



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ
ΕΛΛΑΔΑΣ**

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ**

ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ Γ. ΚΟΡΜΑΖΟΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2018

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Με την ολοκλήρωση των σπουδών μου στο Τμήμα Μηχανολογίας και Υδάτινων Πόρων του ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου, κο Κωνσταντίνο Κουτσογιάννη, για τη συνεργασία μας και για την πολύπλευρη στήριξή του για τη διεξαγωγή της παρούσας μελέτης.

Η ιδέα της παρούσας μελέτης γεννήθηκε μέσα από μια συζήτηση με τον καθηγητή κο Κωνσταντίνο Κουτσογιάννη, με σκοπό την ολοκληρωμένη παρουσίαση της σημαντικότητας της βιομάζας για τη χώρα μας και όλο τον πλανήτη. Η προσπάθεια αξιοποίησης του ρυζιού, ένα από τα σημαντικότερα διατροφικά είδη, για παραγωγή ενέργειας με τη μορφή βιοκαυσίμων, που βρίσκεται στην αρχή της, στάθηκε αφορμή για την παρούσα μελέτη.

Εύχομαι η μελέτη αυτή να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο για τους μελλοντικούς φοιτητές και να αναδείξει ακόμα περισσότερο τη σπουδαιότητα των πόρων της ελληνικής γεωργίας και βιομηχανίας, και τη δυνατότητα της χώρας μας να συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος μέσα από την παραγόμενη βιοενέργεια.

Επίσης ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στους γονείς μου για την αμέριστη στήριξη τους σε όλα τα επίπεδα καθώς και στη γλυκιά σύντροφο της ζωής μου!!!

Αφιερώνω την πτυχιακή εργασία στην λατρεμένη μου γιαγιά, που η παρουσία και η αύρα της είναι ορατές... κι ας είναι... εκεί ψηλά...

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Με την πάροδο των χρόνων και τις εξελίξεις που διαδραματίζονται σε οικονομικό, πολιτικό αλλά και περιβαλλοντικό επίπεδο, ολοένα και αυξάνει η ανάγκη για αξιοποίηση εναλλακτικών μορφών ενέργειας. Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) έχουν εμφανιστεί δυναμικά στο προσκήνιο και τείνουν να υποκαταστήσουν σε σημαντικό ποσοστό στις συμβατικές ενεργειακές πηγές.

Η Βιομάζα αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους εκπροσώπους των ΑΠΕ και η αξιοποίησή της για την παραγωγή ενέργειας αυξάνει συνεχώς. Η χρήση της βιομάζας διευρύνεται σταδιακά τα τελευταία χρόνια, καθώς επιφέρει σημαντικά οικονομικά οφέλη, ενώ ταυτόχρονα συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος και της εκπομπής αέριων ρύπων.

Οι εφαρμογές της βιομάζας και της παραγόμενης από αυτή ενέργειας μπορεί να είναι μικρής ή και μεγάλης κλίμακας και ανάλογα με τη χρήση της διακρίνεται σε παραδοσιακή και σύγχρονη.

Στην παρούσα μελέτη παρουσιάζονται οι χρήσεις και οι εφαρμογές της βιομάζας, σχετικά με την κάλυψη ενεργειακών αναγκών. Επιπλέον αναλύονται τόσο τα πλεονεκτήματα όσο και τα μειονεκτήματα που συνοδεύουν τη βιομάζα και τις υπόλοιπες μορφές ΑΠΕ. Παρουσιάζονται οι πόροι που αποτελούν πρώτες ύλες για τη βιομάζα και κατ' επέκταση για την παραγωγή ενέργειας.

Στο τέλος δίνεται έμφαση στη σημασία των ενεργειακών καλλιεργειών στη χώρα μας και όχι μόνο, και στη συμβολή τους στην κάλυψη ενεργειακών αναγκών. Οι ενεργειακές καλλιέργειες αποτελούν σημαντική πηγή βιομάζας με τα σιτηρά να κατέχουν πρωταγωνιστικό ρόλο. Σημαντικός εκπρόσωπος είναι και το ρύζι, το οποίο πέρα από τη σημασία του για την παγκόσμια διατροφή κατέχει σημαντική θέση και στην παραγωγή ενέργειας. Τα υπολείμματα της βιομηχανίας ρυζιού, κυρίως το άχυρο και ο φλοιός του, αποτελούν σημαντική πηγή ενέργειας και χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοκαυσίμων, κάτι που έχει ξεκινήσει να γίνεται συστηματικά και στη χώρα μας.

ABSTRACT

Renewable Energy Sources tend to substitute a significant part of conventional energy sources due to economical, political and environmental changes over the years.

Biomass is one of the most important types of Renewable Energy Sources, the utilization of which is constantly increasing for energy production. The use of biomass has been gradually expanding as it brings economical benefits. In addition biomass utilization significantly contributes to the reduction of environmental pollution and greenhouse gas emission.

Biomass and bioenergy have several applications on small or large scale. Depending on its use, biomass can be categorized in traditional and modern type.

This study represents the uses and applications of biomass related to energy needs. In addition, in this study, the advantages and disadvantages of biomass and other types of R Renewable Energy Sources are analyzed.

This study also emphasizes the importance of energy crops not only in our country but also worldwide. Energy crops play a cardinal role in bioenergy production. Cereals are really important as biomass resources. Rice is a special cereal because of its importance on global nutrition. Apart from that, rice is really important in energy production, as long as rice husk and rice straw are used for biofuel production. These important rice industry remnants have been used in our country too, for biofuel production.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Το πρόβλημα της εξάντλησης των αποθεμάτων πηγών ενέργειας.....	1
1.2 Η ανάγκη για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	2
1.3 Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ)	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
2. ΒΙΟΜΑΖΑ.....	5
2.1 Ορισμός της βιομάζας	5
2.2 Χαρακτηριστικά της βιομάζας	5
2.3 Κατηγορίες της βιομάζας	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	
3. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ.....	9
3.1 Ιστορία της βιομάζας	9
3.2 Προοπτικές	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	
4. ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.....	11
4.1 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα	11
4.2 Χρήση της βιομάζας.....	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	
5. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ.....	14
5.1 Πόροι της βιομάζας	14
5.2 Μετατροπή βιομάζας σε ενέργεια	18
5.2.1 Θερμοχημικές διεργασίες.....	18
5.2.2 Βιοχημικές διεργασίες.....	20
5.2.3 Μηχανικές διεργασίες	21
5.3 Εφαρμογές βιομάζας	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	
6. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ.....	22
6.1 Οι ενεργειακές καλλιέργειες.....	22
6.2 Οφέλη χρήσης ενεργειακών καλλιεργειών.....	23
6.3 Ενεργειακές καλλιέργειες στην Ελλάδα.....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	
7. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΡΥΖΙΟΥ.....	25

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

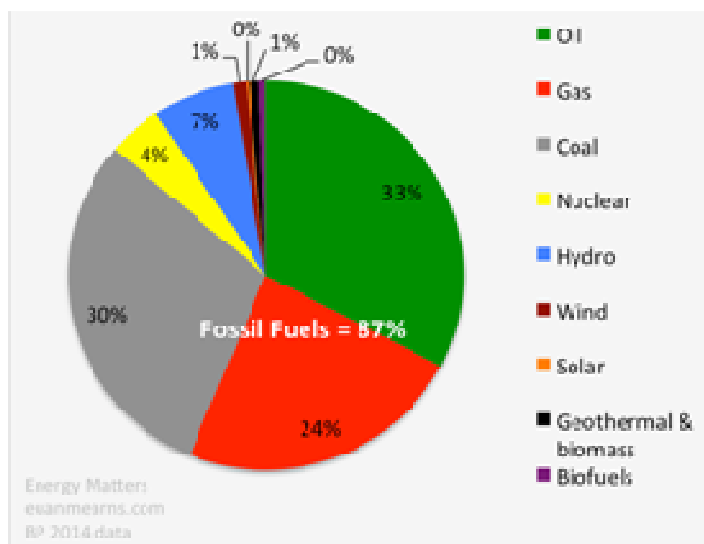
8. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	29
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	31

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Το πρόβλημα της εξάντλησης των αποθεμάτων πηγών ενέργειας

Το ζήτημα της παραγωγής ενέργειας απασχολεί τις κοινωνίες σε παγκόσμιο επίπεδο και χρήζει προσεκτικής διαχείρισης. Είναι ένα ζήτημα με πολλές πτυχές αφού συνδυάζει οικονομικές κοινωνικές και περιβαλλοντικές παραμέτρους (Κορωναίος, 2012).

Σε παγκόσμιο επίπεδο η κατανάλωση της ενέργειας αυξάνεται ταχύρρυθμα, και τα στοιχεία προβλέπουν πως θα συνεχίσει να αυξάνεται ακόμα περισσότερο (Κορωναίος, 2012). Πάνω από το 80% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο καταλαμβάνεται από τα ορυκτά καύσιμα όπως ο άνθρακας και το πετρέλαιο (Εικόνα 1).



Εικόνα 1. Παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας, στοιχεία 2013. (<http://euanmearns.com>)

Οι έρευνες μαρτυρούν πως τη δεκαετία του '90, η συνολική κατανάλωση ορυκτών καυσίμων αυξήθηκε με ρυθμό ανάλογο προς εκείνον της αύξησης της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας. Επιπλέον προβλέπεται πως μέχρι το 2020, η χρήση τους θα αυξηθεί ακόμη περισσότερο, ακολουθώντας ρυθμό μεγαλύτερο από τον αντίστοιχο της συνολικής κατανάλωσης. Η χρήση των ορυκτών καυσίμων είναι ευρεία, καθώς τα πλεονεκτήματα που προσφέρει είναι σημαντικά. Η εξόρυξή τους είναι σχετικά εύκολη και φθηνή, η υποδομή για την παροχή τους υπάρχει ήδη και οι κλάδοι εφοδιασμού είναι καλά οργανωμένη καλύπτοντας το μεγαλύτερο ποσοστό ζήτησης. Ωστόσο, μειονεκτούν σε δύο κύρια σημεία τα οποία είναι καίριας σημασίας. Η καύση των ορυκτών καυσίμων συνοδεύεται με την εκπομπή αέριων ρύπων που πλήττουν το περιβάλλον και εντείνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επιπλέον οι χώρες των οποίων τα αποθέματα σε ορυκτά καύσιμα δεν είναι επαρκή, βρίσκονται αντιμέτωπες με κίνδυνο ασφάλειας του ενεργειακού ανεφοδιασμού.

Το 2007 ο Goldemberg ισχυρίστηκε πως ανάλογα με το ρυθμό παραγωγής και το ρυθμό κατανάλωσής τους, τα αποθέματα των συμβατικών καυσίμων δε θα επαρκέσουν για πολύ. Συγκεκριμένα εκτιμάται πως τα αποθέματα πετρελαίου θα είναι σε επαρκή επίπεδα για 40 περίπου ακόμα χρόνια ενώ του άνθρακα για 155 (Goldemberg, 2007). Ακόμα εκτιμάται πως

μέχρι το 2050 τα παγκόσμια αποθέματα πετρελαίου θα έχουν εξαντληθεί (Saxena *et al.*, 2009). Ακόμα και στην περίπτωση που εκτίμηση αυτή αποδειχθεί λανθασμένη, είναι σίγουρο πως το κόστος της εξόρυξης του πετρελαίου, άρα και η τιμή του, μακροπρόθεσμα θα αυξηθεί (Ugiati, 2001).

1.2 Η ανάγκη για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Εκτός από τα αποθέματα των συμβατικών πηγών ενέργειας που εξαντλούνται ταχύρρυθμα, η χρήση τους επιβαρύνει το περιβάλλον. Τα τελευταία 150 χρόνια, η εκπομπή αέριων ρύπων έχει αυξηθεί δραματικά. Εκπομπές αερίων όπως τα CH₄, SO₂, NO_x και CO₂, που οφείλονται στην ανθρώπινη δραστηριότητα, έχουν αυξηθεί και επιφέρουν συνεχώς σημαντικές αλλαγές στην ατμόσφαιρα (Galbe and Zacchi, 2002). Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η κατανάλωση συμβατών καυσίμων το 2005 ήταν υπεύθυνη για το 73% των συνολικών εκπομπών CO₂, ενώ παράλληλα υπολογίσιμες ποσότητες CH₄, SO₂, NO₂, παρήχθησαν από την ατελή τους καύση (Wildenborg and Lokhorst, 2005). Τόσο οι αναπτυγμένες όσο και οι αναπτυσσόμενες χώρες, όπου το πετρέλαιο και τα υπόλοιπα συμβατικά καύσιμα αποτελούν τις βασικές ενεργειακές πηγές, έχουν συμβάλλει στην ένταση φαινομένων όπως η όξινη βροχή και η υπερθέρμανση του πλανήτη (Okkerse and van Bekkum, 1998).

Τα παραπάνω καθιστούν προφανές πως η εξάντληση των συμβατικών ενεργειακών αποθεμάτων σε συνδυασμό με τις κλιματικές αλλαγές που αυτές επιφέρουν, εντείνουν την ανάγκη για στροφή στη χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας και καυσίμων (Chan *et al.*, 2007).

Στην πλειοψηφία τους οι ενεργειακές πηγές προέρχονται από τον ήλιο, είτε άμεσα είτε έμμεσα. Όσον αφορά τα ορυκτά καύσιμα, αποτελούν αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια η οποία είναι εγκλωβισμένη στο υπέδαφος έχοντας τη μορφή γαιάνθρακα, πετρελαίου ή φυσικού αερίου (visiontask). Η σημαντική διαφορά ανάμεσα στις προαναφερθείσες μορφές ενέργειας και στις ανανεώσιμες πηγές έγκειται στο γεγονός ότι στις πρώτες, η εξάντληση των αποθεμάτων είναι οριστική και η ποσότητα που χάνεται δεν αναπληρώνεται. Αντίθετα, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας οι οποίες βασίζονται σε συνεχόμενες ηλιακές εισροές, χαρακτηρίζονται από ανεξάντλητες ενεργειακές ροές. Οι ροές αυτές παρέχουν θέρμανση, δημιουργούν ανέμους και κύματα, υδάτινες ροές και αποθηκεύονται σε φυτικούς ιστούς με αποτέλεσμα τη δυνατότητα χρησιμοποίησής τους ως βιοκαύσιμα.

Τα μειονεκτήματα των ορυκτών καυσίμων και της χρήσης τους, αλλά και τα προβλήματα που αυτή επιφέρει, οδήγησαν στην ανάγκη για εξεύρεση άλλων πηγών ενέργειας. Έτσι, πραγματοποιήθηκε μια «στροφή» προς τις ΑΠΕ, η ζήτηση των οποίων αυξάνεται συνεχώς. Η χρήση των ΑΠΕ, ως «υποκατάστατο» των ορυκτών καυσίμων, συμβάλλουν σημαντικά στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής ενώ παράλληλα βελτιώνουν την ασφάλεια του εφοδιασμού, αφού ενισχύουν τη διαφοροποίηση της παραγωγής ενέργειας. Επιπλέον, η προστασία της ατμόσφαιρας που παρατηρείται αλλά και η δημιουργία νέων θέσεων απασχόλησης αποτελούν δύο ακόμα λόγους, που αυξάνουν τη χρήση των ΑΠΕ (Κορωναίος, 2012).

Η μείωση χρήση συμβατικών καυσίμων και η σταδιακή αντικατάστασή τους από εναλλακτικές μορφές, αναμένεται όχι μόνο να μειώσει τα επίπεδα των παραγόμενων ρύπων που επιβαρύνουν το περιβάλλον αλλά και να συμβάλει στην αγροτική ανάπτυξη (Pickett *et al.*, 2008).

1.3 Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ)

Ο όρος «ανανεώσιμος ενεργειακός πόρος» αποδίδεται σε εκείνες τις ροές ενέργειας που αναπληρώνονται την ίδια ώρα που χρησιμοποιούνται.

Με τον όρο «ανανεώσιμες πηγές ενέργειας» (ΑΠΕ) χαρακτηρίζονται οι ενεργειακές πηγές που απαντώνται σε αφθονία στο φυσικό περιβάλλον, όπως ο ήλιος, ο άνεμος, το νερό και η βιομάζα. Αυτές, αποτέλεσαν και τις πηγές ενέργειας που χρησιμοποιήθηκαν από τον άνθρωπο, σχεδόν αποκλειστικά, μέχρι και τις αρχές του 2^{ου} αιώνα οπότε στράφηκε προς την αξιοποίηση του άνθρακα (ebooks.edu.gr).

Η σημασία τους είναι μεγάλη και έγκειται σε δύο κύρια στοιχεία. Από τη μια, η αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας συμβάλλει στη σταδιακή μείωση της ανάγκης (κυρίως οικονομικής) από τους ενεργειακούς πόρους που εξαντλούνται, όπως το πετρέλαιο. Από την άλλη η χρήση τέτοιων πηγών ενέργειας δε συνοδεύεται με την παραγωγή επικίνδυνων ρύπων, με αποτέλεσμα να μην επιβαρύνουν το περιβάλλον.

Κύριες μορφές ΑΠΕ αποτελούν (Εικόνα 2):

Η ηλιακή ενέργεια

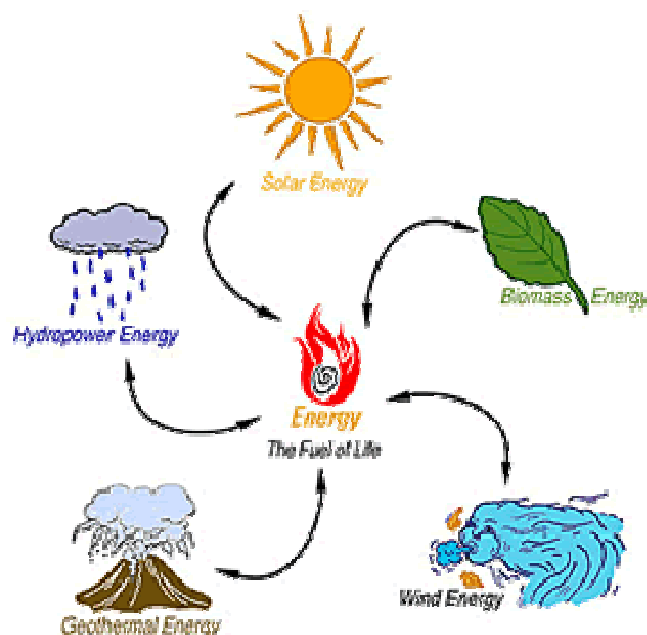
Η αιολική ενέργεια

Η υδραυλική ενέργεια

Η παλιρροϊκή ενέργεια

Η γεωθερμική ενέργεια

Η βιομάζα



Εικόνα 2. Κύριες μορφές ΑΠΕ. (www.thinglink.com)

Παρακάτω παρουσιάζονται τα κύρια πλεονεκτήματα των ΑΠΕ, τα οποία αναδεικνύουν τη σημασία τους:

Οι ΑΠΕ αποτελούν πρακτικά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας που μειώνουν την εξάρτηση από τους συμβατικούς πόρους που εξαντλούνται.

Χαρακτηρίζονται από χαμηλό λειτουργικό κόστος το οποίο δεν επηρεάζεται από τις διάφορες οικονομικές διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας.

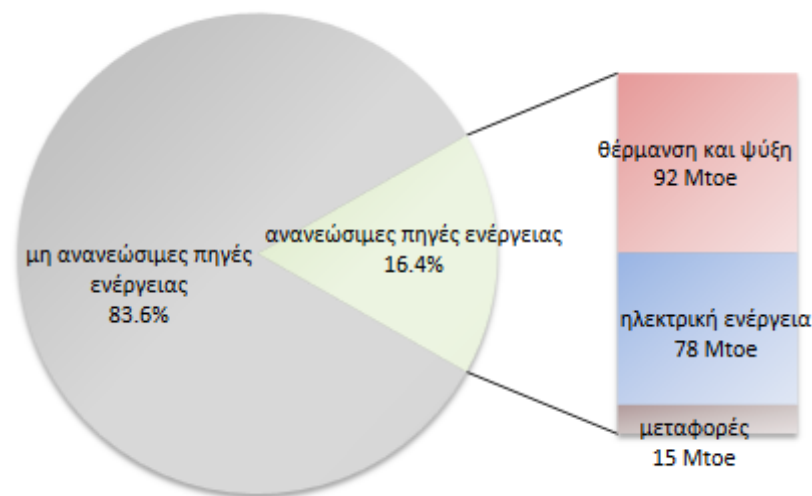
Συμβάλλουν στην οικονομική ανάπτυξη περιοχών μέσω της δημιουργίας θέσεων εργασίας και της προώθησης ανάλογων επενδύσεων.

Οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, αφού είναι γεωγραφικά διάσπαρτες.

Είναι φιλικές προς τον άνθρωπο και το περιβάλλον.

Οι εγκαταστάσεις εκμετάλλευσής τους έχουν σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε καλύπτουν τις ανάγκες των χρηστών τόσο σε μικρή όσο και σε μεγάλη κλίμακα. Επιπλέον η διάρκεια κατασκευής τους είναι μικρή επιτρέποντας την άμεση ανταπόκριση στη ζήτηση των καταναλωτών.

Παρά τα οφέλη που συνοδεύουν τη χρήση των ΑΠΕ, φαίνεται πως ακόμα δεν έχουν καταφέρει να υποκαταστήσουν πλήρως τις μη ανανεώσιμες μορφές ενέργειας, η χρήση των οποίων κυριαρχεί (Εικόνα 3).



Εικόνα 3. Κατανάλωση τελικής ενέργειας στην EU-28 το 2015. (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2017)

2. ΒΙΟΜΑΖΑ

2.1 Ορισμός της βιομάζας

Ως «βιομάζα» ορίζεται το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των προϊόντων, αποβλήτων και υπολειμμάτων που προέρχονται από τη γεωργία (συμπεριλαμβανομένων των φυτικών και των ζωικών ουσιών), τη δασοκομία και τις συναφείς βιομηχανίες, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων (ΟΔΗΓΙΑ 2009/28/ΕΚ).

Ουσιαστικά, η βιομάζα είναι βιολογικής (οργανικής) προέλευσης ύλη, η οποία περιλαμβάνει οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από ζωντανούς οργανισμούς.

Σύμφωνα με το ΦΕΚ 1450/2013 κάθε ένα από τα παρακάτω αποτελεί "βιομάζα".

A) προϊόντα που αποτελούνται από οποιαδήποτε φυτική ύλη, που προέρχεται από τη γεωργία ή τη δασοκομία, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο προς ανάκτηση του ενεργειακού της περιεχομένου

B) τα παρακάτω απόβλητα:

Φυτικά απόβλητα της γεωργίας και της δασοκομίας

Φυτικά απόβλητα της βιομηχανίας τροφίμων, εφόσον ανακτάται η εκλυόμενη θερμότητα

Ινώδη φυτικά απόβλητα από την παραγωγή παρθένου χαρτοπολλτού και χαρτιού από χαρτοπολλτό, εφόσον για τα απόβλητα αυτά εφαρμόζεται διαδικασία συν-αποτέφρωσης στον τόπο παραγωγής και ανακτάται η εκλυόμενη θερμότητα

Απόβλητα φελλού

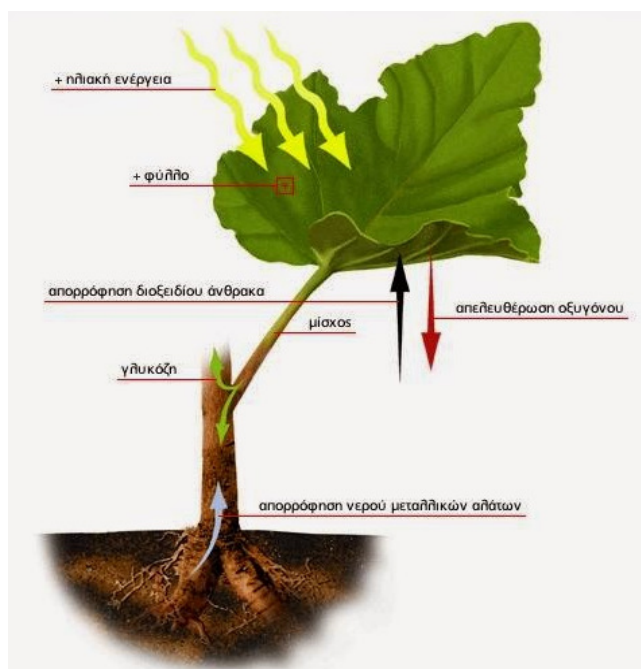
Απόβλητα ξύλου, εκτός από αυτά περιέχουν αλογονούχες οργανικές ενώσεις ή βαρέα μέταλλα ως αποτέλεσμα επεξεργασίας με συντηρητικά ξύλου ή επίστρωσης, και τα οποία περιλαμβάνουν ιδίως απόβλητα ξύλου προερχόμενα από οικοδομές και κατεδαφίσεις.

2.2 Χαρακτηριστικά της βιομάζας

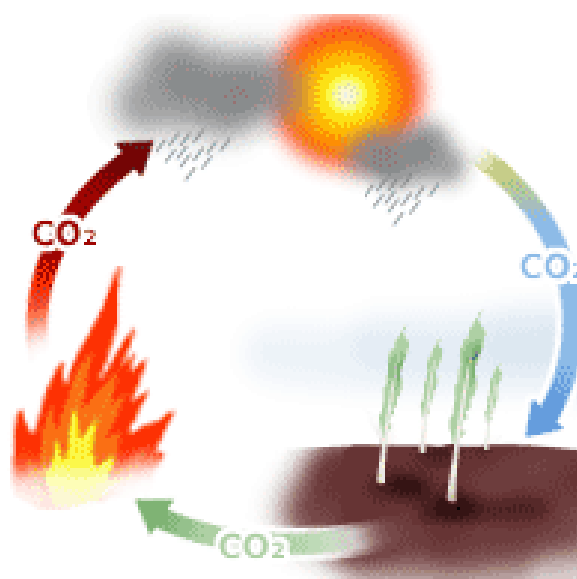
Το αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών είναι η βιομάζα. Με άλλα λόγια η βιομάζα αποτελεί μια αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας, και χρησιμεύει ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοενέργειας. (Τσαγγάρης, 2013).

Κύριο χαρακτηριστικό της βιομάζας αποτελεί το μικρό χρονικό διάστημα που απαιτείται για την αναπλήρωσή της, γι' αυτό και χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας. Η βιοενέργεια (γνωστή και ως πράσινη ενέργεια) είναι επί της ουσίας δευτερογενής ηλιακή ενέργεια.

Η βιομάζα είναι το αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών. Πιο συγκεκριμένα, η ηλιακή ενέργεια μετασχηματίζεται μέσω της χλωροφύλλης των φυτών, μέσα από μια σειρά διεργασιών (Εικόνα 4). Απαραίτητες ύλες για τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης αποτελούν το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας, το νερό και ανόργανα συστατικά που τα φυτά προμηθεύονται από το έδαφος. Μετά το «μετασχηματισμό» αυτό, η βιομάζα μπορεί πλέον να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας, μέσω μιας διαδικασίας που θα μπορούσε να χαρακτηριστεί και ως «αντίστροφη» της φωτοσύνθεσης, αφού συνοδεύεται με την απελευθέρωση ενέργειας με τη μορφή θερμότητας ενώ παράλληλα εκλύεται διοξείδιο του άνθρακα που επιστρέφει στην ατμόσφαιρα, εξισορροπώντας αυτό που καταναλώθηκε (Εικόνα 5).



Εικόνα 4. Διεργασία της φωτοσύνθεσης. (<http://opag1gydr.blogspot.gr>)

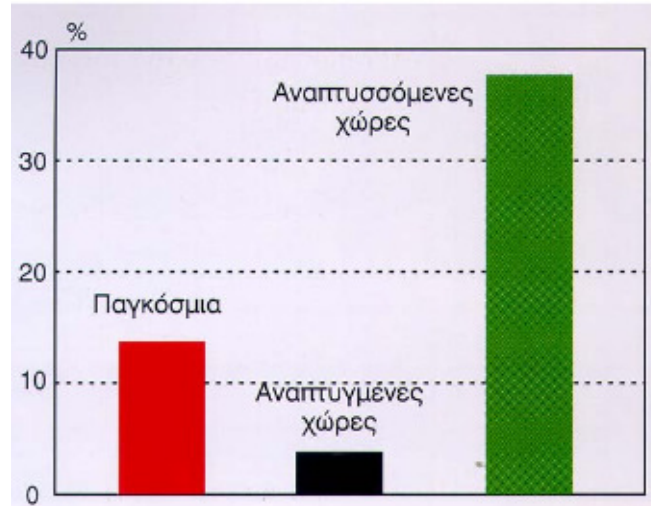


Εικόνα 5. Ο κύκλος του άνθρακα. (slideplayer.gr)

Η βιομάζα αποτελεί τη μοναδική πηγή ενέργειας με άνθρακα που απαντάται στη φύση, με αποθέματα τα οποία είναι ικανά να υποκαταστήσουν τα ορυκτά καύσιμα.

Η βιομάζα που παράγεται κάθε χρόνο στη γη ανέρχεται σε 172 δισεκ. τόνους ξηρού υλικού, με ενεργειακό περιεχόμενο δεκαπλάσιο της ενέργειας που καταναλώνεται στο ίδιο χρονικό διάστημα σε παγκόσμιο επίπεδο (ΚΑΠΕ, 2006). Δυστυχώς όμως το ενεργειακό αυτό περιεχόμενο παραμένει ανεκμετάλλευτο κατά το μεγαλύτερο ποσοστό του (Εικόνα 6). Πιο

συγκεκριμένα, πρόσφατες μελέτες υπολογίζουν πως μόνο το 1/7 της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας καλύπτεται από βιομάζα και αφορά κυρίως παραδοσιακές χρήσεις.



Εικόνα 6. Συμμετοχή βιομάζας στην παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας. (ΚΑΠΕ, 2006)

Στην Ελλάδα, τα διαθέσιμα δασικά και γεωργικά υπολείμματα κατά έτος ισοδυναμούν ενεργειακά με 3-4 εκ. τόνους πετρελαίου. Το ποσό αυτό ενεργειακά αντιστοιχεί με το 30-40% της ποσότητας του πετρελαίου που καταναλώνεται συνολικά στην χώρα μας σε ετήσια βάση. Ενδεικτικά σημειώνεται πως 1 τόνος βιομάζας ισοδυναμεί με 0,4 τόνους πετρελαίου (ΚΑΠΕ, 2006).

Η βιομάζα χαρακτηρίζεται από πέντε βασικές ιδιότητες που παρουσιάζονται παρακάτω:

Στοιχειακή ανάλυση: Αποτελεί την σύσταση επί τοις 100 της βιομάζας σε άνθρακα, υδρογόνο, οξυγόνο, άζωτο και θείο. Το οργανικό περιεχόμενο των διάφορων πηγών βιομάζας παρουσιάζει παραπλήσια στοιχειακή ανάλυση.

Θερμογόνος ικανότητα: Αντιστοιχεί στη θερμική ενέργεια που εκλύεται κατά την καύση 1kg καυσίμου σε συγκεκριμένες συνθήκες. Διακρίνεται σε HHV (Higher Heating Value - Ανώτερη Θερμογόνος Δύναμη) και LHV (Lower Heating Value - Κατώτερη Θερμογόνος Δύναμη).

Περιεκτικότητα σε υγρασία: Είναι η ποσότητα του νερού που περιέχεται εντός της βιομάζας. Αποτελεί σημαντική ιδιότητα της βιομάζας καθώς από αυτήν εξαρτάται η τεχνολογία αξιοποίησης που θα επιλεγεί.

Περιεκτικότητα σε τέφρα: Αφορά το ανόργανο κλάσμα της βιομάζας. Είναι επίσης μια σημαντική ιδιότητα που επηρεάζει τη συμπεριφορά του βιοκαυσίμου κάτω από υψηλές θερμοκρασίες.

Πυκνότητα: Καθώς η βιομάζα χρησιμοποιείται θρυμματισμένη, η «χύδην» πυκνότητα είναι η πιο χρήσιμη τεχνικά. Πρόκειται για κλάσμα της ολικής πυκνότητας ανά τεμάχιο. Η «χύδην» πυκνότητα σε συνδυασμό με τη θερμογόνος ικανότητα της βιομάζας αποτελούν την «ενεργειακή πυκνότητα».

(Γιαννόπουλος)

2.3 Κατηγορίες της βιομάζας

Ένας τρόπος διάκρισης της βιομάζας, αποτελεί ο διαχωρισμός της σε παραδοσιακή και σύγχρονη βιομάζα.

Η παραδοσιακή βιομάζα: Οι πόροι της παραδοσιακής βιομάζας είναι τα καυσόξυλα, το κάρβουνο, η ήρα του ρυζιού, φυτικά υπολείμματα και η κοπριά των ζώων. Η χρήση της περιορίζεται στις αναπτυσσόμενες χώρες και έχει μικρής κλίμακας εφαρμογές. Χρησιμοποιείται ευρέως στη χώρα μας κυρίως για οικιακή χρήση (θέρμανση και μαγείρεμα).

Η σύγχρονη βιομάζα: Εδώ ανήκουν τα ξερά κλαδιά των δασικών εκτάσεων, γεωργικά υπολείμματα, τα οικιακά απόβλητα, τα βιοαέρια και τα βιοκαύσιμα που προέρχονται από ενεργειακές καλλιέργειες. Έχει εφαρμογή μεγάλης κλίμακας και η χρήση της στοχεύει στην υποκατάσταση των συμβατικών πηγών ενέργειας (Τσαγγάρης, 2013).

Άλλον ένα τρόπο κατηγοριοποίησης της βιομάζας αποτελεί η διαφοροποίησή της σε υπολειμματικές μορφές και σε ενεργειακές καλλιέργειες.

Οι υπολειμματικές μορφές βιομάζας: Περιλαμβάνουν κάθε είδους φυτά υπολείμματα, ζωικά απόβλητα και απορρίμματα. Διακρίνονται σε τρεις κύριες κατηγορίες: Τα υπολείμματα του παραμένουν στον αγρό μετά τη συγκομιδή του κύριου προϊόντος, τα υπολείμματα γεωργικών και δασικών βιομηχανιών και τα βιομηχανικά απορρίμματα και αστικά απόβλητα.

Ενεργειακές καλλιέργειες: Περιλαμβάνουν καλλιεργούμενα ή αυτοφυή φυτά με σκοπό την εκμετάλλευση της βιομάζας τους που αποτελεί και το κύριο προϊόν τους (ΚΑΠΕ).

3. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ

3.1 Ιστορία της βιομάζας

Αν και η χρήση ορυκτών κατέχει κυρίαρχο ρόλο στην παραγωγή ενέργειας, εντούτοις η χρήση της βιομάζας δεν αποτελεί κάτι καινούργιο. Η βιομάζα αποτελεί την πρώτη πηγή ενέργειας που χρησιμοποιήθηκε ποτέ από τον άνθρωπο. Η βιομάζα χρησιμοποιήθηκε από τους πρώτους ανθρώπους ως καύσιμη ύλη. Η θερμότητα που απελευθερωνόταν με την καύση της βιομάζας, κάλυπτε ανάγκες όπως: η θέρμανση, η προφύλαξη από τα άγρια ζώα και το μαγείρεμα. Επιπλέον, το παραγόμενο φως, βοηθούσε τους ανθρώπους να δουν, κυρίως τις βραδινές ώρες. Με την πάροδο των χρόνων και την εξέλιξη του ανθρώπου, η χρήση της βιομάζας συνεχίστηκε. Ιστορικά δεδομένα δείχνουν πως ο άνθρωπος χρησιμοποίησε τη βιομάζα για την κατασκευή αγγείων, εργαλείων αλλά και όπλων, λιώνοντας υλικά όπως μέταλλα και ψήνοντας υλικά όπως ο πηλός. Ακόμα και στις μέρες μας, η βιομάζα αποτελεί κύρια πηγή ενέργειας σε φτωχότερους πληθυσμούς αναπτυσσόμενων χωρών. Ενδεικτικά αναφέρεται πως πληθυσμοί της Ινδίας, της Αφρικής και της Λατινικής Αμερικής χρησιμοποιούν άχυρα, καρπούς, κοπριά και άλλα φυτικά και ζωικά υπολείμματα για να ζεσταθούν, να μαγειρέψουν και να έχουν φως.

Ένα μεγάλο χρονικό διάστημα μεσολάβησε, μέχρι ο άνθρωπος να αρχίσει να εκμεταλλεύεται και άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως ο άνεμος και το νερό.

Όσον αφορά το θεσμικό πλαίσιο, η βιομάζα έχει αναγνωριστεί ως μια από τις πιο σημαντικές ΑΠΕ. Η σημασία της είναι απόρροια των πολλαπλών πλεονεκτημάτων της παραγωγής και αξιοποίησής της για ενέργεια. Η σημασία αυτή φαίνεται στα επίσημα ευρωπαϊκά έγγραφα ενεργειακής πολιτικής:

Λευκή Βίβλος, COM (1997) 599

Πράσινη Βίβλος, COM (2000) 769

Οδηγία για ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ, 2001/77/EC

Συμφωνία για το Πρωτόκολλο του Κιότο (UNFCCC Kyoto Protocol)

Οδηγία για τα Βιοκαύσιμα, 2003/30/EC

Οδηγία για τις εκπομπές αέριων ρύπων του θερμοκηπίου, 2003/87/EC

Οδηγία για την ενίσχυση των επενδύσεων συμπαραγωγής από ΑΠΕ, 2004/8/EC

Έκθεση για τη διείσδυση των ΑΠΕ στην ΕΕ, COM (2004) 366

Σχέδιο Δράσης για τη Βιομάζα (Biomass Action Plan)

(ΚΑΠΕ)

3.2 Προοπτικές

Τα αποθέματα των συμβατικών πηγών ενέργειας οδεύουν προς την εξάντλησή τους. Παράλληλα τα πυρηνικά καύσιμα βρίσκονται σε περιορισμένες ποσότητες ενώ η χρήση τους εγκυμονεί τεράστιους κινδύνους. Σύμφωνα με τις προβλέψεις των επιστημόνων, η αναμενόμενη αύξηση του πληθυσμού της γης στα επόμενα χρόνια σε συνδυασμό με την εξάντληση των ενεργειακών πόρων εντείνει την ανάγκη για αξιοποίηση της βιομάζας.

Κύριο μέλημα της Ε.Ε. σχετικά με την εξόρυξη και καύση των ορυκτών καυσίμων αποτελεί, εκτός από την συστηματική χρήση ΑΠΕ, είναι ο έλεγχος των εκπομπών CO₂.

Οι ΑΠΕ δεν παρουσιάζουν κίνδυνο εξάντλησης ενώ ταυτόχρονα είναι φιλικές προς το περιβάλλον, γι' αυτό και σήμερα φαντάζουν η μόνη ελπίδα για το μέλλον, το οποίο προβλέπεται ζοφερό τόσο σε ενεργειακή όσο και σε περιβαλλοντική διάσταση.

Σε παγκόσμιο επίπεδο, η βιομάζα χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο για παραγωγή θερμότητας. Το δυναμικό παραγωγής ενέργειας από βιομάζα εκτιμάται πως είναι πολύ μεγάλο. Χαρακτηριστικά αναφέρεται πως η βιομάζα, σε παγκόσμιο επίπεδο, θα μπορούσε να αποδώσει το 9% της παγκόσμιας πρωτογενούς ενέργειας και το 24% των ενεργειακών αναγκών μέχρι το 2020.

Η αξιοποίησή της σε συνδυαστικά συστήματα συμπαραγωγής θερμότητας και ενέργειας αποτελεί την πλέον αποδοτική λύση (ΚΑΠΕ).

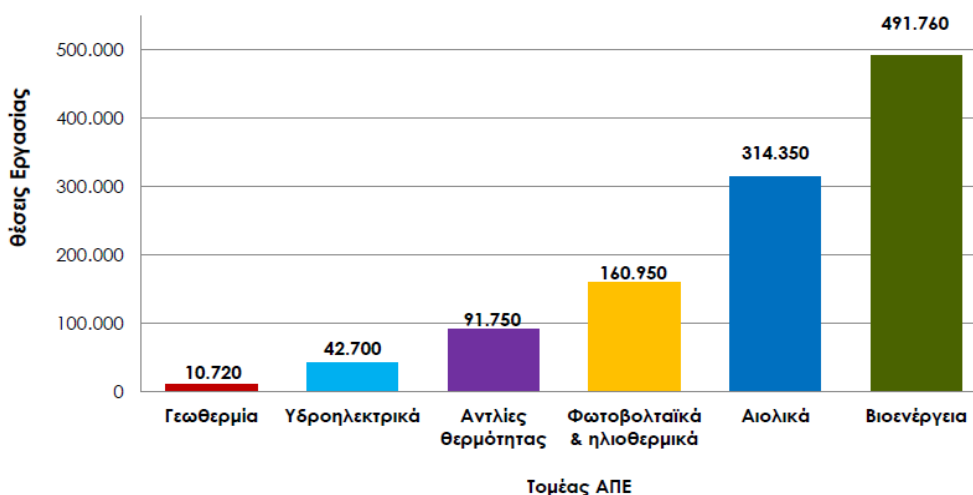
4. ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

4.1 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα

Ως ΑΠΕ, η βιομάζα είναι ανεξάντλητη και οι πηγές από τις οποίες προέρχεται βρίσκονται σε αφθονία. Το γεγονός αυτό αποτελεί και το κυριότερο πλεονέκτημά της. Επιπλέον, σημαντικό πλεονέκτημα έναντι των υπόλοιπων πηγών ενέργειας, αποτελούν τα μηδενικά επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα. Προκειμένου η βιομάζα να αναπτυχθεί, δεσμεύεται νερό και διοξείδιο του άνθρακα. Κατά την καύση της όμως τα ποσά που δεσμεύονται απελευθερώνονται και αποδίδονται στην ατμόσφαιρα, διατηρώντας μια ισορροπία. Έτσι, η χρήση της δεν επιφέρει καμία επιβάρυνση στο περιβάλλον, όπως συμβαίνει στην περίπτωση του πετρελαίου.

Επιπλέον πλεονέκτημα, που σχετίζεται με το περιβάλλον και την προστασία του, αποτελεί η επίλυση του προβλήματος των απορριμμάτων. Η εκμετάλλευση των απορριμμάτων για παραγωγή ενέργειας (βιοαερίου) εφαρμόζεται συστηματικά σε πολλές Ευρωπαϊκές πόλεις.

Ένα ακόμα πλεονέκτημα της βιομάζας αποτελεί η έμμεση συμβολή της για την ενίσχυση της οικονομίας. Η ολοένα και μεγαλύτερη χρήση της, οδηγεί στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας ενώ παράλληλα ενισχύει την οικονομία κυρίων αγροτικών περιοχών με την ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών (Εικόνα 7).



Εικόνα 7. Οι θέσεις εργασίας των ΑΠΕ στην ΕΕ. (Γερασίμου, 2017)

Πιο αναλυτικά παρουσιάζονται παρακάτω τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης της βιομάζας.

Πλεονεκτήματα:

Αποτροπή του φαινομένου του θερμοκηπίου: Οι παραγόμενες ποσότητες CO₂ που προκύπτουν κατά την καύση της βιομάζας, δεσμεύονται εκ νέου μέσω της φωτοσύνθεσης. Ως εκ τούτου η βιομάζα και η χρήση της για την παραγωγή ενέργειας δε συνεισφέρουν στην παραγωγή CO₂.

Η ατμόσφαιρα δεν επιβαρύνεται με SO₂: Η βιομάζα είναι ελεύθερη θείου. Ως εκ τούτου η χρήση της δεν συντελεί στην αύξηση των ποσοτήτων SO₂ που απελευθερώνονται και επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα.

Η ανάγκη για εισαγωγές καυσίμων μειώνεται: Η εκμετάλλευση φυτικών και ζωικών υπολειμμάτων για την παραγωγή ενέργειας, μειώνει την εξάρτηση από τα εισαγόμενα καύσιμα. Το γεγονός αυτό έχει άμεση συνέπεια και στην οικονομία της κάθε χώρας. Με άλλα λόγια, η μείωση των εισαγόμενων καυσίμων, συμβάλλει στην εξοικονόμηση του συναλλάγματος.

Η δημιουργία θέσεων εργασίας: Με τη συστηματική εφαρμογή της βιοενέργειας, ουσιαστικά η αξιοποίηση της βιομάζας καθίσταται σημαντική και αναγκαία. Έτσι, νέες θέσεις εργασίας δημιουργούνται (π.χ. σε βιομηχανίες αξιοποίηση ενεργειακών πόρων). Ταυτόχρονα οι αγροτικές κοινωνίες ενισχύονται και ο πληθυσμός τους διατηρείται. Το γεγονός απορεί ακόμα έναν τρόπο ενίσχυσης της οικονομίας.

Παρά τα τόσα πλεονεκτήματα που συνοδεύουν τη χρήση της βιομάζας, δε θα μπορούσε να απουσιάζουν και ορισμένα μειονεκτήματα. Η δυσκολία που χαρακτηρίζει την εκμετάλλευσή της αποτελεί και το σημαντικότερο εξ' αυτών.

Μειονεκτήματα:

Το υψηλό κόστος αξιοποίησης της βιομάζας: Προκειμένου η βιομάζα να αξιοποιηθεί σε μεγάλη κλίμακα για την παραγωγή βιοενέργειας, δαπανηρές εγκαταστάσεις απαιτούνται να δημιουργηθούν. Επιπλέον, απαραίτητος είναι και ο κατάλληλος εξοπλισμός που συμβάλλει στην αύξηση του κόστους αξιοποίησής της.

Ο μεγάλος όγκος και η υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία: Ο αυξημένος όγκος αλλά και η αυξημένη περιεκτικότητα της βιομάζας σε υγρασία (ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας), δυσκολεύουν την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα.

Η δυσκολία συλλογής, μεταφοράς και αποθήκευσης: Οι εγκαταστάσεις και ο εξοπλισμός που απαιτούνται για την παραγωγή και αποθήκευση της βιομάζας παρουσιάζει υψηλότερο κόστος σε σχέση με το αντίστοιχο των συμβατικών μορφών ενέργειας.

Η μεγάλη διασπορά (χωρική και εποχιακή): Η μεγάλη διασπορά που παρουσιάζει η βιομάζα, τόσο ως προς το χώρο όσο και ως προς την εποχή που εντοπίζεται η παραγωγή των ενεργειακών πόρων, δυσκολεύει τη συνεχή τροφοδοσία των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης με πρώτες ύλες.

Η συνεργασία συστημάτων διαφορετικού τύπου: Για την παραγωγή βιοενέργειας απαιτούνται δύο ειδών συστήματα. Από τη μία, ένα σύστημα τροφοδοσίας που παράγει, συλλέγει και παραδίδει τα καύσιμα, είναι απαραίτητο. Από την άλλη, απαιτείται και ένα σύστημα-σταθμός, όπου η βιοενέργεια παράγεται και διατίθεται.

4.2 Χρήση της βιομάζας

Η παραδοσιακή χρήση της βιομάζας αφορά την καύση του ξύλου και του άνθρακα καθώς και την αξιοποίηση των αγροτικών υπολειμμάτων για εξυπηρέτηση αναγκών όπως το μαγείρεμα και η θέρμανση σε οικιακό επίπεδο.

Ωστόσο σημαντική είναι σήμερα η παρουσία της βιοενέργειας. Η βιοενέργεια αποτελεί μια ενιαία πηγή ΑΠΕ και παρέχει το 10% της τροφοδοσίας πρωτογενούς ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο.

Σε γενικές γραμμές η βιομάζα παραμένει ανεκμετάλλευτη. Κατά μέσο όρο σε όλο τον πλανήτη εκτιμάται πως μόνο το 14% της διαθέσιμης βιομάζας αξιοποιείται. Οι Βραζιλία, οι ΗΠΑ, η Κίνα και η Αυστρία αποτελούν τις πρωτοπόρες χώρες στην αξιοποίηση της βιομάζας.

Η χρήση της βιομάζας στην ΕΕ κατέχει την πρώτη θέση σε σχέση με τις υπόλοιπες ΑΠΕ και το ποσοστό χρήσης της ξεπερνά το 50%. Στην Ευρώπη, η Αυστρία, η Γερμανία και η Ιταλία είναι οι χώρες που κρατούν τη σκυτάλη στην αξιοποίηση της βιομάζας. Αξιόλογη είναι και η δραστηριότητα των Σκανδιναβικών χωρών, ιδίως της Σουηδίας, η οποία επικεντρώνεται κυρίως στον τομέα των μεταφορών. Ενδεικτικά αναφέρεται πως η πόλη Vaxjo της Σουηδίας με πληθυσμό 66.000 κατοίκους, κατορθώνει να καλύπτει τις ανάγκες της για θερμότητα και ηλεκτρισμό από μονάδα συμπαραγωγής θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας, με πρώτη ύλη δασικά υπολείμματα (www.energy-cities.eu).

Στην χώρα μας δυστυχώς η συνολική εκμετάλλευση της βιομάζας αγγίζει μόνο το 3% και κατέχει την τελευταία θέση ανάμεσα στις ΑΠΕ. Ωστόσο το μέλλον της διαγράφεται αισιόδοξο καθώς οι μεγάλες ποσότητες ανεκμετάλλευτης βιομάζας αν αξιοποιηθούν υπόσχονται οικονομικά οφέλη. Τα τελευταία χρόνια η ανάγκη των Ελλήνων για απεξάρτηση από το πετρέλαιο θέρμανσης, έχει οδηγήσει στην αύξηση της χρήσης των pellets, κάτι που ίσως σηματοδοτεί την αρχή για τη συστηματική αξιοποίηση της βιομάζας και στη χώρα μας.

5. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ

5.1 Πόροι της βιομάζας

Οι πόροι της βιομάζας καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα υλικών.

Οι πόροι της βιομάζας μπορούν να διακριθούν σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες, κάθε μία από τις οποίες παρουσιάζεται παρακάτω. Οι κατηγορίες αυτές είναι τα υπολείμματα ξύλου, τα γεωργικά υπολείμματα, οι ενεργειακές καλλιέργειες και τα απόβλητα (Εικόνα 8).



Εικόνα 8. Πηγές βιομάζας. (ΚΑΠΕ)

Υπολείμματα ξύλου: Το ξύλο αποτελεί το πιο σύνηθες καύσιμο. Με άλλα λόγια είναι η συνηθέστερη πρώτη ύλη για την παραγωγή βιομάζας. Χαρακτηριστικά αναφέρεται πως οι

διαθέσιμες ποσότητες υπολειμμάτων ξύλου στις ΗΠΑ ανέρχονται σε 40 εκ. τόνους ξηράς ουσίας, τα οποία έχουν τη δυνατότητα παραγωγής 7500MW βιοισχύος (Κατσίρη, 2011).

Στα υπολείμματα ξύλου, συγκαταλέγονται:

Πριονίδι και λοιπά αστικά υπολείμματα: Τα ξύλινα υπολείμματα από τις βιομηχανίες ξύλου, χαρτιού, πολτού αλλά από τα; ξυλουργεία, είναι αρκετά καθαρά και χαρακτηρίζονται από χαμηλή περιεκτικότητα υγρασίας, που δεν ξεπερνά το 5%. Τα χαρακτηριστικά αυτά επιτρέπουν την εκμετάλλευσή τους και τη χρήση τους σε πολλά συστήματα καύσης. Ακόμα, δεν είναι λίγες οι φορές, που τα υπολείμματα αυτά χρησιμοποιούνται από τις ίδιες τις βιομηχανίες από τις οποίες παράγονται, για την κάλυψη των δικών τους ενεργειακών αναγκών. Επιπλέον τα ξύλινα προϊόντα που δεν χρησιμοποιούνται σε πολλές αποθήκες αλλά αι οικοδομές, προωθούνται σε ειδικές μονάδες ανάκτησης, όπου διαχωρίζεται το καθαρό ξύλο, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας.

Δασικά υπολείμματα: Τα μη χρησιμοποιούμενα υπολείμματα υλοτομίας, τα μη εμπορεύσιμα δένδρα αλλά και τα νεκρά ξύλα που κόβονται στα πλαίσια προστασίας των δασών, αποτελούν σημαντικές πρώτες ύλες για την παραγωγή ενέργειας από βιομάζα. Ωστόσο, η μεγάλη χωρική διασπορά τους, αποτελεί μέχρι στιγμής παράγοντα που δυσκολεύει την αξιοποίησή τους και αυξάνει το κόστος της. Σε αυτή την κατηγορία βέβαια ανήκουν και τα κλαδέματα δρόμων, δημόσιων χώρων και κήπων. Όμως, τα φυτικά αυτά υπολείμματα χρησιμοποιούνται σπάνια καθώς τις περισσότερες φορές καταλήγουν σε κάποια χωματερή. Σπάνια χρησιμοποιούνται για την παραγωγή λιπασμάτων (compost) σε πολύ μικρή κλίμακα.

Γεωργικά υπολείμματα: Είναι γεγονός πως οι ποσότητες των υπολειμμάτων συγκομιδής που παράγονται ετησίως και μένουν ανεκμετάλλευτες είναι μεγάλες. Σε αυτές τις ποσότητες ανήκουν τα κλαδέματα από οπωρώνες, τα άχυρα από τις καλλιέργειες σιτηρών, τα στελέχη καλαμποκιού, η βγάσση και τέλος ο φλοιός του ρυζιού. Δυστυχώς, το μεγαλύτερο ποσοστό των υπολειμμάτων αυτών δεν αξιοποιείται για παραγωγή ενέργειας, αλλά αντίθετα καταλήγει στο έδαφος και είτε προορίζεται για βοσκή ζώων είτε αφήνεται να αποσυντεθεί. Τα συγκεκριμένα υπολείμματα είναι πολλά υποσχόμενα για την παραγωγή βιοενέργειας, καθώς είναι κατάλληλα για μετατροπή σε υγρά καύσιμα. Επιπλέον μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την θερμοχημική παραγωγή ενέργειας. Έτσι είναι απαραίτητη η ανάπτυξη εγκαταστάσεων και υποδομών για την αξιοποίησή τους.

Βγάσση: Η βγάσση αποτελεί παραπροϊόν του ζαχαροκάλαμου, που προκύπτει μετά το θρυμματισμό για την εκχύμωσή του. Χρησιμοποιείται ήδη σε σημαντικό ποσοστό από τη βιομηχανία ζάχαρης, για τη συμπαραγωγή ατμού και ηλεκτρισμού. Χαρακτηριστικά αναφέρεται πως σε ορισμένες χώρες των ΗΠΑ, η βγάσση χρησιμοποιείται για αύξηση της παραγωγής ηλεκτρισμού. Ακόμα, αποτελεί σημαντική πηγή ενέργειας σε χώρες όπως η Ινδία, η Ταϊλάνδη κ.α.

Φλοιός ρυζιού: Η καλλιέργεια ρυζιού αποτελεί τη δεύτερη πιο κοινή καλλιέργεια στον κόσμο, μετά το σιτάρι. Τόσο οι παραγόμενες ποσότητες ρυζιού όσο και οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις με ρύζι, καταλαμβάνουν πολύ σημαντικό ποσοστό στην

παγκόσμια παραγωγή και καλλιέργεια. Αξίζει να σημειωθεί πως το ρύζι, πέρα από τη σημασία του για την ανθρώπινη διατροφή, ξεχωρίζει και λόγω της δυνατότητας αξιοποίησής του για την παραγωγή ενέργειας. Είναι γνωστό πως το ρύζι αποτελεί την κύρια τροφή για πάνω από το μισό πληθυσμό του πλανήτη. Ωστόσο, το 20% του ρυζιού είναι φλοιός. Με άλλα λόγια, είναι το κύριο κατάλοιπο της επεξεργασίας του φυτού του ρυζιού. Ο φλοιός αυτός αποτελεί σημαντική πρώτη ύλη στην παραγωγή ενέργειας και θα μπορούσε επιτυχώς να αξιοποιηθεί σε χώρες όπως η Κίνα και η Ταϊλάνδη, όπου οι φυτείες του είναι πολυάριθμες.

Ενεργειακές καλλιέργειες: Στις καλλιέργειες αυτές περιλαμβάνονται θάμνοι, δέντρα αλλά και πόες. Η ιτιά, ο ευκάλυπτος και το καλάμι αποτελούν μερικούς από τους πιο χαρακτηριστικούς εκπροσώπους των καλλιεργειών αυτών. Οι καλλιέργειες αυτές χαρακτηρίζονται από εύκολη συγκομιδή και γρήγορη ανάπτυξη, και καλλιεργούνται ειδικά για την αξιοποίησή τους στην παραγωγή βιοκαυσίμων.

Απόβλητα: Σημαντική πηγή πρώτων υλών που μπορούν να αξιοποιηθούν για την παραγωγή βιοενέργειας αποτελούν και τα απόβλητα. Σε αυτά συγκαταλέγονται τα υπολείμματα της βιομηχανίας τροφίμων (π.χ. υπολείμματα φρούτων και λαχανικών, πολτός και ίνες από την εξαγωγή ζάχαρης και αμύλου, υγρά απόβλητα από το πλύσιμο κρέατος και λαχανικών κ.α.). Τα περισσότερα από αυτά τα απόβλητα είναι κατάλληλα για την παραγωγή βιοαερίου μέσα από αναερόβια ζύμωση προς παραγωγή αλκοόλης. Επιπλέον η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει τα αστικά απόβλητα (χαρτί, πλαστικό κ.α.) τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή ενέργειας μέσω άμεσης καύσης ή να αξιοποιηθούν σε μηχανές εσωτερικής καύσης για παραγωγή βιοαερίου. Τέλος στα απόβλητα ανήκουν και τα ζωικά απόβλητα (π.χ. κοπριά ζώων) τα οποία μπορούν να εκμεταλλευτούν για την παραγωγή βιοαερίου μέσω αναερόβιας χώνευσης, αλλά και τα αστικά λύματα.

Στην Ελλάδα η διαθέσιμη βιομάζα απαρτίζεται κυρίως από υπολείμματα γεωργικών καλλιεργειών. Ακολουθούν τα δασικά υπολείμματα υλοτομίας και τέλος οι ενεργειακές καλλιέργειες για στερεά ή υγρά βιοκαύσιμα. Τέλος, ένα πολύ μικρό ποσοστό αποτελεί το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των αστικών απορριμμάτων (**Πίνακας 1**).

Πίνακας 1. Άμεσα διαθέσιμοι πόροι βιομάζας στην Ελλάδα. (Κατσίρη, 2011)

ΑΜΕΣΑ ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ ΒΙΟΜΑΖΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	
Υπολείμματα γεωργικών καλλιεργειών (7.500.000 tones/year)	-Εκκοκιστήρια βάμβακος -Κλαδέματα -Στελέχη καλαμποκιού -Άχυρο -Πυρήνες φρούτων -Ρυζοφλοιός -Πυρηνόξυλο
Δασικά υπολείμματα υλοτομίας (2.700.000 tones/year)	-Θρυμματισμένο ξύλο δασικής προέλευσης -Υπολείμματα διαχείρισης δασικών οικοσυστημάτων
Ενεργειακές καλλιέργειες	-Ηλίανθος -Ελαιοκράμβη -Σόργο -Κενάφ -Καλάμι -Ευκάλυπτος
Βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα αστικών απορριμμάτων	-Ζυμώσιμα -Χαρτί

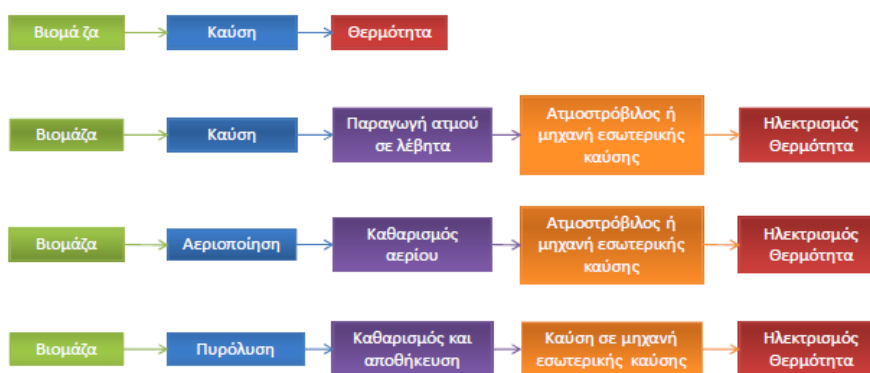
5.2 Μετατροπή βιομάζας σε ενέργεια

Η βιομάζα μπορεί να αξιοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας είτε με απευθείας καύση, είτε με μετατροπή σε στερεά, υγρά ή αέρια καύσιμα, μέσα από θερμοχημικές, βιοχημικές ή μηχανικές διεργασίες. Ουσιαστικά τα δυο κύρια προϊόντα των διεργασιών αυτών είναι η ενέργεια με μορφή ηλεκτρισμού ή/και θερμότητας και τα καύσιμα .

5.2.1 Θερμοχημικές διεργασίες

Οι θερμοχημικές διεργασίες χρησιμοποιούνται για είδη βιομάζας που χαρακτηρίζονται από σχέση C/N > 30 και η υγρασία τους είναι μικρότερη του 50% (Εικόνα 9), (Κορωνάιος, 2012). Σε αυτές τις διεργασίες ανήκουν η απευθείας καύση, η αεριοποίηση, πυρόλυση, και η υδρογονοδιάσπαση (Εικόνα 10). Με τις θερμοχημικές διεργασίες ουσιαστικά η βιομάζα υφίσταται επεξεργασία σε υψηλές θερμοκρασίες κάτω από οξειδωτικές ή αδρανείς συνθήκες.

Θερμοχημικές τεχνολογίες μετατροπής βιομάζας



Εικόνα 9. Θερμοχημικές τεχνολογίες μετατροπής βιομάζας. (Κατσίρη, 2011)

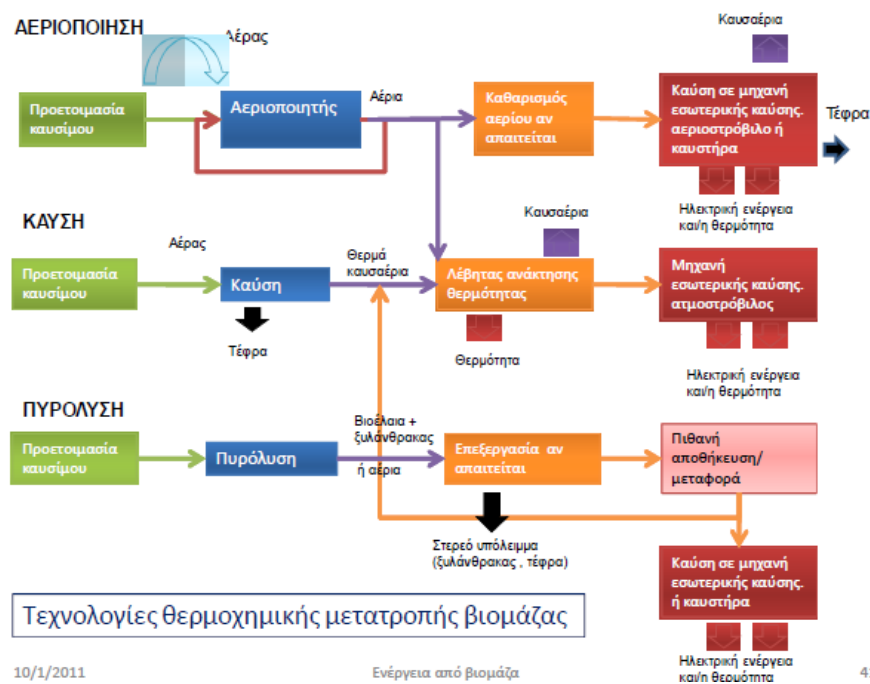
Απευθείας καύση: Η καύση της βιομάζας αποτέλεσε παραδοσιακή μέθοδο παραγωγής ενέργειας. Πραγματοποιείται σε ένα περιβάλλον πλούσιο σε οξυγόνο, με τη βοήθεια ενός κύκλου ατμού, όπως οι λέβητες. Η καύση της βιομάζας επιτρέπει την αξιοποίηση της δεσμευμένης χημικής ενέργειας, σε ύλες όπως τα καυσόξυλα, τα γεωργικά υπολείμματα, τα υπολείμματα υλοτομίας και τα αστικά στερεά απόβλητα. Οι ύλες αυτές βρίσκονται στη φύση σε αφθονία, είναι φθηνές και είναι ιδανικές για καύση αφού διαθέτουν χαμηλή περιεκτικότητα σε νερό. Σήμερα είναι πλέον διαθέσιμα αρκετά διαφορετικά συστήματα καύσης για παραγωγή ενέργειας σε μεγάλη ή μικρή κλίμακα (Yin *et al.*, 2008).

Αεριοποίηση: Η αεριοποίηση αποτελεί μια ενδόθερμη διεργασία μέσω της οποίας η στερεή βιομάζα μετατρέπεται σε αέρια καύσιμα, τα οποία ονομάζονται αέριο σύνθεσης (syngas) (Damartzis *et al.*, 2011 ; Quaak *et al.*, 1999). Η διεργασία της αεριοποίησης μπορεί να πραγματοποιηθεί με την παρουσία αέρα ή καθαρού οξυγόνου. Η πρώτη περίπτωση είναι πιο οικονομική όμως η δεύτερη πιο αποδοτική αφού η θερμογόνο δύναμη του παραγόμενου αερίου μπορεί μέχρι να τριπλασιαστεί. Το παραγόμενο αέριο είναι κατάλληλο για παραγωγή θερμότητας ή ηλεκτρισμού σε καυστήρες ή ανεμοστρόβιλους. Η αεριοποίηση αποτελεί μια σύνθετη διεργασία που περιλαμβάνει τα εξής στάδια: αποσύνθεση της οργανικής βιομάζας σε μη συμπυκνώσιμο αέριο, υδρατμούς, πίσσα, θερμική διάσπαση των ατμών σε αέριο σύνθεσης και πίσσα, αεριοποίηση της πίσσας και μερική οξείδωση του αερίου, των ατμών, της πίσσας.

Το είδος της βιομάζας κατέχει πρωταγωνιστικό ρόλο στην αεριοποίηση. Αξίζει να σημειωθεί ότι το παραγόμενο αέριο δεν χρησιμοποιείται απευθείας αλλά έπειτα από μια προεπεξεργασία για την μείωση των προσμίξεων που περιέχει. Λόγω της πολυπλοκότητάς της η αεριοποίηση βρίσκει και λιγότερες εμπορικές εφαρμογές, πλεονεκτεί όμως λόγω της αυξημένης ενεργειακής της απόδοσης.

Πυρόλυση: Κατά τη διεργασία της πυρόλυσης η βιομάζας θερμαίνεται σε υψηλές θερμοκρασίες απουσία αέρα και παράγονται ατμοί οργανικών ενώσεων, μη συμπυκνώσιμα αέρια και ρευστή πίσσα. Ακολουθεί συμπύκνωση των ατμών που οδηγεί σε παραγωγή βιοελαίου ή ελαίου πυρόλυσης. Το έλαιο πυρόλυσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας, καυσίμων ή χημικών προϊόντων. Διαφορετικά είδη βιομάζας μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη διεργασία της πυρόλυσης. Για την επιτυχή μετατροπή της βιομάζας είναι απαραίτητος ο τεμαχισμός της σε μικρά κομμάτια και η ξήρανσή της για τη μείωση της υγρασίας σε επίπεδα κάτω του 10%.

Υδρογονοδιάσπαση: Είναι μια διαδικασία μετατροπής της βιομάζας σε υγρή φάση η οποία πραγματοποιείται σε χαμηλές θερμοκρασίες και υψηλή πίεση. Ουσιαστικά η βιομάζα διασπάται σε ελεύθερες ρίζες παρουσία υδρογόνου, οι οποίες στη συνέχεια πολυμερίζονται σε οργανικές ενώσεις μεγαλύτερου μοριακού βάρους.

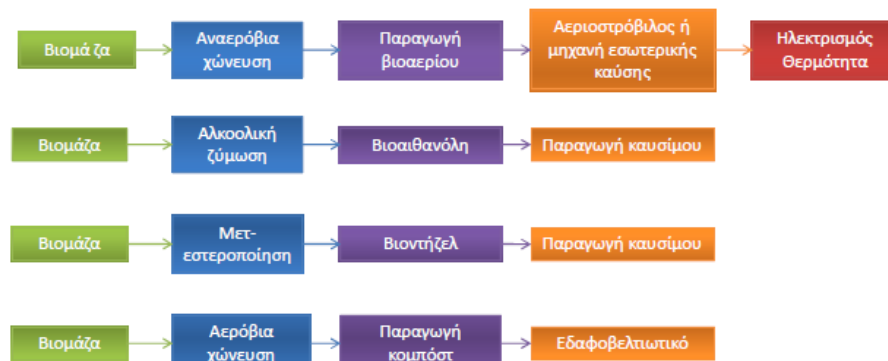


Εικόνα 10. Τεχνολογίες θερμοχημικής μετατροπής βιομάζας. (Κατσιρή, 2011)

5.2.2 Βιοχημικές διεργασίες

Οι βιοχημικές διεργασίες είναι αποτέλεσμα μικροβιακής δραστηριότητας και χρησιμοποιούνται για είδη βιομάζας που χαρακτηρίζονται από σχέση C/N < 30 και η υγρασία τους είναι μεγαλύτερη του 50% (Κορωνάιος, 2012). Με άλλα λόγια οι βιοχημικές διεργασίες αφορούν κυρίως προϊόντα και υπολείμματα λαχανικών και κτηνοτροφικά απόβλητα και σε αυτές περιλαμβάνονται η αερόβια ζύμωση, η αναερόβια ζύμωση και η αλκοολική ζύμωση (Εικόνα 11).

Βιοχημικές τεχνολογίες μετατροπής βιομάζας



Εικόνα 11. Βιοχημικές τεχνολογίες μετατροπής βιομάζας. (Κατσίρη, 2011)

Αερόβια ζύμωση: Η αερόβια ζύμωση (ή κομποστοποίηση) είναι η ελεγχόμενη βιοξείδωση ετερογενών οργανικών υλικών με τη βοήθεια ετερότροφων μικροοργανισμών που βιοαποδομούν τα οργανικά συστατικά παρουσία οξυγόνου. Το προϊόν της διεργασίας αυτής είναι το compost που χαρακτηρίζεται από αυξημένη περιεκτικότητα σε σταθεροποιημένη οργανική ουσία και χούμο. Ανάλογα με την ποιότητά του μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό, ως βιοφίλτρο και ως ηχομονωτικό υλικό. Τα συστήματα της κομποστοποίησης διακρίνονται σε ανοιχτά, κλειστά και μικτά.

Αναερόβια ζύμωση: Πραγματοποιείται από μια ομάδα ή κοινότητες βακτηρίων που μετατρέπουν την οργανική ουσία σε αέριο και ανόργανα συστατικά. Περιλαμβάνει τη μικροβιακή αποδόμηση σύνθετων οργανικών μορίων προς απλούστερα μόρια και διακρίνεται σε τρεις φάσεις: τη φάση της υδρόλυσης, την όξινη φάση και τη φάση μεθανοποίησης. Όταν η οργανική ουσία αποσυντίθεται σε αναερόβιες συνθήκες παράγεται από τα βακτήρια ένα μίγμα αερίου μεθανίου και CO₂, που είναι γνωστό ως βιοαέριο.

Αλκοολική ζύμωση: Αποτελεί μια διεργασία που εφαρμόζεται σε εμπορική κλίμακα για την παραγωγή βιοαιθανόλης. Ως πρώτες ύλες χρησιμοποιούνται κυρίως σακχαρούχα και αμυλούχα φυτά όπως τα ζαχαρότευτλα, τα σιτηρά κλπ. Ουσιαστικά η βιομάζα αλέθεται και το άμυλο μετατρέπεται, με τη δράση ενζύμων, σε σάκχαρα και στη συνέχεια σε αλκοόλη. Η παραγόμενη βιοαιθανόλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο κυρίως για μεταφορές. Συνοπτικά τα στάδια που ακολουθούνται για την παραγωγή βιοαιθανόλης είναι η προετοιμασία των πρώτων υλών, η φυσική τους προεργασία, η σακχαροποίηση, η χημική επεξεργασία, η ζύμωση, η απόσταξη, η αφυδάτωση και τέλος η ξήρανση των παραπροϊόντων.

5.2.3 Μηχανικές διεργασίες

Οι μηχανικές ή φυσικοχημικές διεργασίες αφορούν διεργασίες επεξεργασίας και μετατροπής βιομάζας σε καύσιμη ύλη, όπως η μηχανική εκχύλιση φυτικών ελαίων από ελαιούχους σπόρους. Τα παραγόμενα φυτικά έλαια μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα ως καύσιμα ή να υποστούν μια επεξεργασία που οδηγεί στην παραγωγή βιοντίζελ.

5.3 Εφαρμογές βιομάζας

Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε άμεσα (π.χ. καύση ξύλων για θέρμανση) είτε έμμεσα μέσα από τη μετατροπή της σε υγρό ή αέριο καύσιμο (π.χ. βιοαέριο από ζωικά απόβλητα).

Θέρμανση θερμοκηπίων: Σε περιοχές όπου η διαθέσιμη βιομάζα απαντάται σε μεγάλες ποσότητες, ένα τμήμα της χρησιμοποιείται ως καύσιμο σε ειδικούς λέβητες, για τη θέρμανση των θερμοκηπίων. Στη χώρα μας ήδη το 10% των θερμαινόμενων θερμοκηπίων αξιοποιούν διάφορα είδη βιομάζας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η θερμοκηπιακή μονάδα του νομού Σερρών, με έκταση 2 στρέμματα, όπου καλλιεργούνται οπωροκηπευτικά. Ένα σύστημα παραγωγής θερμότητας που χρησιμοποιεί άχυρο από σιτηρά, έχει εγκατασταθεί στη μονάδα αυτή και η λειτουργία του συμβάλει στην εξοικονόμηση έως και 40 τόνων πετρελαίου.

Τηλεθέρμανση: Η τηλεθέρμανση αποτελεί ουσιαστικά ένα σύστημα απομακρυσμένης κεντρικής θέρμανσης και θερμού νερού. Ένας κεντρικός σταθμός παραγωγής θερμότητας διοχετεύει με κατάλληλο δίκτυο αγωγών θερμότητα προς ένα σύνολο κτιρίων, έναν οικισμό ή ακόμα και ένα χωριό. Η πρώτη μονάδα τηλεθέρμανσης στην Ελλάδα βρίσκεται στο νομό Αρκαδίας και μέχρι στιγμής καλύπτει τις ανάγκες θέρμανσης 80 κατοίκων και κοινοτικών χώρων έκτασης 600 m². Η συγκεκριμένη μονάδα χρησιμοποιεί τρίμματα ξύλου ως πρώτη ύλη και η λειτουργία της εξασφαλίζει εξοικονόμηση σημαντικών ποσοτήτων συμβατικών καυσίμων ενώ παράλληλα συμβάλει στη βελτίωση του περιβάλλοντος.

Παραγωγή υγρών καυσίμων: Χρησιμοποιούνται κυρίως στον τομέα των μεταφορών. Χαρακτηριστικότερα και πιο συνηθισμένα υγρά βιοκαύσιμα είναι το βιοντίζελ, που παράγεται κυρίως από ελαιούχους σπόρους, και η βιοαιθανόλη, που παράγεται από σακχαρούχα, κυτταρινούχα και αμυλούχα φυτά.

Παραγωγή ενέργειας σε γεωργικές βιομηχανίες: Τα υπολείμματα και τα υποπροϊόντα των γεωργικών βιομηχανιών μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τις ίδιες τις βιομηχανίες για την κάλυψη των θερμικών τους αναγκών καθώς μέρος των απαιτήσεών τους σε ηλεκτρική ενέργεια. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν τα υπολείμματα του εκκοκκισμού καθώς και οι φλοιοί και τα κουκούτσια φρούτων και λαχανικών.

Παραγωγή ενέργειας σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού και ΧΥΤΑ: Το παραγόμενο βιοαέριο από την αναερόβια χώνευση των υγρών αποβλήτων σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού, και των απορριμμάτων σε ΧΥΤΑ (Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων), καίγεται σε μηχανές εσωτερικής καύσης προς παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

6. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

6.1 Οι ενεργειακές καλλιέργειες

Εκτός από την αξιοποίηση της βιομάζας από υπολείμματα (φυτικά και ζωικά), η ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών σε αγροτικά παραγωγικά συστήματα είναι εξίσου σημαντική. Πρόκειται για είδη καλλιεργούμενα ή αυτοφυή, παραδοσιακά ή νέα, τα οποία παράγουν ως κύριο προϊόν βιομάζα η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή ενέργειας (π.χ. ηλεκτρική, θερμότητα κ.α.). Οι παραδοσιακές καλλιέργειες, το τελικό προϊόν των οποίων χρησιμοποιείται για παραγωγή ενέργειας ή βιοκαυσίμων, λογίζονται επίσης ως ενεργειακές καλλιέργειες. Σημαντικές καλλιέργειες τέτοιου είδους είναι το σιτάρι, το κριθάρι, το καλαμπόκι, τα ζαχαρότευτλα και ο ηλίανθος. Τα φυτά αυτά βρίσκουν κυρίως εφαρμογή στην παταγωγή υγρών καυσίμων όπως η βιοαιθανόλη και το βιοντίζελ (ΚΑΠΕ).

Τα προϊόντα των ενεργειακών καλλιεργειών τόσο ως πρώτη ύλη για θέρμανση όσο και ως καύσιμα για την κίνηση οχημάτων. Μέσα από τις ενεργειακές καλλιέργειες και τις εφαρμογές τους ουσιαστικά δημιουργούνται νέες βιώσιμες διεξοδοί με κατεύθυνση των αγροτικό τομέα.

Οι ενεργειακές καλλιέργειες κερδίζουν συνεχώς έδαφος και τα τελευταία χρόνια έχουν αποκτήσει ιδιαίτερη σημασία για τις ανεπτυγμένες χώρες (Πίνακας 2). Μέσα από τις ενεργειακές καλλιέργειες, οι χώρες αυτές προσπαθούν να περιορίσουν τόσο τα περιβαλλοντικά και ενεργειακά τους προβλήματα όσο και το πρόβλημα των γεωργικών πλεονασμάτων. Είναι γνωστό ότι σε αρκετές χώρες της Ε.Ε. τα γεωργικά πλεονάσματα οδηγούν σε οικονομικά προβλήματα και τελικά στη μείωση των αγροτικών εκτάσεων και της αγροτικής παραγωγής.

Πίνακας 2. Κύριες χρήσεις ενεργειακών καλλιεργειών σε μεγάλες χώρες. (ΚΑΠΕ)

ΚΥΡΙΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ			
ΧΩΡΕΣ	ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ	ΠΡΟΪΟΝ	ΧΡΗΣΗ
Βραζιλία	Ζαχαροκάλαμο	Αλκοόλη	Καύσιμο μεταφοράς
ΗΠΑ	Καλαμπόκι	Αλκοόλη	Καύσιμο μεταφοράς
Γαλλία	Ζαχαρότευτλο	Αλκοόλη	Καύσιμο μεταφοράς
Σουηδία	Ιτιά	Θρυμματισμένο ξύλο	Καύση
Άλλες χώρες ΕΕ	Ελαιοκράμβη - Ηλίανθος	Βιοντίζελ	Καύσιμο μεταφοράς

6.2 Οφέλη χρήσης ενεργειακών καλλιεργειών

Η χρήση των ενεργειακών καλλιεργειών συνοδεύεται από οφέλη τόσο περιβαλλοντικά όσο και οικονομικά:

Προστασία του εδάφους από διάβρωση: Το πλούσιο ριζικό σύστημα των ενεργειακών καλλιεργειών ελαχιστοποιεί τις δυσμενείς επιπτώσεις της διάβρωσης του εδάφους και παράλληλα βελτιώνει τη δομή του.

Μείωση των λιπασμάτων: Οι ενεργειακές καλλιέργειες έχουν αισθητά χαμηλότερες απαιτήσεις λίπανσης, σε σύγκριση με τις ετήσιες καλλιέργειες που προορίζονται για τροφή.

Μείωση των φυτοφαρμάκων: Λόγω της υψηλής φυτοκάλυψης που παρουσιάζουν οι ενεργειακές καλλιέργειες, περιορίζουν την ανάπτυξη ζιζανίων στον αγρό με την εγκατάστασή τους. Επιπλέον δεν προσβάλλονται εύκολα από έντομα και ασθένειες. Ως εκ τούτου η χρήση των φυτοφαρμάκων (εντομοκτόνα, ζιζανιοκτόνα, μυκητοκτόνα) είναι σημαντικά μικρή.

Αξιοποίηση των εδαφών χαμηλής γονιμότητας: Οι ενεργειακές καλλιέργειες προσαρμόζονται εύκολα και είναι ιδιαίτερες αποδοτικές σε μεγάλο εύρος εδαφών. Αυτό επιτρέπει την εκμετάλλευση μη γόνιμων εκτάσεων και εγκαταλελειμμένων περιοχών.

Σωστή διαχείριση νερού: Πολλά από τα είδη που συνιστούν τις ενεργειακές καλλιέργειες αξιοποιούν το νερό αποδοτικά. Ορισμένες μάλιστα καλλιέργειες έχουν την ικανότητα να αξιοποιούν το νερό των χειμερινών βροχοπτώσεων και να καλύπτουν τις ανάγκες τους αποκλειστικά από αυτό.

Ενίσχυση του αγροτικού εισοδήματος: Η παρουσία των ενεργειακών καλλιεργειών στην εσωτερική αγορά θέτει την προοπτική εξασφάλισης ικανοποιητικού αγροτικού εισοδήματος σε σχέση με ορισμένες συμβατικές καλλιέργειες. Επιπλέον οδηγεί στην ενίσχυση της διαφοροποίησης των δραστηριοτήτων ανάμεσα στους γεωργούς.

Εναλλακτικές καλλιεργητικές λύσεις: Με την καλλιέργεια ενεργειακών φυτικών ειδών προσφέρονται στους αγρότες εναλλακτικές λύσεις, λαμβάνοντας υπόψη μάλιστα ότι ήδη υπάρχουν επιδοτήσεις.

Εξέλιξη της γεωργικής βιομηχανίας: Οι νέες εναλλακτικές καλλιέργειες δημιουργούν την ανάγκη για εισαγωγή νέων ποικιλιών και εφαρμογή νέων καλλιεργητικών μεθόδων και εξοπλισμού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εξέλιξη της παραδοσιακής γεωργίας και την ενδυνάμωση του γεωργικού χώρου.

6.3 Ενεργειακές καλλιέργειες στην Ελλάδα

Σημαντική είναι η εμπειρία που έχει αποκτηθεί στο πεδίο των ενεργειακών καλλιεργειών στον ελληνικό χώρο.

Οι κλιματικές συνθήκες στην Ελλάδα ευνοούν την ανάπτυξη καλλιεργειών που προσφέρονται για ενεργειακή αξιοποίηση και αποδίδουν σημαντική βιομάζα. Σημαντικότερα είδη ενεργειακών καλλιεργειών στην Ελλάδα είναι το καλάμι, η αγριαγκινάρα ο μίσχανθος κ.α. (Πίνακας 3).

Πίνακας 3. Οι ενεργειακές καλλιέργειες στην Ελλάδα και οι αποδόσεις τους. (Χρήστου, 2007)

ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	
ΦΥΤΙΚΑ ΕΙΔΗ	ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ (τόνοι ξ.ο./στρ./χρόνο)
Καλάμι	2-3
Αγριαγκινάρα	1-2
Μίσχανθος	1-3
Switchgrass	1,4-2,5
Ευκάλυπτος	<3,5
Ψευδοσακκία	0,6-1,7
Ινώδες σόργο	1-4
Κενάφ	1,5

Φαίνεται πως οι ενεργειακές καλλιέργειες αποτελούν μια λύση στα προβλήματα που αντιμετωπίζει ο Έλληνας αγρότης. Οι καλλιέργειες αυτές αποτελούν μια λύση τόσο για την παραγωγή ενέργειας και καυσίμων όσο και για την αύξηση της ανταγωνιστικότητας του αγροτικού χώρου και την προστασία του περιβάλλοντος, αν αναλογιστούμε τα πολλαπλά οφέλη της αξιοποίησης της βιομάζας αλλά και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του αγροτικού τομέα στην Ελλάδα.

Στην Ελλάδα, η χρήση της βιομάζας αφορά κυρίως την παραγωγή θερμότητας σε οικιακό επίπεδο και τη θέρμανση μικρών θερμοκηπίων και ελαιουργείων. Χρησιμοποιείται και στη βιομηχανία όμως σε μικρή κλίμακα. Ωστόσο, οι προοπτικές αξιοποίησης της βιομάζας στην Ελλάδα είναι σημαντικές. Η χώρα μας διαθέτει σημαντικό δυναμικό και η ενέργεια που μπορεί να παραχθεί, σε αρκετές περιπτώσεις είναι οικονομικά ανταγωνιστική ως προς τις συμβατικές ενεργειακές μορφές.

Η Ελλάδα παρουσιάζει σημαντική δραστηριότητα στην παραγωγή βιοκαυσίμων τα τελευταία χρόνια. Συνολικά τρεις μονάδες παραγωγής βιοντίζελ λειτουργού ήδη, ενώ άλλες έξι εξελίσσονται. Επιπλέον, οι μονάδες της ελληνικής βιομηχανίας ζάχαρης που βρίσκονται στη Λάρισα και στην Ξάνθη, έχουν ήδη επικεντρωθεί στην παραγωγή βιοαιθανόλης, από τα υποπροϊόντα της βιομηχανίας.

Σημαντική είναι βέβαια και η προσφορά των σιτηρών. Αν και η καλλιέργεια τους δεν προορίζεται αποκλειστικά για την παραγωγή βιομάζας, εντούτοις τα υποπροϊόντα της συγκομιδής και επεξεργασίας τους αποτελούν σημαντική πηγή παραγωγής ενέργειας, κυρίως βιοκαυσίμων.

7. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΡΥΖΙΟΥ

Το ρύζι αποτελεί ένα μονοκότυλο φυτό της οικογένειας Poaceae (ή Gramineae) και έχει δύο εκπροσώπους: το είδος *Oryza sativa* (όρυζα η ήμερη) και το είδος *Oryza glaberrima* (όρυζα η λειοτάτη) τα οποία προέρχονται από την Νότια Ασία και την Αφρική αντίστοιχα. Το ρύζι αποτελεί ένα από τα βασικότερα είδη της διατροφής του ανθρώπου κατέχοντας ποσοστό της τάξης του 20% των συνολικά καταναλισκόμενων τροφών παγκοσμίως. Μορφολογικά, το φυτό του ρυζιού αναπτύσσεται σε ύψος 1-1,8m και έχει φύλλα λεία και μακριά που φτάνουν τα 50-100cm μήκος και 2-2,5cm πλάτος. Ο σπόρος του είναι κοκκώδης και έχει μήκος 5-12mm. Οι καλλιέργειες ρυζιού ευδοκιμούν σε περιοχές με τροπικό και υποτροπικό κλίμα και λόγω των υψηλών απαιτήσεών τους σε νερό (~700kg νερό/kg ξηρής ουσίας), φύονται σε παράκτιες περιοχές. Οι καλλιέργειες ρυζιού καλύπτουν συνολικά το 1% της επιφάνειας της γης και κατέχουν τη δεύτερη θέση μετά το σιτάρι τόσο σε έκταση όσο και σε απόδοση-παραγωγή. Στην Ελλάδα καλλιεργούνται οι ποικιλίες japonica και indica σε ποσοστό 70% και 30% αντίστοιχα. Πιο συγκεκριμένα, στη χώρα μας, οι καλλιέργειες ρυζιού εντοπίζονται κυρίως στη Β. Ελλάδα (Πίνακας 4).

Πίνακας 4. Η καλλιέργεια ρυζιού στην Ελλάδα. (Γσουκαλά, 2012)

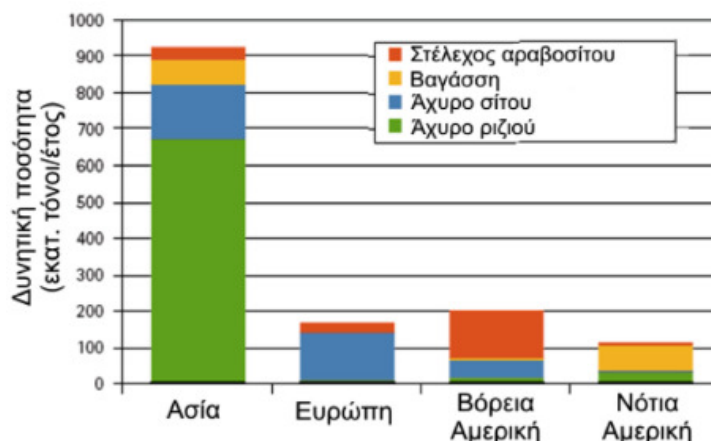
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΡΥΖΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	
ΝΟΜΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ
Θεσσαλονίκης	51%
Σερρών	16%
Καβάλας	8%
Ημαθίας	7%
Αιτωλοακαρνανίας	6%
Περίας	6%
Φθιώτιδας	5%

Κατά τη διαδικασία παραγωγής ρυζιού συλλέγονται μεγάλες ποσότητες ορυζοφλοιού, μετά την επεξεργασία του και την αποφλοιώσή του. Ο ορυζοφλοιός αποτελεί στερεό παραπροϊόν της επεξεργασίας του ρυζιού (Εικόνα 12), και ανέρχεται συνήθως σε ποσοστό 20% του ακατέργαστου ρυζιού. Αποτελείται κυρίως από λιγνίνη, κυτταρίνη και ένυδρο πυρίτιο σε ποσοστά 22%, 38% και 19% αντίστοιχα, τα οποία διαφέρουν ανάλογα με την ποικιλία, τη γεωγραφική περιοχή, το κλίμα κλπ (Youngquist et al., 1993). Ο φλοιός του ρυζιού είναι μια από τις πιο άμεσα διαθέσιμες και ταυτόχρονα λιγότερο αξιοποιήσιμες πηγές βιομάζας.



Εικόνα 12. Παραγωγική διαδικασία του ρυζιού. (Τσουκαλά, 2012)

Δυστυχώς η απουσία αποτελεσματικών τρόπων αξιοποίησης του ορυζοφλοιού σε συνδυασμό με τη μεγάλη παραγωγή του ρυζιού, επέφεραν σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις αλλά και προβλήματα διάθεσης του ορυζοφλοιού, τις τελευταίες δεκαετίες. Η σκληρή ξυλώδης φύση του ορυζοφλοιού, η χαμηλή διατροφική του αξία, το υψηλό ποσοστό τέφρας, η δύσκολη αποικοδόμησή του και ο μεγάλος του όγκος, αποτελούν χαρακτηριστικά στοιχεία που καθιστούν δύσκολη την αξιοποίησή του (Houston, 1972). Τα τελευταία χρόνια η ανάπτυξη της τεχνολογίας αλλά και η ανάγκη για εναλλακτικές πηγές ενέργειας, οδήγησαν στην αύξηση της αξιοποίησης του ορυζοφλοιού (Εικόνα 13) Συχνά πλέον ο φλοιός του ρυζιού, λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε πυρίτιο, χρησιμοποιείται ως γεωργικό λίπασμα και ως πηγή για την παραγωγή καρβιδίου και νιτριδίου του πυριτίου. Επιπλέον, χρησιμοποιείται πλέον συστηματικά ως βιομάζα, η καύση της οποίας οδηγεί στην παραγωγή ατμού, θερμότητας ή/και ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, η υψηλή περιεκτικότητα του ορυζοφλοιού σε πυρίτιο σε συνδυασμό με την κυτταρίνη προσδίδουν στον φλοιό αντίσταση στην καύση σε συνήθεις θερμοκρασίες. Ακόμα ο συνδυασμός πυριτίου με τη λιγνίνη προσδίδει στον ορυζοφλοιό αντίσταση στην υγρασία και αλλά και αντιμυκητικές ιδιότητες καθιστώντας τον κατάλληλο για μονωτικό υλικό ή υλικό που επιβραδύνει τη φωτιά (Atchison, 1976 ; Kargbo et al., 2009).



Εικόνα 13. Παγκόσμιο δυναμικό παραγωγής αγροτοβιομηχανικών παραπροϊόντων. (Christakopoulos and Topakas, 2015)

Το άχυρο του ρυζιού που αποτελεί υπόλειμμα των καλλιεργειών ρυζιού και ο ορυζοφλοιός που αποτελεί αγροτοβιομηχανικό κατάλοιπο, είναι τα δύο κύρια παραπροϊόντα της βιομηχανίας ρυζιού που χρησιμοποιούνται για παραγωγή ενέργειας με τη μορφή βιοκαυσίμων (bioenergycrops).

Τα κύρια βιοκαύσιμα που παράγονται από το ρύζι είναι αλκοόλες όπως η αιθανόλη και η βουτανόλη.

Το άχυρο του ρυζιού: Αποτελείται από τους μίσχους των φυτών ρυζιού που παραμένουν ως απόβλητα, μετά τη συγκομιδή των κόκκων ρυζιού. Αποτελεί το πιο άφθονο κατάλοιπο της βιομηχανίας ρυζιού. Τα άχυρα ουσιαστικά αποτελούνται από κυτταρικά τοιχώματα, τα οποία γενικά είναι λιγνιτοποιημένοι δομικοί υδρογονάνθρακες με μικρές ποσότητες δομικών πρωτεϊνών και μετάλλων (Antongiovanni and Sargentini, 1991).

Ο φλοιός του ρυζιού: Αποτελεί το υποπροϊόν που αφαιρείται από τους κόκκους του ρυζιού κατά τη διαδικασία της άλεσης.

Πριν τη βιοχημική διεργασία όπου το άχυρο του ρυζιού μετατρέπεται σε αλκοόλη, είναι απαραίτητη η προετοιμασία τους, μέσα από μια διαδικασία που στοχεύει στη διάσπαση της λιγνίνης και την έκθεση της κυτταρίνης και ημικυτταρίνης για να μπορέσουν να δράσουν τα αρμόδια ένζυμα (Chakma *et al.*, 2016). Η προετοιμασία αυτή και η υδρόλυση περιλαμβάνει φυσικές, χημικές, θερμικές, ενζυμικές και μικροβιακές μεθόδους καθώς και συνδυασμό αυτών (Mosier *et al.*, 2005).

Στην Ελλάδα η χρήση του ρυζιού για την παραγωγή ενέργειας έχει ήδη αρχίσει να εφαρμόζεται. Η βιομηχανία ζυμαρικών Eurimac στη μονάδα της ΒΙΠΕ Κιλκίς, πραγματοποίησε επενδύσεις ύψους 3 εκατομμυρίων ευρώ για την υποκατάσταση του μαζούτ και του φυσικού αερίου από φλοιό ρυζιού, για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της. Τα οφέλη της εν λόγω επένδυσης αναμένονται να είναι τόσο οικονομικά όσο και περιβαλλοντικά. Σύμφωνα με την Eurimac η χρήση του φλοιού ρυζιού θα συμβάλλει θετικά στο ισοζύγιο της εθνικής οικονομίας αφού περιορίζει σημαντικά τις ανάγκες για εισαγόμενα καύσιμα. Επιπλέον, οικονομικό όφελος μπορεί να αποδοθεί, λόγω της εξαγωγής της

παραγόμενης από την καύση του φλοιού τέφρας, σε χώρες όπως η Γερμανία και η Αυστρία, με σκοπό την παραγωγή τσιμέντου υψηλής αντοχής (Λιάμης, 2013).

8. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος και η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής αποτελούν αναμφίβολα μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις, την οποία τα συστήματα ενεργειακής αξιοποίησης καλούνται να αντιμετωπίσουν.

Το ενεργειακό σύστημα στις περισσότερες χώρες του πλανήτη θεωρείται πλέον ρυπογόνο, μη αποδοτικό, εξαρτημένο από πόρους τα αποθέματα των οποίων τείνουν αν εξαντληθούν και ελλειμματικό.

Η εξάρτηση της οικονομίας από τα ορυκτά καύσιμα και η υπέρογκη χρήση τους στην παραγωγή ενέργειας, αποτελεί το βασικότερο παράγοντα που συντελεί στην όξυνση του φαινομένου της υπερθέρμανσης του πλανήτη και στις συνέπειές της.

Οι παραπάνω λόγοι αιτιολογούν τη στροφή του ενδιαφέροντος προς τις ΑΠΕ.

Η ανάγκη για παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές γίνεται συνεχώς πιο επιτακτική, καθώς οι αποδεδειγμένες επιπτώσεις από τη χρήση συμβατικών καυσίμων έχουν καταστρεπτικές συνέπειες για το περιβάλλον. Η βιομάζα αποτελεί μια μορφή ΑΠΕ που δημιουργεί νέες προοπτικές για τον ενεργειακό τομέα σε παγκόσμιο επίπεδο. Το γεγονός ότι βασικές πρώτες ύλες της βιομάζας αποτελούν τα διάφορα αγροτικά, αστικά και βιομηχανικά υπολείμματα είναι εξέχουσας σημασίας, αφού πρόκειται για ποσότητες που ακόμη και σήμερα μένουν ανεκμετάλλευτες στο μεγαλύτερο ποσοστό τους. Τα αποθέματα των συμβατικών πηγών ενέργειας πλησιάζουν στην εξάντλησή τους, ενώ παράλληλα προβλέπεται ο διπλασιασμός του πληθυσμού της γης και επομένως η αύξηση των ενεργειακών αναγκών τους. Επιπλέον κύριο μέλημα της ΕΕ είναι η σταδιακή μείωση των εκπομπών CO₂ που πλήττουν την ατμόσφαιρα.

Φαίνεται πως η βιομάζα θα είναι από τις ΑΠΕ που θα παρέχουν το μεγαλύτερο μερίδιο στον παγκόσμιο πρωτογενή ενεργειακό εφοδιασμό. Αυτό αποτελεί και την λόγο που αναμένεται ότι στο μέλλον θα συνεχίσουν να αναπτύσσονται νέες πιο αποτελεσματικές τεχνολογίες βιοενέργειας. Η βιομάζα αποτελεί ένα φιλικό προς το περιβάλλον καύσιμο καθώς δεν συμβάλλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και ταυτόχρονα μειώνει την κατανάλωση συμβατικών καυσίμων τόσο σε εθνικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Αν και η εκμετάλλευση της βιομάζας συναντά αρκετά προβλήματα στην πρακτική εφαρμογή, γίνονται συστηματικές προσπάθειες για την ενίσχυση προγραμμάτων με σκοπό την αξιοποίησή της.

Η βιομάζα αποτελεί την πιο παλιά και διαδεδομένη ΑΠΕ, που θεωρείται μέχρι και σήμερα σημαντική πηγή ενέργειας αφού δύναται να συμβάλλει στην ενεργειακή επάρκεια, δεδομένης της εξάντληση των συμβατικών ενεργειακών αποθεμάτων. Οι βιομάζα, αλλά και οι υπόλοιπες μορφές ΑΠΕ, φαίνεται πως αποτελούν το ίδιο το μέλλον της επιχειρηματικότητας σε πολλές χώρες, ανάμεσα στις οποίες βρίσκεται και η χώρα μας.

Η αξιοποίηση της βιομάζας στην παραγωγή ενέργειας συμβάλλει στην εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων, έχοντας άμεση συνέπεια την εξοικονόμηση συναλλάγματος. Παράλληλα, μέσω της αξιοποίησης της βιομάζας, μειώνεται η εξάρτηση των κρατών από «ξένες» ενεργειακές πηγές και γίνονται πιο αυτόνομα. Η χρήση της βιομάζας και η παραγωγή ενέργειας από τα αποθέματά της συμβάλλουν στην δημιουργία θέσεων εργασίας, μέσω των οποίων οι πληθυσμοί των αγροτικών περιοχών συγκρατούνται. Επιπλέον, η χρήση βιοενέργειας πλεονεκτεί έναντι των συμβατικών καυσίμων και σε περιβαλλοντικό επίπεδο, οδηγώντας στην προστασία και βελτίωση του περιβάλλοντος.

Συνοψίζοντας λοιπόν, φαίνεται πως τα οφέλη που μπορούν να αποκομισθούν από την αξιοποίηση της βιομάζας είναι σημαντικά τόσο από οικονομική όσο και από περιβαλλοντική πλευρά.

Οι ΑΠΕ και κυρίως η βιομάζα αποτελεί ελπίδα για να ξεπεραστεί το τεράστιο ενεργειακό πρόβλημα του πλανήτη.

Η στροφή προς τη χρήση των βιοκαυσίμων αποτελεί τη νέα πραγματικότητα. Φυσικά η χρήση τους είναι αλληλένδετη με την προμήθεια των απαραίτητων πόρων που χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες για την παραγωγή τους. Η νέες συνθήκες που έχουν δημιουργηθεί τόσο με την απόφαση της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής όσο και με τη δυνατότητα της χώρας μας για υψηλές αποδόσεις ενεργειακών φυτών, δημιουργούν ένα ευοίονο σκηνικό για τη συστηματική εκμετάλλευση της βιομάζας και στην Ελλάδα.

Είναι ιδιαιτέρως σημαντικό για το μέλλον του ενεργειακού τομέα να διαμορφωθούν κατάλληλες πολιτικές προώθησης της ανάπτυξης ενεργειακών καλλιεργειών, με σκοπό την παραγωγή ενέργειας. Ωστόσο μεγάλο εμπόδιο μέχρι στιγμής αποτελεί η χρηματοδότηση τέτοιων ενεργειών, κάτι που θα πρέπει να εξεταστεί προσεκτικά προκειμένου να βρεθούν εναλλακτικοί τρόποι χρηματοδότησης για την αξιοποίηση της βιομάζας.

Τα κοιτάσματα των στερεών, υγρών και αέριων καυσίμων που προέρχονται από τον φυτικό κόσμο εξορύσσονται με ταχύτατους ρυθμούς. Το αποτέλεσμα των ρυθμών αυτών είναι η εξάντληση των προϊόντων μακροχρόνιου έργου της φύσης ενώ παράλληλα το περιβάλλον επιβαρύνεται συνεχώς.

Έτσι η ανάπτυξη της χρήσης της βιομάζας απαιτεί τη συμβολή όλων. Τα οφέλη που μπορούν να αποκομισθούν με τη χρήση της είναι αναμφίβολα σημαντικά τόσο για τον ενεργειακό και οικονομικό τομέα όσο και για τον περιβαλλοντικό. Η προσπάθεια που πρέπει να καβαληθεί είναι λοιπόν σημαντική έτσι ώστε η συστηματική εκμετάλλευση του πλούσιου δυναμικού της χώρας μας να ξεκινήσει.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Antongiovanni, M., and Sargentini, C. (1991). Variability in chemical composition of straws. *Options Mediterraneennes Serie Seminaires*, 16, 49-53.
2. Atchison, J. E. (1976). Agricultural residues and other nonwood plant fibers. *Science*, 191(4228), 768-772.
3. BuildEco (www.buildeco.gr). Βιομάζα-Παραγωγή Ενέργειας.
4. Chakma, S., Ranjan, A., Choudhury, H. A., Dikshit, P. K., and Moholkar, V. S. (2016). Bioenergy from rice crop residues: role in developing economies. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 18(2), 373-394.
5. Chan, E. S., Rudravaram, R., Narasu, M. L., Rao, L. V. and Ravindra, P. (2007). Economics and environmental impact of bioethanol production technologies: an appraisal. *Biotechnology and Molecular Biology Reviews*, 2(1), 14-32.
6. Christakopoulos, P., Topakas, E., Χριστακόπουλος, Π., & Τόπακας, Ε. (2015). *Biotechnology Biofuels*.
7. Damartzis, T., & Zabaniotou, A. (2011). Thermochemical conversion of biomass to second generation biofuels through integrated process design—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 366-378.
8. ebooks.edu.gr. Στοιχεία Γεωπονίας και Αγροτικής Ανάπτυξης – Βιβλίο Μαθητή. Κεφάλαιο 9.6. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.
9. Galbe, M. and Zacchi, G. (2002). A review of the production of ethanol from softwood. *Applied microbiology and biotechnology*, 59(6), 618-628.
10. Goldemberg, J. (2007). Ethanol for a sustainable energy future. *science*, 315(5813), 808-810.
11. Houston, D. F. (1972). Rice Chemistry and Technology, American Association of Cereal Chemist. *Inc. Minnesota*.
12. Kargbo, F. R., Xing, J., and Zhang, Y. (2009). Pretreatment for energy use of rice straw: A review. *African Journal of Agricultural Research*, 4(11), 1560-1565.
13. Mosier, N., Wyman, C., Dale, B., Elander, R., Lee, Y. Y., Holtzapple, M., and Ladisch, M. (2005). Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass. *Bioresource technology*, 96(6), 673-686.
14. Okkerse, C. and Van Bekkum, H. (1999). From fossil to green. *Green Chemistry*, 1(2), 107-114.
15. Pickett, S. T., Cadenasso, M. L., Grove, J. M., Groffman, P. M., Band, L. E., Boone, C. G. and Law, N. L. (2008). Beyond urban legends: an emerging framework of urban ecology, as illustrated by the Baltimore Ecosystem Study. *AIBS Bulletin*, 58(2), 139-150.
16. Quaak, P., Knoef, H., & Stassen, H. E. (1999). *Energy from biomass: a review of combustion and gasification technologies* (Vol. 23). World Bank Publications.
17. Saxena, R. C., Adhikari, D. K. and Goyal, H. B. (2009). Biomass-based energy fuel through biochemical routes: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(1), 167-178.

18. Ulgiati, S. (2001). A comprehensive energy and economic assessment of biofuels: when “green” is not enough. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 20(1), 71-106.
19. Yin, C., Rosendahl, L. A., & Kær, S. K. (2008). Grate-firing of biomass for heat and power production. *Progress in Energy and combustion Science*, 34(6), 725-754.
20. Youngquist, J. A., English, B. E., Spelter, H., and Chow, P. (1993). Agricultural fibers in composition panels. In *Proceedings of the 27th international particleboard/composite materials symposium* (pp. 30-31). Pullman, WA: Washington State University.
21. Γερασίμου Α. (2017). Το σήμερα και το αύριο της αξιοποίησης βιομάζας στην ελληνική πραγματικότητα. ΑΕΒΙΟΜ. HellaBiom, Ελληνική Εταιρεία Ανάπτυξης Βιομάζας.
22. Γιαννόπουλος Δ. Θεωρία Καύσης & Συστήματα Καύσης. Εισαγωγή στη Βιομάζα. Πηγές-Ιδιότητες-Βιοκαύσιμα. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών.
23. Δαμάτης Ν. (2017). Agropellets από υπολειμματική βιομάζα σε βιομηχανικές και επαγγελματικές εφαρμογές. ΑΕΒΙΟΜ. HellaBiom, Ελληνική Εταιρεία Ανάπτυξης Βιομάζας.
24. Ερευνητική Εργασία. (2012-2013). Βιομάζα-ΑΠΕ-Ενεργειακά φυτά στο Ν. Άρτας. (Διαθέσιμο στο <http://slideplayer.gr/slide/2683253/>)
25. Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2017). Έκθεση της επιτροπής προς το ευρωπαϊκό κοινοβούλιο, το συμβούλιο, την ευρωπαϊκή οικονομική και κοινωνική επιτροπή και την επιτροπή των περιφερειών. Έκθεση προόδου για την ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές. Βρυξέλλες: 2017.
26. Ιωάννης Ε. (2017). Το έργο Bioenergy for Business (B4B) και τα αποτελέσματά του. ΚΑΠΕ.
27. ΚΑΠΕ. (2006). Εγχειρίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για δυνητικούς χρήστες. Πρόγραμμα ALTENER, Αθήνα.
28. ΚΑΠΕ. Ενεργειακές Καλλιέργειες για την παραγωγή υγρών και στερεών βιοκαυσίμων στην Ελλάδα. Πρόγραμμα ANTAΓΩΝΙΣΤΙΟΤΗΤΑ, Αθήνα.
29. Καραμπίνης Μ. (2017a). Ενεργειακή αξιοποίηση αγροτικών κλαδεμάτων στην Ελλάδα: Πώς μπορεί να προχωρήσει; Το έργο uP_running. ΕΚΕΤΑ.
30. Καραμπίνης Μ. (2017b). Το πρόγραμμα Biomass Plus: ένα σύστημα πιστοποίησης για τα Μεσογειακά στερεά βιοκαύσιμα.ΕΚΕΤΑ.
31. Κατσίρη Α. (2011). Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία. *Ενέργεια από βιομάζα*. Σχολή Πολιτικών Μηχανικών. Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος. Αθήνα 2010-2011.
32. Κατσιφώτης Α. Εργασία στη Βιομάζα. Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών: Παραγωγή Και Διαχείριση Ενέργειας. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
33. Κορωναίος Χ. Ι. (2012). Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Διδακτικές Σημειώσεις. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Αθήνα: 2012
34. Λιάμης Λ. (2013). Καύσιμο από το φλοιό ρυζιού για την Euremac. (Διαθέσιμο στο <http://www.b2green.gr/el/post/7662/kaysimo-apo-to-floio-tou-ryziou-gia-tin-euremac>)
35. Ντάβος Ν. και Φάλλας Ι. (2017). Τηλεθερμάνσεις και Βιώσιμες Εφοδιαστικές Αλυσίδες Βιομάζας. Το Ευρωπαϊκό Έργο SecureChain. Η Αξιοποίηση της Βιομάζας στη Σύγχρονη Πραγματικότητα. CLUBE.

36. Παπαγεωργίου Δ. (2012). Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η εφαρμογή βιομάζας στη γεωργία. Πτυχιακή εργασία. ΑΤΕΙ Καλαμάτας. Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας. Τμήμα Βιολογικών Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών και Ανθοκομίας. Καλαμάτα: 2013.
37. Περιβαλλοντικές Ευαισθησίες του 1^{ου} Γυμνασίου Δράμας. (http://opag1gydr.blogspot.gr/2014/11/blog-post_27.html#more)
38. Τσαγγάρης Η. (2013). Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας: Βιομάζα. Μεταπτυχιακή διατριβή. Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Τμήμα Οικονομικής Επιστήμης. Αθήνα: 2013.
39. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (www.ypeka.gr). ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ: ΒΙΟΜΑΖΑ.
40. Χρήστου Μ. (2017). Δυναμικό βιομάζας στην Ελλάδα και προοπτικές. ΚΑΠΕ.
41. <http://bioenergycrops.com/rice-industry/>
42. <http://euanmearns.com>
43. <http://www.energy-cities.eu>
44. www.ai4b.gr
45. www.thinglink.com