



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ
ΑΣΤΙΚΗΣ-ΗΜΙΑΣΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕ
ΠΛΗΘΥΣΜΟ ΕΙΚΟΣΙΠΕΝΤΕ ΧΙΛΙΑΔΩΝ
ΚΑΤΟΙΚΩΝ , ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ
ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΑΠΟ ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ
ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΗΛΕΙΑΣ**



ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΚΑΡΑΛΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ Α.Μ. : 10

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΔΡ. ΠΑΝΑΓΙΩΤΑΡΑΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2015

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Διπλωματική Εργασία που εκπονήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας, με τίτλο: «Συστήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας» μελετά την Κάλυψη των Ενεργειακών Αναγκών αστικής-ημιαστικής περιοχής με πληθυσμό εικοσιπέντε χιλιάδων κατοίκων, με χρήση της παραγόμενης βιομάζας από αγροτικές καλλιέργειες στην Περιφερειακή Ενότητα Ηλείας.

Ευχαριστώ θερμά τον Καθηγητή μου Δρ. Διονύσιο Παναγιωτάρα, του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. επιβλέποντα της παρούσας διπλωματικής για την επιστημονική, πνευματική και καθοδηγητική υποστήριξη που μου προσέφερε για την πραγματοποίηση της Διπλωματικής.

Επίσης ευχαριστώ θερμά Δρ. Αθανασόπουλο Νικόλαο Ιδιώτη για την πολύτιμη βοήθεια που μου έδωσε .

Ως πράξης φιλίας ευχαριστώ τον συνάδελφο Πίπο Ιωάννη για τις πολύτιμες συμβουλές που μου έδωσε για την υλοποίηση της παρούσας διπλωματικής.

Τέλος σε μια πράξη ευγνωμοσύνης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου Δημήτρη και Πολυξένη για την οικονομική και την ηθική στήριξη που μου παρείχαν στην ζωή μου.

Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητή: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος φοιτητής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Διπλωματικής 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 φοιτητής
(Ονοματεπώνυμο)
.....
(Υπογραφή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το ζήτημα της κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε αστικές και ημιαστικές περιοχές χρησιμοποιώντας ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποκτά όλο και μεγαλύτερο ενδιαφέρον. Η εφαρμογή τεχνολογιών ενεργειακής αξιοποίησης της παραγόμενης βιομάζας από αγροτικές εκμεταλλεύσεις αποκτά ιδιαίτερη σημασία σε περιοχές όπου η κοινωνία στηρίζει την ανάπτυξη και βιωσιμότητα της στην αγροτική παραγωγή.

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να εξετάσει την σκοπιμότητα της ενσωμάτωσης συστημάτων ενεργειακής αξιοποίησης της παραγόμενης βιομάζας από τις αγροτικές εκμεταλλεύσεις στην Περιφερειακή Ενότητα Ηλείας. Ιδιαίτερη έμφαση θα δοθεί στην εφαρμογή τέτοιων συστημάτων για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών αστικής-ημιαστικής περιοχής με πληθυσμό εικοσιπέντε χιλιάδων κατοίκων.

Για την επίτευξη αυτού του σκοπού λαμβάνονται υπ' όψη τεχνικοί, οικονομικοί, περιβαλλοντικοί, κοινωνικοί και νομικοί περιορισμοί και αναδεικνύονται τα σημαντικά τεχνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη που επιφέρει η χρήση της βιομάζας από αγροτικές εκμεταλλεύσεις για παραγωγή ενέργειας. Καταγράφονται οι πηγές παραγωγής βιομάζας στη Ηλεία, οι δυνατότητες αξιοποίησής της με βάση τις σημερινές τεχνολογίες ενεργειακής μετατροπής καθώς επίσης τα πλεονεκτήματα και οι δυσκολίες στην ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια αστική-ημιαστική περιοχή με πληθυσμό εικοσιπέντε χιλιάδων κατοίκων. Γνωρίζοντας το ενεργειακό περιεχόμενο των κυτταρινούχων αυτών προϊόντων, υπολογίζεται η συνεισφορά στο ενεργειακό δυναμικό στην Περιφερειακή Ενότητα Ηλείας και προσδιορίζεται το ποσοστό κάλυψης των ενεργειακών αναγκών της περιοχής με χρήση αυτής της ανανεώσιμης πηγής ενέργειας.

Στο πρώτο μέρος αναφέρονται επιγραμματικά ο ορισμός της βιομάζας καθώς και τα ενεργειακά φυτά από τα οποία πολλά συναντάμε στην Ελλάδα τα οποία όπως μπορεί να διαπιστωθεί μπορούν να αξιοποιηθούν ενεργειακά για να καλύψουν ένα μεγάλο μέρος από τις ενεργειακές ανάγκες της χώρας μας.

Στο δεύτερο μέρος αναφέρεται το παγκόσμιο και ελληνικό δυναμικό σε ενεργειακές καλλιέργειες από ποικιλία ενεργειακών φυτών καθώς επίσης και πιο συγκεκριμένα για τον Νομό Ηλείας όπως αναφέρεται στον τίτλο της διπλωματικής. Παρουσιάζονται διαγράμματα με υπολείμματα ενεργειακών καλλιεργειών στο χάρτη της Ελλάδας και στον Νομό Ηλείας ξεχωριστά. Από αυτά τα διαγράμματα διαπιστώνεται ότι η Ελλάδα είναι πλούσια σε υπολείμματα ενεργειακών καλλιεργειών τα οποία παραμένουν ανεκμετάλλεута.

Στο τρίτο μέρος αναλύονται οι μέθοδοι και οι εφαρμογές των τεχνολογιών οι οποίες είναι κατάλληλες για την εκμετάλλευση των προαναφερθέντων καλλιεργειών για παραγωγή Ηλεκτρισμού και θερμότητας. Ωστόσο στην παρούσα διπλωματική αναλύεται και υπολογίζεται μόνο η παραγωγή σε ηλεκτρισμό.

Στο τέταρτο και τελευταίο μέρος αναφέρεται σχεδιασμός και μοντελοποίηση για την εκμετάλλευση των υπολειμμάτων από καλλιέργειες από το Νομό Ηλείας. Οι μέθοδοι που αναλύονται είναι με απευθείας καύση (ρευστοποιημένη κλίνη) μέθοδος που υπάγεται στις θερμοχημικές διεργασίες, επίσης αναφέρεται μελέτη κόστους εγκατάστασης και κέρδους ,καθώς και υπολογίζεται το ποσοστό κάλυψης των αναγκών του δημοτικού διαμερίσματος Πύργου Ν. Ηλείας με πληθυσμό κοντά στις 25 χιλιάδες κατοίκους.

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά καθιστούν την προσαρμογή της αντίστοιχης μελέτης στα Ελληνικά δεδομένα ως ιδιαίτερης αξίας μιας και ένα σημαντικό ποσοστό της συνεισφοράς στο οικονομικό ισοζύγιο της χώρας προέρχεται από την αγροτική παραγωγή.

Σαν συμπέρασμα μετά από την επεξεργασία και τον υπολογισμό των στοιχείων προκύπτει ότι 165.000 τόννοι υπολειμμάτων από καλλιέργειες που πραγματοποιούνται στο Νομό Ηλείας ετησίως (κλαδέματα ελιάς , αμπέλου, εσπεριδοειδών και καλλιέργειας καλαμποκιού) , με την μέθοδο της απευθείας καύσεως και συγκεκριμένα της ρευστοποιημένης κλίνης) με εγκατάσταση δύο μονάδων και σε πληρότητα περίπου στο 82 % , καλύπτουν τις ανάγκες σε ηλεκτρικό ρεύμα στο **157,8%** του δημοτικού διαμερίσματος Πύργου με Πληθυσμό 23.791 κατοίκους . Εφόσον παρουσιάζεται υπερπλήρωση και εμφανίζεται περίσσεια ενέργειας υπολογίζεται ότι η μονάδα αυτή μπορεί να καλύψει σε ηλεκτρικό ρεύμα το **78,9%** ολόκληρου του Δήμου Πύργου με πληθυσμό 48.370 κατοίκους.

Το κόστος της εγκατάστασης των συγκεκριμένων μονάδων ανέρχεται στο ποσό των 46.580.000 Ευρώ , το ετήσιο κόστος συντήρησης στα 5.729.200 € και το ετήσιο κέρδος στα **15.213.040 €**.

Η μελέτη αναφέρεται σε δύο μονάδες συμπαραγωγής όπου δουλεύουν στο 80%,αυτό σημαίνει ότι μπορούν να αγοραστούν υπολείμματα καλλιεργειών από γειτονικούς Νομούς έτσι ώστε οι μονάδες συμπαραγωγής να δουλεύουν στο 100% οπότε να υπάρξει μεγαλύτερη ποσότητα σε ηλεκτρική ισχύ.

Το κόστος της εγκατάστασης είναι υψηλό ,ωστόσο τα κέρδη είναι και αυτά υψηλά σε συνάρτηση με τα λειτουργικά έξοδα. Μια χρηματοδότηση από ευρωπαϊκό ή δημόσιο φορέα σίγουρα θα έκανε την εγκατάσταση ευκολότερα υλοποιήσιμη.

Είναι σημαντικό να εξεταστεί η απόδοση σε θερμότητα έτσι ώστε να μπορεί να εκμεταλλευτεί και αυτή προς όφελος των αναγκών των κατοίκων της περιοχής του δημοτικού διαμερίσματος Πύργου.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η καλλιέργεια αραβοσίτου μπορεί να εκμεταλλευτεί με την μέθοδο της αναερόβιας χώνευσης , οι υπόλοιπες καλλιέργειες δεν

μπορούν καθώς περιέχουν πολλές φαινόλες και έτσι δεν μπορεί να υλοποιηθεί με αυτή την μέθοδο.

Από την στιγμή που αναφέρονται δύο μονάδες παραγωγής μπορούν να εγκατασταθούν σε διαφορετικό μέρος μεταξύ τους έτσι ώστε να παρουσιάζεται μείωση δαπανών μεταφοράς της πρώτης ύλης.

ABSTRACT

There has been an increasing interest in the issue of meeting the energy needs in urban and suburban regions using renewable sources of energy. The application of energy utilization technologies of the biomass produced by farms is particularly important in regions where the development and viability of the society depends on agricultural production.

The purpose of this thesis is to examine the feasibility of integrating systems for energy utilization of biomass produced by farms in Iliia. Particular emphasis will be placed on the application of such systems to meet the energy needs of urban - suburban regions with a population of 25000. In order to achieve this aim, technical, financial, environmental, social and legal limitations are taken into consideration and the significant technical, financial and environmental benefits are highlighted. Benefits which result from the utilization of the biomass produced by farms to produce energy. The sources of the biomass production in Iliia are listed, the potentiality of utilization of the biomass using the current technologies of energy conversion is examined as well as the advantages and the difficulties of the energy utilization of the biomass in an urban – suburban region with a population of 25000 are reported. Knowing the energy content of these cellulosic products, the contribution to the energy voltage in Iliia is estimated and the percentage of meeting the energy needs of the region using this renewable source of energy is indicated.

In the first part, the definition of the biomass is briefly mentioned as well as the energy source plants, many of which can be found in Greece and can be utilized to meet a great number of energy needs in our country. In the second part, the global and the Greek potential energy source plant farms is reported and more specifically for the prefecture of Iliia separately. These diagrams indicate that Greece is rich in residues energy crops that remain unutilized.

In the third part, the methods and the applications of technologies suitable for utilization of the above mentioned crops to produce electricity and heat are analysed. However, the present thesis analyses and estimates only electricity production.

In the fourth and last part, the planning and modeling methods for the exploitation of residues energy crops in the prefecture of Iliia are reported. The methods analysed pertain to direct burning (fluidized bed), a method to be chosen in thermochemical processes. Additionally, a study of the installation cost and profit is reported as well as the percentage of meeting the needs of Pyrgos community with a population of 25000.

After processing and estimating the data, it is concluded that 165.000 tons of annual residues from crops in Ileia Prefecture (pruning of olive trees, vineyards, citrus trees and corn), with the method of direct combustion and through the fluidized-bed process could be treated particular two units cover the electricity needs of 157,8% of Pyrgos community with a population of 23.791. In the case of excess energy it is estimated that this unit can cover the electricity needs of 78,9% of the entire municipality of Pyrgos with a population of 48.370.

The installation cost of these units amounts to 46.580.000 €, the annual maintenance cost to 5.729.200 € and the annual profit to 15.213.040 €.

The study relates two cogeneration units working with a coverage of 80%. This means that residues of crops can be purchased from neighbouring prefectures so that the cogeneration units can work 100% and this way there can be larger quantities of electric power.

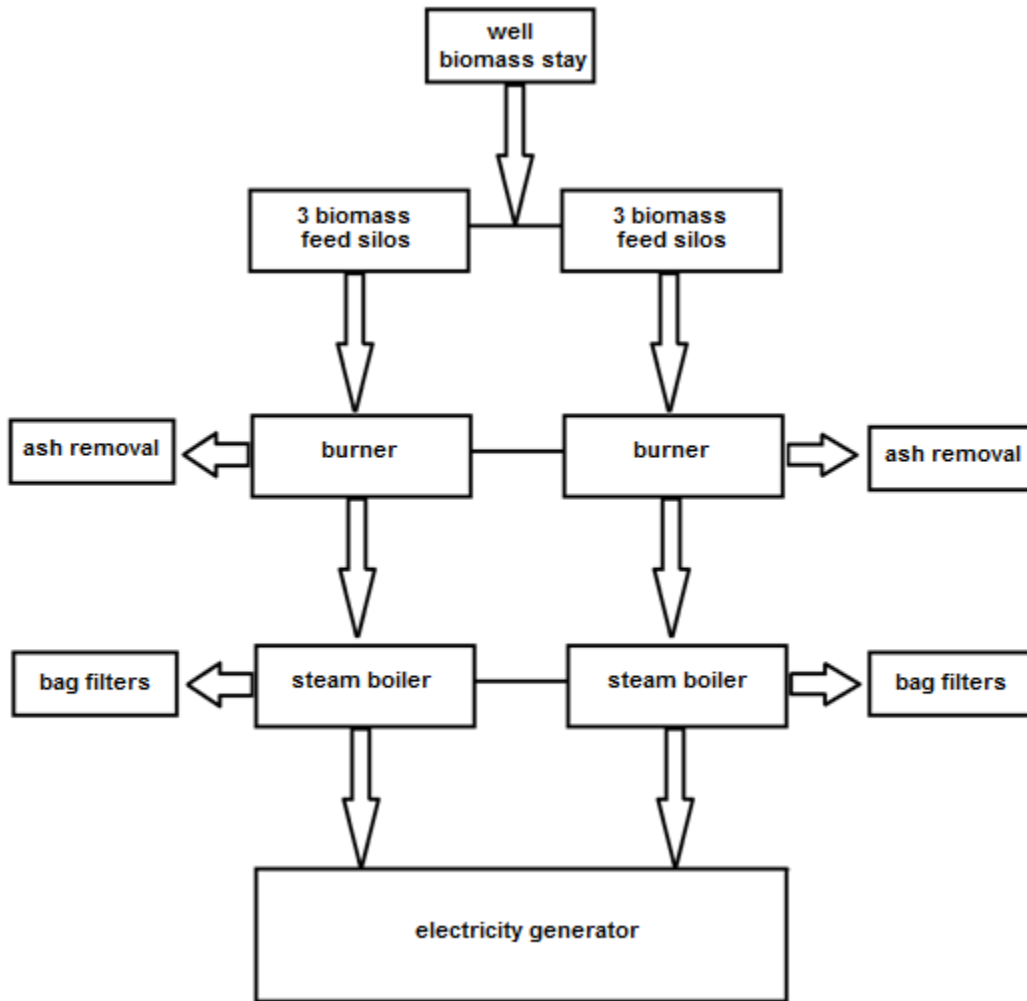
Although the installation cost is high, the profits are also high in relation to the operating expenses. European or public funding would definitely make the installation feasible.

It is important to examine the heat production so that it can be exploited to benefit the needs of the residents of the municipality of Pyrgos.

It is noted that the corn cultivation can be exploited with the method of anaerobic digestion. This is not the case with the rest of the crops, because they contain a lot of phenol.

The two production units can be installed in different locations so that there can be a reduction in transport costs of raw material.

The above mentioned characteristics make the adaptation of this study to the Greek reality of great value, since a large percentage of the contribution to the economic balance of the country comes from agricultural production.



Flow diagram of the proposed combustion plant

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	II
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	III
ABSTRACT	VI
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	IX
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	12
1.1 Γενικά περί Βιομάζας	12
1.2 Ιστορική Αναδρομή	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΒΙΟΜΑΖΑ	15
1.3 Σχηματισμός Βιομάζας και Ενεργειακοί Οδοί Μετασχηματισμού.	15
1.4 Αγρο-ενέργεια.....	16
1.4.1 Λόγοι αξιοποίησης της αγρο- ενέργειας.	17
1.4.2 Πηγές προέλευσης της αγρο- ενέργειας.....	19
1.4.2.1 Παραδοσιακές καλλιέργειες.	19
1.4.2.2 Δασικές ενεργειακές καλλιέργειες.....	20
1.4.2.2.1 Ο Ευκάλυπτος.	20
1.4.2.2.2 Η Ψευδακακία.....	21
1.4.2.3 Πολυετείς ενεργειακές καλλιέργειες.	23
1.4.2.3.1 Το Καλάμι.....	23
1.4.2.3.2 Η Αγριαγκινάρα.....	24
1.4.2.3.3 Ο Μίσχανθος.....	25
1.4.2.3.4 Το Switchgrass.....	26
1.4.2.4 Ετήσιες ενεργειακές καλλιέργειες.	28
1.4.2.4.1 Το Κενάφ.	28
1.4.2.4.2 Η Ελαιοκράμβη.....	29
1.4.2.4.3 Το Γλυκό σόργο.....	30
1.4.3 Κριτήρια επιλογής ενεργειακών καλλιέργειών	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΚΑΙ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ	33
2.1 Παγκόσμιο και Ελληνικό δυναμικό.....	33
2.2 Δυναμικό βιομάζας για το Νομό Ηλείας	39
2.3 Ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας	45
2.3.1 Πλεονεκτήματα.....	45
2.3.2 Μειονεκτήματα	46

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 48

3.1	Εισαγωγή.	48
3.1.1	Κάλυψη των αναγκών θέρμανσης-ψύξης ή/και ηλεκτρισμού σε γεωργικές και άλλες βιομηχανίες.	49
3.1.2	Θέρμανση θερμοκηπίων.	50
3.1.3	Παραγωγή υγρών καυσίμων με βιοχημική μετατροπή βιομάζας.	50
3.1.4	Παραγωγή υγρών καυσίμων με θερμοχημική μετατροπή βιομάζας.	51
3.2	Μέθοδοι ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.	52
3.2.1	Θερμοχημικά Συστήματα.	52
3.2.1.1	Απευθείας Καύση.	53
3.2.1.2	Αεριοποίηση.	54
3.2.1.3	Πυρόλυση.	58
3.2.1.4	Ρευστοποίηση.	59
3.2.2	Βιοχημικά Συστήματα.	61
3.2.2.1	Ζύμωση.	61
3.2.2.2	Αναερόβια Χώνευση.	64
3.2.3	Περισσότερα στοιχεία για την Αναερόβια Χώνευση.	66
3.2.4	Η βιοχημική διεργασία της Αναερόβιας Χώνευσης.	71
3.2.4.1	Υδρόλυση.	72
3.2.4.2	Οξεογένεση.	72
3.2.4.3	Οξικογένεση.	73
3.2.4.4	Μεθανογένεση.	73
3.3	Παράμετροι της Αναερόβιας Χώνευσης.	73
3.3.1.	Θερμοκρασία.	73
3.3.2	Τιμές pH και βέλτιστα διαστήματα.	75
3.3.3	Απλή γραμμική παλινδρόμηση.	76
3.3.4	Πτητικά λιπαρά οξέα (VFA).	76
3.3.5	Ιχνοστοιχεία, θρεπτικές ουσίες και τοξικές ενώσεις.	77

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ 78

4.1.	Εισαγωγή.	78
4.1.1.	Μονάδα Καύσης Βιομάζας Ε.Ε.Α. (Ελαιοκλαδεμάτων κλαδεμάτων Εσπεριδοειδών και Αμπελοκλαδεμάτων) Περιγραφή Τεχνολογίας - Απαιτούμενος Εξοπλισμός – Υποδομές.	78
4.1.2	Καύση Βιομάζας κλαδεμάτων Ε.Ε.Α σε Ρευστοποιημένη Κλίνη.	79
4.1.2.1	Πλεονεκτήματα Καύσης σε Ρευστοποιημένη Κλίνη.	80
4.1.2.2	Μειονεκτήματα Καύσης σε Ρευστοποιημένη Κλίνη.	81
4.1.3	Χαρακτηριστικά Μονάδας Καύσης Βιομάζας Ε.Ε.Α.	81
4.1.3.1	Λεβητοστάσιο - Εστίες και Λέβητες.	82

4.1.3.2 Χώρος Παραλαβής.....	83
4.1.3.3 Κτίρια.....	83
4.1.3.4 Ατμολέβητες και Βοηθητικός Εξοπλισμός.....	83
4.1.3.5 Λειτουργία.....	83
4.1.3.5.1 Χοάνη Τροφοδοσίας.....	84
4.1.3.5.2 Τροφοδοσία.....	84
4.1.3.5.3 Σχάρα.....	84
4.1.3.5.4 Εστία-Λέβητας.....	84
4.1.3.5.5 Χρόνος.....	85
4.1.3.5.6 Κύρια Παροχή Αέρα Καύσης.....	85
4.1.3.5.7 Δευτερεύουσα Παροχή Αέρα.....	85
4.1.3.5.8 Περίσσεια Ατμού.....	85
4.1.3.5.9 Θερμαντής Εξαερωτής Νερού Εισόδου.....	86
4.1.3.5.10 Εναλλάκτης Θερμότητας Νερού Εξόδου Λέβητα.....	86
4.1.3.5.11 Αντλίες πολλών βαθμίδων.....	86
4.1.3.6 Κτιριακή Εγκατάσταση Ατμολέβητα.....	86
4.1.4 Έλεγχος Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης.....	86
4.1.5 Γεννήτρια Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	87
4.1.6 Επεξεργασία Υδατικών Αποβλήτων.....	87
4.2 Υπολογισμός παραγόμενης ενέργειας.....	89
4.3 Σχεδιασμός του συστήματος συγκέντρωσης και μεταφοράς βιομάζας κλαδοδεμάτων Ε.Ε.Α.....	92
4.4 Εκτίμηση Κόστους Μεταφοράς της Βιομάζας στη Μονάδα Επεξεργασίας.....	93
4.5 Εκτίμηση Κόστους Επένδυσης και Λειτουργίας Μονάδας Καύσης Βιομάζας..	95
4.6 Εκτίμηση οικονομικού οφέλους της επένδυσης.....	98
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	100
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	101
1.Μονάδες μετατροπή.....	101
2.Συντομογραφίες.....	101
3.Νομοθεσία.....	102
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	108

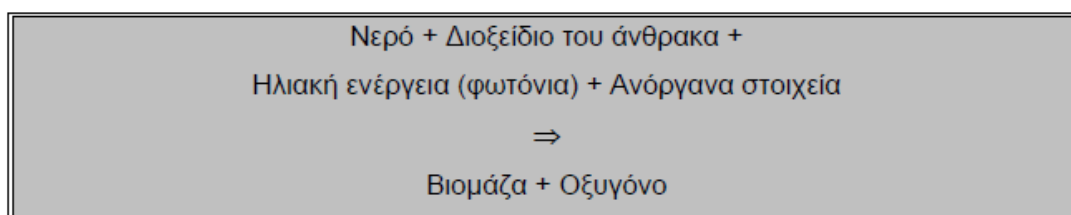
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά περί Βιομάζας

Ο όρος βιομάζα προέρχεται από την λέξη βίος (που σημαίνει ζωή) και μάζα (που αποτελεί το "alter ego" της ενέργειας) και αναφέρεται στην ποσότητα της οργανικής ύλης που υπάρχει σε κάποια περιοχή Χώρα ή ολόκληρο τον κόσμο. Πρακτικά, στον όρο βιομάζα εμπεριέχεται οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο. Πιο συγκεκριμένα, σε 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. Κατά αυτήν, η χλωροφύλλη των φυτών μετασχηματίζει 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:



Σχήμα 1.1 Παραγωγή βιομάζας από την διαδικασία της φωτοσύνθεσης [1]

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 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

1.2 Ιστορική Αναδρομή

Μετά τις πετρελαϊκές κρίσεις του 1973 και 1979 και την συνειδητοποίηση των παγκόσμιων περιβαλλοντικών προβλημάτων που δημιουργούν οι συμβατικές πηγές ενέργειας, ο σημαντικότερος τρόπος για να μπορέσει η ΕΕ και τα κράτη μέλη να ανταποκριθούν στους φιλόδοξους στόχους που έθεσαν το 1992, 1997 και 2002 στις συνδιασκέψεις του ΟΗΕ για το περιβάλλον και την βιώσιμη ανάπτυξη στο Ρίο, Κιότο και Γιοχάνεσμπουργκ, είναι να αυξήσει το ποσοστό συμμετοχής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) στην ακαθάριστη εσωτερική ενεργειακή κατανάλωση, με ποσοτικούς στόχους και δεσμευτικά χρονοδιαγράμματα. Από το 1997 η ΕΕ έχει καταβάλει προσπάθειες ώστε να επιτευχθεί έως το 2010 ο φιλόδοξος στόχος να είναι 12% το μερίδιο των ΑΠΕ στην ακαθάριστη εσωτερική κατανάλωση ενέργειας, γεγονός που θα επιτρέψει τη δημιουργία άνω των 500.000 θέσεων εργασίας και θα αυξήσει το μερίδιο της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στην συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της ΕΕ από 14,2 % το 1998 σε 22,1% μέχρι το 2010. Κατά τις διασκέψεις που πραγματοποιήθηκαν στο Βερολίνο τον Ιανουάριο του 2004, στη Βόννη τον Ιούνιο του 2004 και στο Πεκίνο τον Νοέμβριο του 2005, εξετάστηκε η δυνατότητα παράτασης των συνολικών γενικών στόχων για τις ΑΠΕ πέραν του 2010, συμφωνήθηκε να αυξηθεί το ποσοστό συμμετοχής των ανανεώσιμων πηγών στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών παγκοσμίως έως και 50% μέχρι το 2040 και να βελτιωθεί σημαντικά η ενεργειακή αποδοτικότητα. Η Ευρωπαϊκή Ένωση σήμερα καλύπτει το 4% των ενεργειακών της αναγκών με βιομάζα. Αν αξιοποιούσε πλήρως το δυναμικό της θα διπλασίαζε τη χρήση βιομάζας από 69 εκατ. ΤΙΠ το 2003 σε 185 εκατ. ΤΙΠ το 2010. Σύμφωνα με το Σχέδιο Δράσης για τη Βιομάζα (Biomass action plan) που εγκρίθηκε τον Δεκέμβριο 2005 από την ΕΕ, η συμμετοχή της βιομάζας και η παραγωγή βιοαερίου προβλέπεται να παίξει σημαντικό ρόλο στην παραγωγή ενέργειας σε Ευρωπαϊκό επίπεδο (EU - 25), καθώς προβλέπεται να αυξηθεί από 69 εκατ. ΤΙΠ σε 149 εκατ. ΤΙΠ, προκειμένου να καλυφθεί ο στόχος του 12%. Ως άμεσο αποτέλεσμα του στόχου αυτού αναμένεται να είναι η μείωση των αερίων του θερμοκηπίου κατά 209 εκατ. τόνους ισοδυνάμου CO₂ κατ' έτος, η εξασφάλιση 250 - 300.000 θέσεων εργασίας στις αγροτικές κυρίως 16 περιοχές, και υπό ιδανικές συνθήκες η πίεση προς τα κάτω των τιμών του πετρελαίου λόγω μειωμένης ζήτησης. Σύμφωνα με το ίδιο σενάριο, μέχρι το 2010 προβλέπεται να εγκατασταθούν μονάδες ενεργειακής αξιοποίησης βιοαερίου συνολικής ισχύος 1000MWe.

Στη χώρα μας, συμβολή στην ενεργειακή αυτάρκεια, υποκαθιστώντας ρυπογόνα ή εισαγόμενα καύσιμα, μπορεί να έχει το βιοαέριο το οποίο παράγεται κατά την επεξεργασία οργανικών αποβλήτων και αστικών

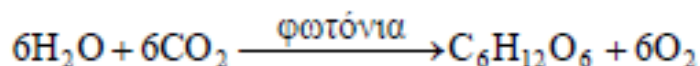
λυμάτων. Η ανάπτυξη και εγκατάσταση τεχνολογιών βιοαερίου αποτελεί εναλλακτική λύση με σημαντικά πλεονεκτήματα, καθώς προσφέρει περιβαλλοντικά φιλική ενέργεια και ταυτόχρονα αντιμετωπίζει το θέμα της ανάκτησης/ ανακύκλωσης των στερεών αποβλήτων. Παρόλη τη δυναμική υπάρχει ένας αριθμός ζητημάτων που χρειάζεται να “χρεωθεί” στην εξέλιξη της βιομάζας σε κύκλους ενεργειακών καυσίμων. Η βιομάζα συχνά θεωρείται ως ένα καύσιμο που είναι άβολο, που απαιτεί εκτεταμένη χρήση γης, που οδηγεί σε υψηλά ενεργειακά κόστη και είναι και ύποπτο όσο αφορά τα περιβαλλοντικά οφέλη. Ενώ αυτά τα ζητήματα έχουν να κάνουν περισσότερο με τις αντιλήψεις (ή παρανοήσεις) της μοντέρνας βιομάζας, οι τεχνολογίες και πρακτικές που αναλύονται παρακάτω μαζί με καλή διαχείριση των πηγών βιομάζας μπορούν να συντελέσουν στο να ανακουφισθούν πολλές ανησυχίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΒΙΟΜΑΖΑ

1.3 Σχηματισμός Βιομάζας και Ενεργειακοί Οδοί Μετασχηματισμού

Η βιομάζα είναι ουσιαστικά αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών της ξηράς, αλλά και των υδροβίων. Δευτερογενώς η φυτική βιομάζα μετατρέπεται σε ζωική, μέσω της διεργασίας του μεταβολισμού κατά την οποία αντιστρέφεται η διαδικασία της φωτοσυνθέσεως. Τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών, για την επιτέλεση των οποίων βασικές πρώτες ύλες είναι το νερό και το διοξείδιο του άνθρακα, που αφθονούν στη φύση. Όσον αφορά την ενέργεια, αυτή προέρχεται από το ορατό φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας. Οι θεμελιώδεις αντιδράσεις πραγματοποιούνται στους χλωροπλάστες. Οι χρωστικές ύλες “συλλαμβάνουν” τα φωτόνια και στη συνέχεια ενεργοποιούν τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, κατά την οποία το διοξείδιο του άνθρακα ανάγεται σε υδατάνθρακες. Το ισχυρό αναγωγικό μέσο αποτελεί η φερροδοξίνη, μια πρωτεΐνη σιδήρου-θείου η οποία προκύπτει από τη διάσπαση των μορίων του νερού, που επιτυγχάνεται με παράλληλη μεταφορά ηλεκτρονίων. Οι αντιδράσεις αυτές συνοδεύονται από έκλυση οξυγόνου, με ταυτόχρονη μείωση της περιεκτικότητας του κυττάρου σε διοξείδιο του άνθρακα. Η διαφορά συγκεντρώσεων διοξειδίου του άνθρακα μέσα και έξω από το κύτταρο εξασφαλίζει τη συνεχή απορρόφηση του αερίου αυτού από το περιβάλλον προς το εσωτερικό του κυττάρου.

Το συνολικό ισοζύγιο της φωτοσυνθετικής διεργασίας στα φυτά εκφράζεται από την παρακάτω αντίδραση:

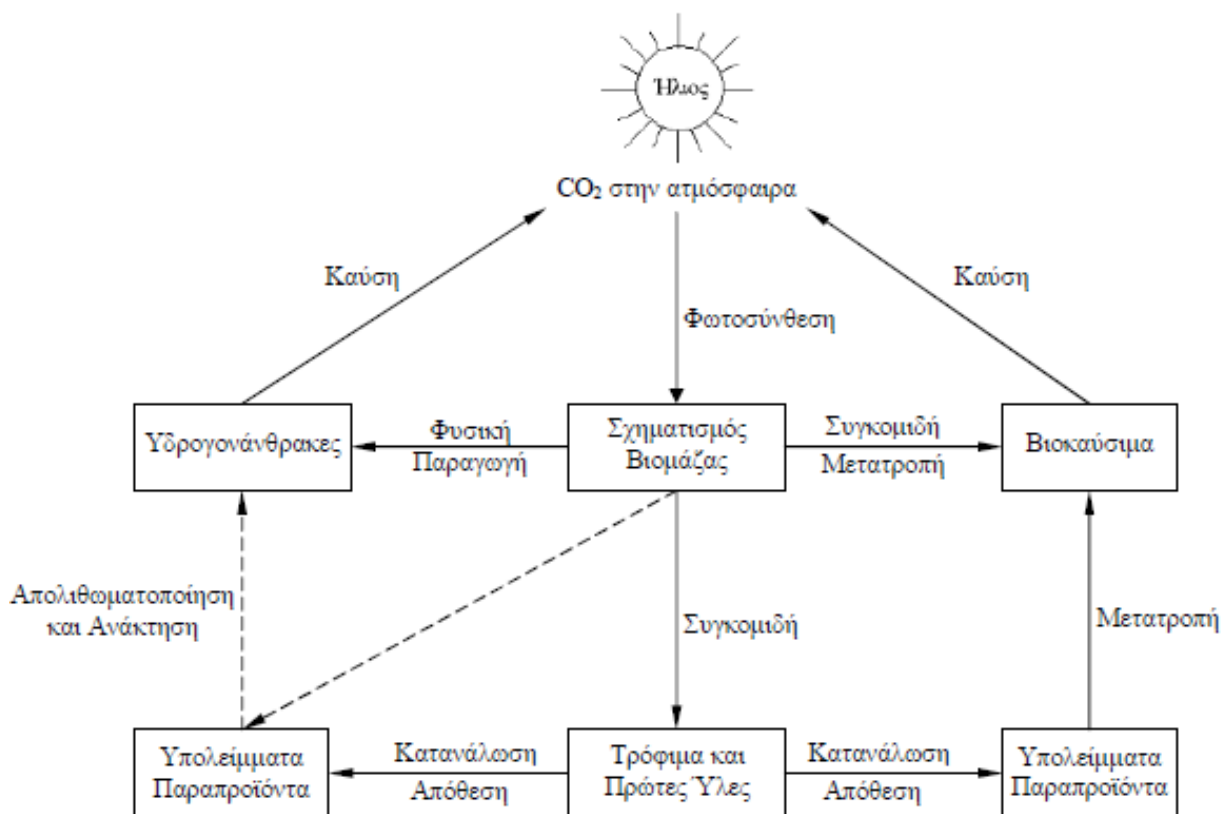


Ασφαλώς απαντώνται πολλά ενδιάμεσα στάδια από την αρχική έως την τελική κατάσταση που παρουσιάζεται μέσω της αντίδρασης αυτής. Κατά την πορεία επιτέλεσης του φωτοσυνθετικού μηχανισμού σχηματίζονται πολύπλοκα μόρια όπως πρωτίδια και λιπίδια, τα οποία μαζί με τους υδατάνθρακες παρέχουν στο φυτικό οργανισμό το απαραίτητο υλικό για το σχηματισμό και την ανάπτυξη των διαφόρων οργάνων του. Όμως, για την παραγωγή βιομάζας πρέπει να συνυπάρξουν και άλλοι παράγοντες όπως τα ανόργανα στοιχεία, τα οποία απορροφούν οι ρίζες από το έδαφος, καθώς και οι κατάλληλες θερμοκρασιακές συνθήκες για κάθε φυτικό είδος.

Παρά το γεγονός ότι η απόδοση της φωτοσυνθετικής διεργασίας μπορεί να φθάσει μέχρι και το 30% σε μεμονωμένα φυτά, στο σύνολο των φυτών η απόδοση κατά μέσο όρο δεν υπερβαίνει το 5%. Η σχετικά μικρή αυτή απόδοση οφείλεται στην ανάκλαση του φωτός από το φύλλωμα, στη μεταφορά ενέργειας στο έδαφος και στην αναπνοή του φυτού. Βέβαια, για να πραγματοποιηθούν ακόμη και αυτοί οι χαμηλοί βαθμοί απόδοσης, θα πρέπει να συντρέχουν οι κατάλληλες συνθήκες για την ανόργανη θρέψη των φυτών.

Τα κύρια χαρακτηριστικά του μηχανισμού χρησιμοποίησης της βιομάζας σαν πηγή ενέργειας απεικονίζονται, σε διαγραμματική μορφή, στο Σχήμα 1. Η

αξιοποίηση της διαθέσιμης βιομάζας, με τη συμβατική έννοια, περιλαμβάνει τη συγκομιδή της για την παραγωγή τροφίμων, ινών και άλλων πρώτων υλών ή την εγκατάλειψή στις περιοχές σχηματισμού της όπου λαμβάνει χώρα η φυσική αποσύνθεση. Η βιοαποικοδομήσιμη οργανική ύλη και τα απόβλητα διεργασιών συγκομιδής και επεξεργασίας βιομάζας (εφόσον αποτίθενται στο έδαφος), θεωρητικά μπορεί μερικώς να επανακτηθούν μετά από μια μακρά χρονική περίοδο ως ορυκτά καύσιμα. Η διαδικασία αυτή απεικονίζεται στο εν λόγω σχήμα με τις διακεκομμένες γραμμές.



Σχήμα 1.2 Κύριοι οδοί ενεργειακού μετασχηματισμού της βιομάζας [24]

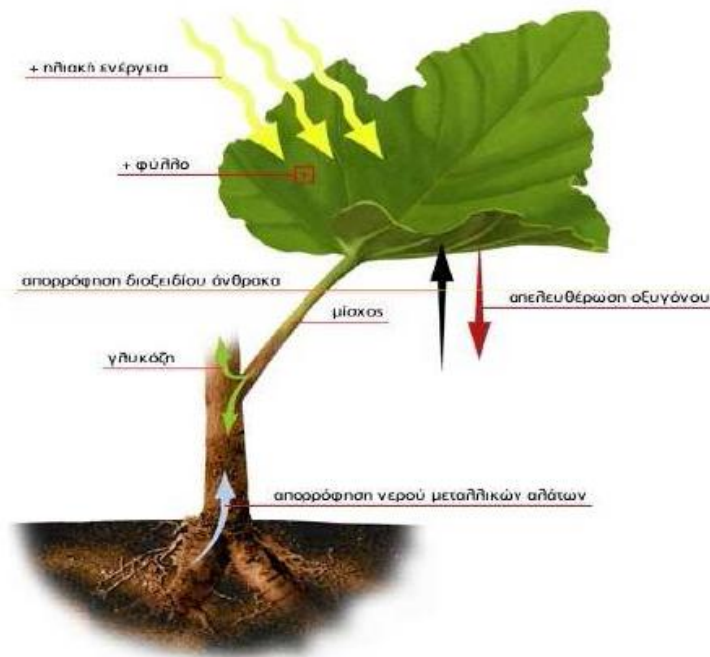
1.4 Αγρο-ενέργεια

Η αγρο-ενέργεια είναι μια μορφή ανανεώσιμης ενέργειας, που έχει άμεση σχέση με το αγρο-περιβάλλον (τους αγρούς, τα χωράφια, τις αγροτικές καλλιέργειες). Από τη φύση της, η αγρο-ενέργεια, υπάγεται στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) και στον τομέα της ενεργειακής γεωργίας. Η αγρο-ενέργεια δημιουργεί προϋποθέσεις ανάπτυξης δραστηριοτήτων σε :

- α. ατομικό επίπεδο (αγρότης / καταναλωτής)
- β. συλλογικό επίπεδο (ενώσεις αγροτών, ομάδες παραγωγών, ενώσεις καταναλωτών, άλλες συμπράξεις, κ.α.)
- γ. επίπεδο τοπικής διοίκησης

Η αγρο-ενέργεια είναι στενά συνδεδεμένη με την αξιοποίηση της αγρο-βιομάζας , δηλ. της γεωργικής και δασικής ύλης, αλλά και των ενεργειακών καλλιεργειών. Αγρο-βιομάζα ή στερεά βιομάζα είναι κάθε οργανική ύλη φυτικής προέλευσης (οτιδήποτε κάποτε ήταν ζωντανό) στην οποία με φυσικό τρόπο έχει αποθηκευθεί ενέργεια (φωτοσύνθεση). Τα φυτά απορροφούν ηλιακή ακτινοβολία και με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης την μετατρέπουν σε γλυκόζη , που μετασχηματίζεται στη συνέχεια σε υδατάνθρακες (ονομάζονται και σάκχαρα) Οι υδατάνθρακες είναι οργανικές ενώσεις που περιέχουν άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο και αποτελούν την αποθηκευμένη ενέργεια των φυτών.

φωτοσύνθεση



Εικόνα 1.1 Διαδικασία Φωτοσύνθεσης [3]

1.4.1 Λόγοι αξιοποίησης της αγρο- ενέργειας

Η εκμετάλλευση των ενεργειακών αποθεμάτων από τις ανανεώσεως πηγές ενέργειας της γεωργίας και της δασοπονίας, είναι δυνατή μέσα από την αξιοποίηση της αγρο-βιομάζας, ή στερεάς βιομάζας, δηλ. από την αξιοποίηση της οργανικής γεωργικής και δασικής ύλης, που αποτελεί και το πλέον υποσχόμενο απόθεμα της γης, αλλά και των ενεργειακών καλλιεργειών, για

τις οποίες τελευταία γίνεται αρκετά λόγος. Η αγρο – βιομάζα ή βιομάζα αποτελεί το φυσικό ” επίγειο ” ενεργειακό κοίτασμα ή αλλιώς τη φυσική δεξαμενή αποθήκευσης ενέργειας, που τροφοδοτείται από μια ανεξάντλητη και πολύ σημαντική λειτουργία των φυτών, τη φωτοσύνθεση. Όπως είναι γνωστό , τα φυτά απορροφούν ηλιακή ακτινοβολία και με τη διαδικασία, της φωτοσύνθεσης δεσμεύουν το διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα και το μετατρέπουν σε σάκχαρα - τους υδατάνθρακες (οργανικές ενώσεις του άνθρακα).Οι υδατάνθρακες αυτοί αποτελούν το ενεργειακό απόθεμα των φυτών, το οποίο κατά ένα μέρος αξιοποιείται από τα ίδια τα φυτά στη διάρκεια του βιολογικού τους κύκλου, κατά ένα άλλο μέρος αποδίδεται στο άνθρωπο και στα ζώα μέσω της τροφής, ενώ ένα άλλο πολύ σημαντικό και εξαιρετικά υπολογίσιμο μέρος, αλλά με πολύ αργούς ρυθμούς αξιοποίησής του, αποδίδεται στο περιβάλλον για άλλες χρήσεις, όπως για θερμότητα, για ηλεκτροπαραγωγή και καύσιμα , είτε υγρά , είτε στερεά, είτε ακόμη και σε αέριο μορφή.

Η εξεύρεση εναλλακτικών δυνατοτήτων αξιοποίησης της αγρο - ενέργειας αποκτά ιδιαίτερο ενδιαφέρον σήμερα για οικονομικούς, οικολογικούς και ενεργειακούς λόγους.

Οικονομικούς , γιατί θα προσφέρει συμπληρωματικό εισόδημα, άμεσα ή έμμεσα, στον αγρότη, ιδιαίτερα στη σημερινή συγκυρία που οι παραδοσιακές καλλιέργειες στη χώρα μας (σιτηρά, βαμβάκι, ελαιοκαλλιέργεια κ.α.) βιώνουν μια οικονομική κρίση.

Οικολογικούς, γιατί γεωργικά υπολείμματα και παραπροϊόντα που στο παρελθόν δεν χρησιμοποιούντο, δίνεται η δυνατότητα ανακύκλωσής τους για την παραγωγή νέων χρήσιμων προϊόντων.

Ενεργειακούς, γιατί η παραγωγή καυσίμων από βιομάζα και υποκατάστασης με αυτά των ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, λιγνίτη, φυσικό αέριο) έχει περιβαλλοντικά οφέλη και συμβάλλει στην επίτευξη των στόχων της Ευρωπαϊκής οδηγίας 28/2009 για την αύξηση της χρήσης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, με χαμηλές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Σημειώνεται ότι σε πρόσφατη έκθεση του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ) τονίζεται πως εάν το παγκόσμιο ενεργειακό μείγμα δεν αλλάξει, τα ορυκτά καύσιμα θα προμηθεύουν περίπου το 85% της ενεργειακής ζήτησης το 2050, γεγονός που συνεπάγεται αύξηση κατά 50% των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (κυρίως CO₂), και την επιδείνωση της αστικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης . Τα ορυκτά καύσιμα, όπως το πετρέλαιο, οι γαιάνθρακες και το φυσικό αέριο, θα περιλαμβάνουν το 85%, ενώ οι ΑΠΕ το 10% και η πυρηνική ενέργεια το υπόλοιπο 5%. Εξαιτίας της μμεγάλης εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα αναμένεται να αυξηθούν, γεγονός που θα έχει συνέπεια η παγκόσμια μέση θερμοκρασία να αυξηθεί από 3 έως 6 βαθμούς Κελσίου μέχρι το 2100. Για να αποφευχθούν οι συνέπειες της υπερθέρμανσης η διεθνής πρωτοβουλία για την κλιματική αλλαγή θα πρέπει να ξεκινήσει άμεσα και να αναπτυχθούν οι ΑΠΕ, με τον τομέα της ενέργειας να είναι αναγκαίο να μετατραπεί σε χαμηλής περιεκτικότητας άνθρακα.

1.4.2 Πηγές προέλευσης της αγρο- ενέργειας

Η χημική σύσταση της αγρο- βιομάζας ποικίλει ανάλογα με το είδος προέλευσής της. Τα περισσότερα φυτά περιέχουν περίπου 25% λιγνίτη και 75% υδατάνθρακες.

Η γεωργική ύλη που θα μπορούσε να αξιοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας διακρίνεται σε :

- υπολείμματα γεωργικών καλλιεργειών, όπως: στελέχη, κλαδιά, φύλλα, άχυρο, ελαιοκλαδέματα, κλπ.,
- υπολείμματα επεξεργασίας γεωργικών προϊόντων, όπως : υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού, πυρηνόξυλο, πυρήνες καρπών, υπολείμματα εκχύμωσης φρούτων, κ.α.

Η δασική ύλη που αξιοποιείται ή μπορεί να αξιοποιηθεί για ενεργειακούς σκοπούς συνίσταται :

- καυσόξυλα
- υπολείμματα καλλιέργειας των δασών (αραιώσεων και υλοτομίας)
- προϊόντα καθαρισμών των δασών για την προστασία τους από τις πυρκαγιές
- υπολείμματα επεξεργασίας του ξύλου, όπως φλούδες, πριονίδια κ.α.

Να σημειώσουμε ότι η χώρα μας διαθέτει μμεγάλο πλούτο σε ξυλώδη βιομάζα, λόγω των τεράστιων ποσοτήτων δασικών υπολειμμάτων, αλλά με μικρά ποσοστά αξιοποίησής της. Η αξιοποίηση της αγρο-βιομάζας στον τομέα της ενέργειας θα μπορούσε να μειώσει τη συσσώρευση βιομάζας που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια στην ύπαιθρο και είναι αιτία αρκετές φορές πρόκλησης πυρκαγιών με δυσάρεστες συνέπειες.

Οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι καλλιεργούμενα ή αυτοφυή είδη, παραδοσιακά ή νέα, τα οποία παράγουν οργανική μάζα, φυτομάζα, ως κύριο προϊόν που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους ενεργειακούς σκοπούς, όπως :

- για καύση ή συμπαραγωγή ηλεκτρισμού με γαιάνθρακες,
- για ηλεκτροπαραγωγή
- για θέρμανση
- σαν πρώτη ύλη σε θερμοχημικές και βιοχημικές διεργασίες παραγωγής , κυρίως, υγρών βιοκαυσίμων (βιοαιθανόλης, βιοντίζελ).

1.4.2.1 Παραδοσιακές καλλιέργειες

Οι παραδοσιακές καλλιέργειες των οποίων το τελικό προϊόν χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας και καυσίμων θεωρούνται επίσης ενεργειακές καλλιέργειες και τέτοιες είναι

- το σιτάρι
- το κριθάρι
- ο αραβόσιτος
- τα ζαχαρότευτλα
- ο ηλίανθος

όταν χρησιμοποιούνται για την παραγωγή υγρών καυσίμων (βιοαιθανόλης και βιοντίζελ)

Οι " νέες " ενεργειακές καλλιέργειες είναι είδη με υψηλή παραγωγικότητα σε φυτική μάζα, ανά μονάδα γης και διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τις γεωργικές και τις δασικές, Οι γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες διακρίνονται περεταίρω σε ετήσιες και πολυετείς. Η έρευνα σχετικά με τις ενεργειακές καλλιέργειες στη χώρα μας ξεκίνησε γύρω στη δεκαετία του '90 μέσω της εφαρμογής σχετικών κοινοτικών προγραμμάτων.

Οι σημαντικότερες ενεργειακές καλλιέργειες που έχουν μελετηθεί και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν με επιτυχία στον τόπο μας για παραγωγή ενέργειας , είναι :

1.4.2.2 Δασικές ενεργειακές καλλιέργειες

1.4.2.2.1 Ο Ευκάλυπτος

Οι φυτείες ευκαλύπτων χαρακτηρίζονται από γρήγορους ρυθμούς ανάπτυξης, μετά τη συγκομιδή. Τα δύο σημαντικότερα είδη ευκαλύπτων για τις μεσογειακές χώρες, είναι οι *Eucalyptus globulus* Labill και *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Στη χώρα μας, βάσει της έρευνας προσαρμοστικότητας, που έχει προηγηθεί, φαίνεται ότι το καταλληλότερο είδος ευκαλύπτου, που πληρεί τις προδιαγραφές των ενεργειακών καλλιεργειών είναι ο *E. camaldulensis* (Ευκάλυπτος η ρυγχωτή), καθόσον παρουσιάζει :

- α) μεγαλύτερη ικανότητα προσαρμογής σε διάφορα μικροπεριβάλλοντα, σε σχέση με τα άλλα είδη ευκαλύπτου,
- β) ταχυσυαυξία,
- γ) εύκολη πρεμνοβλάστηση μετά από κοπή, οποιαδήποτε εποχή του έτους, και
- δ) μεγάλη παραγωγικότητα σε βιομάζα.

Και τα δύο είδη πάντως σε όξινα εδάφη επέδειξαν ευρωστία και υψηλή παραγωγικότητα, η δε ανάπτυξή τους συνεχιζόταν καθ'όλη τη διάρκεια του έτους. Σε πειραματικές εφαρμογές αρδευόμενου *E. camaldulensis*, διαχειριζόμενου με διετή περίτροπο χρόνο, απέδωσε κατά μέσο όρο τριών διαδοχικών περιτρόπων 6,4 τόννους/στρέμμα και έτος και 2,8 τόννους/στρέμμα και έτος, χλωρής βιομάζας και ξηρής ουσίας αντίστοιχα. Παρατηρήθηκε αύξηση των αποδόσεων ξηρής ουσίας κατά τη συγκομιδή του τρίτου περίτροπου χρόνου κατά 46% σε σχέση με το δεύτερο περίτροπο χρόνο. Η πυκνότητα φύτευσης ήταν 1.000 και 2.000 φυτά ανά στρέμμα. Στο τέλος του τρίτου διετούς περίτροπου χρόνου οι αποδόσεις σε ξηρά ουσία

κατέγραψαν υψηλές τιμές 25 και 4 τόνων/ στρέμμα και έτος. Όσον αφορά στις επεμβάσεις άρδευσης και λίπανσης, παρότι το είδος φυόμενο σε γόνιμο γεωργικό έδαφος ανταποκρίνεται θετικά, η επίδραση τόσο της άρδευσης όσο και της λίπανσης επί των αποδόσεων ξηρής ουσίας δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Με βάση τις αποδόσεις του ευκαλύπτου σε ξηρή βιομάζα και την αντίστοιχη θερμογόνο δύναμη, το εκτιμώμενο ενεργειακό δυναμικό ανέρχεται σε 1,29 ΤΙΠ1/στρέμμα/έτος. Οι πιθανές χρήσεις του ευκαλύπτου είναι η παραγωγή θερμικής κι ηλεκτρικής ενέργειας κι αξιόλογη πρώτη ύλη για παραγωγή χαρτοπολτού.

Ευκάλυπτος (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh & E. *globulus* Labill.)



- *E. globulus* Labill, καλλιεργούμενο είδος σε πολλές μεσογειακές χώρες για παραγωγή χαρτοπολτού. Είναι απαιτητικός σε άρδευση και ευαίσθητος στο ασβέστιο και γι αυτό το λόγο περιορίζεται το εύρος της καλλιέργειας του (σε περιοχές με υψηλά επίπεδα βροχόπτωσης και με όξινα εδάφη).
- *E. camaldulensis* Dehnh., που χρησιμοποιείται επίσης για παραγωγή χαρτοπολτού σε εμπορική κλίμακα στο Μαρόκο και σε μικρότερη έκταση στην Ισπανία και Πορτογαλία. Είναι το πιο διαδεδομένο είδος ευκαλύπτου στις περιοχές της νότιας Ευρώπης, λόγω ανθεκτικότητας στην ξηρασία και στις υψηλές συγκεντρώσεις ασβεστίου, που χαρακτηρίζουν τα περισσότερα εδάφη της νότιας Ευρώπης.

Εικόνα 1.2 Ιδιότητες Ευκαλύπτου [8]

1.4.2.2.2 Η Ψευδακακία

Η ψευδακακία είναι φυτό ψυχανθές, πολυετές, δενδρώδες, που χαρακτηρίζεται από ταχύτατη ανάπτυξη του υπέργειου μέρους, σημαντική παραγωγή βιομάζας κι εξαιρετική αναβλάστηση μετά την κοπή. Το ενδιαφέρον για την ψευδακακία αυξάνει τόσο στην Ευρώπη, όσο και στην Ασία. Στη διάρκεια μίας 20ετίας, οι αναδασωμένες με ψευδακακία εκτάσεις, στις δύο αυτές περιοχές, αυξήθηκαν από 3.370.000 στρέμματα σε 18.900.000, χωρίς να περιλαμβάνεται η Κίνα. Η ψευδακακία, εξ αιτίας του ταχύτατου ρυθμού ανάπτυξης, της υψηλής πυκνότητας του ξύλου και της χαμηλής περιεκτικότητας σε υγρασία, σε σχέση με άλλα είδη, θεωρείται πολύ παραγωγικό φυτό σε βιομάζα. Στην Ελλάδα πραγματοποιήθηκαν πειράματα, των οποίων το αντικείμενο μελέτης ήταν η προσαρμοστικότητα και παραγωγικότητα του φυτού σε διάφορες κλιματικές και εδαφικές συνθήκες.

Εξετάστηκε επίσης η επίδραση διαφορετικών επιπέδων λίπανσης, άρδευσης και πυκνοτήτων φύτευσης στις αποδόσεις του φυτού σε βιομάζα. Από πειραματικές καλλιέργειες του Κ.Α.Π.Ε. λήφθηκαν αποδόσεις ξηρής ουσίας κατά τον πρώτο περίτροπο χρόνο 0,5 και 0,8 τόνους/ στρέμμα και έτος σε άγονο και γόνιμο έδαφος αντίστοιχα. Στο δεύτερο περίτροπο οι αποδόσεις αυξήθηκαν στο γόνιμο έδαφος, ενώ μειώθηκαν στο άγονο. Στον τρίτο περίτροπο ο μέσος όρος των αποδόσεων στο γόνιμο έδαφος έφθασε τους 1,7 τόνους ξηρής ουσίας/ στρέμμα ανά έτος. Η πυκνότητα φύτευσης ήταν 1.000 και 2.000 φυτά/ στρέμμα κατά την εγκατάσταση, ο δε περίτροπος χρόνος 2 έτη. Το ενεργειακό δυναμικό της ψευδακακίας είναι τυπικό των πλατύφυλλων φυτών της εύκρατης ζώνης και κυμαίνεται, για το ξύλο της, γύρω στα 19,44 MJ/kg. Η ενεργειακή αξιοποίηση της ψευδακακίας μπορεί να γίνει για την παραγωγή θερμότητας κι ηλεκτρικής ενέργειας.

1 ΤΙΠ = τόνοι ισοδυνάμου πετρελαίου

Ψευδακακία (Robinia pseudacacia)



- Φυτό ψυχανθές, πολυετές, δενδρώδες, που χαρακτηρίζεται από ταχύτατη ανάπτυξη του υπέργειου μέρους, σημαντική παραγωγή βιομάζας κι εξαιρετική αναβλάστηση μετά την κοπή.
- Το ενδιαφέρον για την ψευδακακία αυξάνει τόσο στην Ευρώπη, όσο και στην Ασία.
- Η ψευδακακία, εξ αιτίας του ταχύτατου ρυθμού ανάπτυξης, της υψηλής πυκνότητας του ξύλου και της χαμηλής περιεκτικότητας σε υγρασία, σε σχέση με άλλα είδη, θεωρείται πολύ παραγωγικό φυτό σε βιομάζα.

Εικόνα 1.3 Ιδιότητες Ψευδακακίας [8]

Να σημειώσουμε ότι η δημιουργία δασικών ενεργειακών φυτειών με δυνατότητα χρησιμοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αστικών λυμάτων για την άρδυσή τους αποτελεί μια ρεαλιστική μέθοδο διαχείρισής τους, καθώς, αφενός, ανακυκλώνονται υδάτινοι πόροι και άλλα συστατικά, αφετέρου, λόγω της φωτοσύνθεσης των δένδρων απορροφάται διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα, ενώ η παραγόμενη βιομάζα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί επωφελώς σε διάφορους τομείς, όπως είναι και ο τομέας της ενέργειας

1.4.2.3 Πολυετείς ενεργειακές καλλιέργειες

1.4.2.3.1 Το Καλάμι

Το καλάμι ανήκει στα αγρωστώδη πολυετή φυτά με C3 φωτοσυνθετικό μηχανισμό. Συναντάται συνήθως κοντά σε ποτάμια και λίμνες, γενικά σε αγρούς με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία, ωστόσο μπορεί να καλλιεργηθεί σε ευρεία κλίμακα εδαφικών και κλιματικών συνθηκών. Θεωρείται ένα πολύ δυναμικό φυτό και πολλαπλασιάζεται κυρίως με ριζώματα, μπορεί όμως να πολλαπλασιαστεί και με μοσχεύματα. Σε πρόσφατες μελέτες, ορισμένες από τις οποίες έχουν διεξαχθεί στην Ελλάδα, έχει επιβεβαιωθεί η δυνατότητα του φυτού να παράγει αξιόλογες ποσότητες βιομάζας. Οι αποδόσεις που καταγράφηκαν στο σύνολο των πειραματικών αγρών στην Ελλάδα κυμάνθηκαν από 0,5 έως και 3 τόνους ανά στρέμμα σε ξηρή ουσία. Σημαντική διακύμανση στις αποδόσεις παρατηρήθηκε για τα διαφορετικά επίπεδα άρδευσης που εφαρμόστηκαν. Είναι προφανές, ότι τα υψηλά επίπεδα άρδευσης οδήγησαν στην επίτευξη των υψηλότερων αποδόσεων. Είναι ενδεικτικό ότι η αζωτούχος λίπανση δεν διαφοροποίησε σημαντικά τις αποδόσεις. Η καταλληλότερη εποχή συγκομιδής για το καλάμι, είναι σε άμεση συνάρτηση με τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά κάθε περιοχής και εντοπίζεται στο διάστημα από τα τέλη φθινοπώρου έως τα τέλη του χειμώνα. Η θερμογόνος αξία του φυτού ανήλθε σε 18,6 MJ/kg ξηρής ουσίας και η περιεκτικότητα σε τέφρα 6,9% σε ξηρή βάση. Με βάση αυτές τις εκτιμήσεις και τις αποδόσεις σε ξηρό βάρος, που έχουν επιτευχθεί μέχρι σήμερα, εκτιμάται ότι, κατά μέσο όρο, το ενεργειακό δυναμικό του καλάμιού μπορεί να φτάσει τους 1,29 ΤΙΠ/ στρέμμα/ έτος. Από τις αναλύσεις του καυσίμου και κυρίως από τα επίπεδα του καλίου, νατρίου και χλωρίου, προέκυψε ότι οι ιδιότητές του προσομοιάζουν με εκείνες του άχυρου και επομένως οι τεχνολογίες θερμοχημικής μετατροπής του άχυρου είναι οι πλέον κατάλληλες για το φυτό αυτό. Η βιομάζα που παράγεται από το καλάμι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμικής κι ηλεκτρικής ενέργειας, χαρτοπολτού και δομικών υλικών.

Καλάμι (*Arundo donax* L.)



- Πολυετές ριζωματώδες φυτό που ανήκει στα αγροστώδη (Gramineae).
 - Αυτόχθονο στις χώρες της Μεσογείου.
 - Πιστεύεται ότι προέρχεται από την Ασία. Απαντάται στη Νότιο Ευρώπη, Νότιο Αφρική, Μέση Ανατολή, Αυστραλία, Βόρεια και Νότια Αμερική, σε μεγάλο εύρος κλιματικών και εδαφικών συνθηκών.
 - Η καλλιέργειά του παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα αφού μπορούν να παραχθούν σημαντικές ποσότητες βιομάζας ακόμη και σε συνθήκες μειωμένων εισροών (άρδευση, λίπανση, ζιζανιοκτονία).
- ✓ **Φύτευση ριζωμάτων:** Νοέμβριος - Φεβρουάριος
 - ✓ **Συγκομιδή:** Ιανουάριος - Φεβρουάριος

Εικόνα 1.4 Ιδιότητες Καλαμιού [4]

1.4.2.3.2 Η Αγριαγκινάρα

Η αγριαγκινάρα, είναι ένα πολυετές είδος αγκαθιού, που καλλιεργείται παραδοσιακά σε κάποιες περιοχές της μεσογειακής ζώνης. Είναι πολύ καλά προσαρμοσμένη στο ξηρό κλίμα των μεσογειακών χωρών, επειδή δε είναι χειμερινό φυτό δίνει το μέγιστο των αποδόσεων, ακόμη και χωρίς άρδευση, καθώς φτάνει στο μέγιστο της παραγωγής βιομάζας εκμεταλλευόμενη τις βροχοπτώσεις. Επιπλέον, λόγω του εύρωστου ριζικού συστήματος που διαθέτει, προστατεύει από τη διάβρωση τα επικλινή κι άγονα εδάφη.

Μετά τη συγκομιδή που γίνεται το καλοκαίρι, ο νέος κύκλος αρχίζει με την έναρξη των βροχών και τη βλάστηση των υπογείων οφθαλμών. Το φυτό παίρνει το σχήμα ρόδακα έως την επόμενη άνοιξη που αναπτύσσονται τα στελέχη. Αργότερα αναπτύσσονται διακλαδώσεις στην κορυφή του φυτού και σχηματίζονται αρκετές κεφαλές ανά βλαστό. Το καλοκαίρι, τα υπέργεια μέρη του φυτού ξηραίνονται ενώ τα υπόγεια, οι ρίζες και οι οφθαλμοί στη βάση του βλαστού, διατηρούνται ζωντανά. Από πειράματα, που έχουν πραγματοποιηθεί τα τελευταία χρόνια, τόσο στην Ισπανία, όσο και στην Ελλάδα, αποδεικνύεται ότι η αγριαγκινάρα είναι ένα φυτό, με πολύ καλή προσαρμοστικότητα και υψηλές αποδόσεις. Στην Ελλάδα, το τελικό ύψος του φυτού έφτασε τα 2,6 μέτρα και η παραγωγή ξηράς ουσίας, ανάλογα με την πυκνότητα φύτευσης επί των γραμμών, κυμάνθηκε από 1,7 έως 3,3 τόνους/ στρέμμα, ενώ σε αντίστοιχα πειράματα στην Ισπανία, οι αποδόσεις κυμάνθηκαν από 0,4 έως 1,5 τόνους/ στρέμμα. Η καταλληλότερη εποχή συγκομιδής της αγριαγκινάρας στην Ελλάδα, εντοπίζεται στο διάστημα από τέλη Ιουλίου έως αρχές Αυγούστου. Η θερμογόνο δύναμη, για τα διάφορα μέρη του φυτού της αγριαγκινάρας, κυμαίνεται από 3.474 kcal/kg, για τα φύλλα και τα βράκτια

φύλλα και σε 5.912 kcal/kg, για τους σπόρους. Αυτό συμβαίνει λόγω της υψηλής περιεκτικότητας των σπόρων σε έλαια. Σημαντικές διαφορές στη θερμογόνο δύναμη, παρουσιάζονται ανάμεσα στα διάφορα μέρη του φυτού. Τα φύλλα, τα οποία έχουν μικρή θερμογόνο δύναμη, παρουσιάζουν μεγάλη περιεκτικότητα σε τέφρα, περίπου 14 %. Στα υπόλοιπα φυτικά μέρη, το ποσοστό της τέφρας κυμαίνεται από 3,3 % ως 5,3 %. Με βάση τη θερμογόνο δύναμη των διάφορων φυτικών τμημάτων και τις αντίστοιχες αποδόσεις σε ξηρή βιομάζα, το ενεργειακό περιεχόμενο της καλλιέργειας, ανάλογα με τις καλλιεργητικές τεχνικές, ποικίλει από 0,6 ως 1,2 ΤΙΠ/ στρέμμα. Οι πιθανές ενεργειακές χρήσεις της αγριαγκινάρας είναι για την παραγωγή θερμικής κι ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και βιοελαίου.

Αγριαγκινάρα (*Cynara cardunculus* L.)



- ✓ **Σπορά:** Άνοιξη - Φθινόπωρο
 - ✓ **Συγκομιδή:** Καλοκαίρι (Ιούλιος, Αύγουστος)
- Πολυετές είδος αγκαθιού, που καλλιεργείται παραδοσιακά σε κάποιες περιοχές της μεσογειακής ζώνης.
 - Πολύ καλά προσαρμοσμένη στο ξηρό κλίμα των μεσογειακών χωρών.
 - Ως χειμερινό φυτό έχει τη δυνατότητα να εκμεταλλεύεται τις βροχοπτώσεις και να δίνει το μέγιστο των αποδόσεων, ακόμη και χωρίς άρδευση.
 - Λόγω του εύρωστου ριζικού συστήματος που διαθέτει προστατεύει από τη διάβρωση τα επικλινή κι άγονα εδάφη.

Εικόνα 1.5 Ιδιότητες Αγριαγκινάρας [4]

1.4.2.3.3 Ο Μίσχανθος

Ο μίσχανθος είναι ένα αγροστώδες, πολυετές, ριζωματώδες φυτό, που κατάγεται από τις χώρες της νοτιο-ανατολικής Ασίας και καλλιεργείται στην Ευρώπη, εδώ και πολλά χρόνια, σαν καλλωπιστικό φυτό. Στη νότια Ευρώπη κι ειδικότερα στην Ελλάδα, παρουσιάζει πολύ καλή προσαρμοστικότητα, έχει καλές αποδόσεις κι η περιεκτικότητά του σε υγρασία είναι σχετικά χαμηλή. Χαρακτηρίζεται από σχετικά υψηλές αποδόσεις σε χλωρή και ξηρή ουσία, χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία και ανθεκτικότητα σε ασθένειες και παθογόνα. Οι αποδόσεις του μίσχανθου διαφοροποιούνται ανάλογα με την περιοχή και τις κλιματικές συνθήκες. Μία γενική εκτίμηση είναι ότι οι αποδόσεις αυξάνουν σημαντικά από το δεύτερο έτος μετά την εγκατάσταση. Στην Ελλάδα, από τα μέχρι τώρα δεδομένα, που συλλέχθηκαν από τα σχετικά

πειράματα, προέκυψε ότι ο μέσος όρος ύψους της φυτείας φτάνει τα 3 μέτρα και η παραγωγή ξηρής ουσίας κυμάνθηκε από 0,8 έως 3 τόνους ανά στρέμμα ανά έτος. Η άρδευση αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την επίτευξη της μέγιστης παραγωγής. Ευνοϊκή περίοδος, για τη συγκομιδή του μίσχανθου, θεωρείται το διάστημα από τέλη Νοεμβρίου έως και τέλη Φεβρουαρίου, όταν το φυτό ξεραίνεται με φυσικό τρόπο στον αγρό. Σύμφωνα με αναλύσεις δειγμάτων μίσχανθου, τα στελέχη έχουν υψηλή θερμιδική αξία (μέση τιμή 17,3 MJ/kg ξηρού βάρους). Η περιεκτικότητα σε τέφρα των στελεχών (μέση τιμή 1,64 % επί του ξηρού βάρους) είναι σχετικά χαμηλή, αυξάνοντας τη θερμιδική τους αξία. Τα τελευταία χρόνια, εξετάζεται η πιθανότητα χρησιμοποίησής του, ως ενεργειακής καλλιέργειας, αλλά και για κατασκευή δομικών υλικών.

Μίσχανθος (*Miscanthus x giganteus*)



- ✓ **Φύτευση ριζωμάτων:** τέλη Φεβρουαρίου
- ✓ **Συγκομιδή:** από Δεκέμβριο ως Φεβρουάριο

- Πολυετές ριζωματώδες φυτό που ανήκει στα αγροστώδη (Gramineae).
- Προέρχεται από την Ανατολική Ασία, όπου απαντάται σε περιοχές με τροπικό, υποτροπικό έως εύκρατο κλίμα.
- Ο γονότυπος που χρησιμοποιείται εισάχθηκε από την Ιαπωνία το 1930.
- Η καλλιέργειά του παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα αφού μπορούν να παραχθούν σημαντικές ποσότητες βιομάζας ακόμη και σε συνθήκες μειωμένων εισροών (λίπανση, ζιζανιοκτονία).
- Μπαίνει σε υψηλή παραγωγικότητα από τον τρίτο χρόνο καλλιέργειας.

Εικόνα 1.6 Ιδιότητες Μίσχανθου [8]

1.4.2.3.4 To Switchgrass

Είναι ένα πολυετές, αγροστώδες φυτό. Το ριζικό του σύστημα μπορεί να ξεπεράσει τα 3 μέτρα σε βάθος. Σχηματίζει λεπτά ριζώματα και από τους οφθαλμούς τους εκπύσσονται, νωρίς την άνοιξη, αρκετά λεπτά στελέχη διαμέτρου 10 χιλιοστών. Η εγκατάσταση του φυτού γίνεται με σπόρους και στην Ελλάδα λαμβάνει χώρα το Μάιο όταν η θερμοκρασία εδάφους ξεπεράσει τους 10-15°C. Η αναβλάστηση του φυτού γίνεται το δεύτερο δεκαπενθήμερο του Μαρτίου. Οι νεαροί βλαστοί είναι ευαίσθητοι στους παγετούς αλλά το φυτό έχει την ικανότητα να αναβλαστάνει ακόμα και μετά από σημαντικές νεκρώσεις βλαστών λόγω χαμηλών θερμοκρασιών. Παράγει πολύ μικρούς σπόρους με βάρος 1000 σπόρων μεταξύ 0,7 έως 2,0 g. Στη συνέχεια επιτελείται μείωση της υγρασίας των φυτικών ιστών και μέχρι τον

Ιανουάριο έχει κατέλθει στο 25%, περίπου. Επομένως κατάλληλη εποχή συγκομιδής είναι το χρονικό διάστημα από τέλη Νοεμβρίου ως και τον Ιανουάριο. Η καλλιέργεια του Switchgrass παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα αφού μπορούν να παραχθούν σημαντικές ποσότητες βιομάζας ακόμη και σε συνθήκες μειωμένων εισροών (λίπανση, ζιζανιοκτονία). Οι αρδευτικές ανάγκες του Switchgrass είναι χαμηλές αφού χαρακτηρίζεται από αποδοτική χρήση του νερού. Πειράματα που έχουν εκτελεστεί έδειξαν ότι αρδεύσεις συνολικού ύψους 400mm είναι αρκετές για ικανοποιητική παραγωγή. Η λίπανση μπορεί να έχει σημαντική επίπτωση στην παραγωγή αφού η απόδοση καλλιεργειών που δε δέχθηκαν αζωτούχο λίπανση κυμάνθηκε περί τους 1,4 τόνους ξηρής βιομάζας το στρέμμα ενώ την ίδια περίοδο οι στρεμματικές αποδόσεις καλλιέργειας που εφαρμόστηκε λίπανση 4 και 12 kg αζώτου το στρέμμα ήταν 2,1 και 2,5 τόνοι ξηρής βιομάζας, αντίστοιχα. Τέλος η άρδευση φαίνεται να έχει σημαντικό ρόλο στις αποδόσεις του φυτού σε περιοχές όπου δεν παρατηρούνται βροχοπτώσεις κατά την περίοδο Ιουνίου – Αυγούστου. Στην περιοχή της κεντρικής Ελλάδας όπου οι βροχοπτώσεις αυτή την περίοδο είναι σπάνιες οι αποδόσεις κυμάνθηκαν από 1,7 τόνους ξηρής βιομάζας για τα μη αρδευόμενα φυτά έως τους 2,1 τόνους για την αρδευόμενη καλλιέργεια. Παραγωγή υγρών ή στερεών βιοκαυσίμων ή βιομηχανικές πρώτες ύλες είναι οι κύριες ενεργειακές χρήσεις που μπορεί να έχει στο μέλλον η καλλιέργεια Switchgrass στην Ελλάδα.

Switchgrass (*Panicum virgatum* L.)



- Πολυετές ριζωματώδες φυτό που ανήκει στα αγροστώδη (Gramineae).
 - Αυτόχθονο στη Νότιο Αμερική
 - Παραδοσιακά καλλιεργούμενο στις ΗΠΑ σε βοσκότοπους και λειμώνες τα τελευταία 50 χρόνια.
 - Η καλλιέργεια του παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα αφού μπορούν να παραχθούν σημαντικές ποσότητες βιομάζας ακόμη και σε συνθήκες μειωμένων εισροών (λίπανση, ζιζανιοκτονία).
 - Οι αρδευτικές ανάγκες του Switchgrass είναι χαμηλές αφού χαρακτηρίζεται από αποδοτική χρήση του νερού.
- ✓ **Σπορά:** Άνοιξη
 - ✓ **Συγκομιδή:** από Νοέμβριο ως Φεβρουάριο

Εικόνα 1.7 Ιδιότητες Switchgrass [8]

1.4.2.4 Ετήσιες ενεργειακές καλλιέργειες

1.4.2.4.1 Το Κενάφ

Το κενάφ είναι ένα ετήσιο φυτό μικρής ημέρας, με κυτταρίνες υψηλής ποιότητας. Τα στελέχη αποτελούνται από ένα κεντρικό δακτύλιο με ίνες μικρού μήκους και το φλοιό με ίνες μεγάλου μήκους. Από τις τελευταίες μπορεί να παραχθεί χαρτί ανώτερης ποιότητας. Είναι φυτό των τροπικών και υποτροπικών κλιμάτων που ευδοκιμεί σε εδάφη αμμοπηλώδη, ουδέτερης αντίδρασης, καλά στραγγιζόμενα, με οργανική ουσία καλής ποιότητας. Μπορεί ωστόσο να προσαρμοστεί σε ένα μεγάλο εύρος εδαφοκλιματικών συνθηκών. Στην Ελλάδα το κενάφ μελετάται από το 1994 από το ΚΑΠΕ σε μικρούς πειραματικούς αγρούς (έως 3 στρέμματα) σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας. Αντικείμενο της έρευνας αποτελούν η προσαρμοστικότητα του φυτού στις Ελληνικές κλιματολογικές συνθήκες, καθώς και η επίδραση διαφόρων πυκνοτήτων φυτών στην ανάπτυξη και στις τελικές αποδόσεις, όπως επίσης και η δυνατότητα χρήσης του φυτού ως στερεό καύσιμο και βιομηχανικό προϊόν (χαρτοπολτός, μορισανίδες, κλπ).

Οι αποδόσεις σε ξηρή βιομάζα κυμάνθηκαν από 0,7 έως 2,4 τόνοι/ στρέμμα. Οι υψηλότερες αποδόσεις τόσο σε χλωρή βιομάζα όσο και σε ξηρή ουσία καταγράφηκαν στις όψιμες ποικιλίες, οι οποίες καλλιεργήθηκαν κάτω από τη μεγαλύτερη πυκνότητα φυτών. Η παραγωγή σπόρου ήταν δυνατή μόνο στις πρώιμες ποικιλίες (άνθιση στο τέλος του Ιουλίου). Στις όψιμες ποικιλίες τα φυτά άνθισαν στο τέλος του Σεπτεμβρίου και οι σπόροι δεν είχαν αρκετό χρόνο για να ωριμάσουν, με αποτέλεσμα η σποροπαραγωγή να είναι αδύνατη. Στην Ελλάδα η συγκομιδή του κενάφ εντοπίζεται στο διάστημα από το Νοέμβριο έως και τον Ιανουάριο ανάλογα με την τελική χρήση. Τότε τα στελέχη δεν έχουν φύλλα (δεδομένου ότι τα φύλλα πέφτουν μετά από ένα παγετό) και η συγκομιδή μπορεί να γίνει με μία συμβατική συλλεκτική μηχανή. Διάφορα υβρίδια καλλιεργούνται στη Γαλλία, Ιταλία και Ελλάδα, κάτω από διαφορετικές καλλιεργητικές τεχνικές, με σκοπό την αξιολόγησή της παραγωγικότητας και της πιθανότητας χρήσης τους, ως πρώτη ύλη για την παραγωγή χαρτοπολτού και για ενεργειακούς σκοπούς.

Κενάφ (*Hibiscus cannabinus* L.)



- ✓ **Σπορά:** Μάιος
- ✓ **Συγκομιδή:** Οκτώβριος-Δεκέμβριος (ανάλογα με την τελική χρήση)
- Ετήσιο αγροστόδες φυτό μικρής ημέρας.
- Είναι φυτό των τροπικών και υποτροπικών κλιμάτων. Μπορεί να προσαρμοστεί σε ένα μεγάλο εύρος κλιματικών και εδαφικών συνθηκών.
- Τα στελέχη αποτελούνται από ένα κεντρικό δακτύλιο με ίνες μικρού μήκους και το φλοιό με ίνες μεγάλου μήκους. Από τις τελευταίες μπορεί να παραχθεί χαρτί ανώτερης ποιότητας.
- Η καλλιέργειά του παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα αφού μπορούν να παραχθούν σημαντικές ποσότητες βιομάζας ακόμη και σε συνθήκες μειωμένων εισροών (άρδευση, λίπανση, ζιζανιοκτονία).

Εικόνα 1.8 Ιδιότητες Κενάφ [8]

1.4.2.4.2 Η Ελαιοκράμβη

Η ελαιοκράμβη (*Brassica* spp..) είναι ετήσιο φυτό, κι ανήκει στη οικογένεια των Σταυρανθών ή Βρασσικίδων (*Cruciferae* or *Brassicaceae*). Πολλαπλασιάζεται με σπόρο και καλλιεργείται κυρίως σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή ελαίου και σε μικρότερη έκταση για τα φύλλα της (για ανθρώπινη κατανάλωση, ζωοτροφή και λίπανση). Ο μικρός στρογγυλός σπόρος της έχει κατά μέσο όρο μεγάλη περιεκτικότητα σε λάδι (30–50%). Μετά την εξαγωγή του ελαίου, τα υπολείμματά της (η λεγόμενη πίτα) χρησιμοποιούνται στην κτηνοτροφία καθώς έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (10- 45%). Η ελαιοκράμβη θεωρείται παγκοσμίως ως το τρίτο σημαντικότερο ελαιοπαραγωγό φυτό, μετά τη σόγια, και το φοίνικα και πριν τον ηλιάνθο. Οι τεχνικές καλλιέργειας είναι όμοιες με εκείνες των χειμερινών σιτηρών. Η *Brassica napus* L. είναι διαδεδομένη στα εύκρατα δροσερά κλίματα και υπάρχει σε δύο τύπους καλλιέργειας, τη χειμερινή και την ανοιξιάτικη. Η *Brassicxa carinata* L.Braun είναι φυτό, αιθιοπικής προέλευσης, ψηλό, με μεγάλη φυλλική επιφάνεια συγγενές της ελαιοκράμβης (*Brassica napus* L.) και βάση των πειραμάτων παρουσιάζει πολύ καλή προσαρμοστικότητα και ικανοποιητική παραγωγικότητα στις μεσογειακές εδαφοκλιματικές συνθήκες. Καλλιεργείται και σαν χειμερινή σε περιοχές με ήπιο χειμώνα, ενώ σε αυτές με βαρύ χειμώνα προτείνεται μόνο ως ανοιξιάτικη καλλιέργεια. Από πειράματα, που πραγματοποιήθηκαν τα τελευταία χρόνια στις μεσογειακές χώρες (Ευρωπαϊκό Δίκτυο για την ελαιοκράμβη: FAIR CT98 – 1946) προέκυψαν θετικά αποτελέσματα, όσον αφορά στην προσαρμοστικότητα και την παραγωγικότητα της καλλιέργειας. Συγκεκριμένα, οι αποδόσεις σε σπόρο καθώς και σε ξηρή βιομάζα, ανάλογα με την ποικιλία, τις καλλιεργητικές

τεχνικές και τις επικρατούσες εδαφοκλιματικές συνθήκες κυμάνθηκαν από 150 έως 300 κιλά/στρέμμα και 300 ως 800 κιλά/στρέμμα, αντίστοιχα.

Ελαιοκράμβη (*Brassica napus* L., *B. carinata* L. Braun)



✓ Σπορά:

Χειμερινές ποικιλίες: Σεπτέμβριος - Δεκέμβριος:

Εαρινές ποικιλίες: Μάρτιος -Απρίλιος

✓ Συγκομιδή: Ιούλιος

- Ετήσιο φυτό που ανήκει στη οικογένεια των Σταυρανθών.
- Καλλιεργείται κυρίως για παραγωγή ελαίου και για ανθρώπινη κατανάλωση, ζωοτροφή και λίπανση). Μετά την εξαγωγή του ελαίου, τα υπολείμματά της (η λεγόμενη πίτα) χρησιμοποιούνται στην κτηνοτροφία λόγω υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη.
- Θεωρείται παγκοσμίως ως το τρίτο σημαντικότερο ελαιοπαραγωγό φυτό, μετά τη σόγια και το φοινικέλαιο. Ο μικρός στρογγυλός σπόρος της έχει κατά μέσο όρο μεγάλη περιεκτικότητα σε λάδι (30-50%) και η πίτα της είναι πολύ πλούσια σε πρωτεΐνη (10-45%).
- Οι τεχνικές καλλιέργειες είναι όμοιες με εκείνες των χειμερινών σιτηρών.

Εικόνα 1.9 Ιδιότητες Ελαιοκράμβης [8]

1.4.2.4.3 Το Γλυκό σόργο

Το γλυκό σόργο είναι ένα μονοετές φυτό, με μεγάλη φωτοσυνθετική ικανότητα, υψηλές αποδόσεις σε βιομάζα, υψηλό ποσοστό σε διαλυτά σάκχαρα και κυτταρίνες, και σχετικά χαμηλές απαιτήσεις σε άρδευση και λίπανση. Προσαρμόζεται εύκολα σε διάφορα είδη εδαφών και σε ποικίλες κλιματικές συνθήκες. Στην Ελλάδα έχουν εξεταστεί την τελευταία δεκαετία αρκετές ποικιλίες (Keller, Wray, Mn1500, κ.ά.). Οι αποδόσεις τους ποικίλουν, ανάλογα με την περιοχή, τις κλιματικές συνθήκες, τη γονιμότητα του εδάφους και τις καλλιεργητικές τεχνικές, που εφαρμόζονται. Η απόδοση σε χλωρή βιομάζα κυμάνθηκε από 5,0 έως 8,0 τόνους/στρέμμα ενώ σε μεμονωμένες περιπτώσεις παρατηρήθηκαν αποδόσεις που έφτασαν τους 14,1 τόνους/στρέμμα. Από τους παράγοντες που εξετάστηκαν, η άρδευση αποτελεί καθοριστικό στοιχείο για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων, ενώ η αζωτούχος λίπανση δεν έδειξε να επηρεάζει καθοριστικά τις αποδόσεις. Η αναλογία σε σάκχαρα, ποικίλει από 9 - 13,2 % επί του χλωρού βάρους των στελεχών. Πρέπει να σημειωθεί ότι η προαναφερθείσα ποσότητα σακχάρων επιτυγχάνεται στις αρχές Σεπτεμβρίου για τις πρώιμες ποικιλίες, και περίπου ένα μήνα αργότερα για τις όψιμες. Σύμφωνα με πειραματικά δεδομένα, που βασίζονται στο χλωρό βάρος των στελεχών και στην περιεκτικότητά τους σε σάκχαρα, μπορεί να εξασφαλιστεί, θεωρητικά, μέση παραγωγή αιθανόλης 675 λίτρων /στρέμμα.

Γλυκό σόργο (*Sorghum bicolor* L. Moench)



- ✓ **Σπορά:** Μάιος
- ✓ **Συγκομιδή:** Οκτώβριος

- Ετήσιο αγροστώδες φυτό.
- Προέρχεται από την Ασία και απαντάται σε περιοχές με υποτροπικό έως εύκρατο κλίμα.
- Η καλλιέργειά του παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα αφού μπορούν να παραχθούν σημαντικές ποσότητες βιομάζας ακόμη και σε συνθήκες μειωμένων εισροών (άρδευση, λίπανση, ζιζανιοκτονία).
- Έχει μεγάλη φωτοσυνθετική ικανότητα, υψηλές αποδόσεις σε βιομάζα, υψηλό ποσοστό σε διαλυτά σάκχαρα και κυτταρίνες.
- Τα τελευταία χρόνια μελετάται ευρύτατα, τόσο στην Ευρώπη, όσο και στις ΗΠΑ, για παραγωγή αλκοόλης από τα στελέχη του.

Εικόνα 1.10 Ιδιότητες Γλυκού Σόργου [8]

Σύμφωνα με τα μέχρι σήμερα αποτελέσματα των ερευνών στη χώρα μας, οι παραγωγικότερες ενεργειακές καλλιέργειες είναι το καλάμι, η αγριαγκινάρα και το γλυκό και ινώδες σόργο, με παραγωγική δυναμικότητα που ξεπερνά τους 2,5 – 3,0 τόνους ξηρής μάζας ανά στρέμμα. Σχετικά με το παραγόμενο προϊόν, από τις ετήσιες καλλιέργειες, το γλυκό σόργο είναι το πλέον υποσχόμενο είδος για παραγωγή της γνωστής βιοαιθανόλης (βενζίνης) και ο ηλίανθος για παραγωγή βιοντίζελ (πετρέλαιο). Από τις πολυετείς ενεργειακές καλλιέργειες, το καλάμι και η αγριαγκινάρα ενδείκνυνται για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και για θέρμανση (στερεά καύσιμα) καλλιεργούμενα σε εδάφη με υψηλή υπόγεια στάθμη νερού και ξηρικά – χαμηλής γονιμότητας, αντίστοιχα.

1.4.3 κριτήρια επιλογής ενεργειακών καλλιεργειών

Τα κριτήρια για την τελική επιλογή της κατάλληλης ενεργειακής καλλιέργειας σε μια περιοχή , γενικά, είναι

- προσαρμογή στις εδαφοκλιματικές συνθήκες.
- ευκολία εισαγωγής στο υπάρχον σύστημα εναλλαγής καλλιεργειών.
- σταθερές αποδόσεις (ποσοτικά και ποιοτικά) που να προσφέρουν ανταγωνιστικό εισόδημα έναντι των παραδοσιακών καλλιεργειών.
- καλλιεργητικές τεχνικές σύμφωνες με την αειφόρο γεωργία.
- ανθεκτικότητα σε εχθρούς και ασθένειες.
- χρήση υπάρχόντων γεωργικών εργαλείων και μηχανημάτων (κυρίως για τη συγκομιδή) ή με μικρές μετατροπές αυτών.
- διαθεσιμότητα κατάλληλου γενετικού υλικού.
- θετικό ενεργειακό ισοζύγιο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΚΑΙ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ

2.1 Παγκόσμιο και Ελληνικό Δυναμικό

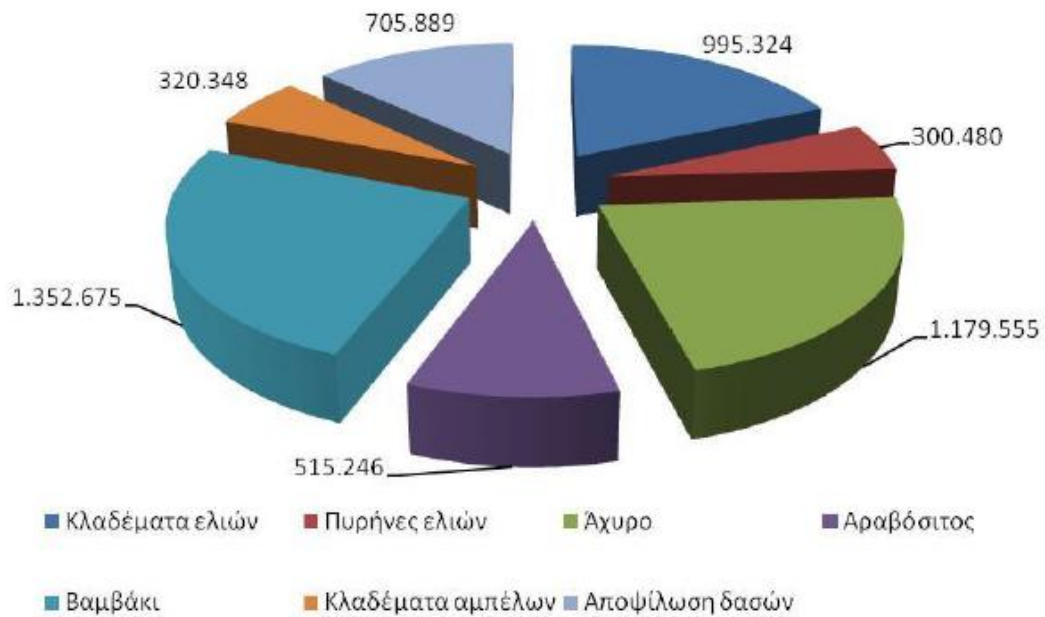
Η βιομάζα που παράγεται κάθε χρόνο στον πλανήτη μας υπολογίζεται ότι ανέρχεται σε 172 δισεκ. τόνους ξηρού υλικού, με ενεργειακό περιεχόμενο δεκαπλάσιο της ενέργειας που καταναλίσκεται παγκοσμίως στο ίδιο διάστημα. Το τεράστιο αυτό ενεργειακό δυναμικό παραμένει κατά το μεγαλύτερο μέρος του ανεκμετάλλευτο, 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, ελαιοπυρηνόξυλα, κουκούτσια ροδάκινων 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

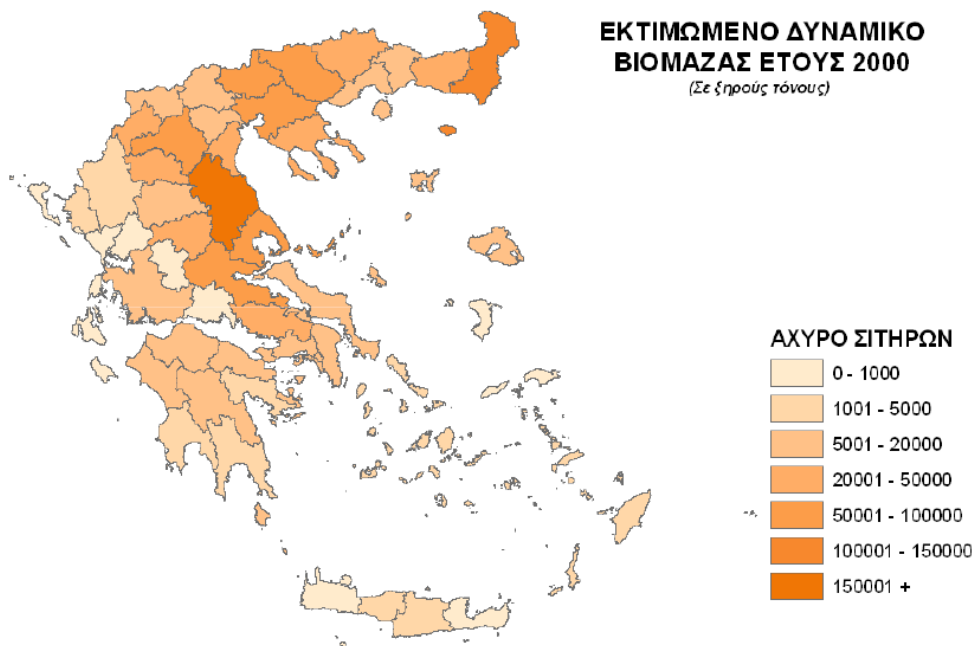
συμφέρουσα. Παράλληλα με την αξιοποίηση των διαφόρων γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων, σημαντικές ποσότητες βιομάζας είναι δυνατό να ληφθούν από τις ενεργειακές καλλιέργειες. Συγκριτικά με τα γεωργικά και δασικά υπολείμματα, οι καλλιέργειες αυτές έχουν το πλεονέκτημα της υψηλότερης παραγωγής ανά μονάδα επιφανείας, καθώς και της ευκολότερης συλλογής. Στο σημείο αυτό, αξίζει να σημειωθεί ότι οι ενεργειακές καλλιέργειες αποκτούν τα τελευταία χρόνια ιδιαίτερη σημασία για τις ανεπτυγμένες χώρες, που προσπαθούν, μέσω των καλλιεργειών αυτών, να περιορίσουν, 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 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 ΜΤΙΠ (1 ΜΤΙΠ= 106 ΤΙΠ, όπου ΤΙΠ 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:

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

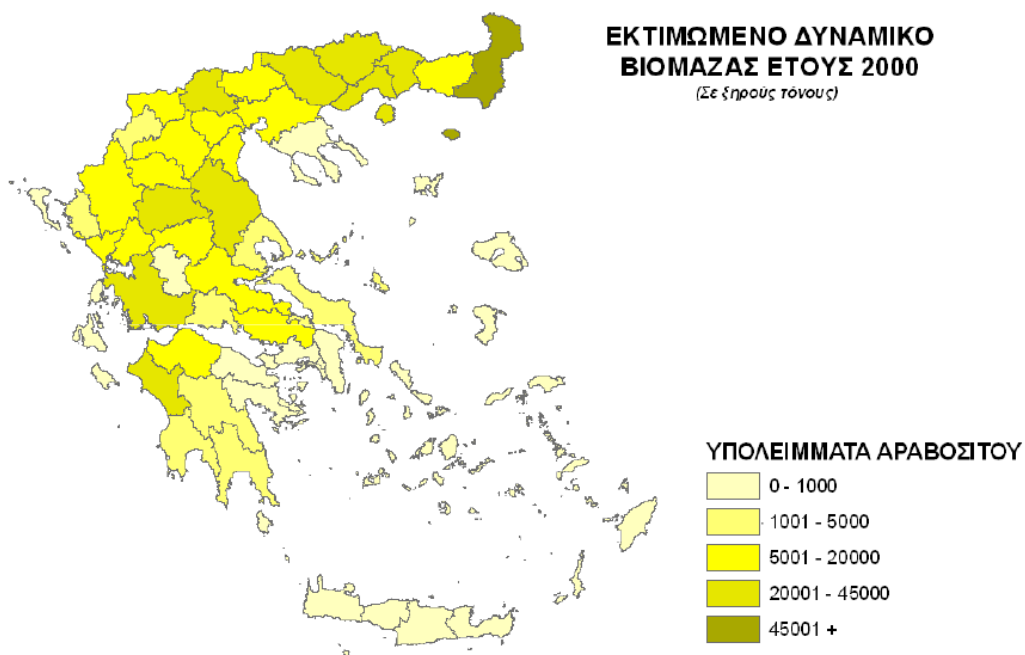
Σύμφωνα με το ΚΑΠΕ το θεωρητικό δυναμικό της χώρας για ηλεκτροπαραγωγή και παραγωγή θερμικής ενέργειας από αγροτικά υπολείμματα ανέρχεται σε 27,7 TWh. Σημειωτέον ότι το 2012, η συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα ήταν 56,4 Κατανομή ετήσιας παραγωγής βιομάζας σε τόνους ανά κατηγορία αγροτικού υπολείμματος στην Ελλάδα (ΚΑΠΕ, 2007)



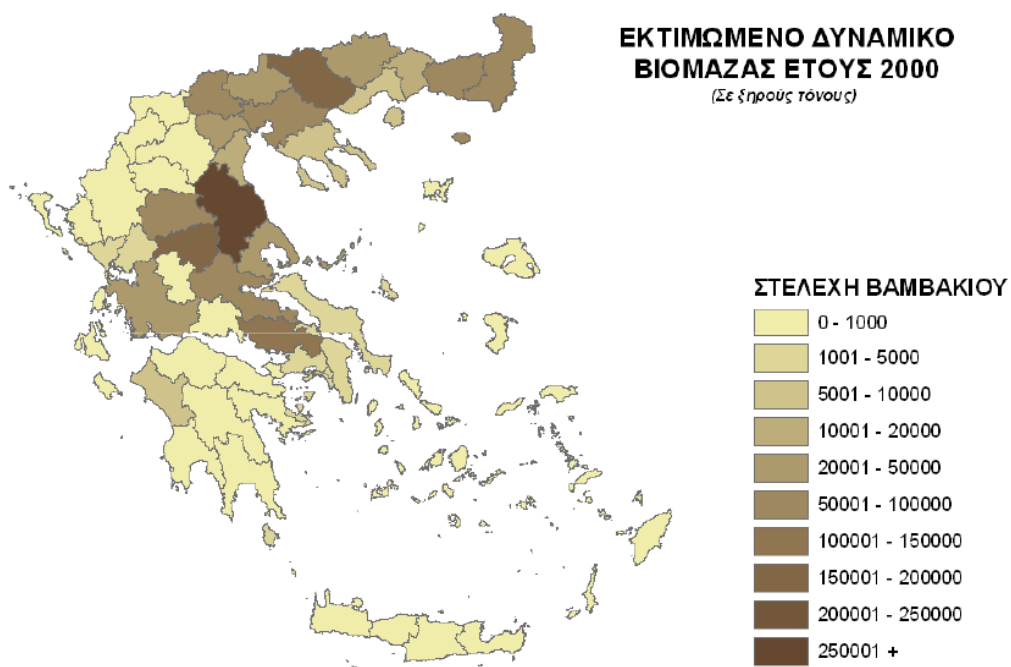
Διάγραμμα 2.1 Κατανομή ετήσιας παραγωγής βιομάζας σε τόνους ανά κατηγορία αγροτικού υπολείμματος στην Ελλάδα [12]



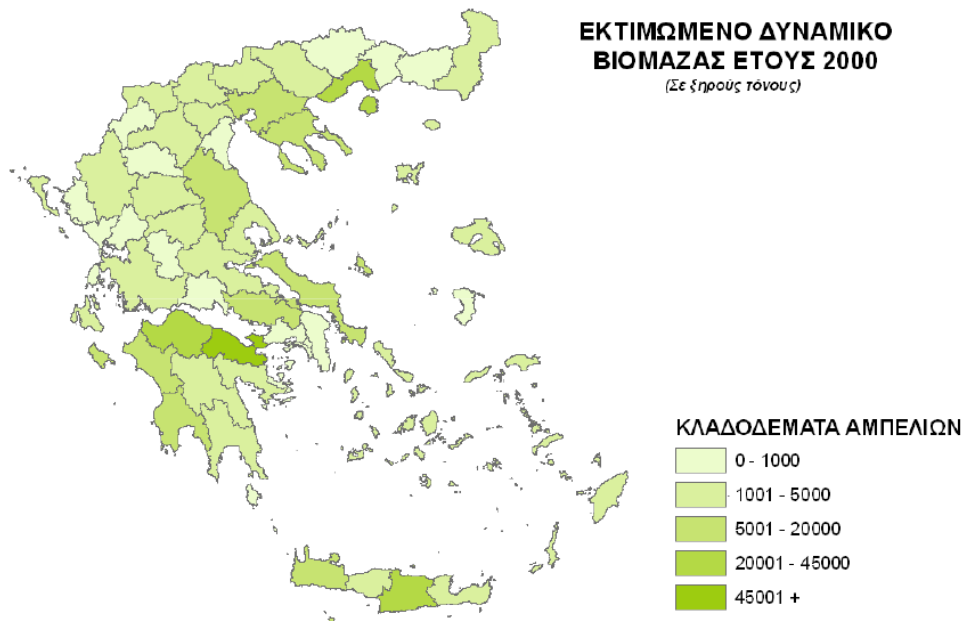
Διάγραμμα 2.2 Εκτιμώμενο δυναμικό βιομάζας στην Ελλάδα από Άχυρο Σιτηρών Έτους 2000 [8]



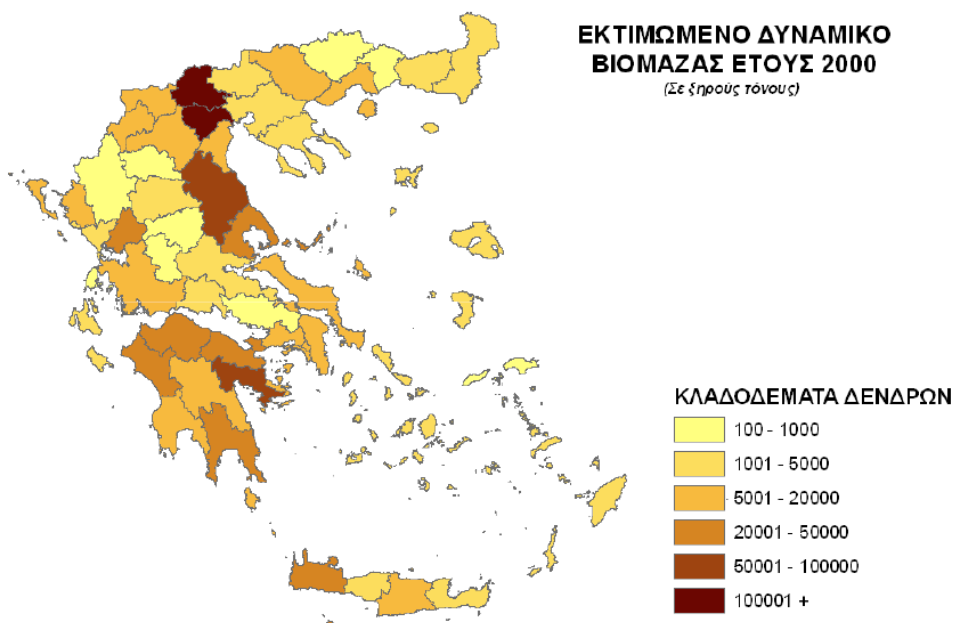
Διάγραμμα 2.3 Εκτιμώμενο δυναμικό βιομάζας στην Ελλάδα Αραβοσίτου Έτους 2000 [8]



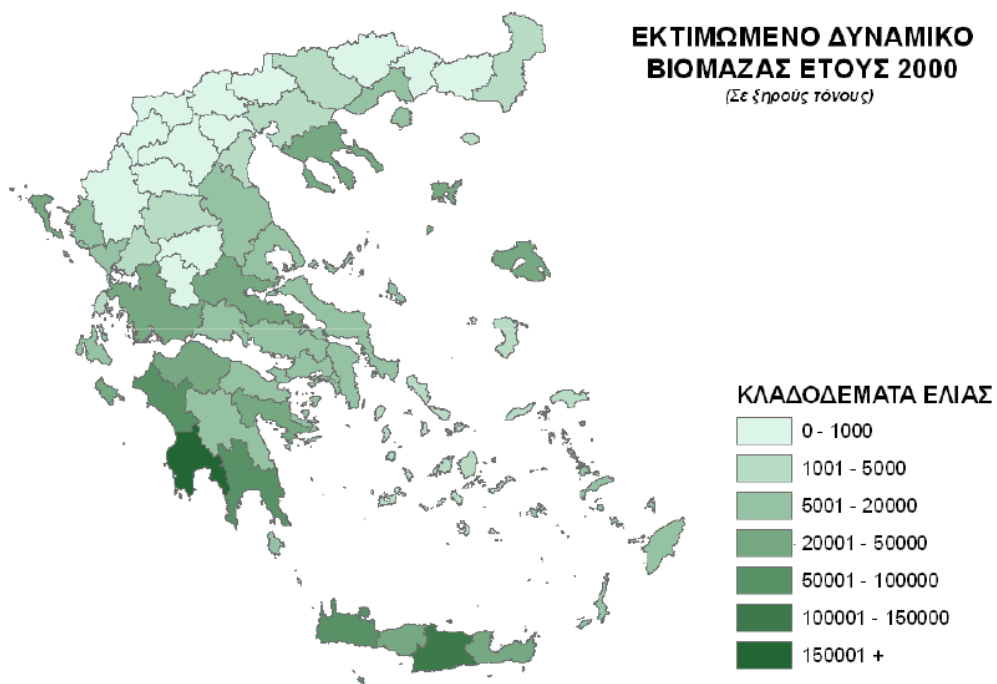
Διάγραμμα 2.4 Εκτιμώμενο δυναμικό βιομάζας στην Ελλάδα για Βαμβάκι Έτους 2000 [8]



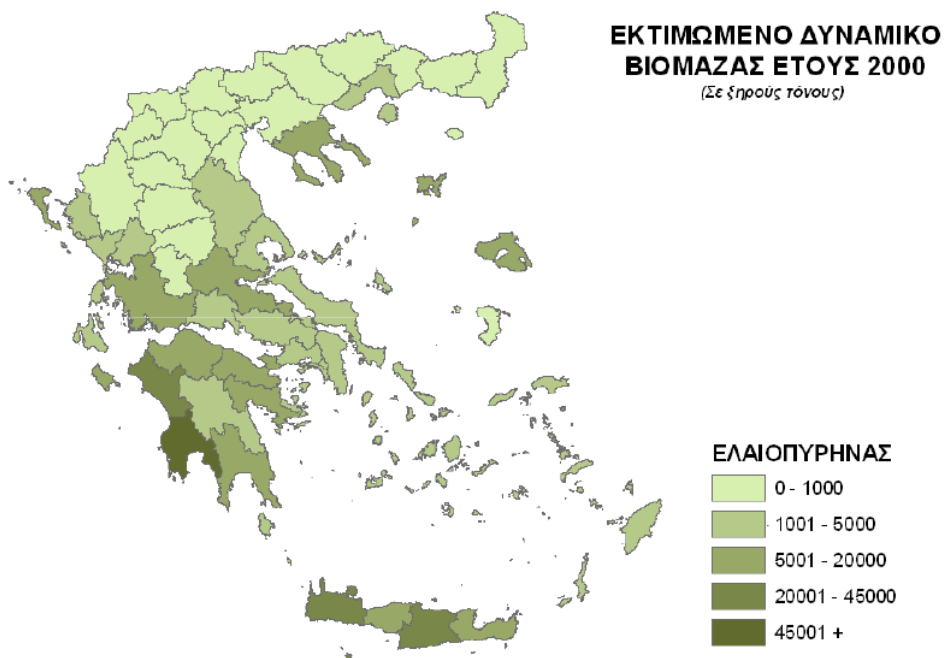
Διάγραμμα 2.5 Εκτιμώμενο δυναμικό βιομάζας στην Ελλάδα από κλαδοδέματα αμπελιών Έτους 2000 [8]



Διάγραμμα 2.6 Εκτιμώμενο δυναμικό βιομάζας στην Ελλάδα από κλαδοδέματα δένδρων Έτους 2000 [8]



Διάγραμμα 2.7 Εκτιμώμενο δυναμικό βιομάζας στην από κλαδοδέματα ελιάς Έτους 2000 [8]



Διάγραμμα 2.8 Εκτιμώμενο δυναμικό βιομάζας στην Ελλάδα από ελαιοπυρήνα Έτους 2000 [8]

2.2 Δυναμικό Βιομάζας για τον Νομό Ηλείας

Ο νομός Ηλείας καταλαμβάνει το βορειοδυτικό τμήμα της Πελοποννήσου και συνορεύει βορειοανατολικά με το νομό Αχαΐας νοτιοανατολικά με το νομό Αρκαδίας νότια με το νομό Μεσσηνίας ενώ δυτικά βρέχεται από το Ιόνιο πέλαγος. Ο νομός Ηλείας υπάγεται στην περιφέρεια δυτικής Ελλάδας έχει έκταση 2.618 τετραγωνικά χιλιόμετρα και ο πληθυσμός του ανέρχεται περίπου σε 193.288 κατοίκους, καταλαμβάνοντας ποσοστό 23,06% της συνολικής έκτασης και 27% του συνολικού πληθυσμού της περιφέρειας αντιστοίχως. Ο νομός διοικητικά, διαιρείται σε δύο επαρχίες, της Ηλείας και της Ολυμπίας, ενώ με βάση το πρόγραμμα «Καποδίστριας» η πρωτοβάθμια τοπική αυτοδιοίκηση συγκροτείται από είκοσι δύο δήμους. Πρωτεύουσα του νομού είναι ο Πύργος με 18437 κατοίκους. Η γεωμορφολογία του εδάφους προσδιορίζεται από πεδινές εκτάσεις που σχηματίζουν την πεδιάδα της Ηλείας, ενώ ορεινή είναι μόνο η επαρχία Ολυμπίας. Οι μεγαλύτεροι ορεινοί όγκοι είναι στα όρια με την Αρκαδία οι πλευρές του Ερύμανθου, με υψηλότερη κορυφή στην Ηλεία τη Λαμπεία και το Σκιαδοβούνι. Νοτιότερα βρίσκεται η Φολόη, ο Λαπίθας και η Μίνθη. Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία της ΕΣΥΕ 1.517 χιλ. στρέμματα είναι πεδινά, 555 χιλ. στρέμματα είναι ημιορεινά και 546

χιλ. στρέμματα είναι ορεινά. Επίσης, ο νομός έχει εκτεταμένη παραθαλάσσια ζώνη στο Ιόνιο πέλαγος με υψηλής ποιότητας αμμώδεις παραλίες. Όπως ήδη αναφέρθηκε, ο νομός Ηλείας διαθέτει μεγάλες πεδινές εκτάσεις ενώ οι ορεινοί όγκοι εντοπίζονται κυρίως στα σύνορα με το

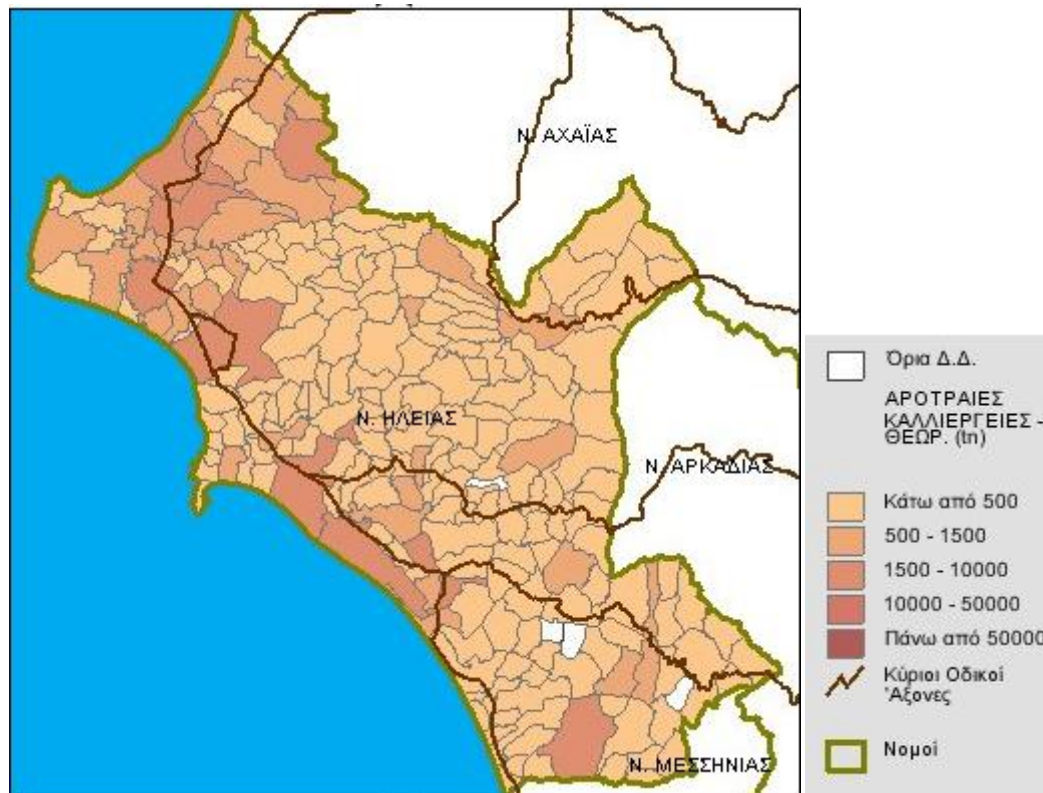


νομό Αρκαδίας και το νομό Μεσσηνίας. Οι γεωργικές εκτάσεις του νομού καταλαμβάνουν το 67% των χρήσεων γης και πιθανότατα ταυτίζονται με τις πεδινές περιοχές που προσφέρουν χωράφια για καλλιέργεια. Οι περισσότερες καλλιέργειες παράγουν μια σειρά από προϊόντα. Κάποια χρήσιμα για τα οποία καλλιεργούνται και κάποια υπολείμματα τα οποία ο αγρότης πρέπει να διαχειριστεί κατάλληλα για να μην εμπλακούν στην επόμενη καλλιέργεια. Τέτοια υπολείμματα είναι το άχυρο των χειμερινών σιτηρών και του καλαμποκιού που σήμερα κατά κανόνα είτε χρησιμοποιούνται στις ζωικές εκτροφές είτε καίγονται, τα στελέχη του βαμβακιού (σήμερα τεμαχίζονται και ενσωματώνονται στο έδαφος), τα κλαδιά του κλαδέματος (σήμερα καίγονται) και άλλα όπως αναλύεται στην παρούσα μελέτη.

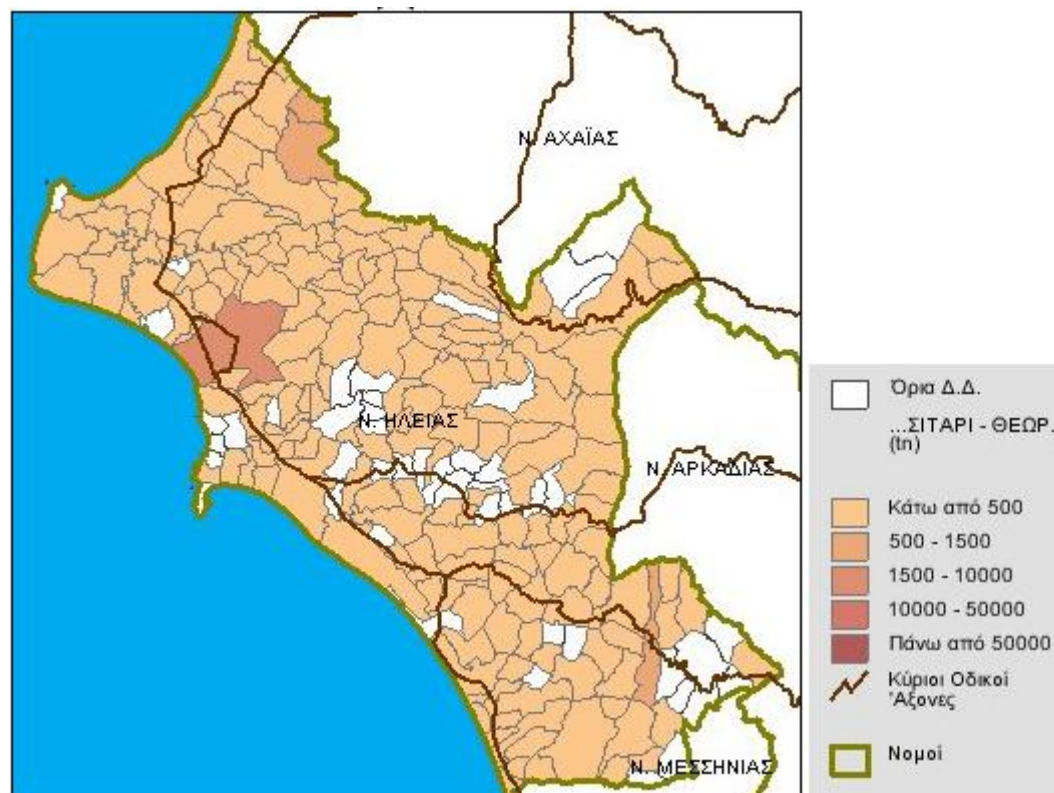


Διάγραμμα 2.9 Γεωφυσικός χάρτης Νομού Ηλείας [17]

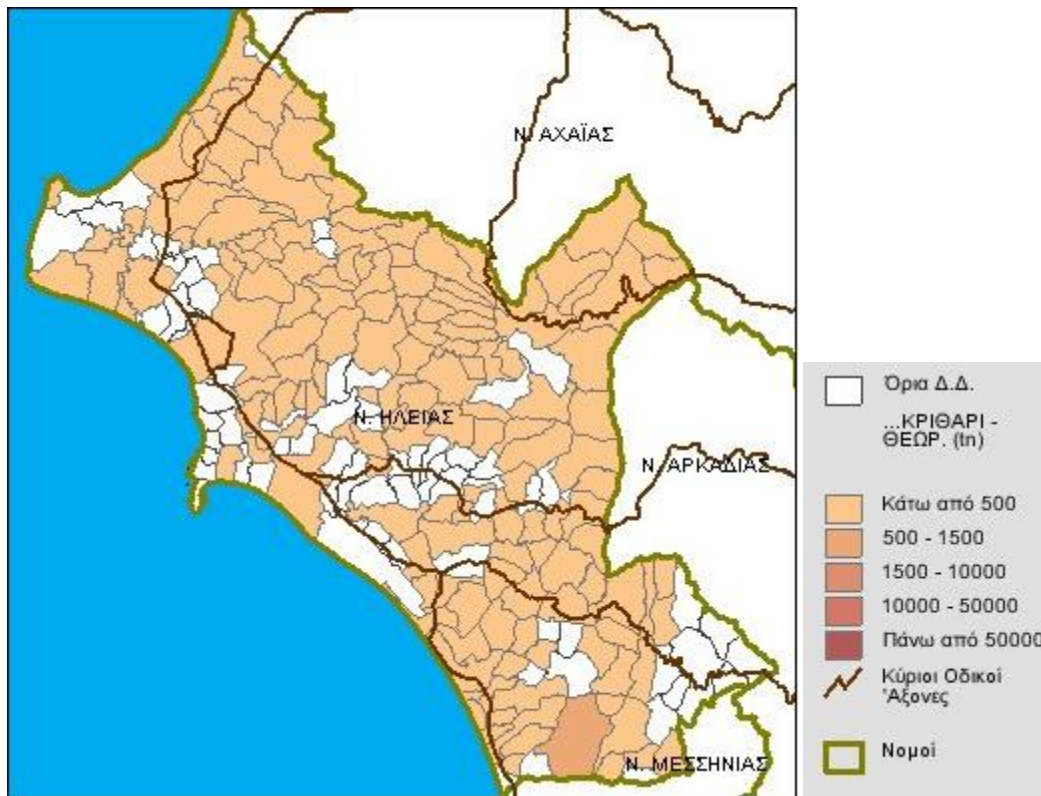
Παρακάτω εμφανίζονται Χάρτες ανάλυσης για το δυναμικό της βιομάζας από αγροτικά υπολείμματα σε επίπεδο δημοτικού διαμερίσματος για την περιοχή του Νομού Ηλείας, και πιο συγκεκριμένα υπολείμματα από καλλιέργειες Σιταριού, Κριθαριού, Βρώμης, Καλαμποκιού, Ρυζιού και Καπνού. Οι παρακάτω Πληροφορίες συλλέχθηκαν από το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής Εθνικό Πληροφοριακό Σύστημα για την Ενέργεια.



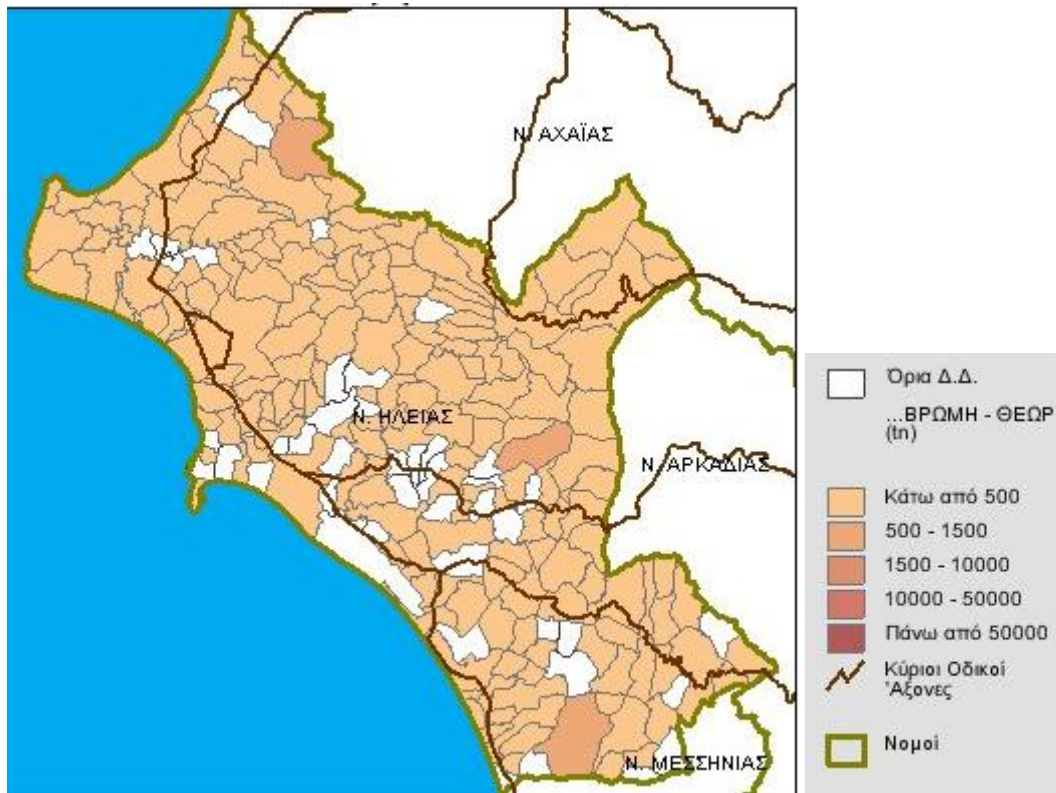
Διάγραμμα 2.10 Υπολείμματα Αγροτραίων καλλιεργειών για τον Νομό Ηλείας [19]



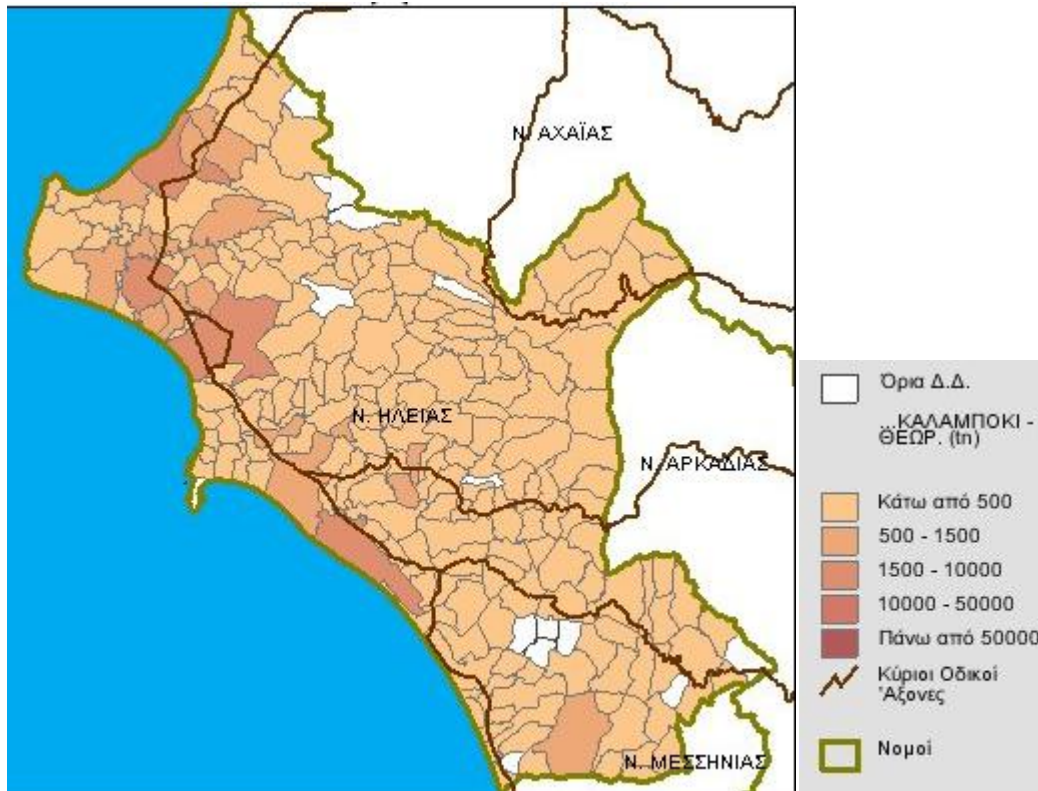
Διάγραμμα 2.11 Υπολείμματα καλλιεργειών Σιταριού για τον Νομό Ηλείας [19]



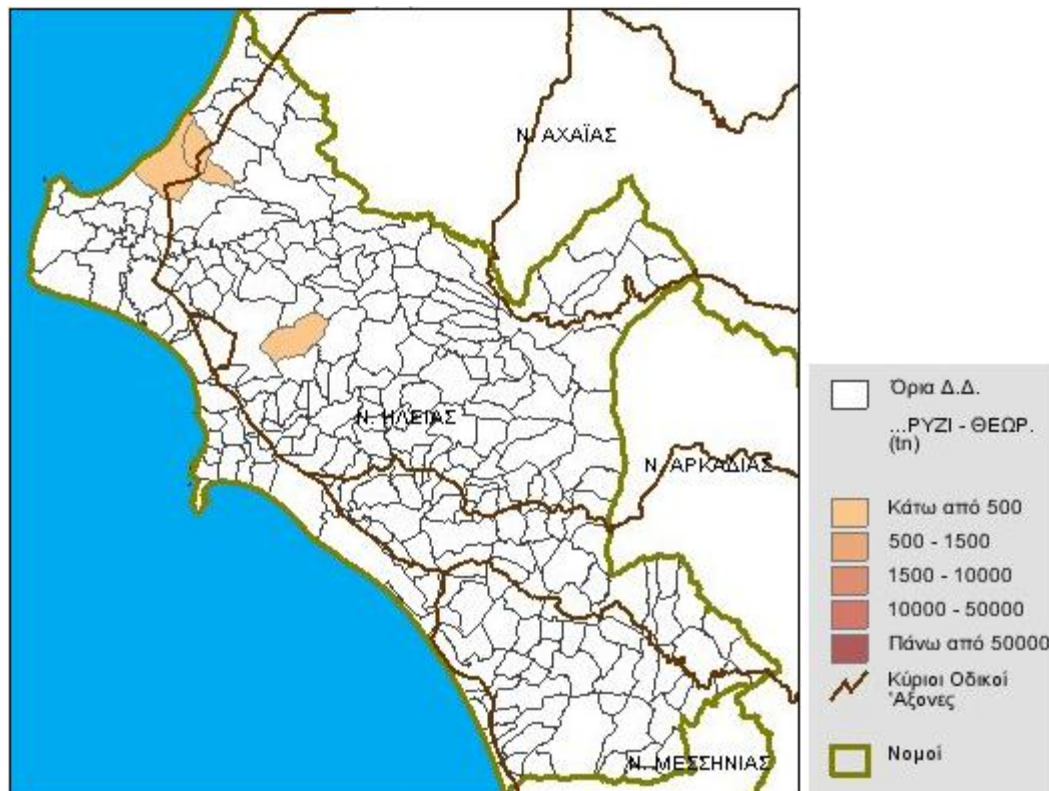
Διάγραμμα 2.12 Υπολείμματα καλλιεργειών Κριθαριού για τον Νομό Ηλείας [19]



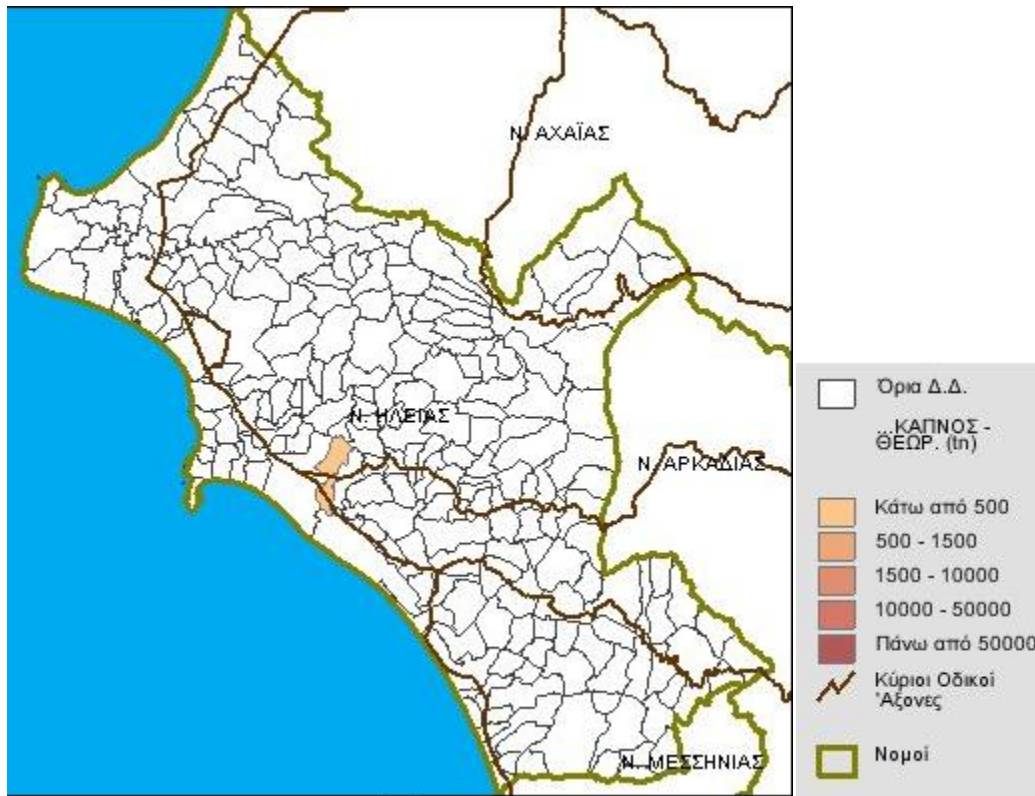
Διάγραμμα 2.13 Υπολείμματα καλλιεργειών Βρώμης για τον Νομό Ηλείας [19]



Διάγραμμα 2.14 Υπολείμματα καλλιεργειών Καλαμποκιού για τον Νομό Ηλείας [19]



Διάγραμμα 2.15 Υπολείμματα καλλιεργειών Ρυζιού για τον Νομό Ηλείας [19]



Διάγραμμα 2.16 Υπολείμματα καλλιεργειών Καπνού για τον Νομό Ηλείας [19]

2.3 Ενεργειακή Αξιοποίηση της Βιομάζας

2.3.1 Πλεονεκτήματα

Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας παρουσιάζει μια σειρά από προτερήματα έναντι των συμβατικών ή των υπολοίπων ανανεώσιμων πηγών που την καθιστούν ανταγωνιστική απέναντί τους. Τα κύρια πλεονεκτήματα της βιομάζας ως πηγή ενέργειας είναι τα ακόλουθα

- ✓ Πρόκειται για ανανεώσιμη πηγή εύκολα προσιτή σε ολόκληρο τον κόσμο, η αξιοποίηση της μπορεί να επιτευχθεί με πολλούς μεθόδους, εκ των οποίων κάποιες εξ αυτών χρησιμοποιούν απλές τεχνολογίες
- ✓ Επιτυγχάνεται πολύ καλή απόδοση και ποιότητα μετασχηματισμού της ηλιακής ενέργειας σε χημική μορφή.
- ✓ Αποθηκεύεται εύκολα
- ✓ Η διαθεσιμότητά της δεν εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες, αυτό σήμαινει ότι μπορεί να στηριχθεί ένα σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε αντίθεση με τις υπόλοιπες ανανεώσιμες πηγές που περιορίζονται από περιβαλλοντικές συνθήκες.
- ✓ Παρότι με την καύση Βιομάζας εκλείεται CO₂ θεωρείται ότι έχει ουδέτερη επίδραση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου καθώς η έκλυση αυτή αντισταθμίζεται με την απορρόφηση του CO₂ κατά την διαδικασία της φωτοσύνθεσης για τον σχηματισμό ισότοσης βιομάζας.
- ✓ Δεδομένου ότι η περιεκτικότητά σε Θείο είναι κατά πολύ μικρότερη από εκείνη των ορυκτών καυσίμων, κατά την καύση τους παράγονται σημαντικά μικρότερες ποσότητες SO₂. Το ίδιο ισχύει και για την εκπομπή οξειδίων του αζώτου. Αυτό σημαίνει λιγότερους κινδύνους για την δημόσια υγεία, αλλά και περιβαλλοντικά οφέλη μεταξύ των οποίων η αποφυγή του φαινομένου της όξινης βροχής.
- ✓ Τα υγρά βιοκαύσιμα έχουν υψηλούς αριθμούς οκτανίων και χαμηλές εκπομπές αέριων ρύπων
- ✓ Τα συστήματα συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού με βιομάζα επιτυγχάνουν υψηλούς βαθμούς απόδοσης.
- ✓ Η αξιοποίηση του εγχώριου βιοδυναμικού μπορεί να επιφέρει πολλαπλά οφέλη για μια χώρα, όπως είναι η μείωση της ενεργειακής εξάρτησης από τρίτες χώρες και η εξοικονόμηση συναλλάγματος.
- ✓ Σε τοπικό επίπεδο τα οφέλη σχετίζονται με την εξασφάλιση εργασίας και τη συνακόλουθη συγκράτηση των αγροτικών πληθυσμών στην περιοχή.

2.3.2 Μειονεκτήματα

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

- Ο μεγάλος όγκος της και η μεγάλη περιεκτικότητά της σε υγρασία, ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας.
- Η δυσκολία στη συλλογή, μεταποίηση, μεταφορά και αποθήκευσή της, έναντι των ορυκτών καυσίμων.
- Οι δαπανηρότερες εγκαταστάσεις και εξοπλισμός που απαιτούνται για την αξιοποίηση της βιομάζας, σε σχέση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας.
- Η μεγάλη διασπορά και οι εποχιακές διακυμάνσεις στην παραγωγή της, κάνουν την συλλογή επεξεργασία και αποθήκευση πιο δύσκολη σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα.
- Η Χαμηλή μέχρι μέτρια θερμοκρασιακή αξία της βιομάζας ανά μονάδα βάρους ,που είναι ακόμα πιο χαμηλή εφόσον λογίζεται ανά μονάδα όγκου ,συγκριτικά με εκείνη ενός συμβατικού ή πυρηνικού καυσίμου. Ενδεικτικό είναι ότι λογίζεται ως καύσιμο χαμηλού ενεργειακού περιεχομένου.
- Η ποιότητα του καυσίμου μπορεί να είναι απρόβλεπτη καθώς εξαρτάται μη ελεγχόμενους παράγοντες που επηρεάζουν τον σχηματισμό της βιομάζας (ηλιακή ακτινοβολία, θρέψη κλπ)
- Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις έχουν σημασία, συγκριτικά με τις υπόλοιπες ανανεώσιμες πηγές , λόγου κατά την διάρκεια της επεξεργασίας παρουσιάζονται σημαντικές θερμικές απώλειες προκαλώντας θερμική ρύπανση ενώ έχουμε ταυτόχρονα έκλυση πρωτογενών ρύπων όπως έκλυση αιωρούμενων σωματιδίων ,μονοξειδίου του άνθρακα και πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων.
- Η έρευνα για την ανάπτυξη σύγχρονων μεθόδων επεξεργασίας βρίσκεται ακόμα στα πρώτα στάδια. Οι περισσότερες από τις τεχνολογίες ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας δεν θεωρούνται ακόμα ώριμες γεγονός το οποίο αυξάνει το επενδυτικό ρίσκο και την επιφυλακτικότητα των επενδυτών.

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.

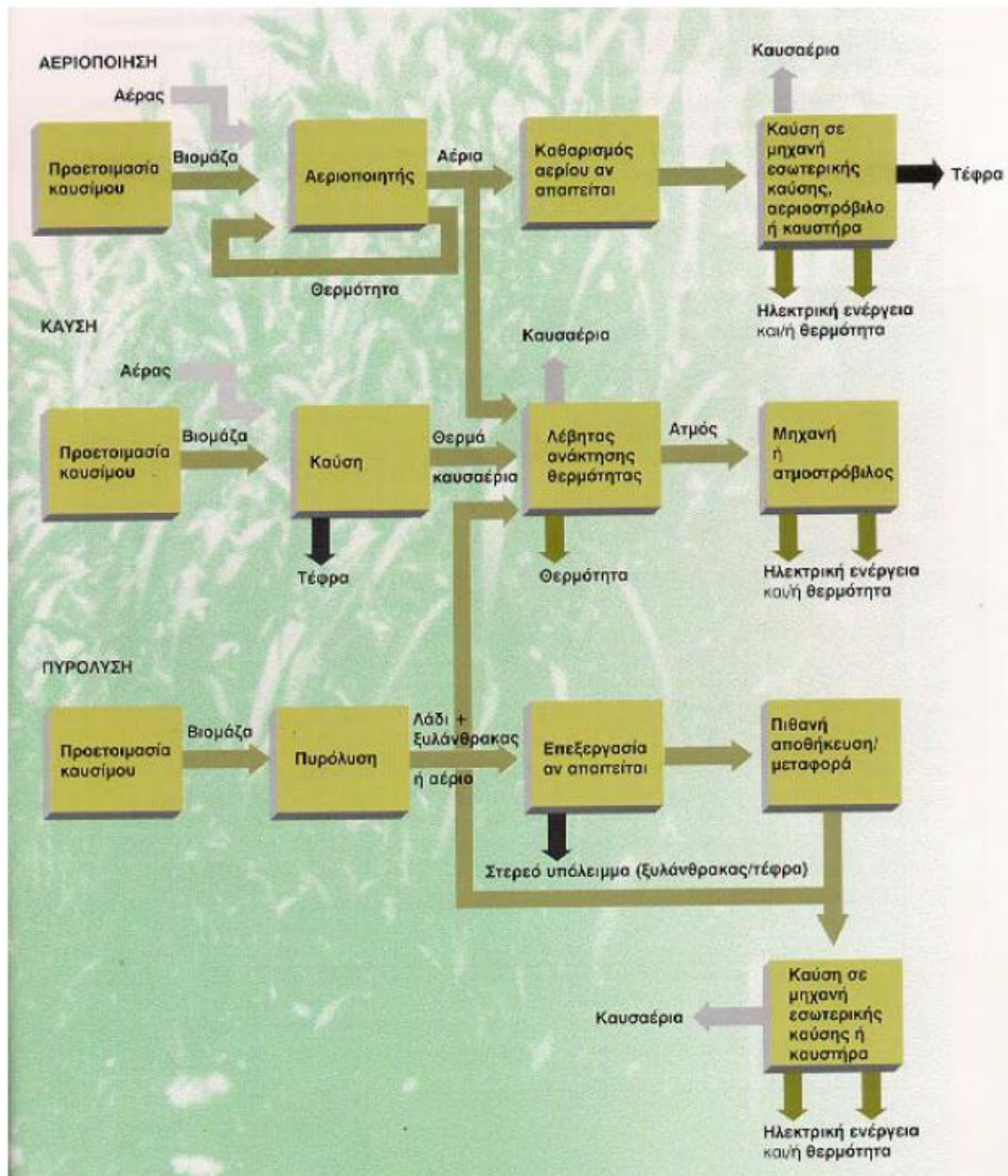
Επίσης σημαντικοί παράγοντες που θα επηρεάσουν την άρση των περιορισμών στην ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σχετίζονται με :

- την αξιοποίηση μεγάλων ποσοτήτων διαθέσιμης βιομάζας με τρόπο που να την καθιστά βιώσιμη και χαμηλού κόστους πρώτη ύλη για την παραγωγή ενέργειας
- την ανάπτυξη ολοκληρωμένων συστημάτων ενεργειακής μετατροπής της βιομάζας που θα αξιοποιούν στο μέγιστο τις δυνατότητες της εκάστοτε τεχνολογίας και από τα οποία θα είναι ικανή η παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας σε ανταγωνιστικές τιμές
- την ανάπτυξη συστημάτων (δικτύων) διανομής βιοκαυσίμων σε εθνικό επίπεδο που θα καθιστά απλούστερη τη πρόσβαση στον καταναλωτή και ευκολότερη την χρήση
- την αύξηση των διαθέσιμων κεφαλαίων από ιδιωτικούς φορείς για χρηματοδότηση της ενέργειας στην ανάπτυξη τεχνολογιών ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

3.1 Εισαγωγή

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 (Σχ. 3.1).



Σχήμα 3.1 Υπάρχουσες τεχνολογίες αξιοποίησης βιομάζας [1]

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 ευχερέστερα σε μια πληθώρα εφαρμογών:

3.1.1 Κάλυψη των αναγκών θέρμανσης-ψύξης ή/και ηλεκτρισμού σε γεωργικές και άλλες 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 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

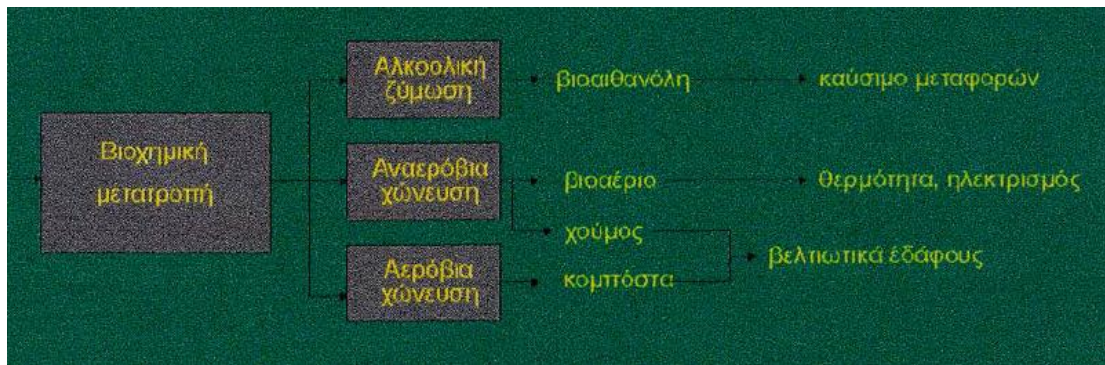
kW. Μετά την εκτόνωσή του, ο ατμός οδηγείται, μέσω σωληνώσεων, αφ' ενός σε εναλλάκτες θερμότητας, όπου θερμαίνεται ο αέρας σε θερμοκρασία 130°C, ο οποίος, εν συνεχεία, χρησιμοποιείται για την ξήρανση του βαμβακιού σε ειδικούς γι' αυτό το σκοπό πύργους, αφ' ετέρου στο σπορελαιουργείο, όπου χρησιμοποιείται στις πρέσες αμού 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 880.000 Ευρώ, 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.

3.1.2 Θέρμανση θερμοκηπίων

Η αξιοποίηση της βιομάζας σε μονάδες παραγωγής θερμότητας για τη θέρμανση θερμοκηπίων αποτελεί μία ενδιαφέρουσα και οικονομικά συμφέρουσα προοπτική για τους ιδιοκτήτες τους. Ήδη, στο 10% περίπου της συνολικής έκτασης των θερμαινόμενων θερμοκηπίων της χώρας, αξιοποιούνται διάφορα είδη βιομάζας. Ένα παράδειγμα αυτού του είδους χρήσης της βιομάζας αποτελεί μία θερμοκηπιακή μονάδα έκτασης 2 στρεμμάτων, στο Νομό Σερρών, στην οποία καλλιεργούνται οπωροκηπευτικά. Σε αυτή τη μονάδα έχει εγκατασταθεί σύστημα παραγωγής θερμότητας, συνολικής θερμικής ισχύος 400.000 kcal/h, το οποίο χρησιμοποιεί ως καύσιμο άχυρο σιτηρών. Η ετήσια εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων που επιτυγχάνεται φθάνει τους 40 τόνους πετρελαίου.

3.1.3 Παραγωγή υγρών καυσίμων με βιοχημική μετατροπή βιομάζας

Η παραγωγή υγρών καυσίμων με βιοχημική διεργασία (Σχ. 3.2) επικεντρώνεται, κυρίως, στην παραγωγή βιοαιθανόλης (οινοπνεύματος) με ζύμωση σακχάρων, αμύλου, κυτταρινών και ημικυτταρινών που προέρχονται από διάφορα είδη βιομάζας (αραβόσιτος, σόργο το σακχαρούχο κ.ά.). Η τεχνολογία ζύμωσης των σακχάρων είναι σήμερα γνωστή και ανεπτυγμένη, ενώ εκείνη της ζύμωσης των κυτταρινών και ημικυτταρινών βρίσκεται υπό εξέλιξη. Η βιοαιθανόλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κινητήρες οχημάτων, ως έχει ή σε πρόσμιξη με βενζίνη, ως καύσιμο κίνησης.

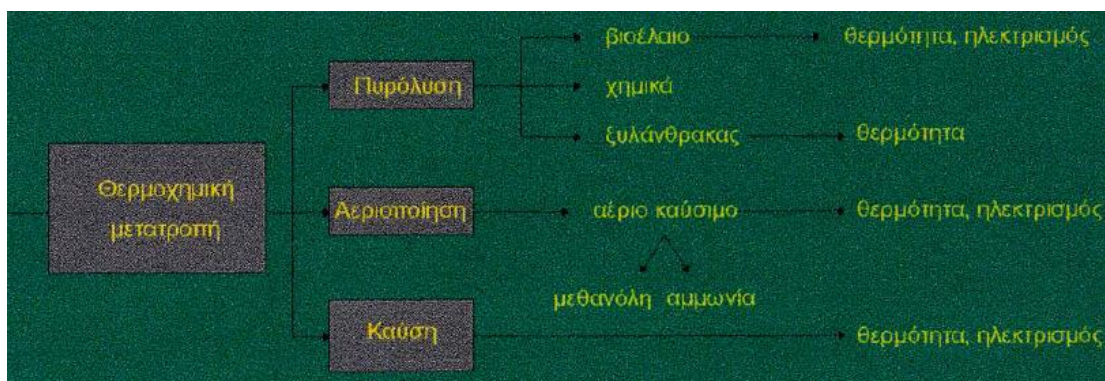


Σχήμα 3.2 Βιοχημική μετατροπή της βιομάζας [14]

Παρά το γεγονός ότι, εκτός ελαχίστων περιπτώσεων (π.χ. αντικατάσταση αεροπορικής βενζίνης), το κόστος της βιοαιθανόλης είναι υψηλότερο εκείνου της βενζίνης, η χρήση της ως καύσιμο κίνησης αυξάνει συνεχώς ανά τον κόσμο, με προεξάρχουσες τη Βραζιλία και τις ΗΠΑ. Αυτό συμβαίνει διότι αφ' ενός η βιοαιθανόλη είναι καθαρότερο καύσιμο από περιβαλλοντικής πλευράς και αφ' ετέρου δίνει διέξοδο στα γεωργικά προβλήματα. Για τους λόγους αυτούς η παραγωγή και χρήση της βιοαιθανόλης παρουσιάζουν εξαιρετικά ευνοϊκές προοπτικές για το μέλλον.

3.1.4 Παραγωγή υγρών καυσίμων με θερμοχημική μετατροπή βιομάζας

Η θερμοχημική μετατροπή της βιομάζας (Σχ. 3.3) οδηγεί είτε στην απ'ευθείας παραγωγή ενέργειας (καύση), είτε στην παραγωγή καυσίμου, το οποίο στη συνέχεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτόνομα. Η τεχνολογία της αστραπιαίας πυρόλυσης αποτελεί μία από τις πολλά υποσχόμενες λύσεις για την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας. Κατ' αυτήν, τα ογκώδη δασικά και αγροτικά υπολείμματα, αφού ψιλοτεμαχισθούν, μετατρέπονται, με τη βοήθεια ειδικού αντιδραστήρα, σε υγρό καύσιμο υψηλής ενεργειακής πυκνότητας, το βιοέλαιο.



Σχήμα 3.3 Θερμοχημική μετατροπή της βιομάζας [14]

Το βιοέλαιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο του πετρελαίου (έχει λίγο μικρότερη από τη μισή θερμογόνο δύναμη του πετρελαίου) σε εφαρμογές θέρμανσης (λέβητες, φούρνους κ.λ.π.) αλλά και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (μηχανές εσωτερικής καύσης κ.ά.). Η αστραπιαία πυρόλυση της βιομάζας αποτελεί την οικονομικότερη διεργασία ηλεκτροπαραγωγής, ιδίως στην περιοχή μικρής κλίμακας ισχύος (<5MWe).

Το ΚΑΠΕ, σε συνεργασία με διεθνώς αναγνωρισμένα Πανεπιστήμια και Εταιρείες Παραγωγής Ηλεκτρικού Ρεύματος, αναπτύσσει από το 1991 μία πρότυπη πιλοτική μονάδα αστραπιαίας πυρόλυσης, δυναμικότητας 10 kg/h. Εκτιμάται ότι, σύντομα, θα καταστεί δυνατή (δηλ. Οικονομικά συμφέρουσα) η μετάβαση από τις πιλοτικές σε επιδεικτικές μονάδες πυρόλυσης βιομάζας μεγαλύτερης δυναμικότητας. Με την αεριοποίηση παράγεται αέριο καύσιμο, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε καυστήρες αερίου για την παραγωγή ενέργειας. Οι σχετικές τεχνολογίες όμως βρίσκονται ακόμη σε ερευνητικό στάδιο και θα απαιτηθεί σημαντική περαιτέρω προσπάθεια προκειμένου να μπορέσουν τα πιλοτικά προγράμματα να φτάσουν σε σημείο να είναι οικονομικά συμφέρουσα η εφαρμογή τους σε ευρεία κλίμακα.

3.2. Μέθοδοι ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας

Η βιομάζα από οποιαδήποτε πηγή και αν προέρχεται για να αξιοποιηθεί ενεργειακά πρέπει με κάποιο τρόπο να μετασχηματιστεί σε αέρια, στερεά ή υγρά καύσιμα, σε θερμότητα ή ηλεκτρισμό. Αναφερόμενοι στη συνέχεια στα σημαντικότερα συστήματα αξιοποίησης απορριπτόμενης βιομάζας σημειώνεται ότι από όλες τις τεχνολογίες που εξετάζονται, μόνο από την εφαρμογή της μεθόδου της κομποστοποίησης δεν προκύπτει κάποιο ενεργειακό προϊόν. Αυτό δεν σημαίνει, όμως, ότι δεν προκύπτουν διαχειριστικά και άλλα οφέλη που ενδεχομένως να την καθιστούν ανταγωνιστική απέναντι στα άλλα συστήματα. Οι μέθοδοι μετασχηματισμού της βιομάζας σε χρήσιμα προϊόντα (ενεργειακά και μη) διακρίνονται σε *θερμοχημικές* (ξηρές) και *βιοχημικές* (υγρές).

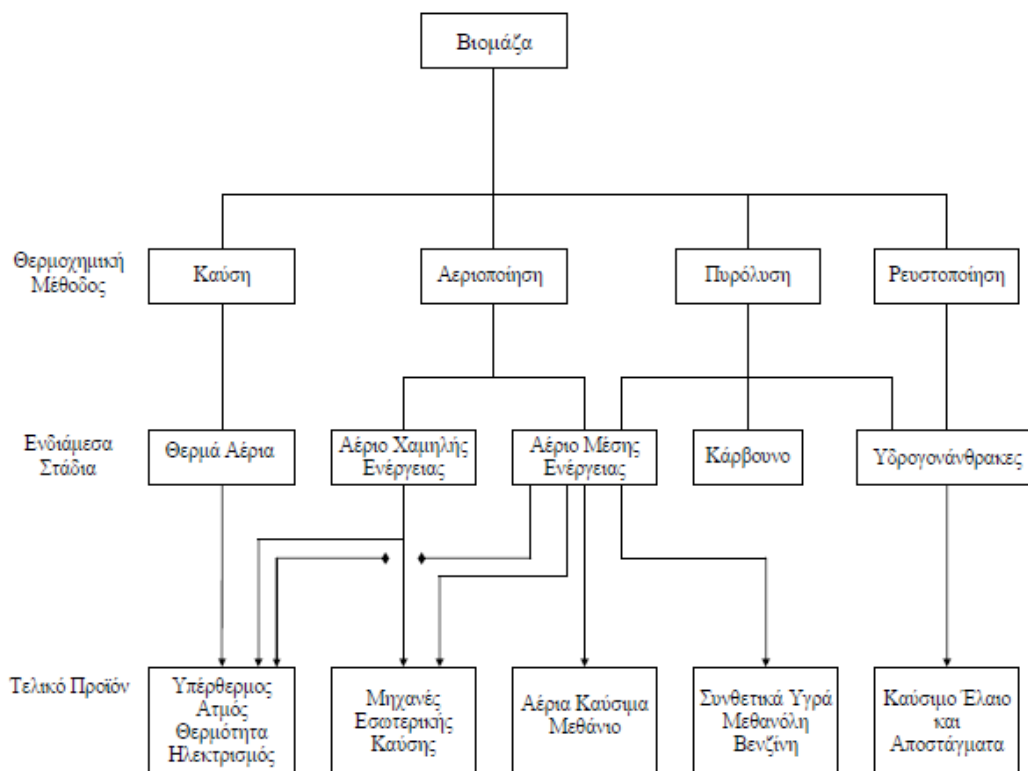
Κύριοι παράγοντες που καθορίζουν την καταλληλότερη μέθοδο είναι η σχέση C/N και η περιεχόμενη υγρασία της βιομάζας κατά την συλλογή. Οι θερμοχημικές προτιμούνται κυρίως για είδη βιομάζας με σχέση C/N > 30 και υγρασία <50% , ενώ οι βιοχημικές μέθοδοι εφαρμόζονται σε φυτικά είδη που χαρακτηρίζονται από λόγο C/N < 30 και παρουσιάζουν υψηλό ποσοστό υγρασίας άνω των 50%.

3.2.1 Θερμοχημικά Συστήματα

Από τη θερμική επεξεργασία οργανικών αποβλήτων δύναται να παραχθεί θερμότητα, υγρά ή αέρια καύσιμα καθώς και διάφορα άλλα ενεργειακά ή χημικά προϊόντα. Οι κυριότερες θερμοχημικές διαδικασίες ενεργειακής μετατροπής της βιομάζας είναι οι εξής:

- ✓ Απευθείας καύση (Combustion)
- ✓ Αεριοποίηση (Gasification)
- ✓ Πυρόλυση (Pyrolysis)
- ✓ Ρευστοποίηση (Liquefaction)

Οι επικρατέστερες τεχνικές σήμερα στην Ευρώπη και στον Καναδά είναι η αεριοποίηση και η (ταχεία) πυρόλυση . Μια καινούργια τεχνική, η εφαρμογή της οποίας βρίσκεται ακόμη σε πιλοτικό στάδιο, είναι η υδρο-θερμική αναβάθμιση (ΥΘΑ). Με την ΥΘΑ η βιομάζα οδηγείται σε υγρό περιβάλλον και κάτω από συνθήκες υψηλής πίεσης μετατρέπεται σε μερικώς οξυγονωμένους υδρογονάνθρακες προς παραγωγή βιοελαίου.



Σχήμα 3.4 Κύριες διαδικασίες, ενδιάμεσα στάδια και τελικά προϊόντα θερμοχημικών συστημάτων ενεργειακής μετατροπής βιομάζας [2]

3.2.1.1. Απευθείας Καύση

Η καύση είναι μια αερόβια διαδικασία από την οποία προκύπτουν ποικίλα ενεργειακά προϊόντα μετασχηματίζοντας τη χημική ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στην οργανική ύλη σε θερμότητα, ηλεκτρισμό ή μηχανική ενέργεια (υπέρθερμος ατμός) με τη χρήση διαφόρων ειδών εξοπλισμού όπως κλίβανους, φούρνους, ατμοστρόβιλους, στροβιλοκινητήρες κ.α. Από την καύση της βιομάζας παράγονται θερμά αέρια σε θερμοκρασίες γύρω στους 800 με 1000 °C. Η καύση προτιμάται για προϊόντα των οποίων η περιεκτικότητα σε υγρασία δεν ξεπερνά το 50%, εκτός και αν η βιομάζα έχει προ-ξηραθεί. Βιομάζα με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία αποτελεί καταλληλότερο υπόστρωμα για την εφαρμογή βιοχημικών διαδικασιών μετατροπής. Το μέγεθος των μονάδων καύσης ποικίλει από πολύ μικρές (οικιακή χρήση) μέχρι μεγάλου μεγέθους βιομηχανικές μονάδες της τάξεως των 100-3000 MW. Η χρήση της βιομάζας ως συμπληρωματικό καύσιμο σε μονάδες που καίνε άνθρακα είναι μια ιδιαίτερα ελκυστική πρακτική εξαιτίας της υψηλής απόδοσης μετασχηματισμού που επιτυγχάνεται στις μονάδες αυτές. Γενικά, η καθαρή απόδοση για μονάδες καύσης βιομάζας κυμαίνεται από 20% έως 40%. Οι μεγαλύτερες αποδόσεις επιτυγχάνονται στα συστήματα ισχύος άνω των 100 MWe ή όταν πρόκειται για τεχνολογίες συνδυασμένης καύσης βιομάζας με άλλα καύσιμα.

Ο πιο συνήθης εξοπλισμός καύσης βιομάζας εν ισχύ είναι ο λέβητας διασποράς τροφοδοσίας (spreader stoker boiler) που ενσωματώνει αυτόματη τροφοδοσία καυσίμου και διανομή της βιομάζας πάνω από μετακινούμενη σχάρα, στον όροφο της οποίας το καύσιμο καίγεται χρησιμοποιώντας αέρα από ένα θάλαμο τοποθετημένο κάτω από τη σχάρα. Ως εναλλακτικές τεχνολογίες απευθείας καύσης αναφέρονται αυτές που περιλαμβάνουν:

α) Καυστήρες τροφοδοσίας σωρού (pile burners)

β) Λέβητες όπου η καύση γίνεται με την καύσιμη ύλη σε αιώρηση (suspension-fired boilers)

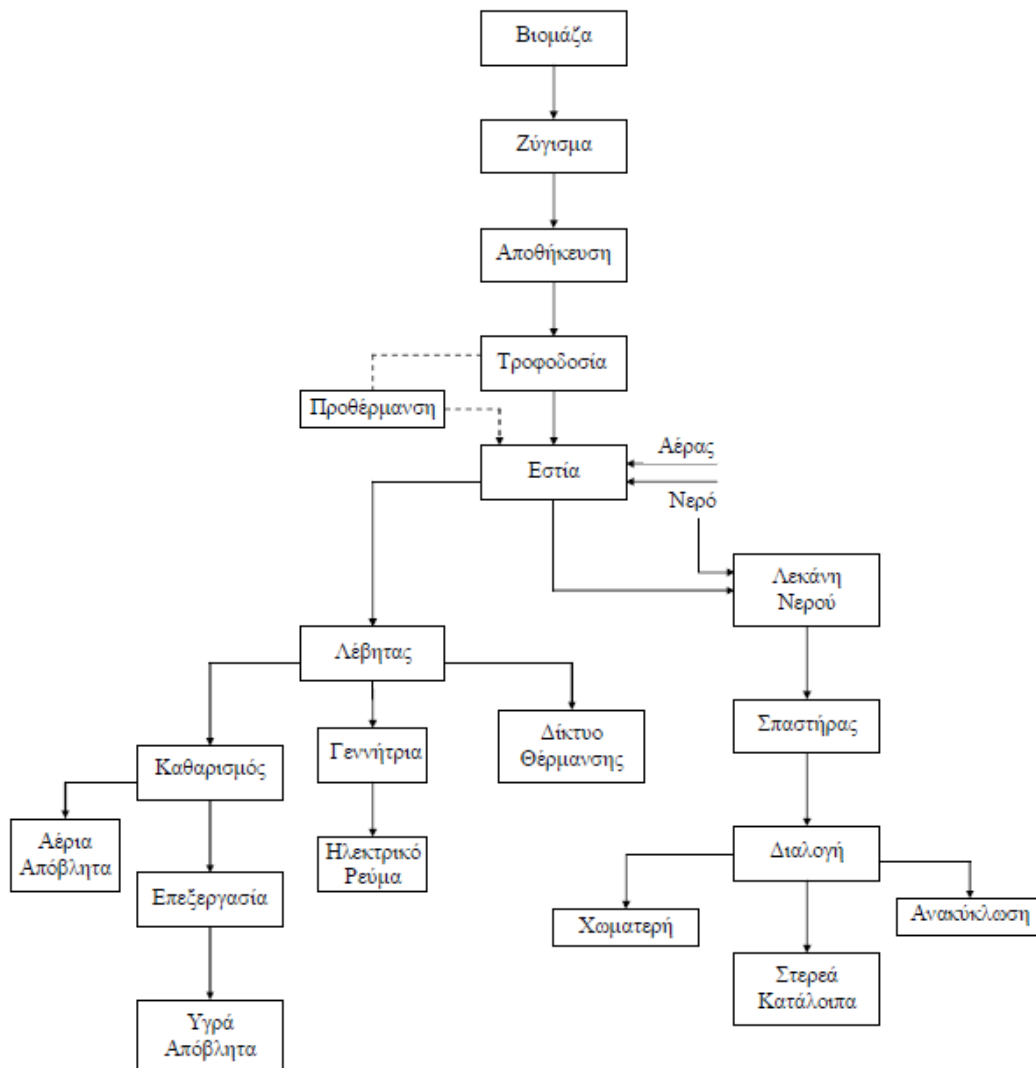
γ) Καυστήρες κυκλοφορούμενης ρευστοποιημένης κλίνης (circulating fluidized bed combustors – CFBC)

δ) Καυστήρες κοχλάζουσας ρευστοποιημένης κλίνης (bubbling fluidized bed combustors – BFBC)

Η αποδοτικότητα τέτοιων λεβήτων κυμαίνεται από 65-75% και εξαρτάται από την ποσότητα υγρασίας στο καύσιμο. Λόγω του ότι η επιθυμητή περιεκτικότητα σε υγρασία πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη, στην προς καύση βιομάζα εφαρμόζεται συχνά προξήρανση στο τμήμα τροφοδοσίας, με προθερμασμένο αέρα. Διαγραμματικά η όλη διαδικασία που αφορά την καύση φαίνεται στο Σχήμα 2. Παρόλο που η καύση συνιστά την απλούστερη αλλά και την περισσότερο τεχνολογικά ανεπτυγμένη από όλες τις διαδικασίες, η χρήση της είναι περιορισμένη εξαιτίας των προβλημάτων που παρουσιάζει. Οι κυριότερες επιφυλάξεις αναφέρονται στα επιβλαβή συστατικά που υπάρχουν στα απαέρια, καθώς και στα διαχειριστικά προβλήματα από τα στερεά κατάλοιπα που παράγονται. Πολλές φορές η θέσπιση περιβαλλοντικών προτύπων για τα χαρακτηριστικά των απαερίων από μονάδες καύσης καθιστά αναγκαία την εγκατάσταση συστημάτων καθαρισμού, επιβαρύνοντας το κόστος λειτουργίας τους. Επίσης, η βιομάζα ως στερεό καύσιμο είναι πολύ ογκώδης και είναι δύσκολο να μεταφερθεί σε μεγάλες αποστάσεις. Έτσι, συχνά προτιμάται να γίνει μετατροπή του στερεού σε αέριο καύσιμο με άλλες θερμικές διαδικασίες. Το πλεονέκτημα των αερίων καυσίμων είναι ότι καίγονται χωρίς κατάλοιπα, διανέμονται ευκολότερα και μετατρέπονται εύκολα σε υγρά ή χημικά προϊόντα.

3.2.1.2 Αεριοποίηση

Αεριοποίηση είναι η διαδικασία μετατροπής της βιομάζας σε εύφλεκτο αέριο μίγμα μέσω της μερικής της οξειδωσης σε υψηλές θερμοκρασίες, της τάξεως των 800-900 °C. Η κύρια διαφορά αυτής της μεθόδου από την καύση είναι ότι η ποσότητα του παρεχόμενου αέρα στον αντιδραστήρα είναι χαμηλότερη, με αποτέλεσμα τη μερική οξειδωση της τροφοδοσίας και την παραγωγή ενός καυσίμου αερίου με χαμηλή έως μέτρια θερμογόνο ικανότητα. Το παραγόμενο αέριο αποτελείται κυρίως από άζωτο (50%), μονοξείδιο του άνθρακα (20%) και υδρογόνο (15%), ενώ περιέχει και μικρές ποσότητες μεθανίου και ανώτερων υδρογονανθράκων.



Σχήμα 3.5 Διαγραμματική απεικόνιση της διαδικασίας καύσεως βιομάζας [2]

Εναλλακτικά του αέρα, ως μέσο αεριοποίησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί οξυγόνο ή υδρογόνο προς παραγωγή αερίου καυσίμου μεγαλύτερης θερμογόνου δύναμης. Όμως, τόσο το οξυγόνο όσο και το υδρογόνο κοστίζουν, σε αντίθεση με τον αέρα που αποτελεί δημόσιο αγαθό και δεν απαιτείται επιπλέον δαπάνη για τη χρησιμοποίησή του. Σε κάθε περίπτωση, πάντως, τα ενεργειακά προϊόντα διαφέρουν και η επιλογή του κατάλληλου τύπου αεριοποίησης εξαρτάται μεταξύ άλλων και από την επιθυμητή εφαρμογή τελικής-χρήσης. Στο Σχήμα 3.6 παρατίθενται τα ποικίλα ενδιάμεσα και τελικά προϊόντα που προκύπτουν από την αεριοποίηση της βιομάζας και με τους τρεις αεριοποιητές (αέρας, οξυγόνο, υδρογόνο), μαζί με τον πυρολυτικό τύπο αεριοποίησης για τον οποίο θα γίνει ειδική αναφορά στο επόμενο κεφάλαιο της πυρολύσεως.

Η διαδικασία αεριοποίησης με αέρα παράγει αέριο χαμηλής ενέργειας (low energy gas, LEG), το οποίο είναι αραιωμένο με άζωτο από τον αέρα. Παρόλο που δεν είναι κατάλληλο για διανομή με σωληνώσεις μπορεί να καεί σε λέβητες που έχουν σχεδιαστεί να χρησιμοποιούν πετρέλαιο ή φυσικό αέριο. Επίσης, θεωρείται ικανοποιητικό καύσιμο για να χρησιμοποιηθεί σε μηχανές εσωτερικής καύσης ή σε αεριοτουρμπίνα προς παραγωγή ηλεκτρισμού. Καλύτερης ποιότητας καύσιμο παράγεται όταν η αεριοποίηση γίνεται σε ατμόσφαιρα οξυγόνου. Το προϊόν συνίσταται σε αέριο μέσης ενέργειας από μονοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο. Αυτός ο τύπος αερίου είναι επίσης γνωστός ως “συνθετικό αέριο” (synthesis gas ή syngas) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για να παραχθεί μεθανόλη (μεθυλική αλκοόλη) και υδρογόνο, το καθένα από τα οποία αναμένεται ότι θα αποτελέσουν στο μέλλον εναλλακτικές λύσεις καυσίμων στον τομέα των μεταφορών. Σήμερα χρησιμοποιούνται δύο ειδών διατάξεις αεριοποίησης της βιομάζας, σε κάθε μία εκ των οποίων κατηγοριοποιείται ένας αριθμός ποικίλων τεχνολογιών. Πρόκειται για τις εξής:

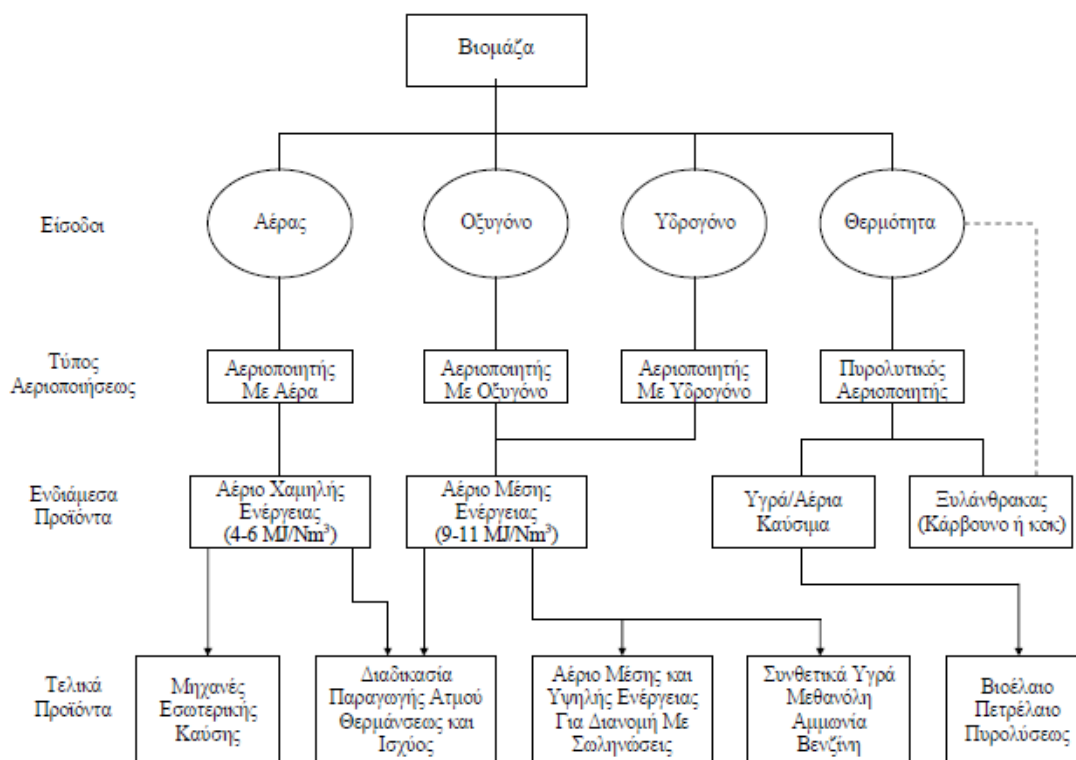
- ✓ Η διάταξη αεριοποίησης σταθερής κλίνης (fixed bed), που χρησιμοποιείται ως επί των πλείστων για τη θερμοχημική μετατροπή ξυλώδης βιομάζας και γενικά για χοντρά υλικά.
- ✓ Η διάταξη αεριοποίησης ρευστοποιημένης κλίνης (fluidised bed), που προτιμάται για ελαφρά και λεπτά προϊόντα.

Ειδικότερα, όμως, από όλες τις διαθέσιμες τεχνολογίες αεριοποίησης της βιομάζας εκείνες των οποίων η εφαρμογή είναι σήμερα ευρύτερα αποδεκτή, αναφέρονται στις τεχνολογίες αεριοποίησης κυκλοφορούμενης ρευστοποιημένης κλίνης (circulating fluidised bed gasification - CFBG).

Οι κυριότερες εξ αυτών είναι :

- ✓ Απευθείας αεριοποίηση σε ατμοσφαιρική πίεση, με καθαρισμό αερίου σε χαμηλή θερμοκρασία και συμπίεση του αερίου καυσίμου πριν την καύση του σε αεριοτουρμπίνα. Η θερμότητα από τη ψύξη του αερίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ατμού.
- ✓ Απευθείας αεριοποίηση υπό πίεση, με καθαρισμό αερίου σε υψηλή θερμοκρασία. Το σύστημα συμπιέζεται με το συμπιεστή της αεριοτουρμπίνας.
- ✓ Έμμεση αεριοποίηση υπό ατμοσφαιρική πίεση, με καθαρισμό αερίου σε χαμηλή θερμοκρασία και συμπίεση του αερίου καυσίμου πριν την καύση του σε αεριοτουρμπίνα. Με τον τρόπο αυτό παράγεται αέριο μέσης ενεργειακής αξίας αντί χαμηλής της απευθείας αεριοποίησης.

Τα κύρια πλεονεκτήματα των τεχνολογιών αεριοποίησης κυκλοφορούμενης ρευστοποιημένης κλίνης είναι η ευελιξία χρήσης διαφόρων τύπων βιοκαυσίμων διαφορετικών διαστάσεων και ιδιοτήτων και ο υψηλός βαθμός απόδοσης.



Σχήμα 3.6 Ενδιάμεσα και τελικά προϊόντα από τη χρησιμοποίηση διαφορετικών μέσων αεριοποιήσεως της βιομάζας.[2]

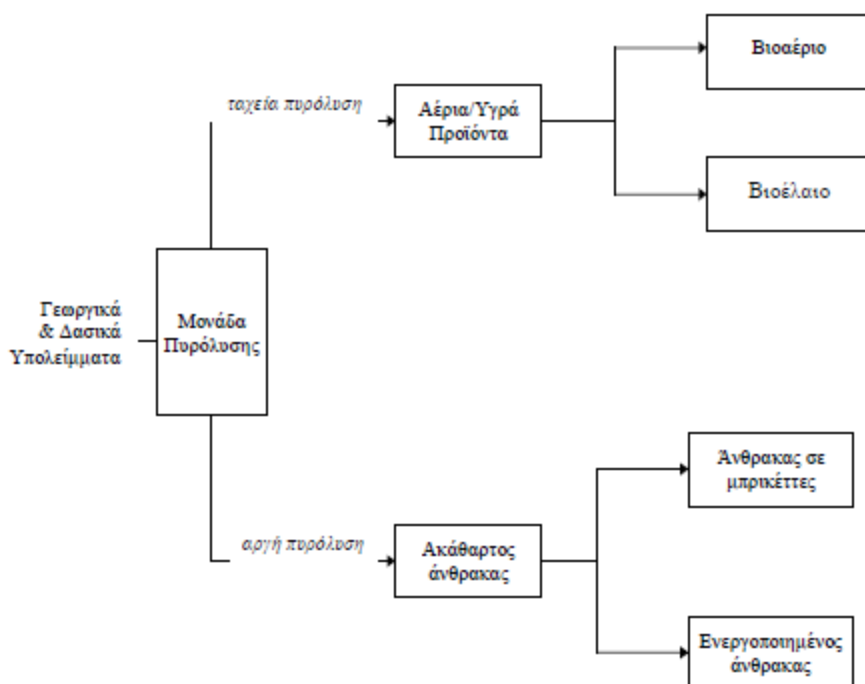
Μία αρκετά υποσχόμενη προοπτική, όσον αφορά την ενεργειακή αξιοποίηση της απορριπτόμενης βιομάζας, παρουσιάζεται με την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών που βασίζονται στην ενσωμάτωση ενός αεριοποιητή βιομάζας σε συνδυασμένο κύκλο ατμού-αερίου (integrated gasifier combined cycle - IGCC). Με την περαιτέρω ανάπτυξη των τεχνολογιών που βασίζονται σε αυτή την ιδέα, οι αεροστρόβιλοι αναμένεται να επιτύχουν μεγάλη αποδοτικότητα μετατροπής του αερίου καύσιμου σε ηλεκτρισμό με κόστος κεφαλαίου μικρότερο από τα αντίστοιχα των ανταγωνιστικών τεχνολογιών καύσης βιομάζας. Όμως, προς το παρόν, οι εν λόγω τεχνολογίες συνδυασμένου κύκλου βρίσκονται ακόμη σε πειραματικό στάδιο.

Παρ' ότι η αεριοποίηση έχει προσφάτως εφαρμοστεί με επιτυχία σε μεγάλη κλίμακα και αρκετά προγράμματα αξιοποίησης των τεχνολογιών της βρίσκονται σε εξέλιξη, παραμένει μια ακριβή μέθοδος ενεργειακής μετατροπής συγκρινόμενη με τα κλασικά συμβατικά ενεργειακά συστήματα, αντιμετωπίζοντας οικονομικές και άλλες μη τεχνικές δυσκολίες όταν γίνεται προσπάθεια να εισχωρήσει στην ενεργειακή αγορά. Επίσης, η απομάκρυνση και γενικότερα η διαχείριση των μεγάλων ποσοτήτων λάσπης που προκύπτουν ως παραπροϊόν της αεριοποίησης παραμένει η κυριότερη τεχνική δυσκολία που καλείται να ξεπεραστεί στις περισσότερες από τις περιπτώσεις εφαρμογής της.

3.2.1.3 Πυρόλυση

Η ταχεία πυρόλυση της βιομάζας (biomass fast pyrolysis) είναι μια διεργασία κατά την οποία η πρώτη ύλη θερμαίνεται ταχύτατα σε θερμοκρασίες 450-500 °C, σε συνθήκες έλλειψης αέρα (οπότε και οξυγόνου) . Σε αυτές τις συνθήκες παράγονται, ατμοί οργανικών ενώσεων, μη συμπυκνώσιμα αέρια και ρευστή πίσσα. Οι ατμοί των οργανικών ενώσεων στη συνέχεια συμπυκνώνονται, παράγοντας το έλαιο πυρόλυσης (pyrolysis oil) ή βιοέλαιο (bio-oil). Στις συνήθεις περιπτώσεις, περίπου 50-75% κατά βάρος της τροφοδοτούμενης βιομάζας μετατρέπεται σε έλαιο πυρόλυσης. Το τεράστιο πλεονέκτημα της διεργασίας είναι ότι μετατρέπει οποιαδήποτε προβληματική στη διαχείριση βιομάζα, διαφορετικής προέλευσης, σε ένα καθαρό και ομοιογενές υγρό καύσιμο. Το έλαιο πυρόλυσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας, καυσίμων ή χημικών προϊόντων. Η ενεργειακή πυκνότητα του ελαίου (δηλαδή η ενέργεια που αποδίδει ανά μονάδα όγκου του) είναι έως 5 φορές μεγαλύτερη από εκείνη της αρχικής βιομάζας, γεγονός που προσφέρει ουσιαστικά διαχειριστικά πλεονεκτήματα. Επιπρόσθετο πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα χρήσης του ελαίου σε υψηλότερης απόδοσης στροβίλους παραγωγής ενέργειας. Τέλος, η δυνατότητα μεταφοράς του καυσίμου από το σημείο παραγωγής του σε διαφορετικό σημείο παραγωγής ενέργειας παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία στο σύστημα διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας, μειώνοντας αποφασιστικά τις απώλειες του δικτύου. Μεγάλη ποικιλία διαφορετικών ειδών βιομάζας μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη διεργασία. Για την επιτυχημένη μετατροπή της βιομάζας είναι απαραίτητη η προεπεξεργασία της: τεμαχισμός της σε ομοιόμορφα μικρά κομμάτια (μικρότερα από 10 mm) και ξήρανση της ώστε η υγρασία της να είναι μικρότερη από 10%. Με ορθό ενεργειακό σχεδιασμό της μονάδας πυρόλυσης, η απαιτούμενη θερμότητα για την ξήρανση της βιομάζας μπορεί να προέλθει από την ίδια την μονάδα, μειώνοντας έτσι τα λειτουργικά της κόστη και ενισχύοντας το περιβαλλοντικό της αποτύπωμα.

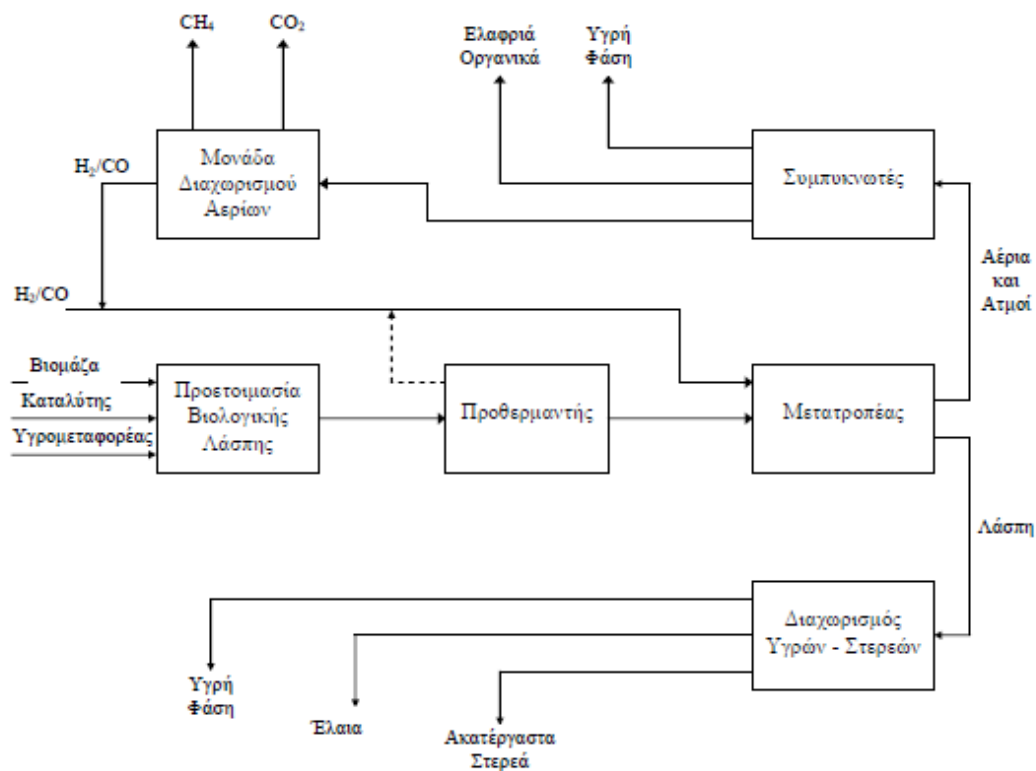
Τα πλεονεκτήματα που συνοδεύουν την τεχνολογία ταχείας πυρόλυσης της βιομάζας έχουν οδηγήσει σε ραγδαία αύξηση των ερευνητικών προσπαθειών στο αντικείμενο. Ως επιστέγασμα των προσπαθειών αυτών, έρχεται η εμφάνιση των πρώτων μονάδων πυρόλυσης της βιομάζας σε εμπορική, πλέον, κλίμακα. Στην Αλμπέρτα του Καναδά, για παράδειγμα, βρίσκεται στη φάση του σχεδιασμού και της αδειοδότησης η μεγαλύτερη μονάδα παραγωγής ενέργειας από πυρόλυση βιομάζας. Η συγκεκριμένη μονάδα θα επεξεργάζεται 400 τόνους βιομάζας ημερησίως (κυρίως πριονίδι και chips ξύλου) ενώ αναμένεται ότι θα παράγει αρκετή ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας ώστε να καλυφθούν πλήρως οι ετήσιες ανάγκες 3.800 κατοικιών.



Σχήμα 3.7 Παραγωγή προϊόντων πυρόλυσης [2]

3.2.1.4 Ρευστοποίηση

Με τη ρευστοποίηση μεγάλες ποσότητες στερεής οργανικής ύλης δύναται να μετατραπούν σε αέρια ή υγρά καύσιμα. Η διαδικασία της ρευστοποίησης περιλαμβάνει αντιδράσεις με υδρογόνο (ή μίγμα υδρογόνου) και μονοξειδίου του άνθρακα. Για αυτό εναλλακτικά ονομάζεται και υδρογόνωση. Κατά κύριο λόγο, αναπτύχθηκε και αρχικά εφαρμόστηκε για την παραγωγή πετρελαίου ή αερίου καυσίμου από κάρβουνο. Εν συνεχεία, όμως, η τεχνολογία εξελίχθηκε και εφαρμόστηκε επιτυχώς σε πειράματα για την παραγωγή των ίδιων καυσίμων και από οργανικά απόβλητα. Στη ρευστοποίηση η διαθέσιμη οργανική ύλη οδηγείται στον αντιδραστήρα όπου και θερμαίνεται στους 380oC με μίγμα μονοξειδίου του άνθρακα και ατμό υπό πίεση. Υπολογίζεται ότι περίπου το 99% του άνθρακα που περιέχεται στην απορριπτόμενη βιομάζα μπορεί να μετατραπεί σε βιοέλαιο. Βέβαια, η όλη διαδικασία δεν είναι τόσο απλή.



Σχήμα 3.8 Διάγραμμα ροής της διαδικασίας που ακολουθείται κατά τη ρευστοποίηση απορριπτόμενης βιομάζας (γενικευμένη μορφή) [2]

Επιπρόσθετα, η χημική σύνθεση και η ποιότητα του παραγόμενου καυσίμου ποικίλει αναλόγως τη σύνθεση του υποστρώματος τροφοδοσίας και την ακολουθούμενη διαδικασία επεξεργασίας. Το καύσιμο που εξάγεται με τη ρευστοποίηση περιέχει περισσότερο οξυγόνο από ότι το ακατέργαστο πετρέλαιο και απαιτεί εκτεταμένη επεξεργασία, εκτός και αν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί μόνο για άμεση καύση. Το ενδιαφέρον για τη ρευστοποίηση παραμένει έως και σήμερα μικρό, κυρίως επειδή οι αντιδραστήρες και τα συστήματα τροφοδοσίας καυσίμου είναι και πιο πολύπλοκα αλλά και ακριβότερα από εκείνα που χρησιμοποιούνται στις διαδικασίες επεξεργασίας βιομάζας με πυρόλυση. Έτσι, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων όταν επιλέγεται να εφαρμοστεί μια θερμοχημική μέθοδος ενεργειακής αξιοποίησης της απορριπτόμενης βιομάζας, μεταξύ της πυρόλυσης και της ρευστοποίησης προτιμάται η πρώτη.

3.2.2 Βιοχημικά Συστήματα

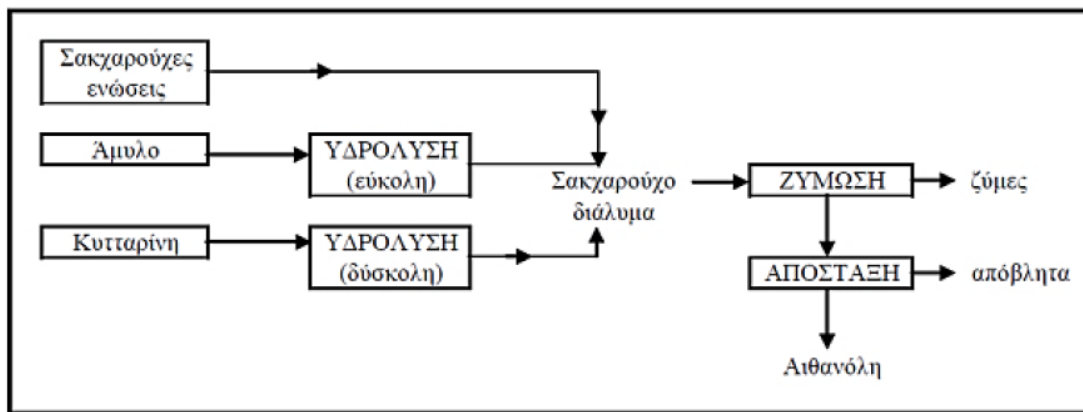
Οι βιοχημικές μέθοδοι (ζύμωση και αναερόβια χώνευση) εφαρμόζονται κυρίως σε υποστρώματα που έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό. Η ζύμωση χρησιμοποιείται για την παραγωγή κυρίως αιθανόλης αλλά και άλλων προϊόντων όπως το γαλακτικό οξύ. Οι κυριότερες πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται στη διαδικασία της ζύμωσης είναι η γλυκόζη, το άμυλο, η μελάσσα, το τυρόγαλα κλπ. Η αναερόβια χώνευση χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιοαερίου από υγρά/στερεά απόβλητα, κοπριά, σκουπίδια, κασίγαρο κλπ



Εικόνα 3.1 : Βιοχημικές τεχνολογίες μετατροπής βιομάζας [16]

3.2.2.1 Ζύμωση

Η σημαντικότερη ζύμωση που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενεργειακών προϊόντων από βιολογικές πρώτες ύλες είναι η αλκοολική ζύμωση κατά την οποία η γλυκόζη μετατρέπεται σε αιθανόλη με τη βοήθεια μικροοργανισμών (ζύμες) σε αναερόβιες συνθήκες. Η πρώτη ύλη που συνήθως χρησιμοποιείται είναι αμυλούχα και/ή κутταρινούχα προϊόντα.



Εικόνα 3.2 : Σχηματικό διάγραμμα διαδικασίας ζύμωσης βιομάζας και τα αντίστοιχα προϊόντα της [13]

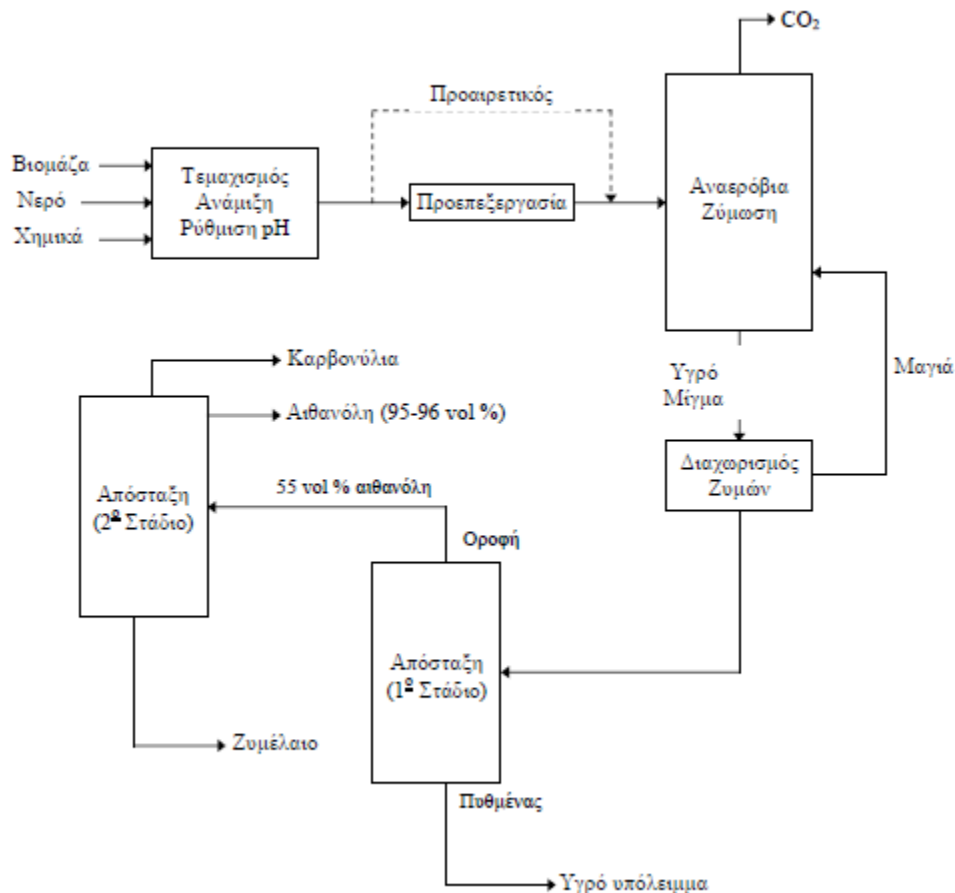
Οι αλκοόλες είναι σημαντικά υγρά βιοκαύσιμα που μπορούν να αναμιχθούν με βενζίνη ή να καούν από μόνες τους. Υπάρχουν πολλές μορφές, αλλά η πιο διαδεδομένη είναι η αιθανόλη (ή αιθυλική αλκοόλη) που όταν προέρχεται από διάφορους τύπους βιομάζας, με χημικές και βιολογικές διεργασίες, καλείται και ως βιοαιθανόλη. Τρεις τύποι βιομάζας συνιστούν το κατάλληλο υπόστρωμα τροφοδοσίας για την παραγωγή βιοαιθανόλης:

- α) σακχαρούχες ύλες (μελάσσα, σταφίδα, χαρούπι, γλυκό σόργο, ξερά σύκα κ.α.)
- β) αμυλούχες ύλες (σιτάρι, κριθάρι, πατάτες, παραπροϊόντα άλεσης σιτηρών, βολβοί κ.α.)
- γ) κυτταρινούχες ύλες (άχυρο, ξυλώδη τμήματα φυτών, γεωργικά παραπροϊόντα, δασικά υπολείμματα, παραπροϊόντα αγροτικών βιομηχανιών κ.α.)

Οι σακχαρούχες ύλες θεωρούνται ελκυστικότερες για την παραγωγή αιθανόλης, καθώς περιέχουν σάκχαρα ζυμώσιμα σε αλκοόλη. Όμως, η διαθεσιμότητα των κυτταρινούχων υλικών είναι συνήθως μεγαλύτερη. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον, μάλιστα, παρουσιάζει η χρησιμοποίηση των κυτταρινούχων υπολειμμάτων των σιτηρών (αχυροκυτταρίνη), τα οποία μένουν κατά ένα μέρος ανεκμετάλλευτα και αποτελούν μια φθηνή πρώτη ύλη. Η παραγόμενη με αυτή τη διαδικασία αιθανόλη μπορεί να συναγωνιστεί με τις παρούσες συνθήκες το κόστος της βενζίνης, προβλέπεται δε ότι στο μέλλον εξαιτίας του πεπερασμένου των συμβατικών καυσίμων θα γίνει ακόμη πιο ανταγωνιστική απέναντί τους.

Η ζύμωση παράγει ένα μίγμα νερού και αλκοόλης, ο διαχωρισμός των οποίων κρίνεται απαραίτητος ώστε να εξασφαλιστεί η ποιότητα του καυσίμου. Επειδή το σημείο βρασμού για το νερό είναι στους 100°C ενώ για την αλκοόλη είναι κοντά στους 78 °C, ο διαχωρισμός τους μπορεί να επιτευχθεί με απόσταξη. Τα απόβλητα της ζύμωσης και της απόσταξης παρουσιάζουν σημαντικό ρυπαντικό φορτίο, ενώ και η επεξεργασία τους είναι εξαιρετικά δύσκολη. Παρόλα αυτά έχουν αναπτυχθεί κάποιες πρακτικές αντιμετώπισης, όπως η συλλογή των αποβλήτων σε δεξαμενές και την εξάτμιση του νερού ή η διασπορά τους υπό μορφή σπρέι σε καλλιέργειες. Επίσης για την δέσμευση του CO₂ απαιτείται ειδική προεπεξεργασία που αυξάνει όμως το κόστος

παραγωγής. Πάντως το ζήτημα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων πρέπει να εξετάζεται σφαιρικά, καθώς για παράδειγμα η χρήση της αιθανόλης ως καύσιμη ύλη σε οχήματα μειώνει τις αέριες εκπομπές υδρογονανθράκων και οξειδίων του αζώτου. Κατά τη ζύμωση των σακχάρων η τιμή του pH πρέπει να είναι από 4 έως 5, ενώ η θερμοκρασία ρυθμίζεται στους 30-32°C. Η αλκοολική ζύμωση μπορεί να είναι διαλείπωντος έργου, ημισυνεχής ή συνεχής. Ο αριθμός των οκτανίων της καθαρής αιθανόλης όταν χρησιμοποιείται ως καύσιμο στα οχήματα είναι 106 σε σύγκριση με 90-92 της απλής βενζίνης και 97-99 της super. Η ανάμιξη της αιθανόλης με βενζίνη σε ποσοστό μέχρι και 20 με 25% δεν απαιτεί αλλαγές στον κινητήρα του αυτοκινήτου. Εφόσον αναμιχθεί αιθανόλη σε μεγαλύτερο ποσοστό ή χρησιμοποιηθεί σε καθαρή μορφή, τότε απαιτούνται ειδικά σχεδιασμένες μηχανές καύσης ή τροποποίηση στον κινητήρα. Σήμερα παράγονται και διατίθενται στην αγορά τα επονομαζόμενα ως FFV (flexible fuel-vehicles) αυτοκίνητα ευέλικτου καυσίμου, τα οποία μπορεί να χρησιμοποιήσουν μίγμα βενζίνης και αλκοόλης σε οποιαδήποτε αναλογία. Επιπρόσθετα ανάμιξη αλκοόλης με ντίζελ σε ποσοστό έως και 15% είναι αποδεκτή. Ενώ, η βιοαιθανόλη χρησιμοποιείται επίσης με επιτυχία σε κινητήρες ντίζελ, με την προσθήκη ειδικού πρόσθετου, που εξασφαλίζει την αυτανάφλεξή της.

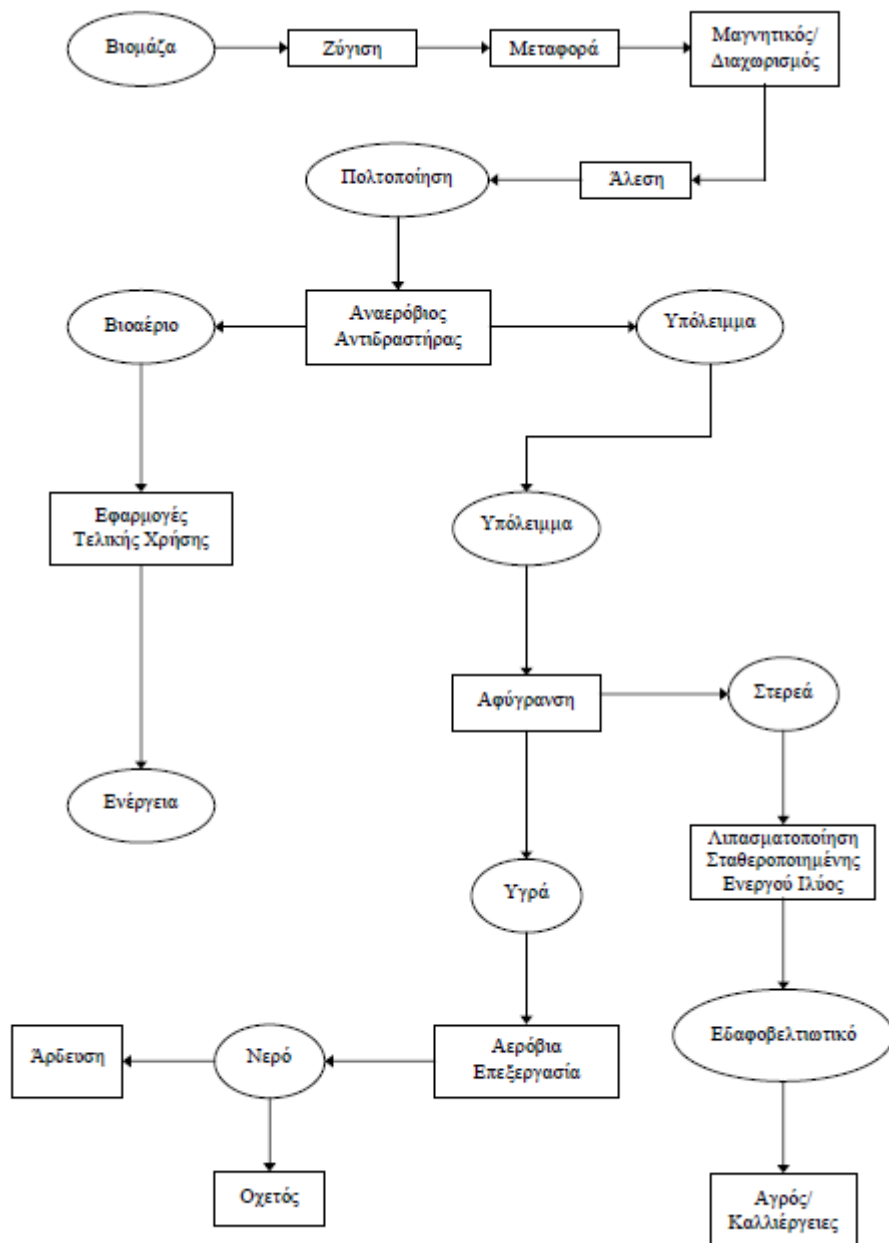


Σχήμα 3.9 Βιοχημική παραγωγή αιθανόλης με αλκοολική ζύμωση οργανικής ύλης [2].

3.2.2.2 Αναερόβια Χώνευση

Η διαδικασία συνίσταται στην αναερόβια αποικοδόμηση φυτικών υπολειμμάτων, ζωικών (κοπριά) και αστικών αποβλήτων. Κύριος σκοπός της αναερόβιας χώνευσης είναι η σταθεροποίηση του οργανικού υλικού με ταυτόχρονη μείωση των οσμών, της συγκέντρωσης των παθογόνων μικροοργανισμών και της μάζας του οργανικού υλικού που χρειάζεται περαιτέρω επεξεργασία. Το βιοαέριο που παράγεται αποτελείται σχεδόν εξ' ολοκλήρου από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα σε αναλογίες που ποικίλουν ανάλογα με την πρώτη ύλη και τη διεργασία που ακολουθείται. Η αναερόβια χώνευση του οργανικού υλικού οδηγεί και στο σχηματισμό ιλύος (ως παραπροϊόν) η οποία είναι πλούσια σε θρεπτικά στοιχεία και σε ιχνοστοιχεία και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως οργανικό λίπασμα. Από το βιοαέριο μπορεί να παραχθεί θερμική και ηλεκτρική ενέργεια. Κλείνοντας, θα ήθελα να εστιάσουμε στο θέμα των προκατεργασιών, οι οποίες σκοπό έχουν να μεγιστοποιήσουν την απόδοση των διεργασιών μετατροπής των λιγνοκυτταρινούχων υλικών. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την μετατροπή της κυτταρίνης είναι το πορώδες του υλικού (προσβάσιμότητα επιφάνειας), η κρυσταλλικότητα των ινών της κυτταρίνης καθώς και η περιεκτικότητα σε λιγνίνη και ημικυτταρίνη. Μέθοδοι προεπεξεργασίας, που στοχεύουν στην απομάκρυνση της λιγνίνης και της ημικυτταρίνης, στη μείωση της κρυσταλλικότητας των ινών της κυτταρίνης και στην αύξηση του πορώδους του υλικού, μπορούν να αυξήσουν σε σημαντικό βαθμό την απόδοση των προαναφερθέντων μεθόδων μετατροπής της κυτταρίνης.

Γενικά, οι μέθοδοι προεπεξεργασίας των λιγνοκυτταρινούχων υλικών θα πρέπει: (α) να ενισχύουν το σχηματισμό των σακχάρων ή τη δυνατότητα του επακόλουθου σχηματισμού τους με περαιτέρω υδρόλυση, (β) να ελαχιστοποιούν την απώλεια των υδατανθράκων, (γ) να αποτρέπουν το σχηματισμό παραπροϊόντων που μπορούν να δράσουν παρεμποδιστικά για τις διεργασίες της ενζυμικής υδρόλυσης και της αναερόβιας χώνευσης και (δ) να είναι οικονομικά βιώσιμες.



Σχήμα 3.10 Τυπικό σύστημα αναερόβιας επεξεργασίας οργανικών αποβλήτων [2].

3.2.3. Περισσότερα στοιχεία για την Αναερόβια Χώνευση

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

3.1 Υποστρώματα για την αναερόβια χώνευση

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα ευρύ φάσμα τύπων βιομάζας ως υπόστρωμα (πρώτη ύλη) για την παραγωγή βιοαερίου από την ΑΧ (Εικόνες 3.3, 3.4 και 3.5). Οι πιο κοινές κατηγορίες πρώτης ύλης που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή του βιοαερίου στην Ευρώπη παρατίθενται παρακάτω και στον Πίνακα 3.1.

- Ζωικά περιττώματα και πολτοί
- Γεωργικά υπολείμματα και υποπροϊόντα
- Οργανικά απόβλητα που μπορούν να υποστούν χώνευση από τρόφιμα και αγροτοβιομηχανίες (φυτικής και ζωικής προέλευσης)
- Το οργανικό μέρος των αστικών αποβλήτων και από τις επιχειρήσεις εστίασης (φυτικής και ζωικής προέλευσης)
- Λυματολάσπη
- Ειδικές ενεργειακές καλλιέργειες (π.χ. αραβόσιτος, μίσχανθος, σόργο, τριφύλλι)

Κωδικός αποβλήτων	Περιγραφή αποβλήτων	
02 00 00 ¹	Απόβλητα από τη γεωργία, τη δενδροκηποκομία, τις υδατοκαλλιέργειες, τη δασοκομία, το κунήγι και την αλιεία, την προετοιμασία και επεξεργασία των τροφίμων	Απόβλητα από τη γεωργία, τη δενδροκηποκομία, την υδατοκαλλιέργεια, τη δασοκομία, το κунήγι και την αλιεία
		Απόβλητα από την προετοιμασία και την επεξεργασία του κρέατος, των ψαριών και άλλων τροφίμων ζωικής προέλευσης
		Απόβλητα από την προετοιμασία και την επεξεργασία των φρούτων, των λαχανικών, των δημητριακών, των ελαίων, του κακάο, του τσαγιού και του καπνού- την κονσερβοποιία - την παραγωγή ζύμης και παραγώγων ζύμης, την προετοιμασία και ζύμωση μελάσσας
		Απόβλητα από την επεξεργασία ζάχαρης
		Απόβλητα από τη βιομηχανία γαλακτοκομικών προϊόντων
03 00 00	Απόβλητα από την επεξεργασία ξυλείας και την παραγωγή κουφωμάτων, επίπλων, πολτού, χαρτιού και χαρτονιού	Απόβλητα από την παραγωγή των οινοπνευματούχων και μη ποτών (εκτός από τον καφέ, το τσάι και το κακάο)
		Απόβλητα από την επεξεργασία της ξυλείας και την παραγωγή κουφωμάτων και επίπλων
		Απόβλητα από την παραγωγή και την επεξεργασία πολτού, χαρτιού και χαρτονιών
04 00 00	Απόβλητα από τις βιομηχανίες δερμάτων, γυνών και τις κλωστοϋφαντουργίες	Απόβλητα από τη βιομηχανία δέρματος και γούνας
15 00 00	Απόβλητα από τις βιομηχανίες δερμάτων, γυνών και τις κλωστοϋφαντουργίες	Απόβλητα από την κλωστοϋφαντουργία
		Συσκευασίες (συμπεριλαμβανομένων των χωριστά συλλεγθέντων δημοτικών αποβλήτων από συσκευασίες)
19 00 00	Απόβλητα από τις εγκαταστάσεις διαχείρισης αποβλήτων, τις εξωτερικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας υδάτινων αποβλήτων και την προετοιμασία του πόσιμου νερού και του ύδατος για βιομηχανική χρήση	Απόβλητα από την αναερόβια επεξεργασία των αποβλήτων
		Απόβλητα από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας υδάτων αποβλήτων που δεν διευκρινίζονται αλλιώς
		Απόβλητα από την προετοιμασία του πόσιμου νερού ή του ύδατος για βιομηχανική χρήση
20 00 00	Δημοτικά απόβλητα (οικιακά απόβλητα και παρόμοια εμπορικά, βιομηχανικά και σχολικά απόβλητα), συμπεριλαμβανομένων των χωριστά συλλεγθέντων μερών	Χωριστά συλλεγθέντα μέρη (εκτός από αυτά του 15 01)
		Απόβλητα κήπων και πάρκων (συμπεριλαμβανομένων των αποβλήτων των νεκροταφείων)
		Άλλα δημοτικά απόβλητα

Πίνακας 3.1 Βιοαπόβλητα, κατάλληλα για βιολογική επεξεργασία, σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων 2007 (EWC)

Ο εξαψήφιος κωδικός αναφέρεται στην αντίστοιχη καταχώρηση στον ευρωπαϊκό κατάλογο αποβλήτων (EWC) που υιοθετήθηκε με Απόφαση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. [21]



Εικόνα 3.3 Δημοτικά στερεά απόβλητα παρεχόμενα σε εγκατάσταση βιοαερίου στη Γερμανία [21]



Εικόνα 3.4 Απόβλητα από εστιατόρια [21]



Εικόνα 3.5 Χορτονομή αραβοσίτου [21]

Η χρήση των ζωικών περιττωμάτων και πολτών ως πρώτη ύλη για την ΑΧ έχει μερικά πλεονεκτήματα λόγω των ιδιοτήτων τους:

- Του φυσικού περιεχομένου τους σε αναερόβια βακτήρια.
- Του υψηλού περιεχομένου τους σε νερό (4-8% ΞΟ στους πολτούς), το οποίο ενεργεί ως διαλύτης για τα άλλα ομο-υποστρώματα και εξασφαλίζει την κατάλληλη ανάμιξη και ροή της βιομάζας.
- Της οικονομικής τιμής.
- Της υψηλής προσβασιμότητας, καθώς συλλέγονται ως υπόλειμμα από τη ζωική καλλιέργεια.

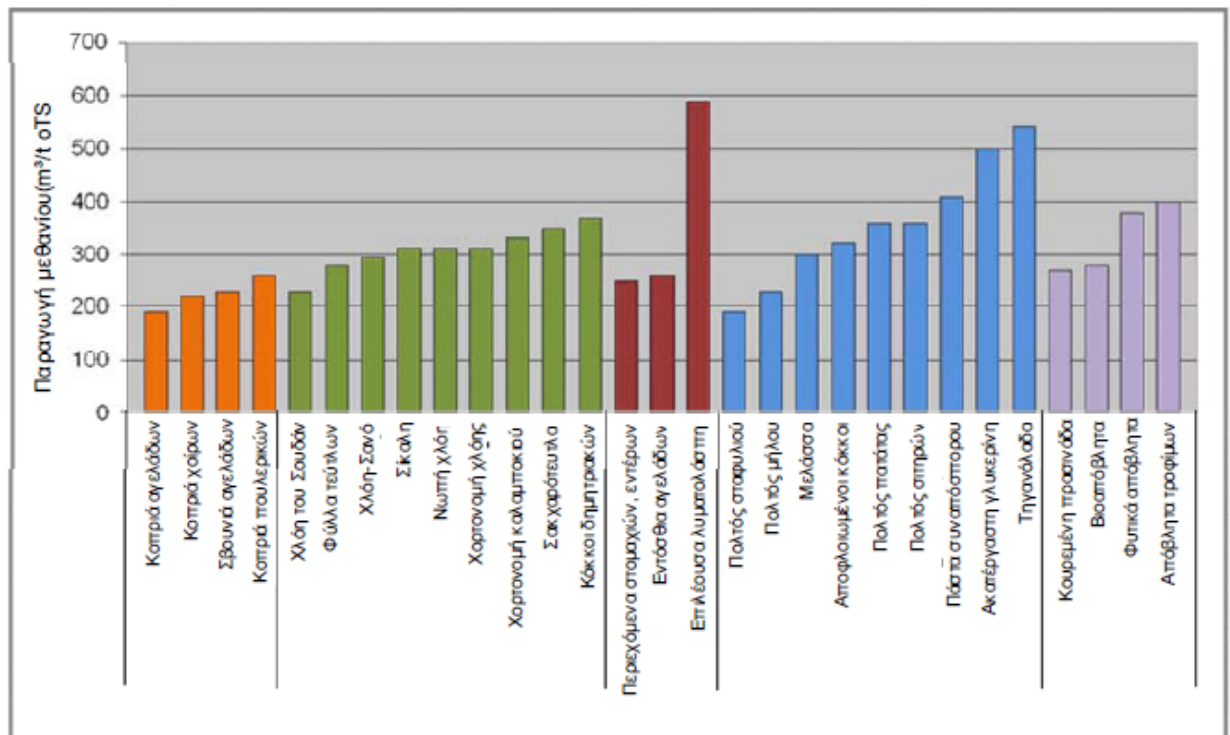
Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών, σε πολλές χώρες έχει εξεταστεί και εισαχθεί μια άλλη κατηγορία πρώτων υλών ΑΧ οι γνωστές ως «ειδικού προορισμού» ενεργειακές καλλιέργειες (ΕΠΕΚ), οι οποίες καλλιεργούνται ειδικά για την παραγωγή ενέργειας αντίστοιχα με την παραγωγή βιοαερίου. Οι ΕΠΕΚ μπορεί να είναι ποώδεις (χλόη, αραβόσιτος, αγριοκράμβη κλπ.) αλλά και ξυλώδεις καλλιέργειες (ιτιά, λεύκα, βελανιδιά), αν και οι ξυλώδεις καλλιέργειες χρειάζονται ειδική προ-επεξεργασία για την απολιγνίτωσή τους πριν την ΑΧ. Επιπλέον, τα υποστρώματα της ΑΧ μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με διάφορα κριτήρια: την προέλευσή τους, την ξηρή ουσία (ΞΟ), την παραγωγή περιεχόμενου μεθανίου κλπ. Ο Πίνακας 3.2 παρέχει μια επισκόπηση των χαρακτηριστικών μερικών από τους τύπους των κατάλληλων για χώνευση πρώτων υλών. Τα υποστρώματα με περιεκτικότητα ΞΟ χαμηλότερη από 20% χρησιμοποιούνται για την λεγόμενη υγρή χώνευση (υγρή ζύμωση). Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει τους ζωικούς πολτούς και κοπριάς καθώς επίσης και διάφορα υγρά οργανικά απόβλητα από βιομηχανίες τροφίμων. Όταν η περιεκτικότητα σε ΞΟ είναι αρκετά υψηλή (π.χ. 35%), τότε μιλάμε για ξηρά χώνευση (ξηρά ζύμωση), που είναι χαρακτηριστική για τις ενεργειακές καλλιέργειες και τις χορτονομές. Η επιλογή του τύπου και της ποσότητας της πρώτης ύλης για το μίγμα του υποστρώματος της ΑΧ εξαρτάται από την περιεκτικότητα ΞΟ καθώς επίσης και από την περιεκτικότητα σε σάκχαρα, λιπίδια και πρωτεΐνες.

Τύπος υλής	πρώτης	Οργανικό περιεχόμενο	Αναλογία C:N	ΞΟ %	VS % της ΞΟ	Παραγωγή βιοαερίου $m^3 \cdot kg^{-1} VS$	Ανεπιθύμητες φυσικές ακαθαρσίες	Άλλα ανεπιθύμητα υλικά
Πολτός χοίρων		Υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπίδια	3-10	3-8	70-80	0,25-0,50	Ξέσματα ξύλου, σκληρές τρίχες, ύδαρ, άμμος σκονιά, άχυρο	Αντιβιοτικά, απολυμαντικά
Πολτός βοοειδών		Υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπίδια	6-20	5-12	80	0,20-0,30	Σκληρές τρίχες, χώμα, ύδαρ, άχυρα, ξύλα	Αντιβιοτικά, Απολυμαντικά, NH_4^+
Πολτός πουλερικών		Υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπίδια	3-10	10-30	80	0,35-0,60	Αμμοχάλικο, άμμος, φτερά	Αντιβιοτικά, απολυμαντικά, NH_4^+
Περιεχόμενα στομαχίων, εντέρων		Υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπίδια	3-5	15	80	0,40-0,68	Ζωικοί ιστοί	Αντιβιοτικά, απολυμαντικά
Τυρόγαλο		75-80% λακτόζη 20-25% πρωτεΐνες	n.a.	8-12	90	0,35-0,80	Ακαθαρσίες μεταφοράς	
Συμπκνωμένος ορός γάλακτος		75-80% λακτόζη 20-25% πρωτεΐνες	n.a.	20-25	90	0,80-0,95	Ακαθαρσίες μεταφοράς	
Λάσπη επίτευσης		65-70% πρωτεΐνες 30-35% λιπίδια					Ζωικοί ιστοί	Βαριά μέταλλα, απολυμαντικά, οργανικοί ρύποι
Απολύματα της ζύμωσης		Υδατάνθρακες	4-10	1-5	80-95	0,35-0,78	Τα μη διασπώμενα υπολείμματα φρούτων	
Άχυρο		Υδατάνθρακες, λιπίδια	80-100	70-90	80-90	0,15-0,35	Άμμος, αμμοχάλικο	
Απόβλητα κήπων			100-150	60-70	90	0,20-0,50	Χώμα, κυτταρινικά συστατικά	Φυτοφάρμακα
Χλόη			12-25	20-25	90	0,55	Αμμοχάλικο	Φυτοφάρμακα
Σωρός χλόης			10-25	15-25	90	0,56	Αμμοχάλικο	
Απόβλητα φρούτων			35	15-20	75	0,25-0,50		
Ιχθυέλαια		30-50% λιπίδια	n.a.					
Έλαια σόγιας/μαργαρίνη		90% φυτικά έλαια	n.a.					
Αλκοόλ		40% αλκοόλ	n.a.					
Υπολείμματα τροφίμων				10	80	0,50-0,60	Κόκαλα, πλαστικό	Απολυμαντικά
Οργανικά οικιακά απόβλητα							Πλαστικό, μέταλλο, πέτρες, ξύλο, γυαλί	Βαριά μέταλλα, οργανικοί ρύποι
Λυματολάσπη								Βαριά μέταλλα, οργανικοί ρύποι

Πίνακας 3.2: Τα χαρακτηριστικά μερικών τύπων κατάλληλων για χώνευση πρώτων υλών [21]

Τα υποστρώματα που περιέχουν υψηλές ποσότητες λιγνίνης, κυτταρίνης και ημικυτταρινών μπορούν επίσης να αφομοιωθούν, αλλά σε αυτήν την περίπτωση συνήθως εφαρμόζεται μια προ-επεξεργασία προκειμένου να ενισχυθεί η ικανότητα χώνευσής τους.

Η πιθανή παραγωγή μεθανίου αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα κριτήρια αξιολόγησης των διαφορετικών υποστρωμάτων της ΑΧ (Σχήμα 3.9). Αξιοσημείωτο είναι ότι, τα ζωικά περιττώματα έχουν μια σχετικά χαμηλή παραγωγή μεθανίου. Γι' αυτό, στην πράξη, τα ζωικά περιττώματα δεν υφίστανται χώνευση μόνα τους, αλλά αναμιγνύονται και με άλλα ομο-υποστρώματα, με υψηλή παραγωγή μεθανίου, προκειμένου να προωθηθεί η παραγωγή βιοαερίου. Τα πιο κοινά ομο-υποστρώματα που προστίθενται για συγχώνευση μαζί με τα περιττώματα και τους πολτούς είναι ελαιούχα υπολείμματα από τις βιομηχανίες τροφίμων, αλιείας και τροφών, αλκοολούχα απόβλητα από τις βιομηχανίες ζυθοποιίας και ζάχαρης ή ΕΠΕΚ.

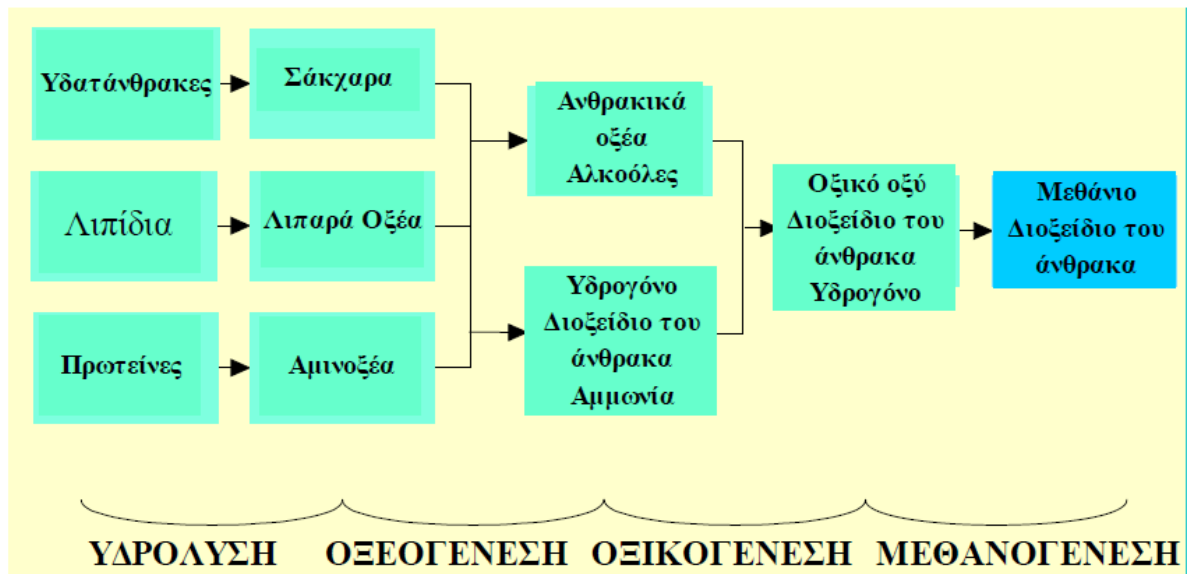


Σχήμα 3.9 Σημεία αναφοράς για τις ειδικές παραγωγές μεθανίου [21]

3.2.4 Η βιοχημική διεργασία της Αναερόβιας Χώνευσης

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η ΑΧ είναι η μικροβιολογική διαδικασία αποσύνθεσης της οργανικής ουσίας απουσία οξυγόνου. Τα βασικά προϊόντα αυτής της διεργασίας είναι το βιοαέριο και το κομπόστ. Το βιοαέριο είναι ένα αέριο καύσιμο, αποτελούμενο κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα. Το κομπόστ είναι το αποσυντεθειμένο υπόστρωμα, επακόλουθο της παραγωγής του βιοαερίου. Κατά τη διάρκεια της ΑΧ, παράγεται πολύ λίγη θερμότητα σε αντίθεση με την αερόβια (παρουσία οξυγόνου) αποσύνθεση, όπως η κομποστοποίηση. Η ενέργεια, που είναι χημικά δεσμευμένη μέσα στο υπόστρωμα, παραμένει κυρίως στο παραγόμενο βιοαέριο με τη μορφή μεθανίου.

Η διεργασία σχηματισμού του βιοαερίου είναι ένα αποτέλεσμα συνδυαστικών βημάτων, στα οποία το αρχικό υλικό συνεχώς διασπάται σε μικρότερα στοιχεία. Ειδικές ομάδες μικροοργανισμών εμπλέκονται σε καθένα από τα μεμονωμένα βήματα. Αυτοί οι οργανισμοί αποσυνθέτουν διαδοχικά τα προϊόντα των προηγούμενων βημάτων. Ένα απλουστευμένο διάγραμμα της διεργασίας της ΑΧ παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.10, όπου διακρίνονται τα τέσσερα κύρια βήματα της διεργασίας: η υδρόλυση, η οξεογένεση, οξικογένεση, και μεθανογένεση.



Σχήμα 3.10 Τα κύρια βήματα της διεργασίας της ΑΧ [21]

Τα στάδια της διεργασίας που αναφέρονται στο Σχήμα 3.5 λαμβάνουν χώρα παράλληλα στο χώρο και το χρόνο, στη δεξαμενή χώνευσης. Η ταχύτητα της συνολικής διεργασίας αποσύνθεσης καθορίζεται από την πιο αργή αντίδραση της αλυσίδας. Στην περίπτωση των εγκαταστάσεων βιοαερίου όπου γίνεται επεξεργασία των φυτικών υποστρωμάτων που περιέχουν κυτταρίνη, ημι-κυτταρίνη ή λιγνίνη, η υδρόλυση είναι αυτή που καθορίζει την ταχύτητα της διεργασίας. Κατά την υδρόλυση, παράγονται σχετικά μικρές ποσότητες βιοαερίου. Η παραγωγή βιοαερίου φθάνει στην αιχμή της κατά την μεθανογένεση.

3.2.4.1 Υδρόλυση

Η υδρόλυση είναι θεωρητικά το πρώτο βήμα της ΑΧ, κατά τη διάρκεια της οποίας η σύνθετη οργανική ουσία (πολυμερή) αποσυντίθεται σε μικρότερα στοιχεία (μονο- και ολιγομερή). Τα πολυμερή όπως οι υδατάνθρακες, τα λιπίδια, τα νουκλεϊκά οξέα και οι πρωτεΐνες μετατρέπονται σε γλυκόζη, σε γλυκόλη, πουρίνες, πυριδίνες, κλπ. Τα υδρολυτικά βακτηρίδια εκκρίνουν υδρολυτικά ένζυμα, μετατρέποντας τα βιοπολυμερή σε απλούστερες και διαλυτές ενώσεις. Μια μεγάλη ποικιλία μικροοργανισμών εμπλέκονται στην υδρόλυση, η οποία πραγματοποιείται από τα εξωένζυμα, που παράγονται από τους μικροοργανισμούς εκείνους που αποσυνθέτουν το αδιάλυτο μοριακό υλικό. Τα προϊόντα που προκύπτουν από την υδρόλυση αποσυντίθενται περαιτέρω από τους εμπλεκόμενους μικροοργανισμούς και χρησιμοποιούνται για τις δικές τους διεργασίες μεταβολισμού.

3.2.4.2 Οξεογένεση

Κατά τη διάρκεια της οξεογένεσης, τα προϊόντα της υδρόλυσης μετατρέπονται από οξεογενή βακτηρίδια σε μεθανογενή υποστρώματα. Τα απλά σάκχαρα, τα αμινοξέα και τα λιπαρά οξέα υποβιβάζονται σε οξικό άλας, διοξειδίο του άνθρακα και υδρογόνο (70%), καθώς επίσης και σε πτητικά λιπαρά οξέα (VFA) και αλκοόλες (30%).

3.2.4.3 Οξικογένεση

Κατά τη διάρκεια της οξικογένεσης, τα προϊόντα από την οξεογένεση που δεν μπορούν να μετατραπούν άμεσα σε μεθάνιο από τα μεθανογενή βακτηρίδια μετατρέπονται σε μεθανογενή υποστρώματα. Τα πτητικά λιπαρά οξέα και οι αλκοόλες οξειδώνονται σε μεθανογενή υποστρώματα, όπως οξικό οξύ, υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα. Τα πτητικά λιπαρά οξέα με αλυσίδες άνθρακα με περισσότερους από δύο δεσμούς και οι αλκοόλες με αλυσίδες άνθρακα με περισσότερους από ένα δεσμό οξειδώνονται σε οξικό οξύ και υδρογόνο. Η παραγωγή του υδρογόνου αυξάνει την μερική πίεση του. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως «υπόλειμμα» της οξικογένεσης και εμποδίζει το μεταβολισμό των οξικογενών βακτηριδίων. Κατά τη διάρκεια της μεθανογένεσης, το υδρογόνο μετατρέπεται σε μεθάνιο. Η οξικογένεση και η μεθανογένεση συνήθως λαμβάνουν χώρα παράλληλα, ως συμβίωση δύο ομάδων οργανισμών.

3.2.4.4 Μεθανογένεση

Η παραγωγή του μεθανίου και του διοξειδίου του άνθρακα από ενδιάμεσα προϊόντα πραγματοποιείται από τα μεθανογενή βακτηρίδια. Το 70% του διαμορφωμένου μεθανίου προέρχεται από οξικό άλας, ενώ το υπόλοιπο 30% παράγεται από τη μετατροπή του υδρογόνου και του CO₂. Η μεθανογένεση είναι ένα κρίσιμο βήμα σε ολόκληρη τη διεργασία της χώνευσης, δεδομένου ότι είναι η πιο αργή βιοχημική αντίδραση της διεργασίας. Η μεθανογένεση επηρεάζεται σοβαρά από τις συνθήκες λειτουργίας. Η σύνθεση της πρώτης ύλης, ο ρυθμός τροφοδοσίας, η θερμοκρασία και το pH είναι παραδείγματα παραγόντων που επηρεάζουν τη μεθανογένεση. Η υπερφόρτωση του χωνευτήρα, οι αλλαγές θερμοκρασίας ή η μεγάλη είσοδος οξυγόνου οδηγούν συνήθως στον τερματισμό της παραγωγής μεθανίου.

3.3 Παράμετροι της ΑΧ

Η αποδοτικότητα της ΑΧ εξαρτάται από μερικές κρίσιμες παραμέτρους, έτσι είναι σημαντικό να παρέχονται οι κατάλληλοι όροι για τους αναερόβιους μικροοργανισμούς. παρακάτω αναλύονται οι παράμετροι αυτοί.

3.3.1 Θερμοκρασία

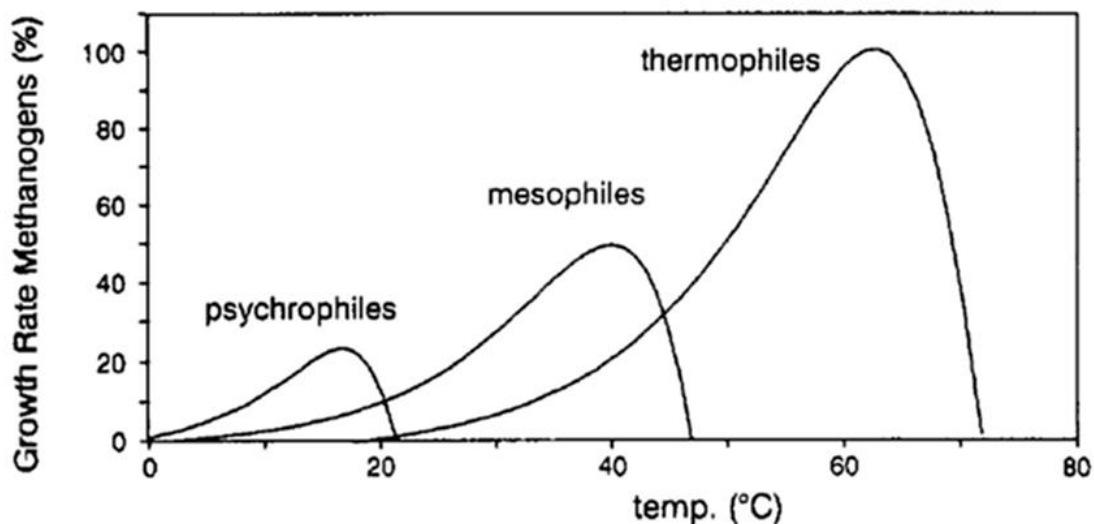
Η διεργασία της ΑΧ μπορεί να πραγματοποιηθεί σε διαφορετικές θερμοκρασίες, που χωρίζονται σε τρία θερμοκρασιακά εύρη: ψυχρόφιλη (κάτω από 25°C), μεσόφιλη (25- 45°C), και θερμόφιλη (45-70°C). Υπάρχει μια άμεση συσχέτιση μεταξύ της θερμοκρασίας της διεργασίας και του ΥΧΠ. Η σταθερότητα της θερμοκρασίας έχει καθοριστική σημασία για την ΑΧ. Στην πράξη, η θερμοκρασία λειτουργίας επιλέγεται σε συνάρτηση με την χρησιμοποιούμενη πρώτη ύλη και η θερμοκρασία διεργασίας συνήθως παρέχεται από ενδοδαπέδια ή επιτοίχια συστήματα θέρμανσης, μέσα στον χωνευτήρα. Πολλές σύγχρονες εγκαταστάσεις βιοαερίου λειτουργούν σε θερμόφιλες θερμοκρασίες διεργασίας, καθώς η θερμόφιλη διεργασία παρέχει αρκετά πλεονεκτήματα, έναντι της μεσόφιλης και ψυχρόφιλης διεργασίας όπως:

- αποτελεσματική καταστροφή των παθογόνων οργανισμών,
- υψηλότερο ποσοστό αύξησης μεθανογενών βακτηρίων σε υψηλότερες θερμοκρασίες,
- μειωμένος χρόνος παραμονής, που καθιστά τη διεργασία γρηγορότερη και αποδοτικότερη,
- βελτιωμένη ικανότητα χώνευσης και διαθεσιμότητα των υποστρωμάτων,
- καλύτερη υποβάθμιση των στερεών υποστρωμάτων και καλύτερη χρήση των υποστρωμάτων,
- καλύτερη δυνατότητα διαχωρισμού των υγρών και στερεών μερών.

Τα κύρια μειονεκτήματα της θερμόφιλης διεργασίας είναι:

- η μεγαλύτερη ζήτηση ενέργειας λόγω της υψηλής θερμοκρασίας,
- ο υψηλότερος κίνδυνος παρεμπόδισης από την παραγωγή αμμωνίας.

Ελάχιστος χρόνος παραμονής ψυχρόφιλη < 20 °C 70 έως 80 ημέρες
 μεσόφιλη 30 έως 42 °C 30 έως 40 ημέρες θερμόφιλη 43 έως 55 °C 15 έως 20
 ημέρες διεργασίας. Εντούτοις, κατά τη μείωση της θερμοκρασίας στους 50°C
 ή και λιγότερο, ο ρυθμός αύξησης των θερμόφιλων μικροοργανισμών θα
 μειωθεί δραστικά, και μπορεί να εμφανιστεί ένας κίνδυνος ξεπλύματος του
 μικροβιακού πληθυσμού, λόγω ενός ρυθμού αύξησης χαμηλότερου από τον
 πραγματικό ΥΧΠ. Αυτό σημαίνει ότι, ένας καλά λειτουργών θερμόφιλος
 χωνευτήρας μπορεί να φορτωθεί σε ένα υψηλότερο βαθμό ή να λειτουργήσει
 σε ένα χαμηλότερο ΥΧΠ απ' ό,τι π.χ. ένας μεσόφιλος, εξαιτίας του ρυθμού
 αύξησης των θερμόφιλων οργανισμών. Η εμπειρία δείχνει ότι σε υψηλή
 φόρτωση ή σε χαμηλό ΥΧΠ, ένας χωνευτήρας που λειτουργεί θερμόφιλα έχει
 υψηλότερη παραγωγή αερίου και μεγαλύτερο ρυθμό μετατροπής σε σχέση μ'
 ένα μεσόφιλο χωνευτήρα.



Σχήμα 3.11: Σχετικός ρυθμός μεθανογέννησης των ψυχρόφιλων, μεσόφιλων και θερμόφιλων μεθανογενέσεων [21]

Η διαλυτότητα των διάφορων συστατικών (NH₃, H₂, CH₄, H₂S, VFA) εξαρτάται επίσης από τη θερμοκρασία. Αυτό μπορεί να έχει μεγάλη σημασία για τα υλικά που έχουν ανασταλτική επίδραση στη διεργασία. Το ιξώδες των χωνευόμενων συστατικών είναι αντιστρόφως ανάλογο της θερμοκρασίας. Το

υπόστρωμα είναι περισσότερο ρευστό στις υψηλές θερμοκρασίες και διευκολύνεται έτσι η διάχυση του διαλυμένου υλικού. Η θερμοφιλή θερμοκρασία λειτουργίας οδηγεί σε γρηγορότερους ρυθμούς χημικής αντίδρασης, κατά συνέπεια σε καλύτερη αποδοτικότητα παραγωγής μεθανίου, υψηλότερη διαλυτότητα και χαμηλότερο ιξώδες. Η υψηλότερη ζήτηση ενέργειας στη θερμοφιλή διεργασία δικαιολογείται λόγω της υψηλότερης παραγωγής βιοαερίου. Είναι σημαντικό να κρατηθεί μια σταθερή θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της διεργασίας της χώνευσης, δεδομένου ότι οι αλλαγές ή οι διακυμάνσεις στη θερμοκρασία έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στην παραγωγή του βιοαερίου. Τα θερμοφιλά βακτηρίδια είναι πιο ευαίσθητα σε διακυμάνσεις της θερμοκρασίας κατά $\pm 1^{\circ}\text{C}$ και απαιτούν περισσότερο χρόνο στο να προσαρμοστούν σε μια νέα θερμοκρασία, προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη παραγωγή μεθανίου. Τα μεσόφιλα βακτηρίδια είναι λιγότερο ευαίσθητα. Είναι δυνατόν να εμφανιστούν διακυμάνσεις της θερμοκρασίας της τάξης των $\pm 3^{\circ}\text{C}$ χωρίς σημαντικές μειώσεις στην παραγωγή μεθανίου.

3.3.2 Τιμές pH και βέλτιστα διαστήματα

Η τιμή του pH είναι το μέτρο της οξύτητας/αλκαλικότητας του διαλύματος (αντίστοιχα με το μίγμα του υποστρώματος, στην περίπτωση της AX) και εκφράζεται σε μέρη ανά εκατομμύριο (ppm). Το pH του υποστρώματος της AX επηρεάζει την αύξηση των μεθανογενών μικροοργανισμών, και μπορεί να έχει επιπτώσεις στο διαχωρισμό μερικών ενώσεων που έχουν σημασία για την διεργασία της AX (αμμωνία, σουλφίδιο, οργανικά οξέα). Η εμπειρία δείχνει ότι ο σχηματισμός του μεθανίου πραγματοποιείται μέσα σε ένα σχετικά μικρό εύρος pH, περίπου από 5,5 έως 8,5, με ένα βέλτιστο εύρος 7-8 για τους περισσότερους μεθανογενείς οργανισμούς. Οι οξικογενείς οργανισμοί έχουν, σε πολλές περιπτώσεις, μια χαμηλότερη τιμή του βέλτιστου pH. Το βέλτιστο εύρος pH για τη μεσόφιλη χώνευση είναι μεταξύ 6,5 και 8, και η διεργασία παρεμποδίζεται σοβαρά εάν η τιμή του pH μειωθεί κάτω από 6 ή ανέλθει πάνω από το 8,3. Η διαλυτότητα του διοξειδίου του άνθρακα στο ύδωρ μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Η τιμή του pH στους θερμοφίλους χωνευτήρες είναι επομένως υψηλότερη απ' ό,τι στους μεσόφιλους, καθώς το διαλυμένο διοξείδιο του άνθρακα διαμορφώνει ανθρακικό οξύ από την αντίδραση του με το νερό. Η τιμή του pH μπορεί να αυξηθεί από την αμμωνία που παράγεται κατά την υποβάθμιση των πρωτεϊνών, ή από την παρουσία αμμωνίας στο ρεύμα τροφοδοσίας, ενώ η συσσώρευση πτητικών λιπαρών οξέων (VFA) μειώνει την τιμή του pH.

Η τιμή του pH στους αναερόβιους αντιδραστήρες ελέγχεται κυρίως από το σύστημα ανάσχεσης των διττανθρακικών αλάτων. Επομένως, η τιμή του pH των χωνευτήρων βιοαερίου εξαρτάται από τη μερική πίεση του CO_2 και τη συγκέντρωση αλκαλικών και όξινων συστατικών στην υγρή φάση. Εάν συμβαίνει συσσώρευση βάσεων ή οξέων, η ικανότητα ανάσχεσης ισοσταθμίζει τις αλλαγές στο pH μέχρι ένα ορισμένο επίπεδο. Όταν ξεπερνιέται η ικανότητα ανάσχεσης του συστήματος, εμφανίζονται δραστικές αλλαγές στις τιμές του pH, εμποδίζοντας εξολοκλήρου τη διεργασία. Για τον λόγο αυτό δεν μπορεί να συστηθεί μια τιμή του pH ως αυτόνομη παράμετρος ελέγχου της διεργασίας. Το δυναμικό προσωρινής αποθήκευσης του υποστρώματος της AX μπορεί να ποικίλλει. Η εμπειρία από τη Δανία δείχνει

ότι το δυναμικό της προσωρινής αποθήκευσης της κοπριάς των βοοειδών ποικίλλει ανάλογα με την εποχή, επηρεαζόμενη ενδεχομένως από τη σύνθεση της τροφής των βοοειδών. Η τιμή του pH της ζωικής κοπριάς είναι επομένως μια μεταβλητή που είναι δύσκολο να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της ανισορροπίας της διεργασίας, δεδομένου ότι αλλάζει πολύ λίγο και πολύ αργά. Είναι, εντούτοις, σημαντικό να σημειωθεί ότι η τιμή του pH μπορεί να είναι ένας γρήγορος, σχετικά αξιόπιστος και φθηνός τρόπος καταγραφής της ανισορροπίας στα συστήματα με χαμηλές δυνατότητες προσωρινής αποθήκευσης, όπως είναι η ΑΧ των διάφορων τύπων υγρών αποβλήτων.

3.3.3 Πτητικά λιπαρά οξέα (VFA)

Η ευστάθεια της διεργασίας της ΑΧ επηρεάζεται από την συγκέντρωση των ενδιάμεσων προϊόντων όπως είναι τα πτητικά λιπαρά οξέα (VFA). Τα VFA είναι ενδιάμεσες ενώσεις (οξικά, προπιονικά, βουτυρικά, γαλακτικά άλατα), που παράγονται κατά τη διάρκεια της οξικογένεσης, με μια αλυσίδα άνθρακα από έξι ή λιγότερα άτομα. Στις περισσότερες περιπτώσεις, αστάθεια στη διεργασία θα οδηγήσει στη συσσώρευση VFA μέσα στον χωνευτήρα, και αυτό μπορεί να οδηγήσει σε πτώση της τιμής του pH. Η συσσώρευση VFA, εντούτοις, δεν εκφράζεται πάντοτε ως πτώση του pH, λόγω της ικανότητας ανάσχεσης μερικών τύπων βιομάζας. Π.χ. τα ζωικά περιττώματα έχουν ένα πλεόνασμα αλκαλικότητας, το οποίο σημαίνει ότι η συσσώρευση VFA πρέπει να υπερβεί ένα ορισμένο επίπεδο προτού να μπορέσει να ανιχνευθεί λόγω της σημαντικής μείωσης της τιμής του pH. Σε ένα τέτοιο σημείο, η συγκέντρωση οξέων στο χωνευτήρα θα είναι τόσο υψηλή ώστε η διεργασία της ΑΧ θα έχει ήδη εμποδιστεί σοβαρά. Η πρακτική εμπειρία δείχνει ότι δύο διαφορετικοί χωνευτήρες μπορεί να συμπεριφέρονται τελείως διαφορετικά ως προς την ίδια συγκέντρωση VFA, με την έννοια ότι η συγκεκριμένη συγκέντρωση VFA μπορεί να είναι βέλτιστη για μία δεξαμενή χώνευσης, αλλά ανασταλτική για μία άλλη. Μια από τις πιθανές εξηγήσεις είναι το γεγονός ότι η σύνθεση των πληθυσμών μικροοργανισμών ποικίλλει από χωνευτήρα σε χωνευτήρα. Για τον λόγο αυτό, όπως και στην περίπτωση του pH, η συγκέντρωση των VFA δεν μπορεί να προταθεί ως μια αυτόνομη παράμετρος ελέγχου της διεργασίας.

3.3.4 Αμμωνία

Η αμμωνία (NH_3) είναι μια σημαντική ένωση, με ιδιαίτερη λειτουργία στη διεργασία της ΑΧ. Η αμμωνία είναι μια σημαντική θρεπτική ουσία που χρησιμεύει σαν πρόδρομος των τροφίμων και των λιπασμάτων και κανονικά συναντάται ως αέριο, με την χαρακτηριστική έντονη μυρωδιά. Οι πρωτεΐνες είναι η κύρια πηγή αμμωνίας στην διεργασία της ΑΧ. Η πολύ υψηλή συγκέντρωση αμμωνίας μέσα στο κομπόστ, ειδικότερα στην ελεύθερη αμμωνία (στη μη ιονισμένη μορφή της), είναι υπεύθυνη για την παρεμπόδιση της διεργασίας. Αυτό είναι σύνηθες στην ΑΧ των ζωικών περιττωμάτων, λόγω της υψηλής συγκέντρωσης αμμωνίας που προέρχονται από την ουρία. Γι' αυτό τον λόγο, η συγκέντρωση της αμμωνίας πρέπει να διατηρείται κάτω από 80 mg/l. Τα μεθανογενή βακτηρίδια είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στην παρεμπόδιση της αμμωνίας. Η συγκέντρωση της ελεύθερης αμμωνίας είναι

ευθέως ανάλογη προς τη θερμοκρασία, οπότε υπάρχει ένας αυξημένος κίνδυνος παρεμπόδισης λόγω της αμμωνίας των διεργασιών ΑΧ που λαμβάνουν χώρα στις θερμοφιλικές θερμοκρασίες, σε σύγκριση με τις μεσόφιλες.

Η συγκέντρωση ελεύθερης αμμωνίας υπολογίζεται από τη σχέση ισορροπίας:

$$[NH_3] = \frac{[T - NH_3]}{\left(1 + \frac{H^+}{ka}\right)}$$

όπου $[NH_3]$ και $[T - NH_3]$ είναι οι συγκεντρώσεις της ελεύθερης και της συνολικής αμμωνίας, αντίστοιχα, και ka είναι η σταθερά διαχωρισμού, με τιμές που αυξάνονται με τη θερμοκρασία. Αυτό σημαίνει ότι το αυξανόμενο pH και η αυξανόμενη θερμοκρασία θα οδηγήσουν σε αυξανόμενη παρεμπόδιση, δεδομένου ότι αυτοί οι παράγοντες θα αυξήσουν το ποσοστό της ελεύθερης αμμωνίας. Όταν μια διεργασία παρεμποδίζεται με την αμμωνία, μια αύξηση στη συγκέντρωση των VFA θα οδηγήσει σε μείωση του pH. Αυτό θα αλληλοαναιρέσει εν μέρει την επίδραση της αμμωνίας, λόγω μιας μείωσης στη συγκέντρωση της ελεύθερης αμμωνίας.

3.3.5 Ιχνοστοιχεία, θρεπτικές ουσίες και τοξικές ενώσεις

Τα ιχνοστοιχεία όπως το σίδηρο, το νικέλιο, το κοβάλτιο, το σελήνιο, το μολυβδαίνιο ή το βολφράμιο είναι εξίσου σημαντικά για την αύξηση και την επιβίωση των μικροοργανισμών της ΑΧ όπως είναι ο άνθρακας, το άζωτο, ο φώσφορος και το θείο. Η βέλτιστη αναλογία των θρεπτικών στοιχείων άνθρακα, αζώτου, φωσφόρου, και θείου (C:N:P:S) είναι 600:15:5:1. Η ανεπαρκής παροχή θρεπτικών ουσιών και ιχνοστοιχείων, καθώς επίσης και η πάρα πολύ υψηλή χωνευτικότητα του υποστρώματος μπορούν να προκαλέσουν παρεμπόδιση και διαταραχές στη διεργασία της ΑΧ. Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει τη δραστηριότητα των αναερόβιων μικροοργανισμών είναι η παρουσία τοξικών ενώσεων. Αυτές μπορούν να μεταφερθούν στο σύστημα ΑΧ μαζί με την πρώτη ύλη, αλλά μπορούν επίσης να παραχθούν κατά τη διάρκεια της διεργασίας. Είναι δύσκολη η εφαρμογή κατώτατων οριακών τιμών για τα τοξικά υλικά, αφενός μεν επειδή αυτά τα είδη των υλικών μπορούν συχνά να δεσμευθούν με χημικές διεργασίες και αφετέρου επειδή οι αναερόβιοι μικροοργανισμοί είναι σε θέση να προσαρμοστούν, εντός ορισμένων ορίων, στις περιβαλλοντικές συνθήκες, δια του παρόντος με την παρουσία τοξικών ενώσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

4.1 Εισαγωγή

Οι μέθοδοι της ενεργειακής μετατροπής της βιομάζας είναι διάφορες, διακρίνονται δε σε θερμοχημικές (ξηρές) και σε βιοχημικές (υγρές). Η επιλογή της μεθόδου μετατροπής προσδιορίζεται από τα βασικά στοιχεία, που είναι η σχέση C/N και η περιεχόμενη υγρασία των υπολειμμάτων την ώρα της συλλογής.

Οι θερμοχημικές διεργασίες περιλαμβάνουν αντιδράσεις οι οποίες εξαρτώνται από τη θερμοκρασία για διαφορετικές συνθήκες οξείδωσης. Οι διεργασίες αυτές χρησιμοποιούνται για τα είδη της βιομάζας με σχέση C/N > 30 και υγρασία <50%, δηλαδή για τα προϊόντα και τα υπολείμματα της κутταρίνης. Στις διεργασίες αυτές περιλαμβάνονται:

- Η πυρόλυση (θέρμανση χωρίς την παρουσία αέρα)
- Η απευθείας καύση
- Η αεριοποίηση και
- Η υδρογονοδιάσπαση

Οι βιοχημικές διεργασίες, που ονομάζονται έτσι επειδή είναι αποτέλεσμα μικροβιακής δράσης, χρησιμοποιούνται για προϊόντα και υπολείμματα κυρίως λαχανικών, όπου η σχέση C/N < 30 και η υγρασία >50%.

Οι βιοχημικές διεργασίες διακρίνονται στις

- Αερόβια βιοσταθεροποίηση (ζύμωση)
- Αναερόβια βιοσταθεροποίηση και
- Αλκοολική ζύμωση.

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης εξετάζονται στη συνέχεια οι διεργασίες της απ' ευθείας καύσης για τα κλαδοδέματα ελιάς, εσπεριδοειδών, αμπέλου και καλλιέργειας αραβοσίτου.

4.1.1 Μονάδα Καύσης Βιομάζας Ε.Ε.Α.Α. (Ελαιοκλαδεμάτων κλαδεμάτων Εσπεριδοειδών Αμπελοκλαδεμάτων και καλλιέργειας Αραβοσίτου) Περιγραφή Τεχνολογίας - Απαιτούμενος Εξοπλισμός – Υποδομές

Η απ' ευθείας καύση της βιομάζας των Ε.Ε.Α.Α. γίνεται σε εστίες στερεών καυσίμων και η παραγωγή ενέργειας είναι άμεση χωρίς την παραγωγή ενδιάμεσου προϊόντος. Τα περισσότερα απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων δεν προσφέρονται για αποτέφρωση και καύση λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε υγρασία. Όταν το ενεργειακό περιεχόμενο των αποβλήτων είναι χαμηλό απαιτείται περαιτέρω απομάκρυνση νερού ή προσθήκη καυσίμου υλικού προκειμένου να υποστηριχθεί η διαδικασία της αποτέφρωσης. Η βιομάζα που προκύπτει από τα κλαδοδέματα Ε.Ε.Α.Α. μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο σε καυστήρα εσχάρας ή ρευστοστερεάς κλίνης με ταυτόχρονη

παραγωγή ατμού, ο οποίος συνδέεται με κινητήρα παραγωγής θερμικής ενέργειας και μετατροπή σε ηλεκτρική ενέργεια.

Η απ' ευθείας καύση των κλαδεμάτων Ε.Ε.Α.Α. επιτυγχάνει συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, με τη χρήση συστήματος ατμοστρόβιλου. Σε ειδικό λέβητα καίγεται βιομάζα και παράγεται ατμός υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας. Ο ατμός οδηγείται μέσω δικτύου σε ατμοστρόβιλο, στον άξονα του οποίου είναι συνδεδεμένη κατάλληλη ηλεκτρογεννήτρια, και εκεί εκτονώνεται παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια. Ανάλογα με το είδος των θερμικών φορτίων που καλύπτονται από τη συγκεκριμένη μονάδα συμπαραγωγής και τις αντίστοιχες απαιτήσεις σε "ποιότητα" χρησιμοποιείται ατμοστρόβιλος αντίθλιψης, ή ατμοστρόβιλος συμπύκνωσης με απομάστευση ατμού.

Τα κύρια συστήματα μιας μονάδας συμπαραγωγής από βιομάζα είναι τα εξής:

- ✓ ατμολέβητας βιομάζας
- ✓ κύκλωμα ατμού / νερού
- ✓ ατμοστρόβιλος
- ✓ ηλεκτρογεννήτρια
- ✓ εναλλάκτες θερμότητας
- ✓ σύστημα συμπύκνωσης
- ✓ σύστημα επεξεργασίας νερού
- ✓ συστήματα αέρα/καυσαερίων
- ✓ βοηθητικά συστήματα και εξοπλισμός

4.1.2 Καύση Βιομάζας κλαδεμάτων Ε.Ε.Α.Α. σε Ρευστοποιημένη Κλίνη

Ρευστοποίηση καλείται η αιώρηση των στερεών σωματιδίων μίας κλίνης, η οποία οφείλεται στη ροή αερίου ρεύματος. Η έντονη ανάδευση του στερεού υλικού και η καλή επαφή μεταξύ αερίου ρεύματος και σωματιδίων δημιουργούν ένα ισοθερμοκρασιακό σύστημα με ικανοποιητική μεταφορά μάζας. Η ρευστοποιημένη κλίνη σωματιδίων είναι ιδανική για εφαρμογές όπου απαιτείται πραγματοποίηση χημικών αντιδράσεων, ξήρανση προϊόντος, ανάδευση στερεών ή μεταφορά θερμότητας. Λόγω της καλής ανάμιξης η οποία επιτυγχάνεται, οι μονάδες καύσης ρευστοποιημένης κλίνης μπορούν να αντιμετωπίσουν με ευελιξία τη χρησιμοποίηση διαφόρων μιγμάτων καυσίμων, αλλά έχουν περιορισμούς όσον αφορά στο μέγεθος των σωματιδίων του καυσίμου και στην παρουσία προσμίξεων σε αυτά. Κατά συνέπεια, για την ασφαλή λειτουργία της μονάδας, είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός κατάλληλου συστήματος επεξεργασίας του καυσίμου το οποίο να εξασφαλίζει τη μείωση του μεγέθους των σωματιδίων και το διαχωρισμό των μετάλλων. Τα συστήματα καύσης σε ρευστοποιημένη κλίνη χρειάζονται μεγαλύτερες περιόδους εκκίνησης (μέχρι και 15 ώρες), κατά τη διάρκεια των οποίων χρησιμοποιούνται καυστήρες πετρελαίου ή αερίου. Όσον αφορά στις εκπομπές, είναι δυνατόν να επιτευχθούν χαμηλά επίπεδα εκπομπών NO_x λόγω σταδιακής παροχής αέρα, καλής ανάμιξης και χαμηλών απαιτήσεων για περίσσεια αέρα. Οι χαμηλές ποσότητες περίσσειας αέρα, οι οποίες είναι αναγκαίες, αυξάνουν την αποδοτικότητα της καύσης και μειώνουν τον όγκο ροής του απαερίου. Αυτό καθιστά τις μονάδες ρευστοποιημένης κλίνης ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες για εφαρμογές μεγάλης κλίμακας.

Όταν πραγματοποιείται καύση μέσα σε μία ρευστοποιημένη κλίνη, ισχύει η ίδια βασική αρχή της ρευστοποίησης. Συνήθως, η θερμοκρασία και η πίεση της κλίνης κυμαίνονται μεταξύ 800-900 °C και 1-20 bar, αντίστοιχα. Η κλίνη σωματιδίων περιέχει μη-αναφλέξιμο, αδρανές υλικό. Το καύσιμο τροφοδοτείται στην κλίνη και σύντομα αρχίζει το φαινόμενο της καύσης. Για τη μεγιστοποίηση της απόδοσης της καύσης, τα σωματίδια που δεσμεύονται στους κυκλώνες επιστρέφουν στην κλίνη, προκειμένου να καούν όλα τα σωματίδια καυσίμου. Οι ρευστοποιημένες κλίνες είναι ιδανικές για την καύση καυσίμων που περιέχουν θείο, καθώς αυτό μπορεί να δεσμευθεί από κόκκους ασβεστόλιθου που προστίθενται στην κλίνη σωματιδίων.

4.1.2.1 Πλεονεκτήματα Καύσης σε Ρευστοποιημένη Κλίνη

1. Καλή μεταφορά θερμότητας, θερμική ομοιογένεια, χαμηλή θερμοκρασία καύσης: Λόγω της έντονης ανάμειξης ρευστού και σωματιδίων, επιτυγχάνεται πολύ μεγάλη επιφάνεια επαφής μεταξύ των, κάτι που ευνοεί τη μεταφορά θερμότητας. Ο συντελεστής μετάδοσης θερμότητας έχει προσδιοριστεί πειραματικά σε διάφορες εγκαταστάσεις και βρίσκεται μεταξύ 300-400 W/m²K και εξαρτάται από το μέγεθος και το είδος (υλικό) των σωματιδίων, καθώς και τη συγκέντρωσή τους (φόρτιση). Επιπλέον, λόγω της πολύ μεγάλης θερμοχωρητικότητας που έχουν τα σωματίδια, η θερμοκρασία στο εσωτερικό της κλίνης παραμένει σχεδόν σταθερή σε όλα τα σημεία. Επιτυγχάνεται συνεπώς θερμική ομοιομορφία, η οποία δίνει τη δυνατότητα να πραγματοποιηθεί η καύση σε θερμοκρασίες πολύ μικρότερες από ένα συμβατικό λέβητα κονιορτοποιημένου καυσίμου (περίπου στους 800-900oC).

2. Υψηλή απόδοση καύσης (σχεδόν ολοκληρωτική καύση του καυσίμου): Λόγω της ανακυκλοφορίας των σωματιδίων, είτε στο εσωτερικό της κλίνης από τα τοιχώματα (core – annulus flow pattern), είτε από την επαναφορά τους με το σύστημα ανακυκλοφορίας (κυκλώνας – πνευματική βαλβίδα), τα σωματίδια του καυσίμου έχουν πολύ μεγάλο χρόνο παραμονής μέσα στην κλίνη, κάτι που ευνοεί την ολοκληρωτική καύση αυτού, και συνεπώς την καλύτερη δυνατή αξιοποίηση του εκάστοτε διατιθέμενου καυσίμου. Ο βαθμός απόδοσης της καύσης σε κλίνη ανακυκλοφορίας είναι της τάξης του 97.5-99.5%. Πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό, επίσης, είναι ότι ο βαθμός απόδοσης παραμένει κοντά στον βέλτιστο, ακόμα κι όταν ο λέβητας εργάζεται στο 50% του φορτίου.

3. Μικρότερες εκπομπές NO_x : Λόγω της θερμικής ομοιογένειας της κλίνης, και του πολύ καλού συντελεστή μεταφοράς θερμότητας, όπως αναφέρθηκε, δίνεται η δυνατότητα να γίνεται ησυμβατικούς λέβητες), περίπου σε 800-900oC. Έτσι, η χαμηλή θερμοκρασία καύσης, δεν ευνοεί το σχηματισμό οξειδίων του αζώτου από το άζωτο του αέρα (θερμικά NO_x). Στη συνήθη θερμοκρασία λειτουργίας των κλινών (800-900oC) τα NO_x σχηματίζονται κυρίως από το άζωτο του καυσίμου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση των εκπομπών οξειδίων του αζώτου (NO_x) στο περιβάλλον.

4. Δυνατότητα καύσης βιομάζας από ενεργειακές καλλιέργειες, καθώς επιτεύχθηκε αποδοτικότητα πάνω από 99% στα διάφορα πειράματα.

5. Η υψηλή περιεκτικότητα σε νάτριο των γαιανθράκων χαμηλής τάξης, τείνει να μειώσει την υψηλή αντιδραστικότητα της ιπτάμενης τέφρας, η οποία υποβοηθά τη συλλογή της και καθιστά δυνατή την χρήση της σαν απορροφητικό υλικό για το διοξείδιο του θείου, που εκλύεται κατά την διάρκεια της καύσης αυτών των γαιανθράκων.

6. Λόγω της καλής ανάμιξης η οποία επιτυγχάνεται, οι μονάδες καύσης ρευστοποιημένης κλίνης μπορούν να αντιμετωπίσουν με ευελιξία τη χρησιμοποίηση διαφόρων μιγμάτων καυσίμων.

4.1.2.2 Μειονεκτήματα Καύσης σε Ρευστοποιημένη Κλίνη

Παρόλα τα πλεονεκτήματα που αναμφισβήτητα υπάρχουν, εμφανίζονται ορισμένα προβλήματα κατά τη λειτουργία της ρευστοποιημένης κλίνης.

1. Για να επιτευχθεί η ρευστοποίηση των στερεών, είναι αναγκαίο το ρευστό να εισέρχεται με σχετικά υψηλή πίεση.

2. Έχει παρατηρηθεί διάβρωση των επιφανειών συναλλαγής θερμότητας και των εσωτερικών τοιχωμάτων, λόγω των μηχανικών κρούσεων των σωματιδίων στα τοιχώματα (erosion), αλλά και διάβρωση λόγω των επικαθίσεων ορισμένων ενώσεων (κυρίως ενώσεων του χλωρίου Cl) στα τοιχώματα, τα οποία διαβρώνουν το υλικό (corrosion). Το αποτέλεσμα είναι η μείωση του συντελεστή μεταφοράς θερμότητας, κάτι που επηρεάζει το βαθμό απόδοσης όλης της εγκατάστασης.

3. Έντονα λειτουργικά προβλήματα, κυρίως όσον αφορά τις επικαθίσεις και τις διαβρώσεις στις επιφάνειες συναλλαγής θερμότητας. Κατά τη διάρκεια της καύσης τα ανόργανα συστατικά του γαιάνθρακα υφίστανται σύνθετες φυσικές και χημικές μεταβολές για την παραγωγή ενδιάμεσων προϊόντων τέφρας. Το μέγεθος και η σύνθεση όλων αυτών των ενδιάμεσων προϊόντων επηρεάζει άμεσα τα προβλήματα επισκωρίωσης και επικαθίσεων στα συστήματα καύσης.

4. Η υψηλή περιεκτικότητα σε νάτριο των γαιανθράκων χαμηλής τάξης, τείνει να σχηματίσει συσσωρεύσεις του υλικού της κλίνης σε συστήματα ατμοσφαιρικών ρευστοποιημένων κλινών.

Μετά την ανάπτυξη των πλεονεκτημάτων, γίνεται κατανοητό ότι η τεχνολογία της ρευστοποιημένης κλίνης παρουσιάζεται σαν μια ελκυστική περιβαλλοντικά λύση, η οποία έχει χαμηλές εκπομπές σε οξείδια του αζώτου και του θείου, και μάλιστα χωρίς τη χρήση δευτερογενών μέτρων, που είναι ιδιαίτερα ακριβά.

4.1.3 Χαρακτηριστικά Μονάδας Καύσης Βιομάζας E.E.A.A.

Η βασική εγκατάσταση καύσης αποτελείται από:

1. Σύστημα αποθήκευσης καυσίμου
2. Τεμαχιστής (shredder) των κλαδοδεμάτων στο επιθυμητό μέγεθος (2- 5 cm) για την καύση τους στον καυστήρα.
3. Σύστημα μεταφοράς καυσίμου
4. Εστία/Ατμολέβητας/ Τουρμπίνα

5. Σύστημα απαγωγής και εξόδου καυσαερίων.

Η βιομάζα από το σιλό διοχετεύεται μέσω του κοχλία στην εστία όπου καίγεται. Στο άνω μέρος της εστίας υπάρχουν οι σωλήνες του νερού που θερμαίνεται σε αντιρροή με τα καυσαέρια. Τα καυσαέρια απάγονται με τη βοήθεια ανεμιστήρα προς την καμινάδα, ενώ το θερμό νερό διοχετεύεται στο σύστημα σωληνώσεων διανομής.

4.1.3.1 Λεβητοστάσιο - Εστίες και Λέβητες

Αποτελείται από 2 καυστήρες (εστίες) συνολικής θερμαντικής απόδοσης 43.000.000 kcal/h. Η τροφοδοσία γίνεται με κοχλία από το σιλό τροφοδοσίας. Μέσα στην εστία πρέπει να υπάρχει ειδικό σύστημα προώθησης του καυσίμου που οδηγεί την τέφρα σε κοχλία συνεχούς απομάκρυνσης. Η ψύξη της εστίας γίνεται από τον ατμολέβητα που βρίσκεται ακριβώς άνω της εστίας. Για την συμπαραγωγή θερμού ύδατος η συνδεσμολογία του λέβητα με το δισωλήνιο σύστημα παροχής θερμού ύδατος περιλαμβάνει εφεδρική αντλία, διαχωριστές αέρα, τρίοδες βάνες αναλογικής πίεσης, συλλέκτες, βαλβίδες ασφαλείας και τρίοδες βάνες ελαχίστης θερμοκρασίας.

Ο συντελεστής απόδοσης του συστήματος καύσης (εστία, λέβητας, καπνοδόχος) λαμβάνεται ίσος με 0,34. Προσδιορίζεται η κατανάλωση καυσίμου με βάση τη θερμογόνα δύναμη του καυσίμου 4.200 kcal/kg σε kg/h. Λαμβάνοντας πυκνότητα καυσίμου 200 kg/m³. προσδιορίζεται η κατανάλωση για πλήρες φορτίο σε κυβ.μ. την ώρα.

Ο λέβητας συμπαραγωγής πρέπει να είναι χαλύβδινος με δυνατότητα λειτουργίας στις 8 atm (πίεση δοκιμής 10 atm.) Η τροφοδοσία των βρόγχων πρέπει να εξασφαλίζεται ακόμη και στη περίπτωση βλάβης κάποιας από τις αντλίες παροχής με ύπαρξη εφεδρικής αντλίας για κάθε βρόγχο συνδεδεμένη σε αναρρόφηση - κατάθλιψη. Οι θερμοκρασίες προσαγωγής - απαγωγής προτείνονται να είναι 90/50 βαθμοί Κελσίου ($\Delta T = 40$ βαθμούς c^ο).

Εστίες	2
Λέβητες	2
Συνολική Θερμαντική Ισχύς	43.000.000 kcal/h
Καύσιμο	κλαδέματα Ε.Ε.Α.Α.
Αποθήκευση Καυσίμου	Σιλό τροφοδοσίας
Τροφοδοσία Καυσίμου	Σύστημα κοχλία
Γραμμές Τροφοδοσίας	2
Σιλό Τροφοδοσίας	6 (με κοχλία ανάδευσης)
Όγκος εκάστου σιλό	130 κυβ.μ.
Ροή Καυσίμου (πλήρες φορτίο)	220 τόνοι/24ωρο
Τροφοδοσία σε όγκο καυσίμου	50 m ³ /h
Ειδικό Βάρος Καυσίμου	200 kg/m ³
Μέγιστη Συνολική Ετήσια Ποσότητα Καυσίμου	100.000 τόνοι
Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας	16,4 MW

Πίνακας 4.1 Πίνακας Τροφοδοσίας

4.1.3.2 Χώρος Παραλαβής

Ο χώρος παραλαβής και προσωρινής αποθήκευσης των τεμαχισμένων κλαδοδεμάτων Ε.Ε.Α.Α. μέχρι τροφοδοσίας της εστίας διατηρείται σε υποπίεση, ενώ ο αέρας τους χρησιμεύει σαν αέρας τροφοδοσίας των εστιών. Ο χώρος παραλαβής θα εσωκλείεται από τοίχους μπετόν ώστε να είναι δυνατή η σύντομη αποθήκευση των εισερχομένων κλαδοδεμάτων θα διαχωρίζεται από το τμήμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω τοίχου αντοχής σε υψηλές θερμοκρασίες. Τα υπόλοιπα τμήματα του χώρου παραλαβής και παραγωγής ενέργειας θα είναι μεταλλικές προκατασκευές. Το μέγεθος του χώρου παραλαβής θα επιτρέπει την αποθήκευση υλικού για λειτουργία τριών ημερών, ώστε η μονάδα να μπορεί να λειτουργεί ακόμη και όταν δεν υπάρχει παραλαβή (Κυριακές, αργίες). Θα υπάρχει γεφυροπλάστιγγα 50 τόννων για την ζύγιση των εισερχόμενων και εξερχόμενων κλαδοδεματοφόρων. Η γεφυροπλάστιγγα θα είναι εφοδιασμένη με σηματοδότη. Θα καταχωρούνται τα ακόλουθα δεδομένα: Ώρα, ημερομηνία, αριθμός κυκλοφορίας οχήματος, όνομα οδηγού, χωρητικότητα οχήματος, τύπος κλαδεμάτων, καθαρό βάρος κλαδοδεμάτων, πηγή καταχώρησης ζύγισης, ποσοστό απορριμμάτων ως προς το ολικό, χώρος συγκέντρωσης προέλευσης κλαδοδεμάτων και αύξων αριθμός αποδείξεως καταβολής αντιτίμου.

4.1.3.3 Κτίρια

Το κτίριο παραλαβής κλαδοδεμάτων θα είναι μεταλλικό μη μονωμένο με διαστάσεις 30 m x 40 m x 10 m. Το δάπεδο παραλαβής θα είναι ανυψωμένο. Το άνοιγμα της θύρας εισόδου των οχημάτων θα είναι 8 m. Στη βόρεια πλευρά θα υπάρχουν θυρίδες για την εισαγωγή και ανάκτηση του αέρα που θα κατευθύνεται προς τις εστίες. Το κτίριο στέγασης του χειριστηρίου του ζυγιστικού θα είναι προκατασκευασμένο, μεταλλικό, μονωμένο με θέρμανση και κλιματισμό. Θα αποτελείται από το δωμάτιο του χειριστή, την τουαλέτα και την τουαλέτα του οδηγού.

4.1.3.4 Ατμολέβητες και Βοηθητικός Εξοπλισμός

Στο μέρος αυτό περιγράφονται οι λέβητες και το σύστημα ατμού. Κάθε εστία δέχεται 120-150 τόνους (κατά μέγιστο) κλαδοδεμάτων ημερησίως. Η παραγωγή ατμού για τις 2 γεννήτριες ατμού θα είναι από 30 έως 40 τόννοι την ώρα σε πλήρη δυναμικότητα. Ο ατμός εισέρχεται στον ατμοστρόβιλο με πίεση 59,6 BAA, θερμοκρασία 440 °C. Ο ατμοστρόβιλος έχει δυνατότητα λειτουργίας σε 5% υπερπίεση με τις βαλβίδες πλήρως ανοικτές.

4.1.3.5 Λειτουργία

Δύο εστίες κατασκευής μετατρέπουν τη θερμική ενέργεια της βιομάζας σε ενέργεια ατμού που μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια στον ατμοστρόβιλο. Η τροφοδοσία κλαδεμάτων Ε.Ε.Α. στις εστίες είναι συνεχής. Ο υδραυλικός προωθητής ελέγχει τη ροή των κλαδεμάτων στην εστία. Η κινητή σχάρα της εστίας και οι εισαγωγές αέρα (πρωτογενής και δευτερογενής) ρυθμίζουν την καύση. Η θερμοκρασία κατά μήκος της εστίας μετράται συνεχώς στη διάρκεια

λειτουργίας από μόνιμα εγκατεστημένα θερμοστοιχεία. Τα θερμοστοιχεία αυτά είναι εγκατεστημένα σε σημεία όπου οι μετρήσεις θερμοκρασίας είναι ακριβείς. Σαν θερμοκρασία της εστίας για το σύστημα αυτομάτου ελέγχου λαμβάνεται κατάλληλη μέση τιμή των ενδείξεων των θερμοστοιχείων. Η στάχτη και τα αδρανή απομακρύνονται στο τέλος της σχάρας μέσω του συστήματος συλλογής τέφρας. Τα αέρια της καύσης μεταδίδουν τη θερμότητά τους στις υδρόψυκτες σωληνώσεις του ατμολέβητα, όπου παράγεται ατμός. Τα προϊόντα της καύσης καθαρίζονται στα σακόφιλτρα (ΣΦ) πριν διοχετευθούν στην ατμόσφαιρα.

4.1.3.5.1 Χοάνη Τροφοδοσίας

Πληρότητα: Διατηρείται άνω ορισμένου ελαχίστου ορίου, ώστε η θυρίδα τροφοδοσίας να καλύπτεται πλήρως και να δημιουργείται ρεύμα προς την εστία, ελαχιστοποιώντας τους κινδύνους ανάδρομης καύσης. Όταν η εστία είναι εκτός λειτουργίας, η θυρίδα κρατείται κλειστή με ειδικό υδραυλικό μηχανισμό. Η θυρίδα είναι κατασκευασμένη από ειδικό χάλυβα.

4.1.3.5.2 Τροφοδοσία

Γίνεται με υδραυλικό παλινδρομικό προωθητή σε κάθε εστία. Η πρόσθια ταχύτητα καθορίζεται από το σύστημα ελέγχου που βασίζεται στην ζήτηση ατμού που υποδεικνύει το ηλεκτρονικό σύστημα αυτομάτου ελέγχου, ενώ η οπίσθια είναι σταθερή. Το υδραυλικό σύστημα και οι σωληνώσεις είναι μακριά από την εστία. Το ηλεκτρονικό-υδραυλικό σύστημα αυτομάτου ελέγχου διαθέτει τις αντλίες και βαλβίδες για την κίνηση των ανωτέρω μηχανισμών σχάρας, θυρίδας, τροφοδοσίας και εξαγωγής τέφρας.

4.1.3.5.3 Σχάρα

Κεκλιμένη 180 από το οριζόντιο επίπεδο, διαθέτει δύο παλινδρομικές σειρές που εναλλάσσονται. Η καύση γίνεται σε τρεις ζώνες, ζώνη ξήρανσης, ζώνη κυρίας καύσης και ζώνη τελειωτικής καύσης. Κατασκευή από κράμα χρωμίου-ατσαλιού. Στο επίπεδο της σχάρας υπάρχει θυρίδα για συντήρηση και καθαρισμό της εστίας.

4.1.3.5.4 Εστία-Λέβητας

Κατασκευή εστίας από ειδικό πυρίμαχο υλικό μέχρι ύψους 7 μέτρων επάνω από τη σχάρα. Τα τοιχώματα είναι υδρόψυκτα για την μείωση της θερμοκρασίας των καυσαερίων σε αποδεκτά όρια, πριν φθάσουν στις επιφάνειες εναλλαγής του λέβητα. Η μέγιστη θερμοκρασία των αερίων κατά την είσοδό τους στο λέβητα είναι 788ο C. Ελαχιστοποιούνται έτσι η διάβρωση και οι επικαθίσεις χωρίς να θυσιάζεται η απόδοση της εγκατάστασης. Ο σχεδιασμός είναι τέτοιος, ώστε οι τρεις παράμετροι κλειδιά της καύσης, χρόνος-θερμοκρασία-τύρβη, να συντείνουν στη μέγιστη απόδοση. Τα θερμά αέρια της εστίας περνούν πρώτα από τον υπερθερμαντή που είναι τοποθετημένος στην θερμή έξοδο της εστίας. Τα αέρια μετά περνούν από τους εναλλάκτες του λέβητα και τον εξοικονομητή, από όπου διοχετεύονται στο σύστημα ελέγχου ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Το νερό τροφοδοσίας εισέρχεται από το επάνω μέρος του εξοικονομητή και ρέει προς τα κάτω στο δοχείο ατμού. Από εκεί το νερό ρέει με φυσική κυκλοφορία προς τους σωλήνες-διανομείς που το διοχετεύουν στις σωληνώσεις των τοιχωμάτων της εστίας. Ο ατμός που δημιουργείται στους σωλήνες του λέβητα επιστρέφει στο δοχείο ατμού από την επάνω είσοδο σαν μίγμα νερού-ατμού. Από τις σωληνώσεις στο κάτω μέρος της εστίας το νερό ανεβαίνει στις σωληνώσεις στο μπροστά και πίσω μέρος και τα πλάγια τοιχώματα, στις σωληνώσεις του επάνω μέρους της εστίας και τελικά ρέει προς το δοχείο ατμού.

Το μίγμα ατμού και νερού μέσα στο δοχείο ατμού διαχωρίζεται με διαχωριστές ατμού τύπου κυκλώνα που διοχετεύουν νερό ελεύθερο ατμού στις προς τα κάτω σωληνώσεις. Ο ατμός καθαρίζεται και με το πέρασμά του από πρωτογενή και δευτερογενή εκπλυντή. Ατμός από το δοχείο ατμού διοχετεύεται μέσα από πολλαπλές συνδέσεις στην είσοδο του υπερθερμαντή. Ένα μέρος του κορεσμένου ατμού από το δοχείο ατμού ρέει από τα πλευρικά τοιχώματα στην κοιλότητα μεταξύ του υπερθερμαντή και του λέβητα. Από τα πλευρικά αυτά τοιχώματα ο ατμός μεταφέρεται στην πρωτεύουσα είσοδο του υπερθερμαντή και από κει στον δευτερεύοντα υπερθερμαντή.

4.1.3.5.5 Χρόνος

Ο χρόνος παραμονής εξασφαλίζει την πλήρη καταστροφή των οργανικών προϊόντων στην εστία. Η θερμοκρασία στη σχάρα ξεπερνά τους 1.300 °C και η τυρβώδης ροή αέρα εξασφαλίζει την επαφή του οξυγόνου με όλες τις επιφάνειες του καυσίμου.

4.1.3.5.6 Κύρια Παροχή Αέρα Καύσης

Γίνεται με εισαγωγή αέρα υπό πίεση μέσω ειδικών αγωγών που βρίσκονται κάτω από τη σχάρα. Ο αέρας αυτός εισάγεται από το χώρο αποθήκευσης των κλαδεμάτων, ελαχιστοποιώντας έτσι τη σκόνη. Η ροή ελέγχεται για την αριστοποίηση της καύσης και εξασφάλιση σταθερού ρυθμού παραγωγής ατμού.

4.1.3.5.7 Δευτερεύουσα Παροχή Αέρα

Γίνεται με τροφοδοσία υπεράνω του χώρου της εστίας μέσω συστήματος ακροφυσίων από τον μπροστινό και πίσω τοίχο. Βοηθά την τύρβη και συμπληρώνει την καύση των πτητικών που διαφεύγουν από την καιόμενη μάζα. Χρησιμεύει επιπλέον για έλεγχο της θερμοκρασίας.

4.1.3.5.8 Περίσσεια Ατμού

Κάθε λέβητας είναι εφοδιασμένος με σύστημα εκτόνωσης ατμού όταν διακόπτεται η λειτουργία του ατμοστροβίλου και μπαίνει σε λειτουργία ο συμπυκνωτής. Η βαλβίδα αυτή εκτόνωσης προστατεύει τον λέβητα από μεγάλες πιέσεις ατμού όταν η ζήτηση ατμού πέφτει λόγω υψηλής έκλυσης θερμότητας στην εστία (παρουσία υλικών υψηλής θερμογόνου δύναμης). Ο παράλληλος συμπυκνωτής μπαίνει σε λειτουργία και στην έναρξη λειτουργίας της εγκατάστασης.

4.1.3.5.9 Θερμαντής Εξαερωτής Νερού Εισόδου

Ένας εξαερωτής τύπου θερμαινόμενου δοχείου για την θέρμανση και εξαέρωση 50.000 kg/h στους 136 °C.

4.1.3.5.10 Εναλλάκτης Θερμότητας Νερού Εξόδου Λέβητα

Ένας εναλλάκτης κυλινδρικών σωλήνων εναλλαγής θερμότητας.

4.1.3.5.11 Αντλίες πολλών βαθμίδων

Δύο αντλίες πολλών βαθμίδων, μία ηλεκτροκίνητη και μία μηχανοκίνητη. Κάθε μία μπορεί να καλύπτει κατά 100% τις ανάγκες της εγκατάστασης.

4.1.3.6 Κτιριακή Εγκατάσταση Ατμολέβητα

Το κτίριο είναι κατασκευασμένο από ασάλινο σκελετό. Οι τοίχοι είναι μεταλλικοί χωρίς μόνωση. Οι σκάλες είναι μεταλλικές με αντιολισθητική επιφάνεια. Οι διαχωρισμοί γίνονται με μεταλλικά χωρίσματα και επικονιάματα γύψου.

4.1.4 Έλεγχος Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

Οι κύριες υπομονάδες του συστήματος είναι:

Μη καταλυτικό σύστημα ελάττωσης NOx

- ✓ Δύο σακόφιλτρα
- ✓ Δύο ανεμιστήρες
- ✓ Δύο σταθμοί περιβαλλοντικού ελέγχου : στις εισόδους των ανεμιστήρων
- ✓ Δύο συστήματα συνεχούς μετρήσεως : CO, CO₂, O₂, και NOx κάθε ένα με σημεία δειγματοληψίας στις εισόδους των ανεμιστήρων, συνολικά 2 σημεία δειγματοληψίας). Δύο σετ από αναλυτές (ένα για κάθε λέβητα) θα μεταδίδουν τις μετρήσεις στο σύστημα συγκέντρωσης δεδομένων και στο σύστημα ρύθμισης παροχής αέρα για τον έλεγχο των NOx.

Τα θερμά αέρια από τον λέβητα σε σακόφιλτρα (ΣΦ) με τη ροή των αερίων. Τα ΣΦ απομακρύνουν όλα σχεδόν τα σωματίδια σκόνης με φυσικό φιλτράρισμα μέσω των ινών του υφάσματος. Τα καθαρισμένα αέρια εκλύονται στην ατμόσφαιρα. Η σκόνη που συλλέγεται από τα ΣΦ διοχετεύεται στη δεξαμενή εξουδετέρωσης τέφρας. Ο αέρας που χρειάζονται τα ΣΦ παρέχεται από 2 συμπιεστές, ενώ υπάρχει ένας ακόμη στη γραμμή για έκτακτες περιπτώσεις. Η ροή των αερίων της καύσης δια μέσου του συστήματος καθαρισμού συντηρείται με δύο αεριστήρες. Το ύψος της καπνοδόχου είναι 20 μέτρα και η διάμετρός της 1 μέτρο. Τα αέρια από κάθε λέβητα θα εξέρχονται σε θερμοκρασία 260 °C. Υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας τα αέρια ψύχονται στους 121 °C και εξέρχονται από την καπνοδόχο στους 116 °C. Κάθε σακόφιλτρο έχει 4 διαμερίσματα και είναι τύπου παλμικών εκβολών. Έχει συνολικά ενεργή επιφάνεια φιλτραρίσματος 1.000 τετραγωνικά μέτρα. Οι σάκοι αποτελούνται από υαλοβάμβακα με επικάλυψη ανθεκτική στο όξινο

περιβάλλον. Έχουν διάμετρο 150 mm και μήκος 3,7 m. Το σύστημα έχει αναλογία αέρα προς ύφασμα 3,22 : 1 όταν όλα τα διαμερίσματα είναι σε λειτουργία. Όταν τρία μόνο είναι σε λειτουργία και ένα είναι εκτός γραμμής για καθαρισμό η αναλογία γίνεται 4,30 : 1. Τα απαέρια εισέρχονται από τον πυθμένα των σακοφίλτρων και περνούν δια μέσου του υφάσματος από τα έξω προς τα μέσα. Στο εξωτερικό των επιφανειών του υφάσματος σχηματίζεται επίστρωμα σωματιδίων και τα καθαρά απαέρια εξέρχονται από την κορυφή του σακοφίλτρου. Για τον καθαρισμό των σάκων χρησιμοποιείται παλμική ροή αέρα. Ο αέρας κατευθύνεται στο εσωτερικό των σάκων μέσω ακροφυσίων Venturi που βρίσκονται στην κορυφή των σάκων. Το επίστρωμα των σωματιδίων που έχει εναποτεθεί στους σάκους πέφτει με τη διαβίβαση του αέρα και συλλέγεται στις χοάνες (μία σε κάθε διαμέρισμα). Το υπόλειμμα αφαιρείται από τις χοάνες μέσω διπλών βαλβίδων απόρριψης και μεταφορικής ταινίας. Τα αναλυτικά όργανα ελέγχου αερίων εκπομπών για τους λέβητες βρίσκονται σε προκατασκευασμένο ειδικά καλυμμένο χώρο κοντά στη βάση της καπνοδόχου. Το ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου και ο εκτυπωτής βρίσκονται στο κεντρικό δωμάτιο ελέγχου.

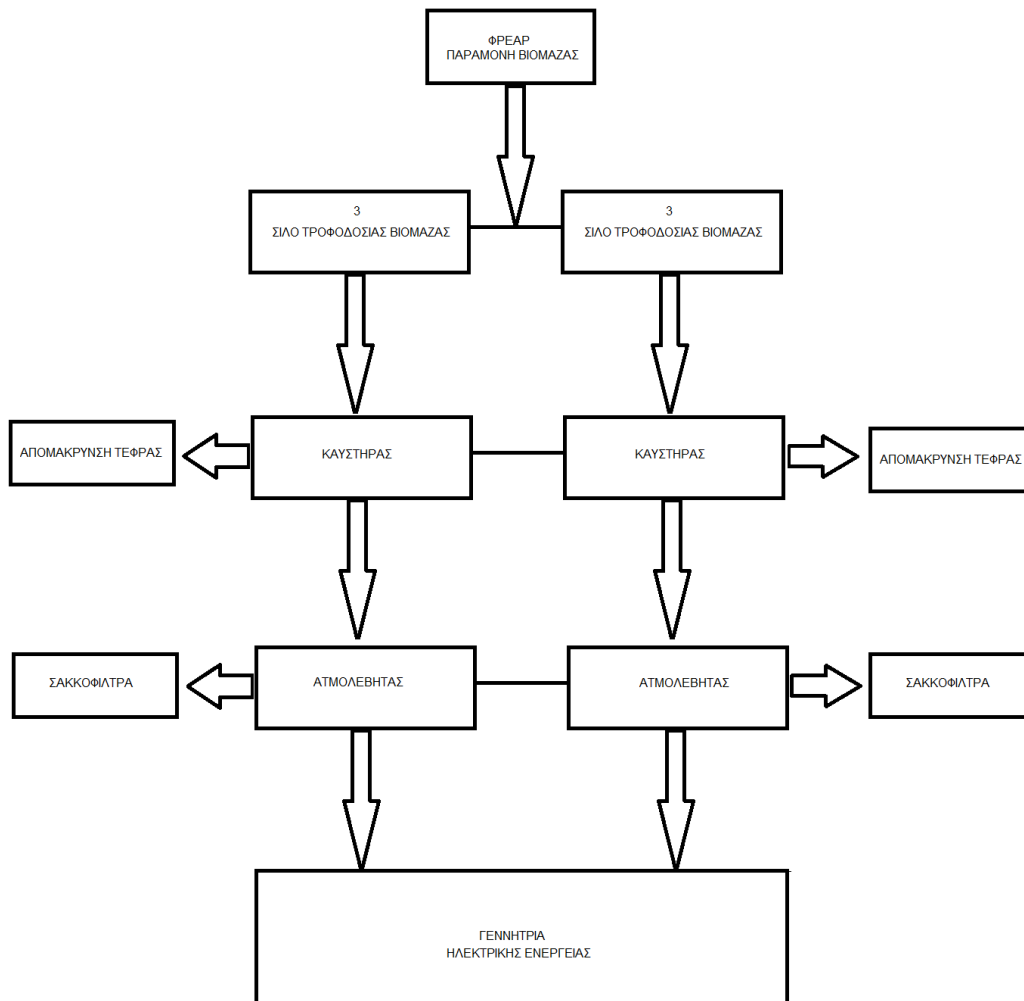
4.1.5 Γεννήτρια Ηλεκτρικής Ενέργειας

Το νερό ψύξης περνά μέσα από τα πλέγματα, κατακρατούνται τυχόν υλικά και πέφτει με την βαρύτητα σε δεξαμενή όπου αποθηκεύεται. Τα πλέγματα καθαρίζονται με διοχέτευση αέρα υπό πίεση. Δύο αντλίες νερού διοχετεύουν το νερό από τη δεξαμενή στον συμπυκνωτή, τον εναλλάκτη, τον ψύκτη της γεννήτριας και τους ψύκτες ελαίου της τουρμπίνας. Η εκροή του συμπυκνωτή μοιράζεται σε δύο μέρη. Το νερό ψύξης εκτός μικρής ποσότητας ανακυκλώνεται. Ο παραγόμενος ατμός (443 °C, 63,8 BAR) διαβιβάζεται στην τουρμπίνα όπου παράγεται ηλεκτρική ενέργεια που θα πωλείται στη ΔΕΔΔΗΕ. Ο εξερχόμενος από την τουρμπίνα ατμός συμπυκνώνεται στο συμπυκνωτή. Ένας έξτρα συμπυκνωτής είναι σε ετοιμότητα για περιπτώσεις που η τουρμπίνα τίθεται εκτός λειτουργίας. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται στον υποσταθμό ανύψωσης τάσης και στη συνέχεια στο δίκτυο της ΔΕΔΔΗΕ.

Το κτίριο που στεγάζει την τουρμπίνα και τη γεννήτρια είναι μεταλλικής κατασκευής με μη μονωμένους τοίχους και οροφή. Υπάρχει μεταλλική πλατφόρμα γύρω από την τουρμπίνα. Το κτίριο έχει κοινό τοίχο με το χώρο όπου βρίσκεται ο λέβητας.

4.1.6 Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων

Το νερό των διεργασιών θα συλλέγεται στο φρεάτιο για επαναχρησιμοποίησή του. Στην εκροή του φρεατίου προστίθεται ασβέστη για να ρυθμίζεται το pH. Το νερό αυτό χρησιμοποιείται στο σύστημα συλλογής τέφρας. Εάν υπάρχει περίσσειμα διοχετεύεται στη δεξαμενή αποθήκευσης νερού διεργασιών. Τα επεξεργασμένα υδατικά απόβλητα που δεν έχουν προσμίξεις τέφρας ή χημικών θα μπορούν να πηγαίνουν στην αποχέτευση, αν υπάρχει τέτοια ανάγκη. Όλα τα υδατικά απόβλητα του συστήματος υγιεινής θα ρέουν λόγω βαρύτητας σε σταθμό από όπου θα διοχετεύονται στην αποχέτευση. Η ροή στην αποχέτευση θα μετράται και θα καταγράφεται.



Διάγραμμα 4.1 Διάγραμμα ροής της προτεινόμενης μονάδας καύσης κλαδεμάτων Ε.Ε.Α.Α.

4.2 Υπολογισμός παραγόμενης ενέργειας

Η προτεινόμενη μονάδα καύσης (Διάγραμμα 4.1) έχει μέγιστη συνολική ετήσια ποσότητα καυσίμου 100.000 τόνους. σύμφωνα όμως με τον Πίνακα 4.2 τα ετήσια υπολείμματα καλλιεργειών του Νομού Ηλείας ισούνται σε 160.000 τόνους, άρα ο υπολογισμός θα γίνει θα δύο μονάδες παραγωγής οι οποίες θα λειτουργούν περίπου στο 80% , δηλαδή σε 82.000 τόνους ανά έτος.

Προσδιορισμός παραγόμενης ενέργειας της μονάδας για διαθεσιμότητα περίπου του 80% της μέγιστης δυναμικότητας (80.000 τόνοι /έτος).

Για ποσότητα εισερχόμενης βιομάζας 226 τόνων/ημέρα

ή $226 \text{ τόνοι/ημέρα} * 1.000 \text{ kg/τόνο} / 24 \text{ ώρες/ημέρα} = 9417 \text{ kg/ώρα}$

με θερμογόνο δύναμη 4.200 kcal/kg, η παραγόμενη ενέργεια εστία /λέβητα καύσης της βιομάζας θα είναι: $4.200 \text{ kcal/kg} * 9417 \text{ kg/ώρα} = 39.551.400 \text{ kcal/h}$

ή $39.551.400 \text{ kcal/h} * 3,968 \text{ BTU/kcal} = 156.939.955 \text{ BTU/h}$

ή $156.939.955 \text{ BTU/h} / 220 \text{ τόνοι /ημέρα} * 24 \text{ ώρες/ημέρα} = 17.120.722 \text{ BTU/TON}$

ή $17.120.722 \text{ BTU/TON} / 3.413 \text{ BTU/KWH} = 5.016 \text{ KWH/TON}$

Θεωρείται αποδοτικότητα εστιών καύσης της βιομάζας 55% δηλαδή

$55\% * 5.016 \text{ KWH/TON} = 2.759 \text{ KWH/TON}$

Απώλειες ενέργειας στον λέβητα παραγωγής ατμού:

$35\% * 2.759 \text{ KWH/TON} = 965,6 \text{ KWH/TON}$

Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια:

$65\% * 2.759 \text{ KWH/TON} = 1.793 \text{ KWH/TON}$

Ιδιοκατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις ανάγκες της μονάδας:

100 KWh/ TON

Καθαρή ηλεκτρική ενέργεια προς πώληση: 1.793 KWh/TON

Καθαρή παραγόμενη ισχύς της μονάδας $1.793 \text{ KWh /TON} * 220 \text{ τόνοι/ ημέρα} / 24 \text{ ώρες/ημέρα} = 16.436 \text{ kW}$ ή **16,4 MW**. ή $1.793 \text{ KWh /TON} * 220 \text{ τόνοι/ ημέρα} = 394.460 \text{ KWh}$ ή **394,4 MWh/ημέρα**

Δεδομένου την προσφορά (παρακάτω πίνακας),σε υπολείμματα ενεργειακών καλλιεργειών , που παρέχεται από τον Νομό Ηλείας θα χρειαστούν δύο γεννήτριες για την μέγιστη εκμετάλλευση αυτών.

Άρα η ολική καθαρή παραγόμενη ισχύς της μονάδας είναι $16,4 \text{ MW} * 2 = 32,8 \text{ MW}$ ή $394.460 \text{ KWh} * 2 = 788920 \text{ KWh/ημέρα}$ ή **788,9 MWh/ημέρα**

ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΗΛΕΙΑΣ	
ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΠΟ	ΤΟΝΟΙ (tn) 10 ³
ΚΛΑΔΕΜΑ ΕΛΙΑΣ	100
ΚΛΑΔΕΜΑ ΕΣΠΕΡΙΔΟΕΙΔΩΝ	40
ΚΛΑΔΕΜΑ ΑΜΠΕΛΟΥ	5
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ	20
ΣΥΝΟΛΟ	165

Πίνακας 4.2 Υπολείμματα καλλιεργειών για τον Νομό Ηλείας

Σύμφωνα με τον Πίνακα 4.2 το άθροισμα των υπολειμμάτων σε καλλιέργειες του Νομού Ηλείας ισούται με 165.000 τόννους ετησίως. Άρα στο 82% πληρότητας με την μέθοδο της Ρευστοποιημένης Κλίνης με μέγιστο 200.000 τόννους (100.000 *2) τροφοδοσίας ισούται με 165.000 τόννους ετησίως ,άρα μας καλύπτει.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ Mwatt/h
ΧΡΗΣΗ ΟΙΚΙΑΚΗ	12.629,8
ΧΡΗΣΗ ΕΜΠΟΡΙΚΗ	5896
ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΡΓΙΚΗ	305,7
ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ	1.215,4
ΧΡΗΣΗ ΔΗΜΟΣΙΑ	404,5
ΧΡΗΣΗ ΦΟΠ	1692
ΣΥΝΟΛΟ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ	22.143,4
ΗΜΕΡΙΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ (/31)	714,3 MWh/ημέρα

Πίνακας 4.3 Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος για τον Δήμο Πύργου

Ο πίνακας 4.3 αναφέρεται στην κατανάλωση ρεύματος για τον Δήμο Πύργου με πληθυσμό 48.370 κατοίκους (απογραφή 2011) Η παρούσα μελέτη αναφέρεται στο δημοτικό διαμέρισμα Ηλείας με 23.791 κατοίκους (Πύργος [23.274], Ανθόπυργος [217], Καβασιλάκια [74], Συντριάδα [112], Τραγανό [114]) [23].

Οπότε θα χρησιμοποιηθεί ένας συντελεστής με βάση τον πληθυσμό του δημοτικού διαμερίσματος Ηλείας με βάση τον δήμο Πύργου που ισούται με 0.7

$$\text{άρα } 714,3 \text{ MWh/ημέρα} * 0,7 = \mathbf{500 \text{ MWh/ημέρα}}$$

Σύμφωνα με τις ανάγκες κατανάλωσης σε Ηλεκτρικό Ρεύμα για το δημοτικό διαμέρισμα Πύργου το ποσοστό που μπορεί να καλυφθεί από Κλαδέματα Ε.Ε.Α.Α. με την μέθοδο της Ρευστοποιημένης κλίνης είναι:

$$(788,9 \text{ MWh/ημέρα} / 500 \text{ MWh/ημέρα}) * 100 = \mathbf{157,8\%}$$

Αν υπολογιστεί με βάση την μία μονάδα παραγωγής τότε:

$$(394,4 \text{ MWh/ημέρα} / 500 \text{ MWh/ημέρα}) * 100 = \mathbf{78,9\%}$$

Εφόσον υπερκαλύπτεται το ποσό της κατανάλωσης αν συμπεριλήφθη όλος ο Δήμος Πύργου το ποσοστό που μπορεί να καλυφθεί από Κλαδέματα Ε.Ε.Α.Α. με την μέθοδο της Ρευστοποιημένης κλίνης είναι:

$$(788,9 \text{ MWh/ημέρα} / 714,3 \text{ MWh/ημέρα}) * 100 = \mathbf{110\%}$$

Αντιστοίχως υπολογίζοντας με βάση τη μία μονάδα παραγωγής

$$(394,4 \text{ MWh/ημέρα} / 714,3 \text{ MWh/ημέρα}) * 100 = \mathbf{55,2\%}$$

Πίνακας 4.4 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΔΗΜΟ ΠΥΡΓΟΥ ΗΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟ [ΔΕΔΔΗΕ]

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ					
ΧΡΗΣΗ ΟΙΚΙΑΚΗ		ΧΡΗΣΗ ΕΜΠΟΡΙΚΗ		ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΡΓΙΚΗ	
ΤΙΜΟΛΟΓΙΟ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ Mwatt	ΤΙΜΟΛΟΓΙΟ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ Mwatt	ΤΙΜΟΛΟΓΙΟ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ Mwatt
ΠΟΛΥΤΕΚΝΟ	107,7	ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟ	5896	ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ	245,7
ΟΙΚΙΑΚΟ	11578,2			ΑΡΔΕΥΣΗΣ	60
ΝΥΧΤΕΡΙΝΟ	750,14				
ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΙ ΔΕΗ	153,6				
ΠΟΛΥΤΕΚΝΟ- ΤΡΙΤΕΚΝΟ	31,4				
ΕΙΔ/ ΚΑΤ-ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ	8,7				
ΣΥΝΟΛΟ	12.629,8			ΣΥΝΟΛΟ	5896
ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ		ΧΡΗΣΗ ΔΗΜΟΣΙΑ		ΧΡΗΣΗ ΦΟΠ	
ΤΙΜΟΛΟΓΙΟ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ Mwatt	ΤΙΜΟΛΟΓΙΟ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ Mwatt	ΤΙΜΟΛΟΓΙΟ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ Mwatt
ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΑ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ ΒΙΟΤΕΧΝΙΕΣ	1215,4	ΔΗΜΟΣΙΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ	404,5	ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΟΔΩΝ ΚΑΙ ΠΛΑΤΕΙΩΝ	1692
ΣΥΝΟΛΟ	1.215,4	ΣΥΝΟΛΟ	404,5	ΣΥΝΟΛΟ	1.692

4.3 Σχεδιασμός του συστήματος συγκέντρωσης και μεταφοράς βιομάζας κλαδοδεμάτων Ε.Ε.Α.Α.

Ένα σύστημα για τη συλλογή και τη μεταφορά της βιομάζας πρέπει να περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

Συγκέντρωση και μεταφορά κλαδεμάτων. Η συγκέντρωση των κλαδεμάτων και η μεταφορά τους προς τους τοπικούς χώρους συγκέντρωσης, θα γίνεται από τους ίδιους τους παραγωγούς. Σημειώνεται ότι στην παρούσα κατάσταση τα κλαδέματα συλλέγονται σε σωρούς στα αγροκτήματα όπου καίγονται ώστε να αποφεύγονται οι επιμολύνσεις των δένδρων με φορείς ασθενειών κ.λ.π που φιλοξενούνται στα κλαδέματα. Η μεταφορά τους θα γίνεται με τα αγροτικά οχήματα (τρακτέρ, φορτηγάκια κ.λ.π) των παραγωγών.

Παραλαβή / Ζύγιση κλαδεμάτων. Στους κατά τόπους χώρους συγκέντρωσης ο εργολάβος θα ζυγίζει τις ποσότητες που παραδίδονται ανά όχημα μεταφοράς και θα τις παραλαμβάνει. Για τον λόγο αυτόν στις εγκαταστάσεις των τοπικών χώρων συγκέντρωσης θα είναι εγκατεστημένη γεφυροπλάστιγγα. Η πληρωμή των ελαιοπαραγωγών θα γίνεται με βάση τις συγκεκριμένες ζυγίσεις.

Τεμαχισμός. Ο τεμαχισμός των κλαδεμάτων κρίνεται αναγκαίος ώστε να είναι οικονομικά και τεχνητά εφικτή η αποθήκευση και μεταφορά της βιομάζας. Στο στάδιο αυτό ελαττώνεται το μέγεθος των κλαδεμάτων με τη χρήση κατάλληλης μηχανής.

Φόρτωση σε φορτηγά οχήματα. Η τεμαχισμένη βιομάζα από τα κλαδέματα στο στάδιο αυτό θα φορτώνεται με την βοήθεια μηχανικών φορτωτών σε φορτηγά οχήματα. Τα φορτηγά οχήματα θα είναι ανατρεπόμενα τριαξονικά ανοιχτής καρότσας τύπου «τράκτορα» ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη ικανότητα μεταφοράς (20-25 tn) .

Ζύγιση κλαδεμάτων. Η ζύγιση των κλαδεμάτων που θα παραδίδονται στο εργοστάσιο θα γίνεται στη γεφυροπλάστιγγα των προσωρινών χώρων αποθήκευσης (ζύγιση φορτηγού πριν και μετά τη φόρτωση).

Έκδοση παραστατικών. Τα φορτηγά θα συνοδεύονται με τα παραστατικά (δελτία αποστολής) που θα εκδίδονται από τον Εργολάβο μετά τη ζύγιση τους.

Μεταφορά στο εργοστάσιο. Το στάδιο αυτό αφορά τη μεταφορά των κλαδεμάτων προς το εργοστάσιο αξιοποίησης.

Παραλαβή – ξεφόρτωμα σε εργοστάσιο. Μετά τη διενέργεια της δειγματοληψίας, η βιομάζα των ελαιοκλαδεμάτων θα ξεφορτώνεται από τα φορτηγά σε συγκεκριμένους σωρούς στην αυλή της ολοκληρωμένης μονάδας αξιοποίησης.

4.4 Εκτίμηση Κόστους Μεταφοράς της Βιομάζας στη Μονάδα Επεξεργασίας

Η μεταφορά των κλαδεμάτων από τους αγρούς στη μονάδα επεξεργασίας είναι δυνατό να γίνεται είτε με φορτηγά αυτοκίνητα, είτε με ειδικά φορτηγά-τεμαχιστές. Το κόστος μεταφοράς τους, είναι σε κάθε περίπτωση ανάλογο της μεταξύ τους απόστασης. Οι διαδρομές καθορίζονται είτε σε συνεχή βάση ανάλογα με το στάδιο της εκάστοτε καλλιέργειας, είτε κατόπιν ειδοποίησης από τους παραγωγούς. Η φόρτωση σε φορτηγό γίνεται είτε με φορτωτή τοπικό, είτε με φτυάρι.

Οι απαιτούμενες πάγιες δαπάνες σχετίζονται με τη δαπάνη για την αγορά και εγκατάσταση μιας μηχανής ελάττωσης μεγέθους (industrial shredder) που είναι περίπου € 9.000

Η δαπάνη για την περιφράξη είναι που όπως προέκυψε από την έρευνα αγοράς είναι : € 40*(E)^{1/2} όπου E (m²) το εμβαδόν του οικοπέδου.

Οι απαιτούμενες λειτουργικές δαπάνες για τη συγκέντρωση και τη μεταφορά των κλαδοδεμάτων είναι :

Τιμή αγοράς της βιομάζας από τους παραγωγούς. Η εκτίμηση για την τιμή αυτή βασίζεται στις εξής παραδοχές και στους εξής υπολογισμούς:

- η συλλογή από κάθε παραγωγό, ποσότητας κλαδοδεμάτων 8 tn περίπου και η μεταφορά τους στον χώρο προσωρινής αποθήκευσης απαιτεί χρόνο μιας ημέρας
- για τη συλλογή της ποσότητας αυτής απαιτείται η απασχόληση ενός εργαζομένου και ενός τρακτέρ (με τον ιδιοκτήτη του)
- το μεροκάματο του εργαζομένου είναι €40 ενώ ο ιδιοκτήτης του τρακτέρ ως κίνητρο θα πρέπει να έχει ικανοποιητική ημερήσια αμοιβή της τάξης των €60 πέρα από το ημερήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης του τρακτέρ που εκτιμάται ότι είναι €40

Άρα σύμφωνα με τα προηγούμενα η Τιμή για τη συλλογή και μεταφορά της βιομάζας κλαδοδεμάτων από τους αγρούς προς τον χώρο προσωρινής αποθήκευσης ισούται με **€17,5 / tn**

Όπως προέκυψε από την έρευνα αγοράς η μέση τιμή ενοικίασης γης για αγροτικές – ημιβιομηχανικές χρήσεις είναι € 120 / στρέμμα. Ως εκ τούτου, η δαπάνη για την ενοικίαση της έκτασης του κάθε χώρου αποθήκευσης είναι:

$$€ 120 * E, E \text{ ο αριθμός των στρεμμάτων}$$

Η τιμή αγοράς της ηλεκτρικής ισχύος για την κίνηση των shredders είναι περίπου €0,05/ kwh. Η τυπική ισχύς του κινητήρα ενός τέτοιου shredder είναι 30 KW. Η μίσθωση των φορτηγών μεταφοράς γίνεται με βάση το δρομολόγιο το οποίο εκτελούν. Όπως προέκυψε από την έρευνα της αγοράς για το συγκεκριμένο προϊόν και τις συγκεκριμένες αποστάσεις μεταξύ των σημείων φόρτωσης και των σημείων παράδοσης η δαπάνη είναι περίπου € 0.2 / tn km. Στην τιμή αυτή περιλαμβάνεται και το κόστος για το φόρτωμα των φορτηγών. Τέλος τα λοιπά λειτουργικά έξοδα εκτιμάται ότι δεν μπορεί να υπερβαίνουν τα €2.000 ετησίως.

ΕΙΔΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ	ΚΟΣΤΟΣ (€/tn)	ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ (€)
Τιμή αγοράς της βιομάζας από τους παραγωγούς	17,5	
Ενοίκιο χώρου προσωρινής αποθήκευσης	0,01	1800
Περίφραξη	0,03	5000
Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας	0,12	2921 (tn/ yr) x 30 (KW) x 0.2 (€/ KW) = €17.520
Μεταφορά από τον χώρο προσωρινής αποθήκευσης προς το εργοστάσιο κατανάλωσης	0,2 (€ /tn km) x 25 km = 5	
Λοιπές λειτουργικές δαπάνες	0,014	2000
ΣΥΝΟΛΟ	22,68	

Πίνακας 4.5 Ανάλυση του κόστους συλλογής και μεταφοράς βιομάζας

Όπως προκύπτει από τον πίνακα αυτόν, το κόστος για τη συγκέντρωση και μεταφορά της βιομάζας στο εργοστάσιο είναι €23/ tn περίπου. Στο κόστος αυτό θα πρέπει να προστεθεί και το εργολαβικό κέρδος το οποίο είναι περίπου € 6/tn. Έτσι διαμορφώνεται η τελική τιμή για παράδοση της εν λόγω βιομάζας στο εργοστάσιο στα **€ 29 / tn**.

4.5 Εκτίμηση Κόστους Επένδυσης και Λειτουργίας Μονάδας Καύσης Βιομάζας

Το κόστος μονάδας καύσης βιομάζας με ανάκτηση ενέργειας καθορίζεται από:

1. κόστος απόκτησης γης,
2. τη δυναμικότητα της μονάδας (μικρής κλίμακας μονάδες είναι αντισοικονομικές),
3. την επιλεγόμενη τεχνολογία και το βαθμό ελέγχου της διεργασίας,
4. τις απαιτήσεις για τη διαχείριση (καθαρισμό) των καυσαερίων
5. την επεξεργασία και διάθεση/ανάκτηση των υπολειμμάτων τέφρας την αποτελεσματικότητα της ανάκτησης ενέργειας και τα έσοδα από την διανεμόμενη ενέργεια,
6. τους επιβαλλόμενους φόρους

ΚΟΣΤΟΣ Εγκατάστασης Μονάδας Καύσης κλαδεμάτων Ε.Ε.Α.Α. προς παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας 100.000 τόνοι/έτος *2 =200.000 τόνοι/έτος

Αναλυτικά:

Μελέτη	ΚΟΣΤΟΣ (€) * 10 ³
Περιβαλλοντικής Αδειοδότησης	100
Μελέτη Άδειας Παραγωγής Ενέργειας & Εγκατάστασης	40
Μελέτη Άδειας Λειτουργίας	30
Μελέτη/Σχεδιασμός	150
ΣΥΝΟΛΟ	320

Πίνακας 4.6 Κόστος μελέτης

Έργα Εγκατάστασης * 2	ΚΟΣΤΟΣ (€) * 10 ³
Φρέαρ προσωρινής αποθήκευσης	280
Γερανός	200
Χοάνη τροφοδοσίας	100
Πυρίμαχες Εστίες τύπου εσχάρας	18.000
Σύστημα εξαγωγής τέφρας	200
Λεβητοστάσιο - Υδρολέβητες 1 και 2	5.000
Ατμολέβητες 1 και 2	6.000
Σωληνώσεις και εξοπλισμός λεβήτων	800
Σύστημα περιβαλλοντικής παρακολούθησης	600
Υποσταθμός Μεταφοράς Ηλεκτρικής ενέργειας	1.200
Ατμοστρόβιλοι	6.000
Γεννήτριες	2.000
Κύκλωμα Ατμού / Νερού	1.200
Σύστημα ελέγχου ατμοσφαιρικής ρύπανσης (σακόφιλτρα κ.α)	2.000
Οικίσκος αποθήκευσης τέφρας	40
Πυρασφάλεια	60
Σύστημα αυτομάτου ελέγχου	200
Ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις	200
Αντλίες	40
Μεταλλικές εξέδρες	400
Μεταφορικές Ταινίες	180
ΣΥΝΟΛΟ	44.700

Πίνακας 4.7 Κόστος Εγκατάστασης Έργων

ΛΟΙΠΑ ΕΞΟΔΑ	ΚΟΣΤΟΣ (€)* 10 ³
Αγορά Έκτασης	30
Χωματουργικά και Δομικά Έργα	1.000
Οδοποιία	50
Έργα Υποδομής	100
Περίφραξη	200
Εγκαταστάσεις Προσωπικού	100
Βοηθητικές Εγκαταστάσεις	40
Αντιπυρική Ζώνη	20
Αντιπλημμυρική Προστασία	10
Δίκτυα Κοινής Ωφέλειας	10
ΣΥΝΟΛΟ	1.560

Πίνακας 4.8 Λοιπά έξοδα εγκατάστασης

Με βάση τους παραπάνω Πίνακες κόστους το συνολικό άθροισμα κόστους μια παραγωγής Βιομάζας με την μέθοδο της ρευστοποιημένης Κλίνης ανέρχεται σε **46.580.000 Ευρώ**

Προσδιορίζεται το λειτουργικό κόστος της παραπάνω μονάδας καύσης κλαδεμάτων Ε.Ε.Α.Α. για το οποίο θα λειτουργεί σε 3 βάρδιες δηλαδή σε 24ωρη λειτουργία εκ των οποίων οι δαπάνες που απαιτούνται για τη λειτουργία του εξεταζόμενου συστήματος αφορούν:

- Το κόστος εργασίας για τη λειτουργία του συστήματος

ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ	ΑΠΑΣΧΟΛΟΥΜΕΝΟΙ	ΑΠΟΛΑΒΕΣ (€)* 10 ³	ΣΥΝΟΛΟ ΕΤΗΣΙΩΝ ΑΠΟΛΑΒΩΝ(€)* 10 ³
Επιστημονικό διοικητικό προσωπικό	1	2	24
Λοιπό διοικητικό προσωπικό	3	1,7	61,2
Εργοδηγοί	6	2	144
Οδηγός	2	1,1	26,4
Χειριστής μηχανημάτων	36	1,5	648
Εργάτης	2	0,9	21,6
ΣΥΝΟΛΟ			925,2

Πίνακας 4.9 Εκτίμησης κόστους Προσωπικού

- Το λειτουργικό κόστος της μονάδας

Όπως έχει υπολογιστεί πιο πριν το κόστος της πρώτης ύλης και τα μεταφορικά της βιομάζας με φορτηγά με απόσταση τα 25 χιλιόμετρα ανέρχεται στα 29 Ευρώ ανά τόνο. Επίσης, έχει θεωρηθεί σταθερό ετήσιο κόστος για αγορά ανταλλακτικών 4000 ευρώ από το 2ο έτος λειτουργίας της μονάδας, και έξοδα συντήρησης 10000 ευρώ/έτος επίσης από το 2ο έτος λειτουργίας της μονάδας. Επίσης, έχει θεωρηθεί για λοιπά γενικά έξοδα ετήσιο κόστος 5000 ευρώ από το 1ο έτος λειτουργίας της μονάδας.

Αναλυτικά λειτουργικά έξοδα εργοταξίου:

$$\text{€ } 29 / \text{tn} * 165.000 \text{ τόνους} = 4.785.000 \text{ €}$$

$$4.785.000 \text{ €} + 4.000 \text{ €} + 10.000 \text{ €} + 5.000 \text{ €} + 925.200 \text{ €} = \mathbf{5.729.200 \text{ €/έτος}}$$

Αυτό ισχύει από το δεύτερο έτος και έπειτα για το πρώτο ισχύει

$$4.785.000 \text{ €} + 5.000 \text{ €} + 925.200 \text{ €} = 5.715.200 \text{ €/έτος}$$

4.6 Εκτίμηση οικονομικού οφέλους της επένδυσης

Για εκτιμώμενο κόστος επένδυσης 46.580.000 Ευρώ ευρώ και ετήσιο λειτουργικό κόστος ίσο με περίπου 5.135.200 €/ ευρώ για το πρώτο έτος λειτουργίας της μονάδας και περίπου 5.149.200 € ευρώ για τα επόμενα έτη λειτουργίας. Η καθαρή παραγόμενη ενέργεια προς πώληση ανέρχεται σε 1.793 KWh/εισερχόμενο τόνο βιομάζας και με τιμή πώλησης 0,073 ευρώ/KWh (N.3468/2006) σε διασυνδεδεμένο σύστημα, τα έσοδα της μονάδας για λειτουργία με το 80 % της δυναμικότητας (80.000 τόνους/ έτος*2 = 160.000 τόνους/ έτος) ανέρχονται σε περίπου **20.942.240 ευρώ/έτος**. Σημειώνεται ότι για μονάδα που λειτουργεί με 220*2 =440 τόνους εισερχόμενης βιομάζας ανά ημέρα, η καθαρή παραγόμενη ισχύς είναι 16,4 MW * 2= 32,8 MW.

$$\text{ΚΕΡΔΟΣ} = \text{ΕΣΟΔΑ} - \text{ΕΞΟΔΑ}$$

$$\mathbf{15.213.040 \text{ €}} = 20.942.240 \text{ €} - 5.729.200 \text{ €} \text{ (από δεύτερο έτος)}$$

Πρέπει να λάβουμε υπόψη τα έξοδα εγκατάστασης τα οποία ανέρχονται στα 46.580.000 Ευρώ. Επίσης παίζει πολύ σημαντικός παράγοντας εάν υπάρχει κάποια χρηματοδότηση από δημόσιο ή ευρωπαϊκό φορέα ή εάν όλα το κεφάλαιο χρειάζεται να καταβληθεί από τον ιδιώτη. Λόγο του ότι η παρούσα εργασία είναι θεωρητική μελέτη θα εξεταστούν δύο περιπτώσεις μια με επιδότηση και μία χωρίς.

Η μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί είναι η μέθοδος της σταθερής απόσβεσης (STRAIGHT-LINE-METHOD) όπου πολλαπλασιάζουμε την αξία του παγίου στοιχείου (αρχικό κόστος + βελτιώσεις) με έναν σταθερό συντελεστή π.χ. 12.5% που καθορίζεται από τον νόμο. Κάθε χρόνο την αρχική του αξία, έστω κι αν η τιμή αυξηθεί. Και μόνο όταν γίνει αναπροσαρμογή βάσει νόμου, τότε ο συντελεστής υπολογίζεται επί της αξίας που αναπροσαρμόστηκε.

$$46.580.000 \text{ Ευρώ} * 12,5\% = 5.822.500 \text{ Ευρώ}$$

5.822.500 Ευρώ είναι τα χρήματα που θα "χρησιμοποιηθούν από τα αναμενόμενα κέρδη (12.273.710 €) για την κάλυψη της απόσβεσης του κεφαλαίου εγκατάστασης. Παρακάτω υπολογίζεται τα έτη που χρειάζεται για να ολοκληρωθεί η απόσβεση.

$$46.580.000 \text{ Ευρώ} / 5.822.500 \text{ Ευρώ} = 8 \text{ χρόνια}$$

άρα η απόσβεση του κεφαλαίου εγκαταστάσεων θα γίνει σύμφωνα με τους υπολογισμούς(ΠΙΝΑΚΑΣ 4.10)

ΕΤΗ	ΑΠΟΣΒΕΣΤΕΑ ΑΞΙΑ (€) *10 ³	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ (%)	ΕΤΗΣΙΑ ΑΠΟΣΒΕΣΗ (€)*10 ³	ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΟΣΒΕΣΕΩΝ (€)*10 ³	ΥΠΟΛΟΙΠΟ (€) *10 ³
1	46.580	12.5	5.822,5	5.822,5	40.757,5
2	46.580	12.5	5.822,5	11.645	34.935
3	46.580	12.5	5.822,5	17.467,5	29.112,5
4	46.580	12.5	5.822,5	23.290	23.290
5	46.580	12.5	5.822,5	29.112,5	17.467,5
6	46.580	12.5	5.822,5	34.935	11.645
7	46.580	12.5	5.822,5	40.757,5	5.822,5
8	46.580	12.5	5.822,5	46.580	0

Πίνακας 4.10 Σταθερής απόδοσης

Έστω ότι υπάρχει από δημόσιο ή ευρωπαϊκό φορέα της τάξης του 50% δηλαδή την μισή αξία ,θα διαπιστωθούν οι διαφορές στον ΠΙΝΑΚΑ 4.11

ΕΤΗ	ΑΠΟΣΒΕΣΤΕΑ ΑΞΙΑ (€)*10 ³	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ (%)	ΕΤΗΣΙΑ ΑΠΟΣΒΕΣΗ (€)*10 ³	ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΟΣΒΕΣΕΩΝ (€)*10 ³	ΥΠΟΛΟΙΠΟ (€)*10 ³
1	23.290	12.5	2.911,25	2.911,25	20.378,75
2	23.290	12.5	2.911,25	5.822,5	17.467,5
3	23.290	12.5	2.911,25	8.733,75	14.556,25
4	23.290	12.5	2.911,25	11.645	11.645
5	23.290	12.5	2.911,25	14.556,25	8.733,75
6	23.290	12.5	2.911,25	17.467,5	5.822,5
7	23.290	12.5	2.911,25	20.378,75	2.911,25
8	23.290	12.5	2.911,25	23.290	0

Πίνακας 4.11 Σταθερής απόδοσης με χρηματοδότηση 50 %

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ολοκληρώνοντας την παρούσα διπλωματική συμπεραίνεται ότι :

- Το ποσοστό κάλυψης των ενεργειακών αναγκών από την χρήση της βιομάζας ισοδυναμεί σε 150% δηλαδή ενάμιση φορές πάνω από τις ανάγκες σε ενέργεια της περιοχής σύμφωνα με τα τιμολόγια της ΔΕΔΔΗΕ.
- Υπάρχει δυνατότητα παραγωγής περισσότερης ενέργειας για την κάλυψη αναγκών σε μεγαλύτερο εύρος περιοχής καθώς η μονάδα δουλεύει σε πληρότητα 82%
- Το κόστος της εγκατάστασης είναι υψηλό ,ωστόσο τα κέρδη είναι και αυτά υψηλά σε συνάρτηση με τα λειτουργικά έξοδα. Μια χρηματοδότηση από ευρωπαϊκό ή δημόσιο φορέα σίγουρα θα έκανε την εγκατάσταση ευκολότερα υλοποιήσιμη.
- Το παραγόμενο ποσό θερμότητας μπορεί να αξιοποιηθεί προς όφελος των αναγκών των κατοίκων της περιοχής.
- Οι δύο μονάδες παραγωγής μπορούν να εγκατασταθούν σε διαφορετικό μέρος ώστε να επιτυγχάνουμε μείωση των δαπανών μεταφοράς της πρώτης ύλης.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

1. Μονάδες μετατροπής

Kilowatt (kW) = 1 000 Watts
Megawatt (MW) = 1 000 kW
Gigawatt (GW) = 1 million kW
Terawatt (TW) = 1 thousand million kW
1 Joule (J) = 1 Watt second = 278×10^{-6} Wh
1Wh = 3 600 J
1 cal = 4,18 J
1 British Thermal Unit (BTU) = 1 055 J
1 cubic meter (m³) = 1 000 liter (L)
1 bar = 100 000 pascal (Pa)
1 millibar = 100 Pa
1 psi = 6894,76 Pa
1 torr = 133,32 Pa
1 millimeter mercury (0°C) = 133,32 Pa
1 hectopascal (hPa) = 100 Pa

2. Συντομογραφίες

Ε.Ε.Α.Α. - Ελαιοκλαδεμάτων κλαδεμάτων Εσπεριδοειδών Αμπελοκλαδεμάτων και καλλιέργειας αραβοσίτου
ΤΙΠ - Τόνοι Ισοδύναμου Πετρελαίου
ΑΧ – Αναερόβια Χώνευση
BOD – Βιολογικά απαιτούμενο οξυγόνο (Biological oxygen demand)
ΣΗΘ – Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας
Λόγος C:N – Λόγος Άνθρακα προς Άζωτο
COD – Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Chemical oxygen demand)
ΞΟ – Ξηρά Ουσία
kWh – Κιλοβατώρα
οDM – Οργανικό μέρος της Ξηρής Ουσίας (DM = Dry matter)
ppm – Μέρη στο εκατομμύριο (1ppm = 0,0001%)
TS – Ολικά Στερεά (Total solids)
VFA – Πτητικά Λιπαρά Οξέα (Volatile fatty acids)
N-P – Άζωτο σε Φώσφορο
NPK – Άζωτο, Φώσφορος και Κάλιο

3. Νομοθεσία

Ημερομηνία	Τίτλος	Αριθμός	Πράξη	Διεύθυνση
02.10.2014	Κύρωση της από 30.12.2013 Σύμβασης μεταξύ του Ελληνικού Δημοσίου και των εταιρειών ΚΑΒΑΛΑ OIL ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ, ENERGEAN OIL AND GAS - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΙΓΑΙΟΥ ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΤΙΡΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ και της ως εκ τρίτου συμβαλλομένης ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΑ Α.Ε. με την οποία τροποποιείται η από 23.11.1999 Σύμβαση για την εκμετάλλευση Υδρογονανθράκων στη θαλάσσια περιοχή του Θρακικού Πελάγους μεταξύ του Ελληνικού Δημοσίου και της ΚΑΒΑΛΑ OIL Α.Ε., η οποία κυρώθηκε με το ν.2779/1999 (Α' 296) (ΑΡΘΡΑ ΠΕΜΠΤΟ – ΟΓΔΟΟ)	Ν.4296/2014 (ΦΕΚ Α' 214/02.10.2014)	ΝΟΜΟΣ	ΥΠΕΚΑ
07.04.2014	Μέτρα στήριξης και ανάπτυξης της ελληνικής οικονομίας στο πλαίσιο εφαρμογής του ν. 4046/2012 και άλλες διατάξεις	Ν. 4254/2014 (ΦΕΚ Α' 85/07.04.2014)	ΝΟΜΟΣ	ΥΠΕΚΑ
01.11.2013	Ρυθμίσεις θεμάτων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και άλλες διατάξεις	Ν. 4203/2013 (ΦΕΚ Α' 235/01.11.2013)	ΝΟΜΟΣ	ΥΠΕΚΑ
30.5.2013	Συμπλήρωση της υπ' αριθμ. Υ.Α.Π.Ε./Φ1/1289/9012/30.04.2013 κοινής υπουργικής απόφασης (Β' 1103/02.05.2013) με την οποία τροποποιήθηκε το Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων.	Υ.Α.Π.Ε./Φ1/1506/οικ. 10662 (ΦΕΚ Β' 1310)	Κοινή Υπουργική Απόφαση	Υπηρεσία Εξυπηρέτησης Επενδυτών για έργα Α.Π.Ε.
9.5.2013	Επείγοντα μέτρα εφαρμογής των νόμων 4046/2012, 4093/2012 και 4027/2013 (Παράγραφος Ι' - Ρυθμίσεις θεμάτων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας).	Ν. 4152/2013 (Α'107/9.5.2013)	Νόμος	ΥΠΕΚΑ
2.5.2013	Τροποποίηση του Ειδικού Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων.	Υ.Α.Π.Ε./Φ1/1289/9012 (ΦΕΚ Β'/1103)	Υπουργική Απόφαση	Υπηρεσία Εξυπηρέτησης Επενδυτών για έργα Α.Π.Ε.

2.5.2013	Τροποποίηση της υπ' αριθμ. Υ.Α.Π.Ε./Φ1/οικ.2262/31.01.2012 (Β' 97/31.01.2012) απόφασης του Υπουργού Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής με θέμα «Τιμολόγηση ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από φωτοβολταϊκούς σταθμούς», όπως ισχύει.	Υ.Α.Π.Ε./Φ1/1288/9011 (ΦΕΚ Β'/1103)	Υπουργική Απόφαση	Υπηρεσία Εξυπηρέτησης Επενδυτών για έργα Α.Π.Ε.
12.11.2012	Έγκριση μεσοπρόθεσμου Πλαισίου Δημοσιονομικής Στρατηγικής 2013 – 2016 – Επείγοντα Μέτρα Εφαρμογής του ν.4046/2012 και του Μεσοπρόθεσμου Πλαισίου Δημοσιονομικής Στρατηγικής 2013 – 2016 (Παράγραφος Ι.2 – Ρυθμίσεις ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ)	Ν.4093/2012(Α'222/12.11.2012)	Νόμος	ΥΠΕΚΑ
10.8.2012	Αναστολή διαδικασίας αδειοδότησης και χορήγησης προσφορών σύνδεσης για φωτοβολταϊκούς σταθμούς, λόγω κάλυψης των στόχων που έχουν τεθεί με την απόφαση Α.Υ./Φ1/οικ.19598/01.10.2010 του Υπουργού Π.Ε.Κ.Α.	Υ.Α.Π.Ε. /Φ1/2300/οικ.16932 (ΦΕΚ Β' 2317)	Υπουργική απόφαση	Υπηρεσία Εξυπηρέτησης Επενδυτών για έργα Α.Π.Ε.
10.8.2012	Τροποποίηση της απόφασης με αριθμό Υ.Α.Π.Ε./Φ1/2262/ 31.1.2012 (Β'97) σχετικά με την τιμολόγηση ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από φωτοβολταϊκούς σταθμούς	Υ.Α.Π.Ε./Φ1/2301/οικ.16933 (ΦΕΚ Β' 2317)	Υπουργική απόφαση	Υπηρεσία Εξυπηρέτησης Επενδυτών για έργα Α.Π.Ε.
10.8.2012	Τροποποίηση του Ειδικού Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων.	Υ.Α.Π.Ε./Φ1/2302/οικ16934 (ΦΕΚ Β' 2317)	Κοινή Υπουργική απόφαση	Υπηρεσία Εξυπηρέτησης Επενδυτών για έργα Α.Π.Ε.
10.8.2012	Προσδιορισμός ποσοστού της εισφοράς υπέρ της Ε.Ρ.Τ. Α.Ε. του άρθρου 14 του ν.1730/1987, το οποίο αποτελεί πόρο του Ειδικού Λογαριασμού του άρθρου 40 του ν.2773/1999.	Υ.Α.Π.Ε. /Φ1/2303/οικ.16935 (ΦΕΚ Β' 2317)	Κοινή Υπουργική απόφαση	Υπηρεσία Εξυπηρέτησης Επενδυτών για έργα Α.Π.Ε.
30.3.2012	Αξιοποίηση του πρώην Αεροδρομίου Ελληνικού – Πρόγραμμα ΗΛΙΟΣ – Προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (Ενσωμάτωση Οδηγίας 2009/28/ΕΚ) – Κριτήρια Αειφορίας Βιοκαυσίμων και Βιορευστών (Ενσωμάτωση Οδηγίας 2009/30/ΕΚ)	Ν. 4062/2012 (ΦΕΚ Α'70/30.3.2012)	ΝΟΜΟΣ	ΥΠΕΚΑ
31.1.2012	Τροποποίηση του Ειδικού Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων.	Υ.Α.Π.Ε. /Φ1/οικ.2266 (ΦΕΚ Β'97)	Κοινή Υπουργική απόφαση	Υπηρεσία Εξυπηρέτησης Επενδυτών για έργα Α.Π.Ε.

31.1.2012	Τιμολόγηση ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από φωτοβολταϊκούς σταθμούς.	Υ.Α.Π.Ε. /Φ1/οικ.2262 (ΦΕΚ Β' 97)	Κοινή Υπουργική απόφαση	Υπηρεσία Εξυπηρέτησης Επενδυτών για έργα Α.Π.Ε.
28.12.2011	Ειδικό τέλος και παροχή κινήτρων στους οικιακούς καταναλωτές στις περιοχές όπου εγκαθίστανται Α.Π.Ε.	Υ.Α.Π.Ε. /Φ1/οικ.28287/12.12.2011 (ΦΕΚ Β' 3005)	Κοινή Υπουργική απόφαση	Υπηρεσία Εξυπηρέτησης Επενδυτών για έργα Α.Π.Ε.
25-10-11	Κανονισμός Αδειών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας με χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και μέσω Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (Σ.Η.Θ.Υ.Α.).	ΥΑΠΕ/Φ1/14810/04.10.2011(ΦΕΚ Β'2373/25.10.2011)	Υπουργική απόφαση	Υπηρεσία Εξυπηρέτησης Επενδυτών για έργα Α.Π.Ε.
23.09.2011	Τροποποίηση της υπ' αρ. πρωτ. Δ6/Φ1/οικ.19500/4.11.2004 (Β'1671) κοινής υπουργικής απόφασης με την οποία τροποποιήθηκε η υπ' αρ. πρωτ. 13727/724/24.7.2003 (Β'1087) κοινή υπουργική απόφαση ως προς την αντιστοίχιση δραστηριοτήτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τους βαθμούς όχλησης που αναφέρονται στην πολεοδομική νομοθεσία.	Υ.Α.Π.Ε. /Φ1/οικ. 18018 (ΦΕΚ Β' 2132)	Υπουργική απόφαση	Υπηρεσία Εξυπηρέτησης Επενδυτών για έργα Α.Π.Ε.
02.05.2011	Προσδιορισμός του αγροτικού εισοδήματος	Αριθμ.134430 ΦΕΚ 392 Β 14.03.2011	Κοινή Υπουργική Απόφαση	Υπουργείο Οικονομικών Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων
28.04.2011	Διαδικασία και προθεσμίες εγγραφής και ενημέρωσης του ΜΑΑΕ, όργανα και διαδικασία προσωρινής ή οριστικής διαγραφής από το Μητρώο, αναγκαία επαγγελματική κατάρτιση των φυσικών προσώπων-επαγγελματιών αγροτών που εγγράφονται στο Μητρώο, διαδικασία και αρμόδιες υπηρεσίες έκδοσης των σχετικών με το ΜΑΑΕ πιστοποιητικών. Η απόφαση «Ορισμός διαδικασίας για την έκδοση πιστοποιητικών σχετικών με το Μητρώο Αγροτών και Αγροτικών Εκμεταλλεύσεων, ΥΑ 249565/ΦΕΚ Β 1722/03-11-2010», καταργείται.	Αριθμ.134416 ΦΕΚ 273 Β 21.02.2011	Υπουργική Απόφαση	Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων

14.04.2011	Τροποποιήσεις ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και ηλιακών συστημάτων σε γήπεδα, οικόπεδα και κτίρια.	Υ.Α. 9154 ΦΕΚ 583 Β 14.04.2011	Υπουργική Απόφαση	Διεύθυνση Οικοδομικών και Κτιριοδομικών Κανονισμών Υπηρεσία για την Εξυπηρέτηση Επενδυτών για Έργα ΑΠΕ
01.02.2011	Τροποποίηση της με αριθμ. 168040/03-09-2010 κοινής απόφασης των Υπουργών Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής και Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων «Καθορισμός κριτηρίων με τα οποία διαβαθμίζεται η αγροτική γη σε ποιότητες και κατατάσσεται σε κατηγορίες παραγωγικότητας»	Αρ. 072528 ΦΕΚ 102 Β 01.02.2011	Κοινή Υπουργική Απόφαση	Υπηρεσία Εξυπηρέτησης Επενδυτών για Έργα
31.12.2010	Τροποποίηση της Δ6/Φ1/οικ. 8684/24.4.2007 (ΦΕΚ Β' 694) απόφασης του Υπουργού Ανάπτυξης, όπως τροποποιήθηκε με την Δ6/Φ1/οικ.15450/18.7.2007 (ΦΕΚ Β' 1276) απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης, για την Έγκριση Α' Φάσης του κατ' άρθρο 14 παρ. 1 του ν. 3468/2006 Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Σταθμών.	Υ.Α.Π.Ε./Φ1/οικ.27904 ΦΕΚ 2143 Β 31.12.2010	Υπουργική Απόφαση	Υπηρεσία Εξυπηρέτησης Επενδυτών για Έργα
16.12.2010	Ερμηνευτική εγκύκλιος διατάξεων ν.3851/2010 σχετικών με την εξέταση αιτημάτων για την εγκατάσταση σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. σε γεωργική γη υψηλής παραγωγικότητας, συμπεριλαμβανομένης της κατηγορίας των επαγγελματιών αγροτών.	Υ.Α.Π.Ε./Φ1/οικ.26928	Εγκύκλιος	Υπηρεσία Εξυπηρέτησης Επενδυτών για Έργα
03.12.2010	Τήρηση Μητρώου Αδειών και υποβολή στοιχείων και πληροφοριών στην Υπηρεσία Εξυπηρέτησης Επενδυτών για έργα Α.Π.Ε. από κατόχους μονάδων Α.Π.Ε.	Υ.Α.Π.Ε./Φ1/οικ.24840 ΦΕΚ 1900 Β 03.12.2010	Υπουργική Απόφαση	Υπηρεσία Εξυπηρέτησης Επενδυτών για Έργα

25.11.2010	Εγγυοδοσία για την υπογραφή Συμβάσεων Σύνδεσης στα δίκτυα διανομής σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με χρήση Α.Π.Ε. που εξαιρούνται από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής.	Υ.Α.Π.Ε./Φ1/οικ.24839 ΦΕΚ 1901 Β 03.12.2010	Υπουργική Απόφαση	Υπηρεσία Εξυπηρέτησης Επενδυτών για Έργα
21.10.2010	Κατάργηση της απόφασης του Υπουργού Ανάπτυξης με αριθμ. Δ6/Φ1/οικ.7037/24.03.2008.	ΑΥ/Φ1/οικ.19384 ΦΕΚ 1674 Β 21.10.2010 Αποφ. Δ6/Φ1/οικ.7037/24.03.2008	Υπουργική Απόφαση	Αυτοτελής Υπηρεσία ΑΠΕ
01.10.2010	Απόφαση για την επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος και την κατανομή της στο χρόνο μεταξύ των διαφόρων τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.	Αποφ. Φ1 οικ.19598 ΦΕΚ 1630 Β 11.10.2010	Υπουργική Απόφαση	
20.09.2010	Συμπλήρωση του Ειδικού Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις. Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτηριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτηρίων.	Α.Υ./Φ1/οικ.18513 ΦΕΚ 1557 Β 22.09.2010 ΦΕΚ Β 1079/04,06,2010.	Κοινή Υπουργική Απόφαση	
03.09.2010	Καθορισμός κριτηρίων με τα οποία διαβαθμίζεται η αγροτική γη σε ποιότητες και κατατάσσεται σε κατηγορίες παραγωγικότητας.	Απ. Αρ. 168040 ΦΕΚ 1528 Β 07.09.2010	Κοινή Υπουργική Απόφαση	
30.08.2010	Τύπος και περιεχόμενο συμβάσεων πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται με χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και μέσω Συμπαράγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης στο Σύστημα και το Διασυνδεδεμένο Δίκτυο και στο Δίκτυο των Μη Διασυνδεδεμένων Νήσων, σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 12 παρ. 3 του Ν. 3468/2006, όπως ισχύει, πλην ηλιοθερμικών και υβριδικών σταθμών.	Α.Υ/Φ1/οικ.17149 ΦΕΚ 1497 Β 06.09.2010	Υπουργική Απόφαση	

25.08.2010	Έγκριση ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και ηλιακών συστημάτων σε κτίρια και οικόπεδα εντός σχεδίου περιοχών, και σε οικισμούς.	Απ. Αρ. 36720 ΦΕΚ 376 ΑΑΠ 06.09.2010	Υπουργική απόφαση	Οικοδομικών & κτιριοδομικών κανονισμών
25.08.2010	Έγκριση ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων και ηλιακών συστημάτων σε γήπεδα και κτίρια σε εκτός σχεδίου περιοχές.	Απ. Αρ. 40158 ΦΕΚ 1556 Β 22.09.2010	Υπουργική απόφαση	Πολεοδομικού σχεδιασμού Οικοδομικών & κτιριοδομικών κανονισμών
19.07.2010	Οδηγίες εφαρμογής διατάξεων του Ν. 3851/2010 σχετικά με το άρθρο 2 παρ. 1 – κριτήριο ι) και το άρθρο 15 παρ. 3, προς την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας.	ΑΥ/Φ1/οικ.14586		Αυτοτελής Υπηρεσία ΑΠΕ- ΥΠΕΚΑ
12.07.2010	Διαδικασίες ορισμού των επαγγελματιών αγροτών για την υποβολή αιτήσεων για επενδύσεις στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ).	ΦΕΚ 1049 Β 12.07.2010	Υπουργική Απόφαση	Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων
22.12.2010	Ενοποίηση των διατάξεων του Ν. 3468/2006 όπως τροποποιήθηκαν από τους Ν. 3734/2009, Ν.3851/2010, Ν. 3889/2010 και λοιπών διατάξεων νόμων	Ενοπ. Ν.3468/2006	Ενοποίηση διατάξεων Ν3468/2006μετά τις πρόσφατες τροποποιήσεις	Υπηρεσία Εξυπηρέτησης Επενδυτών για Έργα Α.Π.Ε.»
14.10.2010	Χρηματοδότηση Περιβαλλοντικών Παρεμβάσεων, Πράσινο Ταμείο, Κύρωση Δασικών Χαρτών και άλλες διατάξεις.(Άρθρο 30 "Λοιπές διατάξεις αρμοδιότητας Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής", Άρθρο 29 "Θέματα Υπηρεσίας Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας")	Νόμος 3889 ΦΕΚ 182 Α 14.10.2010	Νόμος	ΥΠΕΚΑ
04.06.2010	Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής. Accelerating the development of Renewable Energy Sources to deal with climate change and other regulations addressing issues under the authority of the Ministry of Environment, Energy and Climate Change.	Νόμος 3851 ΦΕΚ 85 Α 04.06.2010 Law 3851/2010	Νόμος	ΥΠΕΚΑ

BIBΛIOΓPAΦIA

- [1] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), Διερεύνηση Δυνατοτήτων Αξιοποίησης Βιομάζας για την Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από τη ΔΕΗ, Οκτώβριος 1996
- [2] Αποστολάκης Μ., Κυρίτσης Σ., Σούτερ Χ., *Το Ενεργειακό Δυναμικό της Βιομάζας Γεωργικών και Δασικών Υποπροϊόντων (Έρευνα στον ελληνικό χώρο)*, Ελληνικό Κέντρο Παραγωγικότητας (ΕΛΚΕΠΑ), Αθήνα 1987.
- [3] Αντώνης Παλαιολόγος - Γεωπόνος, αγρο – ενέργεια : Μια μορφή ήπιας ενέργειας - Τοπικές πρωτοβουλίες αξιοποίησής της, Συνεδριακό Κέντρο Θήβας, 4 Απριλίου 2012
- [4] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας ΚΑΠΕ , Πολυετείς ενεργειακές καλλιέργειες στην Ελλάδα”, Τομέας Βιομάζας, , 1998.
- [5] Υπ. Τμήματος Βιομάζας Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας ΚΑΠΕ, Δυναμικό Βιομάζας στην Ελλάδα Αθήνα 25/11/2010
- [6] Τσιλιγιάννης, Χ., Μελέτη Σχεδιασμού και Τεχνικοοικονομικής Βιωσιμότητας Μονάδας Καύσης Βιομάζας & Παραγωγής Θερμού Ύδατος για Ευηνοχώρι Αιτ/νίας, Μελέτη για την ΑΣΠΡΟΦΟΣ, 1995
- [7] Τζινευράκης Μ., Τζαβάρα Ι, Τσούτσος Θ., Βάμβουκα Δ., Ξιφαράς Κ. ,ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ
- [8] Μυρσίνη Χρήστου Γεωπόνος , Δυναμικό Βιομάζας στην Ελλάδα Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας ΚΑΠΕ , Αθήνα 25/11/2010
- [9] Μ. Χρήστου, Ε. Αλεξοπούλου, Β. Λυχνάρης, Ε. Νάματοβ., Τμήμα Βιομάζας , Ενεργειακές καλλιέργειες στον ευρωπαϊκό και ελληνικό χώρο. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).
- [10] Ζαφείρης Χ. Ενεργειακή Αξιοποίηση Βιομάζας και Εφαρμογές. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας ΚΑΠΕ, 2003.
- [11] Τσιλιγιάννης, Χ., Μελέτη Τεχνικοοικονομικής Βιωσιμότητας Εγκατάστασης Μηχανικού Διαχωρισμού & Λιπασματοποίησης Απορριμμάτων Δυναμικότητας 1000 τόννων/ημέρα στο Δήμο Άνω Λιοσίων, Μελέτη για το Δήμο Άνω Λιοσίων, Αύγουστος 1995
- [12] «Παραγωγή ενέργειας από Βιομάζα». Οικονομική και πολιτική προσέγγιση». Μελέτη του ΟΟΣΑ, ΕΛΚΕΠΑ, Αθήνα 1989.
- [13] Βουρδούμπας Γ., “Χρήση της Βιομάζας για παραγωγή ενέργειας”, Χανιά , 1998

[14]Γρομπισάρης Αλέξανδρος Πίνης Αθανάσιος , Αξιοποίηση της Βιομάζας για την παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας μέσω Συστημάτων Συμπαράγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμικής Ενέργειας (Σ.Η.Θ.Ε), ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ, 30/04/2014

[15]Καθ. Μ. Φούντη Τεχνολογίες αξιοποίησης βιομάζας, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών,

[16]Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας , Ενεργειακή Αξιοποίηση Βιομάζας, Τμ. Μηχανικών Διαχείρισης Ενεργειακών Πόρων, , ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2007, ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑ

[17]ΕΜΠ - Χωροταξία – Αναπτυξιακές προοπτικές στην περιοχή της Ηλείας

[18] ΚΑΠΕ, “Οδηγός Βιομάζας”, Αθήνα

[19]Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής Εθνικό Πληροφοριακό Σύστημα για την Ενέργεια.
<http://www.res-thermal.info/servlet/SDEBiomassServlet>

[20] ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ Γ. ΚΟΝΤΑΚΟΣ «Γενική Λογιστική», Έλλην, 2006

[21] Σιούλας Κωνσταντίνος, Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen, ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ βιοαερίου, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) ,Οκτώμβριος 2008

[22]Υπουργείο Παραγωγικής ανασυγκρότησης Περιβάλλοντος και Ενέργειας , Θεσμικό πλαίσιο Α.Π.Ε.

[23] Ελληνική Στατιστική Αρχή
<http://www.statistics.gr/el>

[24] DONALD L. KLASS, Biomass for Renewable Energy and Fuels, Entech International, Inc. Barrington, Illinois, United States,2004