, αναπτύσσονται σε υγρά περιβάλλοντα όπως θαλασσινό νερό ή γλυκό νερό. Ο μηχανισμός με τον οποίο δεσμεύεται το διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και η ίδια η διαδικασία της φωτοσύνθεσης είναι παρόμοια με τα φυτά της στεριάς. Μέσω της φωτοσύνθεσης τα μικροφύκη παράγουν έλαια, λίπη, υδρογονάνθρακες και πρωτεΐνες τα οποία είναι αποθηκευμένα στην ίδια την βιομάζα. Παράλληλα επειδή τα μικροφύκη βρίσκονται συνέχεια μέσα στο νερό και άρα προμηθεύονται θρεπτικά συστατικά και νερό σε μεγάλο βαθμό με αποτέλεσμα η απόδοσή τους να είναι αρκετά μεγαλύτερη από τα φυτά της στεριάς. Ένα από τα βασικότερα πλεονεκτήματα της χρήσης των μικροφυκών για να παραχθεί βιοντίζελ είναι ότι αποτελούν ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και ταυτόχρονα έχουν σχεδόν μηδενικό

αντίκτυπο στο περιβάλλον σε σχέση με τις καλλιέργειες που προορίζονται για βιοντίζελ μιας και για την καλλιέργεια των συγκεκριμένων φυτών για παραγωγή βιοντίζελ χρησιμοποιούνται καύσιμα όπως το πετρέλαιο (για την λίπανση, τις καλλιεργητικές τεχνικές, άρδευση και άλλα) σε σχέση με τα μικροφύκη που δεν καλλιεργούνται απλά συλλέγονται. Επιπρόσθετα το βιοντίζελ το οποίο παράγεται από μικροφύκη είναι ανώτερης ποιότητας από το αντίστοιχο που παράγεται από καλλιεργούμενα φυτά, τα μικροφύκη έχουν μεγάλο περιεχόμενο σε λιπίδια με αποτέλεσμα να έχουν αρκετά υψηλές τιμές παραγωγικότητας ανά κιλό βάρους. Ένα άλλο πλεονεκτήματα είναι η δυνατότητα επιλογής διαφορετικών στελεχών και ειδών μικροφυκών τα οποία παράγουν βιοντίζελ διαφορετικής ποιότητας και διαφορετικών προδιαγραφών. Τα μικροφύκη εκτός από την χρήση τους για την παραγωγή βιοντίζελ χρησιμοποιούνται ως ζωοτροφές, παραγωγή Ωμέγα 3 λιπαρών οξέων, συμπληρώματα διατροφής, ιατρικές ουσίες και φαρμακευτικά προϊόντα καθώς και οργανικά λιπάσματα και βιοδιασπώμενα πλαστικά. Τα μικροφύκη παρουσιάζουν αρκετά μεγάλη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας στην βιομάζα, ποιο συγκεκριμένα τα μικροφύκη μετατρέπουν περίπου το 3,8% της ηλιακής ακτινοβολίας σε σχέση με τους υπόλοιπους φυτικούς οργανισμούς που εκμεταλλεύονται το 0,5%. Άρα τα μικροφύκη έχουν αρκετά υψηλότερη παραγωγή βιομάζας και παράλληλα έχουν αρκετά μεγάλη χωρητικότητα και δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα σε σχέση με άλλους φυτικούς οργανισμούς. Η δυνατότητα που μας δίνει το μικροφύκη είναι ότι μπορούν να αναπτυχθούν μέσα σε νερό διαφορετικών τιμών αλατότητας χρησιμοποιώντας έτσι υφάλμυρα και άχρηστα ύδατα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν υγρά λύματα από αγροτοκτηνοτροφικές και βιομηχανικές μονάδες καθώς και αστικά λύματα χρησιμοποιώντας έτσι άζωτο και φώσφορο από εκείνες τις πηγές. Έτσι υπάρχει η δυνατότητα τα μικροφύκη να καλλιεργηθούν δίχως την παρουσία λιπασμάτων ή φυτοπροστατευτικών προϊόντων αποφεύγοντας έτσι την ρύπανση των υδάτων και του εδάφους. Αξίζει να αναφερθεί ότι ορισμένα είδη μικροφυκών είναι εξαιρετικά ανθεκτικά σε αντίξοες συνθήκες και μπορούν να καλλιεργηθούν με την διοχέτευση καυσαερίων και ριπών στην καλλιέργεια από τις βιομηχανίες. Τα μικροφύκη έχουν επιπρόσθετα την ικανότητα και ιδιαιτερότητα να αναπτύσσονται και να συγκομίζονται καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου σε αντίθεση με τις υπόλοιπες ενεργειακές καλλιέργειες όπου καλλιεργούνται και συγκομίζονται 1 φορά το έτος και σπανιότερα 2, αυξάνοντας έτσι την απόδοση ακόμα περισσότερο των μικροφυκών. Τέλος τα μικροφύκη

επειδή καλλιεργούνται στο νερό και μπορούν να αναπτυχθούν και να εκμεταλλευτούν τα μη πόσιμα υφάλμυρα ύδατα καταναλώνουμε σχεδόν μηδενικούς πόρους, δηλαδή δεν εκμεταλλευόμαστε την πολύτιμη καλλιεργήσιμη γη και νερό για την ανάπτυξη τους. Παράλληλα μπορούν να καλλιεργηθούν σε περιοχές ακατάλληλες για άλλες καλλιέργειες όπου το νερό ή το έδαφος δεν ενδείκνυται για καλλιέργεια, τέτοιες περιοχές αποτελούν οι έρημοι, παραλιακές εκτάσεις, αλατώδη εδάφη, συντελώντας έτσι στην οικονομική ανάπτυξη των περιοχών αυτών. Σύμφωνα με τους επιστήμονες εκτιμάται ότι σε μερικά χρόνια τα μικροφύκη αποτελούν την κυριότερη ανανεώσιμη πηγή βιοκαυσίμων. (Chisti, Y., 2007)

- **Ζωικά λίπη:** είναι μια πολύ καλή πηγή πρώτων υλών για παραγωγή βιοντίζελ και αποτελούνται από χαμηλής αξίας και ποιότητας λίπη και έλαια. Στη συγκεκριμένη κατηγορία περιλαμβάνονται ζωικά λίπη που μπορούν να διαχωριστούν και να αποκτηθούν από ζωικά υποπροϊόντα και υπολείμματα σφαγίου. Οι σημαντικότερες πηγές των συγκεκριμένων λιπών αποτελούν τα πουλερικά, οι χοίροι, τα αιγοπρόβατα και τα βοοειδή. Τα ζωικά υποπροϊόντα και υπολείμματα από τα βοοειδή περιέχουν κατά μέσω όρο 5% υποδόριο λίπος και 3,5% ενδομυϊκό, από τα αιγοπρόβατα 3% υποδόριο και 3,1% ενδομυϊκό λίπος, από τους χήρους 6% υποδόριο λίπος και 4,5% ενδομυϊκό λίπος και τέλος τα πουλερικά 1,4% υποδόριο λίπος και 1,6% ενδομυϊκό λίπος. Από τα 2 είδη λοιπόν το περισσότερο μέρος του υποδोरίου λίπους χρησιμοποιείται στην βιομηχανία τροφίμων όπως για παράδειγμα στην βιομηχανία των αλλαντικών. Ενώ το ενδομυϊκό λίπος ανακτάται και διαχωρίζεται μέσω της μεθόδου της αδρανοποίησης από τα υπόλοιπα ζωικά υποπροϊόντα όπως είναι τα σπλάχνα, με σκοπό την παραγωγή βιοντίζελ.
- **Τηγανέλαια:** στην Ελλάδα δραστηριοποιούνται αρκετές εταιρίες που μεταφέρουν και συλλέγουν χρησιμοποιημένα τηγανέλαια από εστιατόρια, ψησταριές και ξενοδοχειακές μονάδες, ενώ παράλληλα έχει ήδη ξεκινήσει από κάποιους δήμους η προσπάθεια για συλλογή χρησιμοποιημένων ελαίων από νοικοκυριά. Σύμφωνα με σημερινά στοιχεία στην χώρα μας συλλέγονται κατά έτος περίπου 20 με 30 χιλιάδες τόνοι τηγανελαιίων, παράλληλα αναμένεται μέσα στα επόμενα χρόνια σημαντική αύξηση της ποσότητας αυτής.

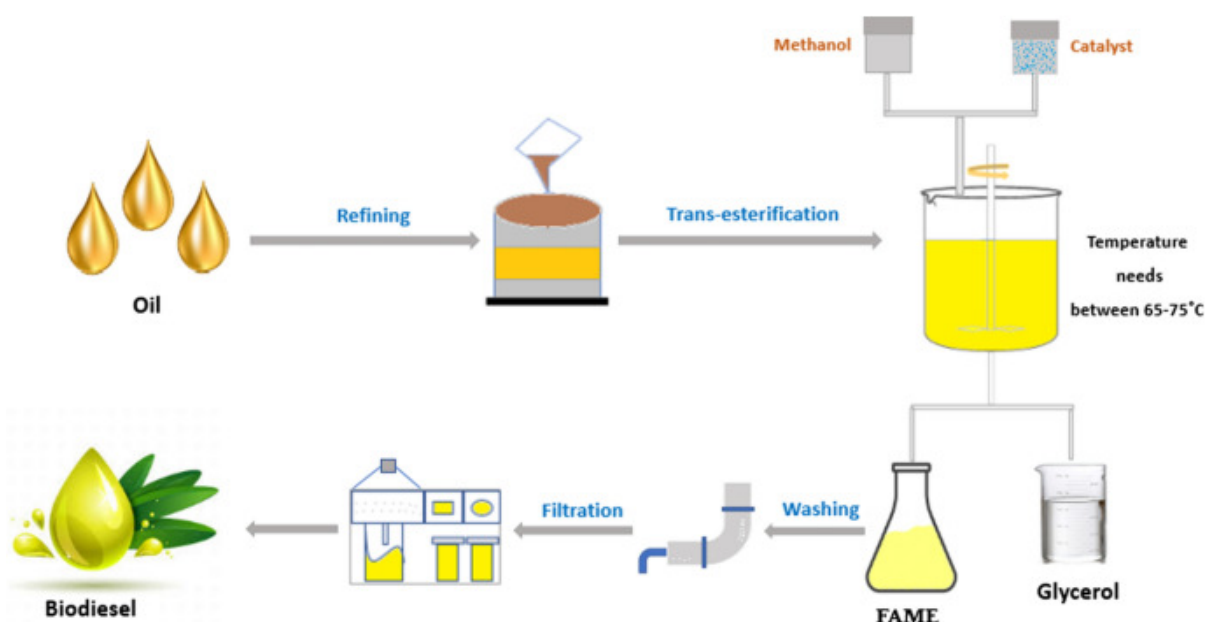
4.4. Παραγωγή και επεξεργασία πρώτης ύλης βιοντίζελ

Αφού γίνει η συγκομιδή του ελαιούχου σπόρου, οδηγείται σε σπορελαιουργείο το οποίο μπορεί να βρίσκεται μέσα στην μονάδα παραγωγής βιοντίζελ είτε αυτόνομο. Στο συγκεκριμένο στάδιο εξάγεται το έλαιο από τον σπόρο, ενώ τα υπολείμματα του (πίτα) αξιοποιούνται ως ζωοτροφή ή ως καύσιμη ύλη για την παραγωγή ενέργειας. Το λάδι που παράγεται από την συγκεκριμένη διαδικασία εξευγενίζεται (ραφινάρετε) και έπειτα οδηγείται στην μονάδα παραγωγής βιοντίζελ, όπου μετατρέπεται σε βιοντίζελ, ενώ η γλυκερίνη (παραπροϊόν) που παράγεται παράλληλα με την συγκεκριμένη διαδικασία αξιοποιείται ως πηγή παραγωγής ενέργειας. Σε τελικό στάδιο γίνεται η πιστοποίηση του βιοντίζελ και οδηγείται στα διυλιστήρια για να γίνει η ανάμιξη με συμβατικό ντίζελ (πετρέλαιο) και γίνεται προώθηση του μείγματος για χρήση στην κίνηση. Παράλληλα το βιοντίζελ μπορεί να χρησιμοποιηθεί πλέον για θέρμανση και ηλεκτροπαραγωγή είτε αυτούσιο ή σε μείγμα με συμβατικό πετρέλαιο. Τέλος τα ξυλώδη μέρη του φυτού μπορούν να χρησιμοποιηθούν από την ίδια την βιομηχανία που παράγει το βιοντίζελ ως πρώτη ύλη για παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας.

Η παραγωγή του βιοντίζελ (Εικόνα 4) γίνεται με την μέθοδο της μετεστεροποίησης των τριγλυκεριδίων και της στεριοποίησης των ελεύθερων λιπαρών οξέων. Η συνηθέστερη αλκοόλη που χρησιμοποιείται είναι η μεθανόλη λόγω του χαμηλού κόστους και τον φυσικοχημικών πλεονεκτημάτων που διαθέτει. Η συγκεκριμένη αντίδραση καταλύεται από οξέα, βάσεις και ένζυμα και πραγματοποιείται σε υψηλές είτε χαμηλές θερμοκρασίες. Τα τριγλυκερίδια αποτελούν το κυριότερο συστατικό των φυτικών ελαίων και ζωικών λιπών σε ποσοστό έως και 98% κατά βάρος. Η συμβατική διεργασία εφαρμογής της μετεστεροποίησης βασίζεται συνήθως στην χρήση κάποιων βασικών ομογενών καταλυτών, αυτοί είναι το υδροξείδιο του νατρίου (NaOH), το υδροξείδιο του καλίου (KOH), το μεθοξείδιο του νατρίου (CH₃ONa). Στην αντίδραση αυτή παρόλο που χρησιμοποιείται βασικός ομογενής στερεός καταλύτης, ολοκληρώνεται σε μικρό χρονικό διάστημα (το πολύ σε μια ώρα) και σε χαμηλές σχετικά θερμοκρασίες από 55 έως 65 °C και πιέσεις περίπου 1 bar. Υπάρχουν όμως κάποια προβλήματα με την εφαρμογή της συγκεκριμένης διαδικασίας που έχουν να κάνουν με την ποιότητα και την καθαρότητα των πρώτων υλών. Ως πρώτες ύλες για την βασική ομογενής κατάλυση απαιτούνται ζωικά λίπη φυτικά έλαια απαλλαγμένα από υγρασία (κάτω από 0,05% κατά βάρος) και ελεύθερα λιπαρά οξέα (μικρότερο από 0,5% κατά βάρος). Αν

χρησιμοποιηθούν πρώτες ύλες με υψηλότερες συγκεντρώσεις υγρασίας από τις προαναφερόμενες και οξύτητας υπάρχει ως συνέπεια να εμφανιστούν προβλήματα λόγω του σχηματισμού σαπώνων μέσω της ανεπιθύμητης αντίδρασης της σαπωνοποίησης των ελεύθερων λιπαρών οξέων από βασικό καταλύτη. Η αντιμετώπιση των συγκεκριμένων προβλημάτων έχει ως συνέπεια την αύξηση κατά πολύ του κόστους παραγωγής του βιοντίζελ. Επίσης η διαδικασία καθαρισμού της γλυκερίνης που προκύπτει ως παραπροϊόν της αντίδρασης της σαπωνοποίησης, για την παραγωγή υψηλής αξίας γλυκερίνης, είναι αρκετά δαπανηρή και κοστοβόρα σε σχέση με την συνεχής τάση της τιμής της γλυκερίνης να μειώνεται συνεχώς.

Η στεριοποίηση των λιπαρών οξέων σε εστέρες (βιοντίζελ), πριν την διαδικασία της μετεστεροποίησης τα λιπαρά οξέα δέχονται την προ επεξεργασία της στεριοποίησης, έχοντας ως βασικό πλεονέκτημα την αξιοποίηση και όχι την απόρριψη των ελεύθερων λιπαρών οξέων, παράγοντας έτσι βιοντίζελ. Παράλληλα απλουστεύεται και η διεργασία της μετεστεροποίησης. Ως καταλύτες στην αντίδραση της στεριοποίησης χρησιμοποιείται το πυκνό θειικό οξύ. Παρ' όλα αυτά ο συγκεκριμένος καταλύτης είναι δραστικός και δημιουργεί προβλήματα διάβρωσης, οπότε δεν χρησιμοποιείται πλέον στην βιομηχανία. Τελευταία έχουν δημιουργηθεί νέες, οικονομικά αποδοτικές και ευέλικτες διεργασίες χωρίς τα προβλήματα των συμβατικών διεργασιών, χρησιμοποιώντας ως καταλύτη νέα στερεά ετερογόνα. Στην διεργασία αυτή βασίζεται η ανάπτυξη μονάδων παραγωγής βιοντίζελ δεύτερης γενιάς και ως πρώτες ύλες χρησιμοποιούμε λιπαρά οξέα, απόβλητα φυτικά έλαια, ζωικά λίπη υψηλής οξύτητας. (Agroenergy, 2021)



4.5. Προϊόντα και παραπροϊόντα παραγωγής βιοντίζελ

Το βασικό προϊόν της μετεστεροποίησης των φυτικών ελαίων και ζωικών λιπών με παρουσία της μαιθανόλης είναι οι μεθυλεστέρες (βιοντίζελ). Επίσης με την παραγωγή του βιοντίζελ παράγεται γλυκερίνη ως παραπροϊόν σε ποσότητες ίσες με το 10% του βάρους του παραγόμενου βιοντίζελ. Από την συγκεκριμένη διαδικασία παράγονται και μικρές ποσότητες λιπαρών οξέων. Τα τελευταία χρόνια λόγω της μεγάλης παραγωγής βιοντίζελ υπάρχει πλεόνασμα γλυκερίνης, έχοντας ως αποτέλεσμα μεγάλη μείωση της αξίας της. Για αυτό η βιομηχανία έχει ως στόχο την ανάδειξη νέων προϊόντων και λύσεων για την αξιοποίηση της γλυκερίνης. Ένας από αυτούς τους τομείς που έχει να κάνει με την αξιοποίηση της γλυκερίνης είναι η παραγωγή βιοκαύσιμου, όπως η αντίστοιχη του βιοαέριου και του βιοϋδρογόνου.

Τα παραγόμενα λιπαρά οξέα που δημιουργούνται κατά την όξυνση της γλυκερίνης (διάσπαση των σαπώνων) και συνήθως χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας από την καύση τους ψεκασθήρες μαζούτ.

4.6. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα βιοντίζελ

4.6.1. Πλεονεκτήματα βιοντίζελ

Τα κύρια πλεονεκτήματα της χρήσης βιοντίζελ είναι:

- Η ελάττωση των επικίνδυνων ρίπων, που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, την μόλυνση του περιβάλλοντος. Αυτή οι ρίποι είναι κυρίως τα οξείδια του αζώτου, το οξείδιο του θείου, το μονοξείδιο του άνθρακα.
- Επιπλέον σε σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μειώνετε ο ορατός καπνός που εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα, έχοντας έτσι μεγάλη σημασία για τα Ελληνικά νησιά και άλλες περιοχές της χώρας μας όπου ανθίζει ο τουρισμός παράλληλα η χρήση μειγμάτων βιοντίζελ με συμβατικό ντίζελ μπορεί να μειώσει αισθητά τις εκπομπές καπνού και αιθάλης, μειώνοντας έτσι τις επακόλουθες ενέργειες και επιδράσεις τόσο στην τοπική κοινωνία όσο και στον τουρισμό.
- Επίσης όσες χώρες χρησιμοποιούν βιοντίζελ σε μικρότερο ή σε μεγαλύτερο βαθμό μειώνεται αντίστοιχα την εξάρτησή τους από τις εισαγωγές ορυκτών καυσίμων.
- Παράλληλα γίνεται αξιοποίηση της βιομάζας που είναι υπολειμματική ή απόβλητη, χρησιμοποιείται στην παραγωγή των βιοκαυσίμων και ειδικότερα το βιοντίζελ

προστατεύοντας με αυτόν τον τρόπο το περιβάλλον και τον υδροφόρο ορίζοντα, με αποτέλεσμα η κοινωνία και το περιβάλλον να κερδίζουν συνέχεια από την παραγόμενη ενέργεια.

- Άλλο ένα κύριο πλεονέκτημα είναι ότι είδη υπάρχουσες καλλιέργειες μπορούν να χαρακτηριστούν ως ενεργειακές δίνοντας στον παραγωγό κάποια πλεονεκτήματα όπως η αύξηση του εισοδήματος του.
- Παράλληλα οι περισσότερες ενεργειακές καλλιέργειες απαιτούν συνήθως χαμηλότερα επίπεδα λίπανσης και μειωμένο ποσοστό χρήσης φυτοπροστατευτικών προϊόντων, έχοντας ως συνέπεια τόσο την προστασία του περιβάλλοντος όσο και την προστασία του ίδιου του παραγωγού. Στην χώρα μας πολλές εκτάσεις έχουν εγκαταλειφθεί, έχουν απαξιωθεί, είτε είναι ακατάλληλες για καλλιέργεια, οι εκτάσεις αυτές θα μπορούσαν να καλλιεργηθούν και να εκμεταλλευτούν από τις ενεργειακές καλλιέργειες αυξάνοντας έτσι τα έσοδα των περιοχών αυτών. Επιπροσθέτως κλασικά φυτά που καλλιεργούνται στην Ελληνική ύπαιθρο όπως ο καπνός και το βαμβάκι στα οποία μέχρι τώρα στηρίζεται η αγροτική παραγωγή της χώρας μας, πρέπει να μειωθούν. Στις συγκεκριμένες εκτάσεις, την θέση θα πρέπει να πάρουν φυτά που θα αποδώσουν μεγαλύτερο εισόδημα στον παραγωγό όπως ο ηλιάνθος, η σόγια, η ελαιοκράμβη και άλλα ελαιούχα φυτά που έχουν μεγάλη στρεμματική απόδοση σε ελαιούχο σπόρο και αποτελούν την καλύτερη και την καταλληλότερη λύση για παραγωγή βιοντίζελ και βιομάζας.
- Η παραγόμενη πίτα που προκύπτει από τα υπολείμματα του σπόρου μετά την επεξεργασία μπορεί να αξιοποιηθεί ως ζωοτροφή. Παράλληλα το ξυλώδες μέρος του φυτού που έχει απομείνει μπορεί να οδηγηθεί για παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας σε ανάλογες βιομηχανίες. Συνεπώς με τους παραπάνω τρόπους είναι δυνατή μια αρκετά σημαντική αύξηση του αγροτικού εισοδήματος.
- Ένα αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό του βιοντίζελ είναι ότι δίνει μεγαλύτερες αποδόσεις σε σύγκριση με την βιοαιθανόλη και στο πετρέλαιο σύμφωνα με Αμερικάνους επιστήμονες που ασχολούνται με τον τομέα των βιοκαυσίμων. Ακόμη το βιοντίζελ και γενικά τα βιοκαύσιμα είναι προϊόν ανανεώσιμων πηγών ενέργειας διότι ο άνθρακας όπου παράγεται κατά την καύση τους δεσμεύεται πίσω στα φυτά για την παραγωγή βιομάζας μέσω της φωτοσύνθεσης και για αυτό η καύση του δεν αυξάνει την περιεκτικότητα διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

4.6.2. Μειονεκτήματα βιοντίζελ

Τα κυριότερα μειονεκτήματα της παραγωγής και της χρήσης βιοντίζελ είναι:

- Η λίπανση του εδάφους και του υδροφόρου ορίζοντα από την λίπανση
- Για να παραχθούν μεγάλες ποσότητες βιοντίζελ εφαρμόζεται τεχνική της μονοκαλλιέργειας με τα επακόλουθα αποτελέσματα της εξάπλωσης ασθενειών και εχθρών των ασθενειών αυτών και παράλληλα η μείωση της βιοποικιλότητας στον αγρό, αυξάνοντας την χρήση των προστατευτικών προϊόντων και λιπασμάτων.
- Παράλληλα υπάρχει πιθανότητα να δημιουργηθεί διάβρωση των εδαφών σε περίπτωση που γίνεται εντατική καλλιέργεια και παράλληλα δεν χρησιμοποιούνται ορθές γεωργικές πρακτικές.
- Παράλληλα ενδέχεται να υπάρχει διακύμανση της ποιότητας του βιοντίζελ διότι κάθε καλλιέργεια παράγει σπόρο με διαφορετική ποιότητα και διαφορετικό ποσοστό ελαίου.
- Ενδέχεται σε κάποιες περιοχές να υπάρξει έλλειψη τροφίμων λόγω του ότι εδώδιμες καλλιέργειες θα έχουν αντικατασταθεί από αντίστοιχες ενεργειακές καλλιέργειες.
- Σε περιοχές που υπάρχει μειωμένη ποσότητα νερού και παράλληλα να καλλιεργούνται καλλιέργειες με αυξημένες ανάγκες σε νερό τότε μπορεί να υπάρξει έλλειψη νερού.
- Σε αρκετά στάδια της καλλιέργειας των ενεργειακών καλλιεργειών και σε αρκετά στάδια της επεξεργασίας και παραγωγής του βιοντίζελ χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας το συμβατικό βιοντίζελ (πετρέλαιο), άρα αυξάνονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα με τις επακόλουθες αρνητικές συνέπειες της χρηματικής αλλαγής. Μερικοί επιστήμονες έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι για να παραχθεί ένα γαλόνι βιοκαυσίμου χρειάζονται αρκετά παραπάνω γαλόνια συμβατικών ορυκτών καυσίμων για να χρησιμοποιηθούν.
- Μέχρι σήμερα δεν υπάρχουν αρκετές υποδομές για την διανομή του βιοντίζελ όσο και για την καύση του σε αντίστοιχους κινητήρες. Για αυτό θα πρέπει να δημιουργηθούν αντίστοιχα πρατήρια διανομής και να γίνει μετατροπή των κινητήρων για να χρησιμοποιούν ως καύσιμο το βιοντίζελ έχοντας ως επακόλουθο το ενεργειακό αποτύπωμα και κατ' επέκταση την αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.
- Δεν είναι κατάλληλο για χρήση σε χαμηλές θερμοκρασίες, συγκεκριμένα το βιοντίζελ σε κρύες συνθήκες γίνεται πολύ δύσκολη η καύση του διότι αυξάνεται η

πυκνότητα του και αρχίζει η στερεοποίηση του, ανάλογα με την προέλευση του ελαίου η του λίπους που χρησιμοποιείται υπάρχει και διαφορετική θερμοκρασία τήξης. Γενικότερα κάτω από 5 °C δυσχεραίνει την καύση και απαιτείται η ανάμειξη του κατά τους ψυχρότερους μήνες του χρόνου με συμβατικό βιοντίζελ.

- Το βιοντίζελ είναι ακριβότερο από το πετρέλαιο, ειδικότερα τα τελευταία χρόνια συμβαίνει το γεγονός ότι το βιοντίζελ θα είναι αρκετά ακριβότερο από τα υπόλοιπα συμβατικά καύσιμα. Επί του παρόντος το βιοντίζελ είναι 1,5 φορές ακριβότερο από το πετρέλαιο, αυτό οφείλεται στο ότι δεν υπάρχει αρκετά μεγάλη μαζική παραγωγή βιοντίζελ έτσι ώστε να μειωθεί η τιμή του.
- Γίνεται απόφραξη του κινητήρα, ενώ το βιοντίζελ καθαρίζει τα υπολείμματα από τον κινητήρα, συνεπώς αυτό θεωρείται μια θετική ιδιότητα των βιοκαυσίμων. Το πρόβλημα στην συγκεκριμένη κατάσταση είναι ότι τα υπολείμματα αυτά οδηγούνται και συλλέγονται στο φίλτρο καυσίμου έχοντας ως συνέπεια το ίδιο να φράζει.

5. Βιοαιθανόλη

5.1. Ορισμός

Η βιοαιθανόλη είναι η αιθανόλη ή αιθυλική αλκοόλη, το κοινό οινόπνευμα δηλαδή ονομάζεται έτσι διότι προέρχεται από την βιομάζα ήταν αρχικά το πρώτο υγρό βιοκαύσιμο που χρησιμοποιήθηκε για να αντικαταστήσει την συμβατική βενζίνη σε οχήματα. Η παραγωγή της γίνεται κυρίως από την ζάχαρη και την μετατροπή της σε αλκοόλη (οινόπνευμα) με την μέθοδο της αλκοολικής ζύμωσης. Παράλληλα η σύνθεση της μπορεί να γίνει βιομηχανικά μέσω της χημικής αντίδρασης του αιθυλενίου με τον ατμό. Η παραγωγή βιοαιθανόλης είναι οι ενεργειακές καλλιέργειες (όπως και στα υπόλοιπα βιοκαύσιμα), υπολείμματα γεωργικών βιομηχανιών, υπολείμματα τροφίμων, δασικών δένδρων και καρποφόρων, τέλος υπολείμματα γεωργικών και δασικών καλλιεργειών. Τα κυριότερα ενεργειακά φυτά που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή της βιοαιθανόλης και έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε σάκχαρα είναι το σόργο, τα ζαχαρότευτλα, ο αραβόσιτος, το σιτάρι, τα άχυρα, το ξύλο της ιτιάς και άλλων δέντρων, πριονίδι, η άγρια αγκινάρα και ο μίσχανθος. Παράλληλα βρίσκονται σε εξέλιξη αρκετές έρευνες σε σχέση με την εύρεση τρόπου αξιοποίησης των αστικών στέρεων αποβλήτων. Η βιοαιθανόλη είναι άχρωμο διαυγές υγρό, αρκετά υψηλής ενεργειακής περιεκτικότητας και αποτελεί καθαρότερο καύσιμο περιβαλλοντικά σε σχέση με την βενζίνη. Επίσης είναι χαμηλής τοξικότητας, βιοαποικοδομήσιμη και προκαλεί ελάχιστη περιβαλλοντική μόλυνση αν διαφύγει η απορριφθεί στο περιβάλλον. Όταν η καύση της είναι τέλεια ως παράγωγο της καύσης είναι το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό. Η βιοαιθανόλη είναι καύσιμο που περιέχει αρκετά υψηλό αριθμό οκτανίων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρόσθετο στην βενζίνη για την αύξηση του αριθμού των οκτανίων της. Παράλληλα με την ανάμιξη της με βενζίνη επιτυγχάνεται ο εμπλουτισμός του καυσίμου σε οξυγόνο, έχοντας ως αποτέλεσμα να γίνεται τέλεια η καύση, άρα μειώνονται οι εκπομπές επικίνδυνων ρίπων όπως το μονοξείδιο του άνθρακα, το μονοξείδιο του αζώτου, το μονοξείδιο του θείου και άλλα. Το συχνότερο μείγμα μεθανόλης με βενζίνη που πωλείται ευρύτατα στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής είναι αυτό που αποτελείται από περιεκτικότητα 10% αιθανόλη και 90% βενζίνη. Τα συμβατικά οχήματα δεν απαιτούν κάποια επιπλέον μετατροπή για να χρησιμοποιήσουν και να κινηθούν με το συγκεκριμένο μείγμα. Τα σύγχρονα οχήματα μπορούν να κινηθούν με καύσιμο μείγμα 85% αιθανόλης και 15% βενζίνες.

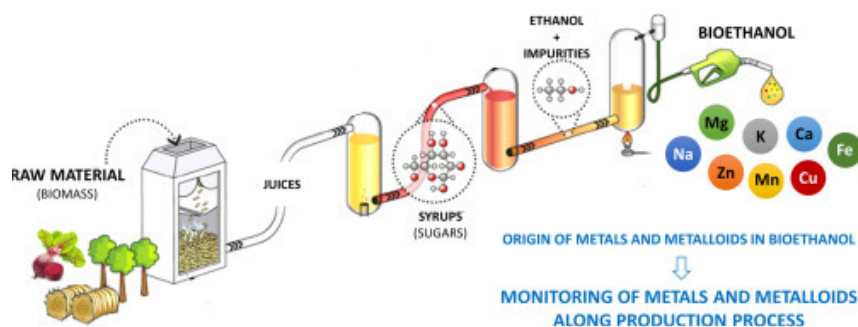
Η βιοαιθανόλη χωρίζεται σε 2 γενιές στην 1^η και στην 2^η.

Στην 1^η γενιά: ανήκει η βιοαιθανόλη που έχει ως πρώτες ύλες ζαχαρούχα και αμυλούχα προϊόντα όπως τεύτλα, δημητριακά και σπόρους.

Στην 2^η γενιά: ανήκει η βιοαιθανόλη που παράγεται από κυτταρινούχα, ξυλώδη γεωργικά και δασικά υπολείμματα και υποπροϊόντα. (Science Direct, 2021)

5.2. Διαδικασία παραγωγής βιοαιθανόλης

Για να παραχθεί βιοαιθανόλη (Εικόνα 5) θα πρέπει η βιομάζα να υποστεί την διαδικασία της ζύμωσης, για να επιτευχθεί η ζύμωση προσθέτουμε κάποια ήδη ζυμομυκήτων που είδη καταναλώνουν τα σάκχαρα της βιομάζας. Κατά την διάρκεια της πέψης τους παράγονται αιθανόλη και διοξείδιο του άνθρακα ως παραπροϊόντα. Η βιομάζα περιέχει κυτταρίνη, δηλαδή μια σειρά σύνθετων υδατανθρακικών πολυμερών, τα οποία βρίσκονται στα τοιχώματα των φυτών. Για να παραχθούν αρκετά ζάχαρα για την ζύμωση χρειάζεται να διασπαστεί η κυτταρίνη μέσω ιδικής επεξεργασίας με ειδικά ένζυμα ή οξέα. Τα ένζυμα αυτά έχουν την ικανότητα να διασπάσουν ακόμα και τα πιο ανθεκτικά φυτικά κύτταρα. Αποκαλύπτοντας έτσι το εσωτερικό του κυττάρου μέσω της διαδικασίας της υδρόλυσης. Η υδρόλυση της κυτταρίνης παράγει σακχαρόζη, η οποία ζυμώνεται και παράγεται έτσι αιθανόλη.



Εικόνα 5: Διαδικασία παραγωγής βιοαιθανόλης

Υπάρχουν τριών ειδών διαδικασίες υδρόλυσης:

- **Ενζυμική υδρόλυση:** μέσω ειδικών ενζύμων που προστίθενται στην βιομάζα διασπώνται τα φυτικά κύτταρα και υδρολύουν την κυτταρίνη για την παραγωγή σακχαρόζης. Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι αρκετά πρόσφατη καινοτομία και προς το παρόν είναι πολύ δαπανηρή. Καθώς όμως η διαδικασία τελειοποιείται αναμένεται να γίνει οικονομικότερη με την πάροδο του χρόνου.

- **Υδρόλυση με αραιό οξύ:** αποτελεί την παλαιότερη και απλούστερη μέθοδο. Προς το παρόν είναι ο ποιο αποτελεσματικός τρόπος για παραγωγή αιθανόλης από βιομάζα. Η εργασία αυτή αποτελείται από 2 στάδια. Αρχικά το 1^ο στάδιο είναι η προσθήκη θεικού οξέος αραιωμένου με ποσοστό μικρότερο από 1% και 2^ο στάδιο η θέρμανση της βιομάζας από 190 έως 215 °C. Το ασθενές θεικό οξύ σε συνδυασμό με την υψηλή θερμοκρασία καταφέρνουν να υδρολύσουν την κυτταρίνη. Το παραγόμενο υγρό από την διαδικασία αυτή ανακτάται και μπορεί να υποστεί επεξεργασία.
- **Συμπυκνωμένη όξινη υδρόλυση:** η διαδικασία αυτή χρησιμοποιεί αρκετά ισχυρότερη συγκέντρωση θεικού οξέος σε σχέση με την προηγούμενη. Ενδεικτικά το ποσοστό αυτό είναι της τάξεως του 70 με 77%. Αφού το θεικό οξύ προστεθεί στην βιομάζα θερμαίνεται στους 50 °C. Έπειτα το μείγμα αραιώνεται με νερό μέχρις ότου η συγκέντρωση να είναι 20 έως 30%, έπειτα θερμαίνεται στο 100 °C για 1 ώρα. Το αποτέλεσμα από την διαδικασία αυτή είναι να παραχθεί μια γέλη (gel) μέσω πίεσης απελευθερώνεται ένα μείγμα ζαχάρων και οξέων. Το μείγμα αυτό διαχωρίζεται μέσω της χρήσης χρωματογραφικής στήλης.
- **Αλκοολική ζύμωση:** αφότου συγκεντρώσουμε τα ζάχαρα (γλυκόζη) με τους παραπάνω τρόπους, τα ζάχαρα μέσω της αλκοολικής ζύμωσης μετατρέπονται σε αιθανόλη. Για να γίνει η διαδικασία της αλκοολικής ζύμωσης θα πρέπει να μεσολαβήσει ο ζυμομύκητας *Saccharomyces cerevisiae* χρησιμοποιείται τόσο στην παραγωγή ποτών όσο και στην αρτοποιία. Ο συγκεκριμένος ζυμομύκητας είναι ο ποιο ευρέως χρησιμοποιούμενος για την παραγωγή αλκοόλης διότι έχει αρκετά υψηλή παραγωγικότητα, έχει μεγάλες αποδόσεις, ανέχεται μεγάλο ποσοστό αλκοόλης στο διάλειμμα. Τέλος είναι ανθεκτικό σε υψηλή οξύτητα του μείγματος (χαμηλό pH). Αναλυτικότερα ο ζυμομύκητας τρέφεται με τα ζάχαρα του μείγματος που έχουμε παρασκευάσει και ως παραπροϊόντα παράγονται αλκοόλη (αιθανόλη) και διοξείδιο του άνθρακα μέσω της αναπνοής των μικροοργανισμών (Legras JL, Merdinoglu D, Cornuet JM, Karst F, 2007). Ποιο συγκεκριμένα για κάθε ένα kg παραγόμενης αιθανόλης παράγεται αντίστοιχα 1 kg διοξείδιο του άνθρακα, επειδή το ποσοστό του διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται είναι μεγάλο, αντί να απελευθερωθεί στην ατμόσφαιρα θα μπορούσαμε να το συγκεντρώσουμε, να το συμπιέσουμε και να το πουλήσουμε για να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή

ανθρακούχων αναψυκτικών, για την δημιουργία και παραγωγή ξηρού πάγου ή σε πολλές άλλες διαφορετικές εφαρμογές.

- **Απόσταξη:** αφότου ολοκληρωθεί η αλκοολική ζύμωση το παραγόμενο μείγμα περιέχει στα συστατικά του αιθανόλη, ύδωρ και τέλος παραπροϊόντα και υπολείμματα της διαδικασίας. Πιο συγκεκριμένα τα υπολείμματα αποτελούνται από στέρεα κατάλοιπα των πρώτων υλών και κύτταρα του ζυμομύκητα που αποτελούν μη ζυμώσιμα προϊόντα. Ενώ τα παραπροϊόντα που παράγονται από την ζύμωση συνήθως είναι η ακεταλδεϋδη, ζυμέλαια και γλυκερίνη. Για τους παραπάνω λόγους θα πρέπει να διαχωρίσουμε την μαιθανόλη από τα υπόλοιπα συστατικά του μείγματος. Ο διαχωρισμός αυτός γίνεται μέσω της διαδικασίας της απόσταξης, ειδικότερα το σημείο βρασμού της μαιθανόλης είναι οι 78,3 °C. Με την θέρμανση του μείγματος επιτρέπεται ο διαχωρισμός της μαιθανόλης σε σχέση με τα υπόλοιπα συστατικά, παράλληλα η αιθανόλη είναι το πρώτο συστατικό του μείγματος που εξατμίζεται, απομονώνεται και συμπυκνώνεται. Επιπλέον το σύστημα απόσταξης αποτελείται από 3^{ης} συνήθως αποστακτικές στήλες. Το υγρό εισέρχεται και περνά αρχικά δια μέσου της 1^{ης} στήλης, έτσι επιτυγχάνεται η εξάτμιση της μαιθανόλης που όμως μαζί εξατμίζονται και μεταφέρονται υδρατμοί και άλλα πτητικά συστατικά όπως η αλδεϋδες, ενώ τα υπόλοιπα στερεά συστατικά και νερό κατευθύνονται στην βάση της στήλης και απομακρύνονται από αυτήν μέσω άντλησης. Από την κορφή της αρχικής στήλης η βιοαιθανόλη βρίσκεται σε συγκέντρωση από 40 έως 75% και κατόπιν κατευθύνεται στην δεύτερη στήλη όπου γίνεται η αφαίρεση πλεονάζοντος νερού φτάνοντας έτσι η αιθανόλη να έχει συγκέντρωση 95% κατά βάρος. Στην 3^η και τελευταία στήλη αυξάνεται κατά πολύ η συγκέντρωση της αιθανόλης η οποία παράλληλα διαχωρίζεται και καθαρίζεται από άχρηστα και ανεπιθύμητα συστατικά όπως και από ανεπιθύμητες ουσίες όπως τα ζυμέλαια που την συνοδεύουν μέχρι την συγκεκριμένη διαδικασία. Τέλος για να απομακρυνθεί όλη η ποσότητα νερού που έχει απομείνει στην αιθανόλη μέχρι τώρα το μίγμα εισέρχεται από τον μοριακό διαχωριστή που η δουλειά του είναι να παγιδεύει και να συγκρατεί την μαιθανόλη. Με την συγκεκριμένη διαδικασία επιτυγχάνεται να παράγεται καθαρή άνυδρη μαιθανόλη με συγκέντρωση έως 99,5%.

5.3. Τεχνολογικοί στόχοι στην παραγωγή βιοαιθανόλη

- Χρειάζεται να αναπτυχθούν ολοκληρωμένες διαδικασίες σε συνδυασμό πάντα με επιμέρους διεργασίες όπως η υδρόλυση, η ζύμωση και ο διαχωρισμός του προϊόντος.
- Είναι επιτακτική ανάγκη να μειωθεί η ενεργειακή κατανάλωση σε όλα τα στάδια παραγωγής όπως καλλιέργεια, συλλογή και μεταφορά της βιομάζας, ζύμωση, απόσταξη.
- Στην παραγωγή της βιοαιθανόλης θα πρέπει να δημιουργήσουμε βιοδιυλιστήριο με την παραγωγή πολλαπλών προϊόντων, εκτός της αιθανόλης, έχοντας πολλαπλά οφέλη όπως η οικονομική ανάπτυξη της μονάδας παραγωγής.

5.4. Προβλήματα στην παραγωγή βιοαιθανόλης

- Χρειάζεται να δοθούν κίνητρα στους γεωργούς για την καλλιέργεια φυτών που σχετίζονται με την παραγωγή βιοαιθανόλης. Το κύριο κίνητρο είναι η χρήση της συμβολαιακής γεωργίας.
- Λόγω της συνέχεις μείωσης της γεωργικής γης είναι ανάγκη να βρεθεί καλλιεργήσιμη έκταση.
- Θα πρέπει να επιλεχθεί χώρος για την εγκατάσταση και δημιουργία των μονάδων παραγωγής βιοαιθανόλης όπως και την αποθήκευσή της.
- Είναι απαραίτητο να γίνει θεσμοθέτηση ενός νομικού καθεστώτος τόσο για την παραγωγή όσο και για την κατανάλωση της βιοαιθανόλης.
- Αφότου δημιουργηθούν καινούργιες μονάδες παραγωγής χρησιμοποιούμε νέες ποιο αποτελεσματικές μεθόδους και παράλληλα ένα συγκεκριμένο νομικό πλαίσιο έτσι ώστε να παραχθεί καύσιμο με υψηλή ποιότητα.
- Πρέπει να δημιουργηθούν πρατήρια διανομής βιοαιθανόλης έτσι ώστε όλοι οι πολίτες να μπορούν να προμηθευτούν. Για αυτό το λόγο χρειάζεται ιδιόκτος σχεδιασμός για το που θα γίνεται η παραγωγή της βιοαιθανόλης και με ποιον τρόπο θα διανέμεται στα πρατήρια

5.5. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα βιοαιθανόλης

5.5.1. Πλεονεκτήματα βιοαιθανόλης

Τα κύρια πλεονεκτήματα βιοαιθανόλης είναι:

- Η βιοαιθανόλη μπορεί να παραχθεί από οποιοδήποτε φυτό περιέχει ζάχαρα και άμυλο, έτσι μπορεί να χρησιμοποιήσει μεγάλη πληθώρα φυτών.
- Η διαδικασία παραγωγής και παρασκευής είναι αρκετά φιλική προς το περιβάλλον σε σχέση με άλλα συμβατικά καύσιμα, παράλληλα διενεργούνται συνέχεις έρευνες και προσπάθειες για περεταίρω μείωση του αποτυπώματος άνθρακα.
- Κατά την διάρκεια της καύσης της η βιοαιθανόλη παράγει μόνο διοξείδιο του άνθρακα χωρίς παράλληλα να εκλύονται αλλά επιβλαβή παραπροϊόντα όπως γίνεται με άλλα καύσιμα.
- Έχει το πλεονεκτήματα να είναι βιοδιασπώμενο καύσιμο, έχοντας ως αποτέλεσμα αν υπάρξουν διαρροές να μην αποτελεί μολυσματικό παράγοντα για το περιβάλλον, όπως αντίθετα συμβαίνει με το πετρέλαιο. Ενώ παράλληλα αν τύχει η βιοαιθανόλη και εισέλθει στο νερό, θα αραιωθεί σε τόσο χαμηλή συγκέντρωση που δεν θα αποτελεί τοξική για τους ζωντανούς οργανισμούς.
- Είναι καύσιμο αρκετά μεγάλου αριθμού οκτανίων σε σχέση με την βενζίνη και παράλληλα περιέχει σε περιεκτικότητα οξυγόνο 35% κατά βάρος. Έχοντας έτσι ως αποτέλεσμα την αυτανάφλεξη καυσίμου της βιοαιθανόλης με πολύ αυξημένη συμπίεση σε σχέση με την κοινή βενζίνη επιτρέποντας έτσι στους συμβατικούς κινητήρες εσωτερικής καύσης να έχουν αρκετά μεγαλύτερη απόδοση και μεγαλύτερη ισχύει. Για αυτόν τον λόγο κρίνεται απαραίτητο η βιοαιθανόλη να χρησιμοποιηθεί ως πρόσθετο στην βενζίνη.
- Η παραγωγή της λόγω του ότι γίνεται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες, δεν παράγονται βλαβεροί ρίποι στην ατμόσφαιρα όπως το μονοξείδιο του άνθρακα, τα οξείδια του θείου και του αζώτου.
- Σύμφωνα με έρευνες έχει διαπιστωθεί ότι εάν η βιοαιθανόλη χρησιμοποιείται αυτούσια μειώνονται οι παραγόμενες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που εκλύονται στην ατμόσφαιρα κατά 86% σε σχέση με την βενζίνη.
- Οι καλλιέργειες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοαιθανόλης είναι πολύ περισσότερο αποδοτικότερες τόσο σε παραγόμενη πρώτη ύλη όσο και σε βιοκαύσιμο σε σχέση με τις αντίστοιχες καλλιέργειες που προορίζονται για την παραγωγή βιοντίζελ.
- Σε όλα τα στάδια της παραγωγής της βιοαιθανόλης απασχολούνται άτομα έχοντας ως αποτέλεσμα την δημιουργία καινούργιων θέσεων εργασίας, έχοντας ως αποτέλεσμα την οικονομική ευημερία και ανάπτυξη των περιοχών αυτών.

Παράλληλα θα μειωθεί η εξάρτηση της χώρας μας από αντίστοιχες άλλες πετρελαιοπαραγωγικές χώρες.

- Μέσω της παραγωγής της βιοαιθανόλης θα δημιουργηθούν νέες θέσεις εργασίας στον αγροτικό/πρωτογενή τομέα παραγωγής, με συνέπεια την αύξηση και μεταφορά του πληθυσμού στις γεωργικές περιοχές εκμεταλλευόμενοι έτσι αχρησιμοποίητα αγροτεμάχια.

5.5.2. Μειονεκτήματα βιοαιθανόλης

Τα κυριότερα μειονεκτήματα βιοαιθανόλης είναι:

- Τα κύρια φυτά παραγωγής της βιοαιθανόλης είναι το ζαχαροκάλαμο, η σόγια και ο αραβόσιτος, βασικά δηλαδή προϊόντα σε αρκετές περιοχές του κόσμου για ανθρώπινη κατανάλωση. Έτσι εξαιτίας του ανταγωνισμού ενδέχεται να αυξηθούν οι τιμές των τροφίμων και να μειωθούν οι ποσότητες των διαθέσιμων τροφίμων.
- Υπάρχει περίπτωση να αυξηθούν οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα εάν για τις συγκεκριμένες ενεργειακές καλλιέργειες για παραγωγή βιοκαυσίμων χρησιμοποιήσουμε αποψιλωμένες δασικές εκτάσεις λόγω της έλλειψης καλλιεργήσιμης γης. Επιπροσθέτως εάν δημιουργηθούν μεγάλης έκτασης εντατικές καλλιέργειες θα αυξηθούν κατά πολύ οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα με τις επακόλουθες αρνητικές συνέπειες.
- Η βενζίνη έχει πολύ μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση σε σχέση με την βιοαιθανόλη. Για παράδειγμα αν ένα όχημα χρησιμοποιεί βενζίνη ως καύσιμο θα χρησιμοποιήσει λιγότερα λίτρα για να κάνει μια συγκεκριμένη απόσταση σε σχέση με ένα άλλο αντίστοιχο όχημα που θα χρησιμοποιεί ως καύσιμο την βιοαιθανόλη.
- Η βιοαιθανόλη έχει την τάση να εξατμίζεται πολύ πιο εύκολα από την βενζίνη έχοντας ως αποτέλεσμα ένα μέρος της να χάνεται. (Agroenergy, 2021)

6. Βιοαέριο

6.1. Ορισμός

Βιοαέριο αναφέρεται συνήθως ένα μείγμα διαφορετικών αερίων που παράγονται μέσω της αποσύνθεσης διαφορετικής ύλης χωρίς την παρουσία οξυγόνου. Η κύριες πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται είναι ακατέργαστες και αποτελούν τα αγροτικά απόβλητα,

ζωικά απόβλητα (κοπριά), αστικά λύματα και απόβλητα, φυτική ύλη, απορρίμματα τροφίμων. Αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και σε πολλές περιπτώσεις έχει ελάχιστο αποτύπωμα άνθρακα έως και καθόλου. Το βιοαέριο παράγεται από αναερόβια ζύμωση με την παρουσία αναερόβιων βακτηρίων, ή μεικτή ζύμωση (αναερόβια και αερόβια ζύμωση παράλληλα). Η ζύμωση αυτή γίνεται μέσα σε ένα κλειστό σύστημα και ενδέχεται παράλληλα να μπορούμε να ελέγχουμε το σύστημα αυτό όπως υγρασία και θερμοκρασία. Το βιοαέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα, ενδέχεται όμως να υπάρχουν κάποιες μικρές ποσότητες από υδρόθειο, υδρατμούς, άζωτο, υδρογόνο και αμμωνία. Η ενέργεια που απελευθερώνεται μέσω της καύσης του βιοαερίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση κτηρίων, για μαγείρεμα και μετακίνηση των οχημάτων. Το βιοαέριο μπορεί να συμπιεστεί και να μετατραπεί σε υγρή μορφή λόγω της μεγάλης πίεσης, όπως γίνεται δηλαδή τόσο με το φυσικό αέριο όσο και με το υγραέριο (προπάνιο και βουτάνιο). Το βιοαέριο εφόσον έχει συμπιεστεί μπορεί να αντικαταστήσει το συμπιεσμένο φυσικό αέριο και να χρησιμοποιηθεί για καύση σε οχήματα. Εκτιμάται ότι στο Ηνωμένο Βασίλειο υπάρχει η δυνατότητα να αντικατασταθεί περίπου το 17% των καυσίμων των οχημάτων. Σε κάποιες χώρες πιστοποιείται ως ανανεώσιμο ενεργειακό υποκατάστατο φυσικού αερίου. Εφόσον το βιοαέριο << καθαριστεί >> και μετατραπεί σε βιομεθάνιο, τότε αποτελεί πρότυπο φυσικού αερίου.

6.2. Διαδικασία παραγωγής βιοαερίου

Τα στάδια παραγωγής είναι τα εξής:

1. Προκατεργασία βιομάζας

Ανάλογα με το είδος των πρώτων υλών η προκατεργασία μπορεί να περιλαμβάνει την αποθήκευση των αγροτικών αποβλήτων από την συλλογή έως την χρήση τους, την άλεση της φυτικής βιομάζας και των αποβλήτων των σφαγίων, την αποστείρωση των πρώτων υλών κατά την παραμονή σε θερμοκρασίες άνω των 70° C για το απαραίτητο χρονικό διάστημα έτσι ώστε να εξουδετερωθούν παθογόνοι μικροοργανισμοί που ενδέχεται να υπάρχουν κυρίως στα ζωικά απόβλητα. Τέλος στην προκατεργασία μπορούν να συμπεριληφθούν οι ρύθμιση του pH για την ομαλή ζύμωση, την ανάμειξη διαφόρων πρώτων υλών, την αραίωση ή την πύκνωση των στερεών και τέλος την προθέρμανση.

2. Δεξαμενή αναερόβιας χώνευσης

Στο συγκεκριμένο στάδιο διενεργείται η διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης σε συγκεκριμένη και επιλεγμένη θερμοκρασία για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα παραμονής της βιομάζας στην δεξαμενή. Η αναερόβια χώνευση είναι το σύνολο των βιοχημικών αντιδράσεων, που συντελούνται από κάποιους συγκεκριμένους μικροοργανισμούς οι οποίοι λειτουργούν με την απουσία του οξυγόνου. Μέσω των μικροοργανισμών αυτών τα πολύπλοκα οργανικά μόρια που βρίσκονται στην βιομάζα μετατρέπονται σε αντίστοιχα απλούστερα χημικά μόρια και πιο συγκεκριμένα σε οργανικά οξέα και τελικά σε μεθάνιο, διοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο, υδρόθειο και μονοξείδιο του άνθρακα. Η αναερόβια χώνευση είναι μια αρκετά σύνθετη βιοχημική διαδικασία που αποτελείται από διαδοχικά στάδια στα οποία συνήθως αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Κάθε διαδοχικό στάδιο διεξάγεται υπό την παρουσία μιας ομάδας διαφορετικών μικροοργανισμών κάθε φορά που αναπτύσσεται με διαφορετικό ρυθμό και εμφανίζει διαφορετικό ρυθμό ανεκτικότητας και βαθμό ευαισθησίας σε διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες όπως pH, πίεση και θερμοκρασία (Ostergaard S, Olsson L, Nielsen J., 2000). Συνοπτικά η συγκεκριμένη διεργασία αποτελείται από τα παρακάτω στάδια.

- **Αποσύνθεση** κατά την οποία η σύνθετη σωματιδιακή ύλη της βιομάζας αποσυντίθεται σε οργανικά πολυμερή τα οποία μπορεί να είναι υδατάνθρακες, πρωτεΐνες και λιπίδια.
- **Υδρόλυση** κατά την οποία τα οργανικά πολυμερή υδρολύονται, δηλαδή από πολυμερίζονται μέσω κάποιον εξωκυτταρικών ενζύμων τα αντίστοιχα μονομερή (σάκχαρα, αμινοξέα, λιπίδια), τα οποία προσλαμβάνονται από τους μικροοργανισμούς για να υποστούν παραπάνω αποδόμηση.
- **Οξεογένεση** στην συγκεκριμένη διαδικασία τα απλά μονομερή μετατρέπονται σε μείγμα αλκοολών, πτητικών λιπαρών οξέων (προπιονικό, βουτυρικό, βαλερικό και οξικό οξύ), διαφόρων απλούστερων οργανικών ενώσεων καθώς και αέρια όπως διοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο.
- **Οξικογένεση** είναι διαδικασία κατά την οποία τα κτητικά λιπαρά οξέα όπως το βαλερικό, βουτυρικό και προπιονικό οξύ και άλλα οργανικά μόρια παράγονται στο προηγούμενο στάδιο, μετασχηματίζονται από τα οξυκογονα βακτήρια σε οξικό οξύ υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα.
- **Μεθανογένεση** η παραγωγή του μεθανίου στο συγκεκριμένο στάδιο διενεργείται από 2 διαφορετικές ομάδες μικροοργανισμών.

1) οξυκοχρήστες μεθανογόνους που αναπτύσσονται με την παρουσία του οξικού οξέος και παράγουν περίπου το 70% της συνολικής ποσότητας του βιοαερίου και
2) τους υδρογονοχρήστες μεθανογόνους μικροοργανισμούς που καταναλώνουν διοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο παράλληλα και παράγουν το υπόλοιπο 30 % του βιοαερίου.

Το βιοαέριο που αποτελεί προϊόν της συγκεκριμένης διεργασίας αποτελείται κατά 98- 99% από διοξείδιο του άνθρακα και μεθάνιο και το υπόλοιπο 1- 2% από υδρόθειο αμμώνια και διοξείδιο του άνθρακα. Η αναλογία μεθανίου/ διοξειδίου του άνθρακα στο βιοαέριο από 1/1 έως 3/1, η αναλογία αυτή εξαρτάται από την πρώτη ύλη και από την προέλευση αυτής.

3. **Καθαρισμός και συλλογή βιοαερίου** εξυπηρετεί την εξισορρόπηση της παροχής στην μονάδα συμπαραγωγής (αν υπάρχει) και περιλαμβάνει σύστημα καταιονισμού με την παρουσία νερού για να γίνει απομάκρυνση του υδρόθειου της αμμωνίας.
4. **Μονάδα συμπαραγωγής (αν υπάρχει)** αποτελείται από μια συστοιχία κινητήρων εσωτερικής καύσης που χρησιμοποιούν ως καύσιμο το βιοαέριο, με σκοπό την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας τόσο για βιομηχανική, όσο και για οικιακή χρήση παράλληλα την ίδια μονάδα είναι απαραίτητο να περιλαμβάνονται μετασχηματιστές της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας συνδεδεμένη με το δίκτυο της περιοχής.
5. **Δεξαμενές ξήρανσης στερεών υπολειμμάτων** τα στέρεα υπολείμματα της αναερόβιας χώνευσης οδηγούνται σε δεξαμενές διαδοχικής ξήρανσης, από της οποίες μπορεί το υλικό να ληφθεί σε ρευστή μορφή και απευθείας κατιονισμό της καλλιέργειας είτε μπορεί να συσκευαστεί σε ξηρή μορφή και να χρησιμοποιηθεί και να διατεθεί στο εμπόριο ως επαγγελματικό λίπασμα.

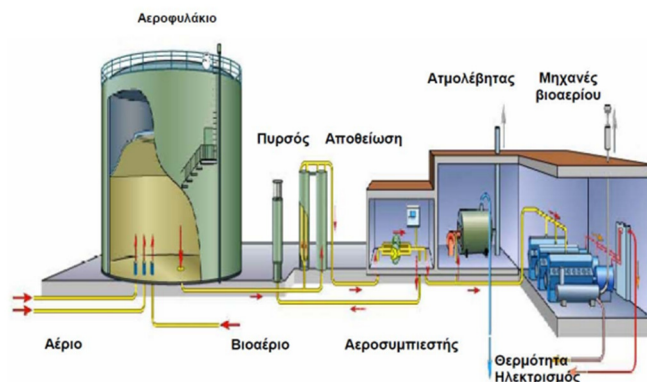
6.3. Χρήσεις βιοαερίου

Το βιοαέριο εφόσον συμπυκνωθεί και συμπιεστεί μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μεταφορές οχημάτων. Το συμπιεσμένο βιοαέριο χρησιμοποιείται κυρίως στην Σουηδία, στην Ελβετία και στην Γερμανία. Ποιο συγκεκριμένα στην Σουηδία από το 2005 λειτουργεί τρένο που ως καύσιμο του έχει το βιοαέριο, το όνομα του τρένου είναι (Biogastaget Amanda). Επιπρόσθετα το βιοαέριο χρησιμοποιείται για να τροφοδοτήσει αυτοκίνητα, ειδικότερα το 2007 λειτουργούσαν 12.000 οχήματα χρησιμοποιώντας αναβαθμισμένο βιοαέριο παγκόσμιος, και κυρίως το βιοαέριο μπορεί επίσης να εγχυθεί

στο δίκτυο, μεταφοράς αερίου. Έως ότου την ανακάλυψη συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού, τα 2/3 όλης της ενέργειας που παράγονταν από αναερόβια χώνεψη υποβαθμίζονταν και χανόταν με την μορφή θερμότητας. Χρησιμοποιώντας όμως το δίκτυο μεταφοράς αερίου στους καταναλωτές, ο ηλεκτρισμός και η θερμότητα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για επιτόπια παραγωγή, έχοντας ως αποτέλεσμα την μεγάλη μείωση των απωλειών στην μεταφορά ενέργειας. Ποιο συγκεκριμένα οι τυπικές απώλειες ενέργειας στα συστήματα μεταφοράς στο φυσικό αέριο ποικίλουν από 1 έως 2%, αντιθέτως οι τρέχουσες απώλειες ενέργειας σε μεγάλα ηλεκτρικά συστήματα κυμαίνονται από 5 έως 8%.

6.4. Οφέλη βιοαερίου

Στην βόρεια Αμερική η χρήση του βιοαερίου μπορεί να παράξει αρκετή ενέργεια έτσι ώστε να καλύψει μέχρι και το 3% της ηλεκτρικής ενέργειας (Εικόνα 6) που καταναλώνεται στην Ήπειρο. Επιπλέον το βιοαέριο μπορεί να βοηθήσει δυνητικά στην μείωση της κλιματικής αλλαγής που υφίσταται ο πλανήτης. Όταν η κοπριά αποθηκεύεται υπό αναερόβιες συνθήκες παράγονται ψηλά επίπεδα μεθανίου και παράλληλα αν εφαρμοστεί στο έδαφος, παράγεται ως παραπροϊόν της διεργασίας της απονίτρωσης οξείδιο του αζώτου (N₂O). Παράλληλα μετατρέποντας την κοπριά της αγελάδας σε μεθάνιο βιοαερίου μέσω αναερόβιας χώνεψης, μπορούν να παραχθούν μόνο στις ΗΠΑ 100 δισεκατομμύρια κιλοβατώρες (kWh) ηλεκτρισμού, λόγω της εκτροφής εκατομμυρίων βοοειδών. Ποιο συγκεκριμένα οι 100 δισεκατομμύρια κιλοβατώρες (kWh) μπορούν να δώσουν αρκετή ενέργεια έτσι ώστε να καλυφτούν ενεργειακά εκατομμύρια κατοικίες. Επιπλέον στην πραγματικότητα μια αγελάδα μπορεί ημερησίως να παράγει αρκετή κοπριά ούτος ώστε να παραχθούν 3 κιλοβατώρες (kWh) ηλεκτρισμού. Ένας ηλεκτρικός λαμπτήρας 100 Watt μπορεί σε μια μέρα χρήσης να καταναλώσει 2,4 κιλοβατώρες (kWh). Τέλος μετατρέποντας την κοπριά των βοοειδών σε βιοαέριο, μπορούν να μειωθούν τα αέρια που ευθύνονται για την υπερθέρμανση του πλανήτη κατά 99 εκατομμύρια μετρικούς τόνους ή το 4% του συνολικού ποσοστού που παράγει η ανθρωπότητα. Το ποσοστό αυτό μπορεί να είναι ελάχιστο, αλλά σίγουρα βοηθά στην μάχη ενάντια της κλιματικής αλλαγής.



Εικόνα 6: Αξιοποίηση βιοαερίου σε ηλεκτρική και θερμική ενέργεια

6.5. Προβλήματα βιοαερίου

Οι κίνδυνοι που ενέχει το βιοαέριο είναι παρόμοιοι με αυτούς του φυσικού αερίου, αλλά έχοντας ως πρόσθετο κίνδυνο την τοξικότητα λόγω της ύπαρξης του υδροθείου. Το βιοαέριο μπορεί να γίνει εκρηκτικό όταν αναμιχτεί με 8 έως 20 μέρη ατμοσφαιρικού αέρα. Επίσης όταν η δεξαμενή αποθήκευσης είναι ανοικτή για καθάρισμα ή εργασίες επισκευής και συντήρησης είναι απαραίτητο να αποφεύγονται οι γυμνές φλόγες, κάπνισμα και σπίθες. Όταν κάποιος εισέρθει σε έναν χωνευτήρα βιοαερίου, πρέπει να έχει πάντα κάποιο άλλο άτομο μαζί του σε περίπτωση που σταματήσει να αναπνέει λόγω της χαμηλής ποσότητας οξυγόνου. Είναι πολύ σημαντικό ένα σύστημα βιοαερίου να μην έχει ποτέ αρνητική πίεση διότι μπορεί να προκληθεί έκρηξη ή θανάτωση των βακτηρίων της ζύμωσης. Αρνητική πίεση βιοαερίου μπορεί να συμβεί εφόσον αφαιρεθεί ή διαρρεύσει υπερβολική ποσότητα αερίου. Για αυτό τον λόγο το βιοαέριο πρέπει να χρησιμοποιείται σε πιέσεις κάτω από μια στήλη 2,5cm νερού, μετρημένη με πιεσόμετρο. Συχνά χρειάζεται να διενεργούνται οι απαραίτητοι μικροί έλεγχοι διαρροής προκειμένου να διαπιστώσουμε τυχόν διαρροές. Η διαρροή του βιοαερίου έχει χαρακτηριστική μυρωδιά υδρόθειου (μυρωδιά σάπιου αυγού), επομένως αν διαπιστωθεί διαρροή βιοαερίου πρέπει αμέσως να ανοιχτούν πόρτες και παράθυρα. Τέλος αν υπάρξει φωτιά πρέπει να διακόψουμε την παροχή του αερίου (Petersson A., Wellinger A, 2009).

6.6. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα βιοαερίου

6.6.1. Πλεονεκτήματα βιοαερίου

Η παραγωγή και χρήση του βιοαερίου, μέσω της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης, παρέχει πολλά κοινωνικοοικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη για όλο το σύνολο του πληθυσμού και ιδιαιτέρως για τους εμπλεκόμενους της διεργασίας παραγωγούς και εργαζομένους. Ολόκληρη η αλυσίδα της παραγωγής του βιοαερίου ενισχύει την τοπική οικονομία, προστατεύει τις θέσεις εργασίας στις αγροτικές περιοχές, αυξάνεται η αγοραστική δύναμη των περιφερειακών περιοχών, βελτιώνεται το βιοτικό επίπεδο και αναπτύσσονται κοινωνικά και οικονομικά αυτές οι περιοχές που ασχολούνται με όλη την παραγωγική διαδικασία του βιοαερίου.

➤ **Οφέλη για την κοινωνία**

• **Αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας**

Η παγκόσμια ενεργειακή τροφοδοσία στις μέρες μας εξαρτάται κυρίως από ορυκτές πηγές ενέργειας όπως το ακατέργαστο πετρέλαιο, ο λιγνίτης και το φυσικό αέριο. Σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα, το βιοαέριο από την αναερόβια ζύμωση είναι μόνιμα ανανεώσιμη πηγή ενέργειας καθώς παράγεται από βιομάζα.

• **Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και μείωση της τάσης της παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας.**

Η χρήση των ορυκτών καυσίμων μετατρέπει τον άνθρακα που είναι αποθηκευμένος κάτω από την επιφάνεια της γης και μέσω της καύσης απελευθερώνεται ως διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα η αύξηση της υφιστάμενης συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα προκαλεί παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου. Παράλληλα η καύση του βιοαερίου απελευθερώνει το διοξείδιο του άνθρακα αλλά η κυρία διαφορά του όταν συγκρίνεται με τα ορυκτά καύσιμα, είναι ότι ο άνθρακας που περιέχεται στο βιοαέριο ελήφθη από την ατμόσφαιρα από την φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φυτών. Η παραγωγή βιοαερίου μέσω της αναερόβιας χώνευσης μειώνει επίσης της εκπομπές του μεθανίου και του νιτρώδους οξειδίου μέσω της αποθήκευσης και της χρήσης των ζωικών περιττωμάτων ως λίπασμα.

• **Μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα**

Τα ορυκτά καύσιμα είναι περιορισμένα σε ποσότητα και συγκεντρώνονται σε πολύ λίγες γεωγραφικές περιοχές του πλανήτη. Για αυτό το λόγο θα πρέπει να αναπτυχθούν

και να υλοποιηθούν συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως είναι το βιοαέριο, στηριζόμενη σε εθνικούς και περιφερειακούς πόρους, αυξάνοντας έτσι την αειφορία και την ασφάλεια του εθνικού ενεργειακού εφοδιασμού μειώνοντας έτσι την εξάρτηση από τις εισαγωγές ενέργειας.

- **Συμβολή των στόχων της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ενέργεια και την προστασία του περιβάλλοντος**

Οι ευρωπαϊκοί στόχοι της ανανεώσιμης ενεργειακής παραγωγής, της μείωσης των εκπομπών των αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου και της αειφόρου διαχείρισης των αποβλήτων είναι βασισμένη στην αποδοχή εκ μέρους των χωρών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης να εφαρμόσουν τα κατάλληλα μέτρα για να φτάσουν σε αυτούς. Η παραγωγή και η χρήση του βιοαερίου παρέχει την δυνατότητα συμμόρφωσης και τήρησης των 3^ο αυτών στόχων συγχρόνως.

- **Μείωση των αποβλήτων**

Ένα από τα κύρια μειονεκτήματα της παραγωγής βιοαερίου είναι η δυνατότητα μετασχηματισμού και μετατροπής των αποβλήτων σε ενέργεια. Πολλές Ευρωπαϊκές χώρες αντιμετωπίζουν τεράστια προβλήματα που σχετίζονται με την υπερπαραγωγή οργανικών αποβλήτων που προέρχονται από την βιομηχανία, την γεωργία και τα νοικοκυριά. Συνεπώς η παραγωγή βιοαερίου είναι ένας άριστος τρόπος συμμόρφωσης με τους όλο και περισσότερο Εθνικούς και Ευρωπαϊκούς κανονισμούς σε μια περιοχή και παράλληλα γίνεται χρήση οργανικών αποβλήτων για την παραγωγή ενέργειας ακολουθούμενης παράλληλα από την ανακύκλωση των ιζημάτων από την ανακύκλωση.

- **Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας**

Η παραγωγή βιοαερίου απασχολεί εργατικό δυναμικό σε όλα τα στάδια της παραγωγής, της συλλογής, μεταφοράς της πρώτης ύλης, κατασκευή του τεχνικού εξοπλισμού, την κατασκευή, την λειτουργία και συντήρηση των μονάδων παραγωγής του βιοαερίου. Αυτό σημαίνει ότι η ανάπτυξη ενός εθνικού τομέα βιοαερίου συμβάλει στην δημιουργία νέων επιχειρήσεων, κάποιον με σημαντικό οικονομικό δυναμικό, αυξάνει το εισόδημα στις αγροτικές περιοχές και δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας.

- **Ευέλικτη και αποδοτική θετική χρήση του βιοαερίου**

Το βιοαέριο είναι ένας ευέλικτος ενεργειακός φορέας κατάλληλος για πολλές διαφορετικές εφαρμογές και χρήσεις. Ποιο συγκεκριμένα το βιοαέριο χρησιμοποιείται βιομηχανικά για την συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας ή αναβαθμίζεται και τροφοδοτείται στα δίκτυα φυσικού αερίου, αλλιώς χρησιμοποιείται ως καύσιμο οχημάτων ή σε κυψέλες καυσίμου. Παράλληλα μπορεί να χρησιμοποιηθεί οικιακά για θέρμανση και μαγείρεμα.

- **Οφέλη για τους αγρότες**

- **Εναλλακτικό εισόδημα για τους αγρότες και τους κτηνοτρόφους**

Η παραγωγή της πρώτης ύλης για την λειτουργία των εγκαταστάσεων παραγωγής βιοαερίου καθιστά στις τεχνολογίες αυτές οικονομικά ελκυστικές για τους παραγωγούς και συμβάλει την αύξηση του εισοδήματός τους. Επιπρόσθετα οι αγρότες αποκτά τους μια νέα και σημαντική κοινωνική λειτουργία τόσο ως προμηθευτές ενέργειας όσο και χειριστές της επεξεργασίας των αποβλήτων.

- **Χρήση των ιζημάτων ως λίπασμα**

Η χωνευμένη πρώτη ύλη που παράγεται μετά το τέλος της επεξεργασίας της βιομάζας, το ονομαζόμενο κομπόστ είναι ένα πολύτιμο εδαφοβελτιωτικό, πλούσιο σε άζωτο, φώσφορο, κάλιο και πλούσιο σε μικροοργανισμούς που βοηθούν στην γονιμότητα του εδάφους. Το συγκεκριμένο προϊόν μπορεί να εφαρμοστεί στο έδαφος, με τον συνηθισμένο εξοπλισμό εφαρμογής υγρών λιπασμάτων. Σε σχέση με το ακατέργαστο ζωικό λίπασμα (κοπριά), το κομπόστ έχει βελτιωμένη αποδοτικότητα λίπανσης λόγω της ομοιογένειας και της υψηλότερης διαθεσιμότητας θρεπτικών συστατικών, την καλύτερη αναλογία άνθρακα/ αζώτου και την σχεδόν μηδενική ύπαρξη οσμών.

- **Κλειστός κύκλος θρεπτικών συστατικών**

Από την παραγωγή της πρώτης ύλης έως την εφαρμογή του κομπόστ ως λίπασμα, το βιοαέριο που προέρχεται από την αναερόβια χώνευση παρέχει ένα κλειστό κύκλο θρεπτικών συστατικών και άνθρακα. Το μεθάνιο χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας μέσω της καύσης το διοξείδιο του άνθρακα απελευθερώνεται στην

ατμόσφαιρα και ξαναδεσμεύεται από την βλάστηση μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης. Μερικές ενώσεις άνθρακα παραμένουν μέσα στο κομπόστ, βελτιώνοντας έτσι την περιεκτικότητα σε άνθρακα των εδαφών, όταν αυτό εφαρμόζεται ως λίπασμα, συνεπώς η παραγωγή βιοαερίου μπορεί να ενσωματωθεί τέλεια τόσο στην συμβατική όσο και στην οργανική γεωργία, όπου το κομπόστ αντικαθιστά τα λιπάσματα, τα οποία παράγονται μέσω κατανάλωσης μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας που παράγεται από ορυκτά καύσιμα.

- **Ευελιξία χρήσης διαφορετικών πρώτων υλών**

Πολλοί διαφορετικοί τύποι πρώτης ύλης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή του βιοαερίου όπως ζωικά περιττώματα, υπολείμματα καλλιεργειών, οργανικά απόβλητα από την γαλακτοκομική παραγωγή της βιομηχανίας τροφίμων και της αγροτοβιομηχανικές, οργανικό μέρος στερεών και υγρών αποβλήτων, απόβλητα από νοικοκυριά και επιχειρήσεις εστίασης και ενεργειακές καλλιέργειες. Επιπρόσθετα το βιοαέριο μπορεί επίσης να παραχθεί και να συλλεχτεί μέσω ιδικών εγκαταστάσεων από τις χωματερές.

- **Μειωμένες οσμές και έντομα**

Η αποθήκευση και η χρήση οργανικών λιπασμάτων όπως η ζωική κοπριά και πολλά αλλά οργανικά απόβλητα που χρησιμοποιούνται στην λίπανση των φυτών αποτελούν πηγή επίμονων και δυσάρεστων οσμών καθώς και προσέλκυσης επικίνδυνων για την υγεία εντόμων όπως οι μύγες, οι ψήλοι και άλλα. Αντιθέτως η αναερόβια χώνευση μειώνει τις συγκεκριμένες οσμές κατά 80% και παράλληλα μειώνονται και τα έντομα που σχετίζονται με αυτές. Το κομπόστ είναι σχεδόν άοσμο και οι παραγόμενες αναθυμιάσεις αμμωνίας εξαφανίζονται λίγες ώρες μετά την εφαρμογή του στο έδαφος.

6.6.2. Μειονεκτήματα βιοαερίου

Τα κυριότερα μειονεκτήματα από την παραγωγή και χρήση του βιοαερίου είναι

- **Μικρή τεχνολογική πρόοδος**

Πρώτα από όλα λόγω του ότι υπάρχει μικρή τεχνολογική πρόοδος για την δημιουργία του βιοαερίου, η παραγωγική της διαδικασία δεν είναι τόσο αποτελεσματική όσο θα

περιμέναμε. Ποιο συγκεκριμένα χρειάζεται η υπάρχουσα τεχνολογία να αντικατασταθεί με νέα έτσι ώστε να απλοποιηθεί όλη η διαδικασία παραγωγής και παράλληλα να καταστεί ποιο προσιτή. Παρόλο που το βιοαέριο μπορεί να λύσει τα ενεργειακά ζητήματα που αντιμετωπίζουν οι περισσότερες χώρες του πλανήτη, υπάρχουν ελάχιστοι επενδυτές πρόθυμοι ώστε να βάλουν αρχικό κεφάλαιο.

- **Περιέχει ξένες ουσίες**

Το βιοαέριο περιέχει αρκετές ακαθαρσίες/ παραπροϊόντα που είναι άχρηστα και δεν βοηθούν την καύση του, για αυτό δεν χρειάζεται να τεθούν διαδικασίες διύλισης. Παράλληλα όταν χρησιμοποιείται ως συμπιεσμένο καύσιμο σε κινητήρες εσωτερικής καύσης μπορεί να γίνει διαβρωτικό για τα μεταλλικά μέρη του κινητήρα.

- **Το βιοαέριο είναι ασταθές εύφλεκτο**

Το βιοαέριο προς το παρόν αποτελεί ένα μη βιώσιμο βιοκαύσιμο διότι είναι επιρρεπές σε έκρηξη αν το μεθάνιο έρθει σε επαφή με το οξυγόνο. Επίσης αν το μεθάνιο διαφύγει στην ατμόσφαιρα αποτελεί ένα από τα αέρια του θερμοκηπίου διότι είναι 6 φορές πιο δραστικό από το διοξείδιο του άνθρακα.

- **Δεν είναι οικονομικά ελκυστικό**

Η χρήση του βιοαερίου σε μεγάλη κλίμακα δεν είναι οικονομικά βιώσιμη διότι ακόμα δεν έχει αναπτυχθεί αποτελεσματικά η τεχνολογία τόσο της παραγωγής και της αποθήκευσης του βιοαερίου όσο και η τεχνολογία κατανάλωσης και καύσης του με αποτέλεσμα να μην υπάρχει η αναμενόμενη απόδοση και αποτελεσματικότητα.

Παρόλα τα μειονεκτήματα που παρουσιάζονται μέχρι και σήμερα για το βιοαέριο αρκετές χώρες έχουν αρχίσει την ζήτηση και την χρήση του στην καθημερινή τους ζωή. Τα μέσα μαζικής μεταφοράς έχουν διαμορφωθεί έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιούν το βιοαέριο ως καύσιμο. Η μελλοντική χρήση του βιοαερίου είναι αρκετά σαφής, ακόμη και με τα προβλήματα που αντιμετωπίζει αυτή σήμερα. Παγκόσμια Ένωση Βιοενεργείας έχει κάνει διαθέσιμο ένα έγγραφο που συζητούσε την τρέχουσα παγκόσμια παροχή βιοαερίου όπως και το δυναμικό για διάφορες χρήσεις του συμπεριλαμβανόμενου της ηλεκτρικής ενέργειας, της θερμότητας των μεταφορών. Το συγκεκριμένο έγγραφο αναφέρει την δημιουργία αναπτυξιακού σχεδίου με στόχο την χρήση βιοαερίου τουλάχιστον το 30% των ορυκτών καυσίμων έως το έτος 2030.

7. Πέλλετ ξύλου

7.1. Ορισμός

Τα πέλλετ ή συσσωματώματα ξύλου είναι στερεά βιοκαύσιμα οικολογικά και φιλικά προς το περιβάλλον και προέρχονται είτε από καθαρό ξύλο είτε από βιομάζα (Εικόνα 7) . Παράγονται κυρίως από πριονίδι ή από υπολείμματα κατεργασίας ξύλου όπως ξυλοτεμαχίδια, ξυλόσκονη και άλλα. Συχνά πέλλετ μπορούν να κατασκευαστούν και από εναλλακτικές πρώτες ύλες βιομάζας όπως είναι το πυρηνόξυλο, τα υπολείμματα των κλαδεμάτων των δέντρων όπως της ελιάς, των οπωροφόρων και τέλος υπολείμματα αγροτικών καλλιεργειών.



Εικόνα 7: Παραγωγή πέλλετ

7.2. Στάδια παραγωγής των πέλλετ

Τα στάδια παραγωγής των πέλλετ είναι 7 και ποιο συγκεκριμένα είναι τα εξής:

1. Αποθήκευση των πρώτων υλών

Ένα καλό σύστημα αποθήκευσης των πρώτων υλών είναι απαραίτητο για την διατήρηση της βιομάζας μακριά από ξένες ουσίες, ακαθαρσίες άλλα και την προστασία της από την βροχή, η οποία μπορεί να αυξήσει την περιεχόμενη υγρασία της βιομάζας σε τόσο μεγάλο βαθμό έτσι ώστε να είναι ασύμφορη η ξήρανση της τόσο οικονομικά όσο και ενεργειακά και άρα η χρήση της στην παραγωγική διαδικασία. Πολλές φορές η τροφοδοσία της πρώτης ύλης από τον χώρο αποθήκευσης προς τον χώρο της

παραγωγής προτιμάται να γίνεται αυτοματοποιημένα, δηλαδή μέσω μεταφορικής ταινίας ή κοχλία και γίνεται λόγω της συρρίκνωσης του εργατικού κόστους.

2. Καθαρισμός των πρώτων υλών από προσμίξεις

Το συγκεκριμένο στάδιο είναι βασικό κυρίως στις περιπτώσεις όπου χρησιμοποιείται κυρίως ανακυκλωμένη ή ακατέργαστη ξυλεία όπως οι παλέτες ως πρώτη ύλη. Έτσι πολλές μονάδες χρησιμοποιούν μηχανισμούς διαχωρισμού της ξυλείας από αδρανή υλικά όπως τα μεταλλικά αντικείμενα που αποτελούν τα καρφιά και πρόκες μέσω μαγνητικών διαχωριστήρων για την δέσμευση αυτών και άλλων μεταλλικών αντικειμένων. Η παρουσία ακόμα απειροελάχιστων ποσοτήτων τέτοιων προσμίξεων στο τελικό προϊόν υποβαθμίζουν πολύ την ποιότητα των πέλλετ ενώ μπορούν να προκληθούν πολύ σοβαρές ζημίες και φθορές στον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται στην παραγωγική διαδικασία όπως είναι ο σφυρόμυλος και η πρέσα.

3. Ξήρανση βιομάζας

Η πλειοψηφία των χρησιμοποιούμενων υλικών για την παραγωγή των πέλλετ απαιτεί ξήρανση έτσι ώστε να παραχθεί ικανοποιητική ποιότητα προϊόντος. Τα προϊόντα τα οποία συλλέγονται ξερά όπως το άχυρο είναι ελάχιστα και μπορούν να παρακάμψουν αυτό το στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας. Ένα ικανοποιητικό ποσοστό της υγρασίας της βιομάζας μετά την ξήρανση θα πρέπει να βρίσκεται σε ένα ποσοστό από 10 έως 15%. Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενη ξηραντήρες βιομάζας είναι ως επί τον πλείστον τύπου περιστρεφόμενου τυμπάνου (drum dryers) ωστόσο αρκετές φορές χρησιμοποιούνται και ξηραντήρες ζώνης (belt dryers). Το κάυσιμο που χρησιμοποιείται για την ξήρανση είτε είναι φυσικό αέριο, είτε είναι μέρος της ίδιας της βιομάζας που χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη. Συνήθως προτιμάται να χρησιμοποιείται η δεύτερη επιλογή για περιβαλλοντικούς, τεχνικούς και οικονομικούς λόγους. Το συγκεκριμένο στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας αποτελεί το πιο ενεργοβόρο και κοστοβόρο ενώ παράλληλα συνεισφέρει στο μέγιστο βαθμό στα λειτουργικά έξοδα της μονάδας. Ως συνέπεια των παραπάνω, η πλειοψηφία των ερευνητικών προσπαθειών και καινοτομιών στην παραγωγή των πέλλετ εντοπίζεται στην διαδικασία επιτυχούς ξήρανσης της πρώτης ύλης.

4. Τεμαχισμός/άλεση βιομάζας

Πριν την εισαγωγή της βιομάζας στην πρέσα πελλετοποίησης, είναι απαραίτητο η ίδια η βιομάζα να έχει ομογενοποιηθεί κατάλληλα και να υπάρχει η ίδια κοκκομετρία σε όλο τον όγκο της πρώτης ύλης. Τα χαρακτηριστικά αυτά επιτυγχάνονται μέσω της χρήσης διαφόρων ειδών μηχανημάτων τεμαχισμού και άλεσης της πρώτης ύλης, όπως είναι οι σφυρόμυλοι. Το μέγεθος της τεμαχισμένης βιομάζας που πρόκειται να εισαχθεί στην πρέσα δεν είναι τυχαίο, τα σωματίδια πρέπει να μην είναι αρκετά μεγάλα ως προς την κοκκομετρία τους διότι υπάρχει κίνδυνος να εισέρθουν μέσω των οπών του καλουπιού της πρέσας. Από την άλλη εάν η κοκκομετρία είναι πολύ μικρή υπάρχει αρκετά μειωμένη απόδοση μετατροπής της βιομάζας σε πέλλετς, διότι είναι αρκετά πιο δύσκολη η συσσωμάτωση των σωματιδίων. Αφού έχουν αποκτηθεί οι απαραίτητες ιδιότητες που χρειάζεται η βιομάζα όσον αφορά την καθαρότητα της, την υγρασία της και τις διαστάσεις της, γίνεται η εισαγωγή της στον βασικό εξοπλισμό διαμόρφωσης και παραγωγής των πέλλετ δηλαδή η πρέσα πέλλετ.

5. Πελλετοποίηση

Τα πέλλετς παράγονται από την συμπίεση της κοκκοποιημένης βιομάζας μέσω ειδικής πρέσας από τις τρύπες ανοξείδωτου καλουπιού με το οποίο είναι εξοπλισμένη και το οποίο δίνει στα πέλλετς την χαρακτηριστική κυλινδρική μορφή τους. Η δυναμικότητα της κάθε πρέσας πέλλετ κυμαίνεται από μερικές δεκάδες κιλά έως μερικές δεκάδες τόνους/ ώρα. Αντίστοιχα μεγάλη διακύμανση εμφανίζεται και στην απόδοση των διαφόρων τύπων πρέσας. Η εφαρμογή υψηλών πιέσεων και την εισερχόμενη κοκκοποιημένη βιομάζα εξαναγκάζει το υλικό να κινηθεί μέσα από τις οπές κυκλικού καλουπιού, με την διάμετρο των συγκεκριμένων οπών να καθορίζουν τελικά την διάμετρο των παραγόμενων πέλλετ. Καθώς αυξάνεται η πίεση που ασκείται, αυξάνεται παράλληλα και η τριβή μεταξύ των κόκκων της βιομάζας έχοντας ως συνέπεια την άνοδο της θερμοκρασίας. Οι υψηλές θερμοκρασίες κάνουν την λιγνίνη η οποία είναι μια από τις βασικές ενώσεις της βιομάζας εύπλαστη (μαλακή), δρώντας έτσι ως συγκολλητικό υλικό μεταξύ των σωματιδίων της βιομάζας. Οι οπές τις οποίες διαθέτει το καλούπι θα πρέπει να είναι σχεδιασμένες έτσι ώστε για να παραχθεί ένα υψηλής ποιότητας προϊόν θα πρέπει να υπάρχουν οι επιθυμητές πιέσεις άρα και θερμοκρασίες. Σε περίπτωση που οι οπές είναι μεγαλύτερες από το επιθυμητό μέγεθος, τότε το υλικό διαφεύγει ευκολότερα έχοντας ως συνέπεια να μην αναπτυχθούν οι απαραίτητες πιέσεις

και θερμοκρασίες σχηματίζοντας έτσι πρώτη ύλη ένα συμπαγές προϊόν δίχως θρύμματα. Παράλληλα η ύπαρξη πολύ μικρών οπών στα καλούπια συνεπάγεται στην αύξηση της θερμοκρασίας του προϊόντος και έτσι μερική πυρόλυση (ατελή καύση) ορισμένων σωματιδίων έχοντας ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητας του τελικού προϊόντος. Στο συγκεκριμένο στάδιο μπορούν να χρησιμοποιηθούν κάποιες πρόσθετες ενώσεις και ουσίες (όπως το άμυλο) που αυξάνουν την συνεκτικότητα του πέλλετ. Με κατάλληλο σχεδιασμό του καλουπιού της πρέσας και προσεκτικό έλεγχο ολόκληρης της διαδικασίας, τα πέλλετ εξέρχονται από την πρέσα με υγρασία μικρότερη από 10%, πυκνότητα μεγαλύτερη από 600 kg/m³ και θερμογόνο δύναμη να υπερβαίνει τις 4,7kWh/ kg.

6. Ψύξη και κοσκίνισμα των πέλλετς

Τα πέλλετς όταν εξέρχονται από την πρέσα είναι πολύ μαλακά και θερμά (70- 90 °C) για να μπορέσουν να αποθηκευτούν και να συσκευαστούν ως έχουν. Κατά συνέπεια αφήνονται ώστε να κατέβει η θερμοκρασία τους και να ψυχθούν μέσω του ατμοσφαιρικού αέρα πάνω στην ταινία μεταφοράς. Ως συνέπεια υπάρχει η σταθεροποίηση της λιγνίνης που αποτελεί συγκολλητικό υλικό των ινών της κυτταρίνης. Αφότου τα πέλλετ ψυχθούν και αποκτήσουν την επιθυμητή σκληρότητα, διέρχονται μέσω ειδικών κοσκίνων και κατόπιν από σκόνες, θρύμματα. Χρειάζεται να σημειωθεί ότι η παρουσία θρυμμάτων στο τελικό προϊόν, υπάρχει περίπτωση να θέσει εκτός προδιαγραφών το τελικό προϊόν με αποτέλεσμα να δυσχεραίνεται η απορρόφηση του από την αγορά. Τα παραγόμενα θρύμματα ανακυκλώνονται έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί κάθε παραμικρή απώλεια βιομάζας και να αυξηθεί η συνολική απόδοση της διεργασίας αυτής.

7. Αποθήκευση των πέλλετς

Καθώς τα πέλλετς αποτελούν καύσιμο υψηλής ποιότητας, οι συνθήκες αποθήκευσης του είναι απαραίτητο να διασφαλίζουν και να διατηρούν την αρχική ποιότητα. Εφόσον το τελικό προϊόν χρησιμοποιείται οικιακά υποθηκεύεται σε σακούλες σταθερού βάρους από όπου και προστατεύεται από ξένες ύλες που υπάρχουν στον περιβάλλοντα χώρο, όπως σκόνη και έντομα και τέλος από την υγρασία. Αντιθέτως σε περίπτωση που τα πέλλετς χρησιμοποιηθούν στην βιομηχανία τότε είναι απαραίτητο να αποθηκευτούν χύδην σε κοντέινερ ή σε σιλό. Χρειάζεται να αναφερθεί ότι για όλα τα παραπάνω

στάδια της παραγωγής των πέλλετς πρέπει να καταναλωθεί σημαντικό ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας, παρόλα αυτά υπολογίζεται ότι οι ενεργειακές απαιτήσεις για την παραγωγή του τελικού προϊόντος αντιστοιχούν σε λιγότερο από 22% του ενεργειακού του περιεχομένου, με αποτέλεσμα τα πέλλετς να έχουν θετικό ενεργειακό πρόσημο. (Energy Press, 2021)

7.3. Χρήσεις των πέλλετς

- Τα πέλλετς χρησιμοποιούνται ευρέως ως καύσιμο σε βιομηχανικούς λέβητες και αποτελεί υποκατάστατο του φυσικού αερίου, του πετρελαίου και του λιγνίτη καθιστώντας το έτσι φιλικό προς το περιβάλλον. Τα κλασικά ορυκτά καύσιμα είναι δαπανηρά και προκαλούν αρκετά μεγάλη ρύπανση σε σχέση με τα πέλλετς. Αντίθετα τα πέλλετς δεν περιέχουν μεγάλη ποσότητα αζώτου ή θείου και παράλληλα έχουν αρνητικό αποτύπωμα άνθρακα.
- Τα πέλλετς χρησιμοποιούνται σε αρκετές χώρες ως καύσιμο για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας, αυτό γίνεται διότι το συγκεκριμένο καύσιμο εξασφαλίζει υψηλή απόδοση θερμότητας και εξαιρετικά χαμηλές εκπομπές βλαβερών ρύπων. Αρκετές χώρες εφαρμόζουν πολιτικές προώθησης της παραγωγής ενέργειας από την χρήση βιομάζας.
- Οι κυριότερες χρήσεις των πέλλετς στο εξωτερικό είναι τόσο για χρήση στο λέβητα κεντρικής θέρμανσης όσο και σε οικιακούς φούρνους και μπάρμπεκιου που χρησιμοποιούν το χρησιμοποιούν ως καύσιμη ύλη.

7.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των πέλλετς

7.4.1. Πλεονεκτήματα των πέλλετς

Τα πέλλετς έχουν αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλα στερεά καύσιμα όπως τα ξύλα. Για παράδειγμα αποθηκεύονται πιο εύκολα σε σχέση με τον πυρήνα της ελιάς και τα ξύλα, είναι φθηνότερα ανά κιλό βάρους σε σχέση με τα άλλα καύσιμα. Τέλος είναι φιλικά προς το περιβάλλον μιας και δεν παράγονται ρύποι κατά την καύση τους.

- Τα πέλλετς έχουν ένα κυριότερο πλεονέκτημα σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα, δηλαδή παράγονται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες και έτσι για την παραγωγή του καταναλώνονται ελάχιστη ενέργεια και πόροι.

- Όλες οι χώρες θα πρέπει να επενδύσουν στην παραγωγή και την χρήση των πέλλετς, έτσι οι χώρες αυτές θα γίνουν ανεξάρτητες από τις πετρελαιοπαραγωγικές χώρες και παράλληλα θα μειωθεί ο κίνδυνος της έλλειψης καυσίμων λόγω της αύξησης των τιμών και άλλων κινδύνων που χαρακτηρίζουν την έλλειψη των ορυκτών καυσίμων.
- Το συγκεκριμένο καύσιμο είναι ποιο αποδοτικό τόσο σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα όσο και με τα βιοκαύσιμα. Τα πέλλετ κοστίζουν την μισή τιμή σε σχέση με το συμβατικό πετρέλαιο ή το φυσικό αέριο, έτσι μπορούν να εξοικονομηθούν αρκετά χρήματα. Επίσης ένας σημαντικός παράγοντας τόσο για την οικονομία όσο και για την απόδοση των πέλλετ είναι οι εξαιρετικά αποδοτικοί λέβητες και σόμπες πέλλετ, καθώς μετατρέπουν πάνω από το 90% της περιεχόμενης ενέργειας που βρίσκεται στο καύσιμο σε θερμότητα.
- Οι λέβητες κεντρικής θέρμανσης είναι γνωστοί τόσο για την πολύ εύκολη λειτουργία τους όσο και για την καθαριότητα τους. Το ίδιο το καύσιμο παραδίδεται με φορητό σιλό, έπειτα μεταφέρεται αυτόματα από την αποθήκη στον λέβητα. Η ανάφλεξη, ο καθαρισμός του λέβητα και η αποξήρανση γίνεται μέσω ενός πλήρους αυτοματοποιημένου συστήματος. Ο χρήστης μένει μόνο να αδειάζει το δοχείο της τέφρας 1-2 φορές σε κάθε περίοδο θέρμανσης, επιπρόσθετα οι σόμπες έχουν την ιδιαιτερότητα ότι αφού προμηθευτούν το καύσιμο παρέχεται αυτόματα σταθερή θέρμανση για 2-3 ημέρες.
- Τα πέλλετς είναι φιλικά προς το περιβάλλον δεδομένου ότι η βιομάζα από όπου προέρχονται απελευθερώνει την ίδια ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα με αυτήν που είχε δεσμεύσει κατά την διάρκεια της φωτοσύνθεσης, έτσι το συγκεκριμένο καύσιμο δεν προσβάλλει την συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, ακόμα και αν λάβουμε υπόψη ότι με την παραγωγή και την μεταφορά των πέλλετς χρησιμοποιούνται ορυκτά καύσιμα, το αποτέλεσμα είναι η μείωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα να είναι άνω του 95% σε σύγκριση με τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα.
- Η χρήση των πέλλετς δεν προσφέρει μόνο οικονομικά και περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα, αλλά βοηθά και στην οικονομική ενίσχυση των εταιριών και επιχειρήσεων που βρίσκονται στην τοπική κοινωνία και ασχολούνται με την παραγωγή των, την κατασκευή, την εγκατάσταση και την συντήρηση καυστήρων πέλλετ. Μελέτη που έγινε το 2011 στην Αυστρία απέδειξε ότι η χρήση της

συγκεκριμένης καύσιμης ύλης ανήλθε τα 1,4 εκ. ευρώ και παράλληλα εξασφαλίστηκαν περίπου 14.000 θέσεις εργασίας.

7.4.2. Μειονεκτήματα των πέλλετς

- Πολλές φορές η ποιότητα των πέλλετς από την μια παρτίδα στην άλλη διαφέρει με αποτέλεσμα η καύση να μην είναι το ίδιο αποτελεσματική και διαφορετική κάθε φορά. Αντιθέτως το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο έχουν μια συγκεκριμένη ποιότητα.
- Τα πέλλετς χρειάζονται αρκετό χώρο για να αποθηκευτούν και ποιο συγκεκριμένα δεσμεύουν 3 φορές παραπάνω χώρο σε σχέση με το πετρέλαιο ή τα άλλα συμβατικά ορυκτά καύσιμα.
- Οι λέβητες που χρησιμοποιούν ως καύσιμη ύλη τα πέλλετς είναι μεγαλύτερη σε μεγέθους σε σχέση με τους λέβητες φυσικού αερίου ή πετρελαίου και συνεπώς απαιτούν μεγαλύτερο χώρο για την εγκατάσταση τους.
- Ενώ τα κυριότερα μειονεκτήματα της χρήσης γενικά βιομάζας και ειδικότερα των πέλλετς είναι το μεγάλο αρχικό κόστος όπως η αγορά του λέβητα και η εγκατάσταση του.
- Είτε η χρήση είναι βιομηχανική είτε οικιακή είναι απαραίτητο το καύσιμο να διατηρείται στεγνό για να γίνει ποιο αποδοτική και αποτελεσματική η καύση του, επομένως θα πρέπει να αποθηκεύεται σε συνθήκες χαμηλής υγρασίας και φωτισμού.
- Εφόσον μια βιομηχανία χρησιμοποιεί ως καύσιμο τα πέλλετς θα πρέπει να εξεταστεί το γεγονός ότι οι μεγάλες αποστάσεις από τον χώρο παραγωγής και μεταφοράς έως την βιομηχανία έχουν ως αντίκτυπο μεγαλύτερο αποτύπωμα άνθρακα. (Propellerts, 2021)

8. Συμπέρασμα

Συμπερασματικά η ποσότητα του άνθρακα που εκπέμπεται κατά την διάρκεια της καύσης των βιοκαυσίμων είναι η ίδια ακριβώς ποσότητα η οποία δεσμεύτηκε από τις ενεργειακές καλλιέργειες κατά την διάρκεια της φωτοσύνθεσης, οπότε η ίδια ακριβώς ποσότητα άνθρακα που απορροφήθηκε από τα φυτά επανέρχεται πίσω στην ατμόσφαιρα λόγω της καύσης. Συνεπώς το ισοζύγιο των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα καθ' όλη την διάρκεια του κύκλου ζωής των βιοκαυσίμων θεωρητικά υπολογίζεται ότι είναι μηδενικό. Παρόλα αυτά στην πράξη τα πράγματα διαφέρουν διότι κατά την παραγωγή, αποθήκευση και διακίνηση τόσο της πρώτης ύλης όσο και των ίδιων των βιοκαυσίμων χρησιμοποιούνται συμβατικά ορυκτά καύσιμα ως πηγή ενέργειας, συνεισφέροντας έτσι περισσότερο στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και τελικά μειώνοντας έτσι το όφελος που προκύπτει από την χρήση τους. Το όφελος αυτό ενδέχεται να είναι από μεγάλο έως και μηδενικό. Αυτό βέβαια εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, αλλά και από το ίδιο το είδος του βιοκαυσίμου και τον τρόπο παραγωγής του. Για να αναφερθεί κανείς σαφώς στα περιβαλλοντικά και ενεργειακά οφέλη κάθε βιοκαυσίμου χρειάζεται να πραγματοποιηθεί εξειδικευμένη έρευνα και ανάλυση από ειδικούς και επιστήμονες πάνω στον συγκεκριμένο τομέα, σε σχέση με τον κύκλο ζωής του καθενός βιοκαυσίμου ξεχωριστά και να υπάρξουν έτσι κάποια σαφή στοιχεία και συμπεράσματα για τα τελικά οφέλη της χρήσης των βιοκαυσίμων.

9. Βιβλιογραφία

- [1] Agroenergy, (2021), βιοκαύσιμα
<http://www.agroenergy.gr/categories/%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BA%CE%B1%CF%8D%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%B1>
- [2] Agroenergy, (2021), Διεργασίες παραγωγής βιοντίζελ
<http://www.agroenergy.gr/categories/%CE%B4%CE%B9%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B5%CF%82-%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%AE%CF%82-%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%AF%CE%B6%CE%B5%CE%BB>
- [3] Agroenergy, (2021), πρώτες ύλες της παραγωγής βιοντίζελ
<http://www.agroenergy.gr/content/%CE%BF%CE%B9-%CF%80%CF%81%CF%8E%CF%84%CE%B5%CF%82-%CF%8D%CE%BB%CE%B5%CF%82-%CF%84%CE%B7%CF%82-%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%AE%CF%82-%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%AF%CE%B6%CE%B5%CE%BB>
- [4] Agroenergy, (2021), πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της βιοαιθανόλης,
<http://www.agroenergy.gr/content/%CF%80%CE%BB%CE%B5%CE%BF%CE%BD%CE%B5%CE%BA%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%BC%CE%B5%CE%B9%CE%BF%CE%BD%CE%B5%CE%BA%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CF%84%CE%B7%CF%82-%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%B1%CE%B9%CE%B8%CE%B1%CE%BD%CF%8C%CE%BB%CE%B7%CF%82>
- [5] Akkerman I, Janssen M, Rocha J, Wijffels RH. Photobiological hydrogen production: photochemical efficiency and bioreactor design. Int J Hydrogen Energy 2002;27:1195–208
- [6] Biodiesel basics, (2013), National Biodiesel board
<https://www.biodiesel.org/what-is-biodiesel/biodiesel-basics>

- [7] [Biogas & Engines](http://www.clarke-energy.com), www.clarke-energy.com, Accessed 21.11.11
- [8] "[Biomethane fueled vehicles the carbon neutral option](#)" Claverton Energy Conference, 24 October 2009, Bath, UK
- [9] «Bioprocess automation», (2007), *Helsinki University of Technology*.
- [10] Borowitzka MA. Pharmaceuticals and agrochemicals from microalgae. In: Cohen Z, editor. Chemicals from microalgae. Taylor & Francis; 1999. p. 313–52
- [11] Bourne, J.K., (2007). “Biofuels: green dreams”. National Geographic Magazine, October, pp.41–59
- [12] Christou, M., Fernandez, J., Gosse G., Venturi, G., Bridgewater A., Scherlen, K., Obernberger, I., Van de Beld, B., Soldatos, P. and G. Reinhart. 2005. Bio-energy chains from perennial crops in South Europe. Proceedings of the 14th European Biomass Conference. ETA-Florence, pp 182-185
- [13] Conserve energy future, (2021), advantage and disadvantages of Biodiesel
- [14] https://www.conserve-energy-future.com/advantages_disadvantages_biodiesel.php?fbclid=IwAR1bVxkQmgyAiI7d63PZFbbGIX7LCpc6j6qMY8FWV0t1luoelAuYjd9qTA
- [15] Eco- Home- Essentials.CO.UK (2021), advantages and disadvantages of biomass, <https://www.eco-home-essentials.co.uk/disadvantages-of-biomass.html?fbclid=IwAR1nXEvf7mDExGvUze9F91BrR28VmJvMhTAsIWzOiUpmheibWd6E3QJ1wDM>
- [16] Energy Press, (2021), Τα στάδια παραγωγής των πέλλετ, <https://energypress.gr/news/ta-stadia-paragogis-ton-pellet>
- [17] Home biogas, (2021), Advantages and Disadvantages of biogas <https://www.homebiogas.com/advantages-and-disadvantages-of-biogas/>
- [18] KALLIVROUSSIS L., NATSIS A., PAPADAKIS G., (2002), The energy balance of sunflower production for biodiesel in Greece, *Biosystems Engineering* 81, pp. 347-354
- [19] Kurtzman CP. (1994). «Molecular taxonomy of the yeasts». *Yeast* **10** (13): 1727–1740. doi:10.1002/yea.320101306. PMID 7747515.
- [20] Legras JL, Merdinoglu D, Cornuet JM, Karst F. (2007). «Bread, beer and wine: *Saccharomyces cerevisiae* diversity reflects human history». *Molecular Ecology* **16** (10): 2091–2102. doi:10.1111/j.1365-294X.2007.03266.x. PMID 17498234.
- [21] Lois, E., and Labrou, A. (2007) Τα βιοκαύσιμα στην Ελλάδα, 11-16 http://library.tee.gr/digital/kdth/kdth_3460/kdth_3460_lois.pdf

- [22] Maceiras, Rocio; Rodriguez, Mónica; Cancela, Angeles; Urréjola, Santiago; Sánchez, Angel (2011-10). «Macroalgae: Raw material for biodiesel production». *Applied Energy* **88** (10): 3318–3323. doi:10.1016/j.apenergy.2010.11.027. ISSN 0306-2619
- [23] Mantani, Georgiou, G., PELLETS- ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ, 2-9, <http://mantanis.users.uth.gr/XT-10.pdf>
- [24] Melis A. Green alga hydrogen production: progress, challenges and prospects. *Int J Hydrogen Energy* 2002;27:1217–28
- [25] Nagle N, Lemke P. Production of methyl-ester fuel from microalgae. *Appl Biochem Biotechnol* 1990;24–5:355–61
- [26] National Non-Food Crops Centre. "NNFCC Renewable Fuels and Energy Factsheet: Anaerobic Digestion", Retrieved on 2011-02-16
- [27] Ostergaard S, Olsson L, Nielsen J. (2000). «Metabolic Engineering of *Saccharomyces cerevisiae*». *Microbiology and Molecular Biology Reviews* **64** (1): 34–50. doi:10.1128/MMBR.64.1.34-50.2000. PMID 10704473.
- [28] PANOUTSOU C., NAMATOV I., LYCHNARAS V., NIKOLAOU A., (2008), Biodiesel options in Greece, *Biomass and Bioenergy* 32, pp. 472-481.
- [29] Petersson A., Wellinger A. (2009). Biogas upgrading technologies - developments and innovations. IEA Bioenergy Task 37, 12-19 https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2009/10/upgrading_rz_low_final.pdf
- [30] Propellets, (2021), the many advantages of wood pellets, https://www.propellets.at/en/wood-pellets-fuel?fbclid=IwAR09iPtsCqLm8fRdLhwp6pOW4BpgfR3bhS_kKDiAGIK_iWK8toFmYCRiGUs
- [31] Rodolfi L, Zittelli CG, Bassi N, Padovani G, Biondi N, Biondi G, et al. Microalgae for oil: strain selection, induction of lipid synthesis and outdoor mass cultivation in a low cost photobioreactor. *Biotechnol Bioeng* 2009;102(1):100–12
- [32] Sánchez Mirón A, Cerón García M-C, Contreras Gómez A, García Camacho F, Molina Grima E, Chisti Y. Shear stress tolerance and biochemical characterization of *Phaeodactylum tricornutum* in quasi steady-state continuous culture in outdoor photobioreactors. *Biochem Eng J* 2003;16:287–97

- [33] Science Direct, (2021), Integration of the first and second generation bioethanol processes and the importance of by-products, <file:///C:/Users/Johnny/Downloads/1-s2.0-S0960852414001527-main.pdf>
- [34] State Energy Conservation Office (Texas). "Biomass Energy: Manure for Fuel." State Energy Conservation Office (Texas). State of Texas, 23 April 2009. Web. 3 October 2009.
- [35] Vanedaal, R., Jorgensen, U. and C. A Foster. 1999. European Energy Crops: A synthesis. Biomass and Bio energy, Vol. 13. No 3. pp 147-185. Elsevier Science Ltd.
- [36] Wayback Machine, (2012), Πηγές προέλευσης της βιομάζας, <https://web.archive.org/web/20120115051347/http://www.biomassenergy.gr/articles/technology/biomass/16-biomass-resources>
- [37] Webber, Michael E and Amanda D Cuellar. "Cow Power. In the News: Short News Items of Interest to the Scientific Community." Science and Children os 46.1 (2008): 13. Gale. Web. 1 October 2009 in United States.
- [38] Wikipedia, (2021), Ζυμομύκητες, <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%96%CF%85%CE%BC%CE%BF%CE%BC%CF%8D%CE%BA%CE%B7%CF%84%CE%B5%CF%82>
- [39] Wikipedia, (2021), Panicum uirgatum, https://en.wikipedia.org/wiki/Panicum_virgatum
- [40] Γέμπτος Θ.Α.(2007). Ενεργειακές καλλιέργειες. Εμπειρίες από ένα έτος καλλιεργειών για παραγωγή βιοκαυσίμων στη Θεσσαλία. Ημερίδα Καρδίτσα 15 Δεκ 2007.
- [41] Επιχειρώ, (2016), 8 καλλιέργειες για βιοντίζελ, <https://www.epixeiro.gr/article/12958>
- [42] Μπούκης, Ι. Φ., (1991). «Μελέτη διερεύνησης τεχνολογιών παραγωγής αιθανόλης από βιομάζα, με χημικο-βιολογική μετατροπή», Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε).
- [43] Σκαράκης Γ.Ν., Ν. Κορρές και Ο.Ι. Παυλή (2008). Ενεργειακές Καλλιέργειες Βιοκαύσιμα. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Αθήνα 2008.