

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σχεδιασμός και Κατασκευή Ελαιουργικού Εκπυρηνωτή για την
Παραγωγή Βιοκαυσίμου.



ΑΝΑΣΤΑΣΟΠΟΥΛΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΒΟΥΡΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ (ΑΚΑΔ. ΥΠΟΤΡΟΦΟΣ)

ΠΑΤΡΑ - 2018

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	4
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
Εισαγωγή	8
1 ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ	10
1.1 Προετοιμασία – Συλλογή ελαιοκάρπου.....	10
1.2 Άλεση Ελαιοκάρπου.....	12
1.3 Εξαγωγή ελαιολάδου – Φυγοκέντρωση.....	13
1.3.1 Φυγοκέντρωση τριών φάσεων.....	14
1.3.2 Φυγοκέντρωση δύο φάσεων.....	15
1.4 Τελικός Διαχωρισμός Ελαιολάδου.....	18
1.5 Απόβλητα Ελαιουργείων.....	19
2 ΒΙΟΜΑΖΑ	20
2.1 Εισαγωγή στη βιομάζα	20
2.2 Παγκόσμιο και Ελληνικό δυναμικό.....	20
2.3 Είδη βιομάζας.....	22
2.4 Τεχνολογίες Βιοενέργειας.....	23
2.4.1 Θερμικές Διεργασίες.....	23
2.4.2 Χημικές Διεργασίες.....	24
2.4.3 Βιολογικές Διεργασίες.....	24
2.5 Καύση της βιομάζας.....	24
2.5.1 Ανθρακοποίηση της βιομάζας.....	25
2.5.2 Αεριοποίηση της βιομάζας.....	26
2.5.3 Πυρόλυση της βιομάζας.....	27
2.5.4 Παραγωγή αερίου με χώνευση βιομάζας.....	28
2.5.5 Παραγωγή αιθανόλης από βιομάζα.....	30
2.5.6 Παραγωγή φυτικών ελαίων από βιομάζα.....	32
2.6 Βιομάζα Ξύλου.....	33
2.7 Συνοπτικός τρόπος λειτουργίας καυστήρα πέλετ.....	37
2.8 Συλλογή βιομάζας.....	37
2.9 Μεταφορά βιομάζας.....	39
3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΓΙΑ ΒΙΟΜΑΖΑ	40
3.1 Εισαγωγή.....	40
3.2 Αγριαγκινάρα.....	40
3.2.1 Παραγωγή βιοντίζελ από τους σπόρους αγριαγκινάρας.....	42
3.3 Ελαιοκράμβη.....	42
3.4 Μίσχανθος.....	43
3.5 Ψευδακακία.....	45
3.6 Ηλίανθος.....	45
3.7 Σόγια.....	46
3.8 Γλυκό σόργο.....	47
3.9 Αραβόσιτος.....	48
3.10 Σιτάρι.....	50
3.11 Ευκάλυπτος.....	51
3.12 Κόστος παραγωγής ενεργειακών καλλιιεργειών.....	52
3.12.1 Κόστος παραγωγής ενεργειακών καλλιιεργειών για παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων στην Ελλάδα.....	52
3.12.2 Κόστος παραγωγής ενεργειακών καλλιιεργειών για παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων στην Νότια Ευρώπη.....	53
3.13 Σκοπός της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.....	54
3.14 Ενεργειακό περιεχόμενο βιομάζας.....	55
3.15 Ενεργειακή αξιοποίηση βιομάζας.....	55

3.15.1	Χρήση της βιομάζας για παραγωγή θερμότητας.	56
3.15.2	Θέρμανση κτιρίων με βιομάζα	56
3.15.3	Παραγωγή θερμότητας σε βιοτεχνίες και βιομηχανίες.	58
3.15.4	Θέρμανση θερμοκηπίων με ελαιοπυρηνόξυλο.....	59
3.15.5	Χρήση της βιομάζας για τηλεθέρμανση.....	62
3.15.6	Παραγωγή βιοαερίου από χώρους υγειονομικής ταφής στερεών απορριμμάτων.	62
3.15.7	Παραγωγή βιοαερίου από ιλύ που παράγεται από αστικά λύματα.	63
3.15.8	Παραγωγή βιοαερίου από απόβλητα ελαιουργείων	64
3.15.9	Η παραγωγή του πυρηνόξυλου στα πυρηνελαιουργεία	65
3.15.10	Χρήση της βιομάζας για συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού (ΣΗΘ).	65
3.15.11	Δημιουργία ενεργειακών φυτειών	66
4	ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΔΕΣΜΕΥΣΕΙΣ.....	68
4.1	Ευρωπαϊκές δεσμεύσεις.	68
4.2	Ευρωπαϊκές οδηγίες για τη Βιομάζα.	69
4.2.1	Γενική Ευρωπαϊκή οδηγία για τα βιοκαύσιμα.....	69
4.2.2	Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας στην Ελλάδα.	69
4.2.3	Ευρωπαϊκή Νομοθεσίας Τιμολόγησης ηλεκτρικής ενέργειας από την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.	70
4.2.4	Ευρωπαϊκή νομοθεσία για την αδειοδοτική διαδικασία	71
4.3	Το πρωτόκολλο του Κιότο.	73
4.4	Η Ελληνική νομοθεσία για την βιομάζα.....	74
4.5	Θεσμικό πλαίσιο για την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.....	75
4.6	Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.	76
5	ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΥ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ.....	79
5.1	Θερμιδόμετρο Οβίδας C-200 ΙΚΑ.....	80
5.2	Παράμετροι ασφαλείας κατά τις δοκιμές.....	80
5.3	Μετρήσεις Θερμογόνου Δύναμης.	84
5.3.1	Βαθμονόμηση του οργάνου.	86
6	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	86
6.1	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από τη χρήση της βιομάζας	86
6.2	Οικονομικές επιπτώσεις.....	87
6.3	Κοινωνικές επιπτώσεις	88
6.4	Περιβαλλοντικές επιπτώσεις	88
6.4.1	Αρνητικές Περιβαλλοντικές επιπτώσεις	89
6.4.2	Εκπομπές αέριων ρύπων	89
6.5	Ηχορύπανση.....	91
6.6	Αντιδράσεις στη χρήση της βιομάζας	92
7	ΔΙΑΤΑΞΗ ΕΚΠΥΡΗΝΩΤΗ.....	94
8	ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	99
8.1	Προοπτικές της βιομάζας.....	99
8.2	Συμπεράσματα	101
9	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	103

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Συλλογή- Δεματοποίηση του καρπού προς επεξεργασία [1].....	10
Εικόνα 2: Παραλαβή του καρπού στη χοάνη [1].....	10
Εικόνα 3: Διάταξη Αποφυλλωτήριου [1].....	11
Εικόνα 4: Διαδικασία πλύσης του καρπού μετά το διαχωρισμό από τα φύλλα [1].....	11
Εικόνα 5: Ο καρπός μετά τη διαδικασία της πλύσης [1].....	12
Εικόνα 6: Διαδικασία τροφοδοσίας καρπού προς άλεση – Σπαστήρας [1].	13
Εικόνα 7: Διαδικασία μάλαξης της ελαιοζύμης [1].	13
Εικόνα 8: Διάταξη Decanter και διαχωρισμός σε λάδι, πυρήνα και κασίγαρο [1]	14
Εικόνα 9: Παραγωγή ελαιοπυρήνα [1].	15
Εικόνα 10: Διάγραμμα (block) της διαδικασίας τριφασικού συστήματος για την εξαγωγή ελαιολάδου [2].....	16
Εικόνα 11: Διάγραμμα (block) διαδικασίας παραγωγής ελαιολάδου με δίφασικό σύστημα [2]	17
Εικόνα 12: Τελικός διαχωρισμός του λαδιού από το νερό [1].	18
Εικόνα 13: Το ελαιόλαδο κατά την τελική εξαγωγή του [1].....	18
Εικόνα 14: Η συμμετοχή της βιομάζας (%) στην παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας[6].....	22
Εικόνα 15: Ενεργειακοί μετασχηματισμοί κατά τη δημιουργία βιομάζας.....	24
Εικόνα 16: Παραγωγή ενέργειας από τη βιομάζα.....	24
Εικόνα 17: Διεργασία καύσης βιομάζας [21].....	25
Εικόνα 18: Παραγωγή βιοαερίου από κτηνοτροφικά απόβλητα.....	29
Εικόνα 19: Παραγωγή αιθανόλης από αγροτικά προϊόντα.	31
Εικόνα 20: Ενεργειακό τζάκι [8].....	35
Εικόνα 21: Λέβητας pellets [8].	35
Εικόνα 22: Σόμπα pellets [8].....	36
Εικόνα 23: Σταθμός παραγωγής ενέργειας από βιομάζα [21].....	38
Εικόνα 24: Συλλογή βιομάζας [30].....	38
Εικόνα 25: Μεταφορά βιομάζας.....	39
Εικόνα 26: Αποθήκευση βιομάζας.....	39
Εικόνα 27: Αγριαγκινάρα [12].	41
Εικόνα 28: Μίσχανθος [8].	43
Εικόνα 29: Ηλίανθος [8].....	46
Εικόνα 30: Σόγια [8].....	46
Εικόνα 31: Γλυκό σόργο [8].....	48
Εικόνα 32: Αραβόσιτος [8].....	49
Εικόνα 33: Συγκομιδή αραβόσιτου [8].....	50
Εικόνα 34: Σιτάρι [8].....	51
Εικόνα 35: Αποδόσεις πρώτων υλών [21].....	54
Εικόνα 43: Υπάρχουσες τεχνολογίες αξιοποίησης βιομάζας[6].....	56
Εικόνα 44: Χρήσεις της βιομάζας [8].....	59
Εικόνα 45: Θέρμανση θερμοκηπίων με ελαιοπυρηνόξυλο [8].....	60
Εικόνα 46: Σύστημα τηλεθέρμανσης [8].....	62
Εικόνα 47: Παραγωγή βιοαερίου από χώρο υγειονομικής ταφής στερεών απορριμμάτων	63
Εικόνα 48: Παραγωγή βιοαερίου από την καθίζηση της ίλυσ.....	64
Εικόνα 49: Παραγωγή βιοαερίου από απόβλητα ελαιοουργείου.[23].....	65
Εικόνα 36: Εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ [29].....	73
Εικόνα 37: Τύπος θερμοδομέτρου οβίδας ΙΚΑ.....	79
Εικόνα 38: Τμήματα που απαρτίζουν τον εξοπλισμό Θερμιδομέτρου Οβίδας.....	82
Εικόνα 39: Ο θάλαμος δοκιμών C200 (ΙΚΑ).....	82
Εικόνα 40: Η οπίσθια πλευρά του θαλάμου δοκιμών C200.....	83
Εικόνα 41: Υποδοχές απορροής του θαλάμου C200.....	83
Εικόνα 42: Πηγές θερμότητας κατά τη δοκιμή.....	85
Εικόνα 51: Ο κύκλος του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα[6].....	92

<i>Εικόνα 52: Αρχικό στάδιο κατασκευής.....</i>	<i>94</i>
<i>Εικόνα 53: Εξωτερική όψη της πλευράς του εκπιρηνωτή.....</i>	<i>94</i>
<i>Εικόνα 54: Αρχικά στάδια κατασκευής του τυμπάνου.</i>	<i>95</i>
<i>Εικόνα 55: Προχωρημένο στάδιο κατασκευής.....</i>	<i>95</i>
<i>Εικόνα 56: Κατασκευή ενίσχυσεων έδρασης διάτρητης λαμαρίνας - τυμπάνου.</i>	<i>96</i>
<i>Εικόνα 57: Δοκιμή εφαρμογής της ατράκτου.....</i>	<i>96</i>
<i>Εικόνα 58: Τελικό στάδιο κατασκευής της ατράκτου.....</i>	<i>97</i>
<i>Εικόνα 59: Η διάταξη ολοκληρωμένη - σε λειτουργία.</i>	<i>97</i>

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας και αναφέρεται στο σχεδιασμό και την κατασκευή ελαιουργικού εκπυρηνωτή για την παραγωγή βιοκαυσίμου.

Στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας μελετήθηκε αρχικά όλη η παραγωγική διαδικασία για την παραγωγή ελαιολάδου με περιγραφή όλων των ενδιάμεσων σταδίων που λαμβάνουν χώρα σε ένα σύγχρονο ελαιοτριβείο. Δίνονται εισαγωγικά στοιχεία αναφορικά με τα λεγόμενα «ενεργειακά φυτά» που οδηγούν δηλ. στην παραγωγή βιομάζας κατάλληλης για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών. Προς αυτή την κατεύθυνση καταγράφονται τα σημαντικότερα είδη ενεργειακών καλλιεργειών και η μετέπειτα ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας. Στο πλαίσιο αυτό εντάσσεται και η παραγωγή βιομάζας από τον καθαρό πυρήνα της ελιάς με τη διάταξη του ελαιουργικού εκπυρηνωτή για την παραγωγή βιοκαυσίμου. Η διαδικασία αυτή αποτέλεσε το πεδίο εφαρμοσμένης έρευνας στην παρούσα εργασία ενώ προκύπτει ότι η καύση καθαρού πυρήνα αποτελεί μια ιακνοποιητική εναλλακτική λύση στην κάλυψη ενεργειακών αναγκών θέρμανσης τουλάχιστον σε οικιακό επίπεδο.

Από τη θέση αυτή θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα της προσπάθειας Ακαδ. Υπότροφο του Τμήματος κ. Βούρο Ανδρέα για τις πολύτιμες συμβουλές της, καθώς και την αμέριστη συμπαράστασή του κατά την διεξαγωγή της παρούσας εργασίας. Τον ευχαριστώ για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που προσέφερε κατά την υλοποίηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την υπομονή και στήριξη που μου παρείχαν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου, αλλά και κατά τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής εργασίας.

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστή: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος σπουδαστής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο σπουδαστής

Αναστασόπουλος Παναγιώτης

(Υπογραφή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της πτυχιακής εργασίας, είναι η μελέτη και κατασκευή ελαιουργικού εκπυρηνωτή για την παραγωγή βιοκαυσίμου, που θα αποτελέσει ενεργειακά και οικονομικά συμφέρουσα λύση στο άμεσο μέλλον.

Πριν βέβαια το στάδιο επεξεργασίας στη διάταξη του εκπυρηνωτή θα προηγηθεί σύντομη αλλά και περιεκτική περιγραφή όλων των σταδίων επεξεργασίας του ελαιοκάρπου μέχρι την παραγωγή ελαιολάδου. Πιο αναλυτικά:

Στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας περιγράφεται η παραγωγική διαδικασία του ελαιολάδου από την προετοιμασία και συλλογή του καρπού μέχρι και τη διανομή στον καταναλωτή. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι το προϊόν που ενδιαφέρει (πυρήνας) συλλέγεται και επεξεργάζεται μετά το τέλος της διαδικασίας παραγωγής ελαιολάδου και υλοποιείται στη διάταξη του εκπυρηνωτή.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα απόβλητα των ελαιουργείων και τρόποι διαχείρισης φιλικής προς το περιβάλλον. Πρακτικά η διεργασία στον εκπυρηνωτή εξυπηρετεί στην ελάφρυνση του περιβάλλοντος από τα παραγόμενα απόβλητα αφού και ο πυρήνας μπορεί να θεωρηθεί ως ένα παραπροϊόν με σημαντικό ενεργειακό περιεχόμενο, η εκμετάλλευση του οποίου μπορεί να συμβάλλει θετικά στην κάλυψη ενεργειακών αναγκών.

Στο τρίτο κεφάλαιο δίνονται τα βασικά χαρακτηριστικά των ειδών που χαρακτηρίζονται ως βιομάζα καθώς και οι τεχνολογίες που μπορούν να οδηγήσουν στην παραγωγή ενέργειας από βιομάζα. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την ξύλινη βιομάζα που ουσιαστικά συνιστά και το τελικό προϊόν της διαδικασίας που πραγματοποιείται στον εκπυρηνωτή.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά και σύντομη περιγραφή των ενεργειακών καλλιεργειών, δηλ. των καλλιεργειών φυτών που μπορούν να αποδώσουν κάποιο ενεργειακό περιεχόμενο προς εκμετάλλευση, μειώνοντας έτσι τη χρήση συμβατικών καυσίμων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο δίνονται στοιχεία για τις συνηθέστερες ενεργειακές καλλιέργειες δηλ. για τις καλλιέργειες φυτών με υψηλή προστιθέμενη αξία τόσο ως προς την παραγωγή ενέργειας όσο και ως προς την ελάττωση ρύπων στην ατμόσφαιρα.

Στο έκτο κεφάλαιο καταγράφονται εφαρμογές ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας ενώ στο επόμενο κεφάλαιο (έβδομο) περιγράφονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα χρήσης της βιομάζας καθώς οι επιπτώσεις σε κοινωνικό, περιβαλλοντικό αλλά και οικονομικό επίπεδο.

Στο πέμπτο κεφάλαιο δίνεται η διαδικασία που ακολουθείται στον ελαιουργικό εκπυρηνωτή ο οποίος έχει ήδη λειτουργήσει σε πειραματικό στάδιο αρκετά χρόνια αποδίδοντας αξιόλογα αποτελέσματα στην παραγωγή «καλύτερου» προϊόντος φιλικότερου στο περιβάλλον αρκετά υψηλού ενεργειακού περιεχομένου, ικανοποιητικού για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών θέρμανσης μιας οικίας.

Πιο αναλυτικά η δομή της εργασίας υποδιαιρείται σε κεφάλαια ως ακολούθως:

Εισαγωγή

Η Ελιά έχει καταγραφεί ως δέντρο του μεσογειακού χώρου και ειδικότερα η πρώτη της εμφάνιση ανάγεται χιλιάδες χρόνια πριν στην Κρήτη. Συνυπάρχει με τους λαούς της Μεσογείου, έχοντας συνδεθεί με τις καθημερινές συνήθειες των λαών της Μεσογείου αποτελώντας επίσης ένα πολύ σημαντικό διατροφικά όσο και διαπολιτισμικό εμπορικό προϊόν της περιοχής. Η ελιά γενικότερα πρωτοεμφανίστηκε στην Ανατολική Μεσόγειο εκεί όπου αναπτύχθηκαν μερικοί από τους αρχαιότερους πολιτισμούς.

Η Ελιά είναι αειθαλές δέντρο το οποίο το βρίσκεται σε αρκετά γεωγραφικά διαμερίσματα της Ελλάδας. Διακρίνεται σε δυο τύπους ελιάς, στην άγρια και στην ήμερη και καλλιεργείται σε εύκρατο κλίμα. Οι ρίζες της ελιάς εισχωρούν βαθιά μέσα στο έδαφος και διακλαδίζονται για να την συγκρατούν και παράλληλα να βρίσκουν νερό και θρεπτικές ουσίες από το χώμα. Ο κορμός της Ελιάς είναι ψηλός και χοντρός και στο πάνω μέρος του έχει πολλά κλαδιά. Σε μικρές ηλικίες ο κορμός έχει ένα σταχοπράσινο χρώμα ενώ όταν μεγαλώσει πολύ ο κορμός του γίνεται σκουρόχρωμος και σχηματίζει κουφάλες και σκισμές. Η ελιά εδώ και πολλά χρόνια καλλιεργείται για τα δύο προϊόντα που μας δίνει και είναι απαραίτητα για την διατροφή μας, δηλαδή την ελιά και το λάδι. Το δέντρο φέρει μικρά, ημίλευκα λουλούδια τον Μάιο και έχει χαρακτηριστικά μικρά φύλλα με απαλό πράσινο χρώμα στο πάνω μέρος και ασημί στο κάτω. Εχθροί της είναι ο δάκος, ο ρυγχίτης, και ο πυρηνοτρύτης, που καταπολεμούνται με διάφορα φάρμακα. Το φυτό είναι αιωνόβιο, ζει δηλαδή πάρα πολλούς αιώνες και ευδοκimeί σε όλα τα εδάφη που βρίσκονται σε υψόμετρο κάτω από 800 μέτρα. Το δέντρο της ελιάς αναπτύσσεται και καρποφορεί σε φτωχά αβαθή ή χαλικώδη εδάφη. Η ανώτερη θερμοκρασία στην οποία αντέχει είναι 40° C και η κατώτερη -4° C.

Η καλλιέργεια της ελιάς απαιτεί αρκετό χρόνο μέχρι να αποδώσει έστω μια μικρή ποσότητα βρώσιμων ελιών, έτσι η πρώτη αποδοτική παραγωγή υπολογίζεται μετά από 8 -10 χρόνια. Υπάρχουν βέβαια στις μέρες μας όμως και ποικιλίες οι οποίες δίνουν εξαιρετική παραγωγή μέσα σε πολύ πιο σύντομο χρονικό διάστημα (2-4 χρόνια). Κάθε ελαιόδεντρο κατά μέσο όρο παράγει 40 κιλά καρπού ανά έτος τα οποία δίνουν ένα πολύ μικρότερο ποσοστό της τάξης του (15 – 20) % μόνο ελαιολάδου.

Ο καρπός της ελιάς ωριμάζει 6 με 8 μήνες μετά την εμφάνιση της ανθοφορίας . Περιέχει ένα κουκούτσι (πυρήνα) το οποίο αποτελείται από 30% λιπίδια, 20% υδατάνθρακες, 50% νερό. Ο καρπός έχει αρχικά χρώμα πράσινο αλλά όταν ωριμάσει γίνεται μαύρος από τον οποίο βγαίνει και το ελαιόλαδο. Ο καρπός αρχίζει να ωριμάζει τον Οκτώβρη. Οι ελιές αρχίζουν να μαυρίζουν μέχρι τον Δεκέμβρη οπότε και συλλέγονται, για να καταναλωθούν ως βρώσιμες ή να σταλούν για παραγωγή ελαιολάδου.

Για μια αποδοτική παραγωγή βέβαια θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ως προς τις αγροτικές εργασίες που απαιτούνται καθώς και ως προς τα μέτρα προστασίας του δέντρου από τις αρρώστιες που μπορεί να οδηγήσουν σε μειωμένη παραγωγή ή παραγωγή καρπού χαμηλής ποιότητας και διατροφικής αξίας. Ειδικότερα λοιπόν η ελιά θα πρέπει να κλαδεύεται, να ποτίζεται, να οργώνεται το χωράφι στο οποίο βρίσκεται και να ρίχνεται σε αυτό λίπασμα. Ειδική μέριμνα επίσης πρέπει να λαμβάνεται από τον παραγωγό ως προς την ορθή απόσταση των δέντρων που παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην καλύτερη ανάπτυξή του.

Το ελαιόλαδο αποτελεί διαχρονικά το βασικό στοιχείο της ελληνικής διατροφής και θεωρείται προϊόν υγιεινής διατροφής. Είναι υγρό, έχει χρώμα κιτρινοπράσινο και η γεύση του είναι ευχάριστη, είναι πλούσιο σε βιταμίνες και αποτελεί το εκλεκτότερο μαγειρικό έλαιο. Λόγω ακριβώς των εξαιρετικών του θρεπτικών ιδιοτήτων αποτελεί από τα αρχαία χρόνια ένα

από τα βασικά είδη τροφής του ανθρώπου και ειδικότερα της λεγόμενης μεσογειακής διατροφής. Ειδικότερα το ελαιόλαδο θεωρείται ότι συμβάλλει σημαντικά στην μακροζωία και γενικότερα στην καλή υγεία του ανθρώπου. Επίσης περιέχει μεγάλο ποσοστό αντιοξειδωτικών ουσιών που θωρακίζουν την καλή άμυνα του οργανισμού απέναντι σε διάφορες μορφές καρδιοπάθειας και καρκίνου. Περιέχει και ιχνοστοιχεία όπως βιταμίνες Α και Ε καθώς και μια ολόκληρη κατηγορία ουσιών τις πολυφαινόλες. Επίσης το ελαιόλαδο διατηρεί και σημαντικές θεραπευτικές ιδιότητες όπως π.χ σε ασθενείς με γαστρικό έλκος και ρευματοειδή αρθρίτιδα έχει τέλος θεραπευτικές ιδιότητες στην διαιτητική αγωγή του διαβήτη.

Το ελαιόλαδο μπορεί να διατηρηθεί για διάστημα έως και 24 μήνες από την στιγμή παραγωγής του εφόσον διατηρηθεί σωστά. Σε μεγαλύτερο διάστημα το ελαιόλαδο χάνει το άρωμά του και γίνεται όξινο. Το χρώμα του ελαιολάδου εξαρτάται κατά προτεραιότητα από την ποικιλία, την εποχή συγκομιδής και την περιοχή καλλιέργειας της ελιάς. Το απλό ελαιόλαδο έχει χαμηλή οξύτητα λόγω βιομηχανικής επεξεργασίας ενώ το Παρθένο ελαιόλαδο είναι από την φύση του χαμηλό σε οξύτητα χωρίς να υπόκειται σε επεξεργασία.

Η οξύτητα του λαδιού είναι η ποσότητα λιπαρών οξέων σε ένα λάδι. Ο βαθμός οξύτητας του λαδιού υποδηλώνει την περιεκτικότητα του προϊόντος σε ελαϊκό οξύ. Η οξύτητα εκφράζεται σε γραμμάρια ελεύθερου ελαιικού οξέος ανά εκατό γραμμάρια λιπαρής ύλης και αποτελεί τον βαθμό οξύτητας του ελαιολάδου. Όσο μικρότερη είναι αυτή η ποσότητα τόσο καλύτερη θα είναι η ποιότητά του. Άρα όσο χαμηλότερη η οξύτητα τόσο το καλύτερο, σε ποιότητα και γεύση. Σύμφωνα με την νομοθεσία, το εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο έχει οξύτητα μέχρι 0,8, το παρθένο ελαιόλαδο έχει οξύτητα μέχρι 2. Οι δύο κύριοι εχθροί του ελαιολάδου είναι το φώς και η ζέστη. Το ελαιόλαδο πρέπει να αποθηκεύεται απαραίτητως μακριά από το φώς και σε δροσερό μέρος. Γι αυτό και τα δοχεία αποθήκευσης μπορεί να είναι μεταλλικά, γυάλινα ή πλαστικά αλλά πάντα σκουρόχρωμα.

Όμως με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και με τις κατάλληλες επεξεργασίες υπάρχει στις μέρες μας η δυνατότητα παραγωγής βιοκαυσίμου από τα παραπροϊόντα του ελαιοκάρπου. Παράλληλα μεγάλη προσοχή θα πρέπει να δίνεται στην σωστή διαχείριση των αποβλήτων που προκύπτουν από την όλη διαδικασία. Αξίζει να σημειωθεί ότι ακριβώς η εκμετάλλευση του υποπροϊόντος της ελιάς (πυρήνας) συμβάλλει στην ανάπτυξη και προώθηση της λεγόμενης κυκλικής οικονομίας, βασικό χαρακτηριστικό της οποίας είναι ακριβώς η δημιουργία οφέλους από τη διαχείριση των αποβλήτων της διαδικασίας παραγωγής ελαιολάδου.

1 ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ.

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί περιγράφονται τα στάδια επεξεργασίας του ελαιοκάρπου προκειμένου να προκύψει το ελαιόλαδο. Η διαδικασία περιλαμβάνει πολλά στάδια ξεκινώντας από την προετοιμασία του ελαιοκάρπου,

1.1 Προετοιμασία – Συλλογή ελαιοκάρπου.

Η διαδικασία παραγωγής ελαιολάδου διαρκεί τις περισσότερες φορές από τα μέσα Νοεμβρίου μέχρι και τον Φεβρουάριο. Αρχικά γίνεται η συλλογή που ως διαδικασία περιλαμβάνει και τον διαχωρισμό των κλαδιών από τους καρπούς τις ελιάς. Πρόκειται για μια επίπονη διαδικασία που πολλές φορές απαιτεί ως σύμμαχο και τις καιρικές συνθήκες αλλά και πολλά εργατικά χέρια. Μετά το διαχωρισμό κλαδιών – καρπών γίνεται η συλλογή του καρπού σε σακιά, τους λεγόμενους φάρδους, που μεταφέρονται στο ελαιοτριβείο. Τα σακιά με τον ελαιόκαρπο συγκεντρώνονται στο χώρο παραλαβής (αποθήκη) του ελαιουργείου στοιβάζονται σε παλέτες σε ξεχωριστό χώρο για τον κάθε παραγωγό ώστε να προχωρήσει στο επόμενο στάδιο που είναι η άλεση του καρπού (Εικ.1).



Εικόνα 1: Συλλογή- Δεματοποίηση του καρπού προς επεξεργασία [1].



Εικόνα 2: Παραλαβή του καρπού στη χοάνη [1].

Η επεξεργασία αρχίζει με τις ελιές να τοποθετούνται αρχικά στη χοάνη παραλαβής ελαιοκάρπου. Στην συνέχεια ο καρπός περνάει από ειδική αυτόματη μηχανή (αποφυλλωτήριο) για καθάρισμα από τα φύλλα. Οι ελιές στη συνέχεια πέφτουν σε μια σκαφίδα που κινείται παλινδρομικά. Η παλινδρομική κίνηση της σκαφίδας, επιτυγχάνει τη μεταφορά και αναπήδηση των ελιών με αποτέλεσμα την ευκολότερη απομάκρυνση των φύλλων και τυχόν μικρών κλαδιών που περιέχονται μέσα στα τσουβάλια μεταφοράς. Η διαδικασία αυτή είναι απαραίτητη και επιβάλλεται γιατί η μετέπειτα άλεση του καρπού συνοδεύει ποσοτήτων φύλλων δίνει στο ελαιόλαδο πικρή γεύση και αρκετή χλωροφύλλη (πράσινο χρώμα) που αποτελεί μειονέκτημα για τη διατήρηση της ποιότητάς του. Ακολουθεί το πλύσιμο με το οποίο απομακρύνονται οι ξένες ύλες (λάσπη, χώμα, σκόνη) που περιέχονται στον καρπό. Οι ελιές πέφτουν σε μια λεκάνη ειδικά διαμορφωμένη, όπου πλένονται (ραντίζονται) με πίεση νερού. Απαιτούνται περίπου 100-120 λίτρα πόσιμου νερού για την πλύση 1000 kg ελαιοκάρπου.



Εικόνα 3: Διάταξη Αποφυλλωτήριου [1].



Εικόνα 4: Διαδικασία πλύσης του καρπού μετά το διαχωρισμό από τα φύλλα [1].



Εικόνα 5: Ο καρπός μετά τη διαδικασία της πλύσης [1].

1.2 Άλεση Ελαιοκάρπου.

Μετά το πλύσιμο του ελαιοκάρπου ακολουθεί η άλεση που γίνεται με τη βοήθεια μεταλλικών σπαστήρων οι οποίοι περιστρέφουν τον καρπό με ταχύτητα μέσα σε ένα διάτρητο τύμπανο. Σε περιπτώσεις που οι ελιές είναι παγωμένες ή πολύ ξηρές προστίθεται μια μικρή ποσότητα νερού (100-150 L ανά 1000 Kg νερού). Κατά την άλεση απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή ώστε η θερμοκρασία της πάστας να μην αυξηθεί πολύ και ο θρυμματισμός του καρπού να μην είναι υπερβολικός γιατί τότε μπορεί να γίνει αιτία για πικρή γεύση στο ελαιόλαδο. Για τους παραπάνω λόγους συνιστάται η λειτουργία του σπαστήρα σε μικρό αριθμό στροφών.

Μετά την άλεση, η ελαιοζύμη αναμιγνύεται στο μαλακτήρα με την προσθήκη ζεστού νερού. Η μάλαξη της πάστας γίνεται σε ειδικούς μαλακτήρες στρογγυλούς ή επιμήκεις που λέγονται θερμομαλακτήρες. Οι θερμομαλακτήρες είναι μεγάλες δεξαμενές στις οποίες ρυθμίζεται κατάλληλα η θερμοκρασία, ώστε το μίγμα να απελευθερώσει τους χυμούς του και να πάρει το άρωμά του, μέσω της δράσης των ενζύμων. Σημασία έχει τα τοιχώματα τους να είναι ανοξειδωτά και η θερμοκρασία της πάστας αυτής να μην υπερβαίνει τους 30°C ώστε να αποφεύγεται η υπερθέρμανση του λαδιού που μπορεί να οδηγήσει στην καταστροφή των πολύτιμων συστατικών του.

Για καλύτερη μάλαξη προτιμάται μικρός αριθμός στροφών (20-22), και να γεμίζουν τους μαλακτήρες με ζύμη μέχρι να καλυφθούν τα πτερύγια. Η μάλαξη πρέπει να διαρκεί περίπου 30'. Για την αραιώση της ελαιοζύμης στο μαλακτήρα προστίθεται νερό μέχρι και 100% της ποσότητάς της πριν την εξαγωγή του ελαιολάδου σε διφασικό ή τριφασικό φυγοκεντρικό σύστημα.



Εικόνα 6: Διαδικασία τροφοδοσίας καρπού προς άλεση – Σπαστήρας [1].



Εικόνα 7: Διαδικασία μάλαξης της ελαιοζύμης [1].

1.3 Εξαγωγή ελαιολάδου – Φυγοκέντριση.

Η εξαγωγή του ελαιολάδου από την ελαιοζύμη γίνεται με φυγοκέντριση. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί ειδικούς οριζόντιους διαχωριστήρες (Decanter) που εξασφαλίζουν συνθήκες αυτοματισμού και υψηλής καθαριότητας. Για την καλύτερη απόδοση προτιμάται η τροφοδοσία του Decanter στο 80% της δυναμικότητας. Επίσης ιδιαίτερη φροντίδα και μέριμνα πρέπει να λαμβάνεται ώστε η θερμοκρασία νερού να είναι ίδια με την θερμοκρασία ελαιολάδου.



Εικόνα 8: Διάταξη Decanter και διαχωρισμός σε λάδι, πυρήνα και κασίγαρο [1].

Το σύστημα φυγοκέντρισης είναι τριφασικό ή διφασικό. Η πλειονότητα των ελαιουργείων είναι φυγοκεντρικά τριών φάσεων. Τα ελαιουργεία δύο φάσεων δεν έχουν διαδοθεί πολύ στην χώρα μας κυρίως λόγω του ημιστερεού αποβλήτου που παράγουν, το οποίο δεν είναι επεξεργάσιμο στα πυρηνελαιουργεία. Τα τελευταία χρόνια γίνεται μια προσπάθεια εξάπλωσης των δύο φάσεων ελαιουργείων. Τα μηχανήματα είναι συνδεδεμένα υπό μορφή συνεχούς γραμμής, πλήρως αυτοματοποιημένης σε ότι αφορά τη λειτουργία. Χαρακτηριστικό αυτού του τύπου ελαιοτριβείο είναι η συνεχής ροή του υλικού από το στάδιο του καρπού ως τα τελικά προϊόντα, το ελαιόλαδο και τον ελαιοπυρήνα.

1.3.1 Φυγοκέντριση τριών φάσεων.

Στα ελαιοτριβεία τριών φάσεων για την παραλαβή του ελαιολάδου από το ελαιόκαρπο απαιτείται αραιώση της ελαιοζύμης με μεγάλη ποσότητα νερού. Στο τριφασικό φυγοκεντρικό διαχωριστήρα τοποθετούνται οι αλεσμένες ελιές όπου τα διαφορετικά μέρη (ελαιόλαδο, υγρά απόβλητα - κασίγαρος, στερεό υπόλειμμα – ελαιοπυρήνας) διαχωρίζονται με την επίδραση της φυγοκέντρου δύναμης. Η μεγάλη φυγόκεντρος δύναμη που αναπτύσσεται κατά την περιστροφή διαχωρίζει τις τρεις φάσεις της ελαιοζύμης ανάλογα με το ειδικό βάρος του κάθε συστατικού της. Τα στερεά έχουν μεγαλύτερο ειδικό βάρος από το νερό και το νερό από το λάδι. Το στερεό υπόλειμμα οδηγείται σε φυσική ξήρανση και επεξεργάζεται για βελτίωση του εδάφους ή οδηγείται στα πυρηνελαιουργεία. Όλοι οι φυγοκεντρικοί διαχωριστές ελαιοζύμης

χαρακτηρίζονται από ένα οριζόντιο άξονα, ένα οριζόντιο τύμπανο και ένα κοχλία που περιστρέφεται με λιγότερες στροφές, αλλά με την ίδια φορά με το τύμπανο έτσι ώστε να μετατοπίζει συνεχώς τις στερεές ύλες προς το άκρο του τυμπάνου. Με αυτό τον τρόπο ο ελαιοπυρήνας ωθείται συνεχώς έξω από τον ελαιοδιαχωριστή.

Το κύριο μειονέκτημα της 3Φ μεθόδου είναι οι μεγάλες ποσότητες ζεστού νερού που απαιτούνται και συνεπώς η παραγωγή σημαντικού όγκου υγρών αποβλήτων (κατσίγαρος) που προκαλούν ρύπανση. (Υπολογίζεται ότι από 1000 kg καρπό παράγονται 500 kg ελαιοπυρήνα και 1200 kg υγρά απόβλητα). Το πλεονέκτημα όμως του τριφασικού συστήματος είναι ότι ο πυρήνας είναι ξερός με αποτέλεσμα να έχει άμεσα υψηλή τιμή πώλησης, αλλά και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να κοστολογείται παραπάνω.



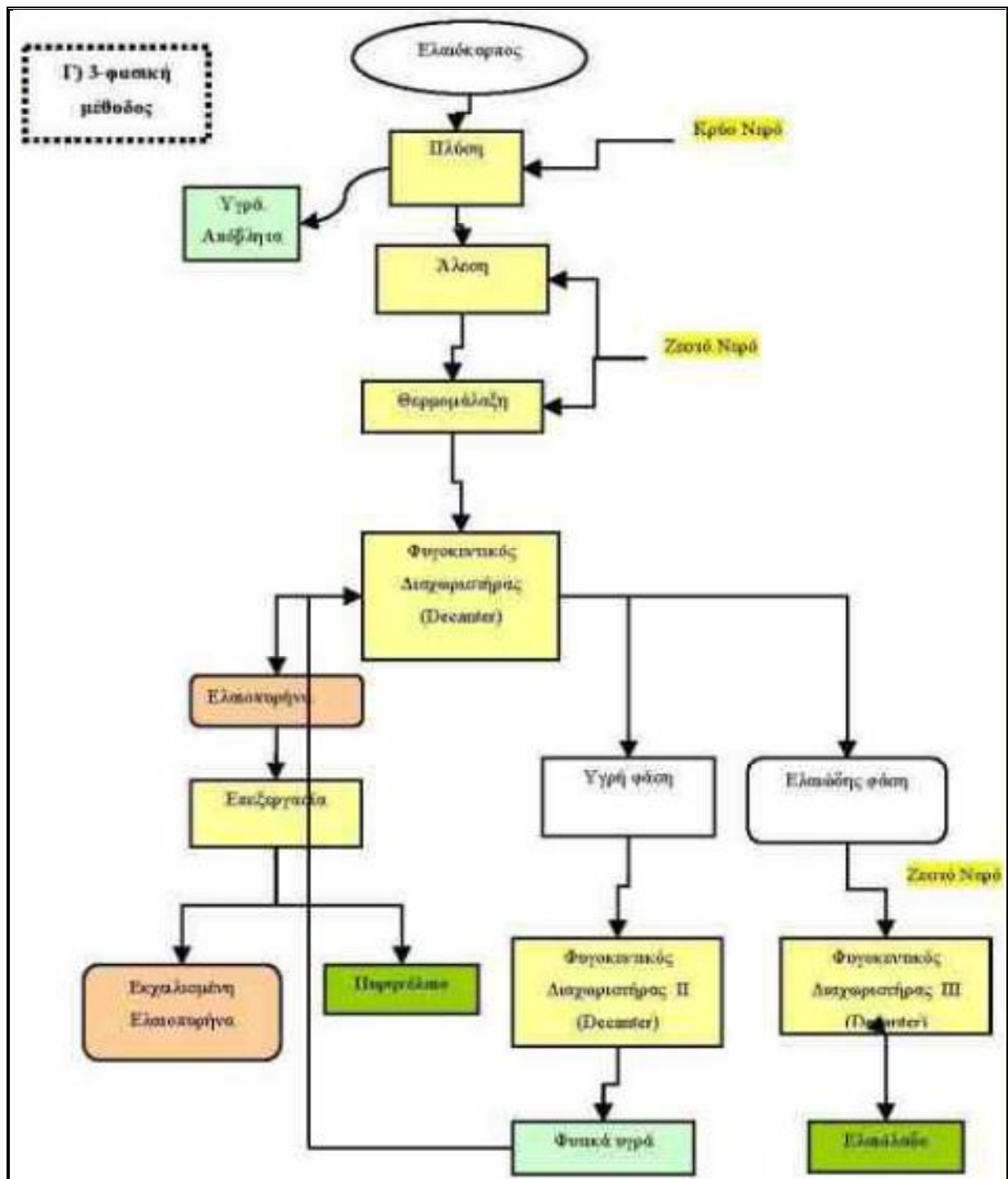
Εικόνα 9: Παραγωγή ελαιοπυρήνα [1].

1.3.2 Φυγοκέντριση δύο φάσεων.

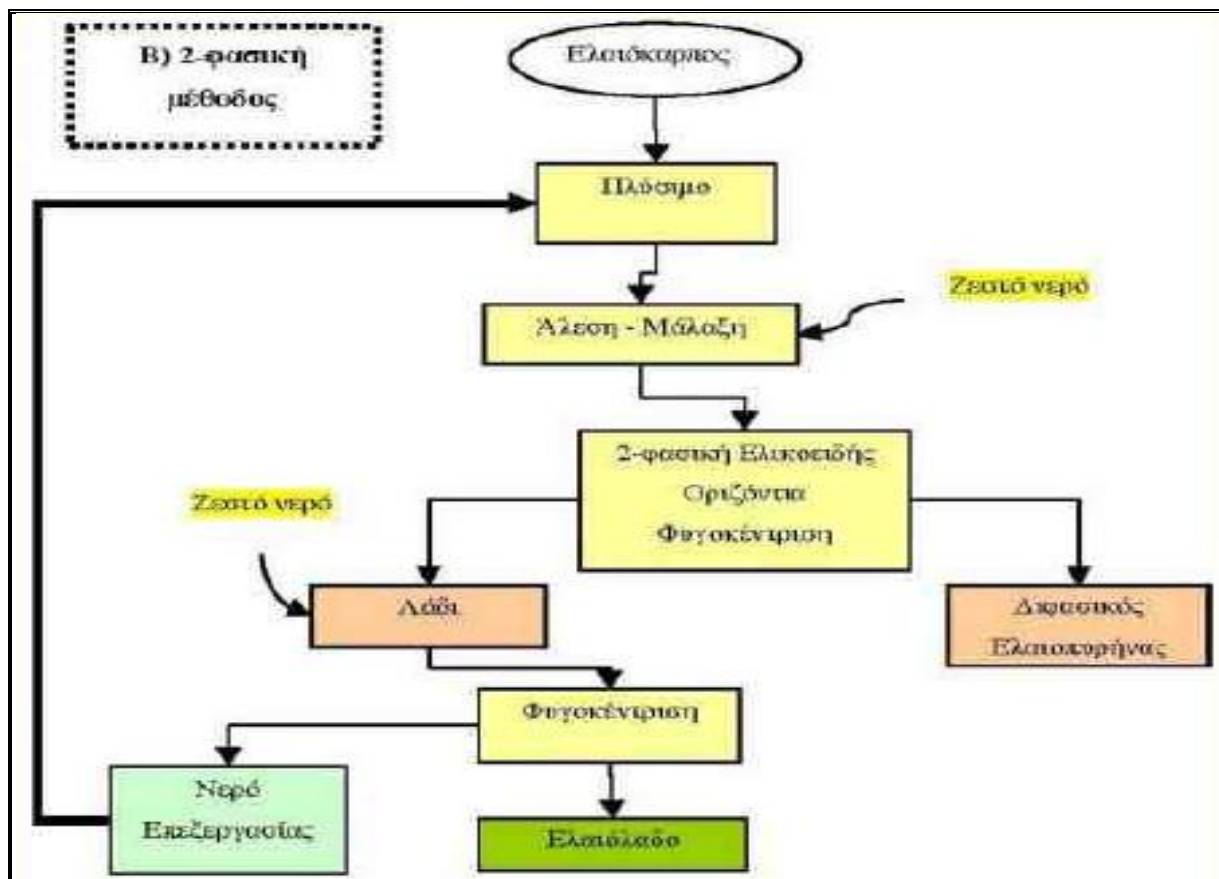
Στο διφασικό σύστημα δεν χρειάζεται αραίωση της ελαιοζύμης με νερό και έτσι κατά τη φυγοκέντριση τα υλικά διαχωρίζονται σε δύο μέρη. Τα τελικά προϊόντα είναι το ελαιόλαδο και ο ελαιοπυρήνας στον οποίο ενσωματώνονται τα απόνερα. Το σημαντικό πλεονέκτημα του συστήματος είναι η μειωμένη κατανάλωση νερού και η έλλειψη υγρών αποβλήτων. Επίσης άλλα πλεονεκτήματα είναι ότι ο εξοπλισμός είναι λιγότερο περίπλοκος και ότι στα διφασικά ελαιουργεία το ελαιόλαδο έχει καλύτερη ποιότητα.

Το μειονέκτημα της μεθόδου όμως είναι ότι ο ελαιοπυρήνας που προκύπτει έχει αυξημένη υγρασία και η διαχείριση στην μεταφορά και στην επεξεργασία καθίσταται δύσκολη. Ως αποτέλεσμα ξεραίνεται με αργό ρυθμό και έχει υψηλό ρυπαντικό φορτίο.

Στα ακόλουθα δύο block διαγράμματα σχηματοποιείται η διαδικασία παραγωγής ελαιολάδου τριών και δύο φάσεων αντίστοιχα.



Εικόνα 10: Διάγραμμα (block) της διαδικασίας τριφασικού συστήματος για την εξαγωγή ελαιολάδου [2].



Εικόνα 11: Διάγραμμα (block) διαδικασίας παραγωγής ελαιολάδου με διφασικό σύστημα [2].

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3.2 Σύγκριση χαρακτηριστικών αποβλήτων από εγκαταστάσεις παραγωγής ελαιολάδου με μεθόδους (α) Παραδοσιακή, (β) 3-φάσεων και (γ) 2-φάσεων.

Χαρακτηριστικό	Παραδοσιακή	3-Φάσεων	2-Φάσεων
Στερεό υπόλειμμα (Kg/τόνο καρπού)	330	500	800
Υγρά απόβλητα (l/τόνο καρπού)	600	1,200	250
BOD ₅ Υγρών αποβλήτων (g/l)	94	90	99
Πολυφαινόλες στα Υγρά απόβλητα (g/l)	100	80	10
Δείκτες πικρότητας	1.4	0.5	-

Πηγή: Ενημερωτικό Φυλλάδιο προγράμματος TDC OLIVE – www.tdcolive.net

Από τον πίνακα προκύπτει ότι, το διφασικό σύστημα δημιουργεί μεγαλύτερο όγκο στερεού υπολείμματος παράγει όμως, μικρότερα ποσά υγρών αποβλήτων και υψηλότερες τιμές BOD₅. Είναι επίσης χαρακτηριστικό ότι, η περιεκτικότητα των Υ.Α.Ε σε πολυφαινόλες είναι μικρότερη στο διφασικό σύστημα, λόγω των χαμηλών ποσών προστιθέμενου νερού.

1.4 Τελικός Διαχωρισμός Ελαιολάδου.

Ο τελικός διαχωρισμός και καθαρισμός του ελαιολάδου γίνεται με ειδικούς κατακόρυφους διαχωριστήρες που απαλλάσσουν το λάδι από το νερό και τις άλλες ξένες ύλες με αποτέλεσμα να παραλαμβάνεται το ελαιόλαδο. Μετά το πέρας της παραγωγής, το ελαιόλαδο ζυγίζεται, γίνεται έλεγχος της ποιότητας του, μετράται η οξύτητα και στην συνέχεια αποθηκεύεται. Το τελικό προϊόν, το φρέσκο ελαιόλαδο, ο παραγωγός το παραλαμβάνει σε δοχεία και αποδίδει τη χρηματική αξία σε είδος στο ελαιοτριβείο που είναι συνήθως 12% επί της παραγωγής, και αποδίδεται μετά την ζύγιση.



Εικόνα 12: Τελικός διαχωρισμός του λαδιού από το νερό [1].



Εικόνα 13: Το ελαιόλαδο κατά την τελική εξαγωγή του [1].

1.5 Απόβλητα Ελαιουργείων.

Μεγάλες ποσότητες αποβλήτων παράγονται παράλληλα με την επεξεργασία του ελαιοκάρπου στα ελαιουργεία. Υπολογίζεται ότι οι παραδοσιακές μέθοδοι επεξεργασίας του ελαιολάδου παράγουν σημαντικές ποσότητες (μεταξύ 400 και 600 λίτρα λύματα) ανά τόνο επεξεργασμένων ελιών. Τα επίπεδα λυμάτων των ελαιοτριβείων από τις διαδικασίες τριών φάσεων είναι πολύ υψηλότερα, και παράγουν από 800 έως 1000 λίτρα λύματα ανά τόνο επεξεργασμένων ελιών. Με την διαδικασία δύο φάσεων δεν παράγονται σχεδόν καθόλου λύματα, αν και τα απόβλητα έχουν την τάση να έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε υγρά που έχουν υψηλό κόστος επεξεργασίας. Συνολικά εκτιμάται ότι παράγονται περίπου 4,6 εκατομμύρια τόνοι λυμάτων ελαιοτριβείου το χρόνο σε ευρωπαϊκό επίπεδο και μεγάλη ποσότητα από αυτά είναι στην ουσία νερό (80-83 %). Τα απόβλητα χωρίζονται στα υγρά απόβλητα που είναι ο λεγόμενος κατσίγαρος, στα στερεά απόβλητα που είναι ο πυρήνας και τα αέρια απόβλητα που προκύπτουν από τις καύσεις και τα μηχανήματα.

Ο επονομαζόμενος κατσίγαρος δηλ. τα υγρά απόβλητα των ελαιουργείων παράγονται κατά την αραίωση της ελαιοζύμης με το νερό, από το πλύσιμο του ελαιοκάρπου, από τα μηχανήματα και τον χώρο του ελαιουργείου. Τα υγρά απόβλητα έχουν σκούρο θολό χρώμα, είναι όξινα, έχουν χαρακτηριστική οσμή και παρουσιάζουν ιδιαίτερα υψηλούς δείκτες ρύπανσης (BOD₅, COD, αιωρούμενα στερεά). Τα υγρά απόβλητα όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα παράγονται κυρίως στα τριφασικά φυγοκεντρικά ελαιουργεία. Η επεξεργασία τους είναι πολύ δύσκολη λόγω των μεγάλων ποσοτήτων τους αλλά και λόγω του μεγάλου οργανικού φορτίου που έχουν. Για το λόγο αυτό υπάρχει πολύ μεγάλη δυσκολία στη διαχείριση αυτών των ποσοτήτων αποβλήτων. Έχει αποδειχθεί ότι οι ουσίες που περιέχονται στον κατσίγαρο διαθέτουν πολύ υψηλό οργανικό φορτίο και τοξικές φαινόλες η επεξεργασία των οποίων μπορεί να αποδώσει ενδιαφέροντα προϊόντα τόσο στη φαρμακοβιομηχανία, όσο και στη βιομηχανία καλλυντικών.

Τα στερεά απόβλητα αποτελούνται από ένα μίγμα στερεών συστατικών όπως τον ελαιοπυρήνα και τα φύλλα των ελαιόδεντρων που συλλέχθηκαν κατά την συγκομιδή του ελαιοκάρπου. Η ελαιοπυρήνα περιέχει 12% περίπου ελαιολάδο γεγονός που την καθιστά αξιοποιήσιμη. Η πυρήνα μεταφέρεται σχεδόν κάθε μέρα στα πυρηνελουργεία όπου εκεί ξεραίνεται στους 60°C και με μια διαδικασία παράγουν το πυρηνέλαιο και το πράσινο σαπούνι ελιάς. Παράγεται και το πυρηνόξυλο το λεγόμενο πυρηνάκι το οποίο το χρησιμοποιούν τα ελαιουργεία για να ζεσταίνουν τα νερά, επίσης χρησιμοποιείται σε φούρνους, σε ημιαυτόματα συστήματα κεντρικής θέρμανσης σπιτιών, θερμοκηπίων κ.α. Συνήθως η μεταφορά και η επεξεργασία της ελαιοπυρήνας από τα 2 φασικά φυγοκεντρικά ελαιοτριβεία είναι ασύμφορη λόγω υψηλής υγρασίας του πυρήνα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η ελαιοπυρήνα να μένει ανεκμετάλλευτη και να δημιουργείται εστία ρύπανσης. Τα φύλλα των ελαιόδέντρων που βγάζει το ελαιοτριβείο χρησιμοποιούνται ως ζωοτροφή.

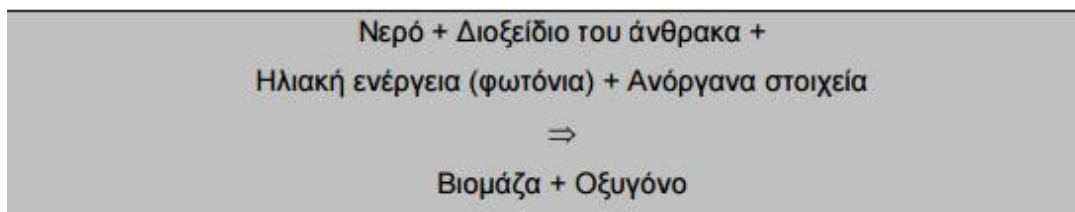
2 ΒΙΟΜΑΖΑ

2.1 Εισαγωγή στη βιομάζα

Γενικά, ως βιομάζα ορίζεται η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Πρακτικά, στον όρο βιομάζα εμπεριέχεται οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο. Πιο συγκεκριμένα, σ' αυτήν περιλαμβάνονται:

- ∅ Οι φυτικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα, όπως π.χ. τα αυτοφυή φυτά και δάση, είτε από τις ενεργειακές καλλιέργειες (έτσι ονομάζονται τα φυτά που καλλιεργούνται ειδικά με σκοπό την παραγωγή βιομάζας για παραγωγή ενέργειας) γεωργικών και δασικών ειδών, όπως π.χ. το σόργο το σακχαρούχο, το καλάμι, ο ευκάλυπτος κ.ά.
- ∅ Τα υποπροϊόντα και κατάλοιπα της φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής, όπως π.χ. τα άχυρα, στελέχη αραβόσιτου, στελέχη βαμβακιάς, κλαδοδέματα, κλαδιά δένδρων, φύκη, κτηνοτροφικά απόβλητα, οι κληματίδες κ.ά.
- ∅ Τα υποπροϊόντα που προέρχονται από τη μεταποίηση ή επεξεργασία των υλικών αυτών, όπως π.χ. τα ελαιοπυρηνόξυλα, υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού, το πριονίδι κ.ά., καθώς και
- ∅ Το βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών.

Η βιομάζα αποτελεί μία δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών. Κατ' αυτήν, η χλωροφύλλη των φυτών μετασηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών, χρησιμοποιώντας ως βασικές πρώτες ύλες διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα καθώς και νερό και ανόργανα συστατικά από το έδαφος. Η διεργασία αυτή μπορεί να παρασταθεί σχηματικά ως εξής:



Από τη στιγμή που σχηματίζεται η βιομάζα, μπορεί πλέον κάλλιστα να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας. Η βιομάζα αποτελεί μια σημαντική, ανεξάντλητη και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας, η οποία είναι δυνατό να συμβάλει σημαντικά στην ενεργειακή επάρκεια, αντικαθιστώντας τα συνεχώς εξαντλούμενα αποθέματα ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο κ.ά.). Η χρήση της βιομάζας ως πηγής ενέργειας 2 δεν είναι νέα. Σ' αυτήν, εξάλλου, συγκαταλέγονται τα καυσόξυλα και οι ξυλάνθρακες που, μέχρι το τέλος του περασμένου αιώνα, κάλυπταν το 97% των ενεργειακών αναγκών της χώρας.

2.2 Παγκόσμιο και Ελληνικό δυναμικό.

Παγκόσμιο και Ελληνικό Δυναμικό Η βιομάζα που παράγεται κάθε χρόνο στον πλανήτη μας υπολογίζεται ότι ανέρχεται σε 172 δισεκ. τόνους ξηρού υλικού, με ενεργειακό περιεχόμενο

δεκαπλάσιο της ενέργειας που καταναλίσκεται παγκοσμίως στο ίδιο διάστημα. Το τεράστιο αυτό ενεργειακό δυναμικό παραμένει κατά το μεγαλύτερο μέρος του ανεκμετάλλευτο, καθώς, σύμφωνα με πρόσφατες εκτιμήσεις, μόνο το 1/7 της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας καλύπτεται από τη βιομάζα και αφορά κυρίως τις παραδοσιακές χρήσεις της (καυσόξυλα κλπ.).

Στην Ελλάδα, τα κατ' έτος διαθέσιμα γεωργικά και δασικά υπολείμματα ισοδυναμούν ενεργειακά με 3-4 εκατ. τόνους πετρελαίου, ενώ το δυναμικό των ενεργειακών καλλιεργειών μπορεί, με τα σημερινά δεδομένα, να ξεπεράσει άνετα εκείνο των γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων. Το ποσό αυτό αντιστοιχεί ενεργειακά στο 30- 40% της ποσότητας του πετρελαίου που καταναλώνεται ετησίως στη χώρα μας. Σημειώνεται ότι 1 τόνος βιομάζας ισοδυναμεί με περίπου 0,4 τόνους πετρελαίου. Εντούτοις, με τα σημερινά δεδομένα, καλύπτεται μόλις το 3% περίπου των ενεργειακών αναγκών της με τη χρήση της διαθέσιμης βιομάζας. Η βιομάζα στη χώρα μας χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή, κατά τον παραδοσιακό τρόπο, θερμότητας στον οικιακό τομέα (μαγειρική, θέρμανση), για τη θέρμανση θερμοκηπίων, σε ελαιουργεία, καθώς και, με τη χρήση πιο εξελιγμένων τεχνολογιών, στη βιομηχανία (εκκοκκιστήρια βαμβακιού, παραγωγή προϊόντων ξυλείας, ασβεστοκάμινοι κ.ά.), σε περιορισμένη, όμως, κλίμακα. Ως πρώτη ύλη σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται υποπροϊόντα της βιομηχανίας ξύλου, 3 ελαιοπυρηνόξυλα, κουκούτσια ροδακίνων και άλλων φρούτων, τσόφλια αμυγδάλων, βιομάζα δασικής προέλευσης, άχυρο σιτηρών, υπολείμματα εκκοκκισμού κ.ά. Παρ' όλα αυτά, οι προοπτικές αξιοποίησης της βιομάζας στη χώρα μας είναι εξαιρετικά ευοίωνες, καθώς υπάρχει σημαντικό δυναμικό, μεγάλο μέρος του οποίου είναι άμεσα διαθέσιμο. Παράλληλα, η ενέργεια που μπορεί να παραχθεί είναι, σε πολλές περιπτώσεις, οικονομικά ανταγωνιστική αυτής που παράγεται από τις συμβατικές πηγές ενέργειας. Από πρόσφατη απογραφή, έχει εκτιμηθεί ότι το σύνολο της άμεσα διαθέσιμης βιομάζας στην Ελλάδα συνίσταται από 7.500.000 περίπου τόνους υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών (σιτηρών, αραβόσιτου, βαμβακιού, καπνού, ηλίανθου, κλαδοδεμάτων, κληματίδων, πυρηνόξυλου κ.ά.), καθώς και από 2.700.000 τόνους δασικών υπολειμμάτων υλοτομίας (κλάδοι, φλοιοί κ.ά.). Πέραν του ότι το μεγαλύτερο ποσοστό αυτής της βιομάζας δυστυχώς παραμένει αναξιοποίητο, πολλές φορές αποτελεί αιτία πολλών δυσάρεστων καταστάσεων (πυρκαγιές, δυσκολία στην εκτέλεση εργασιών, διάδοση ασθενειών κ.ά.). Από τις παραπάνω ποσότητες βιομάζας, το ποσοστό τους εκείνο που προκύπτει σε μορφή υπολειμμάτων κατά τη δευτερογενή παραγωγή προϊόντων (εκκοκκισμός βαμβακιού, μεταποίηση γεωργικών προϊόντων, επεξεργασία ξύλου κ.ά.) είναι άμεσα διαθέσιμο, δεν απαιτεί ιδιαίτερη φροντίδα συλλογής, δεν παρουσιάζει προβλήματα μεταφοράς και μπορεί να τροφοδοτήσει απ' ευθείας διάφορα συστήματα παραγωγής ενέργειας. Μπορεί, δηλαδή, η εκμετάλλευσή του να καταστεί οικονομικά συμφέρουσα. Παράλληλα με την αξιοποίηση των διαφόρων γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων, σημαντικές ποσότητες βιομάζας είναι δυνατό να ληφθούν από τις ενεργειακές καλλιεργείες. Συγκριτικά με τα γεωργικά και δασικά υπολείμματα, οι καλλιεργείες αυτές έχουν το πλεονέκτημα της υψηλότερης παραγωγής ανά μονάδα επιφανείας, καθώς και της ευκολότερης συλλογής. Στο σημείο αυτό, αξίζει να σημειωθεί ότι οι ενεργειακές καλλιεργείες αποκτούν τα τελευταία χρόνια ιδιαίτερη σημασία για τις ανεπτυγμένες χώρες, που προσπαθούν, μέσω των καλλιεργειών αυτών, να περιορίσουν,



Εικόνα 14: Η συμμετοχή της βιομάζας (%) στην παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας[6]

πέραν των περιβαλλοντικών και ενεργειακών τους προβλημάτων, και το πρόβλημα των γεωργικών πλεονασμάτων. Όπως είναι γνωστό, στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης τα γεωργικά πλεονάσματα, και τα οικονομικά προβλήματα που αυτά δημιουργούν, οδηγούν αναπόφευκτα στη μείωση της γεωργικής γης και της αγροτικής παραγωγής. Υπολογίζεται ότι, την προσεχή δεκαετία, θα μπορούσαν να αποδοθούν στις ενεργειακές καλλιέργειες 100-150 εκατ. στρέμματα γεωργικής γης, προκειμένου να αποφευχθούν τα 4 προβλήματα των επιδοτήσεων των γεωργικών πλεονασμάτων και της απόρριψης αυτών στις χωματερές, με ταυτόχρονη αύξηση των ευρωπαϊκών ενεργειακών πόρων. Στη χώρα μας, για τους ίδιους λόγους, 10 εκατομμύρια στρέμματα καλλιεργήσιμης γης έχουν ήδη περιθωριοποιηθεί ή προβλέπεται να εγκαταλειφθούν στο άμεσο μέλλον. Εάν η έκταση αυτή αποδοθεί για την ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών, το καθαρό όφελος σε ενέργεια που μπορεί να αναμένεται υπολογίζεται σε 5-6 ΜΤΠΠ (1 ΜΤΠΠ= 106 ΤΠΠ, όπου ΤΠΠ σημαίνει: Τόνοι Ισοδύναμου Πετρελαίου) δηλαδή στο 50-60% της ετήσιας κατανάλωσης πετρελαίου στην Ελλάδα.

Στον ελληνικό χώρο έχει αποκτηθεί σημαντική εμπειρία στον τομέα των ενεργειακών καλλιεργειών. Από την πραγματοποίηση σχετικών πειραμάτων και πιλοτικών εφαρμογών, προέκυψαν τα εξής σημαντικά στοιχεία:

- Ø Η ποσότητα βιομάζας που μπορεί να παραχθεί ανά ποτιστικό στρέμμα ανέρχεται σε 3-4 τόνους ξηρής ουσίας, ήτοι 1-1,6 ΤΠΠ.
- Ø Η ποσότητα βιομάζας, που μπορεί να παραχθεί ανά ξηρικό στρέμμα μπορεί να φτάσει τους 2-3 τόνους ξηρής ουσίας, ήτοι 0,7-1,2 ΤΠΠ.

2.3 Είδη βιομάζας

Στην πράξη υπάρχουν δύο τύποι βιομάζας ανάλογα με την προέλευσή της:

1. Η βιομάζα που παράγεται από ενεργειακές καλλιέργειες και
2. Οι υπολειμματικές μορφές βιομάζας οι οποίες διακρίνονται σε τέσσερις κύριες κατηγορίες:

- Ø Τα υπολείμματα που παραμένουν στον αγρό ή στο δάσος μετά τη συγκομιδή του κυρίου προϊόντος. Τέτοιου είδους υπολείμματα είναι το άχυρο σιτηρών, τα βαμβακοστελέχη, τα κλαδοδέματα κ.α.
- Ø Τα υπολείμματα γεωργικών και δασικών βιομηχανιών, όπως ελαιοπυρήνες, πριονίδια κ.α.
- Ø Τις ενεργειακές καλλιέργειες, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιοενέργειας και βιοκαυσίμων και είναι είτε παραδοσιακές καλλιέργειες (ζαχαροκάλαμο και καλαμπόκι για βιοαιθανόλη, ηλίανθος για βιοντίζελ, λεύκα και ιτιά για παράγωγη ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας κτλ) είτε φυτά που δεν καλλιεργούνται προς το παρόν εμπορικά όπως ο μισχανθός, η αγριαγκινάρα, και το καλάμι.
- Ø Το οργανικό κλάσμα των απορριμμάτων, βιομηχανικών λυμάτων και αστικών απόβλητων.

Στην Ελλάδα, η ενεργειακά αξιοποιήσιμη βιομάζα εμφανίζεται με τις εξής μορφές:

- Ø Γεωργικά υπολείμματα αγρού, όπως άχυρο σιτηρών, υπολείμματα καλαμποκιού, κλαδέματα δέντρων, καλλιεργειών κ.α.
- Ø Βιομάζα δασικής προέλευσης όπως τα καυσόξυλα, ξυλάνθρακες, υπολείμματα επεξεργασίας ξύλου κ.α.
- Ø Ενεργειακές καλλιέργειες όπως ο ευκάλυπτος, το καλάμι, η αγριαγκινάρα κ.α. Συγκριτικά με τα γεωργικά και δασικά υπολείμματα οι ενεργειακές καλλιέργειες έχουν το πλεονέκτημα της υψηλότερης παραγωγής ανά μονάδα επιφάνειας και την ευκολότερη συλλογή
- Ø Απόβλητα κτηνοτροφίας(ζωικά περιττώματα, εντόσθια κα.)
- Ø Αγροτοβιομηχανικά απόβλητα, καθώς και απόβλητα των βιομηχανιών τροφίμων (ελαιοτριβεία, τυροκομεία κ.α.)
- Ø Οργανικό μέρος αστικών στερεών αποβλήτων και αστικά λύματα.

2.4 Τεχνολογίες Βιοενέργειας.

Κάθε πηγή βιομάζας έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά ως προς τη θερμογόνο αξία του περιεχομένου, την υγρασία και τέφρα, κλπ. που απαιτεί τη λήψη κατάλληλων τεχνολογιών μετατροπής για την παραγωγή βιοενέργειας. Ως αποτέλεσμα του πλήθους των διαφόρων ειδών βιομάζας, οι τεχνολογίες μετατροπής τους σε βιοενέργεια είναι πολλές και αρκετά διαφορετικές μεταξύ τους. Συνήθως, οι τεχνολογίες διακρίνονται ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο παράγεται το καύσιμο, σε θερμικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες.

2.4.1 Θερμικές Διεργασίες.

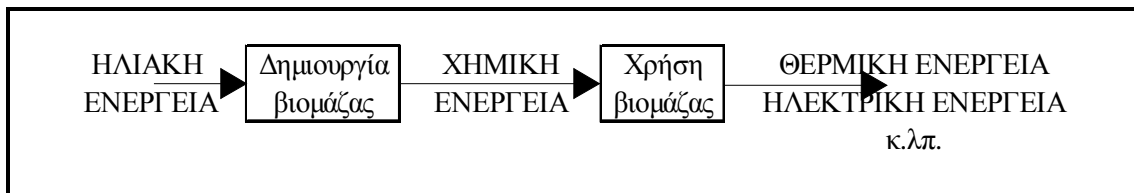
Στις θερμικές διεργασίες κυριαρχεί η καύση και η παραγωγή της ενέργειας γίνεται με δύο τρόπους, είτε μέσω ατμοστροβίλου, είτε μέσω του οργανικού κύκλου Rankine (ORC). Αποτελεί την πιο διαδεδομένη τεχνολογία παραγωγής βιοενέργειας που χρησιμοποιείται στην πλειοψηφία των εφαρμογών παγκοσμίως. Οι θερμικές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

2.4.2 Χημικές Διεργασίες.

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

2.4.3 Βιολογικές Διεργασίες.

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



Εικόνα 15: Ενεργειακοί μετασχηματισμοί κατά τη δημιουργία βιομάζας

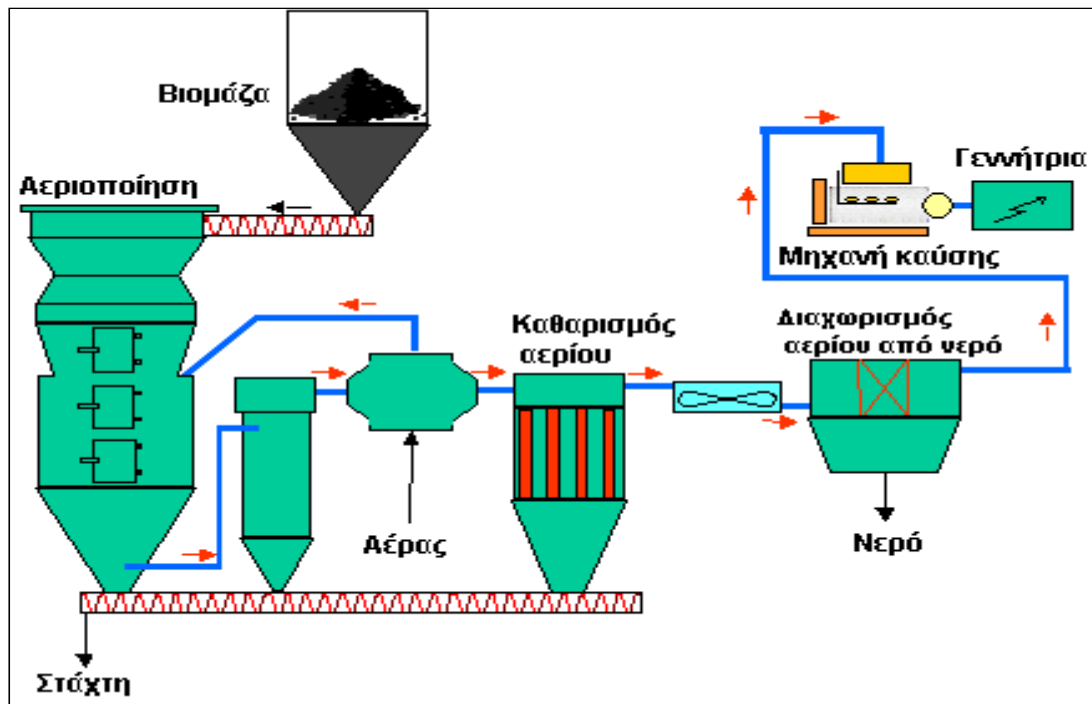
Εικόνα 16: Παραγωγή ενέργειας από τη βιομάζα

2.5 Καύση της βιομάζας.

Η απευθείας καύση της βιομάζας για παραγωγή θερμότητας είναι ο απλούστερος τρόπος για την ενεργειακή αξιοποίησή της. Για την επίτευξη καλύτερων βαθμών απόδοσης στη καύση είναι επιθυμητό η περιεκτικότητα της βιομάζας σε υγρασία να είναι χαμηλή συνήθως κάτω του 20%. Πολλές φορές απαιτείται τεμαχισμός της βιομάζας σε μικρά κομμάτια για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες συσκευές και φούρνους για καύση. Όταν η βιομάζα βρίσκεται υπό μορφή πολύ μικρών κόκκων είναι επιθυμητό πολλές φορές να μετατραπεί σε μπρικέτες. Αυτό επιτυγχάνεται με τη μορφοποίησή της σε κατάλληλα μηχανήματα με υψηλή πίεση. Για την παραγωγή ατμού η βιομάζα καίγεται σε κατάλληλους καυστήρες και βραστήρες με ειδικούς εναλλάκτες θερμότητας. Κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος καύσης της βιομάζας πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η καύση απαιτεί τρεις παράγοντες για να αρχίσει και να συνεχίσει να υπάρχει δηλαδή καύσιμο, οξυγόνο και θερμότητα. Ο έλεγχος της καύσης γίνεται με τον έλεγχο των τριών αυτών παραγόντων.

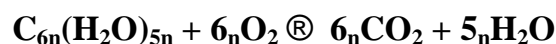
Με την καύση του ξύλου παράγονται πτητικά αέρια που καίγονται, δημιουργώντας το κάρβουνο που καίγεται στη συνέχεια. Οξυγόνο θα πρέπει να μεταφερθεί από το περιβάλλον στη ζώνη καύσης. Το μέγεθος, η πυκνότητα και η τοποθέτηση του ξύλου στην εστία καύσης επηρεάζουν την ταχύτητα και την πληρότητα της καύσης. Οι απώλειες θερμότητας προς το περιβάλλον μπορούν να ελαχιστοποιηθούν κατά την καύση της βιομάζας, εφόσον η εστία καύσης περικλείεται σε κάποια τοιχώματα. Έτσι ελαχιστοποιούνται οι απώλειες θερμότητας με μεταφορά. Ταυτόχρονα τα τοιχώματα θα πρέπει να απορροφούν την ακτινοβολούμενη θερμότητα, μέρος της οποίας θα πρέπει να ακτινοβολούν πάλι. Η θερμότητα που χάνεται με τα αέρια καύσης μπορεί να ανακτηθεί σε σημαντικό βαθμό, εφόσον χρησιμοποιηθεί

κατάλληλος εναλλάκτης θερμότητας. Σήμερα υπάρχουν σόμπες και τζάκια που επιτυγχάνουν βαθμούς απόδοσης από 20% έως 80%, ανάλογα με το βαθμό που εξοικονομούν θερμότητα.



Εικόνα 17: Διεργασία καύσης βιομάζας [21]

Η θερμότητα που χάνεται με τα αέρια καύσης μπορεί να ανακτηθεί σε σημαντικό βαθμό, εφόσον χρησιμοποιηθεί κατάλληλος εναλλάκτης θερμότητας. Σήμερα υπάρχουν σόμπες και τζάκια που επιτυγχάνουν βαθμούς απόδοσης από 20% έως 80%, ανάλογα με το βαθμό που εξοικονομούν θερμότητα. Οι θερμοκρασίες που επιτυγχάνεται η καύση της βιομάζας κυμαίνονται στους 1000-1500°C. Η τυπική χημική αντίδραση κατά τη καύση της βιομάζας είναι (τυπική βιομάζα) :



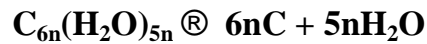
2.5.1 Ανθρακοποίηση της βιομάζας

Το κάρβουνο που χρησιμοποιείται ευρύτατα στις αναπτυσσόμενες χώρες σαν καύσιμο παράγεται με την ανθρακοποίηση της βιομάζας. Η ανθρακοποίηση είναι μία διεργασία όπου το ξύλο θερμαίνεται παρουσία αέρα σε αναλογία μικρότερη από τη στοιχειομετρική, και σαν προϊόν παράγεται το κάρβουνο καθώς και υγρά και αέρια παραπροϊόντα. Μετά το πέρας της ανθρακοποίησης το κάρβουνο ψύχεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η διεργασία της ανθρακοποίησης γίνεται σε 4 στάδια:

- Ø Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει τη ξήρανση του ξύλου που πρόκειται να ανθρακοποιηθεί και καταναλώνει ενέργεια. Η θερμοκρασία είναι περίπου 200°C.
- Ø Το δεύτερο στάδιο περιλαμβάνει τη φάση της προ-ανθρακοποίησης και γίνεται σε θερμοκρασίες 170- 300°C, ενώ παράγονται υγρά και αέρια προϊόντα. Το στάδιο αυτό απαιτεί επίσης την κατανάλωση ενέργειας.
- Ø Το τρίτο στάδιο που παράγει ενέργεια γίνεται σε θερμοκρασίες 250- 300°C. Στο στάδιο αυτό εκλύονται υγρά και αέρια παραπροϊόντα, ενώ το ξύλο ανθρακοποιείται πλήρως.

- Ø Στο τέταρτο στάδιο σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 300°C απομακρύνονται όλες οι πτητικές ουσίες από το κάρβουνο και το προϊόν είναι τώρα έτοιμο.

Η βασική χημική αντίδραση κατά την ανθρακοποίηση της τυπικής βιομάζας είναι :



Οι ιδιότητες του κάρβουνου εξαρτώνται κύρια από παράγοντες όπως η υγρασία της βιομάζας, ο τύπος του ξύλου και η χημική του σύσταση, η θερμοκρασία της ανθρακοποίησης. Η σύσταση κάρβουνου ικανοποιητικής ποιότητας είναι :

Άνθρακας περισσότερο από 70%,

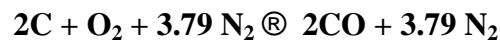
Πτητικές ουσίες 25%, και

Στάχτη 5%.

Η πυκνότητά του κυμαίνεται περίπου 250-300 kg/m³, ενώ η θερμιδική του αξία είναι 25 MJ/kg σε σύγκριση με τα 15 MJ/kg του ξύλου. Ο τελικός όγκος του παραγόμενου κάρβουνου είναι περίπου το μισό του αρχικού όγκου του ανθρακοποιημένου ξύλου. Υπάρχουν διάφορα συστήματα για την ανθρακοποίηση της βιομάζας, τα οποία είναι συνήθως απλής κατασκευής. Η διάρκεια της διαδικασίας ανθρακοποίησης είναι συνήθως 2- 20 ημέρες, ενώ η απόδοση κυμαίνεται σε 15-25%.

2.5.2 Αεριοποίηση της βιομάζας.

Η αεριοποίηση της βιομάζας περιλαμβάνει τη μερική καύση της (με αναλογία αέρα μικρότερη από την στοιχειομετρική) σε κατάλληλους αντιδραστήρες. Η βασική χημική αντίδραση κατά την αεριοποίηση της βιομάζας, η οποία γίνεται σε περισσότερα του ενός στάδια, είναι :



Το προκύπτον αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν καύσιμο και έχει την εξής σύνθεση :

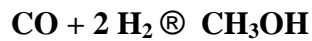
CO ₂	3%
C _x H _y	< 0,1%
O ₂	0.9%
CO	28,7%
H ₂	3,8%
CH ₄	0,2%
N ₂	63%

Η θερμιδική του αερίου αξία είναι περίπου 1700 Kcal/M³ (λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας σε N₂). Για τη βελτίωση της θερμιδικής αξίας του παραγόμενου αερίου η βιομάζα μπορεί να είναι υγρή, οπότε γίνεται ταυτόχρονα και η αντίδραση :



Η περίπτωση αυτή αναφέρεται στην υγρή αεριοποίηση της βιομάζας. Οι θερμοκρασίες για την αεριοποίηση της βιομάζας είναι υψηλότερες των 900°C και για τη βελτίωση της θερμιδικής αξίας του παραγόμενου αερίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί οξυγόνο αντί για αέρα.

Για την παραγωγή της μεθανόλης απαιτείται βιομάζα με υψηλή περιεκτικότητα σε κυτταρίνη. Η τεχνολογία παραγωγής μεθανόλης είναι τελείως διαφορετική από τις βιολογικές διεργασίες που οδηγούν στην παραγωγή αιθανόλης. Η μετατροπή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο η βιομάζα αεριοποιείται και το μίγμα των αερίων που λαμβάνεται πρέπει να είναι κατάλληλο για τη σύνθεση της μεθανόλης. Στο δεύτερο στάδιο γίνεται η σύνθεση της μεθανόλης σύμφωνα με την αντίδραση :



Η αντίδραση γίνεται στους 300°C και στις 150 atm. Η παραγωγή της μεθανόλης από βιομάζα για να είναι οικονομικά βιώσιμη απαιτεί εγκαταστάσεις πολύ μεγάλης κλίμακας, σε αντίθεση με την παραγωγή αιθανόλης και βιοαερίου που μπορούν να γίνουν και σε μικρή κλίμακα.

2.5.3 Πυρόλυση της βιομάζας.

Κατά τη διάρκεια της πυρόλυσης η βιομάζα αποσυντίθεται απουσία αέρα και τα παραγόμενα προϊόντα από τη θερμοχημική αυτή μετατροπή είναι α)αέρια, β)πυρολιγνικά υγρά και γ)βιοάνθρακας (κάρβουνο). Η πυρόλυση γίνεται σε κλειστά δοχεία απουσία αέρα σε θερμοκρασίες 500-600°C. Κατά τη διάρκεια της πυρόλυσης δεν απαιτείται παρά η προσφορά μικρών ποσοτήτων θερμότητας. Η ποσοτική αναλογία των προϊόντων της πυρόλυσης του ξύλου είναι :

1. α) βιοάνθρακας 25%
2. β) αέριο 15%
3. γ) πυρολιγνικά οξέα 45%
4. δ) ελαιώδης πίσσα 15%

Ο βιοάνθρακας που προκύπτει από τη πυρόλυση της βιομάζας έχει την εξής σύσταση περίπου :

Άνθρακας 83%
Υδρογόνο 3%
Οξυγόνο 11%
Άζωτο 03,%
Τέφρα 2,7%

Αναφορικά με τη θερμογόνο ισχύ του βιοάνθρακα που προκύπτει από την πυρόλυση κλαδοδεμάτων ελιάς αυτή εκτιμάται περίπου στα 6644 KJ/kg. Η ελαιώδης πίσσα (βιοέλαιο) που προκύπτει από την πυρόλυση της βιομάζας έχει την ακόλουθη σύνθεση :

Άνθρακας 51%
Υδρογόνο 8%
Οξυγόνο 40%
Άζωτο 0,9%
Θείο 0,01%
Τέφρα 0,09%

Η θερμογόνο ισχύς του βιοελαίου που προκύπτει από την πυρόλυση κλαδοδεμάτων ελιάς είναι 8263 kcal/kg. Το αέριο (βιοαέριο) που προκύπτει από τη πυρόλυση της βιομάζας έχει ογκομετρική σύνθεση.

CO	15%
CO ₂	28%
H ₂	6,5%

CH ₄	3,5%
C _x H _y	2%
N ₂	45%

Τέλος η θερμαντική αξία του αερίου που παράγεται κατά την πυρόλυση της βιομάζας κυμαίνεται στα 3200-4500 BTU/lb.

Πίνακας 2.5.3: Ετήσια παραγωγή δασικής βιομάζας στην Ελλάδα σε τόνους.

Αττική	8.081
Υπ. Στερ. Ελλάδας και Εύβοια	46.925
Πελοπόννησος	134.908
Νησιά Ιονίου	37.405
Ήπειρος	4.331
Θεσσαλία	16.786
Μακεδονία	7.087
Θράκη	913
Νησιά Αιγαίου	37.280
Κρήτη	109.038
ΣΥΝΟΛΟ ΧΩΡΑΣ	402.754

2.5.4 Παραγωγή αερίου με χώνευση βιομάζας.

Το βιοαέριο παράγεται με τη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης της βιομάζας. Η αναερόβια χώνευση της βιομάζας περιλαμβάνει τη μικροβιακή αποδόμηση σύνθετων οργανικών μορίων προς απλούστερα μόρια και γίνεται σε τρεις φάσεις :

- Ø Τη φάση της υδρόλυσης
- Ø Την όξινη φάση
- Ø Τη φάση της μεθανοποίησης.

Στη φάση της υδρόλυσης σύνθετα οργανικά μόρια διασπώνται σε απλούστερα μόρια. Στην όξινη φάση υδατάνθρακες, πρωτεΐνες και λίπη διασπώνται από μικροοργανισμούς σε οξέα, CO₂, H₂, NH₃ κ.ά. Στη τελική φάση H₂, CO₂, αλκοόλες, οργανικά οξέα παράγουν με τη βοήθεια ενζύμων μεθάνιο. Κατά τη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης και οι τρεις φάσεις συμβαίνουν ταυτόχρονα και εάν κάποια φάση επικρατήσει, τότε η παραγωγή μεθανίου διαταράσσεται σοβαρά. Η χημική εξίσωση για την αναερόβια χώνευση της κυτταρίνης γράφεται :

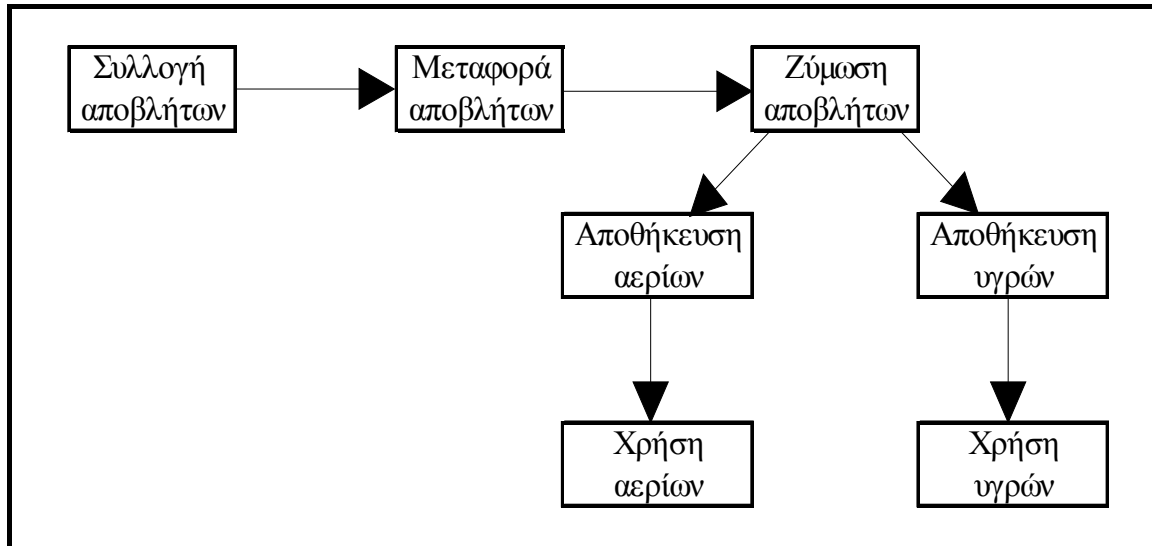


Τα μεθανογενή βακτήρια είναι ευαίσθητα στο pH που θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 6,6 και 7,0 και πάντως όχι κάτω του 6,2 και η σύνθεση του βιοαερίου είναι περίπου 60% CH₄, 35% CO₂ και 5% άλλα αέρια όπως H₂, N₂, NH₃, H₂S, CO, O₂, H₂O, πτητικές αμίνες κ.ά.

Η παρουσία του H₂S στο βιοαέριο του προσδίδει διαβρωτική δράση και συνεπώς πολλές φορές απαιτείται η απομάκρυνσή του πριν από τη χρήση του. Η θερμογόνο δύναμη του βιοαερίου είναι περίπου 5000 Kcal/Nm³ (21,000 kJ/Nm³). Η αναερόβια χώνευση της βιομάζας μπορεί να γίνει σε τρεις θερμοκρασιακές ζώνες :

- Ø Τη ψυχρόφιλη ζώνη περίπου 20°C
- Ø Τη μεσόφιλη ζώνη περίπου 35°C
- Ø Τη θερμόφιλη ζώνη περίπου 55°C.

Όταν η χώνευση γίνεται στη ψυχρόφιλη ζώνη, ο χρόνος της χώνευσης είναι τουλάχιστον 14 ημέρες. Σε υψηλότερες θερμοκρασίες η χώνευση γίνεται ταχύτερα και η απόδοση αυξάνεται. Πολλές φορές σε κρύα κλίματα μέρος του παραγόμενου βιοαερίου χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του βιοαντιδραστήρα και τη διατήρηση της επιθυμητής θερμοκρασίας εντός αυτού. Η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης της βιομάζας εννοείται από υγρό, θερμό και σκοτεινό περιβάλλον. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η διαδικασία κατά την παραγωγή βιοαερίου από κτηνοτροφικά απόβλητα.



Εικόνα 18: Παραγωγή βιοαερίου από κτηνοτροφικά απόβλητα.

Οι βιοαντιδραστήρες χώνευσης της βιομάζας μπορεί να είναι συνεχούς ή διαλείποντος έργου. Για τη διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας είναι απαραίτητη η μόνωση και πιθανώς η θέρμανση του βιοαντιδραστήρα. Το βιοαέριο που παράγεται μπορεί να αποθηκευθεί. Εφόσον αποθηκευθεί υπό συνήθη πίεση, απαιτούνται μεγάλοι αποθηκευτικοί χώροι αλλά εάν συμπιεσθεί και υγροποιηθεί, απαιτούνται υψηλές πιέσεις. Έτσι, για οικονομικούς λόγους προτιμάται η άμεση καύση του είτε για παραγωγή θερμότητας είτε για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα υγρά απόβλητα που απομένουν έχουν χαμηλότερο ρυπαντικό φορτίο από τα αρχικά απόβλητα και είναι σχετικά σταθεροποιημένα. Έχει μειωθεί η δυσοσμία τους, περιέχουν όμως παθογόνους μικροοργανισμούς. Ενδείκνυται η διάθεσή τους με προσοχή στους αγρούς για λίπανση λόγω της υψηλής λιπασματικής τους αξίας. Συνήθως όμως απαιτούνται αποθηκευτικοί χώροι που η κατασκευή τους κοστίζει αρκετά. Στον πίνακα 3 φαίνεται η παραγωγή βιοαερίου από διάφορα είδη βιομάζας όπου οι αποδόσεις είναι σε θερμοκρασία 30°C.

Πίνακας 2.5.4.1: Παραγωγή βιοαερίου από διάφορα είδη βιομάζας.

Πρώτη ύλη	Απόδοση ζύμωσης (m ³ /kg στερεών ουσιών)	(%)	Περίοδος χώνευσης (ημέρες)
Άχυρο	0,35	78	24
Κορυφές πατάτας	0,53	75	6

Κορυφές καλαμποκιού	0,49	83	10
Φύλλα τεύτλων	0,46	85	4
Χόρτο	0,50	84	8
Ιλύς εγκαταστάσεων επεξεργ. αστικών λυμάτων	0,43	78	16
Απορρίμματα	0,61	62	12
Απόβλητα σφαγείων	0,45	70	20

Πίνακας 2.5.4.2: Παραγωγή βιοαερίου από διάφορα κτηνοτροφικά απόβλητα.

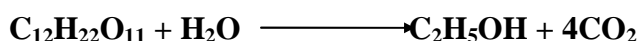
Πηγή	Οργανική ουσία (χλγ/ημέρα)	Παραγόμενο βιοαέριο (Nm ³ ανά χλγ. οργανικών ουσιών σε χρόνο ζύμωσης 20 ημέρες)
Βοοειδή 250-400 χλγ.	3,5	0,16
Χοίροι 30-80 χλγ.	0,2-0,5	0,28
Κότες 2-2,5 χλγ.	0,02	0,28
Άλογα	3,5	0,28

2.5.5 Παραγωγή αιθανόλης από βιομάζα.

Αιθανόλη μπορεί να παραχθεί από διάφορους τύπους βιομάζας με χημικές και βιολογικές διεργασίες και η παραγόμενη αιθανόλη αποτελεί άριστο καύσιμο. Τρεις τύποι βιομάζας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το σκοπό αυτό :

- α) Σακχαρούχες ύλες
- β) Αμυλούχες ύλες
- γ) Κυτταρινούχες ύλες.

Οι σακχαρούχες ύλες είναι οι πιο ελκυστικές για την παραγωγή αιθανόλης, καθώς περιέχουν σάκχαρα ζυμώσιμα σε αλκοόλη. Η μετατροπή της σουκρόζης σε αλκοόλη γίνεται σύμφωνα με τη σχέση :



Η αναερόβια ζύμωση γίνεται κυρίως από τη ζύμη *Saccharomyces cerevisiae*. Η ζύμωση σταματά σε κάποιο σημείο καθώς συγκεντρώσεις αλκοόλης στο ζυμούμενο διάλυμα πάνω από 10-12% καθιστούν απαγορευτικό τον μεταβολισμό των ζυμών και συνεπώς υψηλότερες συγκεντρώσεις αλκοόλης μέχρι 95% επιτυγχάνονται με απόσταξη. Στη συγκέντρωση 95% αιθανόλη και 5% νερό σχηματίζεται αζεοτροπικό μίγμα και συνεπώς με απόσταξη δεν μπορούν να επιτευχθούν υψηλότερες συγκεντρώσεις αιθανόλης. Διάφορες γεωργικές πρώτες ύλες με υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη παραγωγή αιθανόλης. Ενδεικτικά αναφέρονται τα τεύτλα, το σακχαροκάλαμο, το γλυκό σόργο κ.ά. Παραπροϊόντα ή απόβλητα επίσης της βιομηχανίας τροφίμων πλούσια σε σάκχαρα όπως οι μολάσες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη παραγωγή αιθανόλης. Σήμερα το σακχαροκάλαμο αποτελεί την κύρια πρώτη ύλη που παράγονται μεγάλες ποσότητες αιθανόλης παγκοσμίως. Έτσι στη Βραζιλία από δεκαετίες χρησιμοποιείται το γεωργικό αυτό προϊόν για τη παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων αιθανόλης και αυτή για τη κίνηση εκατομμυρίων αυτοκινήτων.

Αμυλούχες πρώτες ύλες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή αιθανόλης αφού πρώτα υδρολυθεί το άμυλο σε σάκχαρα και στη συνέχεια ζυμωθούν τα σάκχαρα. Η υδρόλυση του αμύλου μπορεί να είναι είτε ενζυματική παρουσία κατάλληλων μικροοργανισμών είτε όξινη σε pH 1,5 και στις 2 atm.

Κυτταρινούχες πρώτες ύλες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή αιθανόλης αφού πρώτα υδρολυθεί η κυτταρίνη σε σάκχαρα. Η υδρόλυση μπορεί να είναι όξινη ή ενζυματική όπως στην περίπτωση του αμύλου, είναι όμως πιο δύσκολη και πιο δαπανηρή.

Στο ακόλουθο σχήμα παρουσιάζεται η παραγωγή αιθανόλης από γεωργικές και δασικές πρώτες ύλες, ενώ στον πίνακα 5 φαίνονται οι αποδόσεις σε αιθανόλη διαφόρων φυτών.

Πρώτη ύλη	Τόνου/ εκτάριο	Υδατάνθρακες %	Αιθανόλη	
			λίτρα./τόννο	100λ./εκτάριο
Τεύτλα	40-50	16	90-100	38-48
Ζαχαροκάλαμο	50-100	13	60-80	35-70
Καλαμπόκι	4-8	60	360-400	15-30
Σιτάρι	2-5	62	370-420	8-20
Βρώμη	2-4	52	310-350	7-13
Σόργο	2-5	70	330-370	7-18
Πατάτες	20-30	18	100-120	22-23
Γλυκοπατάτα	10-20	25-27	140-170	16-31
Ταπιόκα	12-15	25-30	175-190	22-23
Καλοκάσι	30-60	16-18	80-100	27-54

Εικόνα 19: Παραγωγή αιθανόλης από αγροτικά προϊόντα.

Κατά τη ζύμωση των σακχάρων το pH πρέπει να είναι περίπου 4-5 και η θερμοκρασία 30-32°C. Η αλκοολική ζύμωση μπορεί να είναι διαλείπωντος έργου, ημισυνεχής ή συνεχής. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο αριθμός οκτανίων της καθαρής αιθανόλης όταν χρησιμοποιείται σαν καύσιμο οχημάτων είναι 106 σε σύγκριση με 90-92 της απλής βενζίνης και 97-99 της βενζίνης σούπερ.

Η παραγωγή αιθανόλης από σακχαρούχες γεωργικές πρώτες ύλες συνεπάγεται τη δέσμευση σημαντικών εκτάσεων γης που διαφορετικά θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή τροφίμων. Σημαντικό πρόβλημα ρύπανσης παρουσιάζουν τα απόβλητα της ζύμωσης και της απόσταξης. Έχουν υψηλό ρυπαντικό φορτίο και είναι δύσκολα επεξεργάσιμα. Στη Βραζιλία έχουν σήμερα υιοθετηθεί δύο πρακτικές για την επεξεργασία των αποβλήτων της επεξεργασίας του σακχαροκάλαμου για παραγωγή αιθανόλης. Η πρώτη εξάτμιση αφορά τη συλλογή τους σε δεξαμενές και την εξάτμιση του νερού. Η δεύτερη αφορά τη διασπορά τους υπό μορφή σπρέι σε καλλιέργειες σακχαροκάλαμου. Ανάμιξη της αιθανόλης με βενζίνη σε ποσοστό μέχρι 20% δεν συνεπάγεται αλλαγές στο κινητήρα του αυτοκινήτου. Εφόσον αναμιχθεί η αιθανόλη σε μεγαλύτερο ποσοστό ή χρησιμοποιηθεί καθαρή αιθανόλη, απαιτούνται όμως μικρές αλλαγές στο κινητήρα του αυτοκινήτου. Η χρήση της αιθανόλης σαν καύσιμο στα οχήματα μειώνει τις αέριες εκπομπές υδρογονανθράκων και οξειδίων του αζώτου.

2.5.6 Παραγωγή φυτικών ελαίων από βιομάζα.

Υπάρχουν διάφορα δένδρα, οι καρποί των οποίων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή ελαίων. Οι περισσότερες γεωργικές φυτείες έχουν παραγωγικότητα 30-80 χλγ. ελαίου/στρέμμα. Υπάρχουν όμως δένδρα όπως ο φοίνικας στην Αφρική που έχουν αποδόσεις 300 περίπου χλγ. ελαίου/στρέμμα. Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται για τη λήψη ελαίου από τους καρπούς είναι η ίδια είτε το λάδι χρησιμοποιείται για βρώσιμο είτε για καύσιμο. Για τη λήψη των ελαίων από τους καρπούς χρησιμοποιούνται δύο είδη τεχνολογιών. Η πρώτη αφορά τη μηχανική συμπίεση των καρπών για τη λήψη των ελαίων, η οποία μπορεί να γίνει σε δύο στάδια για την επίτευξη καλύτερων αποδόσεων. Πάντως μικρές ποσότητες λαδιού παραμένουν στο υπόλειμμα που είναι δυνατόν να ληφθούν με εκχύλιση. Οι μονάδες παραγωγής λαδιού με συμπίεση μπορεί να είναι σχετικά μικρής δυναμικότητας και είναι απλής τεχνολογίας.

Η δεύτερη αφορά την εκχύλιση του ελαίου από τους καρπούς με κάποιο διαλύτη συνήθως εξάνιο. Προηγουμένως έχει αφαιρεθεί η υγρασία από τους καρπούς και το υπόλειμμα που παραμένει περιέχει πολύ μικρές ποσότητες ελαίων. Η εφαρμογή της τεχνολογίας αυτής απαιτεί μονάδες με μεγαλύτερη δυναμικότητα από αυτές που το έλαιο λαμβάνεται με συμπίεση, ενώ η χρησιμοποιούμενη τεχνολογία είναι πιο πολύπλοκη. Τα φυτικά έλαια μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα σε οχήματα που χρησιμοποιούν πετρέλαιο ντίζελ όπως η αιθανόλη μπορεί να υποκαταστήσει τη βενζίνη. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί καθαρό λάδι ή μίγμα ελαίου - ντίζελ.

2.6 Βιομάζα Ξύλου.

Ιδιαίτερης σημασίας χαρακτηριστικό του ξύλου είναι το ότι δημιουργείται και ανανεώνεται φυσικά, χωρίς να απαιτεί προσπάθεια από τον άνθρωπο. Η αειφορική διαχείριση και χρήση του, μπορεί να εξασφαλίσει σταθερή κάλυψη των ανθρώπινων αναγκών σε ξύλο, αλλά και σε παραγωγή ενέργειας, μέσω της καύσης αυτού. Οι κύριες πηγές από τις οποίες προέρχεται η ξυλώδης βιομάζα είναι οι ακόλουθες: ξυλεία εναπομένουσα στους χώρους υλοτομίας (πρέμνο, φλοιός, κλαδιά κ.α.), υπολείμματα δασοπονικών εργασιών (καθαρισμός αντιπυρικών ζωνών, αραιώσεις κ.α.), κορμοί δέντρων μικρής διαμέτρου και αστικά απορρίμματα ξύλου. Τα ξυλώδη απορρίμματα πόλεων θα μπορούσαν να ανακτηθούν ώστε να χρησιμοποιηθούν στην παραγωγή ενέργειας ή έστω στην επαναχρησιμοποίησή τους ως πρώτη ύλη σε βιομηχανίες παραγωγής προϊόντων ξύλου (μοριοσανίδες, ινοσανίδες κ.α.). Αντί να καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής. Ένα από τα σημαντικότερα οφέλη από τη χρήση ξύλινης βιομάζας στην παραγωγή ενέργειας, είναι το γεγονός ότι μπορεί να συμβάλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα και στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού, διότι η βιομάζα αποτελεί εγχώρια πηγή ενέργειας.

Επιπλέον, δημιουργούνται καινούργιες μορφές απασχόλησης και νέες θέσεις εργασίας για αγροτικούς και δασικούς πληθυσμούς, οι οποίοι θα έχουν τη δυνατότητα να απασχοληθούν στη συγκομιδή, συγκέντρωση, φύλαξη, μεταφορά της ξύλινης βιομάζας και συνεπώς θα αποφευχθεί η μεταφορά τους σε μεγάλα αστικά κέντρα. Επίσης, δίνεται η δυνατότητα καθαρισμού των περιοχών υλοτόμησης, προστασίας των δασικών περιοχών, καθώς και καλύτερης διαχείρισης των δασικών περιοχών με αφορμή τη σωστή αποκομιδή και εκμετάλλευση της δασικής βιομάζας. Με τη μείωση του πληθυσμού της υπαίθρου, στο πέρασμα των χρόνων, έχει σημειωθεί παράλληλη μείωση χρήσης της δασικής βιομάζας (για θέρμανση, μαγείρεμα κ.α.), πράγμα που οδηγεί αναπόφευκτα σε συσσώρευση βιομάζας, τόσο σε συνολική ποσότητα ανά μονάδα επιφανείας, όσο και σε οριζόντια και κάθετη συνέχεια στο δασικό χώρο, πράγμα που αυξάνει την πιθανότητα εκδήλωσης πυρκαγιών στο δασικό χώρο. Αποτελεσματικός έλεγχος και αποφυγή της συσσώρευσης της δασικής βιομάζας θα μπορούσε να επιτευχθεί μέσω της χρήσης και εκμετάλλευσης αυτής στον τομέα παραγωγής ενέργειας.

Αξίζει να αναφερθεί επίσης, ότι με τη χρήση της ξύλινης βιομάζας στη διαδικασία παραγωγής ενέργειας, μειώνονται δραστικά οι εκπομπές αερίου (CH_4 -αέριο θερμοκηπίου) που θα προέκυπταν από την υγειονομική ταφή ενός τέτοιου οργανικού υλικού όπως η βιομάζα, όπως και οι εκπομπές CO_2 λόγω της χρήσης ανανεώσιμης μορφής ενέργειας που υποκαθιστά την καύση πετρελαίου, άνθρακα κ.α. Επίσης, λόγω του ότι ο άνθρακας που περιέχεται στο ξύλο έχει δεσμευτεί κατά την δημιουργία της οργανικής ύλης από την ατμόσφαιρα, στην οποία επανέρχεται μετά την καύση, το ισοζύγιο εκπομπών σε όλο τον κύκλο ζωής του βιοκαυσίμου είναι μηδενικό, με την προϋπόθεση ότι τα δέντρα που υλοτομούνται αντικαθίστανται στη φύση. Επιπλέον, η μηδαμινή ύπαρξη θείου ή αζώτου στο ξύλο, συμβάλει σημαντικά στο περιορισμό των εκπομπών που είναι υπεύθυνες για την όξινη βροχή. Με άμεσο ή έμμεσο τρόπο, λοιπόν, συμβάλλει στη μείωση της ρύπανσης της ατμόσφαιρας, της μόλυνσης εδάφους και του υδροφόρου ορίζοντα και κατά επέκταση, στη διατήρηση της βιοποικιλότητας και των οικοσυστημάτων. Εκτός των παραπάνω, η ξύλινη βιομάζα σε αντίθεση με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, (ήλιος, αέρας), είναι διαθέσιμη όλο το 24ωρο, χωρίς να επηρεάζεται από ανεξέλεγκτους παράγοντες. Φραγμό στην ευρεία εφαρμογή καύσης ξύλινης βιομάζας αποτελεί το κόστος των ειδικών λεβήτων καύσης ξύλου σε σύγκριση με το κόστος των αντίστοιχων λεβήτων που χρησιμοποιούνται για συμβατικά καύσιμα.

Σήμερα, η χρήση του ξύλου για παραγωγή ενέργειας, μπορεί να γίνεται παραδοσιακά στην ακατέργαστη μορφή των καυσόξυλων, αλλά συχνότερα μετατρέπεται σε επεξεργασμένη

μορφή μικρών διαστάσεων, για ευκολότερη χρήση, συσκευασία, αποθήκευση και μεταφορά, όπως ξυλοτεμαχιδίων (θρυμματισμένο ξύλο, πριονίδι), πλανιδιών (chips), συμπιεσμένων κυλινδρίσκων, αλλιώς ονομαζόμενοι και ως συσσωματώματα/συμπυκνώματα (pellets) ή μπρικετών (briquettes). Η ιστορία της θέρμανσης με συμπιεσμένους κυλινδρίσκους ξύλου (pellets) ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του 1980 στις ΗΠΑ και τον Καναδά και εξαπλώθηκε από τη δεκαετία του 1990 με συνεχώς αυξανόμενους ρυθμούς ιδιαίτερα στις χώρες της Σκανδιναβίας. Από το 2000, τα πέλετ ξύλου κατακτούν όλο και περισσότερους καταναλωτές στην κεντρική Ευρώπη, Γερμανία, Αυστρία, Ιταλία, Γαλλία κλπ., ενώ τα τελευταία χρόνια έχουν κάνει την εμφάνισή τους και στη χώρα μας, στην παραγωγή θερμικής ενέργειας, αλλά και ηλεκτρισμού.

Το πέλετ ξύλου αποτελεί είναι τυποποιημένο βιολογικό καύσιμο με προδιαγραφές ποιότητας (Ευρωπαϊκά πρότυπα), για την παρασκευή του οποίου δεν χρησιμοποιούνται κόλλες ή χημικά πρόσθετα, παρά μόνο υψηλή πίεση και ατμός, γεγονός που τα καθιστά απόλυτα φιλικά προς το περιβάλλον. Η μόνη ουσία που λειτουργεί ως συγκολλητική ουσία για το τελικό προϊόν, μετά από τη θερμή συμπίεση, είναι η λιγνίνη. Το σχηματιζόμενο προϊόν χαρακτηρίζεται από υψηλή συνοχή, χαμηλό ποσοστό υγρασίας (λιγότερο από 10%) και μεγάλη πυκνότητα (>650 kg/m³), γεγονός που επιτρέπει την καύση του και την υψηλή θερμαντική του απόδοση. Επιπλέον, οι μικρές του διαστάσεις και η γεωμετρικότητα του σχήματός του, επιτρέπουν την εύκολη αποθήκευση και χειρισμό του. Βασικής σημασίας παράγοντα για την αξιοποίηση της ξυλώδους βιομάζας αποτελεί η ύπαρξη κατάλληλου εξοπλισμού για την μετατροπή της μάζας του ξύλου σε chips ή pellets (σπαστήρες, πρέσες κ.α.), αλλά και κατάλληλες θερμάστρες οι οποίες δουλεύουν αποκλειστικά με την συγκεκριμένη μορφή καυσίμου. Συχνά, χρησιμοποιούνται λέβητες ξυλώδους μάζας, με δυνατότητα αυτοματοποιημένης τροφοδοσίας, όπου το υλικό που οδηγείται προς καύση μπορεί να περιλαμβάνει περισσότερες από μία μορφές ξύλου, παραδείγματος χάριν, πριονίδι, φλοιό, κάρβουνο, σε μείξη με τύρφη κ.α. (Pelkon and Hakila, 2001). Αξιοσημείωτο είναι ότι η απόδοση του ξύλου που καίγεται σε συμβατική σόμπα είναι 30-60%, σπανίως έως 80%, ενώ το ξύλο σε μορφή πέλετ έχει σταθερή απόδοση 80-90%.

Κάθε είδος ξύλου έχει τις δικές του ιδιότητες και χαρακτηριστικά που προσδιορίζουν την απόδοσή του κατά την καύση (θερμογόνο δύναμη KJ/Kg ή Kcal/Kg). Συνήθως επιλέγονται είδη όπως Έλατο, Σημύδα, Καρυδιά, Δρυς, Πεύκη, καθώς και Ελιά, Οξιά, Λεύκη, αλλά και οπωροφόρα δέντρα (Κερασιά, Αμυγδαλιά κ.α.). Το είδος του ξύλου και μόνο, δεν αρκεί για να προσδιορισθεί η θερμική απόδοσή του. Το ποσοστό απόδοσης κυμαίνεται ανάλογα και με την υγρασία του, την θερμοκρασία καύσης, αλλά και την πυκνότητα του ξύλου. Επιλέγεται, κυρίως, ξύλο υψηλής πυκνότητας και χαμηλής περιεχόμενης υγρασίας. Η πυκνότητα του ξύλου συμβάλει στη σταθερή και αργή καύση της ξύλινης μάζας, ενώ αποδίδει μεγαλύτερα ποσά ενέργειας. Απαιτούνται συγκεκριμένες διαστάσεις ξυλοτεμαχιδίων για να μπορούν να επεξεργαστούν σε πλανίδια (chips), συμπιεσμένους κυλινδρίσκους (pellets) (όχι ίνες ή σκόνη) και ένας ακόμη παράγοντας που είναι ιδιαίτερης σημασίας για τη μετατροπή της ξύλινης μάζας σε συμπιεσμένους κυλινδρίσκους, είναι το ποσοστό υπολειμμάτων που μένει μετά την καύση (ash content), που θα πρέπει να είναι ορισμένο σύμφωνα με τις προδιαγραφές. Γενικά, η ομοιομορφία στη μάζα του ξύλου εξασφαλίζει ευκολότερη κατεργασία του ξύλου, μεγαλύτερες ποσότητες ενέργειας και καλύτερο χειρισμό των εκπομπών αερίων.

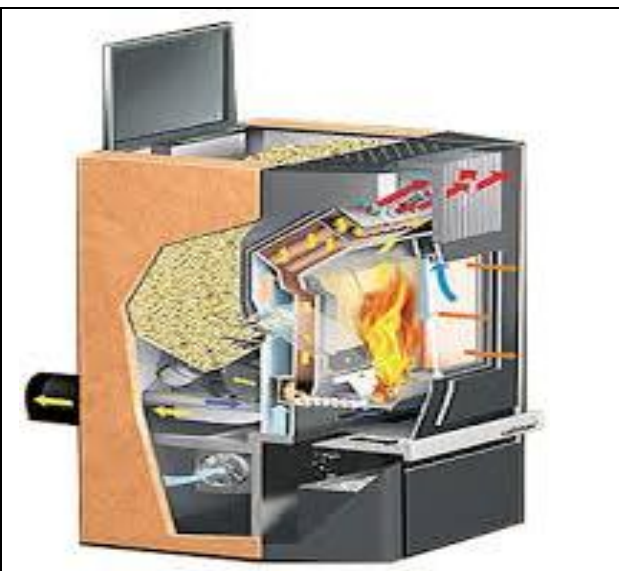
Εκτός αυτού, το ξύλο μπορεί να προέρχεται από τον κορμό ενός δέντρου, αλλά και από το ριζικό σύστημα αυτού, καθώς και από το ανώτερο τμήμα ενός δέντρου, (κλαδιά, φύλλωμα). Η ύπαρξη ουσιών, όπως συντηρητικές εμποτιστικές, συγκολλητικές ουσίες, βερνίκια που περιέχουν βαρέα μέταλλα κ.α. είναι απαγορευτικές για τη συμμετοχή της ξύλινης βιομάζας στη συμβατική διαδικασία παραγωγής ενέργειας.

Ξύλο που περιέχει βαρέα μέταλλα ή αλογονοποιημένα οργανικά συστατικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή ενέργειας, μόνο σε ειδικές μονάδες υψηλών προδιαγραφών σχετικά με τον έλεγχο εκπομπών αερίων καύσης. Σήμερα πλέον είναι γνωστή η μεγάλη σημασία της σωστής καύσης του ξύλου. Η καύση του ξύλου σε κατάλληλες ενεργειακές εστίες, δε ρυπαίνει την ατμόσφαιρα, λόγω των πολύ χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), που οφείλεται στην τελειότερη καύση, δηλαδή καύση σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα να μην παράγεται σχεδόν καθόλου καπνός, ενώ ταυτόχρονα λαμβάνεται και η μέγιστη θερμική απόδοση. Για την καύση της ξύλινης βιομάζας, με σκοπό την παραγωγή θερμότητας, μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

- Ø Τυπικό τζάκι, με απόδοση 10-20%, στο οποίο πραγματοποιείται ατελής καύση και παράγονται επιβλαβή αέρια για την υγεία όσο και για το περιβάλλον (CO, SO_x, NO_x, VOC και αιωρούμενα σωματίδια).
- Ø Ενεργειακό τζάκι, το οποίο μπορεί να θερμαίνει και άλλους χώρους ή νερό και εκμεταλλεύεται μεγαλύτερο ποσοστό της θερμότητας από την καύση του ξύλου, με περιορισμένη εκπομπή καυσαερίων
- Ø Λέβητας ξύλου ή pellets, για κεντρική θέρμανση, με αυτόματη τροφοδοσία καυσίμου, λειτουργεί σε υψηλές θερμοκρασίες, με ηλεκτρονικά ελεγχόμενη παροχή αέρα και έχει απόδοση 70-90%. Παρέχει εξοικονόμηση ενέργειας, μέσω του ζεστού νερού που παράγεται, το οποίο έχει την ικανότητα να θερμαίνει τα θερμικά σώματα μέσω κυκλώματος. Οι εκπομπές που προκαλούνται είναι περιορισμένες, όσο αυτές ενός λέβητα φυσικού αερίου (Εικ. 15).
- Ø Σόμπα ξύλου ή συσσωματωμάτων (pellets), πρόκειται για επιδαπέδια συσκευή, που φέρει τρεις θύρες, κατάλληλη για συνεχή χρήση, καθώς προσφέρει ελεγχόμενη θερμότητα, με απόδοση 90%(Εικ. 16).



Εικόνα 20: Ενεργειακό τζάκι [8]



Εικόνα 21: Λέβητας pellets [8].



Εικόνα 22: Σόμπα pellets [8].

Με βάση εμπειρικές έρευνες έχει προκύψει ότι 2 κιλά υλικού πέλετ ισοδυναμούν σε ενεργειακό επίπεδο, περίπου με 1 λίτρο πετρελαίου. Η λειτουργία του καυστήρα pellet (νερού κ.α.) είναι παρόμοια με αυτή του λέβητα αφού ο καυστήρας, συνδέεται στο δίκτυο θέρμανσης και λειτουργεί σαν λέβητας. Πιο αναλυτικά, η καύση pellet γίνεται αυτόματα και κατά τη διάρκεια της ζεσταίνει το νερό που στη συνέχεια με τη βοήθεια του κυκλοφορητή, διοχετεύεται στο δίκτυο της θέρμανσης (θερμαντικά σώματα).

Σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα διασφάλισης ποιότητας, τα πέλετ που κυκλοφορούν στην Ευρώπη έχουν ως ποιοτικό πρότυπο την παραγωγή έως 1% τέφρας κατά την καύση του. Αυτό επιτυγχάνεται από το συνδυασμό της παραγωγικής διαδικασίας και της καθαρότητας των υλικών. Έχουν αναπτυχθεί τεχνικές προδιαγραφές και για την μέγιστη απόδοση των πέλετ (πυκνότητα $>650\text{kg/m}^3$, υγρασία $<10\%$, μέγιστο ποσοστό τέφρας 1%) και επιπλέον για την αποθήκευση του υλικού, σε οποιοδήποτε χώρο, χωρίς να αλλοιώνεται, δεδομένου ότι προστατεύεται από ειδική συσκευασία. Σε κάθε συσκευασία του προϊόντος αναρτάται πίνακας με τα παρακάτω ακριβή στοιχεία: διαστάσεις των τεμαχίων πέλετ (μήκος, διάμετρος), προέλευση, υγρασία, ποσοστό περιεχόμενης τέφρας, μηχανική αντοχή, πρόσθετες περιεχόμενες ουσίες και ποσοστό αυτών (άζωτο, θείο κ.α.), πυκνότητα και ενεργειακή αξία.

Ένας τρόπος για να εξασφαλιστεί σταθερή τροφοδότηση της βιομηχανίας με τις απαιτούμενες ποσότητες ξύλινης βιομάζας για παραγωγή κυλινδρίσκων, πλανιδίων κ.α. για παραγωγή ενέργειας, εκτός της εκμετάλλευσης αχρησιμοποίητου και ανακτημένου ξύλου ή συγκομιδής δασικών υπολειμμάτων, είναι και η δημιουργία δενδρωδών καλλιεργειών, κυρίως συστάδων από ταχυαυξή είδη, όπως ευκαλύπτων, λεύκης, ιτιάς, ψευδακακίας κ.α., οι οποίες θα συμβάλλουν στον σταθερό εφοδιασμό ποσότητας δασικής βιομάζας, με σκοπό την χρήση της στην παραγωγή ενέργειας, αλλά και στην παραγωγή προϊόντων ξύλου. Εκτός, λοιπόν, από τα οφέλη που θα προκύψουν από την ίδρυση καινούργιων συστάδων για το περιβάλλον, θα επωφεληθεί και ο άνθρωπος από τη χρήση της ξύλινης βιομάζας στην διαδικασία παραγωγής ενέργειας. Έχει παρατηρηθεί πως η βιομάζα που προέρχεται από συστάδες ευκαλύπτου έχει πολύ μεγαλύτερη ενεργειακή αξία από ίδια ποσότητα βιομάζας από άλλες πηγές, όπως καλλιέργειες ενεργειακών φυτών (π.χ. ελαιοκράμβη). Εφαρμόζοντας, όμως, τις κατάλληλες τεχνικές αειφορικής διαχείρισης του δάσους, θα υπάρξει η δυνατότητα να

καλυφθεί η απαιτούμενη ποσότητα ξυλώδους βιομάζας, χωρίς τη χρήση πρόσθετων δένδρωδών ή άλλου είδους καλλιεργειών.

2.7 Συνοπτικός τρόπος λειτουργίας καυστήρα πέλετ.

Ο αεριοποιητής διασπά τη δομή του chip-ξύλου σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (800°C) παράγοντας καύσιμο αέριο (Syngas), το οποίο χρησιμοποιείται μέσω μιας μηχανής εσωτερικής καύσης MEK για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό γίνεται με την μετατροπή της ύλης αυτής πρώτα σε ένα αέριο μίγμα μέσω διαδοχικών χημικών αντιδράσεων. Σύμφωνα με αυτές, η οργανική ύλη πυρολύεται και αντιδρά με το οξυγόνο ή τον αέρα, οπότε διασπάται σε μικρότερα μόρια, σε ένα αέριο μίγμα από μονοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο κ.ά., αφαιρώντας ρύπους και προσμίξεις. Το αέριο αυτό μίγμα είναι το αέριο σύνθεσης ή syngas, το οποίο στη συνέχεια μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα καθώς και σε άλλα προϊόντα.

Στην περίπτωση όπου η τελική διεργασία γίνεται με τη χρήση αέρα (η πιο οικονομική και συνήθης επιλογή), το syngas έχει καθαρή θερμογόνο δύναμη κατά μέσο όρο 4,5 - 5,5 MJ/m³ (περίπου το 1/7 εκείνης του φυσικού αερίου). Όταν χρησιμοποιείται καθαρό οξυγόνο αντί για αέρα, η θερμογόνο δύναμη του syngas μπορεί και να τριπλασιασθεί. Ως υπόλοιπο αυτής της διεργασίας Συμπαγωγής παράγεται θερμότητα (ζεστό νερό) η οποία μπορεί να είναι εκμεταλλεύσιμη π.χ για τη θέρμανση με ζεστό νερό θερμοκηπίων πρακτικά χωρίς κόστος όλο το 24ώρο. Έτσι, αφ' ενός επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς αυξάνεται ο βαθμός ενεργειακής μετατροπής του καυσίμου σε ωφέλιμη ενέργεια, αφ' ετέρου μειώνονται αντίστοιχα και οι εκπομπές ρύπων.

Το καλύτερο καύσιμο για το σύστημα είναι ογκώδες, ξηρό, πυκνό σε άνθρακα ξυλώδης βιομάζα. Καύσιμα όπως ροκανίδια ή κομμάτια ξύλου, κελύφη καρπών που σε μέγεθος κυμαίνονται μεταξύ 10mm - 50mm είναι ιδανικά. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι πολλοί παράγοντες επηρεάζουν πόσο συχνά θα τροφοδοτηθεί η χοάνη. Διαφορετικά είδη βιομάζας έχουν διαφορετική πυκνότητα. Τα σφαιρίδια ξύλου είναι πολύ πυκνότερα από τα ροκανίδια, τα ροκανίδια είναι πυκνότερα από τα αγρωστώδη. Επιπλέον, το περιεχόμενο σε υγρασία επηρεάζει τον ρυθμό κατανάλωσης και αναλόγως το φορτίο που τροφοδοτείται.

2.8 Συλλογή βιομάζας.

Για την επιλογή περιοχών συλλογής βιομάζας σε σχέση με τις διαδρομές μεταφοράς και τις εγκαταστάσεις μετατροπής είναι απαραίτητο ένα σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών σαν ένα εργαλείο που βασίζεται σε υπολογιστή για τη διαχείριση χωρικών στοιχείων από τον «πραγματικό» κόσμο που να βοηθά να απαντηθούν ερωτήσεις σχετικές με χάρτες. Στο παρών πλαίσιο, τα χωρικά στοιχεία κυρίως λαμβάνουν τη μορφή είτε απορριμάτων είτε ποσοτήτων ενεργειακών καλλιεργειών είτε κτηνοτροφικών λυμάτων και άλλα που προκύπτουν και βρίσκονται σε πληθυσμιακά κέντρα, αγροτικές κοινωνίες, αγροκτήματα, κτηνοτροφικές μονάδες κτλ και περιλαμβάνουν επίσης χαρακτηριστικά όπως οι υποσταθμοί και δρόμοι μεταφοράς του ηλεκτρισμού.



Εικόνα 23: Σταθμός παραγωγής ενέργειας από βιομάζα [21].

Αυτά τα εργαλεία είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για τη βιομάζα, όπου η γεωγραφική τοποθεσία επηρεάζει έντονα και το μέγεθος του πόρου (πχ από την άποψη των αγροτικών υπολειμμάτων κοπριάς όπου αυτή προκύπτει και τη δυνατότητα να προσεγγιστούν και να χρησιμοποιηθούν. Διάφοροι παράγοντες πρέπει να ληφθούν υπόψη όπως η θέση του βασικού πόρου (αυτή είναι σταθερή στην περίπτωση της πρώτης ύλης των αγροτικών υπολειμμάτων), οι φυσικοί και πρακτικοί περιορισμοί της δυνατότητας να τον εκμεταλλευθούμε, περιβαλλοντικοί και ρυθμιστικοί περιορισμοί στην ανάπτυξη το, και οι οικονομικές εκτιμήσεις.

Όπως με πολλούς ανανεώσιμους πόσους δεν υπάρχει κανένας έλεγχος της γεωγραφικής θέσης της πρώτης ύλης. Είναι επομένως απαραίτητο να καθοριστεί εάν μπορούν να γίνουν εκμεταλλεύσιμοι οικονομικά, λαμβάνοντας υπόψη τις περιστάσεις κάτω από τις οποίες βρίσκονται. Τα στοιχεία που προσαρμόζονται γεωγραφικά απαιτούνται ώστε να παράγονται οι πληροφορίες για τη γεωγραφική θέση της πρώτης ύλης και της ευκολίας να συλλεχθεί.



Εικόνα 24: Συλλογή βιομάζας [30].

2.9 Μεταφορά βιομάζας.

Για την επιλογή των περιοχών συλλογής της απαιτούμενης ποσότητας βιομάζας καθώς και για τον υπολογισμό των διαδρομών μεταφοράς στις θέσεις αποθήκευσης και στη μονάδα παραγωγής, είναι απαραίτητο ένα Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS). Το GIS είναι ένα εργαλείο που βασίζεται σε υπολογιστή για τη διαχείριση χωρικών στοιχείων που βοηθά να απαντηθούν ερωτήσεις σχετικά με χάρτες και τοποθεσίες των στοιχείων. Αυτό το εργαλείο είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για τη βιομάζα, καθώς ο ακριβής προσδιορισμός της γεωγραφικής τοποθεσίας, του μεγέθους της ή και της δυνατότητας προσέγγισής της αποκτά μεγάλη σημασία για τη δυνατότητα και το κόστος μεταφοράς της.



Εικόνα 25: Μεταφορά βιομάζας



Εικόνα 26: Αποθήκευση βιομάζας

3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΓΙΑ ΒΙΟΜΑΖΑ

3.1 Εισαγωγή

Οι ενεργειακές καλλιέργειες περιλαμβάνουν είτε φυτά που δεν καλλιεργούνται εμπορικά, όπως ο μίσχανθος ,το καλάμι κ.ά, των οποίων το τελικό προϊόν προορίζεται για την παραγωγή ενέργειας , είτε παραδοσιακά και νέα φυτά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιοκαυσίμων. Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα τους είναι η σταθερή παραγωγή τους η οποία μπορεί να εξασφαλίσει μεγάλης κλίμακας και μακροπρόθεσμη προμήθεια πρώτης ύλης, με ομοιόμορφα ποιοτικά χαρακτηριστικά, σε μονάδες παραγωγής βιοκαυσίμων και ενέργειας. Ειδικά οι νέες καλλιέργειες παρουσιάζουν σημαντικά υψηλότερες αποδόσεις ανά εδαφική μονάδα σε σχέση με τις συμβατικές.

Τα ενεργειακά φυτά είναι καλλιεργούμενα ή αυτοφυή είδη φυτών, παραδοσιακά ή νέα, τα οποία παράγουν διάφορα είδη βιομάζας ως κύρια προϊόντα, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διάφορους ενεργειακούς σκοπούς, όπως για την παραγωγή βιοκαυσίμων (στερεών , υγρών και αερίων) και ενέργειας (ηλεκτρικής , θερμικής κ.ά.). Γενικά οι καλλιέργειες φυτών, των οποίων τα προϊόντα χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοκαυσίμων και ενέργειας, θεωρούνται ενεργειακές καλλιέργειες.

Για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων τα ενεργειακά φυτά που μπορούν να αναπτυχθούν στην Ελλάδα, είναι ο ηλιανθος , η ελαιοκράμβη , η σόγια και άλλα ελαιούχα φυτά (φυτά που περιέχουν ελαιούχους σπόρους) για το βιοντίζελ και το γλυκό σόργο, το σιτάρι, ο αραβόσιτος, τα τεύτλα, το κριθάρι κ.ά. για την βιοαιθανόλη.

Για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων μπορούν να χρησιμοποιηθούν φυτά όπως ο ευκάλυπτος, η ψευδακακία, το καλάμι, ο μίσχανθος, η αγριαγκινάρα ,το κυτταρινούχο σόργο, το κενάφ, ένα είδος κεχριού, το λεγόμενο switchgrass, κ.α. Για την παραγωγή αερίων βιοκαυσίμων μπορούν να χρησιμοποιηθούν, η αγριαγκινάρα, το σόργο, ο αραβόσιτος κ.ά. Από τα βιοκαύσιμα παράγεται ενέργεια (ηλεκτρική, θερμική, κινητική) σε μηχανές – κινητήρες καύσης .Ενέργεια μπορεί να παραχθεί απευθείας από τη βιομάζα και προκύπτει από τη συγκομιδή των ενεργειακών φυτών , επίσης σε μηχανές καύσης.

3.2 Αγριαγκινάρα

Γνωστό και ως γαϊδουράγκαθο η αγριαγκινάρα είναι ένα πολυετές φυτό μεσογειακής προέλευσης, καλά προσαρμοσμένο στις ξηροθερμικές συνθήκες της Ν. Ευρώπης, που χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιομάζας. Λόγω του γεγονότος ότι η αγριαγκινάρα είναι η ίδια ισχυρό ζιζάνιο (εισβολέας), δεν επιτρέπει την ανάπτυξη άλλων ζιζανίων, ενώ σε μακροχρόνια πειράματα δεν εμφανίστηκαν ασθένειες και εχθροί του φυτού, κι έτσι η καλλιέργειά της μπορεί να επιτευχθεί χωρίς τη χρήση φυτοφαρμάκων. Επίσης, η αγριαγκινάρα λόγω του πλούσιου ριζικού της συστήματος, που εκμεταλλεύεται άριστα τους εδαφικούς πόρους, χρειάζεται λιγότερο άζωτο.

Η αγριαγκινάρα εκμεταλλεύεται άριστα τις χειμερινές βροχές και δίνει υψηλές αποδόσεις χωρίς άρδευση. Είναι φυτό προσαρμοσμένο στις κλιματικές συνθήκες της χώρας μας και το κυριότερο πλεονέκτημά της είναι ότι αναπτύσσεται από τον Οκτώβριο έως τον Ιούνιο και συνεπώς αναπτύσσεται με το νερό των βροχοπτώσεων.



Εικόνα 27: Αγριαγκινάρα [12].

Η αποξηραμένη ύλη της αγριαγκινάρας μπορεί να γίνει εύκολα τυποποιημένο βιοκαύσιμο (τα λεγόμενα pellets) και να χρησιμοποιηθεί στην ηλεκτροπαραγωγή. Σύμφωνα με το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), οι συμβατικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής παρουσιάζουν στην καύση βιομάζας βαθμό απόδοσης 15-40%, ενώ στα συστήματα συμπαραγωγής (ΣΗΘ) ο βαθμός απόδοσης φθάνει μέχρι και 75-85%.

Η απόδοση σε ξηρή ουσία κυμαίνεται από 1.200 έως 1.600 κιλά σε μη αρδευόμενα χωράφια, ενώ με 2-3 αρδεύσεις από τα μέσα Απριλίου μέχρι το τέλος Μαΐου (στην περίοδο αυτή η διαθεσιμότητα νερού είναι υψηλή σε πολλές περιοχές) οι αποδόσεις φθάνουν έως και 2.500 κιλά ξηρής ουσίας ανά στρέμμα. Πρέπει να σημειωθεί ότι σε αντίθεση με άλλες καλλιέργειες, η καλλιέργεια της αγριαγκινάρας έχει πολύ μικρό κόστος.

Η εγκατάσταση της καλλιέργειας της αγριαγκινάρας συμβάλλει στη μείωση της χρήσης των ορυκτών καυσίμων και την κάλυψη των συνεχώς αυξανόμενων ενεργειακών αναγκών από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ασφαλείς και συμβατές με το περιβάλλον και κυρίως όσον αφορά τον περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου και τον περιορισμό των όξινων βροχών. Η αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων με βιομάζα είναι ουδέτερη σε εκπομπές CO₂, καθώς η ποσότητα που ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα μετά την καύση της αφομοιώνεται από το φυτό κατά τη φωτοσύνθεση, ενώ από την άλλη πλευρά με την καύση βιομάζας σχεδόν μηδενίζεται η απελευθέρωση θείου στην ατμόσφαιρα.

Η αγριαγκινάρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη παραγωγής pellets. Τα pellets είναι μικρά κυλινδρικά τεμάχια από συμπιεσμένο ξύλο ή άλλες μορφές βιομάζας καλλιεργούμενων φυτών, όπως η αγριαγκινάρα, ή υπολειμμάτων γεωργικών ή δασικών, διαφόρων μεγεθών, που μπορούν εύκολα να συσκευαστούν, να μεταφερθούν με βυτιοφόρα και να τοποθετηθούν στους αποθηκευτικούς χώρους, από όπου μεταφέρονται αυτόματα για την καύση τους σε σύγχρονους καυστήρες (π.χ. ενεργοποίηση με χρήση κινητού τηλεφώνου) με την επιθυμητή ροή. Τα πέλετ έχουν υγρασία περί το 8% (ειδικό βάρος περί τα 650 κιλά ανά κυβικό μέτρο)

και θερμική αξία περί τα 19-21 MJ/κιλό, δηλαδή 2 κιλά ισοδυναμούν με περίπου 1 λίτρο πετρελαίου.

3.2.1 Παραγωγή βιοντίζελ από τους σπόρους αγριαγκινάρας.

Το βιοντίζελ είναι βιοκαύσιμο και η χρήση του συμβάλλει στην μείωση του άνθρακα. Το βιοντίζελ παρουσιάζει ισχυρή απορρυπαντική δράση στους κινητήρες, ενώ η προσθήκη του στο πετρελαϊκό ντίζελ ακόμα και σε μικρό ποσοστό, έχει ως αποτέλεσμα την ανάκτηση των λιπαντικών ιδιοτήτων του πετρελαίου κίνησης. Τα στάχια της αγριαγκινάρας, έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε έλαια. Τα λιπαρά οξέα που περιέχονται εκεί, είναι της ίδιας περίπου αναλογίας με αυτά του ηλίανθου. Το βιοντίζελ εκχυλίζεται από το έλαιο της αγριοαγκινάρας μέσω μίας διαδικασίας που λέγεται μετεστεροποίηση και διενεργείται, είτε με αιθανόλη είτε με μεθανόλη παρουσία καταλύτη. Το βιοντίζελ που παράγεται μέσω αιθανόλης αξιολογείται καλύτερα από το αντίστοιχο που παράγεται με μεθανόλη. Τα έλαια της αγριαγκινάρας μαζί με την μεθανόλη και την παρουσία καταλύτη, υφίστανται την διαδικασία της μετεστεροποίησης εντός αντιδραστήρα. Το προϊόν της μετεστεροποίησης διαχωρίζεται και προκύπτουν ως τελικά προϊόντα, το βιοντίζελ και η γλυκερίνη. Σήμερα η περιεκτικότητα του βιοντίζελ στο ντίζελ κίνησης ανέρχεται στο 20%. Σε αυτή την αναλογία, δεν έχει παρατηρηθεί επίπτωση, σε οποιοδήποτε τμήμα των κινητήρων ντίζελ. Επειδή όμως, θεωρείται ισχυρό διαλυτικό πλαστικών εξαρτημάτων, η χρήση του, σε μεγαλύτερα ποσοστά ή αυτούσιο, θα πρέπει να γίνεται με προσοχή στους κινητήρες διότι ενδεχομένως να χρειαστεί μερική αντικατάσταση ορισμένων πλαστικών εξαρτημάτων. Τα τελευταία χρόνια, οι κινητήρες ντίζελ νέας τεχνολογίας σχεδιάζονται για χρήση βιοντίζελ 100%. Είναι δε αρκετά διαδεδομένη σε Γερμανία και Αυστρία. Η αγριαγκινάρα παράγει γύρω στα 100 με 150 κιλά ανά στρέμμα με αποδόσεις σε βιοκαύσιμα γύρω στα 28 με 41 λίτρα ανά στρέμμα.

3.3 Ελαιοκράμβη

Η ελαιοκράμβη είναι ετήσιο φυτό, πολλαπλασιάζεται με σπόρο και καλλιεργείται κυρίως για την παραγωγή ελαίου. Μετά την εξαγωγή του ελαίου, τα υπολείμματα του φυτού (η πίττα) χρησιμοποιούνται ως ζωοτροφή στην κτηνοτροφία, αφού είναι πολύ πλούσια σε πρωτεΐνη. Θεωρείται παγκοσμίως το τρίτο σημαντικότερο ελαιοπαραγωγό φυτό μετά τη σόγια και το φοινικέλαιο με περιεκτικότητα σε λάδι που κυμαίνεται μεταξύ 30 – 50%. Οι τεχνικές καλλιέργειες είναι όμοιες με εκείνες των χειμερινών σιτηρών, ενώ ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί κατά τη συγκομιδή και του χρόνου αυτής, ώστε να αποφευχθεί η απώλεια του σπόρου από τις υψηλές θερμοκρασίες. Η καλλιέργεια εντοπίζεται κυρίως στην Κεντρική Μακεδονία και ακολουθεί η Ανατολική Μακεδονία-Θράκη, ενώ δυνητική περιοχή εξάπλωσης αποτελεί η Δυτική Μακεδονία. Ο κύριος περιοριστικός παράγοντας της ελαιοκράμβης στην Ελλάδα είναι οι υψηλές θερμοκρασίες από την άνθιση ως το γέμισμα του σπόρου. Θερμοκρασίες 27 °C προκαλούν ανθόρροια και κακό γέμισμα το σπόρου, με αποτέλεσμα τη μείωση αποδόσεων (-40 kg/στρέμμα για άνοδο από 21 σε 24°C) και της ελαιοπεριεκτικότητας (-1,7% για κάθε 1°C άνοδο).

Η κρισιμότητα της επιλογής της συγκεκριμένης καλλιέργειας στηρίζεται στο ότι το φυτό πρέπει να ξεχειμωνιάσει έχοντας ήδη αναπτύξει φύλλα. Η χειμερινή ελαιοκράμβη έχει την ανάγκη των χαμηλών θερμοκρασιών για να ανθίσει και αυτή είναι η σημαντικότερη διαφορά της με την ανοιξιιάτικη ελαιοκράμβη. Λόγω του πολύ μικρού μεγέθους του σπόρου χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή για την αποφυγή πυκνής σποράς. Η ποσότητα σπόρου καθορίζεται από την φυτρωτική ικανότητα του σπόρου, από τους προβλεπόμενους κινδύνους απωλειών (παγωνιά,

ξηρασία, κατάσταση εδάφους) και το αν χρησιμοποιούμε ποικιλία ή υβρίδιο. Παγκοσμίως εφαρμόζεται αμεινισπορά με σιτηρά.

Οι αποδόσεις της σε σπόρο και σε ξηρή βιομάζα, φυσικά εξαρτάται από την ποικιλία της ελαιοκράμβης, κυμαίνονται από 120 έως 250 κιλά / στρέμμα και 300 έως 800 κιλά / στρέμμα, αντίστοιχα. Τέλος, από ένα στρέμμα ελαιοκράμβης μπορούν να παραχθούν, κατά μέσο όρο πάντα, 120 έως 250 κιλά σπόρος με αντίστοιχη παραγωγή 43 έως 90 λίτρα βενζίνης.

3.4 Μίσχανθος

Ο μίσχανθος (*Miscanthus* spp.) είναι ένα πολυετές φυτό. Το γένος *Miscanthus*, που περιλαμβάνει 17 είδη, είναι συγγενές με το γένος *Saccharum* (περιέχει και το ζαχαροκάλαμο)



Εικόνα 28: Μίσχανθος [8].

και μερικά είδη των δύο αυτών γενών διασταυρώνονται μεταξύ τους με ευκολία. Ο μίσχανθος πρωτοκαλλιεργήθηκε στην Ευρώπη το 1930 ως καλλωπιστικό φυτό, ενώ από τα τέλη του 1960 διερευνήθηκε η αξιοποίηση των ινών από την κυτταρίνη του για την παραγωγή δομικών υλικών. Με έναρξη τα μέσα-τέλη του 1980, έχει διεξαχθεί εκτεταμένος πειραματισμός στις Ευρωπαϊκές χώρες για τη χρήση του ως βιοενεργειακή πρώτη ύλη στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας με καύση, ενώ σήμερα το ενδιαφέρον επικεντρώνεται επίσης και στην παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων δεύτερης γενιάς.

Τα χαρακτηριστικά που καθιστούν την καλλιέργεια του μίσχανθου ενδιαφέρουσα για όλες τις παραπάνω χρήσεις αφορούν κυρίως στον ταχύ ρυθμό ανάπτυξης, τις χαμηλές απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία, τις περιορισμένες προσβολές από εχθρούς και ασθένειες, την ευχερή εκμηχάνιση της καλλιέργειας και την υψηλή απόδοση βιομάζας που είναι πλούσια σε λιγνοκυτταρίνη.

Ο μίσχανθος χαρακτηρίζεται γενικά από ευρεία προσαρμοστικότητα. Ως φυτό βέβαια θερμών κλιμάτων, η απόδοση της καλλιέργειας μεγιστοποιείται σε περιοχές με υψηλές θερμοκρασίες και μικρή φωτοπερίοδο. Δύναται όμως να αναπτυχθεί με ικανοποιητικά αποτελέσματα και σε ψυχρότερα κλίματα (όπως αυτά της Β.Ευρώπης). Σε αντίθεση με τα ριζώματα του φυτού που αντέχουν σε πολύ χαμηλότερες θερμοκρασίες, οι νεαροί βλαστοί

είναι ευαίσθητοι σε θερμοκρασίες μικρότερες των 6 °C και καταστρέφονται σε θερμοκρασίες χαμηλότερες των -5 °C, ενώ θερμοκρασίες παγετού στην αρχή της άνοιξης μπορούν επίσης να καταστρέψουν τα νεαρά φύλλα.

Οι συνθήκες αυτές συνεπώς αποτελούν την κυριότερη αιτία για την περιορισμένη καλλιεργητική περίοδο στις περιοχές με ψυχρό κλίμα. Η βλαστική ανάπτυξη του φυτού διακόπτεται με τους πρώτους παγετούς του φθινοπώρου και χειμώνα, οπότε πραγματοποιείται μετακίνηση των θρεπτικών συστατικών στα ριζώματα και τελικά ξήρανση του υπέργειου τμήματος. Οι ισχυροί άνεμοι πριν τον πλήρη σχηματισμό των στελεχών ευνοούν το πλάγιασμα του φυτού με συνέπεια την καταστροφή μέρους της επιφάνειας. Παρά την αποτελεσματική αξιοποίηση της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας, που οφείλεται στο ότι το ριζικό σύστημα του φυτού μπορεί να διεισδύει σε βάθος έως και 2 μέτρα, η καλλιέργεια του μίσχανθου παρουσιάζει αυξημένες απαιτήσεις σε νερό σε σύγκριση με άλλα φυτά βιομάζας.

Η διαθεσιμότητα επαρκούς υγρασίας μέσω άρδευσης ή ετήσιων βροχοπτώσεων μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την απόδοση της καλλιέργειας, ενώ αντίθετα περιορισμένη εδαφική υγρασία, κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, δεν επιτρέπει το μέγιστο δυναμικό απόδοσης. Σε περιόδους ξηρασίας το φύλλωμα του μίσχανθου αρχίζει να ξηραίνεται προκαλώντας απώλειες στην απόδοση, αλλά η καλλιέργεια αναβιώνει την επόμενη καλλιεργητική περίοδο. Ο μίσχανθος αναπτύσσεται ικανοποιητικά σε πολλούς τύπους εδαφών. Καλά στραγγιζόμενα εδάφη με υψηλό ποσοστό οργανικής ουσίας, δίδουν ιδιαίτερα υψηλές αποδόσεις αλλά και σε αμμώδη ή αμμοπηλώδη εδάφη με περιεκτικότητα σε άργιλο περί το 10%, οι αποδόσεις είναι επίσης πολύ καλές. Ακόμα και σε αμμώδη ή χαλικώδη εδάφη, η απόδοση της καλλιέργειας μπορεί να είναι ικανοποιητική με την προϋπόθεση ικανού ύψους βροχοπτώσεων. Υγρά, μη καλώς αεριζόμενα εδάφη, καθώς και εδάφη με υψηλό υδατικό ορίζοντα είναι ακατάλληλα για την καλλιέργεια του μίσχανθου. Όσον αφορά στο εδαφικό pH, το φυτό αποδίδει καλά σε τιμές από 5.5 έως 7.

Αν και η απόδοση βιομάζας μεγιστοποιείται κατά το τέλος του φθινοπώρου (μέχρι και 2-3 τον/στρ ξηρού βάρους), η συγκομιδή γίνεται συνηθέστερα το Φεβρουάριο-Μάρτιο με απώλειες σε βάρος βιομάζας. Αυτές οι απώλειες όμως είναι ανεκτές επειδή αναβαθμίζεται δραστικά η ενεργειακή απόδοση και αξία της βιομάζας: η περιεκτικότητά της σε υγρασία μειώνεται μέχρι στο 15%-30% και έτσι καθίσταται ευχερέστερος ο χειρισμός της ενώ παράλληλα δεν απαιτείται σημαντική περαιτέρω ξήρανση. Ταυτόχρονα, μειώνεται η περιεκτικότητα σε τέφρα και ανόργανα συστατικά όπως το κάλιο και το χλώριο που μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα κατά την διαδικασία αξιοποίησής του ως στερεό βιοκαύσιμο. Ο μίσχανθος μπορεί να συγκομισθεί με την μορφή ψιλοτεμαχισμένου υλικού, μπάλας, δεματιών ή συσσωματωμάτων (pellets) ανάλογα με την μηχανή συγκομιδής που χρησιμοποιείται και την κατεργασία του συγκομιζόμενου υλικού. Όταν το προϊόν προορίζεται για παραγωγή ενέργειας, η συγκομιδή πραγματοποιείται με μηχανές που δεματοποιούν το προϊόν σε μπάλες 250-600 χιλ με πυκνότητα ξηρής μάζας 120-160 χιλ/κ.μ. Για τη συγκομιδή σε δέματα θα πρέπει να έχει προηγηθεί αποξήρανση, γεγονός που αυξάνει τις απώλειες και το κόστος συγκομιδής.

Οι αποδόσεις της καλλιέργειας του μίσχανθου σταθεροποιούνται σε δύο έως πέντε έτη μετά την εγκατάσταση της. Οι αποδόσεις αυτές παρουσιάζουν σημαντική διακύμανση ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στις διαφορετικές περιοχές καλλιέργειας. Οι υψηλότερες αποδόσεις έχουν σημειωθεί σε σχετικά θερμές περιοχές με επαρκή εδαφική υγρασία. Πιο συγκεκριμένα, στις νότιες χώρες όπως η Ελλάδα και η Ιταλία έχουν αναφερθεί αποδόσεις, με άρδευση, της τάξης των 2.5-3.0 τον/στρ ξηρής μάζας ενώ σε βόρειες χώρες όπως η Γερμανία και η Αγγλία οι αποδόσεις είναι σημαντικά μειωμένες.

Η καθαρή ενεργειακή αξία της βιομάζας του μίσχανθου είναι 17 GJ/τόνο ξηρού βάρους, με τέφρα 2.7 %. Από σχετικές αναλύσεις κύκλου ζωής, σε σύγκριση με άλλες επιλογές ενεργειακών καλλιέργειών, ο μίσχανθος κατατάσσεται στο μέσο μεταξύ των ετήσιων φυτών (πχ. κράμβη, τεύτλο) και των πολυετών ξυλωδών (πχ. ιτιά, λεύκη), αποδίδοντας έτσι το υψηλότερο ενεργειακό ισοζύγιο συγκριτικά με τις άλλες καλλιέργειες αγρωστωδών. Όσον αφορά στην παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων με την υπάρχουσα τεχνολογία ζύμωσης της λιγνοκυτταρινούχας βιομάζας, υπολογίζεται ότι δύνανται να παραχθούν περί τα 700-800 λίτρα βιοαιθανόλης ανά στρέμμα καλλιεργούμενου μίσχανθου. Ταυτόχρονα, η μείωση των αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τη βενζίνη είναι σημαντική και υπολογίζεται σε 65-70%.

3.5 Ψευδακακία

Η ψευδακακία είναι φυλλοβόλο δέντρο μέτριου μεγέθους, ανήκει στην οικογένεια Fabaceae και κατάγεται από τη Βόρεια Αμερική. Η καλλιέργεια της ψευδακακίας εισήχθη στην Ευρώπη στα μέσα του 17ου αιώνα και εξαπλώθηκε στις εύκρατες χώρες της Ασίας, όπου καλλιεργείται σε μεγάλες εκτάσεις. Οι χρήσεις της καλλιέργειας της ψευδακακίας περιλαμβάνουν κυρίως τη διατροφή ζώων, την ανάπλαση εδαφών, την παραγωγή ξυλείας και την παρασκευή χαρτιού. Επίσης καλλιεργείται ως καλλωπιστικό δένδρο, ενώ τελευταία γίνεται χρήση και των φαρμακευτικών ιδιοτήτων των φύλλων και ανθέων της. Τα τελευταία χρόνια επίσης, το ενδιαφέρον για την καλλιέργεια εστιάζεται στη χρήση της για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων. Τα χαρακτηριστικά που καθιστούν την ψευδακακία ελκυστική ως βιοενεργειακή πρώτη ύλη, αφορούν κυρίως στον ταχύτατο ρυθμό ανάπτυξης, στην υψηλή πυκνότητα ξύλου και στη χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία συγκριτικά με άλλα είδη.

Η ψευδακακία χαρακτηρίζεται από ευρεία προσαρμοστικότητα τόσο σε εδαφικούς όσο και κλιματικούς τύπους. Είναι φυτό που απαντάται τόσο σε εύκρατα όσο και υποτροπικά κλίματα με ευρύ φάσμα τιμών θερμοκρασίας και ετήσιας βροχόπτωσης (600-1900 χιλ). Η ανάπτυξη της ψευδακακίας μπορεί να πραγματοποιηθεί ακόμα και σε πολύ φτωχά και ξηρά εδάφη, αλλά προτιμά βαθιά, χαλαρά, μέτρια νωπά εδάφη. Οι απαιτήσεις της καλλιέργειας αφορούν στον καλό αερισμό, φωτισμό και στην ύπαρξη ικανοποιητικής εδαφικής υγρασίας ενώ προσαρμόζεται σε ευρύ φάσμα τιμών pH που κυμαίνεται μεταξύ 4.6 και 8.2.

Η απόδοση σε ξηρό βάρος κυμαίνεται μεταξύ 0.5 και 1.8 τον/στρ/έτος. Το θερμικό περιεχόμενο του ξύλου της ψευδακακίας είναι 17.8 MJ/χγλ και η ετήσια ενεργειακή απόδοση της καλλιέργειας δύναται να κυμανθεί από 15 έως 23 GJ/στρ. Όπως σε όλα τα στερεά βιοκαύσιμα το ενεργειακό ισοζύγιο είναι μεγαλύτερο του 10 και το ποσοστό μείωσης αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με ορυκτά καύσιμα είναι μεγαλύτερο του 80 %.

3.6 Ηλίανθος.

Είναι ετήσιο φυτό και στη χώρα μας η καλλιέργειά του περιορίζεται στο νομό Έβρου (κυρίως στην περιοχή της Ορεστιάδας) με κύριο σκοπό την παραγωγή φυτικού ελαίου διατροφής. Μετά την εξαγωγή του ελαίου, τα υπολείμματα του φυτού (η πίττα) χρησιμοποιούνται ως ζωοτροφή στην κτηνοτροφία, αφού είναι πολύ πλούσια σε πρωτεΐνη. Οι τεχνικές καλλιέργειες είναι όμοιες με εκείνες των φυτών μεγάλης καλλιέργειας γραμμικής σποράς, όπως το βαμβάκι και ο αραβόσιτος. Ο ηλίανθος καλλιεργείται σήμερα κυρίως ως ξηρικός με μέση στρεμματική απόδοση στα 100 κιλά/στρ. και απόδοση σε λάδι 35 – 40 kg/στρ.

Αντίθετα, η αρδευόμενη καλλιέργεια επιτυγχάνει σημαντικά υψηλότερες στρεμματικές αποδόσεις, της τάξεως των 250 – 300 kg/στρ., ενώ οι αντίστοιχες αποδόσεις σε λάδι φτάνουν τα 80 – 100 kg/στρ.



Εικόνα 29: Ηλίανθος [8].



Εικόνα 30: Σόγια [8].

3.7 Σόγια.

Η Σόγια είναι ένα όσπριο που αναπτύσσεται στα τροπικά και υποτροπικά κλίματα. Αποτελεί μια πολύ σημαντική πηγή υψηλής ποιότητας πρωτεΐνης και ελαίων. Η σόγια έχει την υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (40%) από όλες τις καλλιέργειες και μια από τις υψηλότερες συγκεντρώσεις σε λάδι (20%). Η σόγια είναι η μεγαλύτερη πηγή εδάδιμου σπορέλαιου. Υπολογίζεται ότι το σογιέλαιο αποτελεί το 50% της συνολικής παραγωγής σπορέλαιων παγκοσμίως. Ένα υποπροϊόν από την παραγωγή του ελαίου, το αποκαλούμενο κέικ σόγιας, χρησιμοποιείται ως ζωική τροφή πλούσια σε πρωτεΐνες.

Το φυτό της σόγιας έχει υψηλά επίπεδα προσαρμογής στα περιβάλλοντα καλλιέργειας με σημαντικό πλεονέκτημα το γεγονός ότι έχει την ικανότητα να δεσμεύει το ατμοσφαιρικό άζωτο με την βοήθεια ριζόβιων μικροοργανισμών.

Τα περισσότερα καλλιεργούμενα είδη έχουν δυο μεγάλες περιόδους ανάπτυξης: το στάδιο της βλαστικής ανάπτυξης και το στάδιο της άνθισης ή το αναπαραγωγικό στάδιο. Συνήθως από τη στιγμή εμφάνισης του σπορόφυτου στην επιφάνεια του εδάφους μέχρι την εμφάνιση του πρώτου άνθους, περνάνε έξι με οχτώ περίπου εβδομάδες (εξαρτάται από πολλούς παράγοντες). Το μέγεθος των φυτών καθώς και ο αριθμός ανθέων εξαρτώνται κατά πολύ από τις συνθήκες που επικρατούν κατά την καλλιέργεια της. Το μήκος της αύξησης των φυτών μετά την μετάβαση στο ανθικό στάδιο εξαρτάται όχι μόνο από τις συνθήκες του περιβάλλοντος αλλά και από τις καλλιεργητικές τεχνικές και την ποικιλία.

3.8 Γλυκό σόργο

Το γλυκό σόργο είναι μονοετές φυτό, χαρακτηρίζεται από μεγάλη φωτοσυνθετική ικανότητα και υψηλή απόδοση σε βιομάζα μεγάλης περιεκτικότητας σε διαλυτά ζάχαρα και κυτταρίνες. Παράλληλα με τα καλλιεργούμενα υπάρχουν και τα άγρια είδη σόργου, που αποτελούν ζιζάνια για πληθώρα καλλιεργειών. Λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας των στελεχών σε ζάχαρα (9-13 % νωπού βάρους) και της σχετικά με τον αραβόσιτο μικρότερης απαίτησης σε εισροές, το γλυκό σόργο αποτελεί αντικείμενο εντατικών μελετών για την παραγωγή **βιοαιθανόλης** με τις κλασικές διαδικασίες ζύμωσης του ζαχαρούχου χυμού. Ταυτόχρονα, μελετάται η αξιοποίηση των στελεχών μετά την εξαγωγή του χυμού για την παραγωγή ζωοτροφών (ενσίρωμα), βιομονωτικών υλικών (λόγω ποσότητας και ποιότητας κυτταρινών) ή και παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας. Πρόσφατα επίσης, γίνονται συντονισμένες ερευνητικές προσπάθειες για τη βελτίωση της παραγόμενης ποσότητας βιομάζας και αξιοποίησης όλου του φυτού ή μόνο των στελεχών για παραγωγή βιοαιθανόλης δεύτερης γενιάς.

Το γλυκό σόργο χαρακτηρίζεται από καλή προσαρμοστικότητα σε ξηρικές ή ημιξηρικές συνθήκες καθώς οι απαιτήσεις του σε νερό είναι σχετικά μικρές. Είναι φυτό που ευδοκimeί σε πληθώρα εδαφικών τύπων από ελαφρά αργιλώδη έως και βαριά αργιλοπηλώδη αλλά προτιμά τα ελαφρά, γόνιμα εδάφη, με καλή στράγγιση και μέτρια έως υψηλή διαθέσιμη υγρασία. Η ανάπτυξη του πραγματοποιείται σε ευρύ φάσμα τιμών pH που κυμαίνεται μεταξύ 5 και 8.5. Το ύψος του στελέχους του γλυκού σόργου εξαρτάται από την ποικιλία, τις κλιματικές και καλλιεργητικές συνθήκες και μπορεί να φθάσει έως και 5 m αλλά συνήθως δεν υπερβαίνει τα 3.5-4 m. Το περιεχόμενο των στελεχών σε ζάχαρα κατά το στάδιο ωρίμανσης κυμαίνεται μεταξύ 9 και 13 %. Το σόργο δύναται να χρησιμοποιηθεί σε διάφορα σχήματα αμειψισποράς όπως π.χ. με άλλα σιτηρά (σιτάρι, αραβόσιτο), ψυχανθή και ελαιούχα φυτά. Μπορεί επίσης να αποτελέσει επίσπορη καλλιέργεια μετά από χειμερινά σιτηρά ή ελαιοκράμβη.



Εικόνα 31: Γλυκό σόργο [8]

Η απόδοση σε βιομάζα εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες, την περιοχή, την ποικιλία, την γονιμότητα του εδάφους και τις καλλιεργητικές πρακτικές. Οι πειραματικές αποδόσεις σε διάφορες χώρες της Νότιας Ευρώπης κυμάνθηκαν περί τους 8-10 τον στελεχών/στρ. Στην Ελλάδα, η απόδοση σε χλωρή βιομάζα κυμαίνεται μεταξύ 7 και 12 τον/στρ ή και μεγαλύτερη υπό ιδανικές συνθήκες με αντίστοιχη απόδοση σε ξηρή βιομάζα της τάξης των 2-3.5 τον/στρ. Μια μέση πάντως τιμή σε επίπεδο καλλιέργειας, μετά και από εκτεταμένο σχετικό πειραματισμό της EBZ ΑΕ και του ΓΠΑ, υπολογίζεται στα 850-900 χλγ ζάχαρης/στρ. Με βάση την εκτίμηση αυτή, η παραγωγή βιοαιθανόλης υπολογίζεται περί τα 500-550 λίτρα/στρ, ενώ το στρεμματικό κόστος παραγωγής αναμένεται θεωρητικά να είναι μικρότερο κατά 15-20% συγκριτικά με τον αραβόσιτο. Ταυτόχρονα, παράγεται βιομάζα για ενσίρωση περί τους 4-5 τον/στρ. Τέλος, παράγονται 100 περίπου χλγ σπόρου ανά στρέμμα. Όπως έχει αναφερθεί, η βιομάζα (βαγάση) μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για παραγωγή θερμότητας ή αργότερα για την παραγωγή βιοαιθανόλης 2ης γενεάς. Για την περίπτωση παραγωγής βιοαιθανόλης σήμερα το ενεργειακό ισοζύγιο είναι μεγαλύτερο του 2 και το ποσοστό μείωσης αερίων θερμοκηπίου είναι περί το 30-40 %. Βέβαια θα πρέπει να τονιστεί το γεγονός ότι μέχρι τώρα δεν έχει υπάρξει παραγωγή βιοαιθανόλης από γλυκό σόργο σε βιομηχανική κλίμακα, κυρίως για λόγους έντονης εποχικότητας της παραγωγής και δυσχέρειας χειρισμού της βιομάζας.

3.9 Αραβόσιτος

Ο αραβόσιτος είναι ανοιξιάτικο κτηνοτροφικό σιτηρό. Στην Ελλάδα η καλλιέργεια καταλαμβάνει έκταση περίπου 2.000.000 στρ, με μέση απόδοση 1000-1100 χλγ/στρ και κύριες περιοχές παραγωγής τη Μακεδονία, Θράκη και Ήπειρο. Ο αραβόσιτος καλλιεργείται για τον καρπό του που προορίζεται παραδοσιακά για τη διατροφή ζώων αλλά και για άμεση κατανάλωση. Άλλες χρήσεις του καρπού περιλαμβάνουν την εξαγωγή βρώσιμου ελαίου, την παρασκευή αλεύρου για την αρτοποιία και τη ζαχαροπλαστική, καθώς και την αξιοποίηση του αμύλου για παραγωγή αλκοολούχων ποτών και γλυκαντικών. Διάφορα συστατικά του καρπού αξιοποιούνται επίσης στη βιομηχανία για την παραγωγή καλλυντικών σκευασμάτων, φαρμάκων, βιοαποικοδομούμενων υλικών, πλαστικών, καθώς και στη σαπωνοποιία και χαρτοβιομηχανία. Τα τελευταία χρόνια η καλλιέργεια αραβόσιτου αποτελεί τη σημαντικότερη μετά το ζαχαροκάλαμο πρώτη ύλη παραγωγής βιοαιθανόλης, κυρίως στις ΗΠΑ.

Λόγω της μεγάλης του προσαρμοστικότητας και ποικιλομορφίας, ο αραβόσιτος καλλιεργείται σε μεγάλο εύρος κλιματικών συνθηκών και εδαφικών τύπων, αλλά ως τροπικής προέλευσης φυτό προτιμά τα θερμά κλίματα. Η ανάπτυξη του αραβόσιτου απαιτεί άφθονη ηλιοφάνεια. Είναι φυτό απαιτητικό σε υγρασία καθ' όλη τη διάρκεια της ανάπτυξής του. Η καλλιέργεια του εντοπίζεται κυρίως σε περιοχές με μέση ετήσια βροχόπτωση 400-800 χιλ, ενώ σε περιοχές με χαμηλή ή καθόλου βροχόπτωση η επίτευξη ικανοποιητικών αποδόσεων πραγματοποιείται μόνο με την εφαρμογή άρδευσης. Ο αραβόσιτος αναπτύσσεται καλά σε γόνιμα, πλούσια και επαρκώς στραγγιζόμενα εδάφη.



Εικόνα 32: Αραβόσιτος [8]

Ποικιλίες

Ο βασικός τύπος που χρησιμοποιείται και για την παραγωγή βιοαιθανόλης είναι ο οδοντωτός. Είναι ο πλέον παραγωγικός και περισσότερο χρησιμοποιούμενος τύπος στον οποίο ανήκουν τα καλλιεργούμενα απλά υβρίδια. Τύποι για άλλες χρήσεις είναι οι α) σκληρόκοκκος, β) γλυκός, γ) μικρόκοκκος, δ) αλευρώδης και ε) κηρώδης. Υπάρχει πληθώρα υβριδίων αραβόσιτου στην Ελληνική αγορά, με διάφορα χαρακτηριστικά που ενδιαφέρουν ανάλογα με την περιοχή, τις ασθένειες, την πρωιμότητα κλπ. Η μεγάλη πλειονότητα των καλλιεργούμενων υβριδίων είναι προϊόντα των γνωστών πολυεθνικών σποροπαραγωγικών οίκων, ενώ υπάρχει και ένας μικρός αριθμός ποικιλιών εγχώριων βελτιωτικών προγραμμάτων. Ιδιαίτερα για την μεγιστοποίηση της παραγωγής βιοαιθανόλης, όλες οι προαναφερθείσες πολυεθνικές εταιρίες έχουν ήδη προωθήσει στην αγορά υβρίδια υψηλών ολικών ζυμώσιμων (HTF) που αποδίδουν μεγαλύτερη ποσότητα ζυμώσιμου αμύλου.



Εικόνα 33: Συγκομιδή αραβοσίτου [8]

Η μέση απόδοση του αραβοσίτου στη χώρα μας είναι περί τα 1000-1100 χλγ/στρ ενώ το εύρος αποδόσεων που έχει σημειωθεί κυμαίνεται από 600 έως και 1700 χλγ/στρ. Συνήθως, η απομένουσα φυτική μάζα (στελέχη) έχει το ίδιο βάρος με αυτό του συγκομιζόμενου καρπού. Με βάση την απόδοση σε καρπό, και με δεδομένο ότι από 1 χλγ καρπού σιτηρών παράγονται 0.39 λίτρα βιοαιθανόλης (δεδομένα από σύγχρονη βιομηχανική μονάδα), από ένα στρέμμα αραβοσίτου μπορούν να παραχθούν περί τα 380-400 λίτρα βιοαιθανόλης. Όμως, το ενεργειακό ισοζύγιο της παραγωγής είναι ιδιαίτερα μικρό (1.3) ενώ και η μείωση των αερίων του θερμοκηπίου, σε σχέση με τη βενζίνη, είναι επίσης μικρή (περί το 18-20%). Παράγονται επίσης 350 χλγ υψηλής προστιθέμενης αξίας ζωοτροφή (DDGS). Εάν αξιοποιηθούν τα λιγνοκυτταρινούχα υπολείμματα της συγκομιδής για παραγωγή βιοαιθανόλης 2ης γενιάς, τότε προστίθενται περί τα 250 λίτρα στη στρεμματική απόδοση που έτσι φθάνει τα 630-650 λίτρα βιοαιθανόλης. Επειδή το ενεργειακό ισοζύγιο για λιγνοκυτταρινούχα βιοαιθανόλη είναι τουλάχιστον 5-6 και η μείωση των αερίων του θερμοκηπίου περίπου 70-80 % είναι εμφανές ότι εκτός από την αύξηση της απόδοσης, υπάρχει σημαντική συνολική βελτίωση των περιβαλλοντικών ιδιοτήτων της βιοαιθανόλης. Βεβαίως στην πράξη, για λόγους διατήρησης των ιδιοτήτων του εδάφους, θα αφαιρείται μόνο το 30 % των υπολειμμάτων με αντίστοιχη μείωση των προστιθέμενων ωφελειών.

3.10 Σιτάρι

Το σιτάρι είναι το σημαντικότερο σιτηρό και κατάγεται από την περιοχή της Νοτιοανατολικής Μεσογείου. Η πλειοψηφία των καλλιεργούμενων σιταριών είναι είδη του γένους *Triticum*, με κυριότερα το εξαπλοειδές, γνωστό ως μαλακό και το τετραπλοειδές, γνωστό ως σκληρό σιτάρι. Το μαλακό σιτάρι χρησιμοποιείται κυρίως στην αρτοποιία και στη ζαχαροπλαστική, ενώ το σκληρό προορίζεται για την βιομηχανία ζυμαρικών και τη διατροφή ζώων. Τα τελευταία χρόνια, στην Ευρώπη το μαλακό σιτάρι συμμετέχει σημαντικά στην παραγωγή βιοαιθανόλης με το ποσοστό του να ανέρχεται στο 32 % της συνολικής παραγωγής για το 2006. Στην Ευρώπη το σιτάρι καλλιεργείται κυρίως στη Γαλλία, Αγγλία, Ιταλία, Γερμανία, Ισπανία και Ελλάδα. Στη χώρα μας, η καλλιέργεια σιταριού καταλαμβάνει έκταση περίπου 7.000.000 στρ.

Ο καρπός του σιταριού είναι κατ' εξοχήν αμυλούχος (περίπου 70 %), με αρκετά υψηλό ποσοστό πρωτεΐνης. Το άμυλο βρίσκεται εξ ολοκλήρου στο ενδοσπέρμιο, τα διαλυτά σάκχαρα στο έμβρυο και οι πολυσακχαρίτες (κυτταρίνες-ημικυτταρίνες) στα περιβλήματα του καρπού. Το σιτάρι είναι φυτό που παρουσιάζει ευρεία προσαρμοστικότητα σε πληθώρα κλιματικών συνθηκών και εδαφικών τύπων. Η καλλιέργεια απαντάται τόσο σε βόρεια όσο και

σε τροπικά και υποτροπικά κλίματα, όπου περιορίζεται σε υψίπεδα με θερμοκρασίες μικρότερες των 30 0C. Ιδανικές συνθήκες για την ανάπτυξη του φυτού απαντώνται σε περιοχές με ψύχος και υγρασία κατά το βλαστικό στάδιο ανάπτυξης και ξηροθερμικό κλίμα κατά το σχηματισμό του καρπού. Σε μεσογειακά κλίματα το σιτάρι σπέρνεται το φθινόπωρο και συγκομίζεται στην αρχή του καλοκαιριού, ενώ σε ηπειρωτικά κλίματα η σπορά πραγματοποιείται την άνοιξη και η συγκομιδή στα μέσα ή τέλη του καλοκαιριού.



Εικόνα 34: Σιτάρι [8]

Από οφθαλμούς των κόμβων εκφύονται δευτερογενή στελέχη (αδέρφια) σε αριθμό που εξαρτάται από την ποικιλία και την πυκνότητα φύτευσης. Τα φύλλα είναι λεία με παράλληλες νευρώσεις, εκφύονται από τους κόμβους και φέρουν γλωσσίδιο και ωτίδια στο σημείο ένωσης κολεού και ελάσματος. Η ταξιανθία του σιταριού είναι στάχης σύνθετος, αποτελούμενος από πολλά σταχύδια τοποθετημένα κατ' εναλλαγή πάνω στη ράχη. Κάθε σταχύδιο φέρει 2-9 άνθη (2-3 γόνιμα) και περιβάλλεται από τα λέπυρα. Κάθε άνθος προστατεύεται από δύο περιβλήματα, το χιτώνα και τη λεπίδα. Τα άγανα, που είναι βελονοειδείς αποφύσεις του χιτώνα, φέρουν στόματα και χλωροπλάστες και έχουν φωτοσυνθετική ικανότητα.

Οι αποδόσεις του μαλακού σιταριού που χρησιμοποιείται για βιοαιθανόλη, στη χώρα μας κυμαίνονται από 210-330 χλγ/στρ ενώ σε αρδευόμενες εκτάσεις μπορούν να φθάσουν ή και να ξεπεράσουν τα 550 χλγ/στρ. Με βάση τις συνήθειες αποδόσεις, η παραγωγή βιοαιθανόλης κυμαίνεται μεταξύ 80 και 130 λίτρα/ στρ με μέση τιμή τα 105 λίτρα. Ταυτόχρονα παράγονται περί τα 90 χλγ υψηλής προστιθέμενης αξίας ζωοτροφή. Το παραγόμενο άχυρο (περίπου 250 χλγ/στρ), εκτός από τη χρήση του ως ζωοτροφή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως στερεό καύσιμο ή μελλοντικά για βιοαιθανόλη από λιγνοκυτταρίνη. Το ενεργειακό ισοζύγιο της βιοαιθανόλης από σιτάρι κυμαίνεται από 1 έως 2.8 και η μείωση αερίων του θερμοκηπίου είναι περίπου 20 %.

3.11 Ευκάλυπτος

Ο ευκάλυπτος είναι καλλωπιστικό δένδρο που ανήκει στην οικογένεια Myrtaceae και κατάγεται από την Αυστραλία. Είναι φυτό που απαντάται κυρίως στις υποτροπικές περιοχές,

με την Πορτογαλία και την Ισπανία να καλύπτουν τη μισή περίπου παγκόσμια παραγωγή ευκάλυπτου. Σημαντικές επίσης καλλιεργούμενες εκτάσεις ευρίσκονται στις ΗΠΑ, και συγκεκριμένα στην Καλιφόρνια, Αριζόνα και Χαβάη. Το ξύλο που παράγεται από τον ευκάλυπτο χρησιμοποιείται για την παραγωγή οικοδομικών υλικών και χαρτοπολλτού. Τα φύλλα έχουν αντιβιοτικές ιδιότητες και το απόσταγμα τους χρησιμοποιείται ως εντομοαπωθητικό και αντιπαρασιτικό. Το αιθέριο έλαιο που παράγεται από τον ευκάλυπτο χρησιμοποιείται ως αντιβηχικό, αντισηπτικό και για την παρασκευή καλλυντικών σκευασμάτων. Δεδομένης της προσαρμοστικότητας στις κλιματικές συνθήκες της νότιας Ευρώπης, ο ευκάλυπτος μπορεί να αποτελέσει μια συμφέρουσα καλλιέργεια για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων.

Η κατά μέσο όρο παραγωγή βιομάζας ευκάλυπτου είναι περί τους 2.6 τον/στρ που συνοδεύεται από σε αποδόσεις της τάξης των 0.6-0.8 και 0.3-0.4 τον/στρ χλωρού φυλλώματος και ξηρού βάρους, αντίστοιχα και 4-4.5 χλγ/στρ ελαίου. Σε πειραματικές αρδευόμενες καλλιέργειες της ρυγχωτής ευκαλύπτου, που διεξήχθησαν στη χώρα μας, με διετή περίτροπο χρόνο καταγράφηκαν αποδόσεις της τάξης των 6.4 και 2.8 τον/στρ/έτος χλωρής και ξηρής μάζας, αντίστοιχα. Η αύξηση της παραγωγής της ξηρής βιομάζας από τον δεύτερο στον τρίτο περίτροπο χρόνο ήταν της τάξης του 46%. Η καύση του ξύλου παράγει κάρβουνο υψηλής ποιότητας με παράλληλη παραγωγή μικρής ποσότητας τέφρας. Η ενεργειακή αξία του ξύλου είναι περίπου 4.800 kcal/χλγ. Σύμφωνα με τις αποδόσεις των πειραματικών καλλιεργειών που προαναφέρθηκαν το εκτιμώμενο ενεργειακό δυναμικό του της φυτείας κυμαίνεται μεταξύ 35 και 58 GJ/στρ/έτος.

3.12 Κόστος παραγωγής ενεργειακών καλλιεργειών

3.12.1 Κόστος παραγωγής ενεργειακών καλλιεργειών για παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων στην Ελλάδα.

Στο πρώτο τμήμα της οικονομικής ανάλυσης, παρουσιάζονται τα κόστη παραγωγής ενεργειακών φυτών για υγρά βιοκαύσιμα. Οι καλλιέργειες που έχουν αναλυθεί είναι η ελαιοκράμβη, ο ηλίανθος, το σκληρό σιτάρι, το γλυκό σόργο, τα ζαχαρότευτλα και το καλαμπόκι. Η ανάλυση του κόστους αφορά στη Βόρεια Ελλάδα και βασίζεται σε στοιχεία του 2016. Πρέπει να τονίσουμε ότι ως κόστος των καλλιεργητικών επεμβάσεων θεωρήθηκε το κόστος ενοικίασης και όχι το κόστος με ίδια μέσα παραγωγής (με εξαίρεση το κόστος της άρδευσης), ενώ για το κόστος των γεωργικών εφοδίων (όπως λιπάσματα, ζιζανιοκτόνα, εντομοκτόνα κλπ.) χρησιμοποιήθηκαν τιμές αγοράς. Τα στοιχεία κόστους των καλλιεργητικών επεμβάσεων προέρχονται από την Ένωση Αγροτικών Συνεταιρισμών (ΕΑΣ) Ορεστιάδας και από την Ελληνική Βιομηχανία Ζάχαρης (ΕΒΖ), Εργοστάσιο Ορεστιάδας.

Παρακάτω παρουσιάζεται λεπτομερής εκτίμηση του κόστους καλλιέργειας των προαναφερθέντων φυτών. Η ανάλυση αυτή έλαβε υπόψη τον παράγοντα άρδευση και τις επιπτώσεις της στην παραγωγικότητα των φυτών, για τις καλλιέργειες ελαιοκράμβης, ηλίανθου και σκληρού σίτου με σκοπό να εκτιμήσει την επίδρασή του παράγοντα αυτού στην οικονομικότητα των καλλιεργειών. Οι καλλιεργητικές τεχνικές είναι παρόμοιες για όλα τα φυτά, με μικρές διαφορές στη λίπανση, την προετοιμασία εδάφους και την άρδευση. Τα παρακάτω στοιχεία τονίζουν κάποιες από τις ιδιαιτερότητες των φυτών από πλευράς οικονομικής προσέγγισης:

Οι αποδόσεις εξαρτώνται κυρίως από τις κλιματικές συνθήκες και την ένταση της άρδευσης αργά την άνοιξη. Οι αποδόσεις της ελαιοκράμβης, του ηλίανθου και του σκληρού σίτου

κυμαίνονται μεταξύ 175 με 180 κιλά/στρέμμα (για τα δύο πρώτα) και 300 κιλά/στρέμμα (για το σιτάρι) όσον αφορά τις ξηρικές καλλιέργειες, ενώ για τις αρδευόμενες καλλιέργειες τα αντίστοιχα στοιχεία είναι 350 με 550 κιλά/στρέμμα. Το γλυκό σόργο, τα τεύτλα κι ο αραβόσιτος είναι αποκλειστικά αρδευόμενα φυτά με ιδιαίτερα υψηλές αποδόσεις. Ενοίκιο εδάφους: Η ανάγκη άρδευσης επηρεάζει την επιλογή του εδάφους και το κόστος ευκαιρίας της γης, όπου σε κάποιες περιπτώσεις είναι τριπλάσιο για την αρδευόμενη (30 €/στρέμμα για τα αρδευόμενα χωράφια και 35 €/στρέμμα για τα τεύτλα) σε σχέση με τη μη αρδευόμενη (9 €/στρέμμα). Οι υψηλότερες αποδόσεις είναι ικανές να υπερκαλύψει το αυξημένο κόστος της αρδευόμενης γης και το ίδιο το κόστος της άρδευσης, καταλήγοντας σε μειωμένο κόστος ανά τόνο παραγόμενης βιομάζας. Από τα φυτά που προορίζονται για παραγωγή βιοντήζελ, το χαμηλότερο κόστος παρουσιάζει ο ηλιανθος (248 € ανά τόνο) καλλιεργούμενος κάτω από αρδευόμενες συνθήκες ενώ από τα φυτά που προορίζονται για παραγωγή βιοαιθανόλης, το γλυκό σόργο παρουσιάζει ιδιαίτερα χαμηλό κόστος παραγωγής (16,60 € ανά τόνο), κυρίως λόγω των πολύ υψηλών αποδόσεων του φυτού σε χλωρή μάζα.

3.12.2 Κόστος παραγωγής ενεργειακών καλλιεργειών για παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων στην Νότια Ευρώπη.

Σε αυτό το τμήμα παρουσιάζεται το κόστος παραγωγής, συγκομιδής και μεταφοράς τεσσάρων βασικών πολυετών ενεργειακών καλλιεργειών για παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων (Καλάμι, Αγριαγκινάρα, Μίσχανθος και Switchgrass), σε τέσσερις χώρες της Νότιας Ευρώπης (Ελλάδα, Νότια Γαλλία, Ιταλία και Ισπανία). Η κοστολόγηση βασίστηκε στα αποτελέσματα του ευρωπαϊκού ερευνητικού έργου με τίτλο “Βιοενεργειακές Αλυσίδες” (ENK6-CT2001-00524) (Christou, et.al, 2005). Η ανάλυση βασίστηκε σε στοιχεία του 2004 και αφορά στο κόστος παραγωγής με ίδια μέσα. Στο κόστος των μηχανημάτων έχει υπολογιστεί η απόσβεση τους και οι τόκοι του κεφαλαίου, το ετήσιο κόστος συντήρησης και ασφάλισης καθώς και το κόστος καυσίμων. Στο κόστος εργασίας έχει ληφθεί υπόψη η αμοιβή του παραγωγού και των υπολοίπων εργατών, ενώ για το κόστος της γης έχει υπολογιστεί το κόστος ευκαιρία αυτής. Όσον αφορά την παραγωγή των φυτών στο χωράφι, το κόστος αναφέρεται στο ετήσιο ισοδύναμο κόστος παραγωγής των καλλιεργειών καθ’ όλη τη διάρκεια της παραγωγικής τους ζωής, λαμβάνοντας δηλαδή υπόψη και το ετήσιο ισοδύναμο κόστος της εγκατάστασης (με επιτόκιο προεξόφλησης 10%). Η παραγωγική ζωή των φυτών υπολογίστηκε σε 15 έτη. Αντίστοιχα, γνωρίζοντας ότι η παραγωγικότητα των πολυετών καλλιεργειών μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια ζωής τους, οι παρακάτω πίνακες αναφέρονται στο ετήσιο ισοδύναμο των αποδόσεων των φυτών καθ’ όλη τη διάρκεια της παραγωγικής τους ζωής.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται κατά συντελεστή παραγωγής. Ιδιαίτερη ανάλυση έγινε για τη συγκομιδή και τη μεταφορά των φυτών, όπου εξετάστηκαν διάφοροι τύποι όπως θρύμματα (chips), δέματα μεγάλου μεγέθους (bales), δεμάτια (bundles), πελέτες (pellets) κλπ. Από την ανάλυση προέκυψε ότι ο οικονομικότερος τρόπος για τη συγκεκριμένη διαδικασία αφορά σε θρύμματα για το καλάμι και δέματα για τα υπόλοιπα τρία φυτά. Στα αποτελέσματα που παρουσιάζονται αφορούν μεταφορά 50 χιλιάδων τόνων ξηρής βιομάζας ετησίως με μέση ακτίνα μεταφοράς 10 χιλιόμετρα. Τα μικρότερης κλίμακας σενάρια που εξετάστηκαν παρουσιάζουν υψηλότερο κόστος μεταφοράς.

Από τα πολυετή ενεργειακά φυτά που εξετάστηκαν, η αγριαγκινάρα παρουσιάζει το χαμηλότερο κόστος παραγωγής, συγκομιδής και μεταφοράς. Για τη χώρα μας, εκτός από την αγριαγκινάρα, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και το switchgrass. Σε όλες τις χώρες, η σύγκριση μεταξύ των τεσσάρων καλλιεργειών δείχνει ότι η αγριαγκινάρα και το switchgrass παρουσιάζουν χαμηλότερο κόστος παραγωγής από τα υπόλοιπα δύο κυρίως λόγω του

γεγονότος ότι η εγκατάσταση τους πραγματοποιείται με σπορά, σε αντίθεση με το καλάμι και το μίσχανθο όπου η εγκατάσταση πραγματοποιείται με χρήση ριζωμάτων. Επίσης, ένας σημαντικός παράγοντας κόστους που επιδρά στα τελικά αποτελέσματα είναι και το κόστος της άρδευσης με φανερές διαφορές μεταξύ των αρδευόμενων και μη φυτών. Συγκεκριμένα για την περίπτωση της Ελλάδας, ένα σημαντικό στοιχείο κόστους στην περίπτωση των αρδευόμενων καλλιεργειών (καλάμι, μίσχανθος και switchgrass) είναι το ενοίκιο της γης το οποίο είναι υψηλότερο από τις άλλες χώρες. Πρέπει όμως να τονίσουμε ότι, σε αντίθεση με τις υπόλοιπες χώρες, στο ενοίκιο του εδάφους για την Ελλάδα έχουν συμπεριληφθεί και τα τέλη άρδευσης. Αντίστοιχα, στην περίπτωση της παραγωγής καλαμιού, μίσχανθου και switchgrass στην Ισπανία, οι παραγωγικότητα των φυτών παρουσιάζεται ιδιαίτερα χαμηλή λόγω της περιορισμένης δυνατότητας άρδευσης σε συνδυασμό με το ξηρό κλίμα της χώρας. Τέλος, είναι φανερό ότι το κόστος συγκομιδής και αποθήκευσης, αλλά κυρίως το κόστος μεταφοράς είναι ιδιαίτερα υψηλό στην περίπτωση του καλαμιού, όπου πραγματοποιείται με θρυμματισμό της βιομάζας, σε αντίθεση με τα άλλα τρία φυτά όπου συλλέγονται και μεταφέρονται σε δέματα.

Πρώτη ύλη	Θα δουλέψει;	Απόδοση	Παρατηρήσεις
Ροκανίδια σκληρού ξύλου	Ναι	Εξαιρετική	Μέγεθος 10mm-50mm
Ροκανίδια μαλακού ξύλου	Ναι	Εξαιρετική	Μέγεθος 10mm-50mm
Κελύφη - πυρήνες καρπών	Ναι	Εξαιρετική	Χρειάζεται προεργασία
Κέλυφος καρύδας	Ναι	Εξαιρετική	Χρειάζεται προεργασία
Πυρηνόξυλο	Ναι	Εξαιρετική	Χρειάζεται προεργασία
Ευκάλυπτος	Ναι	Εξαιρετική	Χρειάζεται προεργασία
Αγριαγκινάρα	Ναι	Καλή	Χρειάζεται προεργασία
Μίσχανθος	Ναι	Καλή	Χρειάζεται προεργασία
Καλάμι	Ναι	Καλή	Χρειάζεται προεργασία
Πριονίδια	Ναι	Σχετική	Σε σβόλους
Στάχυα καλαμποκιού	Ναι	Σχετική	Χρειάζεται προεργασία
Στάχυα βαμβακιού	Ναι	Σχετική	Χρειάζεται προεργασία
Κοπριά	Ναι	Σχετική	Ξηραμένη με 15% υγρασία
Φλοιόδα ρυζιού	Ναι	Σχετική	Χρειάζεται προεργασία

Εικόνα 35: Αποδόσεις πρώτων υλών [21]

3.13 Σκοπός της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας

Σκοπός της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας είναι η παραγωγή θερμότητας, ηλεκτρισμού, κίνησης μέσω βιοκαυσίμων. Ανάλογα με την πρώτη ύλη που κάθε φορά είναι διαθέσιμη επιλέγεται και η αντίστοιχη διεργασία για την βέλτιστη ενεργειακή αξιοποίησή της.

3.14 Ενεργειακό περιεχόμενο βιομάζας

Η βιομάζα είναι ανανεώσιμη με την έννοια ότι μετασχηματίζεται, καταστρέφεται και αναπαράγεται. Στις αναπτυσσόμενες χώρες η βιομάζα βρίσκει πολλές εφαρμογές όπως :

- 1) Χρήση σε υλικά κατασκευών
- 2) Παραγωγή ζωοτροφών
- 3) Παραγωγή λιπασμάτων
- 4) Παραγωγή ενέργειας κ.ά.

Αλλά και στις ανεπτυγμένες χώρες βρίσκει επίσης πολλές εφαρμογές όπως :

- Παραγωγή ενέργειας
- Παραγωγή χαρτιού
- Χρήση σε υλικά κατασκευών κ.ά.

Τη βιομάζα μπορούμε να τη κατατάξουμε σε διάφορες κατηγορίες όπως :

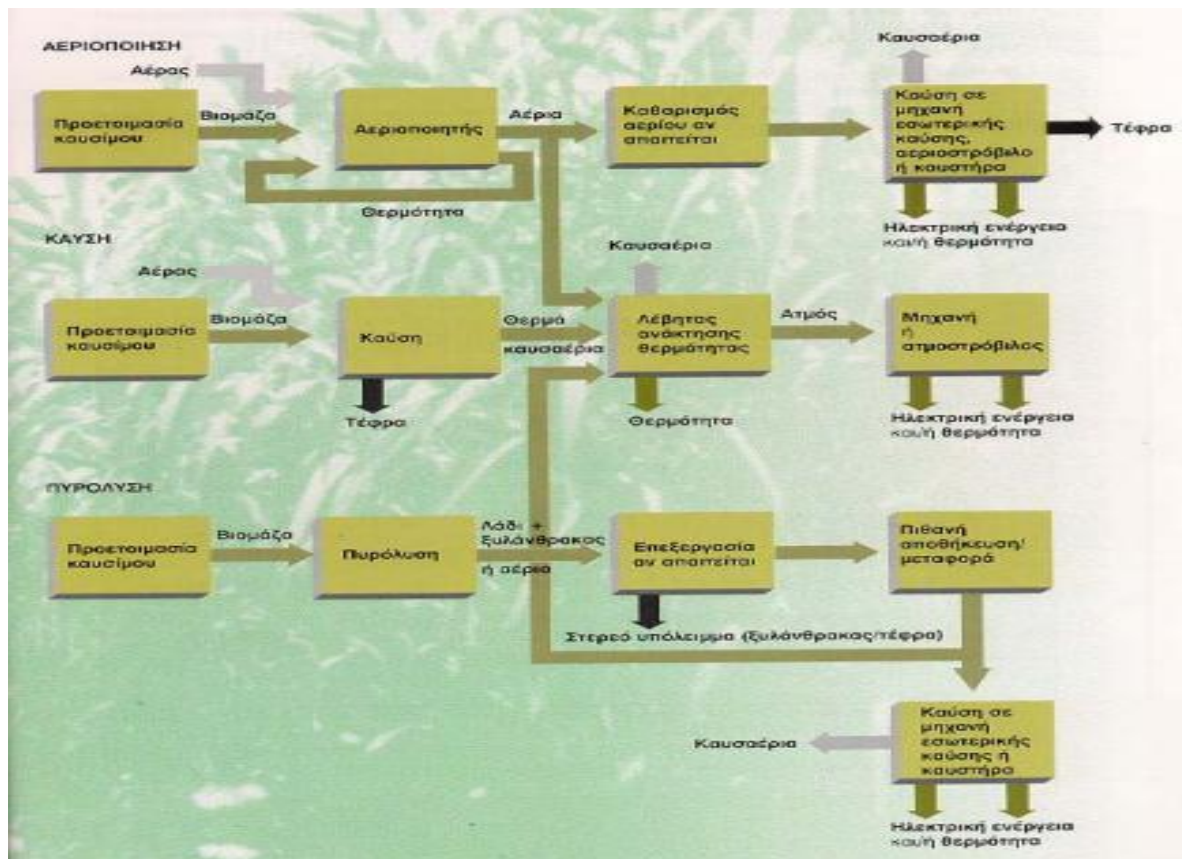
1. Δασικές φυτείες (ξυλώδης βιομάζα)
2. Αγροτοβιομηχανικές φυτείες (ξυλώδης βιομάζα)
3. Δένδρα εκτός των δασών (ξυλώδης βιομάζα)
4. Αγροτικές φυτείες (Μη ξυλώδης βιομάζα)
5. Υπολείμματα αγροτικών φυτειών (Μη ξυλώδης βιομάζα)
6. Υπολείμματα βιομηχανικής επεξεργασίας αγροτικών προϊόντων (Μη ξυλώδης βιομάζα)
7. Απόβλητα ζώων και ανθρώπων

Η βιομάζα των ανωτέρω κατηγοριών βρίσκει πολλές χρήσεις είτε για παραγωγή τροφίμων είτε για την παραγωγή ενέργειας είτε για άλλους σκοπούς. Η χρήση της βιομάζας για κάποιο σκοπό εξαρτάται από διάφορους κοινωνικούς και οικονομικούς παράγοντες που διαφέρουν από χώρα σε χώρα. Η χρήση της βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε 4 ενότητες.

1. Καύσιμα από ξύλο (καυσόξυλα, κάρβουνο, υπολείμματα ξύλου, υπολείμματα δασών)
2. Αγροτικά απόβλητα και παραπροϊόντα, απόβλητα γεωργικών βιομηχανιών
3. Απόβλητα ζώων, αστικά λύματα, οργανικό μέρος σκουπιδιών
4. Ενεργειακές φυτείες

3.15 Ενεργειακή αξιοποίηση βιομάζας

Η βιομάζα μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών (παραγωγή θερμότητας, ψύξης, ηλεκτρισμού κ.λ.π.) είτε με απ' ευθείας καύση, είτε με μετατροπή της σε αέρια, υγρά ή/και στερεά καύσιμα μέσω θερμοχημικών ή βιοχημικών διεργασιών. Επειδή η αξιοποίηση της βιομάζας αντιμετωπίζει συνήθως τα μειονεκτήματα της μεγάλης διασποράς, του μεγάλου όγκου και των δυσχερειών συλλογής-μεταποίησης- μεταφοράς-αποθήκευσης, επιβάλλεται η αξιοποίησή της να γίνεται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στον τόπο παραγωγής της. Έτσι, αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευχερέστατα σε μια πληθώρα εφαρμογών.



Εικόνα 36: Υπάρχουσες τεχνολογίες αξιοποίησης βιομάζας[6]

3.15.1 Χρήση της βιομάζας για παραγωγή θερμότητας.

Η παλαιότερη χρήση της βιομάζας είναι η καύση. Επιτυγχάνεται παρουσία αέρα σε θερμοκρασίες, που κυμαίνονται από 1000-1500°C και παρέχει θερμότητα, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διάφορους τρόπους. Μεγάλες ποσότητες βιομάζας χρησιμοποιούνται σήμερα με καύση κυρίως για παραγωγή θερμότητας, αλλά σαν διεργασία έχει χαμηλό βαθμό απόδοσης, συνήθως κάτω του 40%. Τα παραδοσιακά τζάκια έχουν βαθμό απόδοσης, που κυμαίνεται μεταξύ 10-20%, ενώ μερικές σύγχρονες κατασκευές τζακιών επιτυγχάνουν υψηλούς βαθμούς απόδοσης της τάξης του 60-80%.

3.15.2 Θέρμανση κτιρίων με βιομάζα

Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση κτιρίων με τζάκι, σόμπα ή σύστημα κεντρικής θέρμανσης. Η καύση ξύλων σε σόμπες είναι ευρύτατα διαδεδομένη σήμερα σε αγροτικά σπίτια, όπου υπάρχουν μεγάλες ποσότητες βιομάζας, κυρίως από το κόπμιμο δένδρων και κυρίως ελιάς. Πολλά σπίτια χρησιμοποιούν για θέρμανση τζάκια με την καύση ξύλων. Ενώ τα παλαιότερα τζάκια είχαν χαμηλούς βαθμούς απόδοσης, σήμερα τα σύγχρονα τζάκια έχουν υψηλούς βαθμούς απόδοσης και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για θέρμανση ολόκληρης της κατοικίας.

Αρκετά διαδεδομένα είναι επίσης σήμερα τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης με χρήση ξύλων ή πυρηνόξυλου. Αυτά χρησιμοποιούνται σαν εναλλακτική λύση των συστημάτων θέρμανσης με καυστήρα πετρελαίου ή φυσικού αερίου. Ο καυστήρας τους είναι διαφορετικός από εκείνο του πετρελαίου και αποτελείται από έναν έλικα, που μεταφέρει το πυρηνόξυλο

από το σιλό στην εστία καύσης, ενώ ένας ανεμιστήρας χρησιμοποιείται για την παροχή αέρα, που υποβοηθεί την καύση. Στην περίπτωση αυτή ο ιδιοκτήτης αγοράζει το πυρηνόξυλο σε σακιά από ένα πυρηνελαιουργείο και κατά τακτά χρονικά διαστήματα γεμίζει το σιλό του καυστήρα. Επειδή το πυρηνόξυλο είναι διαβρωτικό, λόγω του ότι περιέχει υπολείμματα οξέων, θα πρέπει το σύστημα καύσης να κατασκευάζεται από ανθεκτικά υλικά. Το κόστος του καυστήρα για χρήση πυρηνόξυλου είναι ελαφρά μεγαλύτερο από εκείνο του πετρελαίου (μαζούτ ή ντήζελ) ή του υγραερίου. Όμως, το κόστος του πυρηνόξυλου σε σχέση με την ενεργειακή του αξία είναι χαμηλότερο από του πετρελαίου ή του υγραερίου. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στο γεγονός, ότι ο καυστήρας του πυρηνόξυλου μετά το τέλος της χρήσης του διατηρεί μία μικρή εστία φωτιάς για χρονικό διάστημα 2-3 ημερών.

Εάν χρησιμοποιηθεί ξανά στο χρονικό αυτό διάστημα, η ανάφλεξη του πυρηνόξυλου γίνεται αμέσως, ενώ όταν χρησιμοποιηθεί μετά την παρέλευση του χρονικού διαστήματος των 2-3 ημερών, όταν η εστία φωτιάς θα έχει σβήσει, θα πρέπει ο χρήστης του καυστήρα να προκαλέσει μία ανάφλεξη (π.χ. λίγο βαμβάκι με οινόπνευμα αναμμένο). Η ενεργειακή αξία του ξύλου και του πυρηνόξυλου είναι περίπου 3500 KCAL/Kg, δηλαδή περίπου το ένα τρίτο του πετρελαίου, ενώ η τιμή του πυρηνόξυλου είναι περίπου το ένα ένατο της τιμής του ντήζελ. Για τη θέρμανση μιας κατοικίας με πυρηνόξυλο με ανάγκες 15.000 KCAL/ώρα και εφόσον ο βαθμός απόδοσης του συστήματος κεντρικής θέρμανσης είναι 70%, απαιτούνται περίπου 6 χιλ/ώρα πυρηνόξυλου.

Εφόσον στην ίδια κατοικία χρησιμοποιηθεί ντήζελ και ο βαθμός απόδοσης του συστήματος θέρμανσης είναι 80%, απαιτούνται περίπου 1,875 χιλ/ώρα ντήζελ τριπλάσιας αξίας. Επομένως, είναι αρκετά συμφέρουσα η θέρμανση κτιρίων με πυρηνόξυλο αντί του ντήζελ, τουλάχιστον με τις σημερινές τιμές των καυσίμων αυτών. Για θέρμανση επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλα είδη βιομάζας, όπως δασικά υπολείμματα, γεωργικά υπολείμματα, υπολείμματα ξυλουργείων κλπ.

Η εξοικονόμηση χρημάτων είναι αναμφισβήτητη αλλά κυρίως αποτελεί ένα οικολογικό καύσιμο με σημαντικές προοπτικές για την ελληνική οικονομία. Όπως δήλωσε ο υφυπουργός η χρήση του πυρηνόξυλου μπορεί να προσφέρει έως και 50% εξοικονόμηση στο κόστος θέρμανσης ενός κτιρίου λαμβάνοντας υπόψη ότι ο τόνος πετρελαίου έχει τετραπλάσια τιμή από τον τόνο pellet. Επίσης υπογράμμισε ότι από τον Σεπτέμβριο δόθηκε σε δημόσια διαβούλευση το σχέδιο Κοινής Υπουργικής Απόφασης για την άρση των περιορισμών στη χρήση σύμπτκτων βιομάζας, των γνωστών pellets, στις εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης στις περιοχές Αθήνας και Θεσσαλονίκης που υπάρχει εδώ και 23 χρόνια, από το 1993.

Στόχος του ΥΠΕΚΑ είναι να επιτραπεί η χρήση τυποποιημένων στερεών βιοκαυσίμων στις κεντρικές εγκαταστάσεις θέρμανσης, ώστε τα νοικοκυριά όλης της χώρας να εκμεταλλευτούν τα οικονομικά και περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα της βιομάζας. Η ευρεία χρήση pellets στη θέρμανση έχει το βασικό πλεονέκτημα ότι τόσο η πρώτη ύλη αλλά και το τελικό καύσιμο, όσο και ο καυστήρας μπορεί να είναι προϊόντα ελληνικής προέλευσης, η αξιοποίηση των οποίων δημιουργεί προοπτικές για πολλές νέες θέσεις εργασίας. Η θερμογόνος δύναμη ενός τόνου pellet ισοδυναμεί με το 50% της θερμογόνου δύναμης ενός χιλιόλιτρου πετρελαίου. Σήμερα στη χώρα υπάρχουν πέντε εργοστάσια pellets που εξάγουν την παραγωγή τους στην Ιταλία, ενώ δημιουργούνται και τρία νέα. Εξάλλου, η χώρα μας έχει σημαντική εμπειρία και εργαστήρια κατασκευής καυστήρων και λεβήτων, γεγονός που δημιουργεί προϋποθέσεις για την ανάπτυξη ολόκληρου βιοτεχνικού – βιομηχανικού κλάδου στον τομέα αυτό.

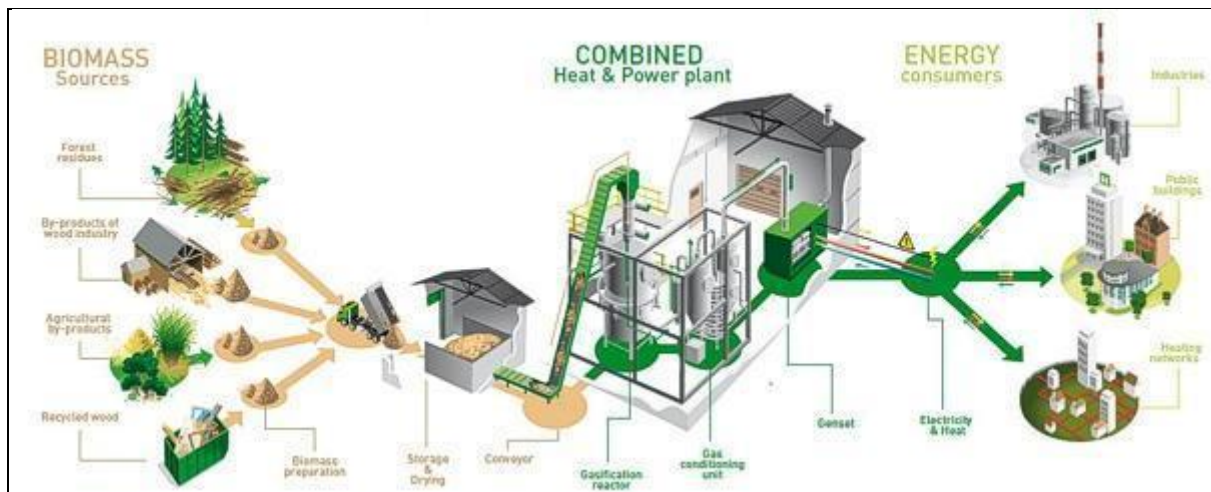
3.15.3 Παραγωγή θερμότητας σε βιοτεχνίες και βιομηχανίες.

Με τους συμβατικούς τρόπους παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας, μεγάλες ποσότητες θερμότητας απορρίπτονται στο περιβάλλον, είτε μέσω των ψυκτικών κυκλωμάτων, είτε μέσω των καυσαερίων. Με τη συμπαραγωγή, όπως ονομάζεται η 7 συνδυασμένη παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας από την ίδια ενεργειακή πηγή, το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας αυτής ανακτάται και χρησιμοποιείται επωφελώς. Έτσι, αφ' ενός επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς αυξάνεται ο βαθμός ενεργειακής μετατροπής του καυσίμου σε ωφέλιμη ενέργεια, αφ' ετέρου μειώνονται αντίστοιχα και οι εκπομπές ρύπων. Επίσης, ελαττώνονται οι απώλειες κατά τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς τα συστήματα συμπαραγωγής είναι συνήθως αποκεντρωμένα και βρίσκονται πιο κοντά στους καταναλωτές απ' ό,τι οι κεντρικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής. Πράγματι, οι συμβατικοί σταθμοί παρουσιάζουν βαθμό απόδοσης 15-40%, ενώ στα συστήματα συμπαραγωγής αυτός φθάνει μέχρι και 75-85%. Η συμπαραγωγή από βιομάζα στην Ελλάδα παρουσιάζει σημαντικό ενδιαφέρον σε αστικό-περιφερειακό επίπεδο. Η εξάπλωση της εφαρμογής της πρέπει να εξετασθεί με βασικό στόχο τη δημιουργία πολλών μικρών αποκεντρωμένων σταθμών συμπαραγωγής. Αυτοί θα πρέπει να εγκατασταθούν σε περιοχές της χώρας με σημαντικές ποσότητες διαθέσιμης βιομάζας, οι οποίες να βρίσκονται συγχρόνως κοντά σε καταναλωτές θερμότητας, καθώς η μεταφορά της θερμότητας παρουσιάζει υψηλές απώλειες και αυξημένο κόστος. Οι καταναλωτές της παραγόμενης θερμότητας των προαναφερθέντων σταθμών συμπαραγωγής μπορεί να είναι χωριά ή πόλεις, τα οποία θα θερμαίνονται μέσω κάποιας εγκατάστασης συστήματος τηλεθέρμανσης, θερμοκήπια, βιομηχανικές μονάδες με αυξημένες απαιτήσεις σε θερμότητα κ.ά.

Η παραγόμενη από τα συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρική ενέργεια είναι δυνατό είτε να ιδιοκαταναλώνεται είτε να πωλείται στη ΔΕΗ, σύμφωνα με όσα ορίζονται στο Ν. 2244/94 ("Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα"). Ένα παράδειγμα βιομηχανίας όπου με την εγκατάσταση μονάδας συμπαραγωγής υποκαταστάθηκαν, πολύ επιτυχώς, συμβατικά καύσιμα από βιομάζα, είναι ένα εκκοκκιστήριο στην περιοχή της Βοιωτίας. Σ' αυτό εκκοκκίζονται ετησίως 40.000-50.000 τόνοι βαμβακιού και, από την παραγωγική αυτή διαδικασία, προκύπτουν ετησίως 4.000-5.000 τόνοι υπολειμμάτων, τα οποία στο παρελθόν καίγονταν σε πύργους αποτέφρωσης, χωρίς ιδιαίτερο έλεγχο, δημιουργώντας έτσι κινδύνους αναφλέξεως. Η απαραίτητη ξήρανση του βαμβακιού πριν τον εκκοκκισμό παλαιότερα γινόταν με την καύση πετρελαίου και διοχέτευση των καυσαερίων στο προς ξήρανση βαμβάκι, μέχρι που εγκαταστάθηκε σύστημα συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού, το οποίο αξιοποιεί, μέσω καύσης, τα υπολείμματα του εκκοκκισμού. Η ισχύς του λέβητα βιομάζας είναι 4.000.000 kcal/h και ο παραγόμενος ατμός έχει πίεση 10 bar. Το έργο που παράγεται, κατά την εκτόνωση του ατμού σε ένα στρόβιλο, μετατρέπεται στη γεννήτρια σε ηλεκτρική ενέργεια ισχύος 500 kW. Μετά την εκτόνωσή του, ο ατμός οδηγείται, μέσω σωληνώσεων, αφ' ενός σε εναλλάκτες θερμότητας, όπου θερμαίνεται ο αέρας σε θερμοκρασία 130°C, ο οποίος, εν συνεχεία, χρησιμοποιείται για την ξήρανση του βαμβακιού σε ειδικούς γι' αυτό το σκοπό πύργους, αφ' ετέρου στο σπορειαυργείο, όπου χρησιμοποιείται στις πρέσες ατμού για την εξαγωγή του βαμβακόλαδου. Με την εγκατάσταση του παραπάνω συστήματος, καλύπτεται το σύνολο των αναγκών σε θερμότητα του εκκοκκιστηρίου, καθώς και μέρος των αναγκών του σε ηλεκτρική ενέργεια. Η εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων που επιτυγχάνεται ετησίως φθάνει τους 630 τόνους πετρελαίου. Έτσι, η αρχική επένδυση, συνολικού ύψους 300.000.000 δρχ., αποσβέσθηκε σε μόλις 6-7 εκκοκκιστικές περιόδους. Αξίζει, τέλος, να σημειωθεί ότι ανάλογες μονάδες, μόνο για παραγωγή θερμότητας όμως, έχουν ήδη εγκατασταθεί και λειτουργούν σε 17 εκκοκκιστήρια βαμβακιού στη χώρα μας, στα οποία αντικαταστάθηκε

πλήρως η χρήση του πετρελαίου και του μαζούτ από αυτή των υπολειμμάτων του εκκοκκισμού.

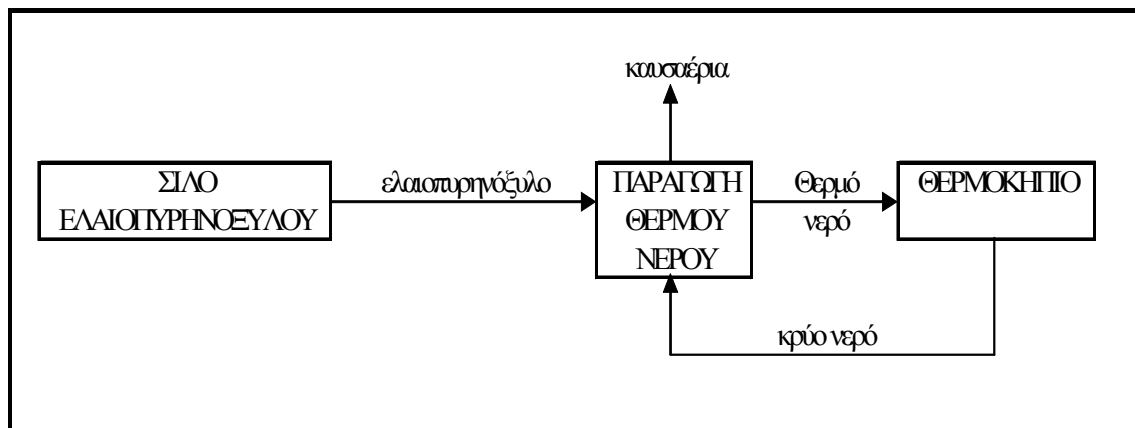
Επιπλέον, σήμερα στα περισσότερα μέρη της Ελλάδας το πυρηνόξυλο χρησιμοποιείται από πολλές βιοτεχνίες σαν καύσιμη ύλη, όπως φούρνοι, ασβεστοκάμινα κ.ά., κυρίως λόγω της χαμηλής τιμής του σε σχέση με τη θερμοϊδική αξία του. Χρησιμοποιείται, όμως, και σαν κύρια καύσιμη ύλη στα πυρηνελαιουργεία, δηλαδή στις βιομηχανίες που το παράγουν. Τα καυσαέρια από την καύση του χρησιμοποιούνται για την ξήρανση της υγρής ελαιοπυρήνας στο ξηραντήριο, ενώ επίσης χρησιμοποιείται και στους λέβητες παραγωγής ατμού. Ορισμένα πυρηνελαιουργεία διαθέτουν μονάδες διαχωρισμού του πυρηνόξυλου σε ένα κυτταρινούχο τμήμα και σε ένα άλλο τμήμα πλούσιο σε πρωτεΐνες, που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία ζωοτροφών. Το κυτταρινούχο τμήμα του πυρηνόξυλου, μετά το διαχωρισμό του, έχει μεγαλύτερη θερμογόνο δύναμη από το πυρηνόξυλο πριν το διαχωρισμό. Υπάρχουν, βέβαια, και λίγες βιοτεχνίες, που χρησιμοποιούν το κυτταρινούχο τμήμα του πυρηνόξυλου σαν καύσιμη ύλη.



Εικόνα 37: Χρήσεις της βιομάζας [8]

3.15.4 Θέρμανση θερμοκηπίων με ελαιοπυρηνόξυλο

Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη γεωργία για θέρμανση γεωργικών και κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων, για ξήρανση γεωργικών προϊόντων κ.ά. Μία σχετικά νέα μέθοδος θέρμανσης θερμοκηπίων με χρήση βιομάζας αποτελεί η θέρμανση με ελαιοπυρηνόξυλο. Το πυρηνόξυλο από κατάλληλα σιλό μεταφέρεται σε ένα καυστήρα/λέβητα, και το θερμό νερό που παράγεται κυκλοφορώντας σε επιδαπέδιο σύστημα σωληνώσεων που βρίσκεται εντός του θερμοκηπίου θερμαίνει το χώρο. Το πυρηνόξυλο μεταφέρεται αυτόματα σε μια κοχλιωτή έλικα του Αρχιμήδη στον καυστήρα, ενώ με ένα ανεμιστήρα διοχετεύεται αέρας στον καυστήρα για να διευκολύνει την καύση. Στην περίπτωση επιδαπέδιου συστήματος πλαστικών σωληνώσεων η θερμοκρασία του θερμού νερού κυμαίνεται στους 55°C περίπου και η θερμοκρασία του νερού επιστροφής 5-8°C χαμηλότερα. Σημαντικό πλεονέκτημα των συστημάτων αυτών είναι ότι αυτοματοποιούνται πλήρως και μπορούν να επιτύχουν πλήρη έλεγχο της θερμοκρασίας εντός του θερμοκηπίου. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται το διάγραμμα ενός τέτοιου συστήματος θέρμανσης.



Εικόνα 38: Θέρμανση θερμοκηπίων με ελαιοπυρηνόξυλο [8]

Η μέθοδος αυτή θέρμανσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν τα θερμοκήπια βρίσκονται κοντά σε ελαιοπαραγωγικές περιοχές, που υπάρχει διαθέσιμο ελαιοπυρηνόξυλο, διαφορετικά η μεταφορά του κοστίζει αρκετά. Τα συστήματα αυτά θέρμανσης βρίσκουν τελευταία πολλές εφαρμογές στην Κρήτη αλλά και αλλού για θέρμανση κτιρίων και θερμοκηπίων, καθώς παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα όπως :

1. Χαμηλό κόστος καυσίμου
2. Δυνατότητα πλήρους αυτοματισμού
3. Ύπαρξη τοπικά της ενεργειακής πρώτης ύλης.

Έτσι συνηθίζεται ο καλλιεργητής να φροντίζει για τη μεταφορά του πυρηνόξυλου από ένα πυρηνελαιουργείο της περιοχής του σε μία αποθήκη δίπλα στο θερμοκήπιο. Η αποθήκη πρέπει να είναι στεγασμένη για να αποφεύγονται τα φαινόμενα ύγρανσης του πυρηνόξυλου με τις βροχοπτώσεις, γιατί τότε είναι δύσκολος ο αποτελεσματικός χειρισμός του. Από την αποθήκη το πυρηνόξυλο μεταφέρεται με μία έλικα του Αρχιμήδη σε κατάλληλο σιλό και από εκεί πάλι με τον ίδιο μηχανισμό στον καυστήρα. Όταν το θερμοκήπιο που χρησιμοποιεί ελαιοπυρηνόξυλο βρίσκεται κοντά σε κατοικημένες περιοχές, μπορούν να παρουσιασθούν προβλήματα με τους κατοίκους της περιοχής για δύο κυρίως λόγους.

Πρώτα, λόγω δυσοσμίας του πυρηνόξυλου που βρίσκεται στην αποθήκη και μετά λόγω του καπνού που εξέρχεται από την καμινάδα του καυστήρα. Ο καλλιεργητής, ενώ στην πρώτη περίπτωση δεν μπορεί να παρέμβει αποτρεπτικά, στη δεύτερη θα πρέπει να εγκαταστήσει ένα σύστημα μείωσης του καπνού και των σωματιδίων που εξέρχονται από την καπνοδόχο στην ατμόσφαιρα. Ο καυστήρας του πυρηνόξυλου θα πρέπει να συντηρείται τακτικά και σωστά. Παρουσιάζεται το φαινόμενο στον εναλλάκτη θέρμανσης του νερού να επικαθηνται εξωτερικά στις σωληνώσεις σωματίδια σκόνης, με αποτέλεσμα να μειώνεται ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας. Η σωστή συντήρηση του καυστήρα-λέβητα περιλαμβάνει τη τακτική απομάκρυνση των επικαθήσεων από τις σωληνώσεις διέλευσης του νερού.

Παρατηρείται ότι στα βόρεια διαμερίσματα της χώρας, Ήπειρο, Μακεδονία, Θράκη, όπου το κλίμα είναι πιο ψυχρό και απαιτείται πιο συστηματική θέρμανση των θερμοκηπίων απ'ότι στη Κρήτη για παράδειγμα, η παραγωγή του ελαιοπυρηνόξυλου είναι χαμηλή και συνεπώς η μέθοδος θέρμανσης με το καύσιμο αυτό δεν είναι πρακτικά εφαρμόσιμη. Ένα ενεργειακό θερμοκήπιο που καλύπτει όλες τις θερμικές του ανάγκες με ελαιοπυρηνόξυλο. Το θερμοκήπιο αυτό στα Χανιά εμβαδού 1.050 m² έχει εγκατεστημένη ισχύ ηλεκτρικών συσκευών 6.81 KW και η ετήσια καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια υπολογίστηκε σε 8.195 KWH. Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται το ενεργειακό ισοζύγιο του θερμοκηπίου, ενώ στον πίνακα

9.4.2 κατασκευαστικά στοιχεία του τοίχου στη βόρεια πλευρά του θερμοκηπίου. Από τις ετήσιες συνολικές ενεργειακές του εισροές το 5.3% αφορά ηλεκτρική ενέργεια και το 94.7% ηλιακή ενέργεια και βιομάζα.

Πίνακας 8: Ενεργειακό ισοζύγιο θερμοκηπίου θερμαινόμενου με ελαιοπηρνόξυλο στην Κρήτη.

Ισχύς καυστήρα πυρηνόξυλου	150.000 kcal/h
Ωρες λειτουργίας ετησίως του καυστήρα	800
Αποδιδόμενη θερμότητα ετησίως από τον καυστήρα	120.000.000 kcal
Ετήσια κατανάλωση πυρηνόξυλου	34 tn
Ισοδύναμη ενέργεια (T.I.Π.)*	12
Ενέργεια που αποδίδεται από τον τοίχο στη βόρεια πλευρά του θερμοκηπίου ετησίως	6.000.000 kcal (0,6 T.I.Π.)
Συνολικά καταναλισκόμενη ετησίως θερμότητα για τη θέρμανση του θερμοκηπίου	126.000.000 kcal (12,6 T.I.Π.)
Ισοδύναμη ηλεκτρική ενέργεια (ετησίως για θέρμανση του θερμοκηπίου)	146.510 kWh
Ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται για τη λειτουργία των συσκευών του θερμοκηπίου	8195 kWh
Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια ετησίως από το θερμοκήπιο	154.705 kWh
Ποσοστό της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ως προς τη συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια στο θερμοκήπιο ετησίως	5,3%

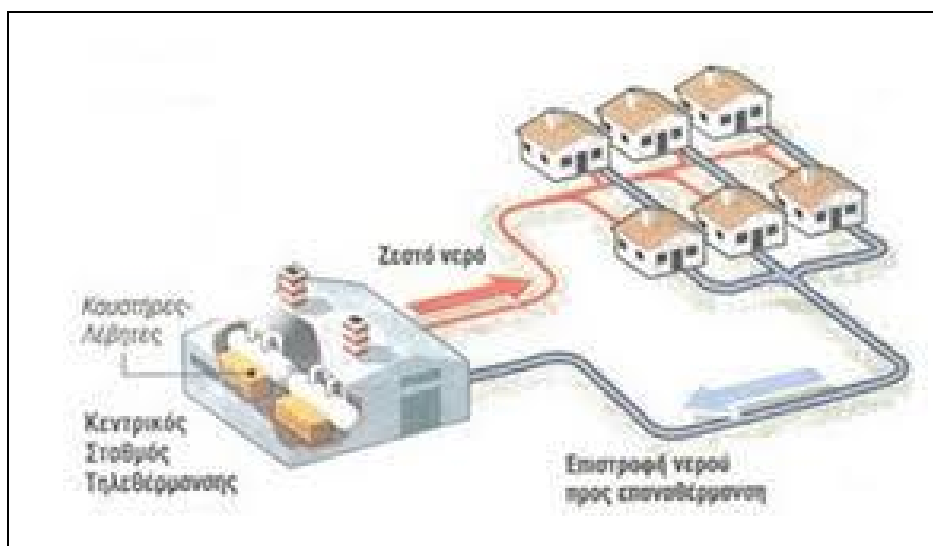
* Τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου

Το θερμοκήπιο έχει στη βορεινή του μεριά τοίχο αποθήκευσης θερμότητας, ο οποίος είναι μονωμένος εξωτερικά και εσωτερικά είναι βαμμένος μαύρος. Η κατασκευή του είναι με πλίνθους και μπετό και το πάχος του 50 cm. Αποτελεί ένα συμπληρωματικό ηλιακό παθητικό σύστημα θέρμανσης του θερμοκηπίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9 Κατασκευαστικά στοιχεία βόρειου τοίχου θερμοκηπίου που θερμαίνεται με ελαιοπηρνόξυλο.

Μήκος	40 m
Ύψος	2 m
Πλάτος	0,50 m

Όγκος	40 m ³
Πυκνότητα	1800 kg/m ³
Ειδική θερμότητα	0,2 kcal/kg°C
Αποδιδόμενη θερμότητα ετησίως	6.000.000 kcal



Εικόνα 39: Σύστημα τηλεθέρμανσης [8]

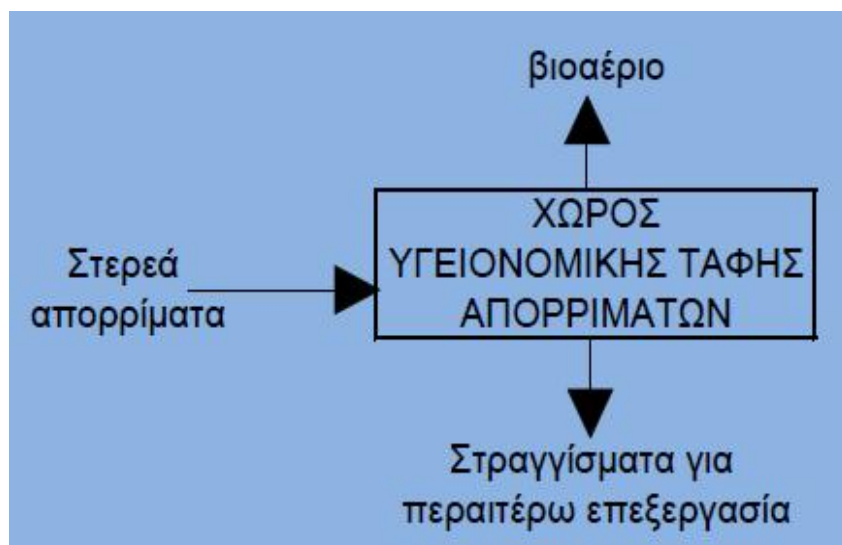
3.15.5 Χρήση της βιομάζας για τηλεθέρμανση

Η βιομάζα, είτε δασική είτε άλλης μορφής, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τηλεθέρμανση. Στην περίπτωση αυτή παράγεται θερμό νερό σε έναν κεντρικό καυστήρα με την καύση της βιομάζας και το θερμό νερό μεταφέρεται με έναν καλά μονωμένο υπόγειο σωλήνα στην περιοχή χρήσης του. Κάθε κτίριο, που είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο, μπορεί να χρησιμοποιήσει το θερμό νερό για να καλύψει τις ανάγκες θέρμανσής του. Χρησιμοποιούνται συνήθως δύο κεντρικοί σωλήνες, σε κλειστό δίκτυο, ένας για τη προσαγωγή του θερμού νερού και ένας για την απαγωγή του και την επαναφορά του στο λέβητα για επαναθέρμανση. Για τη μεταφορά του νερού χρησιμοποιούνται αντλίες και καλά μονωμένοι σωλήνες, όπου η πτώση της θερμοκρασίας του νερού είναι κάτω του 1°C ανά 1 Km σωλήνα.

3.15.6 Παραγωγή βιοαερίου από χώρους υγειονομικής ταφής στερεών απορριμμάτων.

Κατά την ταφή των στερεών απορριμμάτων σε κατάλληλους χώρους λαμβάνεται μέριμνα κατασκευής εγκαταστάσεων συλλογής του παραγόμενου βιοαερίου. Το βιοαέριο παράγεται από τη ζύμωση των οργανικών ουσιών των απορριμμάτων απουσία αέρα και η παραγωγή του διαρκεί αρκετά χρόνια. Για τη συλλογή του τοποθετούνται κατά διαστήματα σωληνώσεις, που οδηγούν το παραγόμενο βιοαέριο στους χώρους συγκέντρωσης και αποθήκευσής του. Ανάλογα με το μέγεθος του χώρου υγειονομικής ταφής των απορριμμάτων η ποσότητα του παραγόμενου βιοαερίου μπορεί να είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη και μπορεί είτε απλώς να καεί είτε να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας.

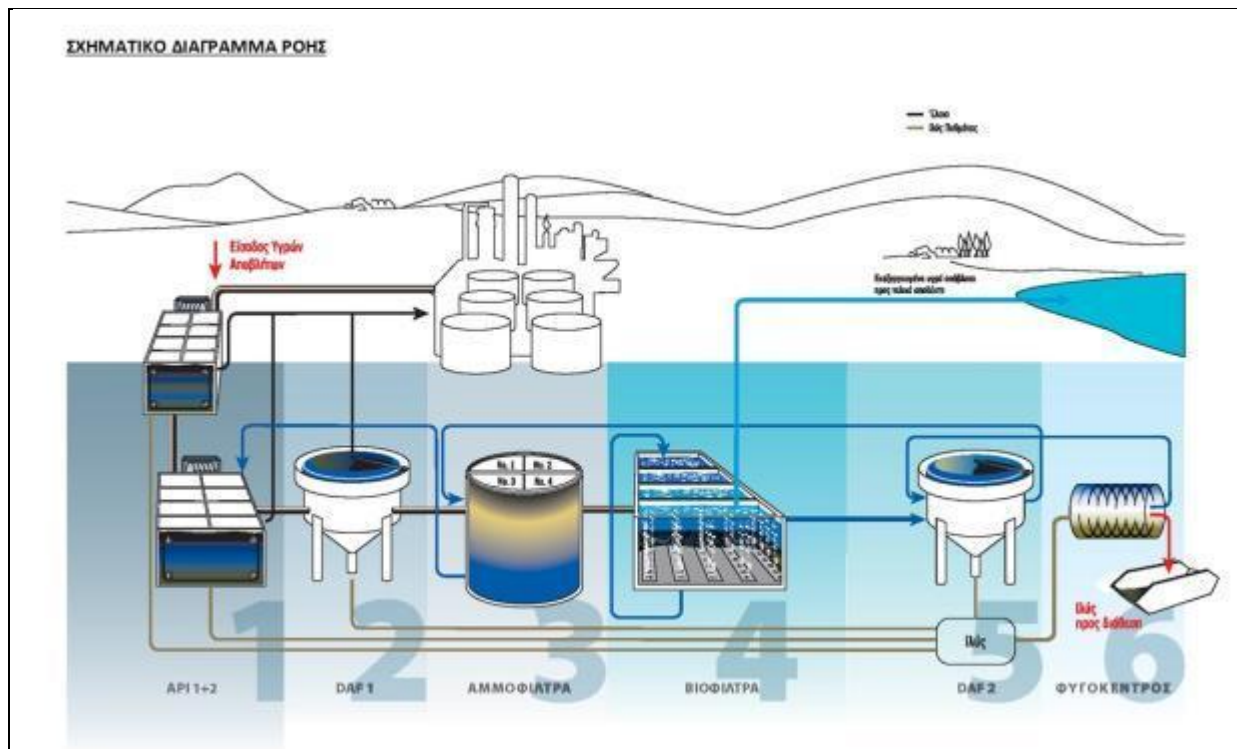
Η συλλογή του βιοαερίου από χώρους υγειονομικής ταφής γίνεται σήμερα με κατάλληλες επεμβάσεις, ακόμα και όταν δεν έχει ληφθεί μέριμνα κατασκευής των κατάλληλων συστημάτων κατά τη δημιουργία του χώρου υγειονομικής ταφής.



Εικόνα 40: Παραγωγή βιοαερίου από χώρο υγειονομικής ταφής στερεών απορριμμάτων

3.15.7 Παραγωγή βιοαερίου από ιλύ που παράγεται από αστικά λύματα.

Η ιλύς που παράγεται στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή βιοαερίου. Η διαδικασία είναι οικονομικά βιώσιμη σε μεγάλες εγκαταστάσεις επεξεργασίας δυναμικότητας άνω των 50.000-100.000 ισοδυνάμων κατοίκων. Η παραγόμενη πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια ιλύς χωνεύεται σε μεγάλους αντιδραστήρες, όπου παράγεται το βιοαέριο, ενώ η χωνευθείσα ιλύς υφίσταται επεξεργασία σε επόμενο στάδιο για τη μείωση της υγρασίας της με φίλτρανση, φυγοκέντρωση ή ξήρανση. Το παραγόμενο βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή θερμότητας με καύση, μέρος της οποίας χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του βιοαντιδραστήρα, όπως επίσης και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η προκύπτουσα χωνεμένη ιλύς είναι σταθεροποιημένη και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη γεωργία ως λίπασμα ή εδαφοβελτιωτικό, σύμφωνα με τις ισχύουσες διατάξεις. (ΚΥΑ 80568/4225/22-3-91).

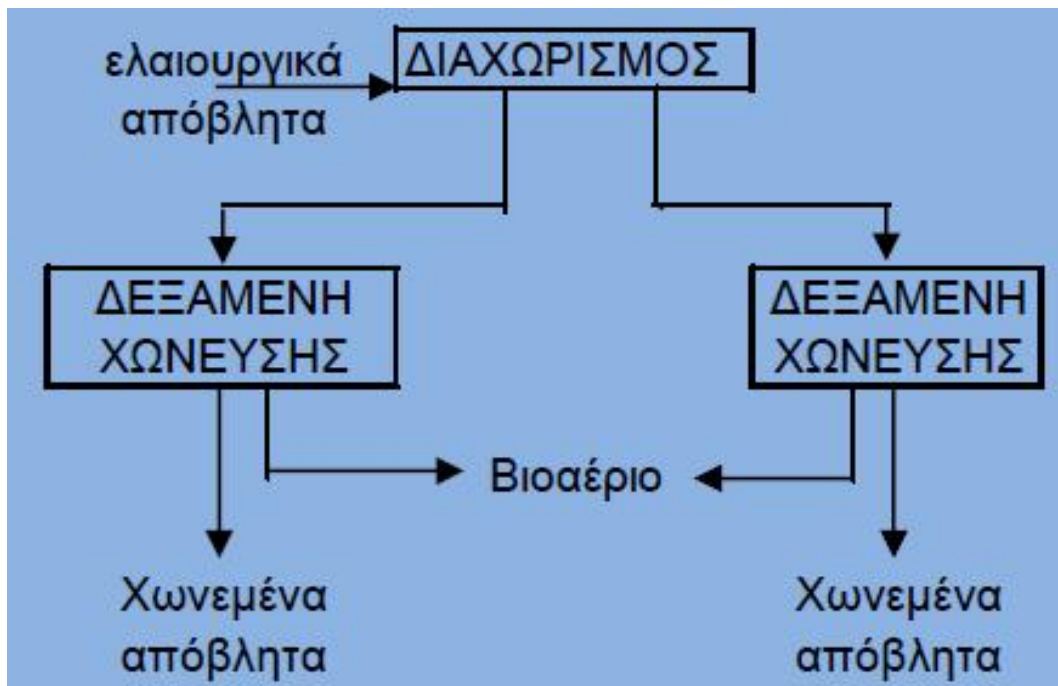


Εικόνα 41: Παραγωγή βιοαερίου από την καθίζηση της ίλυσ.

3.15.8 Παραγωγή βιοαερίου από απόβλητα ελαιουργείων

Τα απόβλητα των ελαιουργείων έχουν υψηλό ρυπαντικό φορτίο, είναι δύσκολα επεξεργάσιμα με συμβατικά συστήματα αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας, περιέχουν πολλές οργανικές ουσίες και είναι κατάλληλα για παραγωγή βιοαερίου με αναερόβια χώνευση. Σε μία πιλοτική εγκατάσταση επεξεργασίας ελαιουργικών αποβλήτων στην Κάνδανο Χανίων τα απόβλητα καθιζάνουν με την παραμονή τους σε μεγάλες δεξαμενές για ορισμένο χρονικό διάστημα. Το υπερκείμενο υγρό και το υπόλειμμα υφίστανται αναερόβια χώνευση σε διαφορετικούς χωνευτές με διαφορετικούς χρόνους παραμονής. Το παραγόμενο βιοαέριο οδηγείται σε αεριοφυλάκιο, απ' όπου στη συγκεκριμένη εγκατάσταση καίγεται ελεύθερα.

Τα υγρά απόβλητα από τους χωνευτήρες μετά την επεξεργασία τους και αφού έχει μειωθεί σημαντικά το ρυπαντικό τους φορτίο, μπορούν να διατεθούν σε κάποιο αποδέκτη. Σαν σοβαρό μειονέκτημα της μεθόδου αυτής επεξεργασίας των ελαιουργικών αποβλήτων, θα πρέπει να θεωρηθεί το μεγάλο κόστος κατασκευής των αρχικών εγκαταστάσεων, που είναι δυσβάσταχτο για ένα μέσο ελαιουργείο, καθώς και η ανάγκη ύπαρξης εξειδικευμένου προσωπικού για τη λειτουργία του συστήματος.



Εικόνα 42: Παραγωγή βιοαερίου από απόβλητα ελαιουργείου.[23]

3.15.9 Η παραγωγή του πυρηνόξυλου στα πυρηνελαιουργεία

Η ελαιοπυρήνα από το ελαιουργείο μεταφέρεται στο πυρηνελαιουργείο για την παραλαβή του εναπομείναντος ελαίου. Εκεί, αρχικά, ξηραίνεται σε κατάλληλα ξηραντήρια, όπου μειώνεται η υγρασία της σε 10% περίπου. Στη συνέχεια εκχυλίζονται τα έλαια με τη χρήση του εξάνιου ως διαλυτικού. Ο διαχωρισμός του ελαίου από το εξάνιο γίνεται κατόπιν με απόσταξη σε κατάλληλες στήλες, όπου λαμβάνεται το πυρηνέλαιο και ανακτάται το εξάνιο. Η ελαιοπυρήνα, μετά την ξήρανση και την εκχύλιση του ελαίου, έχει υγρασία περίπου 10% και είναι κατάλληλη για καύσιμο. Σε ορισμένα πυρηνελαιουργεία ακολουθεί ένας διαχωρισμός του πυρηνόξυλου σε ένα τμήμα πλούσιο σε κυτταρίνες και σε ένα πλούσιο σε πρωτεΐνες. Το τμήμα του πυρηνόξυλου, που είναι πλούσιο σε κυτταρίνες, έχει μεγαλύτερη θερμογόνο δύναμη από το απλό πυρηνόξυλο. Το πυρηνέλαιο που παράγεται στο πυρηνελαιουργείο, για να μετατραπεί σε βρώσιμο, υφίσταται το ραφινάρισμα, ακολουθεί δηλαδή τις διαδικασίες της εξουδετέρωσης των οξέων του, του αποχρωματισμού του και της απόσμησής του.

3.15.10 Χρήση της βιομάζας για συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού (ΣΗΘ).

Η βιομάζα χρησιμοποιείται για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Προτιμώνται τα συστήματα συμπαραγωγής γιατί επιτυγχάνουν υψηλούς συνολικούς βαθμούς απόδοσης της τάξης του 70-80%. Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται είναι σχετικά απλή, όπου η βιομάζα χρησιμοποιείται για την παραγωγή ατμού και αυτός για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με ατμοστρόβιλο. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί διαφορετική τεχνολογία, όπου η βιομάζα αεριοποιείται και τα αέρια καύσεως παράγουν ηλεκτρική ενέργεια με ένα αεριοστρόβιλο. Στην Ελλάδα έχει αναφερθεί ένα μόνο σύστημα για τη συμπαραγωγή από βιομάζα, ενώ έχει επίσης διερευνηθεί η δυνατότητα χρησιμοποίησης του πυρηνόξυλου για συμπαραγωγή. Σε άλλες χώρες επίσης η βιομάζα χρησιμοποιείται για συμπαραγωγή, όπως στις ΗΠΑ όπου για συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού χρησιμοποιείται δασική βιομάζα, όπου γίνεται καλλιέργεια ενεργειακών φυτειών.

Στη Δανία χρησιμοποιείται επίσης η βιομάζα είτε μόνη της είτε σε ανάμιξη με τον άνθρακα για συμπαραγωγή. Χρησιμοποιούνται άχυρο, κτηνοτροφικά απόβλητα, βιομηχανικά απόβλητα και υπολείμματα ξύλου. Για να είναι οικονομικά βιώσιμη η συμπαραγωγή από βιομάζα θα πρέπει να πωλείται όση ηλεκτρική ενέργεια δεν ιδιοκαταναλώνεται και να αξιοποιείται η συμπαραγόμενη θερμότητα, κάτι που δεν είναι πάντα εύκολο σε χώρες με ήπιο κλίμα όπως η Ελλάδα.

3.15.11 Δημιουργία ενεργειακών φυτειών

Με τον όρο ενεργειακή φυτεία γίνεται αντιληπτή η φυτεία εκείνη στην οποία η παραγόμενη βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας. Στις ενεργειακές φυτείες περιλαμβάνονται:

- α) Γεωργικές φυτείες που τα παραγόμενα προϊόντα περιέχουν άμυλο ή σάκχαρο, το οποίο μπορεί να μετατραπεί σε αιθανόλη.
- β) Γεωργικές φυτείες που τα παραγόμενα προϊόντα περιέχουν έλαια κατάλληλα για την παραγωγή βιολογικού ντίζελ.
- γ) Δασικές φυτείες που η παραγόμενη βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή θερμότητας ή ηλεκτρισμού είτε με καύση είτε με κάποια άλλη θερμοχημική διεργασία.

Παρακάτω θα γίνει αναφορά σε δύο είδη ενεργειακών φυτειών που θα μπορούσαν να αναπτυχθούν στην Ελλάδα:

- Δασικές φυτείες που θα παράγουν βιομάζα και οι οποίες θα αρδεύονται με επεξεργασμένα αστικά λύματα.
- Γεωργικές φυτείες που θα παράγουν προϊόντα πλούσια σε σάκχαρα π.χ. γλυκό σόργο, τα οποία θα χρησιμεύουν σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαιθανόλης.

Τα επεξεργασμένα αστικά λύματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την άρδευση δασικών εκτάσεων όπου η παραγόμενη βιομάζα μπορεί να συλλεχθεί και να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας. Εφόσον τα επεξεργασμένα αστικά λύματα διατίθενται για την άρδευση δασικών εκτάσεων, θα πρέπει η ποιότητα εκροής τους να ακολουθεί ορισμένες προδιαγραφές. Έτσι, αφενός θα πρέπει να αποφευχθεί η μόλυνση του εδάφους και των υπογείων νερών και αφετέρου θα πρέπει να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα μόλυνσης ατόμων που πιθανώς εργάζονται ή επισκέπτονται τις δασικές εκτάσεις. Συνεπώς η ποιότητα εκροής των επεξεργασμένων λυμάτων, όσον αφορά τις φυσικές, χημικές και μικροβιολογικές παραμέτρους, θα πρέπει να κυμαίνεται εντός ορισμένων ορίων, και επειδή τα προϊόντα των δασικών φυτειών δεν υπεισέρχονται στην τροφική αλυσίδα, τα όρια αυτά είναι πιο ελαστικά από εκείνα που θα πρέπει να ισχύουν στην περίπτωση που τα επεξεργασμένα αστικά λύματα αρδεύουν γεωργικές καλλιέργειες. Αστικά λύματα που έχουν υποστεί δευτεροβάθμια επεξεργασία καθαρισμού είναι κατάλληλα για την άρδευση δασικών εκτάσεων.

Η παραγωγικότητα σε βιομάζα της δασικής φυτείας είναι καθοριστικής σημασίας για την παραγωγή ενέργειας. Για τη μεγιστοποίηση της παραγόμενης βιομάζας είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούνται ταχυσυπόζυγα είδη, ο κατάλληλος φυτευτικός σύνδεσμος και μικρός περίτροπος χρόνος 5-7 έτη. Από στοιχεία της βιβλιογραφίας προκύπτει ότι η παραγωγικότητα της ενεργειακής φυτείας σε βιομάζα θα πρέπει να αναμένεται τουλάχιστον σε 1 τόνο ξηρής βιομάζας ανά στρέμμα και έτος. Η βιομάζα αφού συλλεχθεί μπορεί να χρησιμοποιηθεί με καύση ή άλλες διεργασίες για παραγωγή ενέργειας. Αν δεχθούμε τη θερμογόνο δύναμη της ξηρής βιομάζας σε 3.500 kcal/kg και το βαθμό απόδοσης του συστήματος σε 75%, θα πρέπει

να αναμένουμε ότι η 50 παραγόμενη ωφέλιμη θερμότητα κατά την καύση ανέρχεται σε $2.6 \cdot 10^6$ kcal/στρέμμα και έτος, που ισοδυναμεί με 260kg πετρελαίου/στρέμμα και έτος.

Με την καύση της βιομάζας παράγουμε θερμότητα. Είναι όμως δυνατόν να παραχθεί και ηλεκτρική ενέργεια, εφόσον η βιομάζα χρησιμοποιηθεί για συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Για τον υπολογισμό της καθαρής ενέργειας, δηλαδή της ενέργειας που προκύπτει αν από την ωφέλιμη ενέργεια που λαμβάνεται από τη βιομάζα αφαιρεθεί η ενέργεια που έχει δαπανηθεί α) για την άρδευση της φυτείας, β) για τη συλλογή της βιομάζας και γ) για τη μεταφορά της βιομάζας μέχρι το σημείο χρησιμοποίησής της, θα πρέπει να γίνουν αναλυτικοί υπολογισμοί. Οι ενεργειακές δαπάνες ενός τέτοιου συστήματος είναι συνήθως αρκετά μικρότερες από την ωφέλιμη ενέργεια που παράγεται από τη βιομάζα.

Στην Ελλάδα σήμερα ο κύριος όγκος των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων διατίθεται σε υδάτινους αποδέκτες (θάλασσα) κυρίως λόγω του ότι η Ελλάδα σαν παραθαλάσσια χώρα διαθέτει μεγάλο μήκος ακτών. Εφόσον τα επεξεργασμένα αστικά λύματα πρόκειται να διατεθούν στο έδαφος, η διάθεσή τους στη δασοπονία πλεονεκτεί διότι: α) για την άρδευση δασικών εκτάσεων δεν απαιτείται τόσο καλή ποιότητα εκροής των επεξεργασμένων λυμάτων όσο απαιτείται για τις γεωργικές εκτάσεις και β) δεν δημιουργούνται κοινωνικές αντιθέσεις για την άρδευση δασικών εκτάσεων όπως πιθανώς να συμβεί στην περίπτωση διάθεσής τους σε γεωργικές εκτάσεις. Εφόσον υπάρχουν διαθέσιμες εκτάσεις πλησίον της εγκατάστασης επεξεργασίας των αστικών λυμάτων, για την ελαχιστοποίηση του κόστους μεταφοράς και της αποφυγής κατασκευής δικτύων μεταφοράς, η διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων στη δασοπονία αποτελεί μία ελκυστική εναλλακτική λύση έναντι της διάθεσής τους σε υδάτινο αποδέκτη ή στη γεωργία. Σε μια τέτοια περίπτωση το ιδιοκτησιακό καθεστώς των δασικών εκτάσεων δεν θα πρέπει να αποτελέσει εμπόδιο στην προοπτική αυτή.

4 ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΔΕΣΜΕΥΣΕΙΣ.

Στο σημείο αυτό δίνονται τα βασικά στοιχεία αναφορικά με τις δεσμεύσεις που οφείλει η κάθε χώρα παραγωγός βιομάζας. Καταγράφονται ευρωπαϊκές οδηγίες και πρωτόκολλα καθώς και η προσαρμογή της ελληνικής νομοθεσίας προς τις παραπάνω δεσμεύσεις.

4.1 Ευρωπαϊκές δεσμεύσεις.

Μέχρι τώρα το πλέον αποτελεσματικό ρυθμιστικό πλαίσιο για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την ανάπτυξη των ΑΠΕ έχει πραγματοποιηθεί από την Ευρωπαϊκή ένωση. Το 2007 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή πρότεινε μια διεξοδική δέσμη μέτρων για τη χάραξη μιας νέας ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι κλιματικές αλλαγές και να ενισχυθεί η ενεργειακή ασφάλεια και η ανταγωνιστικότητα της ΕΕ. Η οδηγία για την ανανεώσιμη ενέργεια περιλαμβάνει μηχανισμό αειφορίας για:

- 1) βιοκαύσιμα για τις μεταφορές και
- 2) βιοϋγρά χρησιμοποιούμενα σε άλλους τομείς (ηλεκτρισμός, θέρμανση και ψύξη).

Το άρθρο 17 παράγραφος 9 της εν λόγω οδηγίας προέβλεπε ότι μέχρι το Δεκέμβριο του 2009 η Επιτροπή έπρεπε να υποβάλει έκθεση σχετικά με απαιτήσεις όσον αφορά μηχανισμό αειφορίας για ενεργειακές χρήσεις βιομάζας, εκτός από βιοκαύσιμα και βιοϋγρά (δηλαδή στερεά και αέρια καύσιμα στον ηλεκτρισμό, τη θέρμανση και την ψύξη). Η παρούσα έκθεση έχει σκοπό να εκπληρώσει αυτή την υποχρέωση. Στην ΕΕ περίπου το 5% της κατανάλωσης τελικής ενέργειας προέρχεται από βιοενέργεια. Σύμφωνα με τις προβλέψεις που έγιναν στο πλαίσιο του χάρτη πορείας για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, του Ιανουαρίου του 2007, είναι ενδεχόμενος ο διπλασιασμός της χρήσης βιομάζας, συμβάλλοντας περίπου κατά το ήμισυ στη συνολική προσπάθεια για την επίτευξη του στόχου ανανεώσιμης ενέργειας 20% για το έτος 2020.

Τα κράτη μέλη παρακολουθούν τις οικείες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και υποβάλλουν σχετική έκθεση κάθε χρόνο. Αν μια έκθεση παρακολούθησης δείξει ότι ένα κράτος δεν τήρησε τις επιτρεπόμενες ποσότητες που καθορίζονται στην απόφαση για επιμερισμό της προσπάθειας, η κοινότητα μπορεί να κινήσει διαδικασίες για παράβαση κατά του συγκεκριμένου κράτους μέλους βάσει του άρθρου 226 της συνθήκης ΕΚ. Το άρθρο αυτό εξουσιοδοτεί την Επιτροπή να προσφεύγει στο Δικαστήριο κατά των κρατών μελών που δεν τηρούν τις υποχρεώσεις τους. Αυτό σημαίνει πως επιβάλλεται κάποιο χρηματικό πρόστιμο για κάθε μη συμμόρφωση των κρατών στις επιταγές της Επιτροπής.

Οι προτάσεις της Ευρωπαϊκής επιτροπής γεννούν για την Ελλάδα μια μεγάλη πρόκληση προκειμένου να εκπληρωθεί ο στόχος της Κοινοτικής Οδηγίας για την παραγωγή ηλεκτρισμού από ΑΠΕ. Σύμφωνα με αυτήν η Ελλάδα καλείται να αυξήσει τη συμβολή των ΑΠΕ στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο επίπεδο του 20,1% το 2010 (συμπεριλαμβανομένης της συμβολής των μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών). Ωστόσο ο στόχος αυτός είναι μάλλον πολύ υψηλός για τα Ελληνικά δεδομένα αφού οι γραφειοκρατικές και πολιτικές δυσκολίες δεν επιτρέπουν επιτάχυνση στους ρυθμούς επένδυσης σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και γι' αυτό μετατέθηκε για το 2020.

Λόγω της αυξανόμενης παραγωγής και χρήσης βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς, ήδη αναπτύσσονται διεθνείς εμπορικές συναλλαγές, και η αγορά αυτή παρουσιάζει τάση επέκτασης μελλοντικά. Το μεγαλύτερο μέρος της αύξησης εμπορικών συναλλαγών αναμένεται ότι πραγματοποιείται με τη μορφή βωλίων (pellets), ενός τύπου στερεάς βιομάζας που γενικά συνίσταται σε κατάλοιπα διεργασιών δασικών βιομηχανιών. Διάφορες

χώρες εκτός ΕΕ παράγουν βωλία ξύλου ειδικά για την ευρωπαϊκή αγορά. Τα κράτη μέλη που εξαρτώνται από εισαγωγές βιομάζας στρέφονται συνεχώς περισσότερο σε πηγές σε άλλα κράτη μέλη ή εκτός της ΕΕ. Για τη βιομάζα που παράγεται εντός της ΕΕ, το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο (σχετιζόμενο βασικά με τη διαχείριση της γεωργίας και των δασών) παρέχει ορισμένες διασφαλίσεις όσον αφορά την αειφόρο διαχείριση δασών και γεωργίας.

4.2 Ευρωπαϊκές οδηγίες για τη Βιομάζα.

4.2.1 Γενική Ευρωπαϊκή οδηγία για τα βιοκαύσιμα.

Σε μια προσπάθεια να προωθήσει την χρήση των βιοκαυσίμων στον τομέα των μεταφορών στην Ευρώπη, η Ευρωπαϊκή Ένωση υιοθέτησε την κοινοτική οδηγία 2003/30/ΕΚ. Σύμφωνα με την κοινοτική οδηγία 2003/30/ΕΚ βιοκαύσιμα θεωρούνται κάθε υγρό ή αέριο καύσιμο για τις μεταφορές το οποίο παράγεται από βιομάζα όπου βιομάζα είναι το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα προϊόντων, αποβλήτων και καταλοίπων από γεωργικές (συμπεριλαμβανομένων φυτικών και ζωικών ουσιών), δασοκομικές και συναφείς βιομηχανικές δραστηριότητες, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων. Σύμφωνα με την ίδια οδηγία στην κατηγορία των βιοκαυσίμων εμπίπτουν η βιοαιθανόλη, το βιοντίζελ (μεθυλεστέρας λιπαρών οξέων), το βιοαέριο, η βιομεθανόλη, ο βιοδιμεθυλαιθέρας, ο βιο-ETBE (αιθυλοτριτοβουτυλαιθέρας, ο βιο-MTBE (μεθυλοτριτοβουτυλαιθέρας), τα συνθετικά βιοκαύσιμα (συνθετικοί υδρογονάνθρακες ή μείγματα συνθετικών υδρογονανθράκων που έχουν παραχθεί από βιομάζα), το βιοϋδρογόνο και τα καθαρά φυτικά έλαια. Επίσης η νομοθεσία προβλέπει ότι τα κράτη μέλη οφείλουν να διασφαλίσουν ότι μια ελάχιστη αναλογία βιοκαυσίμων και άλλων ανανεώσιμων καυσίμων διατίθεται στις αγορές τους, αναλογία η οποία για το 2005 ορίζεται στο 2%, υπολογιζόμενη βάσει του ενεργειακού περιεχομένου, επί του συνόλου της βενζίνης και του πετρελαίου ντίζελ που διατίθεται στις αγορές τους προς χρήση στις μεταφορές. Η αναλογία αυτή οφείλε να αυξηθεί στο 5.75% έως το τέλος του 2010. Η Ελλάδα το καλοκαίρι του 2005 ενσωμάτωσε την οδηγία αυτή στην εθνική νομοθεσία. Η Ελλάδα δεν κατάφερε να επιτύχει το στόχο του 2% στο τέλος του 2005. Οι χώρες τις Βόρειας Ευρώπης έχουν ήδη επιλύσει (εδώ και δεκαετίες) το πρόβλημα της διαχείρισης των οργανικών και βιοαποδομήσιμων αποβλήτων και επικεντρώθηκαν μόνο στη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και πράσινου CO₂. Σε αντίθεση οι χώρες της Νοτίου Ευρώπης και ιδιαίτερα η Ελλάδα, που δεν έχουν ακόμη επιλύσει το πρόβλημα της διαχείρισης των οργανικών και βιοαποδομήσιμων αποβλήτων.

4.2.2 Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας στην Ελλάδα.

Σύμφωνα με την ετήσια έκθεση της Υπηρεσίας Εξυπηρέτησης Επενδυτών για έργα ΑΠΕ του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής για το 2010, που δόθηκε στη δημοσιότητα μέσω της επίσημης ιστοσελίδας του Υπουργείου στις 2 Μαρτίου 2011, η παρούσα κατάσταση αναφορικά με την παραγωγή ενέργειας από βιομάζα έχει ως ακολούθως: «... Με την ψήφιση του ν. 3851/2010 εισήχθησαν ρυθμίσεις που συνεπάγονται ουσιαστικές αλλαγές σε σχέση με το προϋφιστάμενο καθεστώς στον τομέα ηλεκτροπαραγωγής από 29 βιομάζα.» Σύμφωνα με την εκδοθείσα απόφαση «για την επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος και την κατανομή της στο χρόνο», τα όρια εγκατεστημένης ισχύος για τους σταθμούς βιομάζας ανέρχονται σε 200 και 350 MW για τα έτη 2014 και 2020, αντίστοιχα. Δεδομένου του οικονομικά διαθέσιμου στη χώρα δυναμικού βιομάζας, καθώς και ότι οι εν λόγω σταθμοί «βάσης» παρέχουν εγγυημένη ισχύ και συμβάλουν στη σταθερότητα του συστήματος, και ως τέτοιοι είναι επιθυμητοί από τους αρμόδιους διαχειριστές του δικτύου και του συστήματος, τα υιοθετηθέντα όρια κρίνονται ως συμπεσιμένα προς τα κάτω.

Λαμβανομένων υπόψη τόσο του επενδυτικού ενδιαφέροντος που εκτιμάται ότι θα εκδηλωθεί, αλλά και των δυνατοτήτων που προσφέρονται για βιώσιμη ανάπτυξη, με ενεργοποίηση του αγροτικού πληθυσμού στην ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας, αντί χρήσης άλλων τεχνολογιών, π.χ. εγκατάστασης Φ/Β σταθμών, ενδεχόμενα στο μέλλον να εξεταστεί πιθανή εξαίρεση αυτών από την εκτίμηση υπερκάλυψης ισχύος της ανωτέρω απόφασης. Υπενθυμίζεται ότι, σε αντίθεση με την αρμοδιότητα χορήγησης αδειών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, που μεταφέρθηκε στη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ), η αρμοδιότητα χορήγησης ενιαίας άδειας παραγωγής ηλεκτρικής και διανομής θερμικής ενέργειας από συμπαραγωγή, ασκείται από τον Υπουργό Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, κατόπιν γνωμοδότησης της ΡΑΕ, σύμφωνα με τις διατάξεις του ν. 3175/2003 2 , όπως ισχύει, και του Κανονισμού αδειών παραγωγής και προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας 3 , που εκδόθηκε κατ' εξουσιοδότηση του ν. 2773/99. Οι αιτήσεις για χορήγηση άδειας παραγωγής που υποβλήθηκαν έως το τέλος του 2010 ανέρχονται σε 124 συνολικής ισχύος 1.462 MW, ενώ εκδόθηκαν 37 άδειες παραγωγής συνολικής ισχύος 443 MW .

4.2.3 Ευρωπαϊκή Νομοθεσία Τιμολόγησης ηλεκτρικής ενέργειας από την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.

Η σημαντική αύξηση των εγγυημένων τιμών πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία απορροφάται από το σύστημα, έχει ήδη προκαλέσει την εκδήλωση επενδυτικού ενδιαφέροντος για σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής από βιομάζα. Συγκεκριμένα προβλέπεται διαφοροποίηση της τιμής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας από το βιοαέριο και τις λοιπές μορφές βιομάζας, αναλόγως της εγκατεστημένης ισχύος του 2 ΦΕΚ Α' 207 3 Δ5ΗΛ/Β/Φ1/οικ.17951/ 06.12.2000, ΦΕΚ Β'1498 30 σταθμού και της προέλευσης του καυσίμου (βιοαέριο από βιομάζα, από χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, από βιολογικούς καθαρισμούς, από πτηνό- κτηνοτροφικά, αγροτοβιομηχανικά οργανικά υπολείμματα και απόβλητα). Το νέο καθεστώς στην τιμολόγηση, για τη διαμόρφωση του οποίου προφανώς λήφθηκαν υπόψη παράμετροι που επιδρούν στο λειτουργικό κόστος των σταθμών βιομάζας, καθιστά πλέον ελκυστική την υλοποίηση σχετικών επενδύσεων οι οποίες δεν ήταν δυνατό να πραγματοποιηθούν με την προγενέστερη τιμή αγοράς της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, που σημειωτέον ήταν ενιαία για όλες τις ΑΠΕ. Σε αυτό το πλαίσιο δρουν ενισχυτικά και οι διατάξεις του νόμου που προβλέπουν αυξημένη τιμολόγηση όταν οι επενδύσεις ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας υλοποιηθούν χωρίς δημόσια επιχορήγηση (+15%, εξαιρουμένων των περιπτώσεων ενεργειακής αξιοποίησης του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων). Πλέον των ανωτέρω η νέα τιμολόγηση κρίνεται καταλυτική για την επίλυση περιβαλλοντικής φύσεως προβλημάτων, που άπτονται της ασφαλούς διαχείρισης των οργανικών αποβλήτων. Η τεχνολογία ενεργειακής αξιοποίησης βιοαερίου το οποίο προέρχεται από την αναερόβια χώνευση μίγματος διαφορετικών πρώτων υλών και συγκεκριμένα χλωρής βιομάζας, καλαμποκιών και πτηνό-κτηνοτροφικών αποβλήτων, είναι ευρύτατα διαδεδομένη σε χώρες του εξωτερικού από πολλών ετών, συγκεντρώνει δε σήμερα ιδιαίτερο επενδυτικό ενδιαφέρον στη χώρα μας. Η τιμολόγηση ηλεκτροπαραγωγής από βιοαέριο, το οποίο προέρχεται από την αναερόβια χώνευση καλαμποκιών (120ευρώ/MWh), σε χαμηλότερα επίπεδα σε σχέση με αυτά των πτηνό- κτηνοτροφικών αποβλήτων (220ευρώ/MWh), συμπαρασύρει την πώληση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στις χαμηλές τιμές και δεν ευνοεί την ανάπτυξη επενδυτικών πρωτοβουλιών για ενεργειακή αξιοποίηση εκ παραλλήλου με την ασφαλή διάθεση των πτηνό-κτηνοτροφικών αποβλήτων. Καθόσον δεν υπάρχει σχετική πρόβλεψη τιμολόγησης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από σταθμό βιοαερίου παραγόμενου από μίγμα διαφορετικών πρώτων υλών οι οποίες εμπίπτουν σε διαφορετικές κατηγορίες τιμολόγησης, όπως αυτές προβλέπονται στο

σχετικό πίνακα του άρθρου 13 του ν. 3468/2006, όπως ισχύει, κρίνεται απαραίτητη η εισαγωγή σχετικής νομοθετικής ρύθμισης κατόπιν επαναξιολόγησης της τιμολόγησης ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο.

4.2.4 Ευρωπαϊκή νομοθεσία για την αδειοδοτική διαδικασία

Με τις ρυθμίσεις του ν. 3851/2010 αυξήθηκε το όριο της εγκατεστημένης ισχύος σταθμού βιομάζας, για τους οποίους δεν απαιτείται η έκδοση άδειας παραγωγής, και συνεπακόλουθα άδειας εγκατάστασης και άδειας λειτουργίας διευκολύνοντας σημαντικά τη διαδικασία αδειοδότησης σταθμών βιομάζας. Επίσης ως προς την περιβαλλοντική αδειοδότηση σταθμών παραγωγής από βιομάζα, εισήχθησαν ρυθμίσεις για την υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις απαλλαγή από την υποχρέωση έκδοσης έγκρισης περιβαλλοντικών όρων (σταθμοί εγκατεστημένης ισχύος <0,5MW).

Με τη θεσμοθέτηση των ανωτέρω διατάξεων, διευκολύνεται η αδειοδοτική διαδικασία όπως προαναφέρθηκε, ωστόσο ανακύπτει έλλειμμα κανονιστικού πλαισίου περιβαλλοντικής αδειοδότησης για τους σταθμούς, που απαλλάσσονται από την υποχρέωση έκδοσης άδειας παραγωγής και από την υποχρέωση έκδοσης περιβαλλοντικών όρων. Πρέπει λοιπόν για να περιγράψουμε το νομοθετικό καθεστώς για την βιομάζα στην Ελλάδα να λάβουμε υπόψη τα εξής:

- το υφιστάμενο αδειοδοτικό καθεστώς, όπως αυτό έχει διαμορφωθεί με τους ν.1650/1986 (ΦΕΚ Α'160) και 3010/2002 (ΦΕΚ Α' 91), την κοινή υπουργική απόφαση 15393/2332/2002 (ΦΕΚ Β'1022), όπως ισχύει, και τις κοινές υπουργικές αποφάσεις 104247/ΕΥΠΕ/ΥΠΕΧΩΔΕ/25.05.2006 και 104248/ΕΥΠΕ/ ΥΠΕΧΩΔΕ/25.05.2006, προβλέπει συγκεκριμένη διαδικασία περιβαλλοντικής αδειοδότησης για τους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής από βιομάζα και βιοαέριο, οι οποίοι κατατάσσονται στις κατηγορίες Α1, Α2 και Β3 αναλόγως του καυσίμου και της εγκατεστημένης ισχύος τους,

- μέχρι σήμερα δεν έχουν τροποποιηθεί οι κατηγορίες κατάταξης των συναφών έργων, που έχουν υιοθετηθεί με τις διατάξεις των ανωτέρω νομοθετημάτων, ώστε να επιτρέπουν την απλοποίηση της περιβαλλοντικής αδειοδότησης, ο Κανονισμός (ΕΚ) υπ' αριθμό. 1069/2009 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 21ης Οκτωβρίου 2009 περί υγειονομικών κανόνων για ζωικά υποπροϊόντα και παράγωγα προϊόντα που δεν προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο και για την κατάργηση του Κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1774/2002 (κανονισμός για τα ζωικά υποπροϊόντα), προβλέπει ότι τόσο η παραγωγή βιοαερίου από ζωικά υποπροϊόντα όσο και η επεξεργασία υδάτινων λυμάτων και η διάθεση οργανικών λιπασμάτων και βελτιωτικών εδάφους, υπόκεινται σε κανόνες που μπορούν τα κράτη μέλη να θεσπίζουν, οι δε επιχειρήσεις, οι εγκαταστάσεις των οποίων εκτελούν μετασχηματισμό ζωικών υποπροϊόντων και παράγωγων προϊόντων σε βιοαέριο ή λιπασματοποίηση, υπόκεινται σε έγκριση αρμόδιας αρχής για την ικανοποίηση των απαιτήσεων του κανονισμού,

- ο ν.3468/2006, άρθρο 8, παρ. 13, όπως αντικαταστάθηκε από το ν.3851/2010, άρθρο 3, παρ. 2, προβλέπει ότι σταθμός ηλεκτροπαραγωγής με χρήση βιομάζας, βιοαερίου και βιοκαυσίμων με εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ που δεν υπερβαίνει το 0,5MW, εξαιρείται από την υποχρέωση έκδοσης απόφασης ΕΠΟ, και αντί αυτής χορηγείται βεβαίωση απαλλαγής από την αρμόδια περιβαλλοντική αρχή, υπό την προϋπόθεση ότι δεν εγκαθίστανται σε γήπεδο εντός περιοχής Natura 2000 ή σε παράκτιες ζώνες απόστασης 100

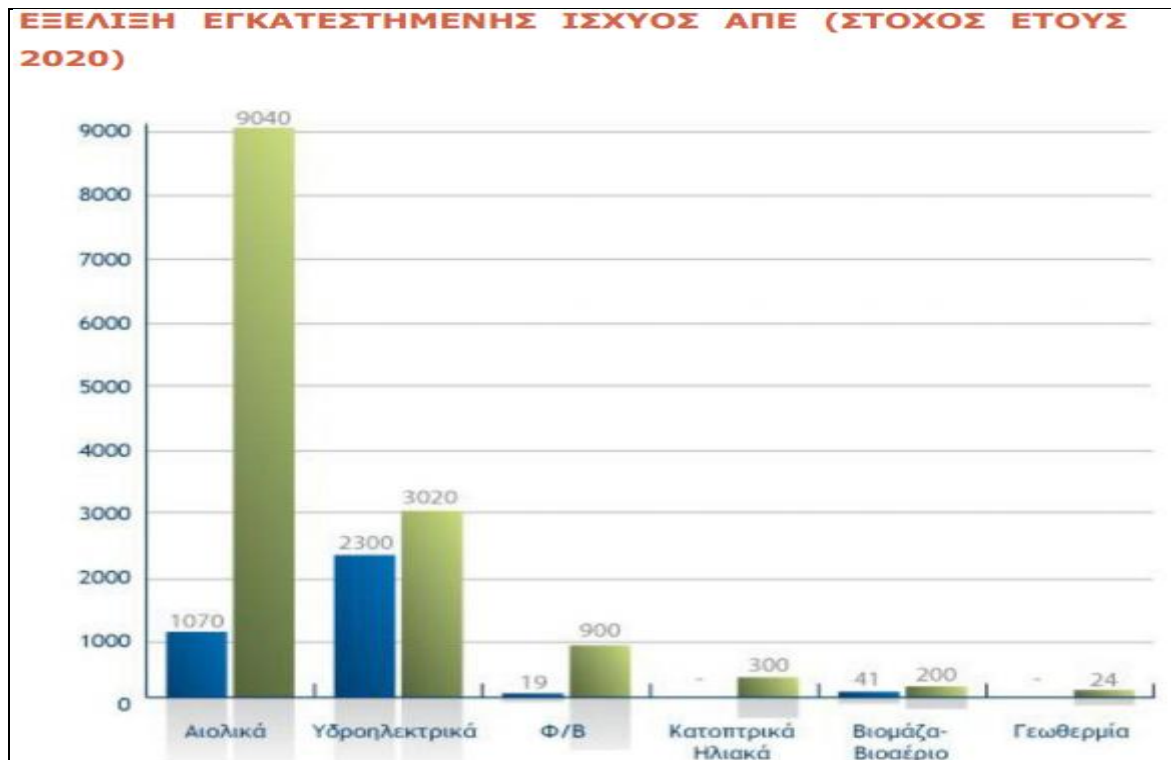
μέτρων από τον αιγιαλό, και δεν γειτνιάζει σε απόσταση 150 μέτρων με σταθμούς ίδιας τεχνολογίας, η συνολική ισχύς των οποίων υπερβαίνει το 0,5 MW,

- τα έργα ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας και βιοαερίου, συνιστούν βιομηχανικές εγκαταστάσεις που περιλαμβάνουν κατά περίπτωση εγκαταστάσεις υποδοχής, συγκέντρωσης, επεξεργασίας και αποθήκευσης της πρώτης ύλης καυσίμου βιομάζας, εξοπλισμό τροφοδοσίας πρώτης ύλης, μονάδα ηλεκτροπαραγωγής καθώς και πιθανά συνωδά έργα (λ.χ. βιολογικό καθαρισμό, εγκαταστάσεις δεξαμενών αποθήκευσης λυμάτων ή αποθήκευσης λοιπών υποπροϊόντων), για τα οποία μπορεί να απαιτείται διενέργεια Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης και έκδοση απόφασης Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων σύμφωνα με το ν.1650/1986, όπως ισχύει, κρίνεται αναγκαία η έκδοση σχετικής εγκυκλίου, προκειμένου να χορηγηθούν διευκρινίσεις για τις αρμόδιες υπηρεσίες αλλά και τη διαδικασία περιβαλλοντικής αδειοδότησης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ, εγκατεστημένης ισχύος, που δεν υπερβαίνει τα όρια του ν.3851/2010, για τα οποία υπό προϋποθέσεις οι σταθμοί απαλλάσσονται της υποχρέωσης έκδοσης απόφασης Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων. Παρομοίως είναι επιβεβλημένη η καταγραφή της αλληλουχίας των εγκρίσεων που απαιτούνται για την περιβαλλοντική αδειοδότηση σταθμών βιομάζας/βιοαερίου, η λειτουργία των οποίων σχετίζεται με τη διαχείριση μη επικίνδυνων αποβλήτων, κατά τρόπον ώστε να εξασφαλίζονται οι προβλέψεις του ν.3851/2010 για την ολοκλήρωση της περιβαλλοντικής αδειοδοτικής διαδικασίας πριν την εξέταση αιτημάτων χορήγησης προσφορών σύνδεσης συναφών σταθμών.

Οι προαναφερθείσες ρυθμίσεις ως προς τα όρια εγκατεστημένης ισχύος βάσει των οποίων οι σταθμοί απαλλάσσονται των υποχρεώσεων για έκδοση άδειας παραγωγής και για έκδοση απόφασης έγκρισης περιβαλλοντικών όρων, και οι οποίες έχουν ήδη κινητοποιήσει το επενδυτικό ενδιαφέρον, μπορεί να οδηγήσουν σε υποβολή αιτημάτων προς τον αρμόδιο διαχειριστή του δικτύου, τα οποία θα υποκρύπτουν κατάτμηση ισχύος προκειμένου είτε να αποφύγουν τη διαδικασία αδειοδότησης μέσω της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (<1MW), είτε να τύχουν απαλλαγής της έκδοσης έγκρισης περιβαλλοντικών όρων (<0,5MW), σε συνδυασμό με τη δυνατότητα υψηλότερης τιμολόγησης που προβλέπεται για τους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής από βιομάζα, εξαιρουμένων του βιοαερίου και του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων ($\leq 1\text{MW}$).

Δεδομένου ότι από το νόμο δεν υπάρχουν σχετικές διατάξεις που να αποτρέπουν τέτοια φαινόμενα καταστράτηγησης του ευνοϊκού καθεστώτος αδειοδότησης και τιμολόγησης, είναι επιβεβλημένη η υιοθέτηση κανόνων, σε συνεργασία με το διαχειριστή του δικτύου, και η εισαγωγή σχετικών νομοθετικών ρυθμίσεων, λαμβανομένου υπόψη ότι η κατάτμηση ισχύος, ως ανωτέρω, πέραν των περιβαλλοντικής φύσεως προβλημάτων, δεν επιτρέπει την υλοποίηση «μεγαλύτερων έργων, με ευνοϊκότερες συνθήκες επιχειρηματικής βιωσιμότητας λόγω οικονομίας κλίμακας, και αποβαίνει εις βάρος τελικά της εθνικής οικονομίας...».

Σύμφωνα με την ίδια Έκθεση, τον Δεκέμβριο του 2010 υπήρχαν καταγεγραμμένα 445 MW έργων βιομάζας με άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, περίπου 43 MW με προσφορά σύνδεσης με το Δίκτυο, 22 MW με άδεια εγκατάστασης και λιγότερο από 1 MW με σύμβαση αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας με τον Διαχειριστή του Δικτύου. Τα σε λειτουργία έργα βιομάζας ισοδυναμούσαν με περίπου 44 MW, παρουσιάζοντας πολύ μικρή αύξηση σε σχέση με τα τέλη του 2009 (443 MW).



Εικόνα 43: Εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ [29]

4.3 Το πρωτόκολλο του Κιότο.

Σε μια προσπάθεια αντιμετώπισης των κλιματικών αλλαγών η διεθνής κοινότητα συμφώνησε στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου υπογράφοντας τη σύμβαση πλαίσιο για την κλιματική αλλαγή γνωστό ως το πρωτόκολλο του Κιότο. Η συμφωνία αυτή επικυρώθηκε πάνω από 100 χώρες στο Κιότο της Ιαπωνίας το 1997. Εκεί οι ανεπτυγμένες χώρες δεσμευτήκαν να μειώσουν συνολικά τις εκπομπές των 6 κύριων αερίων του θερμοκηπίου (διοξείδιο του άνθρακα CO₂, μεθάνιο, υποξείδιο του αζώτου και διάφορα βιομηχανικά φθοριούχα αέρια κατά 5,2% με βάση τις εκπομπές του 1990 ως το 2012). Το πρωτόκολλο είναι ένα θετικό βήμα αλλά ατελές, για τη σωτηρία του πλανήτη και για την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς αποτελεί την πρώτη συμφωνία που έθεσε συγκεκριμένο στόχο μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου και αναγνώρισε την κοινή αλλά διαφοροποιημένη ευθύνη των διαφόρων χωρών. Ο κοινός στόχος είναι η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 5,2%, αλλά η ευθύνη είναι διαφοροποιημένη με βάση τις ανάγκες ανάπτυξής τους και την ιστορική τους ευθύνη στη δημιουργία του φαινομένου. Έτσι ενώ ο Καναδάς έχει στοχεύσει σε μείωση 6% των εκπομπών του, η Γερμανία σε μείωση κατά 21%. Η Ελλάδα διεκδίκησε και «πέτυχε» να της επιτραπεί η αύξηση κατά 25%. Μαζί με το πρωτόκολλο του Κιότο γεννήθηκε μια σειρά πολύπλοκων εννοιών. Οι έννοιες αυτές ονομάζονται «ευέλικτοι μηχανισμοί» ή πιο απλά παραθυράκια για την αποφυγή της πραγματικής μείωσης των εκπομπών. Οι ευέλικτοι αυτοί μηχανισμοί δίνουν το δικαίωμα στις ανεπτυγμένες χώρες να πωλούν και να αγοράζουν πιστώσεις μεταξύ τους. Δηλαδή όταν μια χώρα έχει καταφέρει να μειώσει σε μεγαλύτερο ποσοστό τα αέρια του θερμοκηπίου από αυτό για το οποίο δεσμεύτηκε, έχει τη δυνατότητα να εμπορευτεί την επιπλέον αυτή ποσότητα με κάποια χώρα η οποία δεν κατάφερε να φτάσει στο στόχο της. Όπως φαίνεται τα περιθώρια που προσφέρει το πρωτόκολλο του Κιότο στην ανάπτυξη της

αγοράς του διοξειδίου του άνθρακα το καθιστά ανεπαρκές για την προστασία του παγκόσμιου κλίματος. Όμως οι περιβαλλοντικές οργανώσεις φορείς τοπικής αυτοδιοίκησης, αλλά και ορισμένες κυβερνήσεις πιέζουν για νέους πιο φιλόδοξους αλλά αναγκαίους στόχους, για σοβαρότερη προσπάθεια μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Το μέλλον των έργων φαίνεται πως βλέπτε τα συμφέροντα των επιχειρήσεων που δε θέλουν να δουν να πηγαίνουν χαμένα τα σχέδια που προσφέρουν σε όσους χρειάζονται τις πιστώσεις στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου αλλά και έσοδα στα ταμεία τους.

4.4 Η Ελληνική νομοθεσία για την βιομάζα.

Το θεσμικό πλαίσιο για την ανάπτυξη των εφαρμογών της βιομάζας στην παραγωγή ενέργειας είναι ευνοϊκό. Ο ισχύων αναπτυξιακός νόμος 4 προβλέπει ικανοποιητικές επιδοτήσεις στις περιπτώσεις που η βιομάζα χρησιμοποιείται για παραγωγή ενέργειας, ενώ οι διαδικασίες πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από βιομάζα στη ΔΕΗ, ρυθμίζονται από το Νόμο 2244/94, ενώ με την Υπ. Απ. 8295/95 ρυθμίζονται διάφορα θέματα αδειοδοτήσεων κ.α.

Πρόσφατα το Υπουργείο Ανάπτυξης με το επιχειρησιακό πρόγραμμα Ενέργειας χρηματοδότησε πολλές επενδύσεις στον τομέα της αξιοποίησης των ΑΠΕ και βεβαίως της βιομάζας.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι διάφορες επιχειρήσεις που επιδοτήθηκαν από τη δεύτερη προκήρυξη των Α.Π.Ε. για τη διενέργεια επενδύσεων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας καθώς και τα ύψη της επένδυσης και της επιδότησης. Από το Υπουργείο Γεωργίας παρέχονται επίσης επιδοτήσεις για τις εφαρμογές της βιομάζας (αλλά και άλλων ΑΠΕ.) στη θέρμανση θερμοκηπίων. Με άλλη εγκύκλιο το Υπουργείο Γεωργίας χορηγεί επίσης ενισχύσεις για την επεξεργασία αποβλήτων κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνεται και η αναερόβια χώνευσή τους. Στα πλαίσια του Ε.Π.Ε. επιδοτήθηκαν με ποσοστό 50% οι επενδύσεις που υπάγονταν στις εξής κατηγορίες :

- 1) Συμπαράγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού με χρήση βιομάζας
- 2) Τηλεθέρμανση με χρήση βιομάζας
- 3) Παραγωγή βιοκαυσίμου

α/α	Επωνυμία	Προϋπ/σμός	Επιδότηση
1	ALFA Πυρηνέλαια Καλαμάτας Α.Ε.	103.320.000	46.494.000
2	Βιοηλεκτρική Κρήτη Α.Ε	14.999.400.000	4.500.000.000
3	Γιώτας ΑΒΕ Ξύλου	126.000.000	56.700.000
4	Δημ. Επιχ. Παροχής Υπ/σιών προστ. περιβ. & Ανάπ. Περ. Μεγαλόπολης	2.528.000.000	1.137.600.000
5	Ένωση Γεωργικών Συνεταιρισμών Λαμίας	236.647.350	106.491.310

6	ΕΥΔΑΠ	292.500.000	131.625.000
7	Κοινοπραξία ΔΕΤΕΑΛΑ - ΤΟΜΗ ΑΤΕ - EDL	5.345.000.000	2.405.250.000
	Σύνολο	23.630.867.350	8.384.160.310

Οι ανώτατες επιλέξιμες δαπάνες για τις τεχνολογίες βιομάζας ανέρχονται:

- 1) Για τη συμπαραγωγή από βιομάζα: 1.467€εγκατεστημένο kW_e (KW ηλεκτρικής ενέργειας)
- 2) Για την τηλεθέρμανση από βιομάζα: 734€εγκατεστημένο kW_{th} (KWh θερμικής ενέργειας)
- 3) Για την παραγωγή βιοαιθανόλης: 411€τόνο

Η Ευρωπαϊκή Ένωση επίσης χορηγεί ενισχύσεις για την εφαρμογή των ΑΠΕ. και βεβαίως της βιομάζας, μέσω διαφόρων προγραμμάτων που αφορούν έρευνα και ανάπτυξη, πιλοτικές εφαρμογές, ενημέρωση και διδασκαλία κ.ά. Τα προγράμματα της Ε.Ε. που χορηγούν χρηματοδοτήσεις στους τομείς αυτούς, είναι μεταξύ άλλων τα Altener,, Save – Joule, Thermie κ.α. Ενισχύσεις επίσης μπορούν να δοθούν κυρίως για ερευνητικούς σκοπούς μέσω προγραμμάτων της Γενικής Γραμματείας Έρευνας και Τεχνολογίας όπως τα ΠΑΒΕ, ΠΕΝΕΔ κ.α.

4.5 Θεσμικό πλαίσιο για την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.

Το θεσμικό πλαίσιο για την ανάπτυξη των εφαρμογών της βιομάζας στην παραγωγή ενέργειας είναι ευνοϊκό. Ο ισχύων αναπτυξιακός νόμος (12) προβλέπει ικανοποιητικές επιδοτήσεις στις περιπτώσεις που η βιομάζα χρησιμοποιείται για παραγωγή ενέργειας, ενώ οι διαδικασίες πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από βιομάζα στη ΔΕΗ, ρυθμίζονται από το Νόμο 2244/94, ενώ με την Υπ. Απ. 8295/95 ρυθμίζονται διάφορα θέματα αδειοδοτήσεων κ.ά.

Πρόσφατα το Υπουργείο Ανάπτυξης με το επιχειρησιακό πρόγραμμα Ενέργειας χρηματοδότησε πολλές επενδύσεις στον τομέα της αξιοποίησης των Α.Π.Ε. και βεβαίως της βιομάζας. Διάφορες επιχειρήσεις επιδοτήθηκαν από τη δεύτερη προκήρυξη των Ε.Π.Ε. για τη διενέργεια επενδύσεων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας καθώς και τα ύψη της επένδυσης και της επιδότησης. Από το Υπουργείο Γεωργίας παρέχονται επίσης επιδοτήσεις για τις εφαρμογές της βιομάζας (αλλά και άλλων Α.Π.Ε.) στη θέρμανση θερμοκηπίων. Με άλλη εγκύκλιο το Υπουργείο Γεωργίας χορηγεί επίσης ενισχύσεις για την επεξεργασία αποβλήτων κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνεται και η αναερόβια χώνευσή τους. Στα πλαίσια του Ε.Π.Ε. επιδοτούντο με ποσοστό 50% οι επενδύσεις που υπάγονταν στις εξής κατηγορίες :

- 1) Συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού με χρήση βιομάζας
- 2) Τηλεθέρμανση με χρήση βιομάζας
- 3) Παραγωγή βιοκαυσίμου

Η Ευρωπαϊκή Ένωση επίσης χορηγεί ενισχύσεις για την εφαρμογή των Α.Π.Ε. και βεβαίως της βιομάζας, μέσω διαφόρων προγραμμάτων που αφορούν έρευνα και ανάπτυξη,

πλοτικές εφαρμογές, ενημέρωση και διδασκαλία κ.ά. Τα προγράμματα της Ε.Ε. που χορηγούν χρηματοδοτήσεις στους τομείς αυτούς, είναι μεταξύ άλλων τα :

- Altener
- Save - Joule
- Thermie κ.ά.

Ενισχύσεις επίσης μπορούν να δοθούν κυρίως για ερευνητικούς σκοπούς μέσω προγραμμάτων της Γενικής Γραμματείας Έρευνας και Τεχνολογίας όπως τα :

α) ΠΑΒΕ, β) ΠΕΝΕΔ κ.ά. Όσον αφορά την Αδειοδότηση ακολουθείται η Αδειοδοτική διαδικασία που ορίζει ο Ν.3851/2010 για όλες τις ΑΠΕ (Έγκριση από ΔΕΗ, Σύμβαση με ΔΕΣΜΗΕ). Ο ΔΕΔΔΗΕ ανακοίνωσε ότι, από 08/01/2014 ξεκίνησε η υποβολή αιτήσεων για εγκατάσταση σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με χρήση βιομάζας, βιοαερίου ή βιοκαυσίμων, οι οποίοι διαθέτουν άδεια παραγωγής (ισχύος μεγαλύτερης από 1ΜW) ή απαλλάσσονται από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής (ισχύος μικρότερης από 1ΜW). Απαραίτητη προϋπόθεση η χρήση γης να επιτρέπει την εγκατάσταση (βεβαίωση της Πολεοδομίας). Ο απαιτούμενος χρόνος για την Αδειοδότηση εκτιμάται σε μερικούς μήνες (εξαρτάται από την περιοχή). Αναλαμβάνουμε όλη την αδειοδοτική διαδικασία και την εκπόνηση και υποβολή φακέλου χρηματοδότησης μέσω του νέου επενδυτικού νόμου. Είναι απαραίτητη η ίδρυση επιχείρησης εάν δεν υφίσταται. Πρόκειται για παραγωγή και πώληση ηλεκτρικής ενέργειας.

4.6 Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

Το Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, εκπονήθηκε στο πλαίσιο εφαρμογής της Ευρωπαϊκής Ενεργειακής Πολιτικής σε σχέση με την διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, την Εξοικονόμηση Ενέργειας και τον περιορισμό των εκπομπών αερίων ρύπων του θερμοκηπίου. Ειδικότερα για το σύνολο των Κρατών-Μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, μέχρι το 2020, προβλέπεται:

- 1) 20% μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 σύμφωνα με την Οδηγία 2009/29/ΕΚ,
- 2) 20% διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας σύμφωνα με την Οδηγία 2009/28/ΕΚ
- 3) 20% εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας.

Ειδικά για την Ελλάδα, ο στόχος για τις εκπομπές αερίων ρύπων του θερμοκηπίου είναι μείωση κατά 4% στους τομείς εκτός εμπορίας σε σχέση με τα επίπεδα του 2005, και 18% διείσδυση των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση. Η Ελληνική κυβέρνηση στο πλαίσιο υιοθέτησης συγκεκριμένων αναπτυξιακών και περιβαλλοντικών πολιτικών, με το Νόμο 3851/2010 προχώρησε στην αύξηση του εθνικού στόχου συμμετοχής των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας στο 20%, ο οποίος και εξειδικεύεται σε 40 % συμμετοχή των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή, 20 % σε ανάγκες θέρμανσης-ψύξης και 10 % στις μεταφορές. Επιπρόσθετα, σε σχέση με την εξοικονόμηση ενέργειας η Ελλάδα έχει ήδη καταρτίσει το 1ο Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Αποδοτικότητας όπου προβλέπεται 9% εξοικονόμηση ενέργειας στην τελική κατανάλωση μέχρι το έτος 2016 σύμφωνα και με την Οδηγία 2006/32/ΕΚ, ενώ πρόσφατα και με τον Νόμο 3855/2010, ο οποίος προστίθεται και στον πρόσφατο κανονισμό που αφορά την ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων- ΚΕΝΑΚ, προχωρά στην ανάπτυξη μηχανισμών της αγοράς και εφαρμογής συγκεκριμένων μέτρων και πολιτικών που αποσκοπούν στην επίτευξη του συγκεκριμένου εθνικού στόχου για εξοικονόμηση ενέργειας. Οι εθνικοί ενεργειακοί στόχοι για το 2020, όπως περιγράφονται από το παρόν σχέδιο δράσης,

αλλά και όπως έχουν διαμορφωθεί από τις πρόσφατες νομοθετικές παρεμβάσεις και τα αντίστοιχα εθνικά προγράμματα στο πλαίσιο του ΕΣΠΑ, διαμορφώνουν ένα ισχυρά αναπτυξιακό επιχειρηματικό πλαίσιο μέσα στο οποίο η Ελλάδα καλείται να αξιοποιήσει τις δυνατότητες που της προσφέρει το φυσικό δυναμικό που διαθέτει σε τεχνολογίες ΑΠΕ & ΕΞΕ και να διαμορφώσει ένα νέο μοντέλο «πράσινης» ανάπτυξης. Παράλληλα, η επίτευξη αυτών των στόχων θα συνεισφέρει στην ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού, στη βέλτιστη αξιοποίηση των φυσικών πόρων και στην ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας βασικών κλάδων της Ελληνικής οικονομίας.

Το παρόν σχέδιο δράσης, παρουσιάζει με λεπτομέρεια τα θεσμικά εργαλεία και τις τεχνολογίες που θα χρησιμοποιηθούν ώστε να ικανοποιηθούν αυτοί ακριβώς οι στόχοι. Ειδικότερα, η επίτευξη των στόχων απαιτεί τον συνδυασμό μέτρων και πολιτικών θεσμικού χαρακτήρα ώστε να επιταχυνθούν και να διευκολυνθούν οι επενδυτικές πρωτοβουλίες, να διαμορφωθεί ένα ξεκάθαρο πλαίσιο αναφορικά με τους όρους χρήσης γης και των δυνατοτήτων ενεργειακής τους αξιοποίησης, ενώ παράλληλα καλεί να ληφθούν υπόψη όλες οι τεχνολογικές εφαρμογές οι οποίες μπορούν αθροιστικά να συνεισφέρουν για την επιτυχή εφαρμογή του συγκεκριμένου μοντέλου πράσινης ανάπτυξης.

Η παρουσίαση του συγκεκριμένου οδικού χάρτη ανάπτυξης των τεχνολογιών ΑΠΕ τόσο στη ηλεκτροπαραγωγή, όσο στη θέρμανση-ψύξη και τις μεταφορές, πραγματοποιήθηκε με τη χρήση ενεργειακών μοντέλων ανάλυσης, όπου και αναλύθηκαν διαφορετικά σενάρια εξέλιξης του Ελληνικού ενεργειακού συστήματος πέρα του 2020 μέχρι και το 2030, λαμβάνοντας υπόψη και παραμέτρους οικονομικής και τεχνολογικής ανάπτυξης. Τα επιμέρους σενάρια που μελετήθηκαν για την τελική επιλογή του επικρατέστερου ως του πιο πιθανού, αποτελούν διαφορετικές προοπτικές εξέλιξης του ενεργειακού τομέα της χώρας και διαχωρίστηκαν σε δύο βασικές κατηγορίες: α) σενάρια αναφοράς, όπου γίνεται η υπόθεση ότι το ενεργειακό σύστημα εξελίσσεται με βάση τις ήδη δρομολογημένες πολιτικές και β) σενάρια όπου θεωρήθηκε η επιτυχής υλοποίηση των στόχων της Ευρωπαϊκής Πολιτικής για την Ελλάδα και στα οποία προσδιορίστηκαν και αξιολογήθηκαν τα εναλλακτικά μέτρα ενεργειακής πολιτικής με τα οποία μπορούν να επιτευχθούν οι Εθνικοί-Ευρωπαϊκοί στόχοι.

Οι βασικές προσδιοριστικές παράμετροι για την κατάρτιση των σεναρίων ήταν η εξέλιξη της οικονομικής δραστηριότητας στη χώρα, η εξέλιξη των διεθνών τιμών καυσίμων, τα εναλλακτικά επίπεδα χρήσης των συμβατικών καυσίμων, η επίδραση των τιμών των τεχνολογιών ΑΠΕ στην διείσδυσή τους και η επίδραση των διασυνδέσεων στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και της ανάπτυξης του συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Το αποτέλεσμα αυτής της ανάλυσης οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η επίτευξη του ποσοστού συμμετοχής των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή (40%) μέχρι το 2020, θα 3 επιτευχθεί μόνο με τη συνδυαστική εφαρμογή θεσμικών, κανονιστικών, οικονομικών και τεχνολογικών μέτρων που έχουν ως βασικό στόχο την αξιοποίηση του οικονομικού δυναμικού ανάπτυξης μεγάλων έργων ΑΠΕ, την ολοκλήρωση των αναγκαίων εργασιών επέκτασης και αναβάθμισης του ηλεκτρικού δικτύου και στη σταδιακή ανάπτυξη ενός διεσπαρμένου τρόπου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Προφανώς αυτό απαιτεί την αντιμετώπιση ποικίλων εμποδίων, που έχουν ήδη εντοπιστεί, και σχετίζονται με καθυστερήσεις στην αδειοδότηση έργων ΑΠΕ, σε ασάφειες θεμάτων χωροταξικού σχεδιασμού, καθώς και στην ελλιπή ενημέρωση των πολιτών αναφορικά με τις εφαρμογές έργων ΑΠΕ. Επίσης, η Ελλάδα παρουσιάζει την ιδιομορφία ύπαρξης και ενός μη πλήρους διασυνδεδεμένου ηλεκτρικού συστήματος, καθώς πολλά νησιά αποτελούν αυτόνομα δίκτυα. Όλα αυτά τα δεδομένα, περιορισμοί και κοινωνικο-οικονομικοί παράμετροι ελήφθησαν υπόψη στην εκπόνηση της παρούσας μελέτης, και στο σχεδιασμό της εξέλιξης συνεισφοράς των διαφόρων τεχνολογιών για ηλεκτροπαραγωγή μέχρι το 2020.

Αντίστοιχα, για την ικανοποίηση των εθνικών στόχων συμμετοχής των ΑΠΕ σε θέρμανση-ψύξη και μεταφορές, προβλέπεται αξιοποίηση όλων των θεσμικών αλλαγών που έχουν ήδη υλοποιηθεί ή δρομολογούνται ώστε να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας μέσω βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης και υιοθέτησης πολιτικών ορθολογικής χρήσης ενέργειας σε όλους τους τομείς. Παράλληλα, η ανάπτυξη συγκεκριμένων τεχνολογιών, όπως οι αντλίες θερμότητας, καθώς και η ενίσχυση και περαιτέρω ανάπτυξη εφαρμογών από θερμικά ηλιακά συστήματα και βιομάζα τόσο στον οικιακό και τριτογενή τομέα, όσο και στη βιομηχανία απαιτείται ώστε να μπορέσουν να ικανοποιηθούν οι συγκεκριμένοι εθνικοί στόχοι. Ειδικά για τα βιοκαύσιμα, η προσπάθεια εντοπίζεται στην αξιοποίηση του εγχώριου δυναμικού για την παραγωγή βιο-ντίζελ μέσω ενεργειακών καλλιεργειών, καθώς και στην ανάπτυξη των απαραίτητων δικτύων διαχείρισης της βιομάζας για ενεργειακή χρήση.

Συγκεκριμένα οι εθνικοί στόχοι για το 2020, σύμφωνα και με τα αποτελέσματα των ενεργειακών μοντέλων, αναμένεται να ικανοποιηθούν για τη μεν ηλεκτροπαραγωγή με την ανάπτυξη περίπου 13300MW από ΑΠΕ (από περίπου 4000MW σήμερα), όπου συμμετέχουν το σύνολο των τεχνολογιών με προεξέχουσες τα αιολικά πάρκα με 7500MW, υδροηλεκτρικά με 3000MW και τα ηλιακά με περίπου 2500MW, ενώ για τη θέρμανση και ψύξη με την ανάπτυξη των αντλιών θερμότητας, των θερμικών ηλιακών συστημάτων, αλλά και των εφαρμογών βιομάζας. Το σχέδιο δράσης παρουσιάζει με λεπτομέρεια τη χρονική εξέλιξη αναφορικά με τη διείσδυση και συνεισφορά των επιμέρους τεχνολογιών σε ηλεκτροπαραγωγή, θέρμανση-ψύξη και μεταφορές, ενώ συσχετίζει την επίτευξη αυτών των στόχων με 4 συγκεκριμένα μέτρα και πολιτικές που περιγράφονται στις σχετικές ενότητες του σχεδίου δράσης.

Είναι σαφές από τα αποτελέσματα των υπολογισμών, ότι η επίτευξη αυτών των στόχων απαιτεί τον συντονισμό σε δράσεις και μέτρα, την υποστήριξη από τους φορείς της αγοράς καθώς και την έγκαιρη υλοποίηση έργων ανάπτυξης του ηλεκτρικού δικτύου ώστε να υπάρχει η δυνατότητα απορρόφησης της παραγόμενης ενέργειας από τους σταθμούς ΑΠΕ. Οι σχετικοί στόχοι και συνεισφορά των επιμέρους τεχνολογιών ΑΠΕ, ανάλογα με την εξέλιξη της αγοράς και την έγκαιρη ή όχι αντιμετώπιση ήδη εντοπισμένων προβλημάτων δύναται να τροποποιηθούν (όπως προβλέπεται και από την Οδηγία της ΕΕ) ανά τακτά χρονικά διαστήματα (2-ετία), καθώς θα αναπτυχθεί ένα εθνικό σύστημα παρακολούθησης της πορείας επίτευξης αυτών των στόχων το οποίο θα αναγνωρίζει έγκαιρα τις όποιες αδυναμίες και αστοχίες και θα προτείνει συγκεκριμένες διορθωτικές δράσεις, τεχνολογικού ή θεσμικού χαρακτήρα, ώστε τελικά οι εθνικοί στόχοι που σχετίζονται με τη μείωση των εκπομπών αέριων ρύπων του θερμοκηπίου και περαιτέρω διείσδυσης των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση να επιτευχθούν.

Το εθνικό σχέδιο δράσης για τις ΑΠΕ, πρόκειται ουσιαστικά να διαδραματίσει το ρόλο ενός δυναμικού εργαλείου παρακολούθησης των εθνικών ενεργειακών στόχων, όπου ανάλογα με τα μέτρα και πολιτικές που λαμβάνονται, την ανταπόκριση των φορέων της αγοράς καθώς και την τεχνολογική ωριμότητα των ΑΠΕ θα προσαρμόζεται αντίστοιχα, ώστε να μπορούν να επιτευχθούν οι δεσμευτικοί εθνικοί στόχοι για το 2020, συμβάλλοντας παράλληλα στην επιτυχή ολοκλήρωση του μοντέλου «πράσινης» ανάπτυξης που έχει υιοθετήσει η Ελληνική κυβέρνηση.

5 ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΥ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ.

Μέχρι του σημείου αυτού, δόθηκαν τα βασικά εισαγωγικά στοιχεία αναφορικά με τις μορφές βιομάζας και τις τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας (δεύτερο κεφάλαιο). Στη συνέχεια περιγράφηκαν τα χαρακτηριστικά μερικών από τις πιο αξιόλογες ενεργειακές καλλιέργειες που θα μπορούσαν να συμβάλλουν στην παραγωγή ενέργειας από βιομάζα (τρίτο κεφάλαιο). Προς την κατεύθυνση ακριβώς της παραγωγής βιοενέργειας καταγράφηκαν στο τέταρτο κεφάλαιο οι δεσμεύσεις τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό επίπεδο, το θεσμικό πλαίσιο που διαμορφώνεται καθώς και το εθνικό σχέδιο δράσης. Λείπει μέχρι το σημείο αυτό όμως η μέθοδος και ο τρόπος υπολογισμού της θερμογόνου δύναμης (ισχύος) των υπονήφειων βιοκαυσίμων.

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο δίνεται ακριβώς η μέθοδος υπολογισμού και η υλικοτεχνική υποδομή (απαιτούμενος εξοπλισμός) για τη μέτρηση της θερμογόνου δύναμης των βιοκαυσίμων. Στην πραγματικότητα η εφαρμογή της μεθόδου που παρουσιάζεται στη συνέχεια αναφέρεται σε οποιοδήποτε στερεό ή υγρό καύσιμο. Το βασικό όργανο στο οποίο υλοποιείται η μέτρηση είναι το Θερμιδόμετρο Οβίδας. Η ονομασία προέρχεται από τον κλειστό – απομονωμένο θάλαμο στον οποίο πραγματοποιείται η καύση της ουσίας σε ελεγχόμενες συνθήκες. Ο κλειστός αυτός θάλαμος λέγεται οβίδα. Στην Εικ. Δίνεται ένα τύπος θερμιδομέτρου οβίδας της εταιρίας ΙΚΑ, ενός από τους σημαντικότερους προμηθευτές αυτού του τύπου οργάνων παγκοσμίως. Θα πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι η μέτρηση της θερμογόνου δύναμης του προϊόντος μετά τον εκπυρηνωτή πραγματοποιήθηκε σε αυτού του τύπου θερμιδόμετρο που είναι τοποθετημένο στις εγκαταστάσεις του Εργαστηρίου Τεχνικής Θερμοδυναμικής του Τμήματος Μηχανολόγων & Αεροαυπηγών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πατρών.



Εικόνα 44: Τύπος θερμιδομέτρου οβίδας ΙΚΑ

5.1 Θερμιδόμετρο Οβίδας C-200 ΙΚΑ.

Το σύστημα C 200 αποτελείται από τα ακόλουθα εξαρτήματα:

- Ø Κελί μέτρησης
- Ø Δοχείο δοκιμών
- Ø Φιάλη πλήρωσης οξυγόνου.
- Ø Αναλώσιμα για βαθμονόμηση και εγκατάσταση

Η επικύρωση των μετρήσεων γίνεται κατά τα πρότυπα DIN 51900, ISO 1928, ASTM D240, ASTM D4809, ASTM D5865, ASTM D1989, ASTM D5468, ASTM E711. Εδώ θα πρέπει να επισημανθεί ότι το θερμιδόμετρο οβίδας είναι το κατεξοχήν μετρητικό όργανο θερμογόνου δύναμης στερεών καυσίμων και υπάρχει στα εργαστήρια δοκιμών της ΔΕΗ στους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής για τη μέτρηση της θερμογόνου ισχύος του λιγνίτη κάθε περιοχής εξόρυξης. Δίνει δηλ. την πρώτη εκτίμηση της ποιότητας του λιγνίτη από ενεργειακής άποψης με τη μέτρηση της θερμογόνου δύναμης αυτού.

Το όργανο αυτό είναι επίσης κατάλληλο για εκπαιδευτικούς σκοπούς ενώ αποτελεί πάντα τον απαραίτητο εξοπλισμό στα εργαστήρια της βιομηχανίας. Υπάρχει η δυνατότητα πλήρως αυτοματοποιημένης διαδικασίας ελεγχόμενης από ηλεκτρονικό υπολογιστή όπως και δυνατότητα χειροκίνητης λειτουργίας κατά την οποία ο χειριστής ελέγχει ένα πλήθος παραμέτρων. Στην τελευταία περίπτωση οι υπολογισμοί γίνονται από τον ερευνητή. Η πρόοδος της διαδικασίας της μέτρησης ελέγχεται από λογισμικό που συνοδεύει το όργανο και φαίνεται σε οθόνη αυτού ώστε σε κάθε βήμα ο χειριστής να ελέγχει την ορθότητα της διαδικασίας.

Υπάρχουν αρκετοί τρόποι λειτουργίας του οργάνου με τον καθένα να έχει διαφορετικό χρόνο υλοποίησης. Για παράδειγμα ο τρόπος μέτρησης Isoperibolic απαιτεί περίπου: 17 λεπτά, η δυναμική μέτρηση είναι πολύ πιο γρήγορη απαιτεί περίπου. 8 λεπτά. Στην περίπτωση δοκιμών υγρών καυσίμων το δοχείο δοκιμής μπορεί να εξοπλιστεί με τη χρήση καύσιμων κάψουλων, αξεσουάρ που είναι απαραίτητο.

5.2 Παράμετροι ασφαλείας κατά τις δοκιμές.

Το σύστημα θερμιδόμετρου C 200 μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για τον προσδιορισμό της θερμογόνου δύναμης των στερεών και ρευστών υλικών. Για το σκοπό αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο κατάλληλα δοχεία δοκιμών. Η μέγιστη επιπλέον ενέργεια που προστίθεται στο δοχείο δοκιμών δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 40.000 J (απαιτείται η κατάλληλη επιλογή δοκιμαστικής ποσότητας μάζας). Δεν επιτρέπεται η υπέρβαση της επιτρεπόμενης πίεσης λειτουργίας των 230 bar. Η μέγιστη επιτρεπτή θερμοκρασία λειτουργίας δεν πρέπει να υπερβαίνει τους 50°C. Η κάψουλα δοκιμών δεν χρειάζεται να είναι γεμάτη με δείγμα, για τη μέτρηση απαιτείται συνήθως μια πολύ μικρή ποσότητα λίγων γραμμαρίων. Το δοχείο δοκιμών που περιλαμβάνει και την κάψουλα γεμίζεται με οξυγόνο μόνο σε μέγιστη πίεση 40 bar ώστε η καύση να είναι πλούσια. Ο ερευνητής θα πρέπει να ελέγχει την καθορισμένη πίεση στο μειωτήρα πίεσης. Προτείνεται από τον κατασκευαστή μια δοκιμή διαρροής πριν από κάθε διαδικασία καύσης (ακολουθώντας τις οδηγίες λειτουργίας). Ορισμένα υλικά τείνουν να εκρήγνυνται όταν καίγονται (π.χ. λόγω του σχηματισμού υπεροξειδίου), πράγμα που θα μπορούσε να προκαλέσει τη ρωγμή του θαλάμου δοκιμών.

Τα τυποποιημένα δοχεία δοκιμών δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται για τη δοκιμή εκρηκτικών δειγμάτων. Εάν η συμπεριφορά καύσης ενός υλικού είναι άγνωστη, πρέπει να δοκιμαστεί πριν από την καύση στην κάψουλα (κίνδυνος έκρηξης). Ακριβώς για την

περίπτωση έκρηξης όταν καίγονται άγνωστα δείγματα, θα πρέπει να ελέγχονται οι περιβαλλοντικές συνθήκες του δωματίου ή να διατηρούνται αποστάσεις από το θερμιδόμετρο. Το βενζοϊκό οξύ που αποτελεί το υλικό βαθμονόμησης του θαλάμου δοκιμών – οβίδας μπορεί να καίγεται μόνο σε συμπιεσμένη μορφή

Αναφορικά με τη δοκιμή υγρών καυσίμων τα πολύ εύφλεκτα υγρά με χαμηλή πίεση ατμών (π.χ. τετραμεθυλο δισόξινο δισιλοξάνιο) δεν πρέπει να αγγίζουν άμεσα το νήμα από βαμβάκι που θα μεταφέρει τη φλόγα από την έναυση. Επιπλέον, το τοξικό υπόλειμμα καύσης με τη μορφή αερίων, τέφρας ή συμπύκνωσης, για παράδειγμα, είναι δυνατό να παραμείνει στο εσωτερικό τοίχωμα του δοχείου αποσύνθεσης. Κατά τον χειρισμό των δειγμάτων καύσης, των υπολειμμάτων καύσης και των βοηθητικών υλικών, θα πρέπει γενικότερα να τηρούνται οι σχετικοί κανόνες ασφαλείας. Υλικά που κατά την καύση θα μπορούσαν να δημιουργήσουν κίνδυνο είναι τα διαβρωτικά, τα πολύ εύφλεκτα, τα εκρηκτικά, τα βακτηριολογικά μολυσμένα, τα οποιασδήποτε μορφής τοξικά.

Ειδικότερα για την πλήρωση της οβίδας με οξυγόνο, αυτή γίνεται από φιάλη πολύ υψηλής καθαρότητας. Θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το χειρισμό του οξυγόνου. Αυτό γιατί το οξυγόνο ως συμπιεσμένο αέριο είναι οξειδωτικό, ενισχύει εντατικά την καύση, (άλλωστε και για το λόγο αυτό επιλέγεται) και μπορεί να αντιδρά βίαια με εύφλεκτα υλικά. Δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται λάδια ή γράσσα κατά τις δοκιμές ή για τη συντήρηση των διαφόρων τμημάτων της διάταξης ενώ θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι επιδράσεις του μαγνητικού πεδίου (π.χ. μέσα αποθήκευσης δεδομένων, καρδιακοί βηματοδότες).

Οι οβίδες ανοξειδωτου χάλυβα, θα πρέπει να ελέγχονται ενδελεχώς ως προς την κατάστασή τους μετά από κάθε πείραμα. Αν το υλικό γίνει λεπτότερο, ο θάλαμος μπορεί να να νανφλεγεί και να βλάψει την οβίδα που εμπεριέχεται. Τα φιαλίδια δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται για πάνω από 25 καύσεις για λόγους ασφαλείας. Η οβίδα κατασκευάζεται σύμφωνα με την οδηγία για τον εξοπλισμό υπό πίεση 97/23 / ΕΚ. Αυτό υποδεικνύεται από το σύμβολο CE με τον αναγνωριστικό αριθμό του κοινοποιημένου οργανισμού. Το δοχείο δοκιμών είναι μια συσκευή πίεσης της κατηγορίας III. Το δοχείο δοκιμών έχει υποβληθεί σε δοκιμή πρωτοτύπου ΕΚ, έχει υποβληθεί σε δοκιμή πίεσης με πίεση δοκιμής 330 bar και δοκιμή διαρροής με οξυγόνο στα 30 bar.

Τα δοχεία δοκιμών είναι αυτόκλειστα και πρέπει να ελέγχονται από τεχνικό εμπειρογνώμονα μετά από κάθε χρήση. Η ατομική χρήση εννοείται εδώ για να περιλαμβάνει μια σειρά πειραμάτων που εκτελούνται υπό τις ίδιες περίπου συνθήκες από την άποψη της πίεσης και της θερμοκρασίας. Τα αυτόκλειστα πειράματος πρέπει να λειτουργούν σε ειδικούς θαλάμους (C 2000, C 5000, C 7000, C 200). Επίσης τα δοχεία δοκιμών – οβίδες πρέπει να υποβάλλονται σε επαναλαμβανόμενες δοκιμές (εσωτερικές δοκιμές και δοκιμές πίεσης) που εκτελούνται από τον τεχνικό εμπειρογνώμονα. Η συχνότητα των δοκιμών αυτών καθορίζεται από τον χειριστή με βάση την πείρα, τον τύπο λειτουργίας και το υλικό που χρησιμοποιείται στο δοχείο αποσύνθεσης.

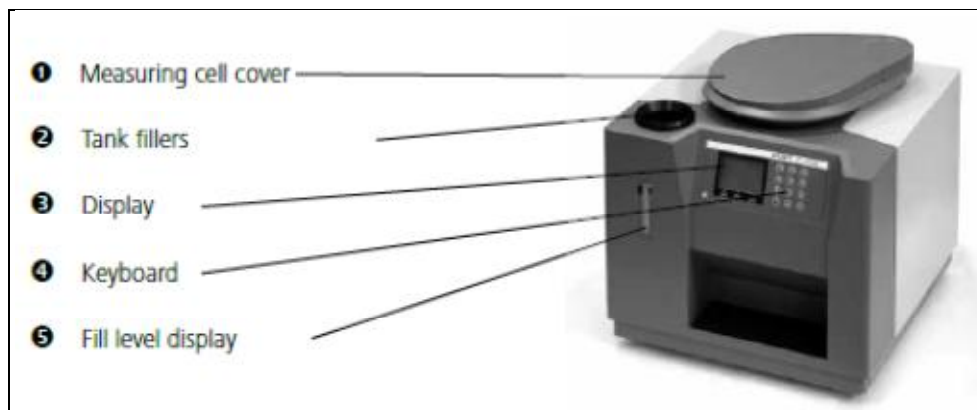
Η όλη διάταξη συνοδεύεται από δήλωση συμμόρφωσης η οποία καθίσταται άκυρη όταν πραγματοποιούνται μηχανικές τροποποιήσεις στα αυτόκλειστα δοχεία – οβίδες ή εάν δεν είναι πλέον εγγυημένη η στεγανότητα ως αποτέλεσμα της μείζονος διάβρωσης (π.χ. αλογόνων). Τα σπειρώματα στο σώμα του δοχείου και του παξιμαδιού σύνδεσης παρουσιάζουν ιδιαίτερη τάση και πρέπει επομένως να ελέγχονται τακτικά για φθορά. Η κατάσταση και η ορθή λειτουργία ελέγχονται και εξασφαλίζονται μέσω δοκιμής διαρροής

(οδηγίες λειτουργίας). Συνίσταται ο τεχνικός έλεγχος της οβίδας μετά από 1000 δοκιμές ή μετά από ένα έτος ή νωρίτερα ανάλογα με τη χρήση.



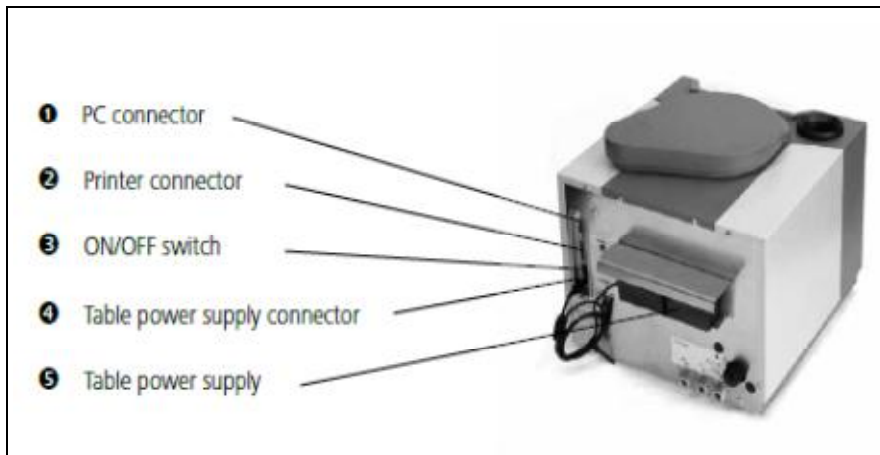
Εικόνα 45: Τμήματα που απαρτίζουν τον εξοπλισμό Θερμιδομέτρου Οβίδας.

Στην Εικ. 38 φαίνονται τα επιμέρους τμήματα που απαιτούνται για μια δοκιμή με το θερμιδόμετρο οβίδας. Διακρίνεται αριστερά ο κλειστός θάλαμος δοκιμών μέσα στον οποίο εμβαπτίζεται η οβίδα (κατασκευασμένη από ανοξείδωτο). Επίσης φαίνονται διάφορα περιφερειακά που χρησιμοποιούνται σε μια δοκιμή μέτρησης θερμογόνου δύναμης.

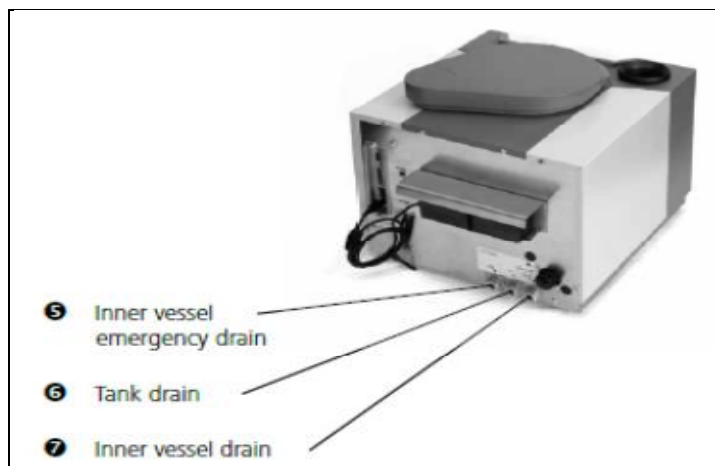


Εικόνα 46: Ο θάλαμος δοκιμών C200 (IKA).

Στην Εικ.39 φαίνεται ο θάλαμος δοκιμών ο οποίος κατά τη διαδικασία μέτρησης θερμογόνου δύναμης μιας ουσίας πληρώνεται καταρχήν με καθαρό (απιονισμένο) νερό και στη συνέχεια εντός του θαλάμου εμβαπτίζεται η οβίδα σφραγισμένη μέσα στην οποία θα συντελεστεί η καύση που θα οδηγήσει στο αποτέλεσμα της θερμογόνου ισχύος καυσίμων. Ο θάλαμος C200 από την μπροστινή πλευρά του έχει μια οθόνη πάνω στην οποία ο πειραματιστής θέτει ένα πλήθος παραμέτρων κατά την προετοιμασία της μέτρησης. Επίσης διακρίνεται αριστερά επάνω στο θάλαμο το φίλτρο μέσα από το οποίο εισάγεται το νερό πλήρωσης του θαλάμου. Για την ορθή ποσότητα νερού υπάρχει επίσης ένας δείκτης ο οποίος δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να αναγνωρίσει το ύψος του νερού που έχει περιβάλλει την οβίδα ενώ υπάρχουν δείκτες – όρια εντός των οποίων θα πρέπει να βρίσκεται η ποσότητα του νερού.



Εικόνα 47: Η οπίσθια πλευρά του θαλάμου δοκιμών C200.



Εικόνα 48: Υποδοχές απορροής του θαλάμου C200.

Στην Εικ. 40 φαίνεται η πίσω πλευρά του θαλάμου δοκιμών C200 όπου επισημαίνονται διακόπτες παροχής ρεύματος και συνδέσεις σε εκτυπωτή ή σε ΗΥ. Πέρα από διακόπτες και συνδέσεις ο θάλαμος C200 στην πίσω πλευρά του διαθέτει και σωληνώσεις απορροής του νερού το οποίο και αφαιρείται μετά το τέλος κάθε πειράματος. Αυτές οι υποδοχές απορροής φαίνονται στο πίσω αριστερό τμήμα του θαλάμου όπως διακρίνονται στην Εικ.41. Εξάλλου στην Εικ.42 φαίνεται ο τρόπος σφράγισης του θαλάμου C200, μια διαδικασία απαραίτητη για την έναρξη μιας δοκιμής. Επισημαίνεται ότι το λογισμικό ελέγχου αναγνωρίζει την πλήρωση του θαλάμου με νερό καθώς και το σφράγισμα στην άνω του πλευρά. Σε κάθε περίπτωση στην διαδραστική οθόνη ο χρήστης ενημερώνεται αν κάποιο από τα παραπάνω δεν έχει συμβεί οπότε και δεν είναι εφικτή η εκκίνηση της δοκιμής.



5.3 Μετρήσεις Θερμογόνου Δύναμης.

Ο προσδιορισμός της θερμογόνου δύναμης πραγματοποιείται με ελεγχόμενη καύση υπό συγκεκριμένες συνθήκες εντός της οβίδας. Η οβίδα γεμίζεται με δείγμα ζυγισμένου καυσίμου, το δείγμα καυσίμου αναφλέγεται και μετρείται η αύξηση της θερμοκρασίας στο σύστημα θερμοιδόμετρου. Η ειδική θερμαντική τιμή του δείγματος υπολογίζεται ως εξής:

$$H_o = (C \times DT - Q_{ext1} - Q_{ext2}) / m \quad (1)$$

Όπου:

m είναι η μάζα δείγματος καυσίμου

C είναι η σταθερά του θερμοιδόμετρου

DT είναι η υπολογισμένη αύξηση θερμοκρασίας νερού στο εσωτερικό δοχείο της οβίδας,

QExt1 είναι η τιμή διόρθωσης για την θερμική ενέργεια που παράγεται από το νήμα βαμβακιού ως βοήθημα ανάφλεξης,

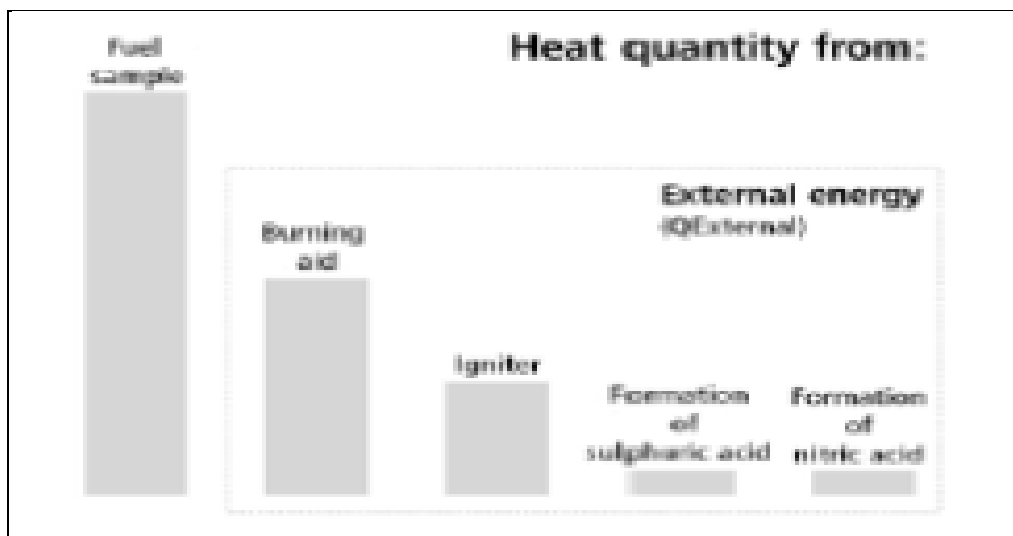
QExt2 είναι η τιμή διόρθωσης για τη θερμική ενέργεια από άλλα βοηθήματα καύσης.

Η οβίδα (δοχείο αποσύνθεσης) γεμίζεται με καθαρό οξυγόνο (99,95%) για τη βελτιστοποίηση της διαδικασίας καύσης. Η πίεση της ατμόσφαιρας οξυγόνου στο δοχείο αποσύνθεσης είναι μέγιστη. 30 bar. Ο τύπος (1) για την θερμαντική αξία ενός υλικού απαιτεί ότι η καύση λαμβάνει χώρα υπό συγκεκριμένα καθορισμένες συνθήκες. Τα σχετικά πρότυπα βασίζονται στις ακόλουθες παραδοχές:

- Ø Η θερμοκρασία του καυσίμου και των προϊόντων καύσης του είναι 25 ° C,
- Ø Το νερό που περιέχεται στο καύσιμο πριν από την καύση και το νερό που σχηματίζεται κατά την καύση, οι υδρογονικές ενώσεις του καυσίμου είναι σε υγρή μορφή μετά την καύση,
- Ø Το ατμοσφαιρικό άζωτο δεν έχει οξειδωθεί, Τα αέρια προϊόντα μετά την καύση αποτελούνται από οξυγόνο, άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα και διοξείδιο του θείου.
- Ø Μπορούν να σχηματιστούν στερεά υλικά (π.χ. τέφρα) μετά την καύση.

Υπάρχουν περιπτώσεις κατά τις οποίες τα προϊόντα της καύσης δεν αναφέρονται στα πρότυπα λειτουργίας και δοκιμής της διάταξης. Στις περιπτώσεις αυτές τα προϊόντα της καύσης θα πρέπει να αναλύονται περαιτέρω ώστε να προκύπτουν δεδομένα που θα οδηγήσουν σε ανασκευή του τρόπου υπολογισμού της θερμογόνου ισχύος των δοκιμαζόμενων καυσίμων. Σε κάθε περίπτωση τα πρότυπα της μεθόδου είναι DIN 51 900; ASTM D 240; ASTM D 5865). Λόγω της φύσης του συστήματος, μια δοκιμή καύσης δεν παράγει μόνο τη θερμότητα

καύσης του δείγματος, αλλά και τη θερμότητα από την εξωτερική ενέργεια (Q_{External}). Αυτό μπορεί να κυμανθεί σημαντικά σε σχέση με την ποσότητα θερμότητας του δείγματος καυσίμου. Η θερμότητα καύσης του σπειρώματος του βαμβακιού που αναφλέγει το δείγμα και την ηλεκτρική ανάφλεξη θα προκαλούσε στρέβλωση της μέτρησης. Η επιρροή αυτή λαμβάνεται υπόψη κατά τον υπολογισμό μέσω διορθωτικής τιμής. Σχεδόν όλα τα υλικά που πρέπει να μελετηθούν περιέχουν θείο και άζωτο. Υπό τις συνθήκες στις θερμοδομετρικές μετρήσεις, το θείο και το άζωτο καίγονται σε SO_2 , SO_3 και NO_x . Μαζί με το νερό από την καύση και την υγρασία, παράγεται θειικό και νιτρικό οξύ καθώς και θερμότητα διαλύματος. Προκειμένου να ληφθεί η τυπική θερμοαντική τιμή, διορθώνεται η επίδραση της θερμότητας του διαλύματος στην θερμοαντική τιμή. Οι τύποι υπολογισμού εξαρτώνται από το χρησιμοποιούμενο πρότυπο.



Εικόνα 49: Πηγές θερμότητας κατά τη δοκιμή.

Στην Εικ.42 δίνονται σε σχετική κλίμακα οι πηγές θερμότητας που μπορεί να συνυπολογίζονται κατά την καύση στο θερμοδόμετρο οβίδας και οι οποίες προφανώς πρέπει να αφαιρούνται από τη θερμότητα κάυσης του προς δοκιμή καυσίμου για μια ορθή μέτρηση.

Αναφορικά με το δείγμα είναι σημαντικό αυτό να καεί πλήρως για να διασφαλιστεί ο σωστός προσδιορισμός της θερμογόνου δύναμης. Μετά από κάθε πείραμα ελέγχεται το χωνευτήριο και όλο το στερεό υπόλειμμα για σημάδια ατελούς καύσης. Κατά κανόνα, το σταθμισμένο δείγμα πρέπει να επιλέγεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε η αύξηση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της μέτρησης να είναι κάτω από 4K και να προσεγγίζει την αύξηση της θερμοκρασίας της βαθμονόμησης (μέγιστη επιπλέον ενέργεια: 40.000 J). Η μη τήρηση αυτών των οδηγιών μπορεί να προκαλέσει βλάβη στο δοχείο αποσύνθεσης (οβίδα). Κατά την εργασία με άγνωστες ουσίες, προτείνεται η επιλογή πολύ μικρών σταθμισμένων δειγμάτων.

Κανονικά στερεά υλικά σε μορφή σκόνης μπορούν να καούν άμεσα. Τα υλικά τα οποία καίγονται γρήγορα (π.χ. βενζοϊκό οξύ) δεν πρέπει να καίγονται. Αυτά τα υλικά τείνουν να εκτοξεύουν και επομένως δεν υπάρχει εγγύηση για πλήρη καύση. Επιπλέον, αυτό μπορεί να βλάψει το εσωτερικό τοίχωμα του δοχείου αποσύνθεσης. Τα υλικά που είναι δύσκολο να καούν (υλικά με υψηλή περιεκτικότητα σε ανόργανα συστατικά, χαμηλής θερμοδικής αξίας υλικά) μπορούν συχνά να καούν μόνο πλήρως χρησιμοποιώντας καψάκια C10, IKA® C 12 ή εύφλεκτο χωνευτήριο C14 (βλέπε Αξεσουάρ). Είναι επίσης δυνατή η χρήση βοηθητικών υγρών καύσης όπως παραφινέλαιου.

Πριν την πλήρωση της κάψουλας ή του σάκου καύσης με την ουσία της οποίας πρόκειται να καθοριστεί η θερμογόνο ισχύς, ζυγίζεται το βοήθημα καύσης ώστε να υπολογιστεί η επιπλέον εξωτερική ενέργεια που προστίθεται από αυτό. Αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στο Q_{Ext2} . Θα πρέπει να κρατάται το ελάχιστο ποσό της βοήθειας για καύση. Οι περισσότερες υγρές ουσίες μπορούν να ζυγίζονται απευθείας στο χωνευτήριο. Πολύ πτητικές ουσίες χρησιμοποιούνται ως βοηθήματα σε κάψουλες καύσης (κάψουλες IKA® ζελατίνης C9 ή κάψουλες ακετοβουτυρικού άλατος CKA C10, βλέπε Αξεσουάρ) και καίγονται μαζί με τις κάψουλες. Τα βοηθήματα καύσης (π.χ. νήματα από βαμβάκι) πρέπει επίσης να καούν πλήρως. Αν υπάρχει άφλεκτο υπόλειμμα, η δοκιμή πρέπει να επαναληφθεί.

Μετά την καύση, το παραγόμενο νερό συλλέγεται και το δοχείο αποσύνθεσης ξεπλένεται καλά με αποσταγμένο νερό. Το νερό που χρησιμοποιείται για την έκπλυση και το παραγόμενο διάλυμα συνδυάζονται και εξετάζονται για την οξύτητά τους. Εάν είναι γνωστή η περιεκτικότητα σε θείο του καυσίμου και η διόρθωση του νιτρικού οξέος, δεν είναι απαραίτητο να αναλυθεί το νερό

5.3.1 Βαθμονόμηση του οργάνου.

Το σύστημα θερμοδόμετρου πρέπει να βαθμονομείται πριν γίνουν ακριβείς μετρήσεις. Αυτό γίνεται με την καύση δισκίων από πιστοποιημένο βενζοϊκό οξύ (βλ. Αξεσουάρ) με γνωστή θερμογόνο δύναμη. Η ποσότητα θερμότητας που απαιτείται για την αύξηση της θερμοκρασίας του συστήματος θερμοδόμετρου κατά ένα Kelvin χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της θερμικής ικανότητας της λεγόμενης "τιμής C" του συστήματος. Για τον υπολογισμό αυτόν ο τύπος (1) (βλέπε σημείο 5.1) προσαρμόζεται:

$$C = (H \cdot m + Q_{ext1} + Q_{ext2}) / DT \quad (2)$$

Αυτή η τιμή χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των παρακάτω θερμοκρασιών τιμών. Η θερμική ισχύς προσδιορίζεται από το δοχείο μέτρησης και το δοχείο αποσύνθεσης (οβίδα). Έχει σημαντική επίδραση στην υπολογισμένη θερμογόνο δύναμη και πρέπει να επαναπροσδιορίζεται ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιείται για πρώτη φορά, μετά από συντήρηση και όταν αντικαθίστανται εξαρτήματα. Συνιστάται μηνιαία μέτρηση ελέγχου. Το σύστημα πρέπει να βαθμονομείται σε κάθε τρόπο εργασίας που χρησιμοποιείται.

Εάν λειτουργεί θερμοδόμετρο με πολλά δοχεία αποσύνθεσης, θα πρέπει να προσδιορίζεται η θερμική ισχύς του συστήματος για κάθε δοχείο αποσύνθεσης (οβίδα). Θα πρέπει να είναι βέβαιο ότι η βαθμονόμηση πραγματοποιείται υπό τις ίδιες συνθήκες με τις επόμενες δοκιμές. Εάν οι ουσίες χρησιμοποιούνται στο δοχείο αποσύνθεσης σε δοκιμές καύσης (π.χ. απεσταγμένο νερό ή διαλύματα), πρέπει να χρησιμοποιούνται ακριβώς η ίδια ποσότητα αυτής της ουσίας για βαθμονόμηση.

6 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

6.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από τη χρήση της βιομάζας

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρησιμοποίηση της βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας είναι τα ακόλουθα:

- Ø Η αποτροπή του φαινομένου του θερμοκηπίου, το οποίο οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) που παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων. Η βιομάζα δεν συνεισφέρει στην αύξηση της συγκέντρωσης του ρύπου αυτού στην ατμόσφαιρα γιατί, ενώ κατά την καύση της παράγεται CO₂, κατά την παραγωγή της και μέσω της φωτοσύνθεσης επαναδεσμεύονται σημαντικές ποσότητες αυτού του ρύπου.
- Ø Η αποφυγή της επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας με το διοξείδιο του θείου (SO₂) που παράγεται κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων και συντελεί στο φαινόμενο της όξινης βροχής. Η περιεκτικότητα της βιομάζας σε θείο είναι πρακτικά αμελητέα.
- Ø Η μείωση της ενεργειακής εξάρτησης, που είναι αποτέλεσμα της εισαγωγής καυσίμων από τρίτες χώρες, με αντίστοιχη εξοικονόμηση συναλλάγματος.
- Ø Η εξασφάλιση εργασίας και η συγκράτηση των αγροτικών πληθυσμών στις παραμεθόριες και τις άλλες γεωργικές περιοχές, συμβάλλει δηλαδή η βιομάζα στην περιφερειακή ανάπτυξη της χώρας.

Τα μειονεκτήματα που συνδέονται με τη χρησιμοποίηση της βιομάζας και αφορούν, ως επί το πλείστον, δυσκολίες στην εκμετάλλευσή της, είναι τα εξής:

- Ø Ο μεγάλος όγκος της και η μεγάλη περιεκτικότητά της σε υγρασία, ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας.
- Ø Η δυσκολία στη συλλογή, μεταποίηση, μεταφορά και αποθήκευσή της, έναντι των ορυκτών καυσίμων.
- Ø Οι δαπανηρότερες εγκαταστάσεις και εξοπλισμός που απαιτούνται για την αξιοποίηση της βιομάζας, σε σχέση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας.
- Ø Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της.

Εξ αιτίας των παραπάνω μειονεκτημάτων και για την πλειοψηφία των εφαρμογών της, το κόστος της βιομάζας παραμένει, συγκριτικά προς το πετρέλαιο, υψηλό. Ήδη, όμως, υπάρχουν εφαρμογές στις οποίες η αξιοποίηση της βιομάζας παρουσιάζει οικονομικά οφέλη. Επιπλέον, το πρόβλημα αυτό βαθμιαία εξαλείφεται, αφ' ενός λόγω της ανόδου των τιμών του πετρελαίου, αφ' ετέρου και σημαντικότερο, λόγω της βελτίωσης και ανάπτυξης των τεχνολογιών αξιοποίησης της βιομάζας. Τέλος, πρέπει κάθε φορά να συνυπολογίζεται το περιβαλλοντικό όφελος, το οποίο, αν και συχνά δεν μπορεί να αποτιμηθεί με οικονομικά μεγέθη, εντούτοις είναι ουσιαστικής σημασίας για την ποιότητα της ζωής και το μέλλον της ανθρωπότητας.

6.2 Οικονομικές επιπτώσεις

Η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα βοηθά την αύξηση του εθνικού εισοδήματος, εφόσον ενθαρρύνει την εκμετάλλευση με αποδοτικό τρόπο των αχρησιμοποίητων ή των υποεκμεταλλεόμενων αποθεμάτων, όπως τα απόβλητα και τα υπολείμματα που μέχρι σήμερα παρέμεναν αχρησιμοποίητα, οι εγκαταλελειμμένες γαίες, η ανεκμετάλλευτη εργασία κ.λπ.

Για τις μικροοικονομικές επιπτώσεις της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας δεν είναι εύκολο να διατυπωθούν γενικοί κανόνες, γιατί το οικονομικό περιβάλλον είναι διαφορετικό σε πολλές χώρες. Πολλά στοιχεία που υπάρχουν είναι ατεκμηρίωτα, ενώ πειραματικές και αρκετές πιλοτικές εγκαταστάσεις λειτουργούν σε διάφορα μέρη του κόσμου, από τις οποίες αργότερα μπορούν να εξαχθούν πολλά συμπεράσματα.

6.3 Κοινωνικές επιπτώσεις

Η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα βοηθά την αύξηση του εθνικού εισοδήματος, εφόσον ενθαρρύνει την εκμετάλλευση με αποδοτικό τρόπο των αχρησιμοποίητων ή των υποεκμεταλλεόμενων αποθεμάτων, όπως τα απόβλητα και τα υπολείμματα που μέχρι σήμερα παρέμειναν αχρησιμοποίητα, οι εγκαταλελειμμένες γαίες, η ανεκμετάλλευτη εργασία κ.λπ. Για τις μικροοικονομικές επιπτώσεις της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας δεν είναι εύκολο να διατυπωθούν γενικοί κανόνες, γιατί το οικονομικό περιβάλλον είναι διαφορετικό σε πολλές χώρες. Πολλά στοιχεία που υπάρχουν είναι ατεκμηρίωτα, ενώ πειραματικές και αρκετές πιλοτικές εγκαταστάσεις λειτουργούν σε διάφορα μέρη του κόσμου, από τις οποίες αργότερα μπορούν να εξαχθούν πολλά συμπεράσματα.

6.4 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Η βιομάζα σε όλες τις εφαρμογές της (παραγωγή ενέργειας, θέρμανση, καύσιμα) συμβάλλει σημαντικά στην προστασία του περιβάλλοντος και τη διαφύλαξη των φυσικών πόρων, ανεξάρτητα αν χρησιμοποιούνται απόβλητα ή ειδικές καλλιέργειες. Όμως, η παραγωγή βιοενέργειας πιθανώς να επιφέρει να ορισμένες αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όπως η όξυνση (acidification), ο ευτροφισμός των υδάτων και το νέφος. Η παραγωγή καλλιεργειών για ενέργεια μπορεί κι αυτή να έχει αρνητικές επιπτώσεις εξαιτίας των χρησιμοποιούμενων συμβατικών γεωργικών μεθόδων. Ωστόσο, πρέπει να δούμε τις επιπτώσεις αυτές σε σχέση με τα οφέλη για το κλίμα και τους φυσικούς πόρους. Η χρήση βιοαερίου, δηλαδή αερίου από αναερόβιες διαδικασίες χώνευσης και αερίου από χωματερές για την παραγωγή ενέργειας παρουσιάζει ιδιαίτερα μεγάλα οφέλη, όχι μόνο για το κλίμα μας, αλλά και για τους αγρότες, οι οποίοι μπορούν να βελτιώσουν την ποιότητα της λάσπης και να μειώσουν τις οσμές.

Κατά τη χρήση της βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας παρουσιάζονται διάφορα προβλήματα, τα οποία είναι διαφορετικά ανάλογα με το είδος της βιομάζας. Παρουσιάζονται επίσης περιβαλλοντικά οφέλη σε σχέση με τη χρησιμοποίηση συμβατικών καυσίμων για παραγωγή ενέργειας. Όταν χρησιμοποιούνται βιομηχανικά απόβλητα για την παραγωγή ενέργειας με αναερόβια χώνευση μειώνεται το ρυπαντικό φορτίο των βιομηχανικών αποβλήτων. Το ίδιο συμβαίνει με τα κτηνοτροφικά απόβλητα. Η ιλύς που παραμένει μετά την χώνευσή τους έχει μικρότερο ρυπαντικό φορτίο από τα αρχικά απόβλητα, καθώς οι πολύπλοκες οργανικές ενώσεις έχουν αποδομηθεί κατά τη διάρκεια της αναερόβιας χώνευσης.

Ταυτόχρονα διαπιστώνεται σημαντική μείωση των δυσοσμίων. Το ίδιο συμβαίνει με την ιλύ των εγκαταστάσεων επεξεργασίας αστικών λυμάτων. Μετά τη χώνευσή της είναι σταθεροποιημένη, καθώς οι πολύπλοκες οργανικές ενώσεις έχουν διασπασθεί σε απλούστερες, και οι δυσοσμίες είναι λιγότερες. Η δημιουργία ενεργειακών φυτειών και η παραγωγή βιοαιθανόλης προκαλεί υγρά απόβλητα δύσκολα επεξεργάσιμα και με υψηλό ρυπαντικό φορτίο. Η χρήση όμως της αιθανόλης σαν καύσιμο δημιουργεί λιγότερους αέριους ρύπους απ'ότι η βενζίνη. Η παραγωγή φυτικών ελαίων όταν γίνεται με έκθλιψη δημιουργεί υγρά απόβλητα. Αντίθετα η εστεροποίηση των τριγλυκεριδίων τους δεν δημιουργεί υγρά απόβλητα.

Συμπερασματικά η χρήση της βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς έχει θετικές αλλά και αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον παρόλα αυτά, είναι απαραίτητη για την σύσταση του ενεργειακού μίγματος της χώρας μας καθώς πρόκειται για μία φυσικής προέλευσης,

ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και έχει σαφώς λιγότερο σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

6.4.1 Αρνητικές Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Οι αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις της καύσης δασικής βιομάζας για παραγωγή θερμικής ενέργειας σχετίζονται με :

- Ø την εκπομπή καυσαερίων και σωματιδίων από την καύση
- Ø τη δημιουργία υπολειμμάτων και τη διαχείριση αυτών
- Ø την όχληση από τη λειτουργία των μηχανών
- Ø την αισθητική υποβάθμιση του τοπίου από τις εγκαταστάσεις του εργοστασίου και τη δημιουργία των απαραίτητων κορμοπλατειών και χώρων αποθήκευσης της βιομάζας.

6.4.2 Εκπομπές αέριων ρύπων

Με την καύση της δασικής βιομάζας απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), διοξείδιο του θείου (SO₂), οξείδια του αζώτου (NO_x) και άλλες ενώσεις.

Διοξείδιο του άνθρακα Αυξημένα ποσοστά διοξειδίου του άνθρακα ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Όμως, αν και η καύση της δασικής βιομάζας εκπέμπει διοξείδιο του άνθρακα δεν αυξάνει τα ποσοστά του στην ατμόσφαιρα. Αυτό συμβαίνει διότι οι ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα που εκλύονται με την καύση της βιομάζας ισοσκελίζονται από ισοδύναμες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα που απορροφήθηκαν από τα φυτά στη διάρκεια της ζωής τους. Επομένως το ισοζύγιο είναι πρακτικά μηδενικό.

Μονοξείδιο του άνθρακα Το μονοξείδιο του άνθρακα σχηματίζεται κατά την ατελή καύση και θα πρέπει να διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα εφόσον:

- Ø •Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι εύφλεκτο αέριο
- Ø .Υψηλές εκπομπές CO έχουν ως αποτέλεσμα χαμηλούς βαθμούς απόδοσης.
- Ø •Το μονοξείδιο του άνθρακα έχει ενοχλητική οσμή.
- Ø •Η έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις CO είναι επικίνδυνη.

Οξείδια του θείου Τα οξείδια του θείου που εκλύονται κατά την καύση της βιομάζας προέρχονται από οξείδωση του θείου. Η παρουσία τους είναι ανεπιθύμητη διότι αυξημένα ποσοστά είναι υπεύθυνα για την όξινη βροχή. Εντούτοις, η δασική βιομάζα έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε οξείδια του θείου συγκρινόμενη με τον άνθρακα και το πετρέλαιο.

Πρακτικά με την καύση της δασικής βιομάζας το συνολικό ποσό των εκπομπών διοξειδίου του θείου είναι πολύ μικρό. Έτσι η καύση του ξύλου δεν απαιτεί εξοπλισμό για την μείωση των εκπομπών του SO₂. Κατά τη δημιουργία της βιομάζας απορροφάται διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα, με συνέπεια τη μείωση της συγκέντρωσής του και τη μείωση της επίτασης του φαινομένου του θερμοκηπίου. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η απορρόφηση CO₂ κατά την ανάπτυξη δασικών φυτειών.

ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΑΝΘΡΑΚΑ ΑΠΟ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΔΑΣΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ

Είδος	Άνθρακας (TN/στρέμμα ετησίως)
-------	----------------------------------

- Ορθολογικής εκμετάλλευσης δάση εύκρατων ζωνών	0,36
- Φυσικές δασώδεις εκτάσεις εύκρατων ζωνών	0,12
- Αγρο-δασικά τροπικά συστήματα	0,10
- Τροπικά δάση ορθολογικής διαχείρισης	0,70
- Τροπικές φυτείες βιομηχανικής εκμετάλλευσης	0,20
- Φυσικές τροπικές δασώδεις εκτάσεις	

Η καύση της βιομάζας συνεπάγεται έκλυση CO₂. Θεωρείται όμως ότι η βιομάζα έχει ουδέτερη επίδραση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, καθώς η έκλυση CO₂ αντισταθμίζεται με την απορρόφησή του κατά τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης για τη δημιουργία ισόποσης βιομάζας. Λόγω του ότι η συγκέντρωση του θείου στη βιομάζα είναι μικρότερη απ' ότι στα ορυκτά καύσιμα, η έκλυση SO₂ κατά την καύση της είναι μικρότερη. Συνεπώς η καύση της βιομάζας έχει μικρότερη επίπτωση στο φαινόμενο της όξινης βροχής απ' ότι τα ορυκτά.

Κατά την καύση της βιομάζας στα περισσότερα συστήματα επιτυγχάνονται χαμηλές αποδόσεις. Έτσι δημιουργούνται σημαντικές θερμικές απώλειες στο περιβάλλον και συνεπώς προκαλείται θερμική ρύπανση. Ταυτόχρονα εκλύονται σωματίδια, CO και πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες. Θετικό στοιχείο στην καύση της βιομάζας είναι το μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και το ότι δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επίσης, η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στη βιομάζα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου (SO₂) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή.

Οξείδια του αζώτου Οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου που παράγονται κατά την καύση δασικής βιομάζας είναι χαμηλές. Τα οξείδια του αζώτου θεωρούνται ότι κατέχουν τη δεύτερη θέση μετά τις ενώσεις του θείου όσον αφορά στη συμβολή τους στη δημιουργία όξινης βροχής. Ο σχηματισμός οξειδίων του αζώτου είναι μια περίπλοκη διαδικασία που εξαρτάται από τις συνθήκες καύσης και η θερμοκρασία. Οι ιδιότητες του καυσίμου, η ύπαρξη οξυγόνου, οι θερμοκρασίες αντίδρασης και κυρίως η θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων είναι πολύ σημαντικές παράμετροι.

Γενικά, οι υψηλές θερμοκρασίες καύσης τείνουν να παράγουν μεγαλύτερες εκπομπές NO_x, εφόσον η αντίδραση του οξυγόνου που βρίσκεται στο θάλαμο καύσης και του αζώτου είναι αναπόφευκτη. Όταν η θερμοκρασία κατά την καύση του ξύλου είναι σχετικά χαμηλή, οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου ανά μονάδα ενέργειας που παράγεται είναι μικρότερες από αυτές ενός συμβατικού καυσίμου.

Εκπομπές σωματιδίων Τα καυσαέρια που προέρχονται από την καύση του ξύλου περιέχουν σωματίδια που λόγω του μικρού τους βάρους παρασύρονται και διαχέονται στην ατμόσφαιρα. Τα σωματίδια αποτελούν τον πιο προφανή αλλά και τον πιο σύνθετο ρυπαντή. Παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία στο μέγεθος, τη χημική σύσταση και το σχήμα τους (αιωρούμενα θεωρούνται αυτά που έχουν διάμετρο μικρότερη από 10 μm, καλούνται δε και εισπνεύσιμα σωματίδια). Τα σωματίδια που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα καλύπτουν μια μεγάλη περιοχή διαμέτρων. Συνήθως χωρίζονται σε κατηγορίες διαμέτρων και σε κάθε κατηγορία διαμέτρων αντιστοιχεί ένα ποσοστό είτε του συνολικού πλήθους των σωματιδίων είτε της συνολικής μάζας που εκπέμπεται. Η επίδραση των σωματιδίων στο αναπνευστικό σύστημα είναι ένα πολύπλοκο πρόβλημα. Ένας λόγος πολυπλοκότητας προκύπτει από τη

μεγάλη ποικιλία των μεγεθών και τύπων των σωματιδίων στον αέρα. Τα σωματίδια διαμέτρου μεγαλύτερης από 7 ως 10 μm.

Πέφτουν στη γη εξαιτίας του βάρους τους. Τα σωματίδια επικάθονται στα φύλλα των φυτών με αποτέλεσμα να μειώνεται η ικανότητα απορρόφησης διοξειδίου του άνθρακα και η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στο εσωτερικό των φύλλων. Τα μικρότερα σωματίδια μένουν αιωρούμενα για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους πριν κατακαθίσουν στο έδαφος ή παρασύρονται από την βροχόπτωση και άλλους μηχανισμούς. Τα σωματίδια με διάμετρο μέχρι 5 μm κατακρατούνται από το ρινικό σύστημα του ανθρώπου. Για την αποφυγή των αιωρούμενων σωματιδίων έχουν σχεδιαστεί ειδικές διατάξεις στις καμινάδες των εργοστασίων (κυκλώνες, σακκόφιλτρα, ηλεκτροστατικά φίλτρα, κ.α.) με τις οποίες είναι δυνατόν να μειωθούν σε μεγάλο ποσοστό οι εν λόγω εκπομπές εφόσον οι βαθμοί απόδοσης των σημερινών φίλτρων είναι της τάξης του 99,9%.

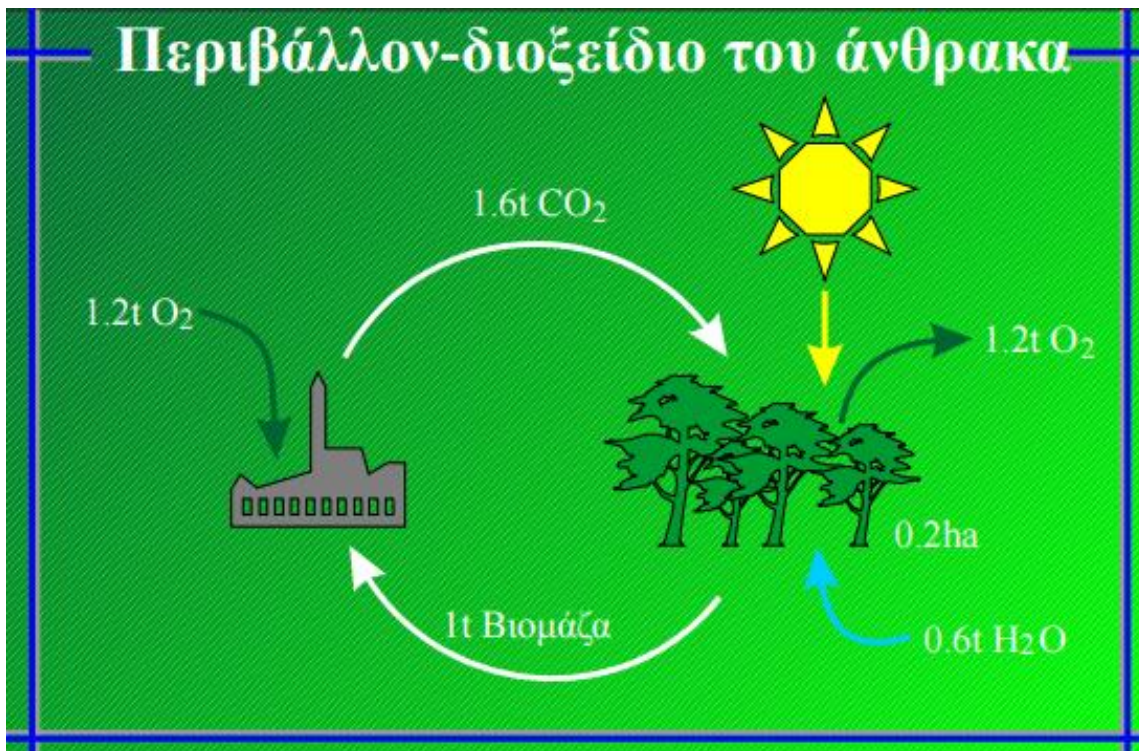
Άλλες εκπομπές Έκτος από τις παραπάνω εκπομπές με την καύση της βιομάζας προκύπτουν και άλλα στοιχεία όπως πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες, διοξίνες, υδροχλώριο, κλπ. Οι πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες είναι αποτέλεσμα ατελούς καύσης και μερικοί από αυτούς είναι τοξικοί. Το υδροχλώριο μπορεί να προκαλέσει βλάβες όχι μόνο στη χλωρίδα της περιοχής, αλλά και στις εγκαταστάσεις. Η ποσότητα των εκπομπών του υδροχλωρίου έχει άμεση σχέση με την ποιότητα της βιομάζας, τις συνθήκες καύσης και τη διαδικασία καθαρισμού των καυσαερίων.

Τέφρα Από την καύση του ξύλου προκύπτει ένα μικρό ποσοστό τέφρας (0,5-1% του βάρους του ξύλου) το οποίο προέρχεται από τα ανόργανα συστατικά του ξύλου και από ξένα συσσωματώματα (πέτρες, χώμα). Το ποσοστό τέφρας είναι ελεγχόμενο μέσω συσκευών ελέγχου. Η τέφρα μπορεί να έχει ποικίλες εφαρμογές, όπως:

- χρήση ως λίπασμα
- διασκορπισμός στο δάσος των συστατικών του εδάφους που απομακρύνθηκαν με τη συγκομιδή της δασικής βιομάζας για αναπλήρωση των θρεπτικών συστατικών
- χρήση στην τσιμεντοβιομηχανία για παραγωγή τσιμέντου

6.5 Ηχορύπανση

Η ηχορύπανση προέρχεται κυρίως από τα βαρέα οχήματα μεταφοράς βιομάζας, τη λειτουργία των μηχανημάτων φορτοεκφόρτωσης της βιομάζας στο σταθμό παραγωγής ενέργειας και από τη λειτουργία του λέβητα. Για την αποφυγή τέτοιων οχλήσεων, η Ευρωπαϊκή Ένωση συνιστά την αποφυγή κατασκευής των σταθμών εντός κατοικημένων περιοχών και τη μόνωση των εστιών παραγωγής θορύβου εντός των σταθμών. Επίσης, τα βαρέα οχήματα επιβάλλεται να είναι συντηρημένα επαρκώς για αποφυγή καυσαερίων πέραν των επιτρεπτών ορίων και διατήρηση του θορύβου λειτουργίας τους σε χαμηλά επίπεδα.



Εικόνα 50: Ο κύκλος του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα[6]

6.6 Αντιδρασεις στη χρήση της βιομάζας

Αρκετοί είναι αυτοί που ανησυχούν με την εξάπλωση της βιομάζας τόσο για τις επιπτώσεις στο περιβάλλον όσο και για τον χώρο της γεωργίας. Αρχικά, η εξάπλωση της βιομάζας και η μετατροπή των συμβατικών καλλιεργειών σε καλλιέργειες ενεργειακών φυτών θα φέρουν μεγάλες αλλαγές στον παγκόσμιο χάρτη της γεωργίας. Οι ενεργειακές καλλιέργειες περιέχουν και φυτά που θεωρούνται διατροφικά όπως το ζαχαρότευτλο, το σιτάρι και το καλαμπόκι. Έτσι λοιπόν, άμεσα επηρεάζονται οι βιομηχανίες τροφίμων διότι μεγάλη μερίδα των παραπάνω πρώτων υλών, πλέον θα απορροφούνται ως πρώτη ύλη βιομάζας.

Αναλυτικότερα έρευνες, επισημαίνουν ότι η αυξημένη παραγωγή βιομάζας φυτικής προέλευσης θα οδηγήσει σε αύξηση των τιμών παραγωγού συνολικά για τα αγροτικά προϊόντα, αλλά και των τιμών του καταναλωτή για διατροφικά είδη, με πιθανές ακόμη και ελλείψεις τροφών στο άμεσο μέλλον. Και αυτό, γιατί ολοένα και περισσότερα τεύτλα (ή ζαχαροκάλαμα), καλαμπόκια και σιτάρια θα κατευθύνονται σε μονάδες παραγωγής βιοκαυσίμων και όχι στη βιομηχανία τροφίμων. Έτσι, θα προκληθεί μείωση παραγωγής για διατροφικά αγροτικά προϊόντα, με συνέπεια την αύξηση των τιμών τους, που θα μετακυλήσει και στους καταναλωτές. Με άλλα λόγια, οι μεγάλες βιομηχανίες τροφίμων θα έχουν περισσότερο πρόβλημα να εξασφαλίσουν πρώτες ύλες για τα προϊόντα τους και ενδεχομένους αναγκαστούν να προσφέρουν υψηλότερες τιμές στους παραγωγούς, που πλέον θα έχουν την εναλλακτική της βιομάζας για να ενισχύσουν το διαπραγματευτικό τους πλεονέκτημα. Το σίγουρο είναι ότι διεθνώς πλέον τα ενεργειακά φυτά φαντάζουν ως την καλύτερη εναλλακτική ττηγή εισοδήματος για τους αγρότες και σίγουρα θα επηρεάσουν συνολικά τον αγροτικό τομέα, από τις εισροές και των εξοπλισμό, μέχρι την τυποποίηση-συσσκευασία και τη εμπορία των τελικών προϊόντων.

Επιπλέον, ο στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης (το 10% των καύσιμων να προέρχονται από βιοκαύσιμα έως το 2010), σύμφωνα με τους οικολόγους, θα έχει ως αποτέλεσμα την αποδάσωση και την απώλεια της βιοποικιλίας και συγχρόνως θα ενισχύσει τις τοπικές διενέξεις για την χρήση των εδαφών. Χαρακτηριστικά αναφέρετε: «Θα χρειάζονταν δύο πλανήτες για να γεμίσουν και τα στομάχια και τα ρεζερβουάρ, και να διατηρηθεί και η βιοποικιλία στο μέλλον.» Από την άλλη πλευρά, έχουν ήδη ξεκινήσει οι καταστροφές στα δάση της Νοτιοανατολικής Ασίας. Στην Ινδονησία και στη Μαλαισία τα δάση ήδη εξαφανίζονται για να μείνει χώρος για φυτείες φοινικόδεντρων. Η απώλεια της βιοποικιλότητας είναι τεράστια και πολύτιμοι απορροφητήρες του διοξειδίου του άνθρακα καταργούνται. Σύμφωνα με μια έκθεση του Ο.Η.Ε., το 98% των τροπικών δασών της Ινδονησίας θα καταστραφεί έως το 2022. Πριν από πέντε χρόνια, οι ίδιες υπηρεσίες προέβλεπαν ότι η καταστροφή θα επέλθει το 2032. Αλλά υπολόγιζαν χωρίς την παραγωγή φοινικέλαιου για βιοκαύσιμα με προορισμό την ευρωπαϊκή αγορά. Παράλληλα, η γεωργία απορροφά το 80% του Παγκόσμιου υδατικού δυναμικού (86% στην Ελλάδα). Δυστυχώς τα ενεργειακά φυτά είναι εξόχως υδροχαρή, που να μεν ο Ευρωπαϊκός βορράς τα φυτεύει σε υποβαθμισμένους βάλτους και εξευγενίζει το τοπίο, στη χώρα μας όμως (π.χ. Θεσσαλία) θα πρέπει να διπλασιαστεί η προβληματική υδατική εκμετάλλευση. Έτσι, μια "οικολογική προοπτική", καταλήγει αντίοικολογική, αν προσθέσουμε και τα φυτοφάρμακα, τα καύσιμα των μηχανημάτων κλπ. Θυμίζουμε ότι οι προοπτικές δείχνουν, ότι το νερό θα είναι η αιτία του επόμενου μεγάλου πολέμου της ανθρωπότητας της αλαζονείας, της αντιπαλότητας και του ανταγωνισμού. Ήδη το νερό κοστίζει περισσότερο από το πετρέλαιο και βρίσκεται και σε έλλειψη. Πιθανή απόπειρα αφαλάτωσης (γίνεται ήδη σε πολλά ελληνικά νησιά) κοστίζει εξαιρετικά ακριβά.

7 ΔΙΑΤΑΞΗ ΕΚΠΥΡΗΝΩΤΗ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα περιγραφεί η κατασκευή και η λειτουργία της διάταξης του ελαιουργικού εκπυρηνωτή που ως σκοπό έχει την παραγωγή βιοκαυσίμου (κουκούτσι ελιάς).



Εικόνα 51: Αρχικό στάδιο κατασκευής.

Στην παραπάνω Εικ.47 φαίνονται τα αρχικά στάδια κατασκευής της μονάδας. Αρχικά κατασκευάστηκε η βάση στήριξης του μηχανήματος από κιλοδοκό υπερενισχυμένο διαστάσεων $100 \times 100 \text{ cm}^2$, πάχους 6mm. Στη συνέχεια αρχίζει η κατασκευή του κυρίως μηχανήματος με την εφαρμογή των δύο πλευρών πάνω στις οποίες θα στηριχθεί αρχικά η στεφάνη και στη συνέχεια το διάτρητο τύμπανο του μηχανήματος. Στην πλευρά αυτή όπως φαίνεται παραπάνω έχει γίνει διάτρηση οπής κατάλληλη ώστε να την διαπεράσει η άτρακτος του εκπυρηνωτή και έχει κατασκευαστεί η βάση στήριξης του εδράνου κύλισης (ρουλεμάν). Επίσης διακρίνεται η περιοχή εισαγωγής της πρώτης ύλης προς επεξεργασία.



Εικόνα 52: Εξωτερική όψη της πλευράς του εκπυρηνωτή.

Στην Εικ.48 παρατηρείται η χοάνη εισαγωγής της πρώτης ύλης από την οποία το προς επεξεργασία υλικό εισάγεται μέσω της βαρύτητας. Κάτω από τη χοάνη διακρίνεται το φλατζωτό έδρανο κύλισης με κωδική ονομασία (F213) που περιλαμβάνει τα γεωμετρικά

χαρακτηριστικά του κομματιού. Επίσης στα δεξιά διακρίνεται η δεύτερη πλευρά του προς κατασκευή εκπυρηνωτή (στεφάνη πάνω στη μεταλλική βάση).



Εικόνα 53: Αρχικά στάδια κατασκευής του τυμπάνου.

Στην Εικ 49 φαίνεται η κατεργασία της λαμαρίνας μορφοποιημένη σε κύλινδρο. Η διάτρητη λαμαρίνα η οποία κατεργάστηκε είναι πάχους 4mm με διάμετρο οπών 4mm και με κέντρα οπών 6mm. Στη συνέχεια συγκολλήθηκε η λαμαρίνα στη βάση στήριξης ώστε να γίνει ενιαία η κατασκευή. Η συγκόλληση επετεύχθει με τη μέθοδο της κόλλησης argon. Ακολούθως έγινε η εφαρμογή της μιας πλευράς του κυρίως τυμπάνου με σκοπό το ταίριασμα αυτής με τις δύο πλευρές του εκπυρηνωτή.



Εικόνα 54: Προχωρημένο στάδιο κατασκευής

Στην Εικ.50 γίνεται η εφαρμογή και των δυο πλευρών του τυμπάνου ώστε τα δύο αποσπώμενα τμήματα να γίνονται ενιαία.



Εικόνα 55: Κατασκευή ενισχύσεων έδρασης διάτρητης λαμαρίνας - τυμπάνου.

Στην Εικ. 51 φαίνεται η κατασκευή ενισχύσεων με λάμες 1.2mm περιφερειακά της λαμαρίνας με σκοπό την ενίσχυση αυτής για την αποφυγή αστοχίας κατά τη λειτουργία. Για τη σταθερότητα της όλης διάταξης έχει εφαρμοστεί μεταλλικός λώμενος σύνδεσμος ο οποίος τοποθετείται στην άνω πλευρά του εκπυρηνωτή – η κάτω πλευρά παραμένει σε επαφή με τη βάση στήριξης (συγκόλληση) όπως έχει αναφερθεί παραπάνω.



Εικόνα 56: Δοκιμή εφαρμογής της ατράκτου.

Στην Εικ. 52 φαίνεται η διαδικασία δοκιμής εφαρμογής της ατράκτου. Φαίνεται το έδρανο κύλισης τύπου Ωμέγα. Στη συνέχεια κατασκευάστηκε η βάση στήριξης του εδράνου κύλισης με σκοπό την ευθυγράμμιση – κεντράρισμα με το δεύτερο ρουλεμάν που βρίσκεται στην απέναντι πλευρά του μηχανήματος. Φαίνεται επίσης η κατασκευή εξόδου του καθαρού προϊόντος.



Εικόνα 57: Τελικό στάδιο κατασκευής της άτρακτου.

Στην Εικ. 53 φαίνεται η τελική μορφή του περιστρεφόμενου τυμπάνου. Διακρίνεται η κύρια άτρακτος η οποία έχει διαστάσεις $\Phi 70$ και το υλικό κατασκευής της είναι INOX 316. Πάνω στην άτρακτο έχει γίνει εφαρμογή κατάλληλων διαμορφώσεων ώστε να επιτευχθεί η ολοκλήρωση της κατασκευής με κατάλληλες λάμες και στηρίξεις. Η άτρακτος αυτή κατά την περιστροφή της διαχειρίζεται το υλικό προς επεξεργασία ωθώντας φυγοκεντρικά το φλοιό με την υγρασία της κατεργασμένης ελιάς προς τα εξωτερικά τοιχώματα του σταθερού τυμπάνου – διάτρητης λαμαρίνας και προωθώντας το καθαρό πλέον υλικό (κουκούτσι) προς την έξοδο της διάταξης. Αυτό επιτυγχάνεται με την κατάλληλη ρύθμιση αναφορικά με την κλίση που έχουν οι λάμες του τυμπάνου η οποία της τάξης λίγων μοιρών (3-4).



Εικόνα 58: Η διάταξη ολοκληρωμένη - σε λειτουργία.

Στην Εικ.54 φαίνεται η όλη διάταξη του εκπυρηνωτή σε λειτουργία. Για την ορθή λειτουργία του εκπυρηνωτή σύμφωνα με τις απαιτήσεις, τοποθετήθηκε ηλεκτρικός κινητήρας ισχύος 40HP (SIEMENS) 1480rpm ο οποίος μεταφέρει την κίνηση στην άτρακτο μέσω ενός κόμπλερ (μετάδοση 1:1). Κατά την έξοδο του καθαρού προϊόντος – κουκούτσι, το υλικό οδηγείται σε σιλό αποθήκευσης με την βοήθεια φυσητήρα ο οποίος όχι μόνο μεταφέρει το υλικό αλλά βοηθά και στην καλύτερη ξήρανση του τελικού προϊόντος.

8 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

8.1 Προοπτικές της βιομάζας

Σύμφωνα με τα διάφορα σενάρια, τα αποθέματα των συμβατικών πηγών ενέργειας (πετρελαίου, άνθρακα κ.α.) πλησιάζουν στην εξάντλησή τους, ενώ και οι διαθέσιμες ποσότητες των πυρηνικών καυσίμων είναι οπωσδήποτε περιορισμένες, πέραν του ότι η χρήση τους εγκυμονεί τεράστιους κινδύνους. Στο ενδιάμεσο διάστημα, μέχρι δηλαδή να εξαντληθούν τα γνωστά αποθέματα καυσίμων υλών, προβλέπεται ο διπλασιασμός των κατοίκων του πλανήτη και ο πολλαπλασιασμός των ενεργειακών τους αναγκών.

Τα κοιτάσματα ορυκτών καυσίμων, στερεών, υγρών και αέριων, που προήλθαν από το φυτικό κόσμο, ο οποίος χρειάστηκε πολλές χιλιετίες για να δημιουργηθεί με τη φωτοσύνθεση, εξορύσσονται με ξέφρενους ρυθμούς και καίγονται. Το αποτέλεσμα είναι, μέσα σε διάστημα δύο μόνο αιώνων, να κοντεύει να εξαντληθεί το προϊόν του μακροχρόνιου έργου της φύσης, καθώς επίσης να έχει ήδη επιβαρυνθεί σοβαρά το περιβάλλον. Το τελευταίο αυτό γεγονός εγκυμονεί τεράστιους οικολογικούς κινδύνους για τον πλανήτη (φαινόμενο θερμοκηπίου, όξινη βροχή κ.λ.π.). Επιδίωξη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.) είναι οι εκπομπές CO₂ των χωρών μελών της να έχουν σταθεροποιηθεί το έτος 2000 στα επίπεδα του 1990, με περαιτέρω στόχο τη μείωσή τους μέχρι το 2010. Υπάρχουν δε σχέδια για την επιβολή φορολογίας CO₂, η οποία θα είναι ανάλογη των εκπομπών ρύπων που προκαλεί η κατανάλωση ενέργειας από το βιομηχανικό τομέα. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι οποίες δεν εμφανίζουν τον κίνδυνο εξάντλησής τους και είναι φιλικές προς το περιβάλλον, προβάλλουν σήμερα ως η μόνη ελπίδα, η οποία διαγράφεται στο ζοφερό ενεργειακό και περιβαλλοντικό ορίζοντα του πλανήτη.

Αξίζει επίσης να αναφερθεί ότι, η συμφωνία της GATT και η από αυτήν απορρέουσα νέα Κοινή Αγροτική Πολιτική (Κ.Α.Π.) της Ε.Ε. θα δημιουργήσουν σοβαρότατα προβλήματα διάθεσης των αγροτικών προϊόντων που προορίζονται για διατροφή και παραγωγή βιομηχανικών πρώτων υλών. Σύμφωνα με τις προβλέψεις, 150 εκατομμύρια στρέμματα γόνιμων και άλλα τόσα στρέμματα περιθωριακών εκτάσεων είναι πιθανό να περιέλθουν σε αγρανάπωση, εκτός εάν οι εκτάσεις αυτές χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας. Για το λόγο αυτό, η Ε.Ε. δαπανά τεράστια ποσά στην έρευνα για την αξιοποίηση της βιομάζας και την ανάπτυξη των βιοκαυσίμων στις περιθωριοποιούμενες εκτάσεις. Ο στόχος, τέλος, της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όσον αφορά το έτος 2020, είναι να γίνουν εκείνα τα βήματα που θα επιτρέψουν να καλυφθεί από ανανεώσιμες πηγές το 18% των ενεργειακών αναγκών των χωρών-μελών της, με προβλεπόμενη ενισχυμένη συμμετοχή της βιομάζας στην προσπάθεια αυτή.

Όλες οι εκπομπές των εργοστασίων WtE διατηρούνται σε εξαιρετικά χαμηλά επίπεδα από τα συστήματα αντιρρύπανσης και ελέγχονται συνεχώς, ενώ δεν υπάρχουν διαρροές στο υπέδαφος ούτε μετακύλιση της περιβαλλοντικής και υγειονομικής επιβάρυνσης στις επόμενες γενιές όπως στους ΧΥΤΑ. Επιπλέον, το μεγαλύτερο τμήμα της τέφρας που προκύπτει από την θερμική επεξεργασία (τέφρα πυθμένα) μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κατασκευαστικά έργα (εφόσον θεωρείται αδρανές/σταθεροποιημένο υλικό το οποίο σήμερα χρησιμοποιείται σε κατασκευές δρόμων και πεζοδρομίων, δομικό υλικό κ.λ.π.), και το υπόλοιπο πολύ μικρό ποσοστό (ιπτάμενη τέφρα) να ενταφιαστεί (μετά από φυσικοχημική σταθεροποίηση-στερεοποίηση) σε Χ.Υ.Τ.Υ. (Χώρο Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων), συνεισφέροντας με τον πιο αποδοτικό τρόπο και στην υλοποίηση της πολιτικής μηδενικών αποβλήτων (ZeroWaste). Οι προκύπτουσες, κατά την θερμική επεξεργασία, εκπομπές τοξικών

συστατικών (διοξίνες, φουράνια, βαρέα μέταλλα, κ.λπ.), ελέγχονται πλήρως από τα υπερσύγχρονα συστήματα χημικού καθαρισμού των απαερίων, σε επίπεδα αρκετά χαμηλότερα από τα όρια των Οδηγιών της Ε.Ε. (ενδεικτικά οι διοξίνες στις Ευρωπαϊκές WTE μονάδες ανέρχονται σε ποσοστό 1-10% των ορίων της Οδηγίας 2000/76/Ε.Ε.). Όσον αφορά τις διοξίνες ενδεικτικά αναφέρονται τα παρακάτω στοιχεία:

Στην Ευρώπη η συνεισφορά των εγκαταστάσεων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ σε διοξίνες είναι λιγότερο από 1% της συνολικής παραγωγής διοξινών από όλες τις βιομηχανικές και μη δραστηριότητες. Στη Γερμανία από τη λειτουργία 72 μονάδων το 2005 η συνολική ποσότητα διοξινών είναι μόλις 0,5 γρ. (0,7% της ολικής παραγωγής διοξινών της χώρας) σύμφωνα με το Γερμανικό Υπουργείο Περιβάλλοντος. Σύμφωνα με νεώτερα δε στοιχεία στην περιοχή της Θεσσαλονίκης, η ανεξέλεγκτη φωτιά από τον ΧΥΤΑ της Θεσσαλονίκης, στους Ταγαράδες, το καλοκαίρι του 2006 παρήγαγε 3 γραμμάρια τοξικών διοξινών κάθε μέρα. Συγκριτικά, 88 εργοστάσια ενεργειακής αξιοποίησης απορριμμάτων της Αμερικής (Waste to Energy/WTE), τα οποία χειρίζονται τριάντα εκατομμύρια τόνους (30.000.000 ton.) ΑΣΑ , παράγουν λιγότερο από δέκα γραμμάρια διοξινών συνολικά σε 365 ημέρες.

Όσον αφορά τη διαχείριση απορριμμάτων, η Ελλάδα έχει την ευκαιρία να μεταβάλλει την θέση της στην Ευρωπαϊκή Ένωση και να προωθηθεί από την προτελευταία θέση στην ιεράρχηση των εφαρμοζόμενων τεχνικών που είναι τώρα, μεταξύ των πρώτων. Η λειτουργία 90 οποιουδήποτε νέου ΧΥΤΑ πλέον αποτελεί προσωρινή λύση μέχρι την κατασκευή υπερσύγχρονων μονάδων θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων με ταυτόχρονη παραγωγή ενέργειας / WTE. Όπως αναφέρθηκε, η ανακύκλωση αποτελεί αποτελεσματική μέθοδο μόνο όταν γίνεται σε συνδυασμό με τη διαλογή απορριμμάτων στην πηγή, ενώ από τις πρακτικές που εφαρμόζονται στις χώρες της ΕΕ, η ενεργειακή αξιοποίηση μπορεί να συνδυαστεί άμεσα με την ανακύκλωση των απορριμμάτων. Η τεχνολογία της θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ με ταυτόχρονη παραγωγή ενέργειας, σε συνεργασία με την ανακύκλωση στην πηγή, αποτελεί την πλέον ορθολογική και μόνη ολοκληρωμένη και δοκιμασμένη τελική λύση διαχείρισης απορριμμάτων, με εφαρμογή σε 800 μονάδες παγκοσμίως, σε χώρες με τα υψηλότερα ποσοστά ανακύκλωσης (Ελβετία, Σουηδία, Ολλανδία, Βέλγιο, Δανία, Γαλλία, Γερμανία, Αυστρία, κ.α., χώρες δηλαδή με ιδιαίτερη περιβαλλοντική ευαισθησία). Επιπλέον, μια σύγχρονη μονάδα WTE μειώνει την εξάρτηση από την εξόρυξη άνθρακα ή τις εισαγωγές πετρελαίου. Αυτή τη στιγμή, τριάντα εκατομμύρια μετρικοί τόνοι ΔΣΑ αποτεφρώνονται ετησίως στις αμερικανικές εγκαταστάσεις, παράγοντας έτσι είκοσι δισεκατομμύρια kWh. Αυτό είναι ισοδύναμο με μια αποταμίευση σχεδόν σαράντα εκατομμυρίων βαρελιών πετρελαίου ετησίως. Παράλληλα, οι σύγχρονες εγκαταστάσεις WTE μπορούν να ανακτήσουν τα περισσότερα από τα σιδηρούχα μέταλλα που περιέχονται στα ΑΣΑ και μερικά από τα μη σιδηρούχα μέταλλα, ενώ εκπέμπουν λιγότερο από 15 γραμμάρια TEQ διοξινών και φουρανίων ετησίως. Τέτοιες εκπομπές έχουν μειωθεί δραστικά την τελευταία δεκαετία λόγω της εγκατάστασης συστημάτων ελέγχου απαερίων, που υπερτερούν των περισσότερων εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας με καύση άνθρακα. Συνοψίζοντας, γίνεται φάνερο ότι η αποτέφρωση σύμμεικτων απορριμμάτων με ταυτόχρονη παραγωγή ενέργειας και ανάκτηση μετάλλων είναι, σε συνεργασία με την ανακύκλωση στην πηγή, μια εναλλακτική τελική (και όχι προσωρινή) λύση διαχείρισης έναντι της ταφής και όλων των άλλων μεθόδων επεξεργασίας που παράγουν ενδιάμεσα δευτερογενή καύσιμα και κομπόστ χωρίς καμία εμπορική αξία. Επιπλέον, η συνεισφορά από την εφαρμογή μιας τέτοιας μεθόδου στο ενεργειακό ισοζύγιο μιας περιοχής είναι αρκετά σημαντική και απαραίτητη, ειδικά σε περιόδους αιχμής, με το πλεονέκτημα ότι η ενέργεια αυτή παράγεται από μια Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας (Α.Π.Ε.), τα απορρίμματα.

8.2 Συμπεράσματα

Σήμερα, παρατηρείται παγκοσμίως μια τάση για πιο «καθαρές» και «πράσινες», μικρότερες και πιο αποκεντρωμένες εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας. Η στροφή προς τη χρήση βιοκαυσίμων είναι πλέον πραγματικότητα. Η χρήση όμως των βιοκαυσίμων συνδέεται άμεσα αλλά και εξαρτάται από την προμήθεια των απαραίτητων πρώτων υλών. Η πραγματική πρόκληση όμως από εδώ και πέρα θα είναι η αξιοποίηση των νέων ευνοϊκών συνθηκών που έχουν διαμορφωθεί προς όφελος της ελληνικής γεωργίας και της εγχώριας παράγωγής η οποία αναμένεται και πρέπει να παίξει καθοριστικό ρόλο στην παραγωγή των πρώτων υλών με τις καλλιέργειες ενεργειακών φυτών. Με τη νέα Κοινή Αγροτική Πολιτική και χάρη στις μεγάλες δυνατότητες για υψηλές στρεμματικές αποδόσεις ενεργειακής βιομάζας στην Ελλάδα, οι Έλληνες αγρότες μπορούν να βρουν μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική καλλιέργεια μέσα από την προοπτική παραγωγής βιοκαυσίμων.

Η δυνατότητα υλοποίησης και η βιωσιμότητα οποιουδήποτε έργου ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας εξαρτώνται, κατά πρώτον, από τα είδη βιομάζας (κλαδοδέματα, άχυρο, υπολείμματα υλοτομιών, ελαιοπυρήνας, κλπ), τη διαθεσιμότητα τους και τη δυνατότητα πρόσβασης στις απαιτούμενες ποσότητες (τεχνικά διαθέσιμο δυναμικό βιομάζας) σε τοπικό επίπεδο και στην εξασφάλιση της (συλλογή, μεταφορά, πιθανή προεργασία) σε προσιτές τιμές (τεχνικά και οικονομικά διαθέσιμο δυναμικό βιομάζας). Με δεδομένο ότι η βιομάζα έχει τοπικό χαρακτήρα, οι εκτιμήσεις για το τεχνικά και οικονομικά διαθέσιμο δυναμικό πρέπει να αναφέρονται σε τοπικό επίπεδο, στο οποίο είναι γνωστά οι χρήσεις γης και τα καλλιεργούμενα είδη, και μπορούν να εκτιμηθούν με περισσότερη σαφήνεια οι αναμενόμενες διαθέσιμες ποσότητες υπολειμμάτων, οι αποδόσεις των ενεργειακών καλλιεργειών και τα σχετικά έσοδα των παραγωγών.

Οι ξηροθερμικές και άγονες συνθήκες καθώς και το ευαίσθητο περιβάλλον του γεωργικού τομέα στην Ελλάδα καθιστά δύσκολη την αξιοποίηση της βιομάζας σε μεγάλη κλίμακα. Ωστόσο το δυναμικό της παραγωγής ενέργειας από βιομάζα είναι αρκετά ενθαρρυντικό. Απαιτείται συνδυασμός των υπολειμματικών μορφών βιομάζας και των ενεργειακών καλλιεργειών για ασφαλή τροφοδοσία των μονάδων μετατροπής, τόσο από τεχνικής όσο και από οικονομικής παραγωγής, καθώς η διασπορά της βιομάζας στην χώρα αλλά και η εποχικότητα της παραγωγής της είναι μεγάλη.

Τα μέχρι στιγμής αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι τα βιοκαύσιμα αποτελούν μια διέξοδο που θα δώσει λύση σε πολλά ενεργειακά προβλήματα ιδιαίτερα της χώρας μας που παρουσιάζει έντονη εξάρτηση από τις πετρελαιοπαραγωγές χώρες. Ταυτόχρονα η καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης απέδειξε ότι τόσο τα δασικά υπολείμματα που μένουν στο δάσος, όχι μόνο δεν αξιοποιούνται αλλά ταυτόχρονα δημιουργούν πολύ συχνά πρόσθετους κινδύνους για την ανάφλεξη τους και την πρόκληση πυρκαγιάς στο δάσος. Από την άλλη πλευρά τα γεωργικά υπολείμματα των φυτών που κατά κύριο λόγο αποξυλώνονται ώστε να έχουν και μειωμένη υγρασία παρουσιάζονται με μεγάλες ποσότητες που τελικά παραμένουν στο χωράφι και δημιουργούν επίσης προβλήματα κατά κύριο λόγο στην άροση του χωραφιού. Ταυτόχρονα τα υπολείμματα αυτά είναι από ότι αποδείχθηκε και κατά τη διάρκεια της μελέτης αυτής εύκολη και με μικρό κόστος η συλλογή τους.

Οι περισσότεροι θεωρούν ότι, η χρήση της βιομάζας ως καύσιμη ύλη συμβάλλει με μεγάλο ποσοστό στην προστασία του περιβάλλοντος, αλλά και στην εξοικονόμηση χρημάτων σε κάθε νοικοκυριό ή επιχείρηση. Υπάρχει έντονο ενδιαφέρον για άμεση προσωπική χρήση και

εφαρμογή βιομάζας για τη θέρμανση των οικιών ή των επαγγελματικών χώρων. Η μη ύπαρξη ισχυρών οικονομικών κινήτρων αποτελεί το σημαντικότερο παράγοντα άρνησης για την χρήση βιομάζας με κυριότερους τους: κατασκευή ιδιαίτερου αποθηκευτικού χώρου μεγάλης επιφάνειας, την απόδοση του νέου καυσίμου και συστήματος, η γνώση της εμπειρίας χρήσης άλλων καταναλωτών, και την τροφοδοσία της βιομάζας.

Συμπερασματικά λοιπόν η βιομάζα ως πράσινη μορφή ενέργειας, συνάδει με τους στόχους της Ευρωπαϊκής Κοινότητας για την αειφόρο- πράσινη ανάπτυξη. Στόχος όλων εμάς, των νέων μηχανικών πρέπει να είναι η ενεργειακή ανάπτυξη αλλά όχι σε βάρος των επόμενων γενεών.

9 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Μπριντάκης Χ. 2013, «Καταγραφή ελαιουργείων Βιάννου, των τεχνολογιών που εφαρμόζουν και των μεθόδων απόρριψης των αποβλήτων τους», Διπλωματική Εργασία ΤΕΙ Κρήτης, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τμήμα Ηλεκτρολογίας,
- Δέλγας Δ., Βαρβούνης Δ., 2017, «Τεχνική περιγραφή και υπολογισμός σύγχρονου ελαιοτριβείου», Διπλωματική Εργασία ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας,
- Alhojärvi Pekka, 2001. Some Prospects on Utilization of Wood Wastes. Woody Biomass as an Energy Source – Challenges in Europe. Joensuu 2000, Finland. EFI Proceedings No.39, 2001., ανακτήθηκε την 11/10/2016
- Γραμμέλης, Π., Καραμπίνης, Ε., Αγρανιώτης, Μ., Κακαράς, Ε., 2010. Ιδιότητες Στερεών Βιοκαυσίμων και Τυποποίησή τους. Ecoforum: Θέρμανση από βιομάζα. Τάσεις και προοπτικές. 3^η Διεθνής Έκθεση ECOTECH. Αθήνα, 22 Απριλίου 2010., ανακτήθηκε την 11/10/2016
- ENERGON, 2010. (<http://www.en-ergon.com/site/el/services/heating>), ανακτήθηκε την 11/10/2016
- Hakkila, P., 2001. Wood Energy in the Nordic Countries. Woody Biomass as an Energy Source – Challenges in Europe. Joensuu 2000, Finland. EFI proceedings 2010 No.39, p.7-19., ανακτήθηκε την 11/10/2016
1. <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=vBWJVY3FdTk%3d&tabid=37>, ανακτήθηκε την 11/10/2016
 2. http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf, ανακτήθηκε την 11/10/2016
 3. <http://physics4u.gr/>, ανακτήθηκε την 11/10/2016
 4. <https://el.wikipedia.org/>, ανακτήθηκε την 11/10/2016
 5. <http://www.ee.teihal.gr/>, ανακτήθηκε την 11/10/2016
 6. <http://physics4u.gr/>, ανακτήθηκε την 11/10/2016
 7. <http://www.agroenergy.gr/>, ανακτήθηκε την 11/10/2016
 8. <http://www.ethnos.gr/>, ανακτήθηκε την 11/10/2016
 9. <http://www.newsbomb.gr/>, ανακτήθηκε την 11/10/2016
 10. <http://www.biofuels.gr/>, ανακτήθηκε την 11/10/2016
 11. <http://library.certh.gr/libfiles/PDF/EKETA-CD-88-ENERGEIAKES-KALLIERGEIES-by-MYRSINH-CHRISTOU-at-BIOKAVSIMA-DIHMERIDA-3-4-NOV-2006-TEE-TKM-PP-11-Y-2006.pdf>, ανακτήθηκε την 11/10/2016
 12. <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=G3A0b8ZdmNA%3D&tabid=546&>, ανακτήθηκε την 11/10/2016
 13. <http://www.easy2find.gr/>, ανακτήθηκε την 11/10/2016
 14. <http://www.agroenergy.gr/>, ανακτήθηκε την 11/10/2016
 15. <http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/stef/hle/2012/PantelakiVasiliki/attached-document-1337072505-75761-32765/Pantelaki2012.pdf>, ανακτήθηκε την 11/10/2016
 16. <http://www.kathimerini.gr/852754/article/epikairothta/ellada/ellhnikh-kalliergeia-sth-zampia>, ανακτήθηκε την 11/10/2016
 17. <http://www.karouzos.gr/index-3-3.php>, ανακτήθηκε την 11/10/2016
 18. <http://digilib.teiemi.gr/jspui/bitstream/123456789/5032/1/STEF832009.pdf>, ανακτήθηκε την 11/10/2016
 19. <http://docplayer.gr/12595653-Ptyhiaki-ergasia-epexegasias-viomazas-ioannis-oyroyntakis.html>, ανακτήθηκε την 11/10/2016
 20. http://www.wfdt.teilar.gr/15_th_Panhellenic_Forestry_CONFERENCE/Presentations/Kamperidou.pdf, ανακτήθηκε την 11/10/2016

21. http://bioenergynews.blogspot.gr/2008/08/blog-post_03.html, ανακτήθηκε την 11/10/2016
22. <http://biomassmagazine.com/articles/5348/dow-corning-moves-forward-with-michigan-chp-project>, ανακτήθηκε την 11/10/2016
23. http://www.moh.gr/Default.aspx?a_id=10486, ανακτήθηκε την 11/10/2016
24. <http://www.detepa.gr/tehnika-stoixeia.html>, ανακτήθηκε την 11/10/2016
25. http://oceanis.lib.teipir.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/2127/hlg_201400887.pdf?sequence=1, ανακτήθηκε την 11/10/2016
26. <http://www.cres.gr/services/istos.chtm?prnbr=24820&locale=el>, ανακτήθηκε την 11/10/2016