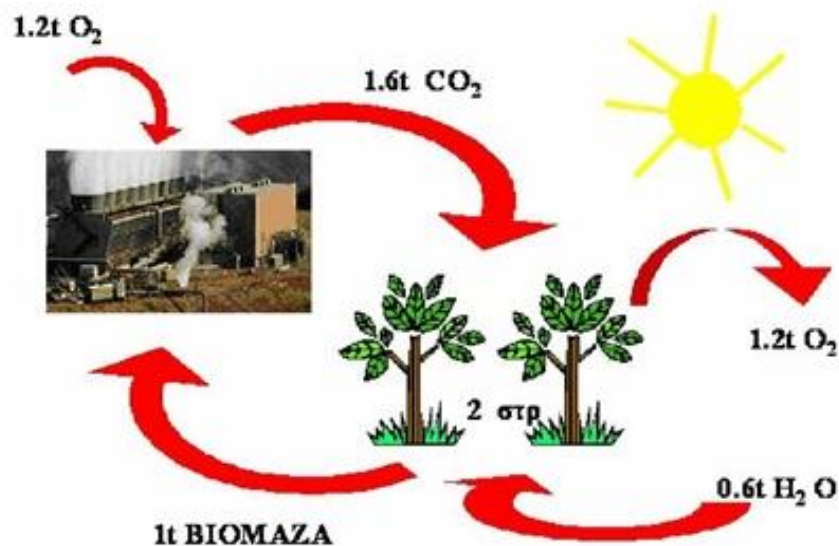


ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ:
ΚΟΛΟΚΟΤΡΩΝΗ ΑΝΘΗ

ΘΕΜΑ: ΘΕΡΜΟΧΗΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΒΙΟΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ ΤΗΣ
ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ.



ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΘ. ΠΑΛΑΤΟΣ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

Θεσσαλονίκη 2010

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ:
ΚΟΛΟΚΟΤΡΩΝΗ ΑΝΘΗ**

**ΘΕΜΑ: ΘΕΡΜΟΧΗΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΒΙΟΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ ΤΗΣ
ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ**

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΘ. ΠΑΛΑΤΟΣ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

Η υποβολή της πτυχιακής διατριβής αποτελεί μέρος των απαιτήσεων για την απονομή του πτυχίου στο Τμήμα Φυτικής Παράγωγης, της Σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας, του Αλεξάνδρειου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Θεσσαλονίκης

Θεσσαλονίκη 2010

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ξεκινώντας θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής του Αλεξάνδρειου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Θεσσαλονίκης για τις γνώσεις που μου μετέδωσαν όλα τα χρόνια των σπουδών μου και που συνέβαλαν στο να αγαπήσω αυτό που αρχικά επέλεξα να σπουδάσω. Υπόσχομαι ότι στο μέλλον θα προσπαθήσω να φανώ αντάξια της ιδιότητας του τεχνολόγου γεωπόνου, που απέκτησα χάρη των καθηγητών μου και της προσωπικής μου θέλησης και προσπάθειας. Ευχαριστώ επίσης το υπόλοιπο προσωπικό του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής του Α.ΤΕΙ Θεσσαλονίκης καθώς και τους συμφοιτητές και συμφοιτήτριες μου, για την παρέα και την συνεργασία τους.

Ευχαριστώ ιδιαίτερα τον καθηγητή του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής του Αλεξάνδρειου ΤΕΙ Θεσσαλονίκης, κ. Γεώργιο Παλάτο, για την επίβλεψη της παρούσας εργασίας, τις πληροφορίες που μου παρείχε, τις οδηγίες, τις συμβουλές του και πολύ περισσότερο για τον χρόνο που διέθεσε. Ευχαριστώ επίσης, τον καθηγητή στο Τμήμα Φυτικής Παραγωγής του Α.ΤΕΙ Θεσσαλονίκης, κ. Θωμά Θωμίδα, που με ώθησε στο να συμμετάσχω στο πρόγραμμα Σωκράτης / Erasmus δίνοντάς μου την ευκαιρία να λάβω μία σειρά γνώσεων, οι οποίες με ώθησαν στην επιλογή του συγκεκριμένου θέματος της εργασίας μου, καθώς και την ευκαιρία να ζήσω την εμπειρία της φοίτησης σ'ένα πανεπιστήμιο του εξωτερικού, και συγκεκριμένα στο University of Copenhagen, γνωρίζοντας ταυτόχρονα ανθρώπους, ήθη, έθιμα και κουλτούρες απ' όλον τον κόσμο και κυρίως της Δανίας. Ακόμη, θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για όλες τις οδηγίες του και την κατανόησή του.

Ευχαριστώ το Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης που σε συνεργασία με το Ίδρυμα Κρατικών Υποτροφιών, μου έδωσε τη δυνατότητα να φοιτήσω, παράλληλα με τις σπουδές μου στο Τμήμα Φυτικής Παραγωγής του Α.ΤΕΙ Θεσσαλονίκης, στο Faculty of Life Sciences του University of Copenhagen, με το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα Σωκράτης / Erasmus. Η ευκαιρία αυτή μου έδωσε την δυνατότητα να εργαστώ και να επισκεφθώ χώρους του University of Copenhagen καθώς και μέρη της Δανίας μέσω διαφόρων εκπαιδευτικών εκδρομών τα οποία αποδείχθηκαν να είναι ο καταλύτης της μετέπειτα φοιτητικής μου πορείας καθώς και της εκδήλωσης του ενδιαφέροντός μου όσον αφορά το θέμα της πτυχιακής μου εργασίας. Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω το University of Copenhagen για την φιλοξενία του, την ευγένειά του, την συνεργασία του, την καθοδήγησή του και την διδασκαλία του.

Τέλος ευχαριστώ τον κ. Μαρνέλλο Γεώργιο, καθηγητή της Πολυτεχνικής Σχολής Κοζάνης του Τμήματος Μηχανικών Διαχείρισης Ενεργειακών Πόρων, για την ουσιαστική βοήθεια που μου παρείχε στην αναζήτηση και εύρεση υλικού καθώς και στην επεξήγηση και κατανόηση του θέματος της πτυχιακής μου εργασίας. Ευχαριστώ τους γονείς μου για την κατανόησή τους, την συμπαράστασή τους και την υπομονή τους που δείχνουν καθ' όλην την διάρκεια της φοίτησής μου στην σχολή και για την αγάπη τους που μου παρέχουν όλα τα χρόνια. Είμαι ιδιαίτερα ευγνώμων για όλα όσα μου έχουν προσφέρει και σε αυτούς οφείλω όλα όσα είμαι, όλα όσα γίνομαι και όλα όσα προσπαθώ να γίνω. Σας ευχαριστώ πολύ.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| <u>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</u> | 6 |
| <u>1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u> | 7 |
| <u>2.ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ</u> | 10 |
| Ορισμός της βιομάζας..... | 10 |
| Ο φυσικός ενεργειακός κύκλος της βιομάζας..... | 10 |
| Πηγές βιομάζας..... | 11 |
| Ο ρόλος της βιομάζας στην Ευρώπη | 11 |
| Ο ρόλος της βιομάζας στην Ελλάδα | 12 |
| Η αναγκαιότητα αξιοποίησης της βιομάζας..... | 14 |
| 2.6.1 Περιβαλλοντική αναγκαιότητα..... | 14 |
| 2.6.2 Αναγκαιότητα ενεργειακής πολιτικής..... | 15 |
| Η πολιτική της Ε.Ε. για συμπαραγωγή από βιομάζα..... | 15 |
| <u>3.ΘΕΡΜΟΧΗΜΙΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ</u> | 21 |
| Πυρόλυση..... | 21 |
| Σύσταση των παραγόμενων κλασμάτων της πυρόλυσης..... | 22 |
| 3.1.1 Ταχεία πυρόλυση..... | 24 |
| Διαμόρφωση αντιδραστήρα..... | 26 |
| Θερμοκρασία αντίδρασης-Μεταφορά θερμότητας-Χρόνος Παραμονής..... | 28 |
| Χαρακτηριστικά-ποιότητα προϊόντων..... | 30 |
| Εφαρμογές..... | 32 |
| Αεριοποίηση..... | 33 |
| Προ-επεξεργασίας τροφοδοσίας..... | 34 |
| Ιδιότητες της τροφοδοσίας..... | 34 |
| Είδη αεριοποίησης..... | 35 |
| Λειτουργία και απόδοση..... | 38 |
| Βιωσιμότητα και δυνατότητες διεύθυνσης στην αγορά..... | 41 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| <u>4. ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΖΥΜΩΣΗ</u> | 44 |
| Στάδια αναερόβιας ζύμωσης-Παράγοντες που την επηρεάζουν..... | 45 |
| Παράγοντες που επηρεάζουν τις αναερόβιες διεργασίες..... | 47 |
| Τύποι αναερόβιων διεργασιών..... | 48 |
| 4.3.1 Διεργασίες αναερόβιας αιωρούμενης βιομάζας..... | 48 |
| 4.3.2 Αναερόβιες διεργασίες στρώματος ιλύος..... | 50 |
| 4.3.3 Αναερόβιες διεργασίες προσκολλημένης βιομάζας..... | 52 |
| 4.3.4 Αναερόβια διεργασία χωμάτινης λίμνης με κάλυμμα..... | 55 |
| 4.3.5 Αναερόβιοι αντιδραστήρες βιομηχανίας..... | 56 |
| Πλάνο μιας μονάδας παραγωγής βιοαερίου..... | 58 |
| <u>5.ΕΠΙΛΟΓΟΣ</u> | 60 |
| <u>ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ-ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ</u> | 60 |
| Κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις..... | 60 |
| 5.1.1 Κοινωνικές επιπτώσεις..... | 60 |
| 5.1.2 Οικονομικές επιπτώσεις..... | 61 |
| Μελλοντικές στρατηγικές-Στρατηγικές..... | 62 |
| <u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u> | 66 |

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η βιομάζα είναι η σημαντικότερη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Η βιομάζα είναι η μάζα των φυτών που σχηματίζεται με τη φωτοσυνθετική μετατροπή της ηλιακής ενέργειας και αποτελείται κυρίως από άνθρακα και θείο, και σε μικρότερα ποσοστά από υδρογόνο, οξυγόνο, άζωτο και τέφρα. Το 87% των πηγών βιομάζας χρησιμοποιούνται στις αναπτυσσόμενες χώρες. Η βιομάζα σήμερα συνεισφέρει το 4% της παραγωγής ενέργειας στην ΕΕ-25, ποσοστό που αναμένεται να φθάσει το 8% το 2010. Χρησιμοποιείται πρωτίστως στην παραγωγή θερμότητας και λιγότερο στην συμπαραγωγή ηλεκτρικής / θερμικής ισχύος και στις μεταφορές.

Πηγές βιομάζας είναι **α) οι διάφορες υπολειμματικές μορφές** όπως το δασικό ξύλο, τα υπολείμματα ξύλου, διάφορα γεωργικά υπολείμματα που περιλαμβάνουν ζαχαροκαλαμοσκόνη, υπολείμματα ελιάς, άχυρα, διάφορα απόβλητα όπως τα αστικά στερεά απόβλητα, καύσιμο από σκουπίδια, λύματα, κοπριά και **β) οι ενεργειακές καλλιέργειες** όπως το σιτάρι, το κριθάρι, τα ζαχαρότευτλα, ο ηλίανθος, ο μίσκανθος, η φάλαρις και το αρούντο.

Η μετατροπή της βιομάζας γίνεται κυρίως με δυο γενικές κατηγορίες διεργασιών, **(α) Τις θερμοχημικές διεργασίες**, όπου θερμότητα ή / και καταλύτες χρησιμοποιούνται για να αποσυντεθεί η βιομάζα σε ενδιάμεσα ή τελικά προϊόντα. Η πιο βασική θερμοχημική διεργασία για τη μετατροπή της βιομάζας σε πιο χρήσιμο καύσιμο είναι η πυρόλυση κατά την οποία γίνεται η άμεση θερμική αποσύνθεση του οργανικού μέρους της βιομάζας απουσία οξυγόνου για να αποκτηθεί μια παράταξη από στερεά, υγρά και αέρια προϊόντα. Μια άλλη θερμοχημική διεργασία είναι η αεριοποίηση κατά την οποία γίνεται η μετατροπή της βιομάζας σε ένα αναφλέξιμο αέριο μείγμα με τη μερική οξειδωση της βιομάζας σε υψηλές θερμοκρασίες τυπικά στο εύρος των 800 - 900°C, **(β) Τις βιοχημικές διεργασίες**, όπου διάφοροι μικροοργανισμοί και ένζυμα χρησιμοποιούνται για να μετατρέψουν τη βιομάζα σε χρήσιμα προϊόντα (ζύμωση και αναερόβια χώνευση). Υπάρχει και μια τρίτη κατηγορία διεργασιών η οποία περιλαμβάνει τις φωτοβιολογικές διεργασίες, οι οποίες στοχεύουν στη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε καύσιμα και χημικά με μεγαλύτερη απόδοση από ό,τι η διεργασία της φωτοσύνθεσης.

Η παραγωγή της βιομάζας σε βιοκαύσιμα έχει ορισμένες κοινωνικό-οικονομικές επιπτώσεις. Η βιο – ενέργεια, μεταξύ των υπολοίπων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, είναι η τεχνολογία που διαθέτει το μεγαλύτερο δυναμικό δημιουργίας θέσεων εργασίας σε τοπικό, περιφερειακό και διεθνές επίπεδο. Λόγω της δυσκολίας μεταφοράς της βιομάζας από τις αγροτικές περιοχές, οι εγκαταστάσεις θα πρέπει να κατασκευάζονται κοντά στον τόπο συλλογής και ανάπτυξης της βιομάζας ώστε να είναι οικονομικά βιώσιμες. Το γεγονός αυτό δημιουργεί θέσεις εργασίας και κατ' επέκταση μέρος του πληθυσμού μετακινείται προς τις αγροτικές περιοχές ή παραμένει σε αυτές. Σοβαρές οικολογικές και κοινωνικές συνέπειες θα έχει η χρήση των δασών για ενεργειακή παραγωγή η οποία μπορεί να οδηγήσει σε αποψίλωσή τους. Οι τοπικές κοινωνίες θα αντιδράσουν στην εκτεταμένη χρήση νερού και γης για αισθητικούς και ηθικούς λόγους οπότε αυτό το γεγονός θα αποτελέσει εμπόδιο. Μια άλλη σοβαρή επίπτωση προκύπτει από την πιθανότητα επηρεασμού των διεθνών τιμών των τροφίμων οι οποίες θα επηρεαστούν από διακυμάνσεις της άμεσης προσφοράς, από έμμεση διαθεσιμότητα προϊόντων και από έμμεσες μετατροπές σε μικτές-καλλιέργειες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ενέργεια παίζει σημαντικό ρόλο στη σύγχρονη ζωή. Χωρίς ενέργεια, ο συνολικός ιστός της κοινωνίας θα κατέρρεε. Οι επιπτώσεις μιας 24ωρης διακοπής στην παροχή ηλεκτρισμού σε μια πόλη, δείχνει την πλήρη εξάρτησή μας από αυτή την εξαιρετικά χρήσιμη μορφή ενέργειας. Η παγκόσμια ζήτηση αυξάνεται ραγδαία, μαζί με την αύξηση του πληθυσμού, την αστικοποίηση, τον εκσυγχρονισμό και αναμένεται να αυξηθεί απότομα τα επόμενα έτη, κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Υπάρχουν διάφορες μορφές ενέργειας που χρησιμοποιούνται ευρέως για να καλύψουν τις ανθρώπινες ανάγκες. Αυτές οι μορφές μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις τύπους : τα ορυκτά καύσιμα, τα πυρηνικά καύσιμα και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ).

Τα ορυκτά καύσιμα στις διάφορες μορφές τους ήταν η κύρια πηγή παροχής ενέργειας και έχουν καλύψει τις παγκόσμιες ενεργειακές ανάγκες για χιλιάδες χρόνια. Ένα ποσοστό γύρω στο 80% του παγκοσμίου ισοζυγίου ενέργειας καλύπτεται από τα ορυκτά καύσιμα. Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν το ξύλο και ο γαιάνθρακας αλλά με την εξέλιξη της βιομηχανικής επανάστασης τα ορυκτά καύσιμα χρησιμοποιήθηκαν στην περισσότερο επεξεργασμένη υγρή μορφή τους, αυτή του πετρελαίου η οποία ήταν περισσότερο αποδοτική από τις στερεές μορφές τους. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο φυσικό αέριο που αποτελεί την αέρια μορφή των ορυκτών καυσίμων. Όμως τα ορυκτά καύσιμα έχουν δύο βασικά μειονεκτήματα. Όταν καίγονται εκπέμπουν ρύπους όπως τα αέρια του φαινομένου του θερμοκηπίου που προκαλούν κλιματική αλλαγή. Ένα άλλο πρόβλημα είναι το γεγονός ότι χώρες χωρίς επαρκή αποθέματα ορυκτών καυσίμων αντιμετωπίζουν κίνδυνο όσον αφορά την ασφάλεια των ενεργειακών τους αποθεμάτων.

| | |
|---------------------|--------------|
| Πετρέλαιο | 18,2% |
| Γαιάνθρακας | 63,7% |
| Φυσικό αέριο | 18,1% |

Πίνακας 1.1 Βεβαιωμένα αποθέματα ορυκτών καυσίμων παγκοσμίως.

Η πυρηνική ενέργεια συνεισφέρει περίπου 7% της συνολικής παγκόσμιας ενεργειακής ζήτησης. Έπαιξε σημαντικό ρόλο στη μείωση της κατανάλωσης πετρελαίου για παραγωγή ηλεκτρισμού τις τελευταίες τρεις δεκαετίες. Η πυρηνική ενέργεια όμως αντιμετωπίζει κρίσιμες προκλήσεις όπως το κόστος της, τα ραδιενεργά απόβλητα, την ασφάλεια και την διάδοση υλικού για την παρασκευή πυρηνικών όπλων.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) προέρχονται από φυσικές πηγές όπως η ισχύς του ανέμου, η ενέργεια του ήλιου, η υδροηλεκτρική ενέργεια, η ενέργεια της βιομάζας και η γεωθερμία. Βρίσκονται σε αφθονία στη φύση και έχουν την δυνατότητα να παράγουν ενέργεια με καθόλου ή με ελάχιστες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Επίσης η χρήση των ΑΠΕ βελτιώνει την ασφάλεια των αποθεμάτων και δίνει ώθηση στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και νέων επιχειρήσεων. Καλύπτουν το 17% της παγκόσμιας ζήτησης.

Οι ενεργειακοί στόχοι της ΕΕ-25, για το 2010 περιλαμβάνουν :

- την αύξηση του μεριδίου των ΑΠΕ στο συνολικό ενεργειακό ισοζύγιο από 6% σε 12%.
- την αύξηση της συμμετοχής των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή από 14% σε 21%.
- την υποκατάσταση των ορυκτών καυσίμων των οδικών μεταφορών από βιοκαύσιμα, σε ποσοστό 5,75%.

| | |
|-------------------------------|--------------|
| Αιολική | 0,2% |
| Υδροηλεκτρική | 16,4% |
| Ηλιακή– Παλίρροιες | 0,3% |
| Γεωθερμική | 3,2% |
| Βιομάζα | 79,9% |

Πίνακας 1.2 Παγκόσμια παροχή ανανεώσιμης ενέργειας , 2003 .

Είναι εύκολα κατανοητό ότι οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας αναμένεται να διαδραματίσουν κυρίαρχο ρόλο στην ανάπτυξη του πλανήτη αλλά και στην ενεργειακή ασφάλεια της Ευρωπαϊκής Ένωσης και κατ' επέκταση και της χώρας μας. Οι ενεργειακές πολιτικές έχουν στραφεί προς τις ΑΠΕ αφού αποτελούν μια μορφή καθαρής ενέργειας που μπορούν να συνεισφέρουν στην μείωση των εκπομπών αερίου του θερμοκηπίου που είναι και ο βασικός στόχος των πολιτικών από το 1990 και μετά. Προς αυτή την κατεύθυνση κινήθηκαν, το Πρωτόκολλο του Κιότο που υπογράφηκε το 1994, η Πράσινη Βίβλος το 1996 που είχε σαν σκοπό το διπλασιασμό της συμμετοχής των ανανεώσιμων πηγών στη συνολική παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας, σε επίπεδα της τάξης του 12% το 2010, η Λευκή Βίβλος που υιοθετήθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή το 1997 η οποία στοχεύει στην << Κοινοτική Στρατηγική και Σχέδιο Δράσης, Ενέργεια για το Μέλλον : Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας >>, η Οδηγία 2001/77/ EC του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου σχετικά με την προώθηση της χρήσης των βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις μεταφορές, η οποία υιοθετήθηκε το 2003.

Η βιομάζα είναι με διαφορά η σημαντικότερη ανανεώσιμη πηγή. Το 87% των πηγών βιομάζας χρησιμοποιούνται στις αναπτυσσόμενες χώρες. Η βιομάζα σήμερα συνεισφέρει το 4% της παραγωγής ενέργειας στην ΕΕ-25, ποσοστό που αναμένεται να φθάσει το 8% το 2010. Χρησιμοποιείται πρωτίστως στην παραγωγή θερμότητας και λιγότερο στην συμπαραγωγή ηλεκτρικής / θερμικής ισχύος και στις μεταφορές. Η βιομάζα, η οποία παράγεται κάθε χρόνο σε παγκόσμιο επίπεδο, ανέρχεται σε 172δισ τόνους ξηρού υλικού, με ενεργειακό περιεχόμενο 3×10^{12} GJ. Η ενέργεια αυτή είναι περίπου δεκαπλάσια από την ενέργεια που καταναλώνεται σε ολόκληρο τον κόσμο και ίση με τα διαπιστωμένα αποθέματα ορυκτής προελεύσεως.

Υπάρχουν δύο τύποι βιομάζας α) οι υπολειμματικές μορφές (κάθε είδους φυτικά υπολείμματα, ζωικά απόβλητα και απορρίμματα) και **β)** η βιομάζα που παράγεται από ενεργειακές καλλιέργειες. Στην δεύτερη κατηγορία ανήκουν το σιτάρι, το κριθάρι, τα ζαχαρότευτλα, ο ηλίανθος κ.α.

Η παραγωγή ενέργειας από τις ενεργειακές καλλιέργειες δεν είναι η πιο συμφέρουσα και από οικονομικής αλλά και από ηθικής απόψεως. Η καλλιέργεια σιτηρών για παράδειγμα με σκοπό την χρησιμοποίησή τους για την παραγωγή βιο-ενέργειας επιφέρει άνοδο των τιμών των σιτηρών με αποτέλεσμα την αυτόματη αύξηση των παραγωγών τους όπως είναι το αλεύρι, το ψωμί τα ζυμαρικά κ.α. Η παγκόσμια οικονομική κρίση έχει ως αποτέλεσμα την συρρίκνωση των εθνικών οικονομιών. Πολλές έρευνες δείχνουν ότι το μεγαλύτερο πρόβλημα που θα αντιμετωπίσει ο πλανήτης μακροπρόθεσμα είναι το υποσιτιστικό πρόβλημα. Η αύξηση του πληθυσμού ειδικά σε τριτοκοσμικές χώρες εκτιμάται ότι θα οδηγήσει στον τρίτο παγκόσμιο πόλεμο όπου οι άνθρωποι θα πολεμούν όχι για την διεκδίκηση εδαφών αλλά για την διεκδίκηση φαγητού κ νερού των οποίων η έλλειψη έχει οδηγήσει στην εξαθλίωση πολλές χώρες του τρίτου κόσμου και όχι μόνο. Θα ήταν λοιπόν, άστοχο την στιγμή που συνάνθρωποι μας σε όλο τον κόσμο πεινούν, δισ τόνοι σιτηρών να καλλιεργούνται με σκοπό να παραχθεί βιομάζα η οποία θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας και βιοκαυσίμων. Θα ήταν προτιμότερο πρώτα να αντιμετωπίσουμε το υποσιτιστικό πρόβλημα του πλανήτη και στη συνέχεια το ενεργειακό πρόβλημα.

Για τον παραπάνω λόγο είναι προτιμότερο να επικεντρωθούμε στην χρησιμοποίηση υπολειμματικών μορφών βιομάζας όπως τα στερεά αστικά απορρίμματα, τα γεωργικά και δασικά υπολείμματα, τα ζωικά απορρίμματα και τα βιομηχανικά απόβλητα για να παράγουμε ενέργεια και βιοκαύσιμα.

Στο επόμενο κεφάλαιο θα αναφερθούμε στον φυσικό ενεργειακό κύκλο της βιομάζας, στις πηγές της βιομάζας, στον ρόλο της βιομάζας στην Ελλάδα και στην Ευρώπη, στην αναγκαιότητα αξιοποίησης της βιομάζας, καθώς και στην πολιτική της Ε.Ε. για συμπαραγωγή από βιομάζα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

2.1 Ορισμός της βιομάζας

Με τον όρο βιομάζα εννοείται η οργανική ύλη της γης. Η βιομάζα, βρίσκεται στο λεπτό στρώμα του φλοιού, τη βιόσφαιρα. Αντιπροσωπεύει ένα πολύ μικρό κλάσμα της συνολικής μάζας της γης, αλλά σε ανθρώπινους όρους, αποτελεί μια τεράστια αποθήκη ενέργειας, η οποία ανανεώνεται συνεχώς. Πηγή αυτής της ενέργειας είναι ο ήλιος. Ενώ μόνο ένα μικρό ποσοστό από την ηλιακή ενέργεια που φτάνει στη γη δεσμεύεται από την οργανική ύλη, η ποσότητα αυτή αντιστοιχεί με το οκταπλάσιο της παγκόσμιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Η εγκλωβισμένη βιοενέργεια ανακυκλώνεται με τη βοήθεια μιας σειράς χημικών και φυσικών διεργασιών στα φυτά, το έδαφος, το χώρο γύρω από τα φυτά και την υπόλοιπη έμβια ύλη, μέχρι που τελικά ακτινοβολείται από τη γη σαν θερμότητα χαμηλής θερμοκρασίας. Η παραπάνω κυκλική διεργασία είναι μεγάλης σπουδαιότητας, επειδή υπάρχει η δυνατότητα δέσμευσης μέρους της βιομάζας στη φάση που ακόμη λειτουργεί ως αποθήκη χημικής ενέργειας. Με απλά λόγια, δηλαδή, η βιομάζα δεν είναι άλλο από τη μάζα των φυτών που σχηματίζεται με τη φωτοσυνθετική μετατροπή της ηλιακής ενέργειας.

Η βιομάζα αποτελείται κυρίως από άνθρακα και θείο, και σε μικρότερα ποσοστά από υδρογόνο, οξυγόνο, άζωτο και τέφρα. Η ακριβής περιεκτικότητα της βιομάζας στα στοιχεία αυτά φαίνεται στον πίνακα 2.1.

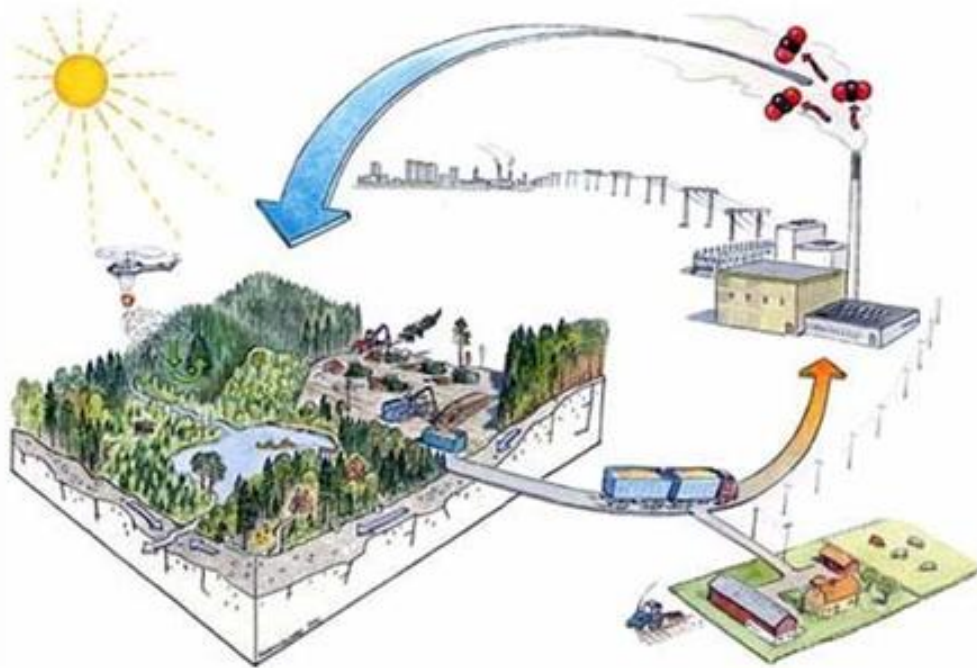
| | |
|-----------------|--------------------------------|
| Άνθρακας | 49 |
| Οξυγόνο | 43 |
| Υδρογόνο | 6 |
| Θείο | 0,05 |
| Άζωτο | 1 |
| Τέφρα | 0.95(K,Na,Ca,Mg,Si)κλπ. |

Πίνακας 2.1: Η τυπική χημική σύσταση της βιομάζας

2.2 Ο φυσικός ενεργειακός κύκλος της βιομάζας

Η αέναη χρήση των φυσικών ενεργειακών ροών μιμείται τους οικολογικούς κύκλους της Γης και ελαχιστοποιεί την εκπομπή ρύπων στον αέρα, τους ποταμούς και τους ωκεανούς. Το μεγαλύτερο μέρος του άνθρακα για την δημιουργία της βιομάζας προσλαμβάνεται από την ατμόσφαιρα και αργότερα επιστρέφει σε αυτήν. Οι θρεπτικές ουσίες για την δημιουργία της λαμβάνονται από το έδαφος και στη συνέχεια επιστρέφουν σε αυτό. Τα υπολείμματα ενός σταδίου του κύκλου συνιστούν τις εισροές του επόμενου σταδίου. Η πορεία αυτή που ακολουθεί η βιομάζα αντικατοπτρίζεται στο σχήμα 2.1.

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) απομακρύνεται από την ατμόσφαιρα με τη διεργασία ανάπτυξης των φυτών (φωτοσύνθεση) και μετατρέπεται σε φυτική βιομάζα. Η βιομάζα συγκομιδής μαζί με τα δασικά και γεωργικά υπολείμματα, μπορεί να μετατραπεί σε δομικά υλικά, χαρτί, καύσιμα, τρόφιμα, ζωοτροφή και άλλα προϊόντα, όπως χημικά φυτικής προέλευσης. Μερικές καλλιέργειες μπορεί να φύονται για οικονομικούς σκοπούς π.χ. για φιλτράρισμα των γεωργικών απορροών, σταθεροποίηση του εδάφους, δημιουργία καταφυγίων για ζώα, καθώς και για την παραγωγή βιοενέργειας.



Σχήμα 2.1: Χαρακτηριστικός ενεργειακός κύκλος βιομάζας από την πηγή μέχρι την τελική κατανάλωση.

Η μονάδα επεξεργασίας στερεής βιομάζας μπορεί να παράγει θερμότητα διεργασιών και ηλεκτρισμό. Τα οργανικά υποπροϊόντα και οι ανόργανες ουσίες από αυτήν μπορεί να επιστρέφονται στο έδαφος, ανακυκλώνοντας έτσι κάποια από τα θρεπτικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη των φυτών π.χ. κάλιο και φώσφορο. Επιλεγμένα αστικά απορρίμματα μπορούν να συνδυαστούν με αστικά και γεωργικά υπολείμματα, ζωικά απόβλητα και καλλιέργειες βιομάζας για την τροφοδοσία μιας διαφορετικού τύπου κατεργασίας της βιομάζας. Η νέα αυτή μονάδα επεξεργασίας της βιομάζας θα μπορούσε να παράγει ένα φάσμα προϊόντων, όπως καύσιμα, χημικά, νέα βιολογικά υλικά και ηλεκτρισμό. Μια σημαντική άλλη χρήση της βιομάζας θα μπορούσε να είναι σε ζωοτροφές. Αυτή η χρήση βιομάζας αποτελεί μια άλλη αποδοτική μέθοδο ελαχιστοποίησης των αποβλήτων και συμβάλει στην ανακύκλωση των θρεπτικών ουσιών και των ανόργανων υλικών στο έδαφος, βοηθώντας με τον τρόπο αυτό το κλείσιμο του κύκλου.

Καθ' όλο τον κύκλο, από τη βιομάζα απελευθερώνεται διοξείδιο του πίσω στην ατμόσφαιρα- από τις μονάδες επεξεργασίας και τις αγροτικές κοινότητες- με λίγη ή καμία προσθήκη άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Με την βελτίωση της ανάπτυξης των ενεργειακών καλλιεργειών ώστε να προστίθεται χούμος στο έδαφος, μπορεί να συμβεί μέχρι και κάποια καθαρή δέσμευση ή μακροπρόθεσμη καθήλωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ενόργανη ύλη του εδάφους. Η ενέργεια που τροφοδοτεί τον κύκλο και προνοεί για το ανθρώπινο γένος προέρχεται από τον ήλιο, και θα συνεχίσει τη δράση της για πολλές γενιές με σταθερό κόστος και χωρίς τον κίνδυνο εξάντλησης της.

2.3. Πηγές βιομάζας

Οι πρώτες ύλες βιομάζας που χρησιμοποιούνται, ή αξιολογείται η χρήση τους, για την τροφοδοσία των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής συνήθως εμπίπτουν σε μία από τις ακόλουθες γενικές κατηγορίες:

•**Ξύλο** (δασικό ξύλο, υπολείμματα ξύλου),

•**Γεωργικά υπολείμματα** που περιλαμβάνουν τη ζαχαροκαλαμοσκόνη, τα υπολείμματα ελιάς, τα άχυρα κ.α.,

| Υπόλειμμα | Καλλιεργούμενη Έκταση (ha) | Παραγωγή (ξηροί τόνοι ανά έτος) | Διαθεσιμότητα (%) | Διαθέσιμες ποσότητες (ξηροί τόνοι/έτος) |
|-----------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------|
| Μαλακό άχυρο σίτου | 245019 | 536103 | 15 | 80415 |
| Σκληρό άχυρο σίτου | 612047 | 1229189 | 15 | 184378 |
| Άχυρο ρυζιού | 27982 | 157200 | 60 | 94320 |
| Άχυρο κριθαριού | 144884 | 238274 | 15 | 35714 |
| Άχυρο δρυός | 43853 | 55383 | 15 | 8307 |
| Κώνιοι αραβοσίτου | 213181 | 276157 | 60 | 165694 |
| Στελέχη αραβοσίτου | 213181 | 583431 | 60 | 350059 |
| Άχυρο ηλιάνθου | 26818 | 47671 | 60 | 28603 |
| Στελέχη βάμβακος | 412727 | 1463015 | 60 | 877809 |
| Φύλλα ζαχαρότευτλου | 42585 | 246769 | 50 | 123084 |
| Στελέχη καπνού | 67070 | 23767 | 60 | 14260 |
| Κλαδέματα αμπέλου | 133408 | 455589 | 80 | 364471 |
| Κλαδέματα ελιάς | 749522 | 1468857 | 50 | 881314 |
| Κλαδέματα ροδακινιάς | 45993 | 151729 | 80 | 121383 |
| Κλαδέματα αχλαδιάς | 4213 | 38409 | 80 | 30727 |
| Κλαδέματα μηλιάς | 14874 | 173850 | 80 | 139080 |
| Κλαδέματα βερικοκιάς | 5047 | 9829 | 80 | 7864 |
| Κλαδέματα λεμονιάς | 11917 | 49009 | 80 | 39207 |
| Κλαδέματα πορτοκαλιάς | 40050 | 190505 | 80 | 152404 |
| Κλαδέματα κερασιάς | 8613 | 24256 | 80 | 19404 |
| Κλαδέματα μανταρινιάς | 6137 | 28580 | 80 | 22864 |
| Κλαδέματα αμυγδαλιάς | 23613 | 104902 | 80 | 83921 |
| ΣΥΝΟΛΟ | | 7096331 | | 3825309 |

Πίνακας 2.2 Καλλιεργούμενες εκτάσεις και παραγόμενες ποσότητες γεωργικών υπολειμμάτων.

•**Ενεργειακές καλλιέργειες** (όπως ο μίσχανθος, η φάλαρις και το αρούντο)

| Κοινό όνομα | Εκτάρια |
|---------------------|----------------|
| Σπόροι Ελαιοκράμβης | 800000 |
| Ευκάλυπτος | 500000 |
| Ηλίανθος | 91000 |
| Ιτέα | 18000 |
| Ζαχαρότευτλο | 9400 |
| Λεύκη | 4050 |
| Μίσχανθος | 350 |
| Κενάφ | 170 |
| Γλυκό σόργο | 55 |
| Αγριαγκινάρα | 65 |
| Καλάμι | 15 |

Πίνακας 2.3 Είδη σημαντικότερων ενεργειακών καλλιεργειών στην Ευρώπη.

•**Απόβλητα**, τα οποία περιλαμβάνουν τα αστικά στερεά απόβλητα, καύσιμο από σκουπίδια, λύματα και κοπριά.

| | | |
|------------------------------------------|--------------------------------|------------|
| Απόβλητα βοοειδών | 22.168.958m³ | 55% |
| Απόβλητα χοίρων | 1.058.423 m³ | 42% |
| Απόβλητα πουλερικών | 59.238m³ | 3% |
| Απόβλητα από πρόβατα και κατσίκες | 16.879.345m³ | 0% |

Πίνακας 2.4 Εκτίμηση παραγωγής ζωικών αποβλήτων στην Ελλάδα

Σήμερα, οι πιο συμφέρουσες οικονομικά κατηγορίες βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρισμού είναι τα υπολείμματα, δηλαδή τα οργανικά υποπροϊόντα τροφών, ινών και δασικής παραγωγής. Συνήθως χρησιμοποιούνται το πριονίδι, τα κελύφη ρυζιού και η ζαχαροκαλαμοσκόνη. Κοντά σε αστικά και βιομηχανικά κέντρα είναι επίσης συνήθη υλικά χαμηλού κόστους από υπολείμματα καθαρού ξύλου (άχρηστες παλέτες και κασόνια, υπολείμματα ξυλουργείων, κ.λπ.). Η χρησιμοποίηση των υπολειμμάτων βιομάζας ως καύσιμο μπορεί να υποκαταστήσει τις αγορές συμβατικών καυσίμων, σε κάποιες χρήσεις, μειώνοντας παράλληλα το κόστος και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της απόρριψής τους.

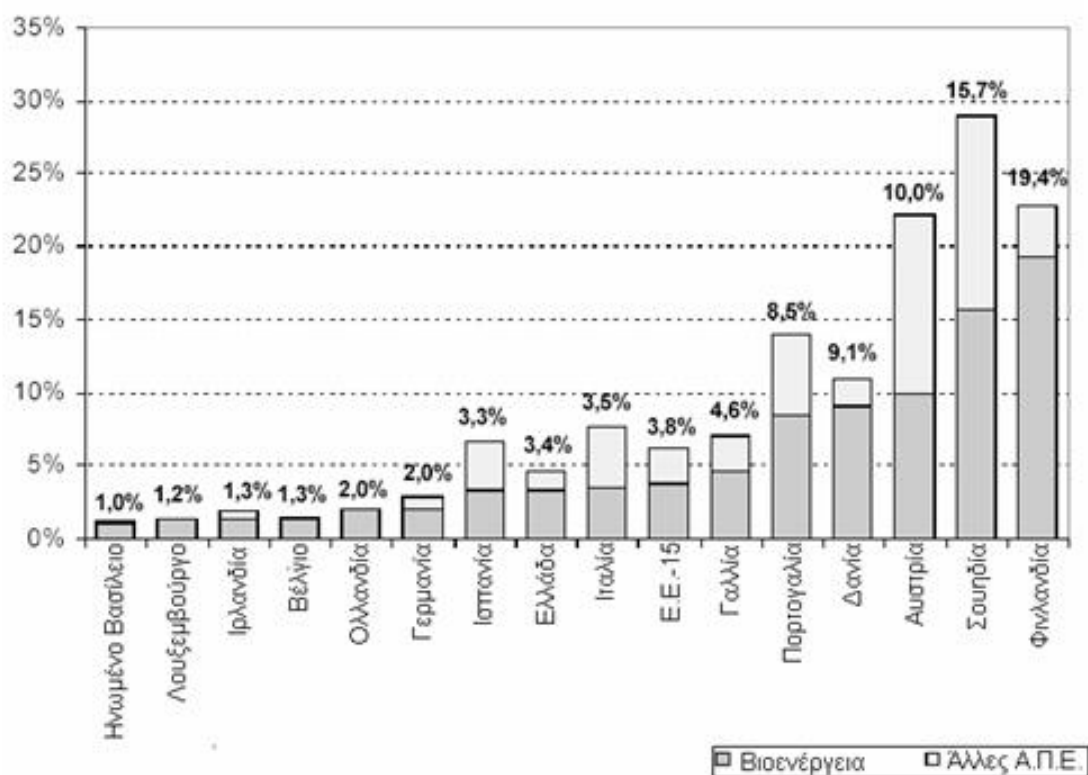
2.4 Ο ρόλος της βιομάζας στην Ευρώπη

Οι δυνατότητες της βιομάζας για το έτος 2050 και για την Ευρωπαϊκή Ένωση των 15 υπολογίζεται ότι θα είναι περίπου ίσες με 500.000ktoe/έτος, ενώ για την Ευρωπαϊκή Ένωση των 25 υπολογίζεται να βρίσκεται περίπου σε 600.000ktoe/έτος.

Η κατευθυντήρια γραμμή που έχει τεθεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, όσον αφορά τη χρήση βιομάζας για το 2010 και την Ε.Ε. των 15 είναι περίπου 135.000ktoe/έτος ενώ για την Ε.Ε. των 25 βρίσκεται στα 200.000ktoe/έτος περίπου.

Για την Ε.Ε. των 15 (σύμφωνα με στοιχεία του 2001), η παρούσα κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανέρχεται σε περίπου 1.486.000ktoe/έτος και η κατανάλωση βιομάζας σε 57.000ktoe/έτος δηλαδή αντιστοιχεί σε ποσοστό ίσο με 3,8% της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται τα μερίδια των ΑΠΕ και της βιοενέργειας σύνολο της ενδοχώρας. Πρόκειται για ενδεικτικά ποσοστά που σχετίζονται με τη βιοενέργεια μόνον, σύμφωνα με στοιχεία της Ε.Ε. για το 2001.



Σχήμα 2.2: Η βιοενέργεια στην Ευρώπη.

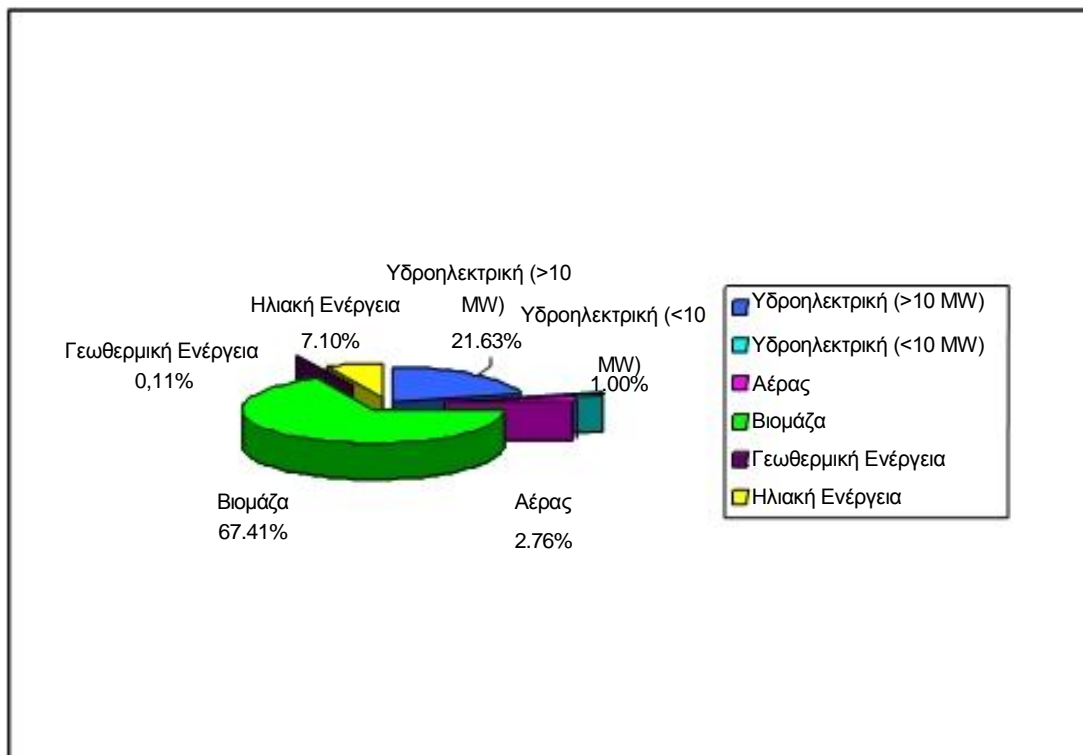
2.5 Ο ρόλος της βιομάζας στην Ελλάδα

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συνέβαλαν συνολικά 1.403ktoe στο ελληνικό ενεργειακό σύστημα το 2000. Αυτό αντιστοιχεί στο 5% του ελληνικού συνολικού ανεφοδιασμού πρωτογενούς ενέργειας (ΣΑΠΕ), ο οποίος ήταν περίπου 28.100ktoe. Η βιομάζα και η υδροηλεκτρική ενέργεια παρείχαν το μεγαλύτερο μέρος της παραχθείσας ενέργειας. Η βιομάζα (συνήθως από ξύλο, που χρησιμοποιείται άμεσα στον οικιακό τομέα) αποτέλεσε το 67,42% της συνολικής παραχθείσας ενέργειας από ΑΠΕ, και η υδροηλεκτρική το 22,63%. Η αιολική, η ηλιακή και η γεωθερμική ενέργεια αποτελούν το υπόλοιπο 9,95%. Η μέση συμμετοχή των ΑΠΕ στον ΣΑΠΕ είναι περίπου 5% τα τελευταία οκτώ χρόνια, με μικρές ετήσιες εναλλαγές που κυρίως αποδίδονται στις καιρικές συνθήκες που έχουν επιπτώσεις στην απόδοση των μεγάλων υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

Αποκλείοντας τη βιομάζα για την οικιακή κατανάλωση και τα μεγάλα υδροηλεκτρικά, η συμβολή των ΑΠΕ είναι 1,41% στον ΣΑΠΕ. Αυτή η ποσότητα αντιπροσωπεύει το μέρος της παραχθείσας ενέργειας από τις ΑΠΕ που επηρεάζεται από τις εθνικές πολιτικές και τα μέτρα και έχει αυξηθεί από 783 ktoe κατά το έτος 1990, σε 1.403 ktoe το 2000. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ήταν 4.145 GWh το 2000 με μια συνολική εγκατεστημένη ισχύ 3.334 MW. Η σημαντικότερη συμβολή στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν από τις υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις (3.693 GWh), η πλειοψηφία των οποίων ανήκει στη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού, (ΔΕΗ). Η αιολική ενέργεια συνέβαλε συνολικά 451 GWh στην ηλεκτρική ενέργεια, ενώ τα φωτοβολταϊκά συνέβαλαν μόνο κατά ένα μικρό ποσοστό, κυρίως στις εγκαταστάσεις που δεν είναι διασυνδεδεμένες με το δίκτυο. Οι εφαρμογές ηλιακής ενέργειας σχεδόν αποκλειστικά χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση υδάτων. Η Ελλάδα είναι μια από τις πρώτες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης όσον αφορά την επιφάνεια εγκατεστημένων ηλιακών θερμικών εφαρμογών, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 32% της συνολικής εγκατεστημένης επιφάνειας μεταξύ των 15 κρατών μελών της Ε.Ε. και το 27% της συνολικής παραγωγής θερμότητας.

Τα ποσοστά που αφορούν τη συνεισφορά όλων των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας στην Ελλάδα, φαίνονται στο παραπάνω σχήμα (2.3), όπου το 67.41% της συνολικής ενέργειας από ΑΠΕ, δηλαδή πάνω από το μισό, παράγεται από βιομάζα.

Σχήμα 2.3: Συνεισφορά της κάθε ΑΠΕ στη συνολική παραγωγή ενέργειας Ελλάδας.



2.6 Η αναγκαιότητα αξιοποίησης της βιομάζας

Τα περιβαλλοντικά προβλήματα που έχουν δημιουργηθεί από τη χρήση των συμβατικών μορφών ενέργειας (φαινόμενο θερμοκηπίου, όξινη βροχή κ.λπ.), η εξάντληση των αποθεμάτων πετρελαίου, του φυσικού αερίου και του άνθρακα, έχουν κάνει επιτακτική τη χρήση εναλλακτικών μορφών ενέργειας. Παγκόσμιες συμφωνίες, ευρωπαϊκές οδηγίες και εθνικές νομοθεσίες επιβάλλουν, προτείνουν και ενθαρρύνουν την παραγωγή ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές (ΑΠΕ).

2.6.1 Περιβαλλοντικά οφέλη

Υπάρχει μια γενική ομολογία για τα παγκόσμια οφέλη από τη χρήση της βιομάζας (αέρια θερμοκηπίου), τα οποία όμως δεν έχουν δημοσιοποιηθεί επαρκώς και έτσι δεν έχουν γίνει κατανοητά στους λήπτες των αποφάσεων και το ευρύ κοινό. Το κλειδί για την επιτυχημένη ανάπτυξη της βιοϊσχύος είναι η αποδοτική χρήση της πηγής με σύγχρονα συστήματα μετατροπής που μεγιστοποιούν την παραγόμενη ενέργεια και ελαχιστοποιούν τα υποπροϊόντα των διεργασιών μετατροπής.

Οι τομείς στους οποίους η βιομάζα έχει θετικές συνέπειες αναλύονται παρακάτω:

1. Ποιότητα του αέρα

Η ηλεκτροπαραγωγή με χρήση βιομάζας ή ορυκτών καυσίμων παράγει αερολύματα, όπως διοξείδιο του θείου (SO_2), οξειδία του αζώτου (NO_x) και διοξείδιο του άνθρακα (CO_2). Η χρήση της βιοϊσχύος παρέχει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

• **Μειωμένες εκπομπές θείου:** Οι περισσότερες μορφές βιομάζας περιέχουν πολύ μικρά ποσά θείου, οπότε ένας σταθμός ηλεκτροπαραγωγής βιομάζας εκπέμπει ελάχιστο διοξείδιο του θείου (SO_2), που είναι αίτιο της όξινης βροχής. Ο άνθρακας περιέχει συνήθως μέχρι 5% θείο και η μικτή καύση με βιομάζα μπορεί να μειώσει σημαντικά τις εκπομπές SO_2 του σταθμού σε σχέση με τη λειτουργία μόνο με άνθρακα. Υπάρχει μια σχέση περίπου ένα προς ένα μεταξύ της μείωσης του SO_2 και του ποσοστού της εισροής θερμότητας από βιομάζα (π.χ. η χρήση βιομάζας στο 5% της εισροής θερμότητας σε μονάδα ηλεκτροπαραγωγής άνθρακα θα μειώσει τις εκπομπές SO_2 περίπου κατά 5%).

• **Μειωμένες εκπομπές οξειδίων του αζώτου:** Πρόσφατα τεστ μικτής καύσης βιομάζας σε αρκετούς σταθμούς άνθρακα παγκοσμίως έχουν επιδείξει ότι οι εκπομπές των NO_x μπορούν να μειωθούν σε σχέση με τη λειτουργία μόνο με άνθρακα. Έτσι, με την προσεκτική ρύθμιση της διεργασίας της καύσης, η μείωση των NO_x είναι διπλάσια του λόγου της εισροής θερμότητας από βιομάζα, δηλαδή για μικτή καύση βιομάζας στο 5% της εισροής θερμότητας θα επιτευχθεί μείωση των NO_x της μονάδας κατά 10%. Εξάλλου, ακόμα μεγαλύτερες μειώσεις στα NO_x μπορούν να επιτευχθούν με τη χρήση της βιομάζας σε διάταξη μετάκαυσης, όπου έως και 20% του καυσίμου του λέβητα εγχύεται επάνω από την κύρια ζώνη καύσης.

• **Μειωμένες εκπομπές άνθρακα:** Τα φυτά κατά την ανάπτυξη τους απορροφούν CO_2 . Όταν η παραγωγή βιοϊσχύος αντιμετωπίζεται ως συνεχής κύκλος, π.χ. καλλιεργώντας ενεργειακά φυτά ή επαναφυτεύοντας αγροτεμάχια, αποτελεί έναν τρόπο ανακύκλωσης του άνθρακα. Έτσι, μπορεί η βιοϊσχύς να θεωρηθεί ως μία λύση ηλεκτροπαραγωγής που δεν διαταράσσει το ισοζύγιο του άνθρακα.

•**Μείωση άλλων εκπομπών:** Αέριο μεθάνιο (CH₄) παράγεται στις χωματερές από την αποσύνθεση υλικού βιομάζας, αλλά και από την αποσύνθεση της ζωικής κοπριάς, είτε αυτή επιστρώνεται στο έδαφος είτε αφήνεται ακάλυπτη σε στέρνες. Το μεθάνιο (το κύριο συστατικό του φυσικού αερίου), εκτονώνεται συνήθως κατ' ευθείαν στον αέρα, αλλά μπορεί να συλληχθεί και να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας.

•**Μειωμένες οσμές:** Η χρήση της ζωικής κοπριάς και του αερίου των χωματερών για την παραγωγή ενέργειας μπορεί να μειώσει τις οσμές που συνδέονται με τις συμβατικές εφαρμογές απόρριψης στο έδαφος.

2. Ποιότητα υδάτων

Η ζωική κοπριά περιέχει άζωτο, φώσφορο, κάλιο, χλώριο, και μικρά ποσά θείου, που μπορεί να μολύνουν το νερό. Κανονικά, η κοπριά χρησιμοποιείται ως λίπασμα ή χωνεύεται σε στέρνες παρόμοιες με αυτές που χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας των λυμάτων. Και οι δύο αυτές εφαρμογές εδάφους μπορούν να προκαλέσουν τη διήθηση των παραπάνω ουσιών στα υπόγεια ύδατα ή την άμεση απόληξη τους σε έναν υδροφόρο με την απορροή των όμβριων υδάτων. Η χρήση της ζωικής κοπριάς ως πηγής καυσίμου περιορίζει τη μόλυνση των υδάτων μειώνοντας την απορροή των ουσιών αυτών.

3. Χρήσεις των γαιών

Τα ξυλώδη υλικά και τα υπολείμματα των κήπων αποτελούν το 20% περίπου του συνολικού ποσού των μη βλαβερών αποβλήτων που εισέρχονται στις χωματερές. Ένα μέρος των υλικών αυτών είναι μολυσμένο και κατάλληλο μόνο για απόρριψη. Η χρήση των «καθαρών» αποβλήτων ως καύσιμο αποσπά μία ποσότητα από τα υλικά που απορρίπτονται στις χωματερές, επεκτείνοντας έτσι τη ζωή / χωρητικότητα τους. Αυτή η πρακτική επίσης εξαλείφει τις εκπομπές μεθανίου που θα προέρχονταν από την ενταφιασμένη βιομάζα.

Από την άλλη, οι ενεργειακές καλλιέργειες αναπτύσσονται σε μη αξιοποιημένες γεωργικές εκτάσεις. Γενικά, δεν αντικαθιστούν βοσκότοπους, υδροβιότοπους, φυσικά δάση ή γεωργική γη υψηλής αξίας, ενώ απαιτούν λιγότερα παρασιτοκτόνα και ζιζανιοκτόνα σε σχέση με τις άλλες καλλιέργειες, μειώνοντας έτσι την απορροή χημικών στα επιφανειακά ή υπόγεια ύδατα. Τα συστήματα των ριζών συγκρατούν το χώμα και μειώνουν τη διάβρωση, βελτιώνοντας έτσι την ποιότητα των επιφανειακών υδάτων, φιλτράρουν τα γεωργικά χημικά εμποδίζοντας τα να εισέλθουν στα ρυάκια, και ανακόπτουν τα θρεπτικά στοιχεία από το να εισέλθουν στα υπόγεια ύδατα.

2.6.2 Οικονομικά και κοινωνικά οφέλη

Από τη βιομάζα μπορεί να ωφεληθεί η ενεργειακή ασφάλεια των κρατών καθώς, με τη διερεύνηση του φάσματος των πηγών τροφοδοσίας τους, οι χώρες οχυρώνονται, ενδυναμώνουν την οικονομία τους, και βελτιώνουν το εμπορικό τους ισοζύγιο. Ένα εξίσου βασικό όφελος είναι η ανάπτυξη της αγροτικής οικονομίας, αφού η βιομάζα είναι ογκώδης και η μεταφορά της ακριβή, οπότε οι εγκαταστάσεις μετατροπής της θα πρέπει να είναι κοντά στους τόπους διάθεσης της. Εξάλλου, οι αγρότες αναζητούν άλλες εμπορικές καλλιέργειες ή πηγές προσόδων ενώ, όσο αναπτύσσεται ο πληθυσμός πέρα από τις αστικές και προαστιακές περιοχές, τόσο μεγαλώνουν οι ανάγκες για ηλεκτροδότηση των αγροτικών περιοχών.

Η χρήση των υπολειμμάτων των καλλιεργειών ως καυσίμων για ηλεκτροπαραγωγή μπορεί να βελτιώσει τα οικονομικά της γεωργίας μειώνοντας το κόστος απόρριψης και παρέχοντας εναλλακτικές πηγές εσόδων. Οι ενεργειακές καλλιέργειες ανοίγουν μια εντελώς νέα αγορά για τη γεωργία, που έχει το δυναμικό να αποτελέσει μια σταθερή πηγή εισοδήματος στην αγροτική κοινωνία. Για παράδειγμα, σύμφωνα με εκτιμήσεις του ινστιτούτου EPRI, η παραγωγή 5 πεντάκις εκατ. Watt ηλεκτρισμού σε 20 εκατ. εκτάρια γης θα αύξανε το γεωργικό εισόδημα κατά 12 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως (για σύγκριση, οι ΗΠΑ καταναλώνουν περίπου 90 πεντάκις εκατ. Watt ανά έτος).

Τέλος, δεν είναι πλέον επιθυμητή για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών η κατασκευή μεγάλων σταθμών ηλεκτροπαραγωγής βάσης, ειδικά στις περισσότερες απομακρυσμένες περιοχές. Οι μικρές εγκαταστάσεις βιοισχύος έχουν μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις και μπορούν να λειτουργούν με τις τοπικά παραγόμενες πρώτες ύλες. Συμπερασματικά, η χρήση της βιομάζας επιφέρει τριπλό όφελος στον αγροτικό πληθυσμό, αφού διατηρεί τον πλούτο κοντά, αμείβει τους αγρότες για την παραγωγή των καυσίμων βιομάζας και παρέχει καθαρή ενέργεια.

2.7 Η πολιτική της Ε.Ε. για την αξιοποίηση της βιομάζας

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, ακολουθώντας τις κατευθύνσεις της Συνθήκης του Κιότο, έχει ως στόχο τη μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 8% σε σύγκριση με το 1990, κατά το διάστημα 2008-2012. Επιπλέον, στόχος για την Ε.Ε. είναι ο διπλασιασμός του ποσοστού ΑΠΕ από 6% σε 12% της εγχώριας παραγωγής ενέργειας έως το 2012. Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης μέχρι το 2010, κατά 18% σε σύγκριση με το 1995, αποτελεί έναν ακόμη στόχο για τους Ευρωπαίους εταίρους, καθώς και η ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού της Ένωσης.

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων, η Ε.Ε. χρησιμοποιεί κάποια «εργαλεία», τα οποία επιγραμματικά είναι:

- 1.Λευκή Βίβλος για την ενέργεια
- 2.Λευκή Βίβλος για τις ΑΠΕ και σχέδιο δράσης
- 3.Πράσινη Βίβλος για την ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού
- 4.Οδηγίες
- 5.Προγράμματα στήριξης

Η Λευκή Βίβλος για την ενέργεια, που εκδόθηκε τον Ιανουάριο του 1996, αφορά την προστασία του περιβάλλοντος, την ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού και την βιομηχανική ανταγωνιστικότητα.

Η Λευκή Βίβλος για τις ΑΠΕ, που εκδόθηκε στις 26 Νοεμβρίου του 1996, αφορά τον διπλασιασμό του ποσοστού της συνολικής εγχώριας ενεργειακής παραγωγής από 6% σε 12% μέχρι το 2010, τον καθορισμό των δευτερευόντων στόχων, την ευελιξία της Ένωσης ως προς τη διεύρυνσή της και επιβάλλει την καθιέρωση τριετούς ανασκόπησης των πεπραγμένων σχετικά με τις ΑΠΕ.

Το Σχέδιο Δράσης αφορά τα μέτρα που λαμβάνονται στις εσωτερικές αγορές των χωρών και την επιβολή της ευρωπαϊκής πολιτικής, την προώθηση της μεθόδου take-off (10.000MW_{th} για εργοστάσια με χρήση βιομάζας και 5 εκατομμύρια τόνοι υγρά βιοκαύσιμα) και την βελτίωση της συνεργασίας μεταξύ των χωρών.

Η Πράσινη Βίβλος για την ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού αφορά γεωπολιτικούς, οικονομικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες. Τα κύρια σημεία της Πράσινης Βίβλου είναι η ικανοποίηση των ενεργειακών απαιτήσεων της Ένωσης (ολοκλήρωση των εσωτερικών αγορών, ανανέωση της ενεργειακής φορολογίας, εξοικονόμηση ενέργειας, ποικιλία των μορφών ενέργειας και εισαγωγή νέων τεχνολογιών), ο έλεγχος της ενεργειακής εξάρτησης (οι ΑΠΕ πρώτη επιλογή για την ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού, το περιβάλλον και τους αγροτικούς πληθυσμούς, διατήρηση πρόσβασης στις ενεργειακές πηγές και διασφάλιση ενεργειακού εφοδιασμού από το εξωτερικό) και η ανάπτυξη των ΑΠΕ (στόχος το 12% της συνολικής εγχώριας ενεργειακής παραγωγής έως το 2010, διαφοροποιημένες πολιτικές ανά είδος ΑΠΕ, οικονομικές ή φορολογικές ελαφρύνσεις για την προώθηση των ΑΠΕ).

Οι Οδηγίες περιλαμβάνουν:

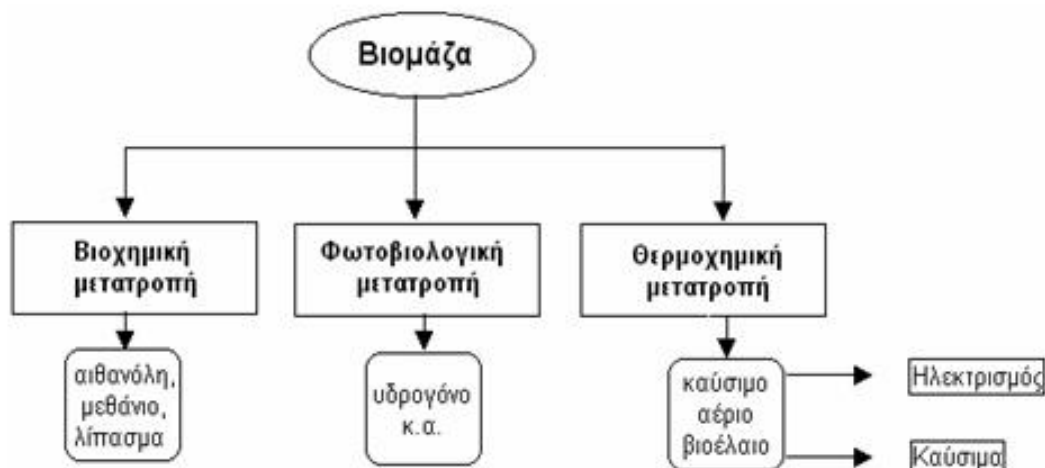
- την προώθηση της συμπαραγωγής ενέργειας βάσει της ζήτησης για χρήσιμη θερμότητα στην εσωτερική αγορά ενέργειας (Οδηγία 2004/8/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 11ης Φεβρουαρίου 2004),
- τη θέσπιση συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου εντός της Κοινότητας και την τροποποίηση της οδηγίας 96/61/EK του Συμβουλίου (Οδηγία 2003/87/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 13ης Οκτωβρίου 2003),
- την αναδιάρθρωση του κοινοτικού πλαισίου φορολογίας των ενεργειακών προϊόντων και της ηλεκτρικής ενέργειας (Οδηγία 2003/96/EK του Συμβουλίου, της 27ης Οκτωβρίου 2003),
- κοινούς κανόνες για την εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας (Οδηγία 2003/54/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 26ης Ιουνίου 2003),
- την προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για τις μεταφορές (Οδηγία 2003/30/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 8ης Μαΐου 2003),
- τον περιορισμό των εκπομπών στην ατμόσφαιρα ορισμένων ρύπων (Οδηγία 2001/80/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 23ης Οκτωβρίου 2001),
- και την πρόκριση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας (Οδηγία 2001/77/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 27ης Σεπτεμβρίου 2001).

Τα Προγράμματα Στήριξης που σχετίζονται με την ενεργειακή πολιτική της Ε.Ε. είναι κατά βάση το Πέμπτο πλαίσιο στήριξης με σκοπό την τεχνολογική ανάπτυξη (προϋπολογισμός 1042 εκατομμύρια Ευρώ για το διάστημα 1998-2002), το Altener II σε μια προσπάθεια υπερπήδησης των μη τεχνικών προβλημάτων (προϋπολογισμός 74 εκατομμύρια Ευρώ για το διάστημα 1998-2002) καθώς και προγράμματα στήριξης που αφορούν εθνικές πολιτικές και φορείς για την ανάπτυξη των ΑΠΕ (προϋπολογισμός 487 εκατομμύρια Ευρώ). Πιο πρόσφατα προγράμματα στήριξης είναι το Έκτο πλαίσιο στήριξης (για τα έτη 2002-2006), η Έξυπνη ενέργεια για την Ευρώπη (για τα έτη 2003- 2006) και το πρόγραμμα SYNERGY.

Τέλος ευρωπαϊκοί οργανισμοί που σχετίζονται με τις ΑΠΕ και ειδικότερα με την βιομάζα είναι υπεύθυνοι για την ανάπτυξή τους και συντελούν στην προώθησή της.

2.8 Τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας

Η βιομάζα μπορεί να μετατραπεί σε χρήσιμα προϊόντα με μεγαλύτερη αξία (αναβάθμιση της βιομάζας) από το κέρδος που έχουμε με την καύση της. Η μετατροπή αυτή της βιομάζας γίνεται κυρίως με δυο γενικές κατηγορίες διεργασιών, (α) Τις θερμοχημικές διεργασίες, όπου θερμότητα ή / και καταλύτες χρησιμοποιούνται για να αποσυντεθεί η βιομάζα σε ενδιάμεσα ή τελικά προϊόντα (διεργασίες αεριοποίησης, πυρόλυσης), (β) Τις βιοχημικές διεργασίες, όπου διάφοροι μικροοργανισμοί και ένζυμα χρησιμοποιούνται για να μετατρέψουν τη βιομάζα σε χρήσιμα προϊόντα (ζύμωση και αναερόβια χώνευση). Μια τρίτη κατηγορία διεργασιών περιλαμβάνει τις φωτοβιολογικές διεργασίες, οι οποίες στοχεύουν στη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε καύσιμα και χημικά με μεγαλύτερη απόδοση από ό,τι η διεργασία της φωτοσύνθεσης. Για παράδειγμα, οι φωτοσυνθετικές δραστηριότητες των βακτηρίων και των χλωροφυκών έχουν χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή υδρογόνου από το νερό και το φως. Οι διάφορες διεργασίες μετατροπής της βιομάζας παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.4.



Σχήμα 2.4. Σχήματα μετατροπής-αναβάθμισης της βιομάζας

Η μετατροπή της βιομάζας, είναι ακόμη μη αποδοτική και δαπανηρή. Προς το παρόν η οικονομικότερη λύση είναι η "μικτή καύση" με άλλα καύσιμα (ακόμη και για παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος). Παρακάτω δίνονται οι τεχνολογίες ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας, οι οποίες ανήκουν στην κατηγορία των θερμοχημικών διεργασιών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΘΕΡΜΟΧΗΜΙΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Η βιομάζα αποτελούσε ανέκαθεν μια σημαντικά πηγή ενέργειας για την ανθρωπότητα και στο παρόν εκτιμάται ότι συνεισφέρει σε ποσοστό 10 - 14 % στο παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο.

Η μετατροπή της βιομάζας σε ενέργεια μπορεί να επιτευχθεί με πλήθος τρόπων. Για να είναι ένα καύσιμο κατάλληλο για άμεση τροφοδότηση στις μηχανές αερίων ανάφλεξης με σπίθα, πρέπει να βρίσκεται είτε σε αέρια είτε σε υγρή μορφή. Η παραγωγή αερίου καυσίμου από τη βιομάζα μπορεί να επιτευχθεί με αρκετές τεχνολογίες, καθεμία με τις ειδικές της απαιτήσεις, πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Αρχικά οι τεχνολογίες χωρίζονται σε δύο βασικές γενικές κατηγορίες:

- 1.θερμοχημικές
- 2.βιοχημικές/ βιολογικές

Μια τρίτη μέθοδος είναι η μηχανική εξαγωγή (με εστεροποίηση) για την παραγωγή ενέργειας από βιομάζα, π.χ. παραγωγή βιοντίζελ. Στις θερμοχημικές τεχνολογίες υπάρχουν τέσσερις διαθέσιμες επιλογές διεργασιών:

- 1.Καύση
- 2.Πυρόλυση
- 3.Αεριοποίηση
- 4.Υγροποίηση

Παρακάτω αναλύονται επιγραμματικά οι τεχνολογίες που εφαρμόστηκαν κατά την παρούσα μελέτη.

3.1 Πυρόλυση

Η πυρόλυση της βιομάζας μπορεί να περιγραφεί ως η άμεση θερμική αποσύνθεση του οργανικού μέρους της βιομάζας απουσία οξυγόνου για να αποκτηθεί μια παράταξη από στερεά, υγρά και αέρια προϊόντα. Είναι μια θερμοχημική διεργασία η οποία μετατρέπει βιομάζα σε υγρά (βίο-έλαιο ή βίο-ακατέργαστο), στερεό ανθρακικό υπόλειμμα και μη-συμπυκνωμένα αέρια, ακετονικό οξύ, ακετόνη και μεθανόλη με τη θέρμανση της βιομάζας σε θερμοκρασίες 500°C απουσία αέρα. Μπορεί να γίνει προσαρμογή της μεθόδου ώστε να ευνοηθεί ο σχηματισμός του στερεού ανθρακικού υπολείμματος, του ελαίου της πυρόλυσης, των αερίων ή της μεθανόλης με απόδοση 95,5% καύσιμο προς την τροφοδοσία. Η πυρόλυση είναι η βασική θερμοχημική διεργασία για τη μετατροπή της βιομάζας σε πιο χρήσιμο καύσιμο. Η βιομάζα θερμαίνεται απουσία οξυγόνου, ή αναφλέγεται μερικώς σε περιορισμένη τροφοδοσία οξυγόνου, για να παραχθεί ένα μείγμα πλούσιο σε υδρογονάνθρακες, ένα ελαιώδες υγρό και υπόλειμμα εμπλουτισμένο σε άνθρακα.

Για μεγιστοποίηση της απόδοσης των υγρών προϊόντων που προέρχονται από την πυρόλυση βιομάζας απαιτούνται, χαμηλή θερμοκρασία, υψηλοί ρυθμοί θέρμανσης και μικροί χρόνοι παραμονής των αερίων της διεργασίας. Για υψηλή παραγωγή κάρβουνου θα πρέπει να επιλεγεί μια χαμηλή θερμοκρασία και διεργασία χαμηλού ρυθμού θέρμανσης. Εάν ο σκοπός είναι να μεγιστοποιηθεί η απόδοση των καύσιμων αερίων τα οποία παράγονται από την πυρόλυση θα πρέπει να προτιμηθεί υψηλή θερμοκρασία, χαμηλός ρυθμός θέρμανσης, και διεργασία μακρού χρόνου παραμονής. Η ταχεία πυρόλυση για την παραγωγή υγρών είναι ιδιαίτερου ενδιαφέροντος αυτή τη στιγμή. Η ταχεία πυρόλυση συμβαίνει μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα ή και λιγότερο. Άρα δεν παίζει σημαντικό ρόλο μόνο η κινητική των χημικών αντιδράσεων αλλά και οι διεργασίες μεταφοράς θερμότητας και μάζας. Το κρίσιμο σημείο είναι να βρεθεί το αντιδρών σωματίδιο της βιομάζας στη βέλτιστη θερμοκρασία της διεργασίας και να ελαχιστοποιηθεί η έκθεσή του στις ενδιάμεσες (χαμηλότερες θερμοκρασίες) οι οποίες ευνοούν το σχηματισμό κάρβουνου. Ένας τρόπος με τον οποίο αυτό μπορεί να επιτευχθεί είναι με τη χρήση μικρών σωματιδίων, για παράδειγμα στις διεργασίες ρευστής κίνησης οι οποίες περιγράφονται αργότερα. Ακόμη μια δυνατότητα είναι η μεταφορά θερμότητας ταχύτατα μόνο στην επιφάνεια των σωματιδίων που έρχονται σε επαφή με την πηγή της θερμότητας (αυτή η μέθοδος εφαρμόζεται στις διεργασίες επαφής που περιγράφονται παρακάτω).

Πίνακας 3.1: Τυπικές αποδόσεις προϊόντων (επί ξηρής βάσης ξύλου) που αποκτώνται από διαφορετικούς τύπους πυρόλυσης του ξύλου.

| | | Υγρό | Στερεό | Αέριο |
|-----------------|-------------------------------------------------------------|------|--------|-------|
| Ταχεία πυρόλυση | Μέτρια θερμοκρασία, μικροί χρόνοι παραμονής ιδιαίτερα ατμών | 75 | 12 | 13 |
| Ανθρακοποίηση | Χαμηλή θερμοκρασία, πολύ μεγάλοι χρόνοι παραμονής | 30 | 35 | 35 |
| Αεριοποίηση | Υψηλές θερμοκρασίες, μεγάλοι χρόνοι παραμονής | 5 | 10 | 85 |

Η θερμογόνος δύναμη του στερεού υπολείμματος που αποκτάται από την πυρόλυση είναι συγκρίσιμη με αυτή του λιγνίτη και του στερεού ανθρακικού υπολείμματος και η θερμογόνος δύναμη των υγρών είναι συγκρίσιμη με αυτήν των οξυγονωμένων καυσίμων, όπως τα CH_3OH και $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, που είναι πολύ χαμηλότερη από αυτή του καύσιμου πετρελαίου. Η θερμογόνος δύναμη των αερίων είναι συγκρίσιμη με αυτήν του παράγωγου αερίου ή του αερίου του κάρβουνου και είναι πολύ χαμηλότερη από αυτή του φυσικού αερίου.

Η πυρόλυση παράγει ενεργειακά καύσιμα με υψηλές αναλογίες καυσίμου προς τροφοδοσία, κάνοντας την, την πιο αποδοτική διεργασία για μετατροπή βιομάζας και την πιο ικανή μέθοδο να ανταγωνιστεί με και εν τέλει να αντικαταστήσει τις μη-ανανεώσιμες ορυκτές πηγές ενέργειας.

Σύσταση των παραγόμενων κλασμάτων της πυρόλυσης.

Η διεργασία της πυρόλυσης αποτελείται από μια πολύ περίπλοκη διαδοχή αντιδράσεων που περιλαμβάνει το σχηματισμό ριζών. Η συμβατική πυρόλυση αποτελείται από την αργή, μη-αναστρέψιμη, θερμική αποσύνθεση των οργανικών στοιχείων στη βιομάζα. Η ταχεία πυρόλυση χαρακτηρίζεται από υψηλούς ρυθμούς θέρμανσης και ταχεία ψύξη των υγρών προϊόντων για να καθοριστεί η δευτερεύουσα μετατροπή των προϊόντων.

Εξαρτώμενο από τη θερμοκρασία της πυρόλυσης, το κλάσμα του στερεού υπολείμματος περιέχει ανόργανα υλικά τα οποία έχουν γίνει στάχτη σε ποικίλους βαθμούς, οποιοδήποτε μη-μετασχηματισμένο οργανικό στερεό και ανθρακώδη υπολείμματα που παράγονται από την θερμική αποσύνθεση των οργανικών στοιχείων.

Το υγρό κλάσμα είναι ένα περίπλοκο μείγμα νερού και οργανικών χημικών. Για υψηλά κυτταρινική τροφοδοσία βιομάζας, το υγρό κλάσμα συνήθως περιέχει οξέα, αλκοόλες, αλδεΐδες, κετόνες, εστέρες, ετεροκυκλικά παράγωγα και συστατικά φαινόλων. Τα υγρά προϊόντα της πυρόλυσης είναι περίπλοκα μείγματα οξυγονωμένων αρωματικών και αλιφατικών συστατικών. Οι πίσσες περιέχουν έμφυτες ρητίνες, μεσαίους υδρογονάνθρακες, φαινόλες, αρωματικά, αλδεΐδες, τα συμπυκνωμένα προϊόντα τους και άλλα παράγωγα. Τα οξέα της πυρόλυσης μπορεί να αποτελούνται από 50% CH_3OH , $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ (ακετόνη), φαινόλες και νερό. Το CH_3OH μπορεί να παραχθεί από την πυρόλυση της βιομάζας. Το CH_3OH προκύπτει από ομάδες μεθοξυλίων ουρικού οξέος και από την κατάρρευση των μεθύλεστέρων και / ή αιθέρων από την αποσύνθεση των υλικών των φυτών που έχουν μορφή πεκτίνης. Το ακετικό οξύ προκύπτει από τις ακετυλικές ομάδες της ημι-κυτταρίνης [30]. Τα παραγόμενα υγρά της πυρόλυσης έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν ως υποκατάστατα καύσιμων υγρών και έχουν θερμογόνο δύναμη της τάξης του 40-50% αυτής των καύσιμων υδρογονανθράκων.

Τα αέρια της πυρόλυσης κυρίως περιέχουν CO , CO_2 , CH_4 , H_2 , C_2H_6 , C_2H_4 , μικρά ποσά ανώτερων οργανικών και νερό σε ατμό.

Η πρωταρχική αποσύνθεση του υλικού της βιομάζας (<400°C) αποτελείται από μια διεργασία υποβιβασμού, ενώ η δευτερεύουσα θερμόλυση (>400°C) περιλαμβάνει τη διεργασία αρωματοποίησης.

Μερικοί καταλύτες έχουν χρησιμοποιηθεί για να βελτιώσουν τα χαρακτηριστικά των προϊόντων της πυρόλυσης. Συγκεκριμένα τα οξυγονωμένα, στα υγρά της πυρόλυσης μπορούν να μειωθούν χρησιμοποιώντας καταλύτες τύπου ζεόλιθων. Επίσης βασισμένοι σε μια μελέτη, βγήκε το συμπέρασμα ότι υπάρχουν φυσικοί καταλύτες στη βιομάζα οι οποίοι επηρεάζουν ουσιαστικά τη παραγωγή υψηλής απόδοσης χημικών. Η αφαίρεση ή ενίσχυση αυτών των καταλυτών είχε ένα δραματικό αποτέλεσμα στην απόδοση των προϊόντων και στη σύστασή τους. Οι ατμοί της πυρόλυσης μπορούν να διασπαστούν καταλυτικά με ζεόλιθους για να δώσουν αρωματικές ενώσεις και άλλα προϊόντα υδρογονανθράκων. Κατά τη διάρκεια της πυρόλυσης της βιομάζας, αυτά τα ανόργανα, ειδικά τα K και Ca, καταλύουν τις αντιδράσεις αποσύνθεσης της βιομάζας και του σχηματισμού του στερεού ανθρακικού υπολείμματος. Το στερεό ανθρακικό υπόλειμμα που σχηματίζεται σε αυτές τις αντιδράσεις αναπόφευκτα καταλήγει στα έλαια της πυρόλυσης της βιομάζας (στα ακατέργαστα έλαια) καθώς απορρίπτεται με τη μορφή σωματιδίων μεγέθους υπό-εκατομμυριοστού.

3.1.1 Ταχεία πυρόλυση

Επειδή στην παρούσα πειραματική διεργασία χρησιμοποιήθηκε η ταχεία πυρόλυση θα αναφερθούν επιγραμματικά οι βασικές αρχές της ταχείας πυρόλυσης και λεπτομέρειες για τον αντιδραστήρα. Η ταχεία πυρόλυση μπορεί να παράγει κατευθείαν ένα υγρό καύσιμο από τη βιομάζα το οποίο μπορεί απευθείας να αποθηκευθεί ή να μεταφερθεί. Η βιομάζα είναι ένα μείγμα ημί - κυτταρίνης, κυτταρίνης, λιγνίνης και άλλων οργανικών τα οποία πυρολύονται ή υποβαθμίζονται σε διαφορετικούς ρυθμούς και με διαφορετικούς μηχανισμούς και μονοπάτια. Ο ρυθμός και η έκταση της αποσύνθεσης καθενός από αυτά τα συστατικά εξαρτάται από τις παραμέτρους της διεργασίας του αντιδραστήρα πυρόλυσης όπως η θερμοκρασία, ο ρυθμός θέρμανσης βιομάζας και η πίεση. Ο βαθμός της δευτερεύουσας αντίδρασης (και επομένως και της απόδοσης των προϊόντων) των αερίων / ατμών προϊόντων εξαρτάται από το ιστορικό του χρόνου-θερμοκρασίας στο οποίο αυτά υπόκεινται πριν από τη συλλογή που περιλαμβάνει την επιρροή της διαμόρφωσης του αντιδραστήρα.

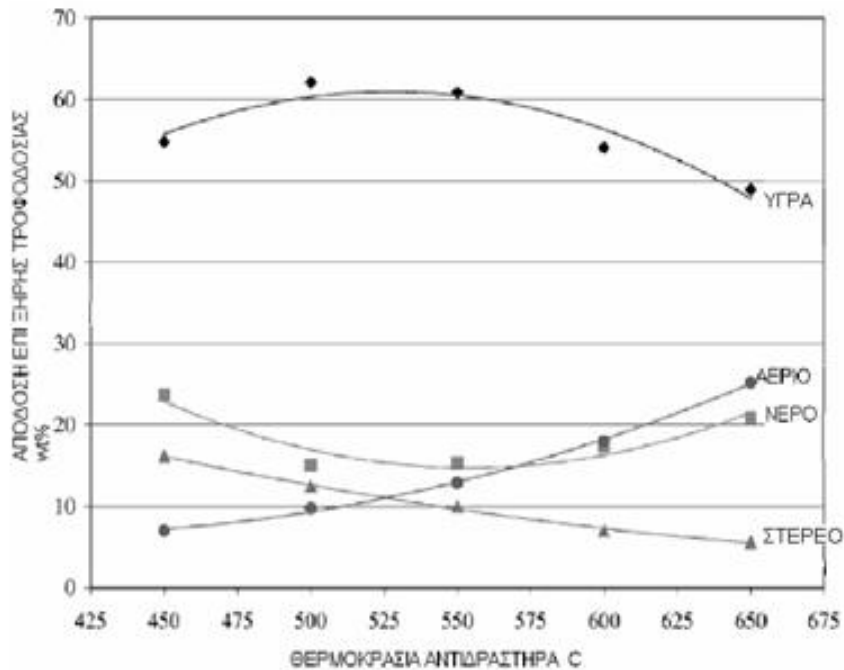
Η ταχεία πυρόλυση είναι μια διεργασία υψηλής θερμοκρασίας στην οποία η βιομάζα θερμαίνεται ταχύτερα απουσία οξυγόνου. Ως αποτέλεσμα του τελευταίου η βιομάζα αποσυντίθεται για να σχηματίσει κυρίως ατμούς και αεροζόλ και κάποιο στερεό υπόλειμμα. Η παραγωγή υγρών απαιτεί πολύ χαμηλή παραμονή ατμών για να ελαχιστοποιηθούν οι δευτερεύουσες αντιδράσεις, τυπικά 1s, παρόλο που επιτρεπές αποδόσεις μπορούν να αποκτηθούν σε χρόνους παραμονής μέχρι και 5s εάν η θερμοκρασία των ατμών κρατηθεί κάτω από τους 400°C. Αφού ψυχθεί και συμπυκνωθεί, ένα σκούρο καφέ ευμετάβλητο υγρό σχηματίζεται το οποίο έχει θερμογόνο δύναμη περίπου τη μισή αυτής ενός συμβατικού καύσιμου λαδιού. Ενώ σχετίζεται με τις παραδοσιακές διεργασίες πυρόλυσης για τη δημιουργία στερεού ανθρακικού υπολείμματος, η ταχεία πυρόλυση είναι μια προηγμένη τεχνολογία η οποία ελέγχεται προσεκτικά για να δώσει υψηλές αποδόσεις υγρών. Η έρευνα έχει δείξει ότι οι μέγιστες αποδόσεις υγρών αποκτώνται με υψηλούς ρυθμούς θέρμανσης, σε θερμοκρασίες αντίδρασης γύρω στους 500°C και με μικρούς χρόνους παραμονής ατμών για να ελαχιστοποιηθούν οι δευτερεύουσες αντιδράσεις. Συγκεντρωμένη μορφή δεδομένων δείχνεται στο παρακάτω σχήμα για τυπικά προϊόντα από ταχεία πυρόλυση ξύλου. Οι τεχνολογίες ταχείας πυρόλυσης αξιοποιούν πολύ μικρούς χρόνους παραμονής μεταξύ 30 και 1500ms και θερμοκρασίες αντιδραστήρα γύρω στους 500°C. Τόσο ο χρόνος παραμονής όσο και ο έλεγχος της θερμοκρασίας είναι σημαντικά για να παγώσουν τα ενδιάμεσα που έχουν μεγαλύτερο χημικό ενδιαφέρον. Σε συνδυασμό με μέτριες θερμοκρασίες φάσεων αερίου/ατμού 400-500°C πριν από την ανάκτηση των προϊόντων μεγιστοποιείται η απόδοση των οργανικών υγρών. **Τα απαραίτητα χαρακτηριστικά μιας διεργασίας ταχείας πυρόλυσης είναι:**

1.πολύ υψηλή θέρμανση και ρυθμοί μεταφοράς θερμότητας, το οποίο συνήθως απαιτεί πολύ καλά αλεσμένη τροφοδοσία βιομάζας.

2.προσεκτικά ελεγχόμενη θερμοκρασία αντίδρασης της πυρόλυσης γύρω στους 500°C στην φάση των ατμών, με μικρούς χρόνους παραμονής των ατμών τυπικά μικρότερα από 2s.

3.γρήγορη ψύξη των ατμών της πυρόλυσης για να δώσουν τα προϊόντα του βίο - ελαίου.

Το κύριο προϊόν, το βίο-έλαιο, είναι ένα μείγμα πολικών οργανικών (περίπου 75–80κ.β.%) και νερού (περίπου 20 - 25κ.β.%). Αποκτάται σε αποδόσεις περίπου 80%κ.β. σε σύνολο (υγρή βάση) σε ξηρή τροφοδοσία, μαζί με παραπροϊόν στερεό ανθρακικό υπόλειμμα και αέριο τα οποία είναι, ή μπορούν να είναι, χρήσιμα μέσα στη διεργασία έτσι ώστε να μην υπάρχουν ρεύματα με απόβλητα .



Σχήμα 3.1: Μεταβολή των προϊόντων (αέρια, υγρά και στερεά) από την ταχεία πυρόλυση με τη μεταβολή της θερμοκρασίας.

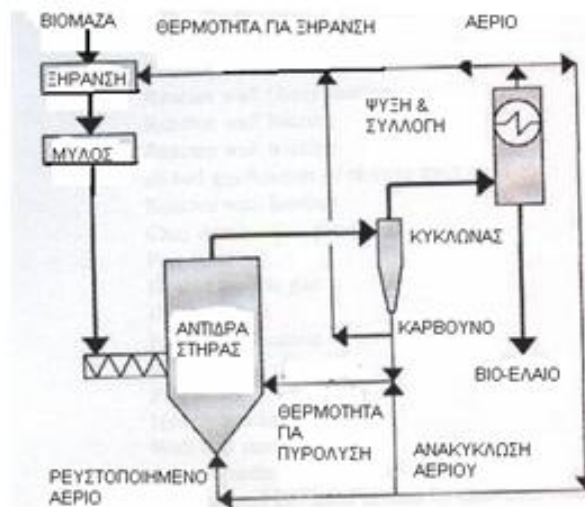
Τα υγρά που χρησιμοποιούνται ως καύσιμα μπορούν να παραχθούν με μακρύτερους χρόνους παραμονής (μέχρι περίπου 5s) και σε μια ευρύτερη ποικιλία θερμοκρασιών παρόλο που **οι αποδόσεις μπορούν να επηρεαστούν με 2 τρόπους:**

η δευτερεύουσα αποσύνθεση των πτητικών σε θερμοκρασίες πάνω από 500°C και

οι αντιδράσεις συμπύκνωσης σε θερμοκρασίες προϊόντων αέρια / ατμός κάτω από 400°C.

Πολύ χαμηλοί χρόνοι παραμονής καταλήγουν σε ημιτελή από-πολυμερισμό της λιγνίνης εξαιτίας τυχαίας διάσπασης των δεσμών και της αλληλό-αντίδρασης των μακρό-μορίων της λιγνίνης που καταλήγουν σε ένα λιγότερο ομογενές υγρό προϊόν, ενώ μεγαλύτεροι χρόνοι παραμονής μπορεί να προκαλέσουν δευτερεύουσα διάσπαση των πρωταρχικών προϊόντων, μειώνοντας την απόδοση και ποικιλοτρόπως επηρεάζοντας τις ιδιότητες του βίο-ελαίου.

Ενώ μια μεγάλη ποικιλία διαμόρφωσης αντιδραστήρων έχει τεθεί σε λειτουργία, οι αντιδραστήρες ρευστής κλίνης είναι η πιο διαδεδομένη διαμόρφωση εξαιτίας της ευκολίας στη λειτουργία τους και στην ετοιμότητα τους για κλιμάκωση. Μια τυπική διαμόρφωση αντιδραστήρα ρευστής κλίνης με φυσαλίδες απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα με εκμετάλλευση του αέριου παρά - προϊόντος και του στερεού ανθρακικού υπολείμματος για την παροχή θερμότητας στη διεργασία. Το σχήμα περιλαμβάνει τα απαραίτητα βήματα ξήρανσης της τροφοδοσίας σε ποσοστό μικρότερο από 10% της υγρασίας για να ελαχιστοποιηθεί το νερό στο παραγόμενο υγρό έλαιο, και άλεσμα της τροφοδοσίας σε κοκκομετρία περίπου 2mm για να υπάρχουν επαρκώς μικρά σωματίδια για-την εξασφάλιση ταχείας αντίδρασης.

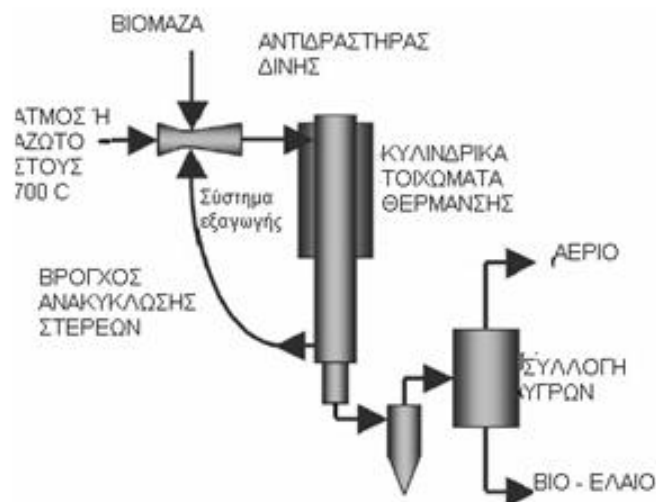


Σχήμα 3.2: Θεωρητική διεργασία αντιδραστήρα ρευστής κλίνης ταχείας πυρόλυσης.

Διαμόρφωση αντιδραστήρα.

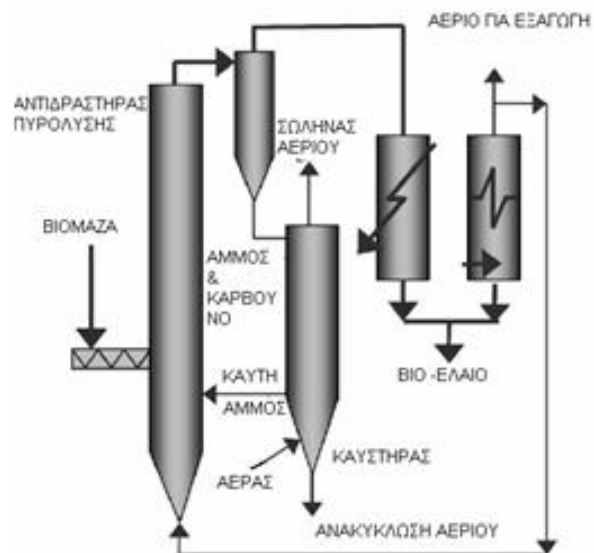
Η πυρόλυση, ίσως περισσότερο από οποιαδήποτε άλλη τεχνολογία μετατροπής, έχει λάβει αξιόλογη δημιουργικότητα και πρωτοτυπία στην επινόηση συστημάτων αντιδραστήρων οι οποίοι παρέχουν τα απαραίτητα συστατικά υψηλών ρυθμών θέρμανσης, μέτριων θερμοκρασιών και σύντομους χρόνους παραμονής προϊόντων ατμού για τα υγρά. **Υπάρχουν τρεις κύριες μέθοδοι με τις οποίες μπορεί να επιτευχθεί ταχεία πυρόλυση.**

1) Πυρόλυση επαφής, στην οποία η βιομάζα πιέζεται πάνω σε θερμαινόμενη επιφάνεια η οποία κινείται ταχέως. Η βιομάζα λιώνει στην θερμαινόμενη επιφάνεια και αφήνει ένα ελαιώδες φιλμ το οποίο εξατμίζεται. Αυτή η διεργασία χρησιμοποιεί μεγαλύτερα σωματίδια και τυπικά περιορίζεται από τον ρυθμό της τροφοδοσίας θερμότητας στον αντιδραστήρα. Οδηγεί σε συμπαγείς και εντατικούς αντιδραστήρες που δεν χρειάζονται φέρων αέριο, αλλά με τα μειονεκτήματα του δυσχερούς ελέγχου κίνησης της θερμαινόμενης επιφάνειας και των κινούμενων εξαρτημάτων σε υψηλές θερμοκρασίες.



Σχήμα 3.3: Αντιδραστήρας πυρόλυσης επαφής[35].

2) Πυρόλυση ρευστοστερεάς κλίνης και πυρόλυση ανακυκλούμενης ρευστοστερεάς κλίνης, η οποία μεταφέρει θερμότητα από μια πηγή θερμότητας στη βιομάζα με ένα μείγμα αγωγής και συναγωγής θερμότητας. Ο περιορισμός στη μεταφορά θερμότητας βρίσκεται μέσα στο σωματίδιο, επομένως, απαιτούνται πολύ μικρά σωματίδια τυπικά όχι μεγαλύτερα από 3 mm για να αποκτηθούν καλές αποδόσεις υγρών. Ένα στοιχειώδες φέρον αέριο απαιτείται για τη ρευστοποίηση ή για τη μεταφορά.



Σχήμα 3.4: Αντιδραστήρας κυκλοφορούσας ρευστής κλίνης.

3)Πυρόλυση υπό κενό, η οποία έχει χαμηλούς ρυθμούς θέρμανσης αλλά απομακρύνονται τα προϊόντα της πυρόλυσης τόσο γρήγορα όσο και στις προηγούμενες μεθόδους το οποίο τοιουτοτρόπως μιμείται την ταχεία πυρόλυση. Μεγαλύτερα σωματίδια απαιτούνται και το κενό οδηγεί σε ογκωδέστερο εξοπλισμό και υψηλότερα κόστη. Οι ολικές αποδόσεις υγρών τυπικά ελαττώνονται μέχρι το 60 - 65% συγκρινόμενες με το 75 – 80κ.β% από τις προηγούμενες δύο μεθόδους.

Είναι σημαντική η υπενθύμιση ότι **η πυρόλυση δίνει πάντα τρία προϊόντα: αέριο, υγρό και στερεό** από τα οποία το υγρό είναι ένα ομογενές υδρόφιλο μείγμα πολωμένων οργανικών και νερού τόσο από τις αντιδράσεις της πυρόλυσης όσο και από το αρχικό νερό στην τροφοδοσία.

Άλλες παράμετροι οι οποίοι είναι σημαντικοί στον σχεδιασμό του αντιδραστήρα στην ταχεία πυρόλυση είναι οι:

- μεταφορά θερμότητας,*
- τροφοδοσία θερμότητας,*
- προετοιμασία τροφοδοσίας,*
- θερμοκρασία αντίδρασης,*
- χρόνος παραμονής ατμού,*
- δευτερεύουσα διάσπαση ατμού,*
- συλλογή υγρών,*
- διαχωρισμός καμένου υπολείμματος,*
- διαχωρισμός τέφρας.*

Όλες οι παραπάνω παράμετροι καθώς και οι δύο που αναφέρονται πιο αναλυτικά (διαμόρφωση αντιδραστήρα και θερμοκρασία αντίδρασης) επηρεάζουν άμεσα, η καθεμία με τον τρόπο της, τη διαδικασία της ταχείας πυρόλυσης καθώς και τα παραγόμενα προϊόντα. Έτσι πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπό όψιν για τον σχεδιασμό του αντιδραστήρα της ταχείας πυρόλυσης έτσι ώστε να μπορέσει να είναι αποδοτικότερη η διεργασία (μεγαλύτερη ποσότητα προϊόντων) με το ελάχιστο κόστος, τις μικρότερες δυνατές απαιτήσεις σε ενέργεια και θερμότητα, τη μικρότερη επιβάρυνση στο περιβάλλον) και το μικρότερο δυνατό μέγεθος αντιδραστήρα.

Θερμοκρασία Αντίδρασης-Μεταφορά θερμότητας-Χρόνος Παραμονής

Υπάρχουν δύο σημαντικές απαιτήσεις για τη μεταφορά θερμότητας σε έναν αντιδραστήρα πυρόλυσης:

- 1.*προς τον αντιδραστήρα με μέσο μεταφοράς θερμότητας (στερεός τοίχος αντιδραστήρα στους αντιδραστήρες επαφής, αέριο και ρευστό στους αντιδραστήρες ρευστής κλίνης και μεταφοράς κλίνης, αέριο στους αντιδραστήρες εμβολικής ροής),*
- 2.*από το μέσο μεταφοράς θερμότητας στη βιομάζα που πυρολύεται.*

Δύο βασικοί τρόποι θέρμανσης στα σωματίδια της βιομάζας μπορούν να μελετηθούν σε ένα σύστημα αντιδραστήρα ταχείας πυρόλυσης: μεταφορά θερμότητας αέριου - στερεού όπως σε έναν αντιδραστήρα εμβολικής ροής όπου η θερμότητα μεταφέρεται από τα καυτά αέρια στα σωματίδια της βιομάζας που πυρολύονται πρωταρχικά με συναγωγή, και μεταφορά θερμότητας στερεού - στερεού με περισσότερο μεταφορά θερμότητας με αγωγή όπως στην πυρόλυση επαφής σαν τη NREL. Η πυρόλυση ρευστής κλίνης χρησιμοποιεί την ενδογενή καλή αναμειξιμότητα των στερεών στη μεταφορά θερμότητας περίπου 90% στη βιομάζα με τη μεταφορά θερμότητας στερεού - στερεού με μια πιθανή μικρή συνεισφορά από μεταφορά θερμότητας λόγω συναγωγής αερίου - στερεού περίπου 10%. Το σημαντικότερο στοιχείο της εξ' επαφής μεταφοράς θερμότητας είναι ότι η επαφή της βιομάζας και του θερμού στερεού απομακρύνει το επικαθούμενο στερεό ανθρακικό υπόλειμμα μακριά από το σωματίδιο εκθέτοντας την φρέσκια βιομάζα για αντίδραση. Αυτό αφαιρεί τους περιορισμούς του μεγέθους των σωματιδίων σε συγκεκριμένους αντιδραστήρες επαφής, αλλά με το κόστος της παραγωγής της παραγωγής μικρό - άνθρακα ο οποίος είναι δύσκολο να αφαιρεθεί από τη φάση του ατμού και εκτίθεται στα υγρά προϊόντα.

Η αφαίρεση του κάρβουνου είναι μια απαραίτητη απαίτηση για τα μεγάλα σωματίδια (>2mm) για να αποφευχθούν οι αντιδράσεις της αργής πυρόλυσης. Η χαμηλή θερμική αγωγιμότητα της βιομάζας δίνει χαμηλούς ρυθμούς θέρμανσης δια μέσου των μεγαλύτερων σωματιδίων που οδηγεί σε αυξημένο σχηματισμό στερεού ανθρακικού υπολείμματος ενώ, είναι γνωστό ότι το καυτό στερεό ανθρακικό υπόλειμμα είναι καταλυτικά ενεργό. Διασπά τους οργανικούς ατμούς σε δευτερεύων στερεό ανθρακικό υπόλειμμα, νερό και αέριο τόσο κατά τη διάρκεια του πρωτεύων σχηματισμού των ατμών όσο και στο αέριο περιβάλλον του αντιδραστήρα. Άρα η άμεση απομάκρυνσή του από το υπέρθερμο περιβάλλον του αντιδραστήρα είναι απαραίτητη. Αφού η θερμική αγωγιμότητα της βιομάζας είναι πολύ φτωχή (0,1W/mK στην επιφάνεια του κόκκου και 0,05W/mK δια μέσω του κόκκου), η αξιοπιστία στο αέριο - στερεό μέσο μεταφοράς θερμότητας, εξασφαλίζεται από το πολύ μικρό μέγεθος των σωματιδίων που εξασφαλίζει υψηλές αποδόσεις υγρών. Καθώς αυξάνεται το μέγεθος των σωματιδίων, οι αποδόσεις των υγρών μειώνονται αφού οι δευτερεύουσες αντιδράσεις μέσα στο σωματίδιο γίνονται σημαντικά μεγάλες.

Μια σταθερή μέθοδος έκφρασης απόδοσης προϊόντων απαιτείται για την απομάκρυνση ασαφειών στην σύγκριση των αποδόσεων των προϊόντων. Προτείνεται ότι το νερό στην τροφοδοσία πρέπει να απορριφθεί στα τελικά προϊόντα της πυρόλυσης με μόνο το νερό της πυρόλυσης να αναφέρεται και τα τελικά προϊόντα να εκφράζονται σε βάση ξηρής τροφοδοσίας. Ως κοινός κανόνας, το νερό της πυρόλυσης είναι τυπικά 12wt% της ξηρής τροφοδοσίας.

Ο υψηλός ρυθμός μεταφοράς θερμότητας ο οποίος είναι απαραίτητος για τη θέρμανση των σωματιδίων επαρκώς γρήγορα θέτει μια πολύ μεγάλη σχεδιαστική απαίτηση για την επίτευξη των υψηλών ροών θερμότητας που απαιτούνται για να ταιριάζουν με τους υψηλούς ρυθμούς θέρμανσης και τις ενδόθερμες αντιδράσεις της πυρόλυσης. Κάθε τύπος μεταφοράς θερμότητας θέτει συγκεκριμένους περιορισμούς στη λειτουργία του αντιδραστήρα και μπορεί να αυξήσει την πολυπλοκότητα. Οι δύο κυρίαρχοι τύποι στη μεταφορά θερμότητας για τις τεχνολογίες της ταχείας πυρόλυσης είναι η αγωγή και η συναγωγή. Καθεμία μπορεί να μεγιστοποιηθεί ή μπορεί να γίνει συνεισφορά και από τις δύο ανάλογα με τη διαμόρφωση του αντιδραστήρα.

Ο αντίκτυπος του χρόνου παραμονής του ατμού στην απόδοση του οργανικού υγρού είναι πολύ καλά κατανοητή παρόλο που η αλληλεπίδραση της θερμοκρασίας και του χρόνου παραμονής είναι λιγότερο κατανοητή. Θεωρείται ότι σε θερμοκρασίες κάτω των 400°C, συμβαίνουν οι δευτερεύουσες αντιδράσεις συμπύκνωσης και το μέσο μοριακό βάρος των υγρών προϊόντων μειώνεται. Για τα χημικά, θεωρείται απαραίτητο το 'πάγωμα' της διεργασίας στο κατάλληλο σημείο χρόνου - θερμοκρασίας στον περιβάλλον χώρο για να μεγιστοποιηθεί η απόδοση. Τα καύσιμα έχουν λιγότερο ειδικές απαιτήσεις διεργασίας και η περισσότερη δουλειά έχει επικεντρωθεί στη μεγιστοποίηση της απόδοσης του υγρού από την ποιότητα του προϊόντος. Δεν υπάρχει ορισμός της ποιότητας του προϊόντος υπό όρους φυσικών ή χημικών ιδιοτήτων ή σύστασης, και αυτή η περιοχή θα πρέπει να καλυφθεί καθώς περισσότερες εφαρμογές δοκιμάζονται και εναλλακτικές προμήθειες βίο-ελαίων γίνονται διαθέσιμες.

Οι μεγάλοι χρόνοι παραμονής των ατμών και οι υψηλές θερμοκρασίες (>500°C) προκαλούν δευτερεύουσα διάσπαση των πρωτευόντων προϊόντων μειώνοντας τις αποδόσεις των ειδικών προϊόντων και των οργανικών υγρών. Χαμηλότερες θερμοκρασίες (<400°C) οδηγούν σε αντιδράσεις συμπύκνωσης και τον επακόλουθο σχηματισμό υγρών χαμηλότερου μοριακού βάρους που μπορεί επίσης να αντιδράσει.

Είναι σημαντικό να διαχωριστούν η θερμοκρασία της αντίδρασης από την θερμοκρασία του αντιδραστήρα. Η τελευταία είναι πολύ υψηλότερη εξαιτίας της ανάγκης για μια θερμοκρασιακή βαθμίδα για να επηρεάσει τη μετάδοση θερμότητας. Για την ταχεία πυρόλυση το κατώτερο όριο για την αποσύνθεση του ξύλου είναι περίπου 435°C για την εξασφάλιση απόδοσης υγρών τουλάχιστον 50% με χαμηλούς χρόνους αντίδρασης.

Η επιρροή της θερμοκρασίας είναι κατανοητή υπό τους όρους της ολικής απόδοσης προϊόντων σε τυπικές θερμοκρασίες 500-520°C για τις περισσότερες ξυλώδεις βιομάζες. Άλλες καλλιέργειες μπορεί να έχουν άλλο μέγιστο στη θερμοκρασία. Η επιρροή της θερμοκρασίας υπό τους όρους της ποιότητας του παραγόμενου καυσίμου είναι λιγότερο κατανοητή. Επειδή η διεργασία γίνεται για να καθοριστεί η ποιότητα του βίο-ελαίου καλύτερα σε όρους καυσίμου, η δευτερεύουσα φάση αερίου/ατμού μπορεί να είναι πιο σημαντική. Σε επιμηκυσμένους χρόνους παραμονής (>1s), το αντλούμενο κλάσμα της λιγνίνης μπορεί αν από - πολυμερισθεί επιπλέον για να παράγει πιο ομογενή υγρά. Αυτό επηρεάζεται επίσης από τη διαμόρφωση του αντιδραστήρα.

Χαρακτηριστικά-ποιότητα προϊόντων.

Η στοιχειακή και χημική σύσταση των ελαίων της πυρόλυσης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις συνθήκες της πυρόλυσης κάτω από τις οποίες παράγονται. Οι μέγιστες αποδόσεις αποκτώνται σε θερμοκρασίες του εύρους των 450 - 550 °C και χρόνους παραμονής των 0,5-5s εξαρτώμενες από τη συγκεκριμένη διεργασία, ενώ, αυτές να είναι οι τυπικές συνθήκες της ταχείας πυρόλυσης. Σε αυτήν την περίπτωση το έλαιο είναι πάρα πολύ οξυγονωμένο, και πράγματι καθόλου διαφορετικό από την τροφοδοσία (βλέπε πίνακα 3.2). Τυπικά χαρακτηριστικά των υγρών της ταχείας πυρόλυσης δίνονται στον πίνακα 3.3. Ποικίλουν σημαντικά εξαρτώμενα από το υλικό της τροφοδοσίας και τα χαρακτηριστικά του, τις παραμέτρους της διεργασίας της πυρόλυσης και τις παραμέτρους συλλογής υγρών εκ των οποίων η θερμοκρασία του συστήματος συλλογής υγρών και η μέθοδος της συλλογής είναι εξαιρετικά σημαντικά.

Οι αποδόσεις υγρών μειώνονται σε υψηλές θερμοκρασίες και/ή μεγάλους χρόνους παραμονής. Το υγρό επίσης γίνεται αυξανόμενα από οξυγονωμένο και σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες ακόμη πολύ πυρηνικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες μπορεί να σχηματιστούν. Ένα μέτριας θερμικής αξίας αέριο είναι το κύριο προϊόν σε υψηλές θερμοκρασίες και υψηλούς ρυθμούς θέρμανσης. Το μέτριο θερμοκρασιακό πλαίσιο (450-550°C) αλλά με υψηλούς ρυθμούς θέρμανσης είναι χαρακτηριστικό της ταχείας πυρόλυσης και δίνει κατά κύριο λόγο συμπυκνωμένους ατμούς και αεροζόλ.

Πίνακας 3.2: Τυπικές στοιχειακές αναλύσεις και περιεχόμενα σε υγρασία του βιό-ελαίου της πυρόλυσης.

| ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ | Wt% |
|------------------|-----------------|
| ΝΕΡΟ | 20 - 30λ |
| ΑΝΘΡΑΚΑΣ | 44 - 47 |
| ΥΔΡΟΓΟΝΟ | 6 - 7 |
| ΟΞΥΓΟΝΟ | 46 - 48 |
| ΑΖΩΤΟ | 0 - 0,2 |

Το υψηλό περιεχόμενο σε οξυγόνο είναι ενδεικτικό της παρουσίας πολλών μεγάλων πολικών ομάδων που οδηγούν σε μεγάλο ιξώδες και υψηλά σημεία βρασμού καθώς και σχετικά χαμηλή χημική σταθερότητα. Όπως φαίνεται και από τον πίνακα (κάτω) ένα σημαντικό κλάσμα του οξυγόνου βρίσκεται στο νερό. Πράγματι η περιγραφή των υγρών της πυρόλυσης ως έλαια είναι κάπως παραπλανητική καθώς έχουν χαμηλή ρευστότητα.

Από την πλευρά του υψηλού περιεχόμενου τους σε οξυγόνο και του υδρόφιλου χαρακτήρα τους δεν προκαλεί έκπληξη ότι τα έλαια της ταχείας πυρόλυσης είναι αδιάλυτα στους διαλύτες των υδρογονανθράκων.

Πίνακας 3.3: Χαρακτηριστικά υγρών ταχείας πυρόλυσης-τυπικά δεδομένα.

| | |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------|
| ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ | 25% |
| pH | 2,5 |
| ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ | 1,2 |
| ΣΤΟΙΧΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (ΕΠΙ ΞΗΡΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΟΥ ΤΕΦΡΑΣ) | |
| C | 56,4% |
| H | 6,2% |
| N | 0,2% |
| S | <0,01% |
| ΤΕΦΡΑ | 0,1% |
| O (από διαφορά) | 37,1% |
| ΑΝΩΤΕΡΗ ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΝΑΜΗ (ΣΕ ΞΗΡΗ ΒΑΣΗ) | 22,5MJ/kg |
| ΑΝΩΤΕΡΗ ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΝΑΜΗ ΕΠΙ ΦΥΣΙΚΟΥ (ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΥΓΡΑΣΙΑ) | 17MJ/kg |
| ΙΞΩΔΕΣ (ΣΤΟΥΣ 40 °C) | 30-200cp |
| ΣΗΜΕΙΟ ΤΗΞΗΣ | -23°C |

Η σύνθετη επιρροή του χρόνου της πυρόλυσης και της θερμοκρασίας στην ποιότητα των υγρών προϊόντων δεν έχει ακόμη εξερευνηθεί, τουλάχιστον επειδή μερικώς τα χαρακτηριστικά του ελαίου της πυρόλυσης για διαφορετικές εφαρμογές δεν έχουν καθοριστεί και δεν υπάρχει κάποιο καθορισμένο υγρό πυρόλυσης. Η πυκνότητα, το ιξώδες, η επιφανειακή τάση και η θερμογόνος δύναμη είναι γνωστές ιδιότητες που αποτελούν σημεία κλειδιά για τις εφαρμογές της ανάφλεξης, αλλά και επιπλέον χαρακτηριστικά όπως τα επίπεδα σε στερεό ανθρακικό υπόλειμμα, το μέγεθος των σωματιδίων και η περιεχόμενη τέφρα μπορούν να έχουν σημαντική επίδραση.

Ακόμη η διεργασία της πυρόλυσης δίνει ως παράγωγα αέρια μια σειρά από ενώσεις όπως H_2 , CO , CO_2 , CH_4 , H/C και άλλες. Η μελλοντική αξία του υδρογόνου το καθιστά ένα πολύ ελκυστικό καύσιμο με μεγάλη αξία. Επίσης οι υδρογονάνθρακες και το μεθάνιο στα ποσοστά που παρουσιάζονται μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα. Το μειονέκτημα είναι ότι επειδή υπάρχει και πολύ μεγάλο ποσοστό διοξειδίου του άνθρακα στα παραγόμενα αέρια το θερμικό περιεχόμενο του αέριου μείγματος και η αξία του ως καύσιμο είναι περιορισμένα.

Εφαρμογές

Μέσα στην Ευρώπη η πιο υποσχόμενη εφαρμογή φαίνεται να είναι η παραγωγή ηλεκτρισμού λόγω της αναμενόμενης δυνατότητας να χρησιμοποιηθεί ακατέργαστο βίο-έλαιο όπως παράγεται σε μια μηχανή ή τουρμπίνα χωρίς την ανάγκη για εκτεταμένες βελτιώσεις καθώς και τη ανάγκη να αποδεδμευτεί η παραγωγή καυσίμων από την τροφοδοσία ηλεκτρισμού με την αποθήκευση και/ή τη μεταφορά των υγρών καυσίμων το οποίο δεν είναι εφικτό για τα προϊόντα των αεριοποιητών. Η πολύ υψηλότερη αξία των χημικών φαίνεται να είναι παρόλα ταύτα, η πιο ενδιαφέρουσα βραχυπρόθεσμη εμπορική ευκαιρία.

Επίσης μια πολύ χρήσιμη εφαρμογή με ελάχιστα προβλήματα είναι η χρήση των βιο-ελαίων στην ανάφλεξη. Τα υγρά προϊόντα είναι ευκολότερα στη διαχείριση και τη μεταφορά από τα στερεά και τα αέρια και αυτό είναι σημαντικό στις εφαρμογές της καύσης. Οι υπάρχοντες καυστήρες πετρελαίου δεν μπορούν να τροφοδοτηθούν άμεσα με βιομάζα χωρίς βασική ανακατασκευή της μονάδας, που μπορεί να είναι ασύμφορο στις αγορές των καυσίμων. Παρόλα αυτά τα βίο - έλαια είναι πιθανό να απαιτούν μόνο μικρές προσαρμογές του εξοπλισμού ή ακόμη και καμία σε μερικές περιπτώσεις. Υπάρχουν όμως τα προβλήματα του υψηλού ιξώδους και του σχηματισμού του στερεού ανθρακικού υπολείμματος.

Βασικό πλεονέκτημα της παραγωγής υγρών είναι ότι η παραγωγή των καυσίμων μπορεί να αποδεδμευτεί από την παραγωγή ισχύος. Η κορυφή στην παροχή ισχύος είναι όμως εφικτή με μια πολύ μικρότερη εγκατάσταση πυρόλυσης, ή τα υγρά μπορούν άμεσα να μεταφερθούν σε μια κεντρική εγκατάσταση ισχύος που χρησιμοποιεί μηχανές ή τουρμπίνες. Υπάρχουν επιπρόσθετα πλεονεκτήματα από την πιθανά υψηλότερη διαθεσιμότητα της εγκατάστασης από την ενδιάμεση αποθήκευση των καυσίμων. Ακόμη η παραγωγή ισχύος με τη χρήση των υγρών είναι μια ενδιαφέρον οπτική καθώς η οικονομική της παραγωγής ισχύος προτείνει ότι υπάρχει διαθέσιμη μια γωνιά μέχρι 10Mwe για εκμετάλλευση. Το βίο - έλαιο έχει τροφοδοτηθεί επιτυχώς σε μια μηχανή diesel, όπου συμπεριφέρεται παρόμοια με το κανονικό diesel σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας της μηχανής και εκπομπών. Ένα πιλοτικό καύσιμο diesel είναι απαραίτητο, τυπικά 5% σε μεγαλύτερες μηχανές, και δεν εμφανίζονται σημαντικά προβλήματα στη παραγωγή ισχύος μέχρι 15Mwe ανά μηχανή.

Τέλος η σημερινή πιο εμπορική εφαρμογή είναι αυτή της ανάκτησης και χρήσης των χημικών από τη διεργασία της πυρόλυσης. Αρκετές εκατοντάδες χημικά συστατικά έχουν αναγνωρισθεί μέχρι σήμερα και αυξανόμενη προσοχή έχει δοθεί στην ανάκτηση ανεξάρτητων συστατικών από οικογένειες χημικών. Η πιθανή πολύ υψηλότερη αξία συγκεκριμένων χημικών συγκρινόμενη με τα καύσιμα μπορεί να κάνει την ανάκτηση ακόμη και των μικρότερων συγκεντρώσεων βιώσιμη. Τα χημικά που έχουν αναφερθεί ως ανακτημένα περιλαμβάνουν, πολύ-φαινόλες για ρητίνες με φορμαλδεΰδη, κετόνες καλίου και μαγνησίου για βίο - διασπώμενους αποψύκτες, λιπάσματα, υδροακεταλδεύδες και μια ποικιλία από αρωματικών και γεύσεων για τη βιομηχανία των τροφών.

Η ταχεία πυρόλυση είναι πλέον αποδεκτή ως μια τεχνολογία που παράγει υψηλές αποδόσεις υγρών καυσίμων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλές εφαρμογές

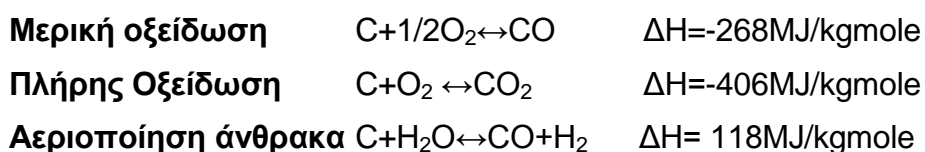
3.2 Αεριοποίηση

Αεριοποίηση είναι η μετατροπή της βιομάζας σε ένα αναφλέξιμο αέριο μείγμα με τη μερική οξειδωση της βιομάζας σε υψηλές θερμοκρασίες τυπικά στο εύρος των 800-900°C. Η θέρμανση γίνεται σε ένα μέσο αεριοποίησης όπως ο αέρας, το οξυγόνο ή ο ατμός.

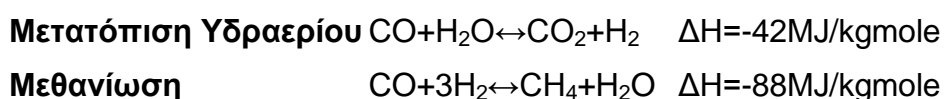
Αντίθετα με την ανάφλεξη όπου η οξειδωση στοιχειωδώς ολοκληρωμένη σε μια διεργασία, η αεριοποίηση μετατρέπει την πραγματική χημική ενέργεια του άνθρακα στη βιομάζα σε ένα αναφλέξιμο αέριο σε δύο στάδια. Το αέριο που παράγεται μπορεί να σταθεροποιηθεί στην ποιότητά του και είναι ευκολότερο και πιο πολύπλευρο να χρησιμοποιηθεί από την πρωταρχική βιομάζα π.χ. μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να τροφοδοτήσει μηχανές αερίων ή αέριο-τουρμπίνες, ή να χρησιμοποιηθεί ως χημικό απόθεμα για την παραγωγή υγρών καυσίμων.

Αυστηρά, η αεριοποίηση περιλαμβάνει τόσο βιοχημικές όσο και θερμοχημικές διεργασίες. Οι τελευταίες περιλαμβάνουν μικροοργανισμούς σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος κάτω από αναερόβιες συνθήκες, π.χ. αναερόβια χώνεψη, ενώ η τελευταία χρησιμοποιεί αέρα, οξυγόνο ή ατμό σε θερμοκρασίες >800°C.

Οι βασικές αντιδράσεις οι οποίες λαμβάνουν χώρα μέσα στον αεριοποιητή φαίνονται παρακάτω:



Επιπλέον το μονοξειδίο του άνθρακα, το υδρογόνο και ο ατμός μπορούν να υποβληθούν σε επιπλέον αντιδράσεις κατά τη διάρκεια της αεριοποίησης όπως φαίνονται παρακάτω:



Τρία παραγόμενα αέρια με διαφορετικές ποιότητες μπορούν να παραχθούν από την αεριοποίηση με την διαφοροποίηση του αεριοποιητικού μέσου τη μέθοδο λειτουργίας και τις συνθήκες λειτουργίας της διεργασίας. Το κύριο αεριοποιητικό μέσο είναι συνήθως ο αέρας αλλά αεριοποίηση οξυγόνου/ατμού και υδρογένεση χρησιμοποιούνται επίσης. Η καταλυτική αεριοποίηση ατμού είναι ένα άλλο είδος λειτουργίας η οποία επηρεάζει τόσο την ολική λειτουργία και αποδοτικότητα.

Οι τρεις τύποι των παράγωγων αερίων έχουν διαφορετικές θερμογόνους δυνάμεις (CV):

| | |
|--------------------|----------------------------------------------------------------|
| Χαμηλή Θ.Δ. | 4-6MJ/Nm ³ χρησιμοποιώντας αέρα και ατμό/ αέρα. |
| Μέτρια Θ.Δ. | 12-18MJ/Nm ³ χρησιμοποιώντας οξυγόνο και ατμό. |
| Ψηλή Θ.Δ. | 40 MJ/Nm ³ χρησιμοποιώντας υδρογόνο και υδρογένεση. |

Η αεριοποίηση με το οξυγόνο δίνει αέριο με μια καθαρή θερμογόνο δύναμη των 10-15MJ/Nm³ και με ατμό 13-20MJ/Nm³. Οι αντιδραστήρες οι οποίοι είναι επαρκείς σε θερμότητα ονομάζονται αυτό-θερμοι και αν απαιτούν θερμότητα, άλλο-θερμοί: οι αυτό-θέρμες διεργασίες είναι οι πιο κοινές. Η ολική απόδοση της μετατροπής βιομάζας σε ενέργεια με την αεριοποίηση και την πυρόλυση εκτιμάται γύρω στο 75 - 80%.

Προ-επεξεργασία της τροφοδοσίας

Ο βαθμός της προ-επεξεργασίας της τροφοδοσίας βιομάζας εξαρτάται από την τεχνολογία αεριοποίησης που θα χρησιμοποιηθεί. Τα κύρια προβλήματα εντοπίζονται σε:

Ξήρανση. Το περιεχόμενο σε υγρασία της βιομάζας πρέπει να είναι κάτω από 10-15% πριν από την αεριοποίηση.

Μέγεθος σωματιδίων. Στους περισσότερους αεριοποιητές, το αέριο πρέπει να περάσει μέσα από τη βιομάζα και η τροφοδοσία πρέπει να έχει επαρκή δύναμη συμπίεσης για να αντέξει το βάρος της τροφοδοσίας από πάνω. Μεγέθη σωματιδίων τροφοδοσίας στην κλίμακα των 20 - 80mm είναι τυπικά.

Κλασματοποίηση. Τα περιεχόμενα σε άζωτο και αλκάλια της βιομάζας είναι κρίσιμα, καθώς μεταφέρονται μερικώς στο αέριο ρεύμα. Τα μικρά σωματίδια τείνουν να έχουν λιγότερο άζωτο και αλκάλια, άρα η κλασματοποίηση σε ψιλά και τραχεία σωματίδια βοηθά στην παραγωγή αερίου με λιγότερες ακαθαρσίες.

Στράγγισμα. Τα περιεχόμενα σε άζωτο και αλκάλια της βιομάζας μπορούν να μειωθούν με προηγούμενο στράγγισμα με νερό.

Ιδιότητες της τροφοδοσίας

Τα βασικά χαρακτηριστικά της τροφοδοσίας της βιομάζας έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην απόδοση του αεριοποιητή, ειδικά τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Περιεχόμενο σε υγρασία: Το καύσιμο με περιεχόμενο σε υγρασία μεγαλύτερο από 30% δυσκολεύει την ανάφλεξη και μειώνει τη θερμογόνο δύναμη του παραγόμενου αερίου λόγω της ανάγκης για εξάτμιση της επιπλέον υγρασίας πριν συμβεί η ανάφλεξη/αεριοποίηση. Ένα υψηλό περιεχόμενο σε υγρασία μειώνει την θερμοκρασία που μπορεί να επιτευχθεί στη ζώνη της οξειδωσης, που καταλήγει στην μη ολοκληρωμένη διάσπαση των υδρογονανθράκων που απελευθερώνονται από τη ζώνη της πυρόλυσης. Αυξημένα επίπεδα υγρασίας και η παρουσία CO παράγουν H₂ με την αντίδραση μετατόπισης υδραερίου, και ακολούθως το αυξημένο περιεχόμενο σε υδρογόνο του αερίου παράγει περισσότερο CH₄ με την άμεση υδρογένηση. Το κέρδος όμως σε H₂ και CH₄ του παραγόμενου αερίου δεν αναπληρώνει παρόλα ταύτα για την απώλεια σε ενέργεια λόγω του μειωμένου περιεχομένου σε CO του αερίου που επακόλουθα δίνει ένα παραγόμενο αέριο με μια χαμηλότερη θερμογόνο δύναμη.

Περιεχόμενο σε τέφρα: Υψηλό επίπεδο ορυκτού υλικού μπορεί να κάνει την αεριοποίηση αδύνατη. Η θερμοκρασία οξειδωσης είναι συχνά πάνω από το σημείο τήξης της τέφρας της βιομάζας. Το κουδούνισμα είναι ένα πρόβλημα για περιεχόμενα τέφρας πάνω από 5%, ειδικά εάν η τέφρα είναι πλούσια σε αλκαλικά οξείδια και άλατα τα οποία παράγουν ευκτητικά μείγματα με χαμηλά σημεία τήξης.

Περιεχόμενο σε πτητικά: Ο αεριοποιητής πρέπει να είναι σχεδιασμένος να καταστρέφει πίσσες και τους βαρείς υδρογονάνθρακες που απελευθερώνονται κατά τη διάρκεια του σταδίου της πυρόλυσης της διεργασίας αεριοποίησης.

Μέγεθος σωματιδίων: Το μέγεθος σωματιδίων του υλικού της τροφοδοσίας εξαρτάται από τις διαστάσεις της εστίας αλλά είναι τυπικά 10-20% της διαμέτρου της εστίας.

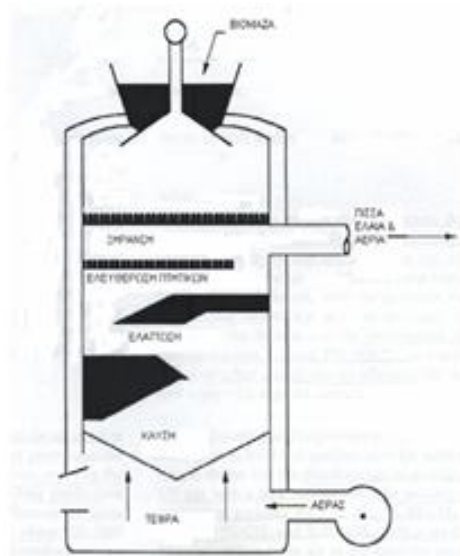
Είδη αεριοποίησης

Οι αεριοποιητές είναι δύο κυρίως τύπων, σταθερής κλίνης και ρευστοστερεάς κλίνης, με διαφοροποιήσεις ανάμεσα σε κάθε τύπο. Ένα τρίτο είδος, ο αεριοποιητής εισερχόμενης ανάρτησης, έχει αναπτυχθεί για την αεριοποίηση κάρβουνου αλλά η ανάγκη για λεπτά διαχωρισμένο υλικό τροφοδοσίας (< 0,1 - 0,4 mm) παρουσιάζει προβλήματα για τα περισσότερα υλικά της βιομάζας και δεν θα αναπτυχθεί περαιτέρω.

Αεριοποίηση σταθερής κλίνης: Ο αεριοποιητής σταθερής κλίνης είναι η παραδοσιακή διεργασία για την αεριοποίηση, που λειτουργεί σε θερμοκρασίες των 1000°C. Οι αεριοποιητές αυτοί χωρίζονται σε ομορροής, αντιρροής και εμβολικής ροής.

Αντιρροής: Στον αντιδραστήρα αντιρροής η τροφοδοσία εισάγεται από την κορυφή του αντιδραστήρα και ο αέρας από τον πυθμένα της μονάδας διαμέσου μιας σχάρας. Αμέσως πάνω από τη σχάρα το κάρβουνο (το υπολειμματικό στερεό που απομένει μετά την ελευθέρωση των πτητικών) που σχηματίζεται ψηλότερα στον αντιδραστήρα αναφλέγεται και η θερμοκρασία φτάνει τους 1000°C. Η τέφρα πέφτει ανάμεσα από τη σχάρα στον πυθμένα και τα καυτά αέρια περνάνε προς τα πάνω και μειώνονται. Ακόμη πιο ψηλά στον αντιδραστήρα, η βιομάζα πυρολύεται και στην ζώνη της κορυφής, η τροφοδοσία ξηραίνεται ψύχοντας τα αέρια στους 200 - 300°C. Στη ζώνη της πυρόλυσης, όπου τα πτητικά συστατικά απελευθερώνονται,

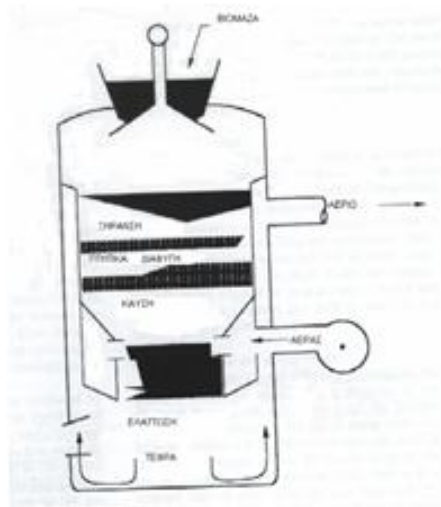
υπολογίσιμες ποσότητες πίσσας σχηματίζονται η οποία συμπυκνώνεται μερικώς στη βιομάζα ακόμη ψηλότερα και μερικώς φεύγει από τον αεριοποιητή με το παραγόμενο αέριο. Η θερμοκρασία στη ζώνη αεριοποίησης ελέγχεται με την εισαγωγή ατμού στον αέρα που χρησιμοποιείται για την αεριοποίηση, ή με την υγροποίηση του αέρα. Εξαιτίας της χαμηλής θερμοκρασίας στην οποία φεύγουν τα αέρια από τον αεριοποιητή, η ολική ενεργειακή απόδοση της διεργασίας είναι υψηλή, αλλά επίσης υψηλό είναι το περιεχόμενο σε πίσσα του αερίου. Το φιλτράρισμα που γίνεται λόγω της τροφοδοσίας βοηθά στην παραγωγή αερίου με χαμηλό ειδικό περιεχόμενο.



Σχήμα 3.5: Απεικόνιση ενός αεριοποιητή αντίρροης.

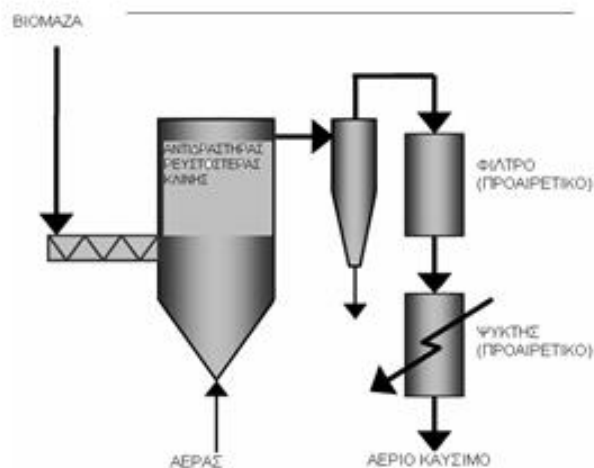
Ομορροής : Στον αεριοποιητή ομορροής, η τροφοδοσία και ο αέρας κινούνται στην ίδια κατεύθυνση. Τα παραγόμενα αέρια φεύγουν από τον αεριοποιητή αφού περάσουν πρώτα από την πολύ θερμή ζώνη, διευκολύνοντας τη μερική διάσπαση των πίσσων που σχηματίζονται κατά τη διάρκεια της αεριοποίησης και δίνοντας ένα αέριο με χαμηλό περιεχόμενο σε πίσσα. Επειδή τα αέρια φεύγουν από τον αεριοποιητή σε θερμοκρασίες 900 - 1000°C, η ολική ενεργειακή απόδοση ενός αντιδραστήρα ομορροής είναι χαμηλή, λόγω του υψηλού θερμικού περιεχομένου που διαφεύγει με τα πολύ θερμά αέρια. Το περιεχόμενο σε πίσσα του παραγόμενου αερίου είναι χαμηλότερο από ότι στον αντιδραστήρα αντιρροής αλλά το ειδικό περιεχόμενο των αερίων είναι υψηλό.

Διασταυρούμενης ροής: Σε έναν αεριοποιητή διασταυρούμενης ροής η τροφοδοσία κινείται προς τα κάτω ενώ ο αέρας εισάγεται από το πλάι, τα αέρια αποσύρονται από την απέναντι πλευρά της μονάδας στο ίδιο επίπεδο. Μια πολύ θερμή ζώνη καύσης / αεριοποίησης σχηματίζεται γύρω από την είσοδο του αέρα, με τις ζώνες της πυρόλυσης και της ξήρανσης να διαμορφώνονται ψηλότερα σε αυτόν τον αντιδραστήρα. Η τέφρα απομακρύνεται στον πυθμένα και η θερμοκρασία των αερίων που φεύγουν από τη μονάδα είναι περίπου 800-900°C, συνεπαγόμενα αυτό οδηγεί σε μια χαμηλή ολική ενεργειακή απόδοση για τη διεργασία και σε αέριο με υψηλό περιεχόμενο σε πίσσα.



Σχήμα 3.6: Απεικόνιση ενός αεριοποιητή ομορροής.

Αεριοποίηση ρευστοστερεάς κλίνης : Η αεριοποίηση ρευστοστερεάς κλίνης έχει χρησιμοποιηθεί εντατικά για την αεριοποίηση του κάρβουνου για πολλά χρόνια, με το πλεονέκτημά της απέναντι στους αεριοποιητές σταθερής κλίνης να είναι η ομοιόμορφη κατανομή θερμοκρασίας που επιτυγχάνεται στη ζώνη της αεριοποίησης. Η ομοιομορφία της θερμοκρασίας επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας μια κλίνη με υλικό καλής κοκκομετρίας στην οποία ο αέρας εισάγεται ρευστοποιώντας το υλικό της κλίνης και εξασφαλίζοντας γνωστή ανάμειξη του πολύ θερμού υλικού της κλίνης, των καυτών αερίων της ανάφλεξης και της τροφοδοσίας της βιομάζας.

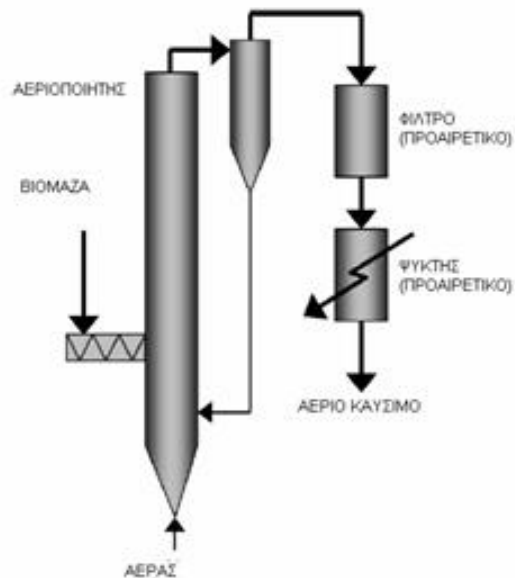


Σχήμα 3.7: Αντιδραστήρας ρευστοστερεάς κλίνης.

Δύο κύριοι τύποι αεριοποιητών ρευστοστερεάς κλίνης είναι σε χρήση:

- ρευστοστερεά κλίνη με κυκλοφορία.
- κλίνη με φυσαλίδες.

Ρευστοστερεά κλίνη με κυκλοφορία : Οι αεριοποιητές με κυκλοφορία είναι ικανοί να διαχειριστούν τροφοδοσίες μεγάλης δυνατότητας. Το υλικό της κλίνης κυκλοφορεί ανάμεσα από το όχημα της αντίδρασης και έναν διαχωριστή κυκλώνα, όπου η τέφρα αφαιρείται και το υλικό της κλίνης και το στερεό ανθρακικό υπόλειμμα επιστρέφουν στο σκεύος της αντίδρασης. Αεριοποιητές μπορούν να λειτουργήσουν σε ανυψωμένες πιέσεις, με το πλεονέκτημα ότι για εφαρμογές που το προϊόν χρησιμοποιείται κατευθείαν μετά την παραγωγή όπου το αέριο απαιτείται να είναι συμπιεσμένο έπειτα όπως σε μια αέρια τουρμπίνα.



Σχήμα 3.8: Αεριοποιητής ρευστοστερεής κλίνης με κυκλοφορία.

Αεριοποιητής με φυσαλίδες: Οι αεριοποιητές με φυσαλίδες αποτελούνται από ένα σκεύος όπου στον πυθμένα υπάρχει μια σχάρα από την οποία εισάγεται ο αέρας. Πάνω από τη σχάρα είναι η κινούμενη κλίνη με υλικό πολύ καλής κοκκομετρίας μέσα στην οποία εισάγεται η προετοιμασμένη τροφοδοσία βιομάζας. Η σταθεροποίηση της θερμοκρασίας στους 700-900°C διατηρείται με τον έλεγχο του λόγου αέρας/βιομάζα. Η βιομάζα πυρολύεται στην θερμή κλίνη για να σχηματίσει ένα στερεό ανθρακικό υπόλειμμα με αέρια συστατικά, ενώ, τα συστατικά υψηλού μοριακού βάρους διασπώνται από την επαφή με το καυτό υλικό της κλίνης, δίνοντας ένα παραγόμενο αέριο με χαμηλό περιεχόμενο σε πίσσα, τυπικά <math><1-3\text{g}/\text{Nm}^3</math>.

Λειτουργία και απόδοση

Γενικά οι αντιδραστήρες σταθερής κλίνης έχουν το πλεονέκτημα του απλού σχεδιασμού αλλά μειονεκτούν στην παραγωγή ενός αερίου με χαμηλή θερμογόνο δύναμη και υψηλού περιεχομένου σε πίσσα. Η σύνθεση του παραγόμενου αερίου είναι τυπικά 40-50%N₂, 15-20%H₂, 10-15%CO, 10-15%CO₂ και 3-5%CH₄, με μια καθαρή θερμογόνο δύναμη 4-6MJ/Nm³. Όταν χρησιμοποιείται αέρας ως αεριοποιητικό μέσο, το επακόλουθα υψηλό περιεχόμενο σε άζωτο διπλασιάζει τον

όγκο των παραγόμενων αερίων και αυξάνει το μέγεθος του καθαριστικού εξοπλισμού των αερίων καθόδου. Για απόκτηση αερίου υψηλής θερμογόνου δύναμης το περιεχόμενο σε υγρασία της τροφοδοσίας πρέπει να είναι <15-20%, έτσι ώστε συνήθως να απαιτείται η προ-ξηράνση της τροφοδοσίας της βιομάζας. Απορριπτόμενη θερμότητα από το σύστημα αεριοποιητή / μηχανής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βοηθηθεί η προ-ξηράνση του υλικού της τροφοδοσίας. Το ενεργειακό περιεχόμενο του παραγόμενου αερίου είναι μέχρι 75 % του ενεργειακού περιεχομένου της βιομάζας, με τις απώλειες να υπολογίζονται από την αισθητή θερμότητα στα παραγόμενα αέρια, το περιεχόμενο θερμότητας της τέφρας και απώλειες ακτινοβολίας.

Εκτός από την αρχική απελευθέρωση των πτητικών, ένα στερεό ανθρακικό υπόλειμμα παράγεται. Το στερεό ανθρακικό υπόλειμμα μπορεί να αντιδράσει περαιτέρω για να παράγει επιπλέον αέριο, δημιουργώντας ένα υψηλό περιεχόμενο σε στερεό ανθρακικό υπόλειμμα το οποίο είναι ενδεικτικό δυναμικό υπολογίσιμου παραγόμενου αερίου.

Καλές συσχετίσεις υπάρχουν ανάμεσα στην απόδοση του στερεού ανθρακικού υπολείμματος και στα περιεχόμενα σε άνθρακα και άζωτο και επίσης μεταξύ του περιεχομένου του στερεού ανθρακικού υπολείμματος σε CaO και της αντιδραστικότητας του. Οι ρυθμοί αντίδρασης του στερεού ανθρακικού υπολείμματος βρίσκονται στους 240 και 260°C και γενικά αυξάνονται με μια αυξανόμενη απόδοση σε στερεό ανθρακικό υπόλειμμα αλλά μειώνονται καθώς τα περιεχόμενα σε άνθρακα και σε στερεό ανθρακικό υπόλειμμα αυξάνονται.

Η πυρόλυση της βιομάζας λαμβάνει μέρος στο πρώτο στάδιο χρησιμοποιώντας εξωτερική θέρμανση στους 600°C. Τα αέρια που σχηματίζονται στο πρώτο στάδιο μετέπειτα αντιδρούν με τον ατμό για να διασπαστούν σε πίσσα. Στο δεύτερο στάδιο τα αέρια αντιδρούν με το κάρβουνο από το πρώτο στάδιο για να δημιουργήσουν το τελικό παραγόμενο αέριο.

Η κύρια λειτουργική δυσκολία που αντιμετωπίζεται με τους αεριοποιητές ρευστοστερεάς κίνησης είναι η πιθανότητα να σκουριάσει το υλικό της κίνησης λόγω της περιεχόμενης τέφρας της βιομάζας. Μεγάλης σημασίας είναι το περιεχόμενο σε αλκαλικά μέταλλα της βιομάζας. Για την αποφυγή του σκουριάματος μπορεί να ελαττωθεί η θερμοκρασία της κίνησης αλλά αυτό έχει ως αποτέλεσμα αυξημένη απώλεια στερεού ανθρακικού υπολείμματος με την αφαίρεση της τέφρας. Το αέριο που σχηματίζεται στον αεριοποιητή περιέχει έναν μεγάλο αριθμό ακαθαρσιών:

- σωματίδια,
- πίσσα,
- συστατικά αζώτου,
- συστατικά θείου,
- συστατικά αλκαλικών.

Η τελική χρήση του αερίου καθορίζει το βαθμό καθαρισμού που απαιτείται και μπορεί να επιτευχθεί είτε με θερμό είτε με ψυχρό αέριο καθαρισμό.

Τα σωματίδια αποτελούνται κυρίως από τέφρα και στερεό υπόλειμμα, με την ποσότητα του υλικού των σωματιδίων που παράγονται να εξαρτάται από την τεχνολογία αεριοποίησης που χρησιμοποιείται. Οι αεριοποιητές σταθερής κλίνης γενικά παράγουν χαμηλότερο φορτίο σωματιδίων από τους αεριοποιητές ρευστοστερεάς κλίνης. Τα σωματίδια άνω των 10μm μπορούν να απομακρυνθούν χρησιμοποιώντας συμβατικούς κυκλώνες, με το υλικό που απομακρύνεται να ανακυκλώνεται στον αεριοποιητή αν αυτό είναι απαραίτητο. Η απομάκρυνση των λεπτότερων σωματιδίων απαιτεί τη χρήση τη χρήση εξαρτημάτων φίλτρων ή σακόφιλτρων. Αυτά τα εξαρτήματα έχουν αποδόσεις απομάκρυνσης 99,8% αλλά το φράξιμο εξαιτίας της καπνιάς και της πίσσας που προσκολλάται στα σωματίδια τέφρας / στερεού υπολείμματος αποτελεί πρόβλημα. Η λειτουργία του φίλτρου σε θερμοκρασίες >500°C μπορεί να μειώσει το πρόβλημα με το φράξιμο, ενώ σε χαμηλότερες θερμοκρασίες συμπυκνωμένες πίσσες πάνω στην επιφάνεια του φίλτρου μπορούν να απομακρυνθούν αποτελεσματικά μόνο με την ελεγχόμενη καύση.

Υψηλού μοριακού βάρους συστατικά στο αέριο κατοροής του αεριοποιητή αρχίζουν να συμπυκνώνονται σε θερμοκρασίες <450°C. Το συμπυκνωμένο υλικό, που ορίζεται ως πίσσα αποτίθεται μερικώς στα τοιχώματα των σωληνώσεων και τμηματικά απομένει ως αεροζόλ στο αέριο. Το περιεχόμενο σε πίσσα αποτρέπει την απομάκρυνση των σωματιδίων από το αέριο και επίσης προκαλεί προβλήματα με την ακόλουθη αξιοποίηση του παραγόμενου αερίου. Το είδος της βιομάζας κατά μεγάλο μέρος καθορίζει τη φύση της παραγόμενης πίσσας που ακόμη καθορίζεται από τη διεργασία αεριοποίησης και τις συνθήκες λειτουργίας. Η αεριοποίηση με αέρα παράγει χαμηλού ιξώδους / χαμηλής αντιδραστικότητας πίσσα, ενώ η αεριοποίηση με ατμό παράγει μια υγρή πίσσα με χαμηλό μοριακό βάρος. Η αεριοποίηση υψηλής θερμοκρασίας δίνει πίσσα με χαμηλό περιεχόμενο σε οξυγόνο, που αποτελείται κυρίως από υδρογονάνθρακες.

Η έρευνα έχει δείξει ότι ο αεριοποιητής σταθερής κλίνης κατοροής έχει τη καλύτερη δυνατότητα για παραγωγή αερίου χαμηλού σε πίσσα / ελευθέρου πίσσας. Δύο μέθοδοι μπορούν να εφαρμοστούν για την απομάκρυνση της πίσσας:

- βελτίωση της τεχνολογίας αεριοποίησης έτσι ώστε λίγη ή καθόλου πίσσα να παράγεται,
- βελτίωση των διεργασιών απομάκρυνσης πίσσας.

Η πίσσα μπορεί να διασπαστεί σε συστατικά χαμηλότερου μοριακού βάρους χρησιμοποιώντας είτε καταλυτικές ή θερμικές διεργασίες: η καταλυτική διάσπαση λαμβάνει χώρα στους 800-900 °C και η θερμική διάσπαση στους 900-1100°C. Αφού η αεριοποίηση βρίσκεται συνήθως στο εύρος των 800-900°C, η θερμική διάσπαση απαιτεί επιπλέον ενέργεια για τη θέρμανση του αερίου, το οποίο συνήθως επιτυγχάνεται εισάγοντας μικρό όγκο αέρα για να πραγματοποιηθεί καύση τμήματος του αερίου για την άνοδο της θερμοκρασίας. Συνήθως προτιμάται η καταλυτική διάσπαση. Η παραγωγή αερίου με πολύ χαμηλό περιεχόμενο πίσσας επιτυγχάνεται με την ψύξη του αερίου στους 60-80°C με νερό και χρησιμοποιώντας ηλεκτροστατικά φίλτρα για να αιχμαλωτισθούν οποιαδήποτε αεροζόλ.

Η απομάκρυνση των N, S, Cl και άλλων ιχνοστοιχείων που διαφεύγουν με τη μορφή πτητικών από τη βιομάζα κατά τη διάρκεια της αεριοποίησης απαιτείται συνήθως για τις περισσότερες τελικές χρήσεις του αερίου. Τα συστατικά του αζώτου είναι παρόν κυρίως με τη μορφή αμμωνίας, με μερικά κυανίδια του υδρογόνου να είναι ισχυρά και να μην μπορούν να αφαιρεθούν με τα φίλτρα αλλά να απαιτείται υγρός καθαρισμός με νερό ή υδατικές λύσεις, ο οποίος ψύχει το αέριο στους 50°C. Το χλώριο που περιέχεται στη βιομάζα βρίσκεται κυρίως στη μορφή του υδροχλωρίου στο αέριο που βγαίνει από τον αεριοποιητή, με τη συγκέντρωση του να εξαρτάται από τις συνθήκες της τροφοδοσίας και της αεριοποίησης. Η απομάκρυνση του HCl γίνεται συνήθως με υγρό καθαρισμό ή με απορρόφηση σε ενεργά υλικά όπως CaO / MgO. Τα αλκαλικά στοιχεία στη βιομάζα, ειδικά τα Na και K συστατικά, είναι πτητικά σε υψηλές θερμοκρασίες αλλά δεν είναι σίγουρο ποια συστατικά βρίσκονται όντως στο παραγόμενο αέριο. Τα αλκαλικά συστατικά προκαλούν διάβρωση των κεραμικών φίλτρων και των λεπίδων στις τουρμπίνες και ο καλύτερος τρόπος για να μειωθούν οι συγκεντρώσεις είναι να ψυχθούν τα αέρια στους περίπου 500°C για να συμπυκνωθούν τα στοιχεία και μετά να φιλτραρισθεί το αέριο.

Βιωσιμότητα και δυνατότητες διεξόδου στην αγορά:

Τα πλεονεκτήματα / μειονεκτήματα των ποικίλων γενικών τύπων των αεριοποιητικών αντιδραστήρων για την παραγωγή αερίων χαμηλής / μέτριας θερμογόνου δύναμης δίνονται περιληπτικά στον πίνακα 3.4. Η επιλογή του είδους του αεριοποιητή και του σχεδιασμού του εξαρτάται από ένα πλήθος παραγόντων, συμπεριλαμβανομένων και των ιδιοτήτων διεργασίας που αναγνωρίζονται στον πίνακα 3.4. Η επιρροή των ιδιοτήτων της τροφοδοσίας (τόσο χημικών όσο και φυσικών), τα χαρακτηριστικά του απαιτούμενου παραγόμενου αερίου, και οι ποικίλες λειτουργικές μεταβλητές που εμπλέκονται είναι οι κυριότερες από αυτές. Παρακάτω αναφέρονται τα σημαντικότερα κριτήρια που πρέπει να ληφθούν υπό όψιν όταν γίνεται η επιλογή του αντιδραστήρα αεριοποίησης:

- το κόστος κεφαλαίου του αεριοποιητή και της μονάδας καθαρισμού του παραγόμενου αερίου πρέπει να είναι όσο το δυνατόν χαμηλότερα,
- τα κόστη λειτουργίας και συντήρησης πρέπει να είναι χαμηλά,
- ο αεριοποιητής πρέπει να είναι γερός, ιδανικά χωρίς κινούμενα μέρη,
- είναι καλύτερο να αποφεύγεται η προετοιμασία της τροφοδοσίας όπως η ξήρανση, ο διαχωρισμός, η μείωση του μεγέθους ή ο σχηματισμός μικρών σβώλων.

Τα χαρακτηριστικά ενός αεριοποιητή ρευστοστέρεας κλίνης τα οποία τον κάνουν λιγότερο ελκυστικό είναι:

- περίπλοκος σχεδιασμός και λειτουργία,
- απαιτεί το μέγεθος των σωματιδίων της τροφοδοσίας της βιομάζας να ελαττωθεί,
- η ελάττωση του μεγέθους της τροφοδοσίας παράγει ψιλά τα οποία είναι ακατάλληλα για την ρευστοποίηση,
- το παραγόμενο αέριο έχει υψηλό περιεχόμενο σε πίσσα και απαιτείται εξωτερικός καθαρισμός του αερίου.

Πίνακας 3.4: Ιδιότητες διαφορετικών τύπων αντιδραστήρων αεριοποίησης.

| Πλεονεκτήματα | Μειονεκτήματα |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| <u>Σταθερή /κινούμενη κλίνη, ανωροής</u> | |
| Απλή, φθηνή διεργασία | Υψηλή παραγωγή πίσσας |
| Θερμοκρασία εξόδου αερίου περίπου 250°C. | Πιθανή διοχέτευση |
| Λειτουργεί ικανοποιητικά κάτω από πίεση. | Πιθανό γεφύρωμα |
| Υψηλή απόδοση μετατροπής άνθρακα. | Πιθανό κουδούνισμα |
| Χαμηλά επίπεδα σκόνης στο αέριο. | Μικρό μέγεθος τροφοδοσίας |
| Υψηλή θερμική απόδοση | |
| <u>Σταθερή /κινούμενη κλίνη, κατώροης</u> | |
| Απλή διεργασία | Ελάχιστο μέγεθος τροφοδοσίας |
| Μόνο ίχνη πίσσας στο παραγόμενο αέριο | Περιορισμένο επιτρεπτό περιεχόμενο τέφρας στην τροφοδοσία |
| | Περιορισμοί στην δυνατότητα κλιμάκωσης |
| | Πιθανότητα για διοχέτευση κα κουδούνισμα |
| <u>Ρευστοστέρεα κλίνη</u> | |
| Ευέλικτος ρυθμός τροφοδοσίας και σύσταση | Η θερμοκρασία λειτουργίας περιορίζεται από το τσούγκρισμα / κουδούνισμα |
| Επιτρεπτά καύσιμα με υψηλή τέφρα | Υψηλή θερμοκρασία παραγόμενου αερίου |
| Ικανή να υποστεί πίεση | Υψηλά περιεχόμενα πίσσας και λεπτόκοκκων σωματιδίων στο αέριο |
| Υψηλό CH ₄ στο παραγόμενο αέριο | Πιθανότητα υψηλού περιεχομένου C στην ιπτάμενη τέφρα |
| Υψηλή ογκομετρική δυνατότητα | |
| Εύκολος έλεγχος της θερμοκρασίας | |
| <u>Ρευστοστέρεα κλίνη με κυκλοφορία</u> | |
| Ευέλικτη διεργασία | Προβλήματα διάβρωσης και τριβής |
| Θερμοκρασία λειτουργίας μέχρι 850 °C | Φτωχός λειτουργικός έλεγχος χρήσης βιομάζας |
| <u>Διπλή ρευστοστέρεα κλίνη</u> | |
| Το οξυγόνο δεν είναι απαραίτητο | Περισσότερη πίσσα λόγω της χαμηλότερης θερμοκρασίας κλίνης |
| Υψηλό CH ₄ λόγω της χαμηλής κλίνης | Δυσκολία στη λειτουργία κάτω από πίεση |
| Θερμοκρασία | |
| Περιορισμός θερμοκρασίας στον οξειδωτή | |
| <u>Κλίνη εμβολικής ροής</u> | |
| Πολύ χαμηλή σε πίσσα και CO ₂ | Χαμηλή σε CH ₄ |
| Ευελιξία στην τροφοδοσία | Ακραία μείωση σε μέγεθος απαιτείται |
| | Σύνθετος λειτουργικός έλεγχος |
| | Απώλεια άνθρακα με την τέφρα |
| | Φράξιμο με την τέφρα |

Σε σύγκριση με τους αεριοποιητές ρευστοστέρεας κλίνης, οι αεριοποιητές σταθερής κλίνης εμφανίζονται ως η πιο πρακτική επιλογή για την παραγωγή αερίου χαμηλής θερμογόνου δύναμης σε σχέδια παραγωγής ισχύος μικρής κλίμακας που χρησιμοποιούν μηχανές αερίου ανάφλεξης με σπίθα ή μηχανές με αέριες τουρμπίνες. Το εκτιμώμενο κόστος κεφαλαίου μιας εγκατάστασης αεριοποιητή σταθερής κλίνης για την παροχή επαρκούς παραγόμενου αερίου ικανού να τροφοδοτήσει 2,5MW_(e) (π.χ. περίπου 7,5MW_{th} με 30% απόδοση μετατροπής σε ηλεκτρισμό) είναι περίπου 2,3 εκατομμύρια λίρες Αγγλίας. Το κόστος της μηχανής αερίου-γεννήτριας είναι επιπρόσθετο, περίπου 500-600 λίρες Αγγλίας / kW_(e), ή 1,2-1,5 εκατομμύρια λίρες για ένα σύστημα 2,5MW_(e). Βασιζόμενοι στα παραπάνω δεδομένα, το ολικό κόστος κεφαλαίου για μια 2,5MW_(e) εγκατάσταση βιομάζας - ηλεκτρισμού θα ήταν 3,5-3,8 εκατομμύρια λίρες.

Τα λειτουργικά κόστη θα ήταν 1 λίρα / kWh_(e). Βασισμένα σε ανά παραγόμενη μονάδα κόστη βάση, τα σημαντικότερα στοιχεία κόστους της μονάδας είναι:

Πίνακας 2.5:Βασικά στοιχεία κόστους ανά βάση παραγόμενης μονάδας.

| | |
|---------------------------------------|-------------------------------|
| •παραγωγή της τροφοδοσίας βιομάζας | 5,7λίρες / kWh _(e) |
| •εγκατάσταση αεριοποιητή / γεννήτριας | 4,3λίρες / kWh _(e) |
| •λειτουργία και συντήρηση | 1λίρες / kWh _(e) |
| Συνολικό κόστος μονάδας | 11λίρες / kWh _(e) |

Τα δύο σημαντικότερα στοιχεία κόστους είναι η διάταξη τροφοδοσίας βιομάζας και η εγκατάσταση αεριοποιητή / γεννήτριας. Ενώ δεν μπορούν να γίνουν πολλά για να μειωθεί το κόστος αεριοποιητή / γεννήτριας εάν τα απορρίμματα της βιομάζας ήταν εύκολα διαθέσιμα ο αντίκτυπος στο συνολικό κόστος θα ήταν πολύ σημαντικός. Τα δασοκομικά και τα γεωργικά υπολείμματα αναπόφευκτα οδηγούν σε επιπρόσθετα κόστη επεξεργασίας εξαιτίας του αυξημένου περιεχομένου σε υγρασία και των εδαφικών ή άλλων εδαφικών προσμείξεων που μπορεί να φράξουν τη διεργασία. Επιτρέποντας τα επιπρόσθετα λειτουργικά κόστη η ολική οικονομία στο κόστος της μονάδας αναμένεται να είναι της τάξης του 3-5λίρες/kWh_(e), εξαρτώμενο από το κόστος μεταφοράς και οποιαδήποτε τιμή πώλησης μπορεί να πληρωθεί για τα υπολείμματα.

Συμπερασματικά, η αεριοποίηση είναι μια πολύπλοκη θερμοχημική διεργασία η οποία παράγει ένα αέριο μείγμα CH₄, CO και H₂, με τις αναλογίες να καθορίζονται από τη χρήση του αέρα, οξυγόνου ή ατμού ως μέσου αεριοποίησης με μια αντίστοιχη ποικιλία θερμογόνων δυνάμεων, χαμηλή (4-6MJ/Nm³), μέτρια (12-18MJ/Nm³) και υψηλή (40MJ/Nm³). Η αεριοποίηση σε υψηλές θερμοκρασίες δίνει πίσσα με χαμηλό περιεχόμενο σε οξυγόνο, αποτελούμενη κυρίως από υδρογονάνθρακες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΖΥΜΩΣΗ

Είναι σημαντικό το γεγονός να ξεκαθαριστούν από την αρχή του κεφαλαίου αυτού οι διαφορές μεταξύ της αναερόβιας και της αερόβιας ζύμωσης. Η αερόβια ζύμωση γίνεται σε ανοιχτές δεξαμενές ή λιμνοδεξαμενές με άμεση επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον ενώ η αναερόβια ζύμωση λαμβάνει χώρα σε κλειστές δεξαμενές, που λέγονται αναερόβιοι αντιδραστήρες, χωρίς να έρχονται τα απόβλητα σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον.

Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των αναερόβιων διεργασιών έναντι των αερόβιων παρουσιάζονται στη συνέχεια. Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι ότι η αναερόβια ζύμωση μπορεί να θεωρηθεί ως διεργασία παραγωγής ενέργειας σε αντίθεση με την αερόβια ζύμωση που απαιτεί κατανάλωση ενέργειας.

Πλεονεκτήματα

- Μικρότερη ενεργειακή απαίτηση επειδή δεν απαιτείται αερισμός
- Μικρότερη απαίτηση σε θρεπτικά συστατικά
- Υψηλή απόδοση σε μεθάνιο
- Ελάχιστη παραγωγή βιομάζας
- Αντιδραστήρας μικρότερου όγκου
- Με εγκλιματισμό, οι περισσότερες οργανικές ενώσεις μπορούν να μετατραπούν
- Προσθήκη υποστρώματος μετά από μακρά περίοδο χωρίς τροφοδοσία

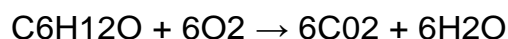
Μειονεκτήματα

- Πιθανή απαίτηση σε αλκαλικά στοιχεία
- Μεγαλύτερος χρόνος εκκίνησης της διεργασίας
- Δεν είναι εφικτή η βιολογική απομάκρυνση του αζώτου και του φωσφόρου
- Παραγωγή οσμών και διαβρωτικών ουσιών
- Μεγαλύτερη ευαισθησία των χαμηλών θερμοκρασιών στην ταχύτητα της αντίδρασης
- Μεγαλύτερη ευαισθησία σε διαταραχές λόγω της παρουσίας τοξικών ουσιών

Για απόβλητα στους 20°C η αερόβια διεργασία απαιτεί ενέργεια της τάξης των 1,9 • 10KJ/d, ενώ η αναερόβια διεργασία παράγει ενέργεια 12,5 • 10KJ/d .Από την ενέργεια που παράγεται μέσω της αναερόβιας διεργασίας τα 4,2•10KJ/d χρησιμοποιούνται για την αύξηση της θερμοκρασίας των υγρών αποβλήτων από τους 20°C στους 30°C. Οπότε η καθαρή παραγόμενη ενέργεια είναι 8,3•10KJ/d που είναι 4 φορές περίπου μεγαλύτερη από την ενέργεια που απαιτείται για την αερόβια διεργασία.

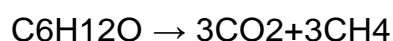
Παρακάτω παρατίθενται οι αντιδράσεις της βιολογικής αποικοδόμησης για τους δύο τύπους διεργασίας, καθώς και οι ποσότητες ενέργειας που αποθηκεύονται ή εκλύονται.

Αερόβια αποικοδόμηση



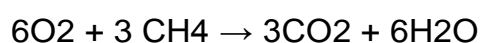
$\Delta R_H = -2880 \text{ KJ/mol}$ (χημική ενέργεια που εκλύεται κυρίως ως θερμότητα)

Αναερόβια αποικοδόμηση



$\Delta R_H = -405 \text{ KJ/mol}$

Καύση μεθανίου



$\Delta R_H = -2475 \text{ KJ/mol}$ (χημική ενέργεια που αποθηκεύεται κυρίως στο μεθάνιο)

4.1 Στάδια Αναερόβιας Ζύμωσης – Παράγοντες που την επηρεάζουν

Η θερμοκρασία και το pH παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο κατά την επιλογή, ανάπτυξη και επιβίωση των μικροοργανισμών. Η βέλτιστη ανάπτυξη των μικροοργανισμών λαμβάνει χώρα μέσα σε πολύ στενά όρια θερμοκρασίας και pH. Ανάλογα με το εύρος της θερμοκρασίας μέσα στο οποίο τα βακτήρια λειτουργούν καλύτερα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: ψυχρόφιλα, μεσόφιλα και θερμόφιλα. Οι περισσότερες διεργασίες αναερόβιας ζύμωσης λειτουργούν στο εύρος των μεσόφιλων οργανισμών σε θερμοκρασία 30–35°C. Τελευταία, εμφανίζεται ενδιαφέρον για τη θερμόφιλη ζύμωση (50–60°C), λόγω της μείωσης του χρόνου παραμονής. Στον πίνακα 4.1 παρουσιάζεται το θερμοκρασιακό εύρος για κάθε κατηγορία βακτηρίων.

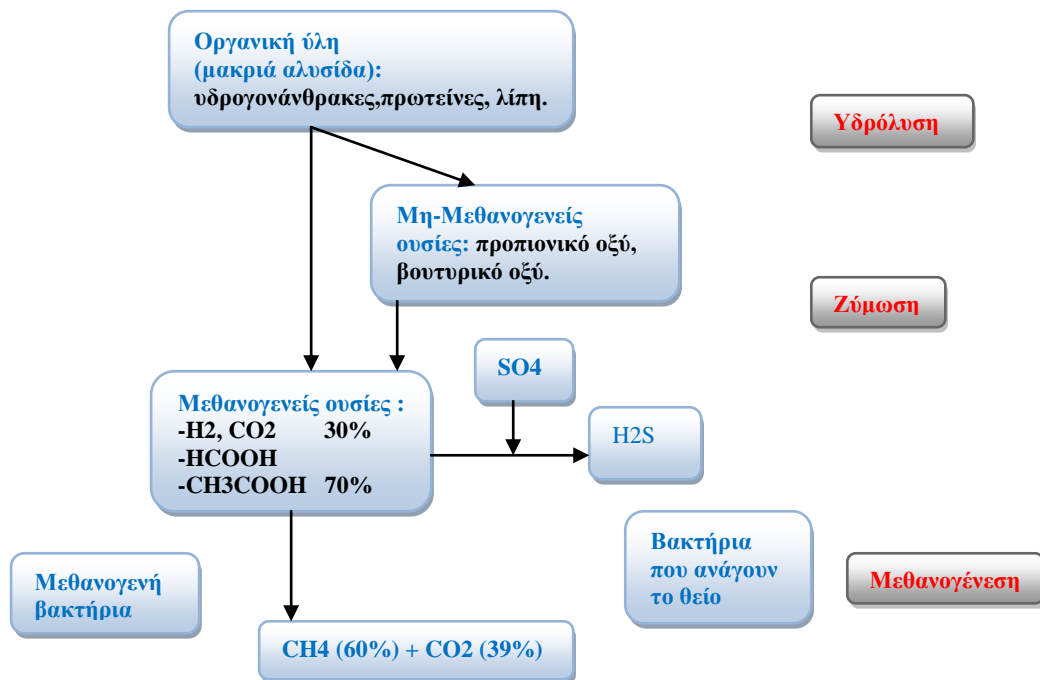
| Τύπος Διεργασιών | Θερμοκρασιακό εύρος, °C | Βέλτιστο θερμοκρασιακό εύρος, °C |
|------------------|-------------------------|----------------------------------|
| Ψυχρόφιλες | 10-30 | 12-18 |
| Μεσόφιλες | 20-50 | 25-40 |
| Θερμόφιλες | 35-75 | 55-65 |

Πίνακας 4.1 Θερμοκρασιακή κατάταξη των βιολογικών διεργασιών.

Όσον αφορά το pH, τα βακτήρια δεν μπορούν να αναπτυχθούν σε επίπεδα pH πάνω από 9,5 και κάτω από 4. Το βέλτιστο εύρος για το pH είναι μεταξύ 6,5 και 7,5. Επιθυμητό είναι το ουδέτερο pH, ενώ για τιμές κάτω από 6,8 αναστέλλεται η μεθανογενετική δραστηριότητα.

Τα βασικά στάδια της αναερόβιας ζύμωσης των οργανικών αποβλήτων είναι τα εξής:

- Υδρόλυση
- Ζύμωση ή οξυγένεση
- Μεθανογένεση



Σχήμα 4.1 Λεπτομερής απεικόνιση των σταδίων της αναερόβιας ζύμωσης

Το πρώτο στάδιο κατά το οποίο η οργανική ύλη μετατρέπεται σε διαλυτές ενώσεις λέγεται υδρόλυση. Οι διαλυτές ενώσεις μπορούν να υδρολυθούν περαιτέρω σε απλούστερα μονομερή που χρησιμοποιούνται από τα βακτήρια που επιτελούν τη ζύμωση. Υπάρχουν ορισμένα υγρά απόβλητα τα οποία δεν υφίστανται υδρόλυση και έτσι η ζύμωση είναι το πρώτο στάδιο της αναερόβιας διεργασίας.

Στο δεύτερο στάδιο, που λέγεται ζύμωση, έχουμε τη διάσπαση των λιπαρών οξέων, των σακχάρων και των αμινοξέων όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα. Προϊόντα του σταδίου αυτού είναι το οξικό οξύ, το υδρογόνο, το διοξείδιο του άνθρακα (μεθανογενείς ουσίες) αλλά και το προπιονικό οξύ και το βουτυρικό οξύ (μη μεθανογενείς ουσίες). Αυτά τα προϊόντα είναι οι προγενέστερες ενώσεις για το σχηματισμό του μεθανίου. Για να προχωρήσει η αντίδραση μετατροπής του προπιονικού και του βουτυρικού οξέος σε οξικό οξύ και υδρογόνο απαιτεί χαμηλή συγκέντρωση του υδρογόνου ($H_2 < 10^{-7}$ atm).

Για την πραγματοποίηση του τρίτου σταδίου, που λέγεται μεθανογένεση, είναι υπεύθυνοι μια ομάδα μικροοργανισμών που λέγονται μεθανογενετικοί. Υπάρχουν δύο ομάδες μεθανογενετικών μικροοργανισμών, οι μεθανογενετικοί οξυκλάστες οι οποίοι διασπών το οξικό οξύ σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα και μεθανογενετικοί υδρογονοχρήστες που χρησιμοποιούν το υδρογόνο και το διοξείδιο του άνθρακα για την παραγωγή μεθανίου.

Υπάρχουν δύο σημαντικοί παράγοντες που περιορίζουν τον ρυθμό της αναερόβιας διεργασίας. Αυτοί οι παράγοντες είναι:

1.Ο ρυθμός της υδρολυτικής μετατροπής.

2.Ο ρυθμός κατανάλωσης του διαλυτού υποστρώματος για τη ζύμωση και τη μεθανογένεση.

Στην περίπτωση της επεξεργασίας ιλύος από αστικά λύματα με την αναερόβια διεργασία, απαιτείται ο χρόνος παραμονής να είναι 30 μέρες ώστε να πραγματοποιηθεί η μετατροπή των στερεών.

4.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τις αναερόβιες διεργασίες

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την λειτουργία μιας μονάδος επεξεργασίας βιομάζας με αναερόβιες διεργασίες. Μερικοί από αυτούς αναλύονται παρακάτω και είναι η παρουσία τοξικών και ανασταλτικών ουσιών στην τροφοδοσία, οι μεταβολές στην παροχή, η συγκέντρωση σε ανόργανες ουσίες, και οι εποχιακές μεταβολές στη φόρτιση.

Οι μεταβολές στη φόρτιση των οργανικών και στην παροχή της εισροής οδηγούν σε ανατροπή της ισορροπίας ανάμεσα στην όξινη ζύμωση και την μεθανογένεση. Τα σάκχαρα και τα άμυλα, που είναι εύκολα διαλυτά αποικοδομήσιμα υποστρώματα, παρουσιάζουν αντιδράσεις οξυγένεσης πολύ ταχύτερες σε υψηλές φορτίσεις με αποτέλεσμα να έχουμε αύξηση των συγκεντρώσεων των πτητικών λιπαρών οξέων και του υδρογόνου στον αντιδραστήρα, με ταυτόχρονη μείωση του pH. Η μείωση του pH έχει ως αποτέλεσμα να παρεμποδιστεί η μεθανογένεση. Για να αντιμετωπιστούν οι υψηλές φορτίσεις και παροχές απαιτείται εξισορρόπηση της ροής.

Δύο άλλοι σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση της αναερόβιας διεργασίας είναι η ισχύς του αποβλήτου και η θερμοκρασία. Οι ιδανικές θερμοκρασίες είναι 25-35°C έτσι ώστε να επιτύχουμε τις βέλτιστες ταχύτητες βιολογικών αντιδράσεων και μια σταθερή επεξεργασία. Μπορούν να εφαρμοστούν και χαμηλότερες θερμοκρασίες της τάξης των 10-20°C σε αντιδραστήρες αιωρούμενης και προσκολλημένης βιομάζας, αλλά οι ρυθμοί αντίδρασης της βιομάζας είναι μικρότεροι και απαιτούνται μεγαλύτεροι χρόνοι παραμονής των στερεών (SRT5), μεγαλύτεροι όγκοι αντιδραστήρων και χαμηλότερες φορτίσεις COD. Επίσης στη περίπτωση χαμηλών θερμοκρασιών είναι πιθανό να παρατηρηθεί αφρισμός στον αντιδραστήρα λόγω συσσώρευσης λιπαρών οξέων. Εκτός από τις παραπάνω επιθυμητές θερμοκρασίες απαιτούνται συγκεντρώσεις COD της τάξης των 1500-2000mg/L . Σε αυτό το επίπεδο των συγκεντρώσεων παράγονται επαρκείς ποσότητες μεθανίου που χρησιμοποιούνται ως καύσιμο ή για την θέρμανση της εισροής του αντιδραστήρα.

Η συγκέντρωση των αποβλήτων σε στερεά επηρεάζει την επιλογή του αντιδραστήρα και τον σχεδιασμό του. Απόβλητα με υψηλή συγκέντρωση σε στερεά είναι προτιμότερο να επεξεργαστούν σε αντιδραστήρες αιωρούμενης βιομάζας από διεργασίες προσκολλημένης βιομάζας με ανοδική ή καθοδική ροή.

Ένα μεγάλο ποσοστό των αερίων προϊόντων της αναερόβιας διεργασίας είναι το CO₂ που φτάνει τα επίπεδα του 30-50%. Για να παραμείνει όμως το pH σταθερό και να αυξηθεί η αλκαλικότητα απαιτούνται υψηλές συγκεντρώσεις CaCO₃. το ποσό του CaCO₃ που απαιτείται μπορεί να περιέχεται στα εισερχόμενα απόβλητα ή να προέλθει από την αποικοδόμηση των πρωτεϊνών και των αμινοξέων. Σε μερικές περιπτώσεις όμως είναι αναγκαίο να γίνει προμήθεια των αλκαλικών χημικών κάτι το οποίο δεν συμφέρει οικονομικά.

Για την διατήρηση της μεθανογενετικής δραστηριότητας σε μεγάλο βαθμό οι συγκεντρώσεις του φωσφόρου, του αζώτου και του θείου θα πρέπει να είναι 50,5 και 10Mg/L αντίστοιχα. Αλλά και η παρουσία ιχνοστοιχείων μετάλλων συνεισφέρουν στην εύρυθμη λειτουργία της μεθανογένεσης. Η επιθυμητή ποσότητα για ιχνοστοιχεία μετάλλων ανά λίτρο όγκου αντιδραστήρα είναι 1mg FeCl₂, 0,1mg CoCl₂, 0,1mg NiCl₂ και 0,1mg ZnCl₂.

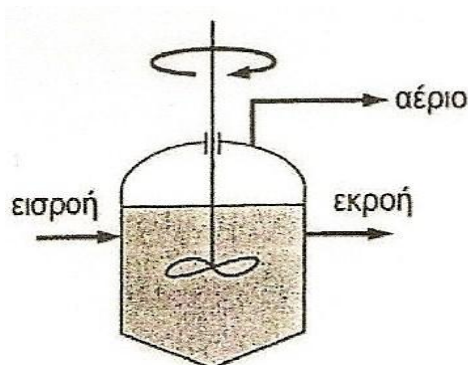
Ο χρόνος παραμονής των στερεών (SRT) αποτελεί ένα βασικό παράγοντα σχεδιασμού της λειτουργίας των αναερόβιων διεργασιών. Για θερμοκρασία στους 30°C ο χρόνος παραμονής είναι πάνω από 20 ημέρες ενώ για μικρότερες θερμοκρασίες απαιτείται πολύ περισσότερος χρόνος.

4.3 Τύποι Αναερόβιων Διεργασιών

4.3.1 Διεργασίες αναερόβιας αιωρούμενης βιομάζας

Υπάρχουν τρεις τύποι αναερόβιων διεργασιών αιωρούμενης βιομάζας:

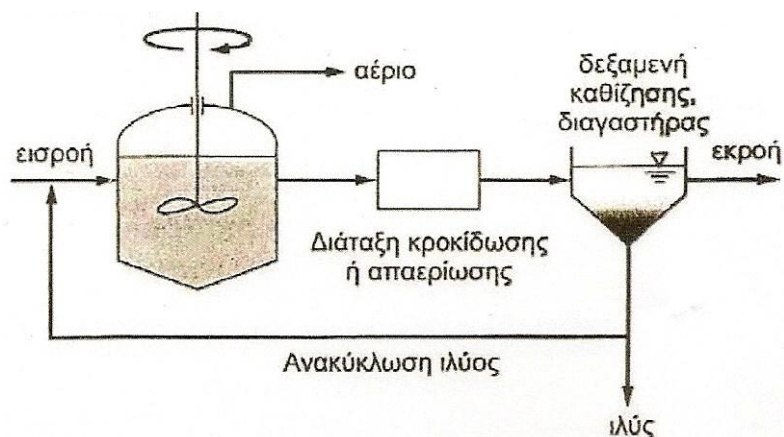
1. αναερόβιος χωνευτής πλήρους ανάμιξης αιωρούμενης βιομάζας.
2. διεργασία αναερόβια επαφής.
3. αναερόβιος αντιδραστήρας διαδοχικών φάσεων ασυνεχούς λειτουργίας.



Σχήμα 4.2 Αναερόβιος χωνευτής πλήρους ανάμιξης, συνεχούς λειτουργίας (CSTR).

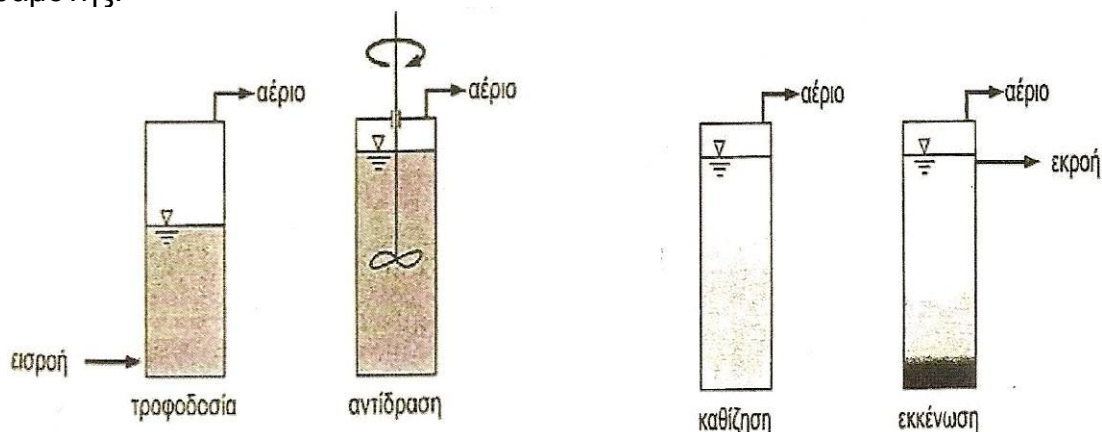
Από τους τρεις τύπους ο πιο συχνά χρησιμοποιούμενος είναι ο πρώτος που συναντάται σε εφαρμογές επεξεργασίας βιομάζας στις οποίες στόχος είναι η μέγιστη δυνατή παραγωγή αερίου. Οι άλλοι δύο τύποι χρησιμοποιούνται από μονάδες επεξεργασίας αστικών αποβλήτων στις οποίες στόχος είναι η παραγωγή όσο το δυνατόν πιο καθαρού από στερεά, υγρού στην καλύτερη ποιότητα. Για τον πρώτο τύπο αντιδραστήρα, τον αντιδραστήρα πλήρους ανάμιξης, ο υδραυλικός χρόνος παραμονής (τ) και ο χρόνος παραμονής των στερεών είναι ίσοι ($\tau = SRT$). Ο τ κυμαίνεται από 15 ως 30 ημέρες έτσι ώστε η διεργασία να είναι ασφαλής και να έχει σταθερότητα. Στην περίπτωση που έχουμε απόβλητα με υψηλή συγκέντρωση στερεών ή πολύ μεγάλη συγκέντρωση διαλυμένων οργανικών χρησιμοποιείται χωνευτής πλήρους ανάμιξης χωρίς ανακύκλωση ιλύος. Στον αναερόβιο χωνευτή πλήρους ανάμιξης μπορούν να εφαρμοστούν διάφοροι τύποι ανάμιξης με σκοπό τη χρησιμοποίηση όλου του όγκου του αντιδραστήρα.

Κατά τη διεργασία της αναερόβιας επαφής η βιομάζα διαχωρίζεται και επιστρέφει στον αντιδραστήρα πλήρους ανάμιξης ή επαφής έτσι ώστε ο SRT να είναι μεγαλύτερος από τον υδραυλικό χρόνο παραμονής. Ο όγκος του αντιδραστήρα μειώνεται και ο διαχωρισμός των στερεών πραγματοποιείται μέσω της βαρύτητας, η οποία συντελεί και στην πάχυνση των στερεών πριν την ανακύκλωση της ιλύος.



Σχήμα 4.3 Διεργασία αναερόβιας επαφής.

Στον αναερόβιο αντιδραστήρα διαδοχικών φάσεων ασυνεχούς λειτουργίας ο διαχωρισμός των στερεών και των υγρών μέσω βαρύτητας γίνεται στο ίδιο δοχείο. Στον πίνακα 4.2 γίνεται σύγκριση των τιμών του ρυθμού οργανικής φόρτισης για τις διεργασίες πλήρους ανάμιξης αλλά και σύγκριση του υδραυλικού χρόνου παραμονής.



Σχήμα 4.4 Αναερόβιος αντιδραστήρας διαδοχικών φάσεων ασυνεχούς λειτουργίας (ASBR).

| Διεργασία | Ογκομετρική Φόρτιση οργανικών KgCOD/m ³ d | Υδραυλικός χρόνος παραμονής τ σε ημέρες |
|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Πλήρους ανάμιξης | 1-5 | 15-30 |
| Αναερόβιας επαφής | 1-8 | 0,5-5 |
| Αναερόβιος αντιδραστήρας διαδοχικών φάσεων ασυνεχούς λειτουργίας | 1,2-2,4 | 0,25-0,5 |

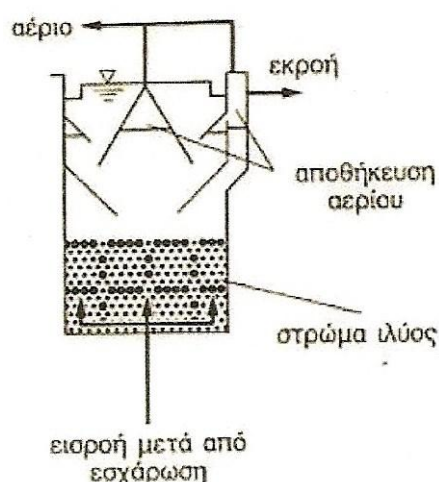
Πίνακας 4.2 Τυπικές τιμές ρυθμού φόρτισης οργανικών για αναερόβιες διεργασίες αιωρούμενης βιομάζας.

Τα βήματα που θα πρέπει να γίνουν κατά το σχεδιασμό της αναερόβιας διεργασίας αιωρούμενης βιομάζας είναι τα παρακάτω:

- 1.Επιλογή μιας τιμής SRT για αν επιτευχθεί η δεδομένη συγκέντρωση εκροής και το ποσοστό απομάκρυνσης του COD.
- 2.Προσδιορισμός της ημερήσιας συγκέντρωσης στερεών και της μάζας των στερεών στο σύστημα για τη διατήρηση του επιθυμητού SRT.
- 3.Επιλογή της αναμενόμενης συγκέντρωσης στερεών στον αντιδραστήρα και προσδιορισμός του όγκου του αντιδραστήρα.
- 4.Προσδιορισμός του ρυθμού παραγωγής του αερίου.
- 5.Προσδιορισμός του ποσού της περίσσειας ιλύος που απορρίπτεται.
- 6.Έλεγχος του ρυθμού ογκομετρικής φόρτισης οργανικών.
- 7.Προσδιορισμός των απαιτήσεων σε αλκαλικότητα.

4.3.2 Αναερόβιες διεργασίες στρώματος ιλύος

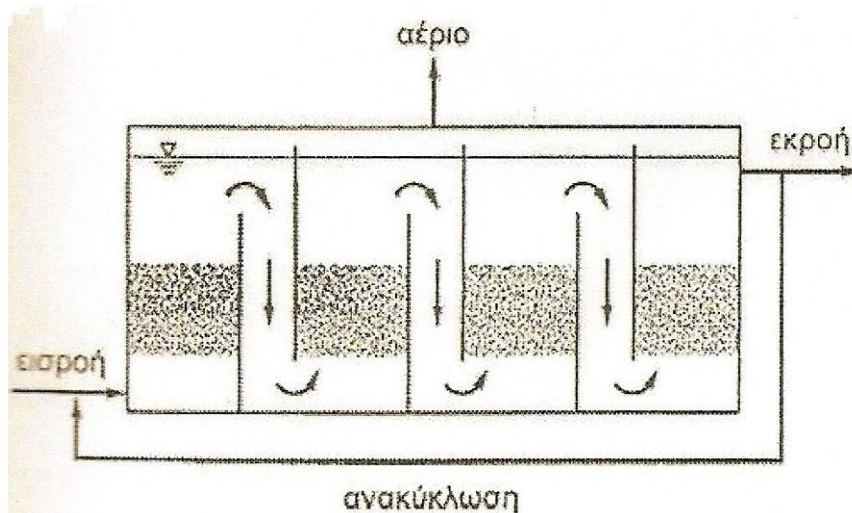
Ο κυριότερος τύπος διεργασίας στρώματος ιλύος είναι ο αντιδραστήρας ανοδικής ροής UASB, ο οποίος χρησιμοποιείται για την επεξεργασία μεγάλης ποικιλίας αποβλήτων. Υπάρχουν και άλλοι δύο τύποι διεργασίας, ο αντιδραστήρας με ανακλαστήρες (Anaerobic Baffled Reactor, ABR) και ο αντιδραστήρας μετακινούμενου στρώματος (Anaerobic Migrating Blanket Reactor, AMBR).



Σχήμα 4.5 Βασικά διεργασία UASB.

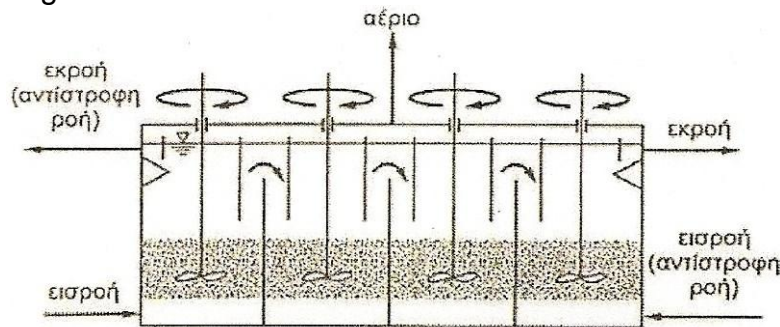
Κατά τον βασικό τύπο διεργασίας UASB τα απόβλητα διανέμονται στον πυθμένα του αντιδραστήρα και μετακινούνται με ανοδική ροή μέσω του στρώματος ιλύος. Υπάρχουν κάποια κρίσιμα στοιχεία κατά το σχεδιασμό του αντιδραστήρα τα οποία είναι το σύστημα διανομής της εισροής, ο διαχωριστής αερίου–στερεών και ο σχεδιασμός απόρριψης της εκροής. **Πλεονεκτήματα της διεργασίας UASB είναι οι υψηλές φορτίσεις που επιτυγχάνονται, οι χαμηλοί χρόνοι παραμονής και η απουσία κόστους για πληρωτικό υλικό. Για την σχεδίαση ενός αντιδραστήρα UASB λαμβάνονται υπ' όψιν τα παρακάτω :** 1) τα χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων όσον αφορά τη σύνθεσή τους και το περιεχόμενο σε στερεά υλικά, 2) η ογκομετρική φόρτιση των οργανικών, 3) η ταχύτητα ανόδου, 4) ο όγκος του αντιδραστήρα, 5) τα φυσικά χαρακτηριστικά και το σύστημα διανομής της εισροής, 6) το σύστημα συλλογής του αερίου.

Ένας άλλος τύπος αντιδραστήρα που χρησιμοποιείται σε μικρότερο βαθμό βέβαια, είναι ο αντιδραστήρας με ανακλαστήρες (ABR) που περιλαμβάνει ανακλαστήρες οι οποίοι κατευθύνουν την ροή των υγρών αποβλήτων ανοδικά μέσω μιας σειράς αντιδραστήρων στρώματος ιλύος. Για την βελτίωση της απόδοσης του αντιδραστήρα αυτού γίνονται τροποποιήσεις οι οποίες περιλαμβάνουν μεταβολές στο σχεδιασμό των διαφραγμάτων και υβριδικούς αντιδραστήρες όπου χρησιμοποιείται ένας διαυγαστήρας για να κατακρατεί και να επιστρέφει τα στερεά ή πληρωτικό υλικό στο άνω τμήμα του κάθε θαλάμου για να κατακρατούνται τα στερεά. Η διεργασία πλεονεκτεί λόγω της απλότητάς της (δεν χρησιμοποιείται πληρωτικό υλικό και ειδική μέθοδος διαχωρισμός του αερίου, δεν υπάρχουν κινητά μέρη για μηχανική ανάμειξη). Επίσης επιτυγχάνεται το μεγαλύτερο δυνατό SRT με χαμηλό υδραυλικό χρόνο παραμονής "τ" και μπορεί να επεξεργαστεί μεγάλη ποικιλία αποβλήτων παρουσιάζοντας σταθερότητα σε απότομες αυξήσεις φόρτισης. Αλλά και κάποιοι περιορισμοί στη χρήση τους υπάρχουν και αφορούν στο γεγονός ότι μόνο πειραματικά έχει λειτουργήσει αυτός ο τύπος αντιδραστήρα άρα δεν υπάρχουν επαρκείς πληροφορίες.



Σχήμα 4.6 Σχηματική άποψη αναερόβιου αντιδραστήρα με ανακλαστήρες (ABR).

Το τελευταίο σύστημα στρώματος ιλύος είναι ο αναερόβιος αντιδραστήρας μετακινούμενου στρώματος (AMBR) ο οποίος μοιάζει με τον ABR και η διαφορά τους έγκειται στο ότι περιλαμβάνει μηχανική ανάμιξη σε κάθε στάδιο και επίσης έχει μια λειτουργία συγκράτησης της ιλύος στο σύστημα χωρίς την προσθήκη πληρωτικού υλικού ή διαυγαστήρα για την κατακράτηση των στερεών. Ένα χαρακτηριστικό του συστήματος αυτού είναι ότι αλλάζει περιοδικά το σημείο εισροής και εκροής όταν παρατηρείται σημαντική ποσότητα στερεών στο τελικό στάδιο. Μπορεί το σύστημα αυτό να χρησιμοποιηθεί για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων (μη λιπαρό ξηρό γάλα) στους 15–20 °C με $t = 4–12h$ και ρυθμό φόρτισης των οργανικών 1–3kgCOD/m³d.



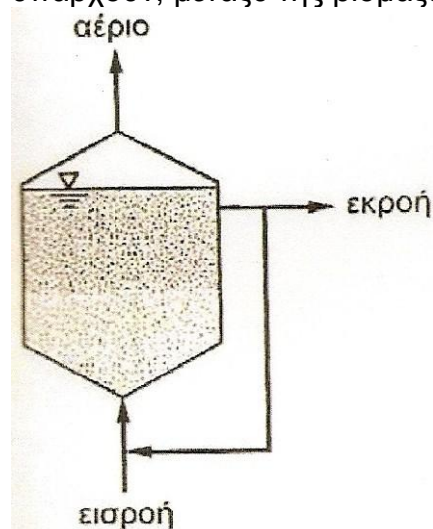
Σχήμα 4.7 Σχηματική άποψη αναερόβιου αντιδραστήρα μετακινούμενου στρώματος (AMBR).

4.3.3 Αναερόβιες διεργασίες προσκολλημένης βιομάζας

Οι αντιδραστήρες αυτοί χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: **Τους αναερόβιους αντιδραστήρες ανοδικής ροής προσκολλημένης βιομάζας και τους αντιδραστήρες καθοδικής ροής προσκολλημένης βιομάζας.**

Ένας περαιτέρω διαχωρισμός γίνεται για τους αντιδραστήρες ανοδικής ροής. Αυτοί διακρίνονται στους αντιδραστήρες ανοδικής ροής με πληρωτικό υλικό, τους αντιδραστήρες σταθερής κλίνης, τους αντιδραστήρες διαστελλόμενης κλίνης και τους αντιδραστήρες ρευστοποιημένης κλίνης.

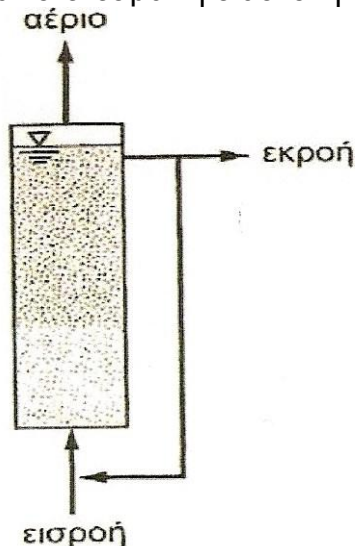
Στον αντιδραστήρα ανοδικής ροής με πληρωτικό υλικό, το πληρωτικό υλικό παραμένει σταθερό και τα απόβλητα ρέουν προς τα πάνω μέσα από τα κενά που υπάρχουν, μεταξύ της βιομάζας και του πληρωτικού υλικού.



Σχήμα 4.8 Αναερόβιος αντιδραστήρας ανοδικής ροής με πληρωτικό υλικό.

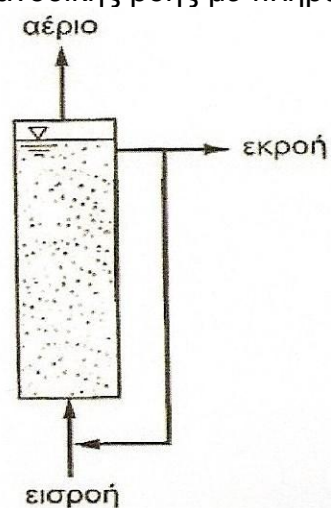
Στους αντιδραστήρες σταθερής κλίνης δεν χρησιμοποιείται ανακύκλωση της ροής και το πληρωτικό υλικό είναι συνθετικό πλαστικό.

Στους αντιδραστήρες διαστελλόμενης κλίνης χρησιμοποιούνται λεπτοί κόκκοι άμμου. Και στους τρεις προηγούμενους τύπους αντιδραστήρα (εκτός από την σταθερή κλίνη) χρησιμοποιείται ανακύκλωση για να εξασφαλιστούν ταχύτητες ανόδου με αποτέλεσμα τη διαστολή της κλίνης κατά 20%.



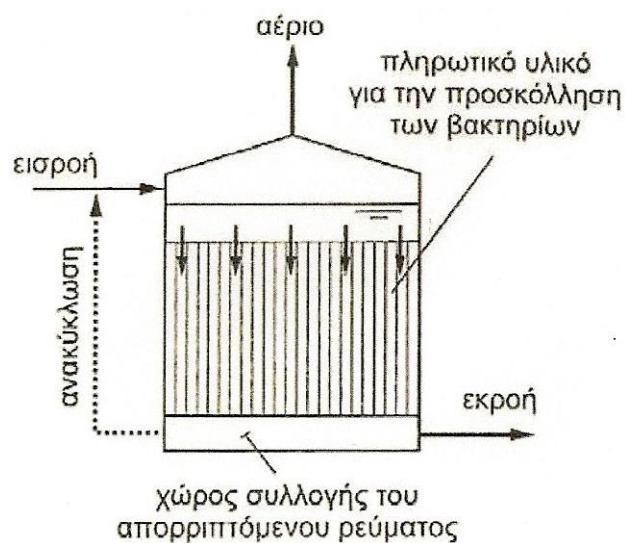
Σχήμα 4.9 Αναερόβιος αντιδραστήρας διαστελλόμενης κλίνης.

Τέλος στους αντιδραστήρες ρευστοποιημένης κλίνης χρησιμοποιείται λεπτόκοκκο υλικό και γενικά υψηλότερες ταχύτητες ανόδου. Οι αντιδραστήρες ρευστοποιημένης και διαστελλόμενης κλίνης διαθέτουν περισσότερη επιφάνεια βιομάζας ανά όγκο αντιδραστήρα αλλά και καλύτερη μεταφορά μάζας σε σχέση με τον αντιδραστήρα ανοδικής ροής με πληρωτικό υλικό.



Σχήμα 4.10 Αναερόβιος αντιδραστήρας διαστελλόμενης κλίνης.

Για τις αναερόβιες διεργασίες καθοδικής ροής προσκολλημένης βιομάζας ως πληρωτικό υλικό χρησιμοποιούνται τέφρα, τυχαία κατανομημένο πλαστικό και σωληνοειδές πλαστικό. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων υψηλής ισχύος. Δεν επιτρέπεται η ανακύκλωση της εκροής του αντιδραστήρα και το ύψος του πληρωτικού υλικού είναι 2 – 4 m. Λειτουργούν σε υψηλές φορτίσεις που κυμαίνονται μεταξύ 5–10kgCOD/m³d και οι αποδόσεις λειτουργίας ποικίλουν για διαφορετικά απόβλητα όπως φαίνεται στον πίνακα 4.3.



Σχήμα 4.11 Αναερόβιος αντιδραστήρας καθοδικής ροής προσκολλημένης βιομάζας με πλαστικό πληρωτικό υλικό.

| Απόβλητα | Θερμοκρασία, °C | Φόρτιση COD kg/m ³ d | τ, h | % απομάκρυνση COD |
|-----------------------|-----------------|---------------------------------|---------|-------------------|
| Εσπεριδοειδή | 38 | 1-6 | 24-144 | 40-80 |
| Ζυθοποιία | 35 | 20 | 1-2 | 76 |
| Απόβλητα χοιροστασίου | 35 | 5-25 | 0,9-6,0 | 40-60 |

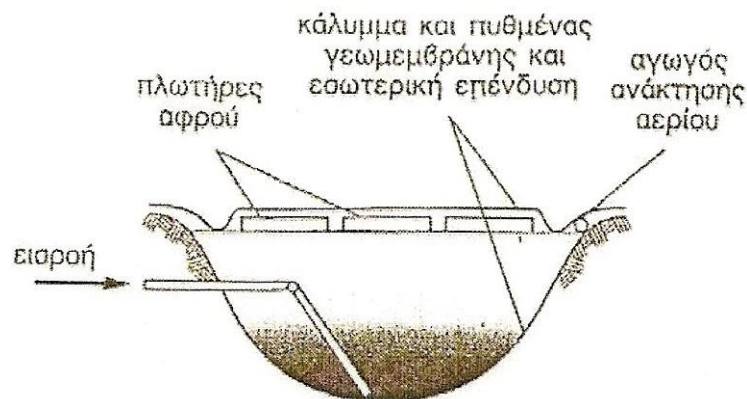
Πίνακας 4.3 Συνθήκες λειτουργίας και αποδόσεις διεργασίας για εφαρμογές αναερόβιας διεργασίας καθοδικής ροής προσκολλημένης βιομάζας.

Στα συστήματα αυτά χρησιμοποιείται πληρωτικό υλικό με μεγάλο κενό όγκο όπως τα καθετοποιημένα πλαστικά πληρωτικά υλικά. Πλεονεκτήματα αυτών των αντιδραστήρων καθοδικής ροής με πληρωτικό υλικό μεγάλου κενού όγκου είναι η απλή λειτουργία, ο απλούστερος σχεδιασμός κατανομής της εισερχόμενης ύλης και η απουσία προβλημάτων φραγής. Επίσης μπορούν να διαχειρίζονται υψηλές φορτίσεις COD σε σχετικά μικρούς όγκους αντιδραστήρα. Μειονέκτημά τους είναι το αυξημένο κόστος λόγω του πληρωτικού υλικού.

4.3.4 Αναερόβια διεργασία χωμάτινης λίμνης με κάλυμμα

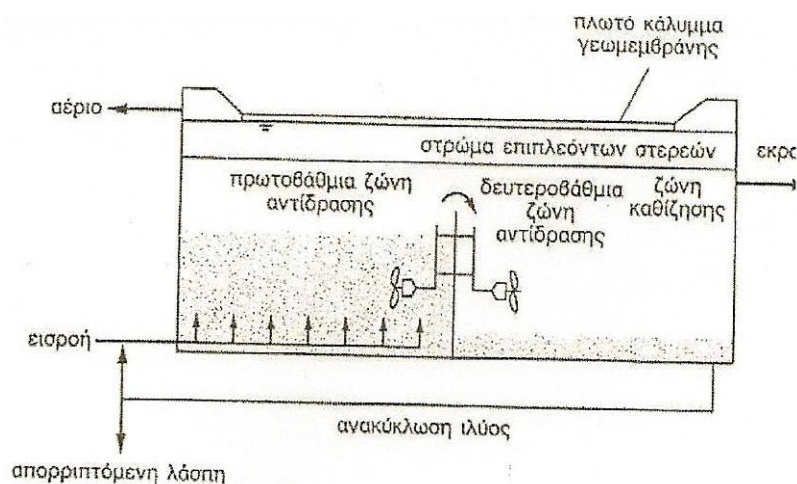
Μια νέα, ανεπτυγμένη διεργασία επεξεργασίας της βιομάζας είναι μέσω αναερόβιας χωμάτινης λίμνης με κάλυμμα. Οι αναερόβιες λίμνες χρησιμοποιούνται για υψηλής ισχύος απόβλητα όπως απόβλητα κρέατος. Το βάθος της λίμνης είναι 5-10 m και οι χρόνοι παραμονής κυμαίνονται μεταξύ 20 – 50 ημέρες. **Το κυριότερο πλεονέκτημα** της διεργασίας χωμάτινης λίμνης με κάλυμμα είναι το γεγονός ότι μπορούν να διαχειρίζονται απόβλητα με ποικιλία χαρακτηριστικών μεταξύ των οποίων λίπη, στερεά και λάδια. **Άλλα πλεονεκτήματα** είναι η απλή και οικονομική κατασκευή, ο μεγάλος όγκος τους, η χρήση χαμηλής φόρτισης και η υψηλή ποιότητα εκροής. **Μειονεκτήματα** της διεργασίας είναι η απαιτούμενη μεγάλη επιφάνεια γης, η μη ικανοποιητική κατανομή της ροής τροφοδοσίας και η συντήρηση του καλύμματος της μεμβράνης. **Υπάρχουν δύο τύποι λίμνης, η διεργασία αναερόβιας λίμνης με κάλυμμα και ο αντιδραστήρας ADI-BFV.**

Για την διεργασία λίμνης με κάλυμμα οι συγκεντρώσεις των στερεών κυμαίνονται μεταξύ 0,5–5% ενώ χρησιμοποιούνται και υψηλότερες τιμές. Ο χρόνος παραμονής (SRT) κυμαίνεται μεταξύ 50-100 ημέρες και είναι υψηλότερος από τον υδραυλικό χρόνο παραμονής (τ) αφού ένα μεγάλο κλάσμα της εισροής των στερεών καθιζάνει και υφίσταται διάσπαση μακροπρόθεσμα. Η απόδοση της διεργασίας μπορεί να αυξηθεί αν χωρίσουμε την λίμνη σε πολλές μικρές λίμνες με τον ίδιο συνολικά όγκο με την μεγάλη λίμνη. Επίσης η απόδοση βελτιώνεται στην περίπτωση διαχωρισμού της όξινης φάσης από τη μεθανογενή φάση.



Σχήμα 4.12 Διεργασία αναερόβιας λίμνης με κάλυμμα (απλός σχεδιασμός).

Ο αντιδραστήρας ADI – BFV είναι κατασκευασμένος από χώμα ή σκυρόδεμα με πλευρικά τοιχώματα ύψους 3–4m, ενώ χρησιμοποιείται και ένας επικλινής εσωτερικός πυθμένας και εξωτερικά χωμάτινα πρανή. Το μέγιστο βάθος του υγρού είναι 7–9m και ο αντιδραστήρας έχει ένα πλωτό κάλυμμα μεμβράνης που είναι αεροστεγές περιμετρικά του αντιδραστήρα και επιτρέπει τη συλλογή του βιοαερίου που παράγεται με ταυτόχρονο έλεγχο της θερμοκρασίας και των οσμών. Το κάλυμμα είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να συλλέγει το βρόχινο νερό και στη συνέχεια να το απομακρύνει. Οι σωληνώσεις της εισροής είναι τοποθετημένες κατά μήκος του πυθμένα του αντιδραστήρα και ο αντιδραστήρας περιέχει ένα αναμίκτη χαμηλής ισχύος που λειτουργεί περιοδικά. Η διεργασία λειτουργεί κανονικά σε χαμηλές φορτίσεις που κυμαίνονται μεταξύ 1–2kg COD/m³d. Η θερμοκρασία είναι μεταξύ 15–25°C ανάλογα με την εποχή του χρόνου. Σε πολύ χαμηλές φορτίσεις είναι πιθανή η απομάκρυνση του COD σε ποσοστό 80–90%.

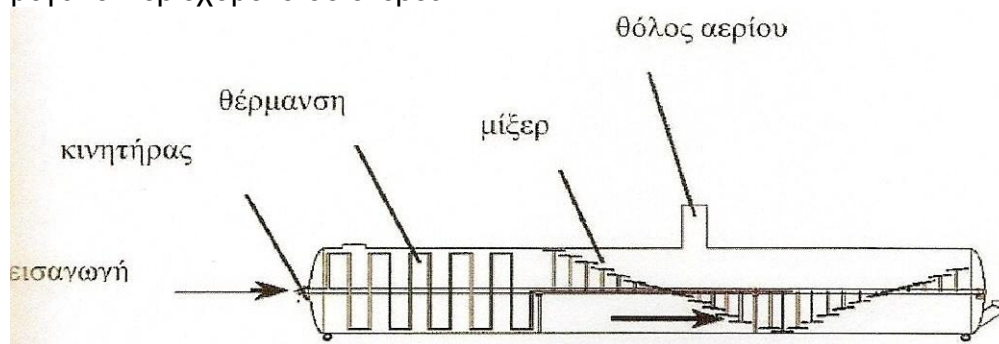


Σχήμα 4.13 Διεργασία λίμνης ADI – BFV.

4.3.5 Αναερόβιοι αντιδραστήρες βιομηχανίας

Στην βιομηχανία για την παραγωγή βιοαερίου, χρησιμοποιούνται συνήθως δύο τύποι αντιδραστήρων: ο οριζόντιος αναερόβιος αντιδραστήρας και ο κάθετος αναερόβιος αντιδραστήρας.

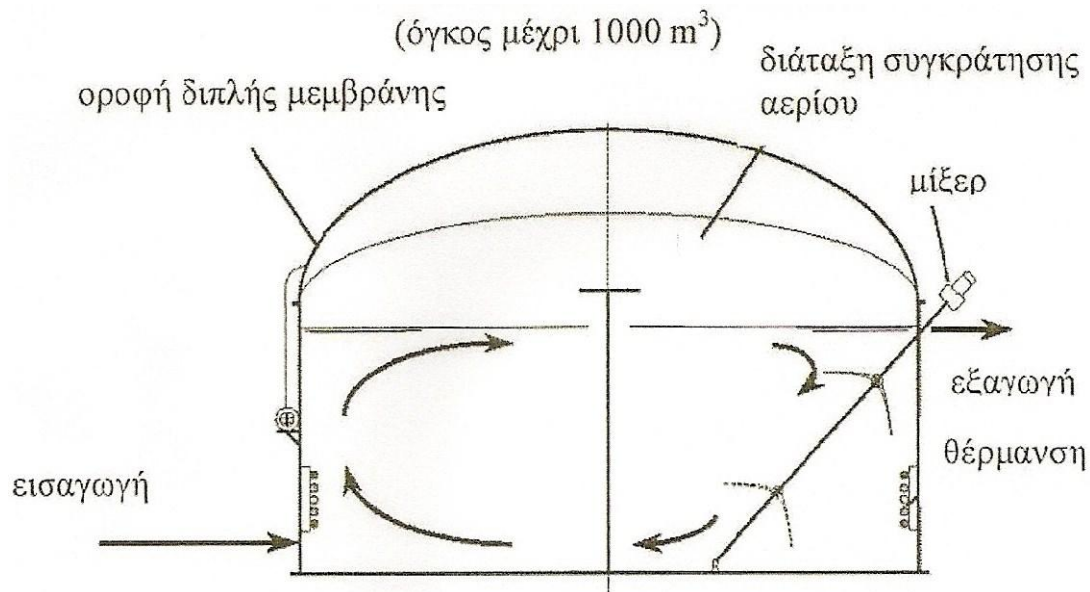
Οι οριζόντιοι αντιδραστήρες χρησιμοποιούνται κυρίως σε μικρού μεγέθους μονάδες επεξεργασίας. Είναι κατασκευασμένοι από χάλυβα με όγκο 50–150m³ και διάμετρο 3,20–3,50m. Τα μεγέθη είναι τέτοια ώστε η μεταφορά του στο χώρο να είναι εύκολη και με χαμηλό κόστος. Χρησιμοποιείται για την επεξεργασία κοπριάς πτηνών και βοοειδών για το λόγο ότι παρέχει καλή ανάμιξη ακόμη και για απόβλητα με μεγάλο περιεχόμενο σε στερεά.



Σχήμα 4.14 Οριζόντιος αναερόβιος αντιδραστήρας που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία

Ο συνηθέστερα χρησιμοποιούμενος αντιδραστήρας στην βιομηχανία για την παραγωγή βιοαερίου είναι ο κάθετος αντιδραστήρας. Αυτός, είναι κατασκευασμένος από τσιμέντο και κατασκευάζεται στο μέρος που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί λόγω της δυσκολίας μεταφοράς του. Το μέγεθός του κυμαίνεται μεταξύ 500 - 1500 m³, έχει ύψος 5 - 6 m και διάμετρο μεταξύ 10 - 20 m. Η τροφοδοσία του ανά έτος είναι μεγαλύτερη από 10000 m³.

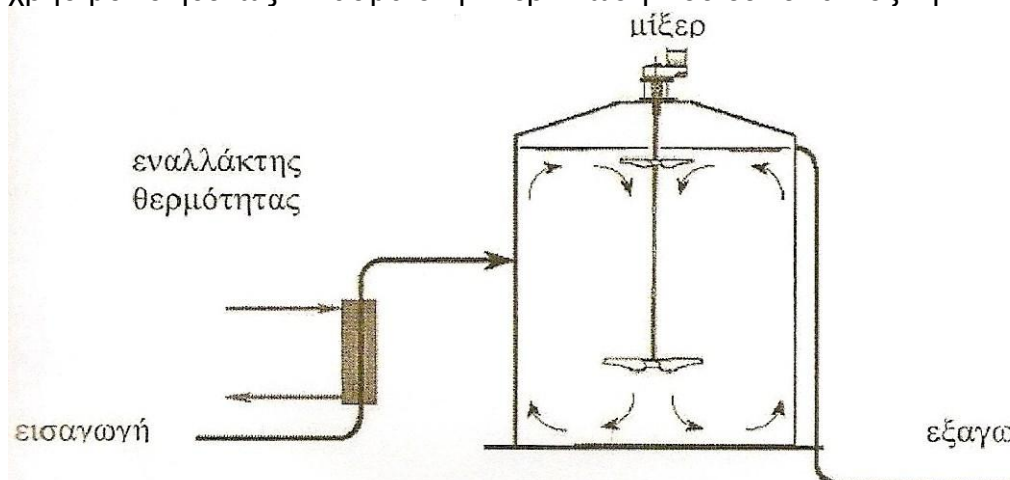
Συνήθης κατακόρυφος αντιδραστήρας



Σχήμα 4.15 Τυπικός κατακόρυφος αναερόβιος αντιδραστήρας βιομηχανικής κλίμακας

Ένας κινητήρας είναι τοποθετημένος έξω από τη δεξαμενή και με τη βοήθειά του κινείται ο αναμίκτης. Μερικές φορές μπορεί να υπάρχουν και περισσότεροι αναμίκτης όταν έχουμε μεγάλου μεγέθους δεξαμενές. Η δεξαμενή είναι εξοπλισμένη με ένα σύστημα θέρμανσης που ανακυκλώνει ζεστό νερό διαμέσου σωλήνων. Η δεξαμενή σκεπάζεται από διπλή στεγανή μεμβράνη που κατακρατεί το βιοαέριο που παράγεται. Η εσωτερική μεμβράνη συγκρατεί το βιοαέριο και η εξωτερική προστατεύει τη δεξαμενή από τις καιρικές συνθήκες. Η εσωτερική μεμβράνη είναι εύκαμπτη ενώ η εξωτερική έχει σφαιρικό σχήμα και προσαρμόζεται λόγω μιας ελαφριάς πίεσης αέρα μεταξύ των δύο. Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής είναι 30–80 ημέρες ανάλογα με το είδος του της πρώτης ύλης που χρησιμοποιείται.

Όταν ο ρυθμός ροής είναι χαμηλός ο αντιδραστήρας αυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ποικιλία πρώτων υλών. Η απομάκρυνση του στρώματος ιλύος γίνεται με μηχανικό τρόπο μέσω ενός συστήματος που είναι προσαρμοσμένο σε μια τσιμεντένια σκεπή που καλύπτει τη δεξαμενή. Η απορριπτόμενη ιλύς μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα στην περίπτωση που δεν είναι τοξική.



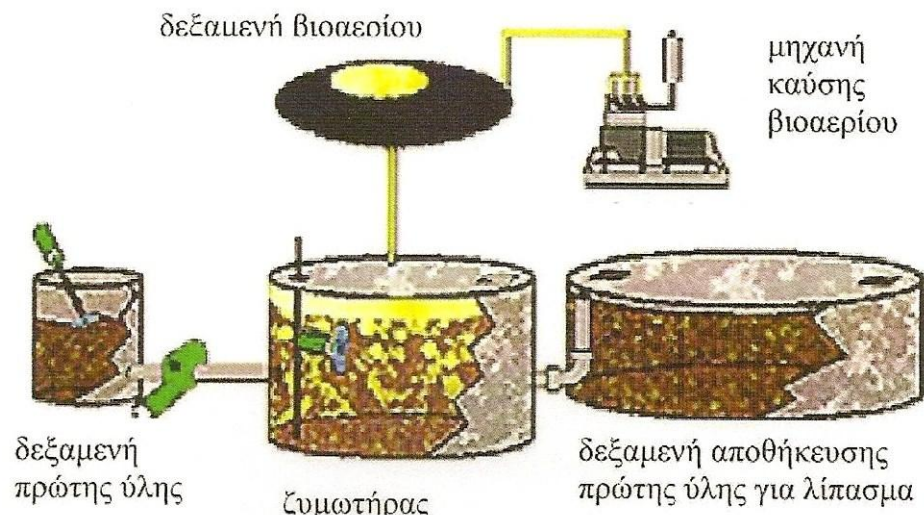
Σχήμα 4.16 Μεγάλος κατακόρυφος αντιδραστήρας βιομηχανίας.

Στην περίπτωση που η τροφοδοσία είναι πολύ μεγαλύτερη, της τάξης περίπου των 30000m³ τον χρόνο, χρησιμοποιούνται πολύ μεγαλύτεροι κατακόρυφοι αντιδραστήρες.

Αυτοί είναι κατασκευασμένοι από χαλύβδινες πλάκες με γυαλί και ορισμένες φορές από τσιμέντο. Η χωρητικότητά τους είναι 1000-5000m³ και έχουν ύψος 15-20m και διάμετρο 10-18m. Και στον αντιδραστήρα αυτό υπάρχει αναδευτήρας που αναμιγνύει την πρώτη ύλη ο οποίος είναι προσαρμοσμένος στην οροφή της δεξαμενής και λειτουργεί συνεχώς. Η πρώτη ύλη που εισέρχεται στη δεξαμενή προθερμαίνεται και ο υδραυλικός χρόνος υπομονής είναι 20 ημέρες όταν το υπόστρωμα είναι ζωικά απορρίμματα. Ο μικρός υδραυλικός χρόνος είναι αποτέλεσμα της συνεχούς ανάδευσης και της προθέρμανσης που υφίσταται η πρώτη ύλη.

4.4 Πλάνο μιας μονάδας παραγωγής βιοαερίου

Μια τυπική μονάδα παραγωγής βιοαερίου περιλαμβάνει τα εξής : μια δεξαμενή συλλογής της πρώτης ύλης που τροφοδοτεί τον αντιδραστήρα, έναν αναερόβιο αντιδραστήρα, μια δεξαμενή αποθήκευσης του βιοαερίου, μια μηχανή εσωτερικής καύσης, μια δεξαμενή αποστράγγισης των στερεών υπολειμμάτων για την παραγωγή λιπάσματος και σωλήνες αναδευτήρες.



Σχήμα 4.17 Διάταξη μονάδας αναερόβιας επεξεργασίας βιομάζας

Υπάρχουν δύο τύποι μηχανών εσωτερικής καύσης που χρησιμοποιούνται συνήθως. Για μεγάλες μονάδες βιοαερίου χρησιμοποιείται η **συμβατική μηχανή εσωτερικής καύσης που βασίζεται στη λειτουργία Otto** (ανάφλεξη με σπινθήρα). Η χρήση μιας τέτοιας μηχανής είναι οικονομικά εφικτή για μονάδες βιοαερίου με απόδοση σε ηλεκτρική ισχύ πάνω από 150–200KW.

Μια άλλη μηχανή που χρησιμοποιείται είναι η **υβριδική μηχανή που βασίζεται στη λειτουργία του κινητήρα Diesel** και απαιτεί 5–15% καύσιμο ντίζελ από το ολικό περιεχόμενο σε καύσιμο. Για να γίνει καλή καύση του βιοαερίου γίνεται έγχυση ντίζελ (10%) στο σημείο όπου το πιστόνι συμπιέζει το βιοαέριο (90%). Η ηλεκτρική

απόδοση του κινητήρα αυτού είναι 33–37%. Η υβριδική μηχανή μπορεί να λειτουργήσει και με σκέτο ντίζελ μόνο. Για να ξεκινήσει η λειτουργία μιας μονάδας βιοαερίου απαιτείται ζεστό νερό για τη θέρμανση του αντιδραστήρα. Σε αυτήν την περίπτωση ο υβριδικός κινητήρας μπορεί να λειτουργήσει μόνο με ντίζελ αρχικά, μέχρι να θερμανθεί ο αντιδραστήρας και να αρχίσει η παραγωγή βιοαερίου.

Στη συνέχεια η χρήση ντίζελ μειώνεται σταδιακά όσο αυξάνει η παραγωγή βιοαερίου. Ακόμα και κακής ποιότητας βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια υβριδική μηχανή. Αντίθετα, σε μια συμβατική μηχανή Otto πρέπει να παρέχεται φυσικό αέριο, εναλλακτικά πρέπει να εγκατασταθεί ένας πρόσθετος λέβητας που να παρέχει θερμότητα στον αντιδραστήρα. Η μεγαλύτερη υβριδική μηχανή που κυκλοφορεί στην αγορά έχει ισχύ 250KW.

Για τις δεξαμενές αποθήκευσης τρεις είναι οι πιθανοί τύποι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

- Εσωτερικές δεξαμενές σε σχήμα μπαλκονιού.** Κατασκευάζονται από μια εύκαμπτη μεμβράνη και συνήθως εγκαθίστανται κάτω από μια απλή στέγη χωρίς πλευρικά τοιχώματα.

- Στέγες αποθήκευσης βιοαερίου.** Εγκαθίστανται στην στέγη ενός τσιμεντένιου αντιδραστήρα. Μια απλή και οικονομική εκδοχή αυτού του τύπου είναι μια στέγη με διπλή μεμβράνη.

- Εξωτερικές δεξαμενές συλλογής βιοαερίου.** Η συλλογή του παραγόμενου βιοαερίου γίνεται σε μια ξεχωριστή δεξαμενή με όγκο μέχρι και 5000m².

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ- ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

5.1 Κοινωνικό – οικονομικές επιπτώσεις

5.1.1 Κοινωνικές επιπτώσεις

Απασχόληση

Η βιο-ενέργεια, μεταξύ των υπολοίπων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, είναι η τεχνολογία που διαθέτει το μεγαλύτερο δυναμικό δημιουργίας θέσεων εργασίας σε τοπικό, περιφερειακό και διεθνές επίπεδο. Η χρήση χειροκίνητων μηχανημάτων δημιουργεί περισσότερα έσοδα στην τοπική κοινωνία, ενώ η χρήση μηχανοποιημένων συστημάτων περιορίζει τα έσοδα αυτά. Τα έργα, τα οποία βασίζονται σε αγροτικές καλλιέργειες προσφέρουν μεγαλύτερα έσοδα και περισσότερες θέσεις απασχόλησης.

| | 2005 | 2010 | 2020 |
|--------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Ηλιακή θερμότητα | 4590 | 7390 | 14311 |
| Φωτοβολταικά | 479 | -1769 | 10321 |
| Ηλεκτρική ηλιακή | 593 | 649 | 621 |
| Αιολική στην ακτή | 8690 | 20822 | 35211 |
| Αιολική μακρά της ακτής | 530 | -7968 | -6584 |
| Μικρά υδροηλεκτρικά | -11931 | -995 | 7977 |
| Βιοενέργεια | 449928 | 642683 | 838780 |
| Σύνολο | 453418 | 660812 | 900546 |

Πίνακας 5.1 Πρόβλεψη θέσεων εργασίας για κάθε ανανεώσιμη τεχνολογία.

Τα έργα αυτά από επιδοτήσεις της ΕΕ. Οι θέσεις εργασίας οι οποίες απαιτούνται για τη λειτουργία συστημάτων παραγωγής ενέργειας από βιομάζα, είναι τετραπλάσιες από αυτές που απαιτούνται για μονάδες παραγωγής ισχύος από ορυκτά καύσιμα. Σύμφωνα με μια μελέτη που χρηματοδοτείται από την ΕΕ και πραγματοποιείται από μια κοινοπραξία οργανισμών, ο υπερδιπλασιασμός της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ως το 2020, θα οδηγήσει στη δημιουργία περίπου 900.000 νέων θέσεων εργασίας ως το 2020. Οι 500.000 θέσεις θα δημιουργηθούν στον τομέα της παραγωγής καυσίμων βιομάζας από την αγροτική βιομηχανία.

Δημογραφικές μεταβολές και περιφερειακή ανάπτυξη

Είναι γεγονός τις τελευταίες δεκαετίες ότι μεγάλο μέρος του αγροτικού πληθυσμού των αναπτυσσόμενων και αναπτυσσόμενων χωρών μεταναστεύει προς τα αστικά κέντρα με σκοπό την εύρεση εργασίας. Λόγω της δυσκολίας μεταφοράς της βιομάζας από τις αγροτικές περιοχές, οι εγκαταστάσεις θα πρέπει να κατασκευάζονται κοντά

στον τόπο συλλογής και ανάπτυξης της βιομάζας ώστε να είναι οικονομικά βιώσιμες. Το γεγονός αυτό δημιουργεί θέσεις εργασίας και κατ' επέκταση μέρος του πληθυσμού μετακινείται προς τις αγροτικές περιοχές ή παραμένει σε αυτές. Η χρήση της βιομάζας είναι σημαντική για την αειφόρο περιφερειακή ανάπτυξη μιας χώρας. Η δημιουργία αγοράς για παραγωγή βιο-καυσίμων, θερμότητας και ηλεκτρισμού στην περιφέρεια θα συμβάλει στην εξασφάλιση πρόσθετων εισοδημάτων στην τοπική κοινωνία και στην παραμονή του πληθυσμού στις αγροτικές περιοχές. Γενικά η εισροή νέων εισοδημάτων θα βελτιώσει το βιοτικό επίπεδο των τοπικών πληθυσμών, και οι επιδοτήσεις για νέες αγροτικές καλλιέργειες για την παραγωγή ενέργειας, θα στηρίξουν την ανάπτυξη σε λιγότερο ανεπτυγμένες περιοχές.

Χρήσεις γης

Η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα θα οδηγήσει περισσότερο από κάθε άλλη μορφή ενεργειακής τεχνολογίας, περισσότερη γη ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας. Οι απαιτήσεις σε γη για την παραγωγή βιο-ενέργειας ξεπερνούν κατά δύο και τρεις φορές τις απαιτήσεις σε γη από την μετατροπή του γαιάνθρακα. Στην ΕΕ η συνολική έκταση που απαιτείται για τις ενεργειακές καλλιέργειες είναι μεταξύ του 11% με 28% επί της συνολικής γεωργικής έκτασης.

Η χρήση των δασών για ενεργειακή παραγωγή μπορεί να οδηγήσει σε αποψίλωσή τους, με σοβαρές οικολογικές και κοινωνικές συνέπειες. Οι τοπικές κοινωνίες θα αντιδράσουν στην εκτεταμένη χρήση νερού και γης για αισθητικούς και ηθικούς λόγους οπότε αυτό το γεγονός θα αποτελέσει εμπόδιο. Μια άλλη σοβαρή επίπτωση προκύπτει από την πιθανότητα επηρεασμού των διεθνών τιμών των τροφίμων οι οποίες θα επηρεαστούν από διακυμάνσεις της άμεσης προσφοράς (αλλαγή χρήσης του ζαχαροκάλαμου για την παραγωγή αλκοόλης), από έμμεση διαθεσιμότητα προϊόντων (επίδραση στην διαθεσιμότητα του βοδινού κρέατος λόγω χρήσης του αραβοσίτου, που χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή, για την παραγωγή αιθανόλης), και από έμμεσες μετατροπές σε μικτές καλλιέργειες (παραγωγή περισσότερου σίτου για παραγωγή αλκοόλης με μείωση της παραγωγής της σόγιας).

Θεσμικά και πολιτικά θέματα

Θεσμικά ζητήματα μεγάλης σημασίας για την προώθηση της ενεργειακής χρήσης της βιομάζας αποτελούν οι επιδοτήσεις, οι χρηματοδοτήσεις των επενδύσεων, οι διαδικασίες πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, η φορολογία, τα δημόσια έσοδα και οι περιβαλλοντικοί κανονισμοί. Σε πολλές περιπτώσεις θεσμικοί και πολιτικοί περιορισμοί της χρήσης της βιομάζας ενθαρρύνουν την χρήση των συμβατικών καυσίμων μη λαμβάνοντας υπ' όψιν τα περιβαλλοντικά οφέλη. Επίσης αναμένεται πολιτική τριβή, καθώς οι περιοχές ανάπτυξης της βιομάζας και άλλες ομάδες συμφερόντων πιέζουν για την ανάπτυξη προγραμμάτων με κρατική επιδότηση, αντιτιθέμενες σε άλλες ομάδες ενεργειακών συμφερόντων.

5.1.2 Οικονομικές επιπτώσεις

Ενεργειακή ασφάλεια

Το γεγονός ότι η βιομάζα είναι ένα τοπικό προϊόν έχει ως αποτέλεσμα η αξιοποίηση της να συμβάλει σημαντικά στην μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα και στην βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου μιας χώρας. Η ενεργειακή

ασφάλεια και η μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα είναι στρατηγικός στόχος κάθε χώρας. Η αυξανόμενη εξάρτηση της ΕΕ από εισαγόμενα καύσιμα και η αλματώδης άνοδος της τιμής του αργού πετρελαίου αποτέλεσαν οδηγό για πολλές νομοθετικές πρωτοβουλίες με σκοπό την διευκόλυνση της εισόδου της βιοενέργειας στην αγορά.

Κόστος

Αν και τα περιβαλλοντικά και όχι μόνο οφέλη της παραγωγής ενέργειας από την βιομάζα συνηγορούν προς την χρήση της, το υψηλό κόστος των βιοκαυσίμων που είναι έως 2 και 3 φορές μεγαλύτερο από το κόστος της βενζίνης και του ντίζελ, στήνουν ένα σημαντικό εμπόδιο. Το κόστος μεταφοράς και αποθήκευσης είναι ένα επιπλέον εμπόδιο καθώς επίσης και το υψηλότερο κόστος εξοπλισμών ή της τεχνολογίας αξιοποίησής της. Εντούτοις, το μειωμένο λειτουργικό κόστος οδηγεί σε ορισμένες περιπτώσεις σε τιμές παραγόμενης ενέργειας συγκρίσιμες ή χαμηλότερες των ορυκτών καυσίμων.

Πλεονεκτήματα του εμπορικού ισοζυγίου

Η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα και η αντικατάσταση των εισαγόμενων καυσίμων συμβάλουν θετικά στο εθνικό ισοζύγιο πληρωμών. Τα πλεονεκτήματα αυτά προκύπτουν βέβαια όταν η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα δεν στηρίζεται σε σημαντικό βαθμό σε επιδοτήσεις που καλύπτουν την διαφορά μεταξύ πραγματικών και θεωρητικά εφικτών συνθηκών λειτουργίας. Για την επίτευξη σταθερότητας συνίσταται η ποικιλία τόσο στην πρώτη ύλη όσο και στο προϊόν το οποίο παράγεται από την μονάδα επεξεργασίας της βιομάζας. Με τον συνδυασμό των πρώτων υλών μπορεί να βελτιωθεί η οικονομική απόδοση μιας μονάδας και η αποδοτικότητα της διεργασίας εξασφαλίζοντας την λειτουργία της όλο το έτος χωρίς να χρειάζεται να γίνεται μεγάλη αποθήκευση πρώτων υλών.

Αγροτική οικονομία

Με την αξιοποίηση των γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων σε τοπικές μονάδες μετατροπής της βιομάζας σε ενέργεια, τονώνονται οι τομείς της οικονομίας και της απασχόλησης στην περιφέρεια. Οι αγρότες αποκτούν εναλλακτικές πηγές εσόδων με την διείσδυση των ενεργειακών καλλιεργειών στην εσωτερική αγορά που εξασφαλίζουν ένα ικανοποιητικό εισόδημα έναντι κάποιων συμβατικών καλλιεργειών. Με το άνοιγμα νέων αγορών για τα προϊόντα των ενεργειακών καλλιεργειών, αυξάνονται κατά κανόνα και οι τιμές τους. Έτσι μεταφέρεται ο πλούτος από τους καταναλωτές προς τους παραγωγούς. Εκτός από τα παραπάνω, η αύξηση της παραγωγής των προϊόντων επιφέρει αύξηση των εκταμιεύσεων με τη μορφή επιδοτήσεων.

5.2 Μελλοντικές προοπτικές – Στρατηγικές

Τα τελευταία χρόνια έχουν δημοσιευθεί πολλά ενεργειακά σενάρια τα οποία καταδεικνύουν τη σημασία της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών και ειδικά της βιο-ενέργειας. Σύμφωνα με το σενάριο για Εντατική Παγκόσμια Χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (RIGES) η βιομάζα πρέπει να καλύπτει το 38% της άμεσης κατανάλωσης καυσίμων και το 17% της ηλεκτρικής ενέργειας. Σύμφωνα με τη Λευκή

Βίβλο στην Ευρώπη προσδοκάται ότι η παραγωγή ενέργειας από τη βιομάζα θα φτάσει τα 6000PJ το 2010 και θα αυξηθεί ακόμη περισσότερο μετά το 2010. Το σενάριο παραγωγής χωρίς ορυκτά καύσιμα προβλέπει μέχρι το 2030 η βιομάζα θα μπορούσε να συνεισφέρει κατά 24% στην παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας από 7% που είναι σήμερα το ποσοστό συμμετοχής της. Επίσης εκδόθηκε μία οδηγία σύμφωνα με την οποία η κατανάλωση καυσίμων πρέπει να φτάσει το 5,75% της συνολικής κατανάλωσης καυσίμων μέχρι το 2010. Στην Ελλάδα η χρήση της βιομάζας προβλέπεται να φτάσει τους 4200000ΤΙΠ από τους 2600000ΤΙΠ που είναι σήμερα. Μέχρι το 2050 προβλέπεται ότι το 90% του πληθυσμού της γης θα ζει στις αναπτυσσόμενες χώρες με αποτέλεσμα η βιωσιμότητα των διεργασιών των οποίων σχετίζονται με τη βιομάζα να είναι θέμα στρατηγικής σημασίας.

Καθώς το δυναμικό των υπολειμμάτων και των αποβλήτων είναι περιορισμένο, θα πρέπει να δοθεί μεγάλη σημασία στη δυνατότητα παραγωγής ενέργειας από τις ενεργειακές καλλιέργειες. Αυτό φαίνεται και από τη Λευκή Βίβλο η οποία προβλέπει ότι το 2010, θα παράγονται από ενεργειακές καλλιέργειες 45εκ. ΤΙΠ. Στην ΕΕ, η παραγωγή βιο-ενέργειας είναι μία συμφέρουσα επιλογή στις χώρες της Κεντρικής και Ανατολικής Ευρώπης όπου η χρήση της γης και η εργασία έχουν χαμηλό κόστος.

| | |
|-----------------------------|--------------|
| Βιομάζα και απόβλητα | 63,8% |
| Υδροηλεκτρική | 31,1% |
| Γεωθερμική | 3,5% |
| Άλλη | 1,6% |

Πίνακας 5.2 Συμμετοχή βιο-ενέργειας στη συνολική κατανάλωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ε.Ε.

Ο συνδυασμός χαμηλότερου κόστους και υψηλότερης αποδοτικότητας δείχνουν προς την κατεύθυνση ορισμένων τεχνολογιών που ικανοποιούν αυτές τις ανάγκες. Έτσι, η τεχνολογία BIGCC, τα προηγμένα συστήματα συν – καύσης και η παραγωγή βιο-καυσίμου από αέριο σύνθεσης και αιθανόλης από λιγνοκυτταρικά είδη βιομάζας μπορούν αν ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις αυτές. Τα επόμενα χρόνια τα απόβλητα και τα υπολείμματα θα κυριαρχήσουν στην προσφορά βιομάζας ενώ μακροπρόθεσμα θα αντικατασταθούν από ενεργειακές καλλιέργειες.

Το μέλλον της χρήσης των βιο – καυσίμων χαρακτηρίζεται από αβεβαιότητα. Οι παράγοντες που παίζουν πρωταρχικό ρόλο στην υιοθέτηση των βιο – καυσίμων ως εναλλακτική πηγή τροφοδοσίας είναι οι πολιτικές αποφάσεις των κυβερνήσεων σχετικά με τις προδιαγραφές των καυσίμων, καθώς και οικονομικά και χρηματοοικονομικά εργαλεία όπως οι επιδοτήσεις και οι φοροαπαλλαγές. Οι παραγωγοί συμβατών κινητήρων δεν αναμένεται να αναλάβουν τέτοια επίπεδα κινδύνου καθώς υπάρχει αβεβαιότητα σχετικά με την αποδοχή των οχημάτων που χρησιμοποιούν βιο-καύσιμα. Σκοπός των πολιτικών σχημάτων και των κυβερνητικών παραγόντων θα πρέπει να είναι η μείωση της αβεβαιότητας μέσω κατάλληλων νομοθετικών μέτρων, κινήτρων, προτύπων και φορολογικών ελαφρύνσεων. Το υψηλότερο κόστος θα μειωθεί σταδιακά με την διάχυση της νέας τεχνολογίας.

Η μεγαλύτερη επένδυση στην αγορά της βιομάζας θα προέλθει από την θερμική επεξεργασία. Αναμένεται συνολική δυναμικότητα περίπου 10000 από θερμοηλεκτρικές μονάδες μεγάλης κλίμακας. Προβλέπεται ότι στην Ευρώπη και την Βόρεια Αμερική οι εγκαταστάσεις θα φτάσουν μια δυναμικότητα της τάξης των 2.4GW και 4.4GW. Αλλά στην Λατινική Αμερική και την Ασία θα έχουμε την μεγαλύτερη αύξηση, καθώς οι περιοχές αυτές έχουν διατηρήσει ένα μεγάλο δυναμικό για μεγάλη χρονική περίοδο το οποίο τώρα αρχίζει να είναι αντικείμενο εκμετάλλευσης.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα στηρίζεται στην ανάπτυξη της τεχνολογίας BIGCC (τεχνολογία ολοκληρωμένου κύκλου αεριοποίησης / αεριοστροβίλου) η οποία πετυχαίνει υψηλή αποδοτικότητα. Στην Ευρώπη η παραγωγή ηλεκτρισμού από βιομάζα θα φτάσει τις 178665GWh με εισαγωγή δασικών υπολειμμάτων ή τις 143317GWh χωρίς εισαγωγή. Στην Φινλανδία, τις ΗΠΑ, την Δανία και την Σουηδία η παραγωγή ηλεκτρισμού θα αυξηθεί με τη χρήση συστημάτων συμπαραγωγής θερμότητας και ισχύος από τη βιομάζα.

Μια άλλη χρήση της βιομάζας που θα είναι ανταγωνιστική των ορυκτών καυσίμων είναι στην παραγωγή χημικών για τροφοδοσία των βιομηχανιών μεταποίησης. Από τη βιομάζα μπορούμε να παράγουμε λιπαντικά, πολυμερή, υφάσματα, βιο-διασπώμενα πλαστικά, βαφές, πηκτικά υλικά, συγκολλητικά υλικά και άλλα προϊόντα που αυτή τη στιγμή παράγονται από την επεξεργασία των πετροχημικών .

Όμως, η τάση απελευθέρωσης της αγοράς ενέργειας οδήγησε σε μείωση της κυβερνητικής υποστήριξης για την ανάπτυξη τεχνολογιών και βέβαια αυτό στάθηκε εμπόδιο στην εξέλιξη των μονάδων βιο-ενέργειας αφού αυτές ακόμα δεν είναι κερδοφόρες. Για να φτάσουμε σε σημείο αυτές οι πειραματικές εγκαταστάσεις να γίνουν πρακτικά εφαρμόσιμες θα πρέπει να διεξαχθούν έργα επίδειξης με στόχο να πειστούν οι επενδυτές για τα πλεονεκτήματα που είναι σε θέση να προσφέρουν. Υπεύθυνες για την υποστήριξη αυτών των νέων τεχνολογιών παραγωγής βιο-ενέργειας είναι οι κυβερνήσεις των κρατών που υπέγραψαν το Πρωτόκολλο του Κιότο, έτσι ώστε οι νέες τεχνολογίες να καθιερωθούν στις επιθετικές αγορές ενέργειας [10].

Για την επιτυχή εφαρμογή των νέων τεχνολογιών είναι σημαντικό να αναπτυχθούν στρατηγικές που να περιέχουν μια παγκόσμια αντίληψη των πραγμάτων και ταυτόχρονα να εστιάζουν στις τοπικές συνθήκες ανά χώρα. Για το λόγο αυτό έχουν τεθεί κάποιοι στόχοι:

- Προτάσεις Έρευνας και Ανάπτυξης για κρίσιμες περιοχές, προηγμένες τεχνολογίες παραγωγής ισχύος (τεχνολογία BIGCC) και επιλογές παραγωγής βιο-καυσίμων (παραγωγή αιθανόλης, μεθανόλης και αερίου σύνθεσης). Για την επιτυχία της στρατηγικής θα πρέπει να δημιουργηθούν νέες αγορές για τις τεχνολογίες αυτές.

- Ανάπτυξη μιας διεθνούς αγοράς βιομάζας για διεθνείς συναλλαγές, αλλά και ανάπτυξη μιας διεργασίας προτυποποίησης και πιστοποίησης για ολόκληρο τον κόσμο.

- Δημιουργία κατάλληλων πολιτικών που θα εξασφαλίζουν ότι η βιο-ενέργεια είναι αναπόσπαστο κομμάτι της πολιτικής για την ενέργεια, την γεωργία, τη δασοκομία και τα απόβλητα.

- Συμμετοχή της γεωργίας για την επίτευξη μιας ικανής δυναμικότητας παραγωγής βιο–ενέργειας με ανάπτυξη και εξάπλωση των πολυετών ενεργειακών καλλιεργειών, ιδιαίτερα στις χώρες της Ανατολικής και Κεντρικής Ευρώπης.

- Χρησιμοποίηση των βιο–υλικών ως πρώτη ύλη στις χημικές βιομηχανίες και τις κατασκευές καθώς ο συνδυασμός εφαρμογών υλικών και βιο–ενέργειας έχει πλεονεκτήματα σε οικονομικό επίπεδο και επίπεδο αποδοτικότητας.

Συμπερασματικά, εκτός από τις κυβερνητικές πρωτοβουλίες που πρέπει να παρθούν για την επίτευξη των στόχων στον τομέα της βιο – ενέργειας, και εμείς οι καταναλωτές παίζουμε σημαντικό ρόλο αφού είμαστε σε θέση να επηρεάσουμε τις τεχνολογικές επιλογές. Βέβαια οι καταναλωτές δε νοιάζονται για καθεαυτή την ενέργεια αλλά κυρίως ενδιαφέρονται για αξιόπιστες υπηρεσίες παροχής ενέργειας, λογικές τιμές και γενικότερη ανάπτυξη. Τελικά η τεχνολογική εξέλιξη στον τομέα της βιο – ενέργειας θα πρέπει να κινηθεί προς την κατεύθυνση της ικανοποιητικής αποδοτικότητας μ ταυτόχρονη μείωση του κόστους και αύξηση των περιβαλλοντικών οφειλών. Η βιο – ενέργεια είναι μια λύση και όλοι οι εμπλεκόμενοι φορείς επιβάλλεται να την αναπτύξουν και να την στηρίξουν προς κοινό όφελος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1.A. Faaij, Modern biomass conversion technologies, *Mitigation and adaption strategies for Global Change* (2006)
- 2.A. Demirbas, Biomass resource facilities and biomass conversion processing for fuels and chemicals, *Energy Conversion and Management* (2001)
- 3.R.E.H. Sims, A.Hastings, B.Schlamadinger, G.Taylor and P.Smith, Energy crops: current status and future prospects, *Global Change Biology* (2006)
- 4.K.Ericson, S.Huttunen, L.J.Lars, J.Nilsson and P.Svenningsson, Bioenergy policy and market development in Finland and Sweden, *Energy policy* (2004)
- 5.P.Jiensen, *Scenario analysis of consequence of renewable energy policies for land area requirements for biomass production*, Ινστιτούτο Τεχνολογικών Προβλέψεων (2003)
- 6.Sustainable Bioenergy: a Framework fog Decision Maker. United Nations; 2007
- 7.C.Panoutsou, Strategic analysis for the future implementation of energy crops, *Proceedings of the 2nd world Conference on Biomass for energy, Industry and Climate Protection*, Rome (2004)
- 8.M. Μαρδίκης και Ε. Νμάτοβ, *Ενεργειακές καλλιέργειες, Γεωργία–Κτηνοτροφία* (1999)
- 9.Biomass Research and Development Board NREL. Fostering the bio–economic revolution in biobased products and Bioenergy. Report NREL/MP–28950 (2001)
- 10.I.Jurgens, B.Schlamadinger and P.Gomez, Bioenergy and the CDM in the emerging market for carbon credits, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* (2006)
- 11.Δ. Βάμβουκα, *Εξευγενισμός των γαιανθράκων, Διδακτικές σημειώσεις*, Χανιά (2007)
- 12.European Commission – green energy for Europe
- 13.International Energy Agency. Renewables information. IEA; 2003
- 14.CRES. An overview of the Greek energy market ; 2002

15.“ Ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή υγρών και στερεών βιοκαυσίμων στην Ελλάδα”, ΚΑΠΕ

16.Βιομηχανικά φυτά, Στέλλα Γαλανοπούλου – Σενδούκα, Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα 2002

17.Βιομάζα και βιοκαύσιμα, πρακτικά Συμποσίου ELFORES, ΠΑΣΕΓΕΣ, Αθήνα 2004

18.Enviromental Engineering, Technical University of Dresden, Dipl – Ing. A.Polster, Prof.Dr.-Ing. Habil. R.Lange, Dresden 2005

19.Agricultural Biogas Plants – Worldwide, Torsten Fischer, Andreas Krieg, Krieg and Fischer Ingenieure GmbH, Germany

20.Planning and constructions of Biogas Plants for solid Wastes Digestion in Agriculture, Torsten Fischer, Andreas Krieg and Fischer Ingenieure GmbH

21.Peter Mckendry, Energy production from biomass (part 1): overview of biomass.

22.Peter Mckendry, Energy production from biomass (part 2): conversion technologies.

23.Bridgewater A.V., D. Meier, D. Radlein. “An overview of fast pyrolysis of biomass.”Organic Geochemistry 30 (1999) 1479 – 1493 .

24.Serdar, Yamas. “Pyrolysis of biomass to produce fuelw & chemical feedstocks.”Energy conversion and Management 45 (2004) 651 –671 , Instabul, Technical University 806 26.

25.Klass DL. “Biomass for renewable energy, fuels and chemicals” San Diego. CA: Academic Press; 1998.

26.Gullu, D., Demirbas A. ‘ Biomass to methanol via pyrolysis process.” Energ.Conv. Management 2001; 42. 1349 – 56.

27.Bridgewater AV., “ Production of high grade fuels and chemicals from catalytic pyrolysis of biomass”. Catal Today 1996; 29 : 285 – 95.

28.Bridgewater, AV., 1999. “Principles and practice of biomass fast pyrolysis processes for liquids.” J. Analytical and Applied Pyrolysis 51, 3–22.

29.Diebold, J.P., Scahill, J.,1987. “Production of primary pyrolysis oils in a vortex reactor”.In: Production, Analysis and Upgrading of oils from Biomass, Acs Series, Denver, Colorado, April, pp. 21–28.

30.A.V. Bridgewater, (2003). "Renewable fuels and chemicals by thermal processing of biomass." Chemical Engineering J. 91

31.Peter Mc Kendry, (2002).Energy production from biomass (part 3): gasification technologies. Biosource Technology 83.

32.Rampling, T., 1993. "Fundamental research on the thermal treatment of wastes and biomass: literature review of part research on thermal treatment of biomass and waste. ETSU. B/T1/oo2o8/Rep/1.

33.E. Antonakou, A. Lappas, M., H., Nilsen, A., Bouzga, M., Stocker (2006). "Evaluation of various types of Al – MCM – 41 materials as catalysts in biomass pyrolysis for the production of bio – fuels and chemicals.

34.Risovic Stjepan (2000). Briquetting of wood waste – an energy and economy analysis, 1st World Conference on Biomass for Energy and Industry, 5-9 June 2000, Sevilla, Spain, pages 601-604

35.Nussbaumer T. (2002). Combustion and co-combustion of biomass, 12th European Conference and Technology Exhibition on biomass for Energy, Industry and Climate Protection, Amsterdam, 17-21 June 2002

36.Λυριντζής Γ. (1997). Συμβολή φυσικών δασών και ενεργειακών καλλιεργειών στην παραγωγή βιομάζας για ενεργειακή αξιοποίηση στην Ελλάδα, Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, Αθήνα

37.Vassilakos P. N., Fertis D., Tigas K. (2003). Methods of financing renewable energy investments in Greece, CRES, September 2003

38.Grassi Giuliano (2004). General framework of European initiatives for biofuels, Eubia, May 2004, Brussels Belgium

39.www.eubia.org

40.www.wikipedia.gr

41.www.newscientist.com

42.www.fao.org

43.www.vapo.fi/eng

44.www.ktm.fi/index

45. www.motiva.fi

46. www.cres.gr

47. www.sciencedirect.com

48. www.greekpellets.gr

49. www.statistics.gr

50. www.ypan.gr

51. www.pelletpress.com

ΘΕΜΑ: ΘΕΡΜΟΧΗΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΒΙΟΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ:
ΚΟΛΟΚΟΤΡΩΝΗ ΑΝΘΗ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΘ. ΠΑΛΑΤΟΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
Θεσσαλονίκη 2010**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ενέργεια παίζει σημαντικό ρόλο στη σύγχρονη ζωή.

Υπάρχουν διάφορες μορφές ενέργειας που χρησιμοποιούνται ευρέως για να καλύψουν τις ανθρώπινες ανάγκες.

Αυτές οι μορφές μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις τύπους :

- **τα ορυκτά καύσιμα,**
- **τα πυρηνικά καύσιμα και**
- **τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ).**

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) προέρχονται από φυσικές πηγές όπως η ισχύς του ανέμου, η ενέργεια του ήλιου, η υδροηλεκτρική ενέργεια, η ενέργεια της βιομάζας και η γεωθερμία. Βρίσκονται σε αφθονία στη φύση και έχουν την δυνατότητα να παράγουν ενέργεια με καθόλου ή με ελάχιστες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Η βιομάζα είναι με διαφορά η σημαντικότερη ανανεώσιμη πηγή.
Χρησιμοποιείται πρωτίστως στην παραγωγή θερμότητας και λιγότερο στην
συμπαραγωγή ηλεκτρικής / θερμικής ισχύος και στις μεταφορές.

Υπάρχουν δύο τύποι βιομάζας :

- α) οι υπολειμματικές μορφές** (κάθε είδους φυτικά υπολείμματα, ζωικά απόβλητα και απορρίμματα) και
- β) η βιομάζα που παράγεται από ενεργειακές καλλιέργειες** (σιτάρι, κριθάρι, ζαχαρότευτλα, ηλίανθος κ.α.).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

2.1 Ορισμός της βιομάζας

Με τον όρο βιομάζα εννοείται η οργανική ύλη της γης.

Η βιομάζα είναι η μάζα των φυτών που σχηματίζεται με τη φωτοσυνθετική μετατροπή της ηλιακής ενέργειας.

Η βιομάζα αποτελείται κυρίως από άνθρακα και θείο, και σε μικρότερα ποσοστά από υδρογόνο, οξυγόνο, άζωτο και τέφρα. Η ακριβής περιεκτικότητα της βιομάζας στα στοιχεία αυτά φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

| | |
|-----------------|--------------------------------|
| Άνθρακας | 49 |
| Οξυγόνο | 43 |
| Υδρογόνο | 6 |
| Θείο | 0,05 |
| Άζωτο | 1 |
| Τέφρα | 0.95(K,Na,Ca,Mg,Si)κλπ. |

2.2 Ο φυσικός ενεργειακός κύκλος της βιομάζας : Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) απομακρύνεται από την ατμόσφαιρα με τη διεργασία ανάπτυξης των φυτών (φωτοσύνθεση) και μετατρέπεται σε φυτική βιομάζα. Το μεγαλύτερο μέρος του άνθρακα για την δημιουργία της βιομάζας προσλαμβάνεται από την ατμόσφαιρα και αργότερα επιστρέφει σε αυτήν.

2.3. Πηγές βιομάζας :

- **Ξύλο** (δασικό ξύλο, υπολείμματα ξύλου),
- **Γεωργικά υπολείμματα** που περιλαμβάνουν τη ζαχαροκαλαμοσκόνη, τα υπολείμματα ελιάς, τα άχυρα κ.α.,
- **Ενεργειακές καλλιέργειες** (όπως ο μίσκανθος, η φάλαρις και το αρούντο)
- **Απόβλητα**, τα οποία περιλαμβάνουν τα αστικά στερεά απόβλητα, καύσιμο από σκουπίδια, λύματα και κοπριά.

2.4 Ο ρόλος της βιομάζας στην Ευρώπη : Η χρήση βιομάζας για το 2010 για την Ε.Ε. των 15 είναι περίπου 135.000ktoe/έτος ενώ για την Ε.Ε. των 25 βρίσκεται στα 200.000ktoe/έτος περίπου.

2.5 Ο ρόλος της βιομάζας στην Ελλάδα : Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συνέβαλαν συνολικά 1.403ktoe στο ελληνικό ενεργειακό σύστημα το 2000. Αυτό αντιστοιχεί στο 5% του ελληνικού συνολικού ανεφοδιασμού πρωτογενούς ενέργειας (ΣΑΠΕ), ο οποίος ήταν περίπου 28.100ktoe. Η βιομάζα (συνήθως από ξύλο, που χρησιμοποιείται άμεσα στον οικιακό τομέα) αποτέλεσε το 67,42% της συνολικής παραχθείσας ενέργειας από ΑΠΕ.

2.6 Η αναγκαιότητα αξιοποίησης της βιομάζας : Τα περιβαλλοντικά προβλήματα που έχουν δημιουργηθεί από τη χρήση των συμβατικών μορφών ενέργειας (φαινόμενο θερμοκηπίου, όξινη βροχή κ.λπ.), η εξάντληση των αποθεμάτων πετρελαίου, του φυσικού αερίου και του άνθρακα, έχουν κάνει επιτακτική τη χρήση εναλλακτικών μορφών ενέργειας.

2.6.1 Περιβαλλοντικά οφέλη

1. Ποιότητα του αέρα: Η ηλεκτροπαραγωγή με χρήση βιομάζας ή ορυκτών καυσίμων παράγει αερολύματα, όπως διοξείδιο του θείου (SO_2), οξειδία του αζώτου (NO_x) και διοξείδιο του άνθρακα (CO_2).

Η χρήση της βιοϊσχύος παρέχει τα ακόλουθα **πλεονεκτήματα**:

- Μειωμένες εκπομπές θείου
- Μειωμένες εκπομπές οξειδίων του αζώτου
- Μειωμένες εκπομπές άνθρακα
- Μείωση άλλων εκπομπών (π.χ μεθάνιο)
- Μειωμένες οσμές

2.Ποιότητα υδάτων : Η χρήση της ζωικής κοπριάς ως πηγής καυσίμου περιορίζει τη μόλυνση των υδάτων μειώνοντας την απορροή των ουσιών που περιέχει η ζωική κοπριά (άζωτο, φώσφορο, κάλιο, χλώριο, και μικρά ποσά θείου).

3.Χρήσεις των γαιών : Η χρήση των «καθαρών» αποβλήτων (π.χ ξυλώδη υλικά, υπολείμματα κήπων) ως καύσιμο αποσπά μία ποσότητα από τα υλικά που απορρίπτονται στις χωματερές, επεκτείνοντας έτσι τη ζωή / χωρητικότητα τους. Αυτή η πρακτική επίσης εξαλείφει τις εκπομπές μεθανίου που θα προέρχονταν από την ενταφιασμένη βιομάζα.

Οι ενεργειακές καλλιέργειες αναπτύσσονται σε μη αξιοποιημένες γεωργικές εκτάσεις, δηλαδή δεν αντικαθιστούν βοσκότοπους, υδροβιότοπους, φυσικά δάση ή γεωργική γη υψηλής αξίας. Απαιτούν λιγότερα παρασιτοκτόνα και ζιζανιοκτόνα σε σχέση με τις άλλες καλλιέργειες, μειώνοντας έτσι την απορροή χημικών στα επιφανειακά ή υπόγεια ύδατα.

Τα συστήματα των ριζών συγκρατούν το χώμα και μειώνουν τη διάβρωση, βελτιώνοντας έτσι την ποιότητα των επιφανειακών υδάτων, φιλτράρουν τα γεωργικά χημικά εμποδίζοντας τα να εισέλθουν στα ρυάκια, και ανακόπτουν τα θρεπτικά στοιχεία από το να εισέλθουν στα υπόγεια ύδατα.

2.6.2 Οικονομικά και κοινωνικά οφέλη : Η χρήση της βιομάζας επιφέρει τριπλό όφελος στον αγροτικό πληθυσμό. Διατηρεί τον πλούτο κοντά, αμείβει τους αγρότες για την παραγωγή των καυσίμων βιομάζας και παρέχει καθαρή ενέργεια.

2.7 Η πολιτική της Ε.Ε. για την αξιοποίηση της βιομάζας :

Συνθήκη του Κιότο ⇒ Στόχος για την Ε.Ε. :

η μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 8% σε σύγκριση με το 1990, κατά το διάστημα 2008-2012, ο διπλασιασμός του ποσοστού ΑΠΕ από 6% σε 12% της εγχώριας παραγωγής ενέργειας έως το 2012 και η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης μέχρι το 2010, κατά 18% σε σύγκριση με το 1995.

2.8 Τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας : Η μετατροπή της βιομάζας γίνεται κυρίως με δυο γενικές κατηγορίες διεργασιών,

(α) Τις θερμοχημικές διεργασίες, όπου θερμότητα ή / και καταλύτες χρησιμοποιούνται για να αποσυντεθεί η βιομάζα σε ενδιάμεσα ή τελικά προϊόντα (διεργασίες αεριοποίησης, πυρόλυσης),

(β) Τις βιοχημικές διεργασίες, όπου διάφοροι μικροοργανισμοί και ένζυμα χρησιμοποιούνται για να μετατρέψουν τη βιομάζα σε χρήσιμα προϊόντα (ζύμωση και αναερόβια χώνευση).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΘΕΡΜΟΧΗΜΙΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ

ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Στις θερμοχημικές τεχνολογίες υπάρχουν τέσσερις διαθέσιμες επιλογές διεργασιών:

- 1.Καύση
- 2.Πυρόλυση
- 3.Αεριοποίηση
- 4.Υγροποίηση

3.1 Πυρόλυση: *Είναι η βασική θερμοχημική διεργασία για τη μετατροπή της βιομάζας σε πιο χρήσιμο καύσιμο. Η βιομάζα θερμαίνεται απουσία οξυγόνου, ή αναφλέγεται μερικώς σε περιορισμένη τροφοδοσία οξυγόνου, για να παραχθεί ένα μείγμα πλούσιο σε υδρογονάνθρακες, ένα ελαιώδες υγρό και υπόλειμμα εμπλουτισμένο σε άνθρακα.*

Τυπικές αποδόσεις προϊόντων (επί ξηρής βάσης ξύλου) που αποκτώνται από διαφορετικούς τύπους πυρόλυσης του ξύλου:

| | | Υγρό | Στερεό | Αέριο |
|-----------------|-------------------------------------------------------------|------|--------|-------|
| Ταχεία πυρόλυση | Μέτρια θερμοκρασία, μικροί χρόνοι παραμονής ιδιαίτερα ατμών | 75 | 12 | 13 |
| Ανθρακοποίηση | Χαμηλή θερμοκρασία, πολύ μεγάλοι χρόνοι παραμονής | 30 | 35 | 35 |
| Αεριοποίηση | Υψηλές θερμοκρασίες, μεγάλοι χρόνοι παραμονής | 5 | 10 | 85 |

3.1.1 Ταχεία πυρόλυση: Είναι μια διεργασία υψηλής θερμοκρασίας στην οποία η βιομάζα θερμαίνεται ταχύτατα απουσία οξυγόνου.

Τα απαραίτητα χαρακτηριστικά μιας διεργασίας ταχείας πυρόλυσης είναι:

1.πολύ υψηλή θέρμανση και ρυθμοί μεταφοράς θερμότητας, το οποίο συνήθως απαιτεί πολύ καλά αλεσμένη τροφοδοσία βιομάζας.

2.προσεκτικά ελεγχόμενη θερμοκρασία αντίδρασης της πυρόλυσης γύρω στους 500°C στην φάση των ατμών, με μικρούς χρόνους παραμονής των ατμών τυπικά μικρότερα από 2s.

3.γρήγορη ψύξη των ατμών της πυρόλυσης για να δώσουν τα προϊόντα του βιοελαίου (μείγμα πολικών οργανικών [περίπου 75–80κ.β.%] και νερού [περίπου 20–25κ.β.%]).

Υπάρχουν τρεις κύριες μέθοδοι με τις οποίες μπορεί να επιτευχθεί *ταχεία πυρόλυση*:

1) Πυρόλυση επαφής: Η βιομάζα πιέζεται πάνω σε θερμαινόμενη επιφάνεια η οποία κινείται ταχέως. Η βιομάζα λιώνει στην θερμαινόμενη επιφάνεια και αφήνει ένα ελαιώδες φιλμ το οποίο εξατμίζεται.

2) Πυρόλυση ρευστοστερεάς κλίνης και πυρόλυση ανακυκλούμενης ρευστοστερεάς κλίνης: Μεταφέρει θερμότητα από μια πηγή θερμότητας στη βιομάζα με ένα μείγμα αγωγής και συναγωγής θερμότητας.

3) Πυρόλυση υπό κενό: Χαμηλούς ρυθμούς θέρμανσης που όμως τα προϊόντα της πυρόλυσης απομακρύνονται τόσο γρήγορα όσο και στις δύο προηγούμενες μεθόδους.

3.2 Αεριοποίηση: Η μετατροπή της βιομάζας σε ένα αναφλέξιμο αέριο μείγμα με τη μερική οξείδωση της βιομάζας σε υψηλές θερμοκρασίες τυπικά στο εύρος των 800-900°C. Η θέρμανση γίνεται σε ένα μέσο αεριοποίησης όπως ο αέρας, το οξυγόνο ή ο ατμός.

Η αεριοποίηση είναι μια πολύπλοκη θερμοχημική διεργασία η οποία παράγει ένα αέριο μείγμα CH_4 , CO και H_2 , με τις αναλογίες να καθορίζονται από τη χρήση του αέρα, οξυγόνου ή ατμού ως μέσου αεριοποίησης με μια αντίστοιχη ποικιλία θερμογόνων δυνάμεων, χαμηλή ($4-6MJ/Nm^3$), μέτρια ($12-18MJ/Nm^3$) και υψηλή ($40MJ/Nm^3$).

Η αεριοποίηση σε υψηλές θερμοκρασίες δίνει πίσσα με χαμηλό περιεχόμενο σε οξυγόνο, αποτελούμενη κυρίως από υδρογονάνθρακες.

Είδη αεριοποίησης :

- **Αεριοποίηση σταθερής κλίνης.**
- **Αντιρροής.**
- **Ομορροής.**
- **Διασταυρούμενης ροής.**
- **Αεριοποίηση ρευστοστερεάς κλίνης.**
- **Ρευστοστερεά κλίνη με κυκλοφορία.**
- **Αεριοποιητής με φυσαλίδες.**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΖΥΜΩΣΗ

Διαφορές αναερόβιας με αερόβιας ζύμωσης:

Η αερόβια ζύμωση γίνεται σε ανοιχτές δεξαμενές ή λιμνοδεξαμενές με άμεση επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον ενώ η αναερόβια ζύμωση λαμβάνει χώρα σε κλειστές δεξαμενές, που λέγονται αναερόβιοι αντιδραστήρες, χωρίς να έρχονται τα απόβλητα σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον.

Αναερόβια ζύμωση: Διεργασία παραγωγής ενέργειας.

Για απόβλητα στους 20°C η αναερόβια διεργασία παράγει ενέργεια $12,5 \cdot 10\text{KJ/d}$.

Αερόβια ζύμωση: Απαιτεί κατανάλωση ενέργειας.

Για απόβλητα στους 20°C η αερόβια διεργασία απαιτεί ενέργεια της τάξης των $1,9 \cdot 10\text{KJ/d}$.

Πλεονεκτήματα των αναερόβιων διεργασιών έναντι των αερόβιων:

- *Μικρότερη ενεργειακή απαίτηση επειδή δεν απαιτείται αερισμός.*
- *Μικρότερη απαίτηση σε θρεπτικά συστατικά.*
- *Υψηλή απόδοση σε μεθάνιο.*
- *Ελάχιστη παραγωγή βιομάζας.*
- *Αντιδραστήρας μικρότερου όγκου.*
- *Με εγκλιματισμό, οι περισσότερες οργανικές ενώσεις μπορούν να μετατραπούν.*
- *Προσθήκη υποστρώματος μετά από μακρά περίοδο χωρίς τροφοδοσία.*

Μειονεκτήματα των αναερόβιων διεργασιών έναντι των αερόβιων:

- *Πιθανή απαίτηση σε αλκαλικά στοιχεία.*
- *Μεγαλύτερος χρόνος εκκίνησης της διεργασίας.*
- *Δεν είναι εφικτή η βιολογική απομάκρυνση του αζώτου και του φωσφόρου.*
- *Παραγωγή οσμών και διαβρωτικών ουσιών.*
- *Μεγαλύτερη ευαισθησία των χαμηλών θερμοκρασιών στην ταχύτητα της αντίδρασης.*
- *Μεγαλύτερη ευαισθησία σε διαταραχές λόγω της παρουσίας τοξικών ουσιών.*

4.1 Στάδια Αναερόβιας Ζύμωσης – Παράγοντες που την επηρεάζουν:

Η θερμοκρασία και το ΡΗ παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο κατά την επιλογή, ανάπτυξη και επιβίωση των μικροοργανισμών.

Θερμοκρασιακή κατάταξη των βιολογικών διεργασιών:

| Τύπος Διεργασιών | Θερμοκρασιακό εύρος, °C | Βέλτιστο θερμοκρασιακό εύρος, °C |
|------------------|-------------------------|----------------------------------|
| Ψυχρόφιλες | 10-30 | 12-18 |
| Μεσόφιλες | 20-50 | 25-40 |
| Θερμόφιλες | 35-75 | 55-65 |

*Ανάλογα με το εύρος της θερμοκρασίας μέσα στο οποίο τα βακτήρια λειτουργούν καλύτερα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες : ψυχρόφιλα, μεσόφιλα και θερμόφιλα. **Οι περισσότερες διεργασίες αναερόβιας ζύμωσης λειτουργούν στο εύρος των μεσόφιλων οργανισμών σε θερμοκρασία 30–35°C.***

Όσον αφορά το pH, τα βακτήρια δεν μπορούν να αναπτυχθούν σε επίπεδα pH πάνω από 9,5 και κάτω από 4. Το βέλτιστο εύρος για το pH είναι μεταξύ 6,5 και 7,5. Επιθυμητό είναι το ουδέτερο pH, ενώ για τιμές κάτω από 6,8 αναστέλλεται η μεθανογενετική δραστηριότητα.

Τα βασικά στάδια της αναερόβιας ζύμωσης των οργανικών αποβλήτων είναι τα εξής:


• **Υδρόλυση**(1^ο στάδιο): η οργανική ύλη μετατρέπεται σε διαλυτές ενώσεις.

Υπάρχουν ορισμένα υγρά απόβλητα τα οποία δεν υφίστανται υδρόλυση και έτσι η ζύμωση είναι το πρώτο στάδιο της αναερόβιας διεργασίας.

• **Ζύμωση ή οξυγένεση**(2^ο στάδιο): διάσπαση λιπαρών οξέων, σακχάρων και αμινοξέων.

Προϊόντα του σταδίου αυτού είναι το οξικό οξύ, το υδρογόνο, το διοξείδιο του άνθρακα (μεθανογενείς ουσίες) αλλά και το προπιονικό οξύ και το βουτυρικό οξύ (μη μεθανογενείς ουσίες).

• **Μεθανογένεση**(3^ο στάδιο):

Μεθανογενετικοί οξυκλάστες  διασπούν το οξικό οξύ σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα.

Μεθανογενετικοί υδρογονοχρήστες  χρησιμοποιούν το υδρογόνο και το διοξείδιο του άνθρακα για την παραγωγή μεθανίου.

Παράγοντες που περιορίζουν τον ρυθμό της αναερόβιας διεργασίας:

1.Ο ρυθμός της υδρολυτικής μετατροπής.

2.Ο ρυθμός κατανάλωσης του διαλυτού υποστρώματος για τη ζύμωση και τη μεθανογένεση.

4.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τις αναερόβιες διεργασίες:

Η παρουσία τοξικών και ανασταλτικών ουσιών στην τροφοδοσία, οι μεταβολές στην παροχή, η συγκέντρωση σε ανόργανες ουσίες, και οι εποχιακές μεταβολές στη φόρτιση.

4.3 Τύποι Αναερόβιων Διεργασιών

4.3.1 Διεργασίες αναερόβιας αιωρούμενης βιομάζας

Τύποι αναερόβιων διεργασιών αιωρούμενης βιομάζας:

1.αναερόβιος χωνευτής πλήρους ανάμιξης αιωρούμενης βιομάζας.

2.διεργασία αναερόβια επαφής.

3.αναερόβιος αντιδραστήρας διαδοχικών φάσεων ασυνεχούς λειτουργίας.

4.3.2 Αναερόβιες διεργασίες στρώματος ιλύος:

Τύποι διεργασίας στρώματος ιλύος:

- 1. Αντιδραστήρας ανοδικής ροής UASB (Ο κυριότερος τύπος διεργασίας στρώματος ιλύος).**
- 2. Αντιδραστήρας με ανακλαστήρες (Anaerobic Baffled Reactor, ABR).**
- 3. Αντιδραστήρας μετακινούμενου στρώματος (Anaerobic Migrating Blanket Reactor, AMBR).**

4.3.3 Αναερόβιες διεργασίες προσκολλημένης βιομάζας:

- 1. Αναερόβιοι αντιδραστήρες ανοδικής ροής προσκολλημένης βιομάζας.**
 - 1.1 Αντιδραστήρες ανοδικής ροής με πληρωτικό υλικό.
 - 1.2 Αντιδραστήρες σταθερής κλίνης.
 - 1.3 Αντιδραστήρες διαστελλόμενης κλίνης.
 - 1.4 Αντιδραστήρες ρευστοποιημένης κλίνης.
- 2. Αντιδραστήρες καθοδικής ροής προσκολλημένης βιομάζας.**

4.3.4 Αναερόβια διεργασία χωμάτινης λίμνης με κάλυμμα:

Νέα, ανεπτυγμένη διεργασία επεξεργασίας της βιομάζας.

Χρησιμοποιείται για υψηλής ισχύος απόβλητα όπως απόβλητα κρέατος.

Κυριότερο πλεονέκτημα είναι το γεγονός ότι μπορεί να διαχειρίζεται απόβλητα με ποικιλία χαρακτηριστικών μεταξύ των οποίων λίπη, στερεά και λάδια.

Άλλα πλεονεκτήματα είναι η απλή και οικονομική κατασκευή, ο μεγάλος όγκος τους, η χρήση χαμηλής φόρτισης και η υψηλή ποιότητα εκροής.

Μειονεκτήματα της διεργασίας είναι η απαιτούμενη μεγάλη επιφάνεια γης, η μη ικανοποιητική κατανομή της ροής τροφοδοσίας και η συντήρηση του καλύμματος της μεμβράνης.

4.3.5 Αναερόβιοι αντιδραστήρες βιομηχανίας:

Στην βιομηχανία για την παραγωγή βιοαερίου, χρησιμοποιούνται συνήθως δύο τύποι αντιδραστήρων:

1.Ο οριζόντιος αναερόβιος αντιδραστήρας (χρησιμοποιείται κυρίως σε μικρού μεγέθους μονάδες επεξεργασίας) .

2.Ο κάθετος αναερόβιος αντιδραστήρας (χρησιμοποιείται κυρίως στην βιομηχανία).

4.4 Πλάνο μιας μονάδας παραγωγής βιοαερίου:

Περιγραφή: Μια δεξαμενή συλλογής της πρώτης ύλης που τροφοδοτεί τον αντιδραστήρα, έναν αναερόβιο αντιδραστήρα, μια δεξαμενή αποθήκευσης του βιοαερίου, μια μηχανή εσωτερικής καύσης, μια δεξαμενή αποστράγγισης των στερεών υπολειμμάτων για την παραγωγή λιπάσματος και σωλήνες αναδευτήρες.

Υπάρχουν δύο τύποι μηχανών εσωτερικής καύσης:

1. Η συμβατική μηχανή εσωτερικής καύσης που βασίζεται στη λειτουργία Otto (χρησιμοποιείται για μεγάλου μεγέθους μονάδες βιοαερίου).
2. Η υβριδική μηχανή που βασίζεται στη λειτουργία του κινητήρα Diesel.

Για τις δεξαμενές αποθήκευσης τρεις είναι οι πιθανοί τύποι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

1. Εσωτερικές δεξαμενές σε σχήμα μπαλκονιού.
2. Στέγες αποθήκευσης βιοαερίου.
3. Εξωτερικές δεξαμενές συλλογής βιοαερίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο ΕΠΙΛΟΓΟΣ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ- ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

5.1 Κοινωνικό – οικονομικές επιπτώσεις

5.1.1 Κοινωνικές επιπτώσεις

Απασχόληση: Δημιουργία θέσεων εργασίας σε τοπικό, περιφερειακό και διεθνές επίπεδο.

Δημογραφικές μεταβολές και περιφερειακή ανάπτυξη: Μετακίνηση ή παραμονή του πληθυσμού στις αγροτικές περιοχές λόγω της δυσκολίας μεταφοράς της βιομάζας.

Χρήσεις γης

Θεσμικά και πολιτικά θέματα

5.1.2 Οικονομικές επιπτώσεις

Ενεργειακή ασφάλεια: Η βιομάζα είναι ένα τοπικό προϊόν μείωση εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα.

Κόστος: Υψηλό κόστος βιοκαυσίμων έναντι του κόστους της βενζίνης και του ντίζελ (2 και 3 φορές μεγαλύτερο).

Υψηλό κόστος μεταφοράς και αποθήκευσης .



Υψηλό κόστος εξοπλισμών ή της τεχνολογίας αξιοποίησης της βιομάζας.

Πλεονεκτήματα του εμπορικού ισοζυγίου

Αγροτική οικονομία

5.2 Μελλοντικές προοπτικές – Στρατηγικές

Το μέλλον της χρήσης των βιο – καυσίμων χαρακτηρίζεται από αβεβαιότητα.

Παράγοντες που παίζουν πρωταρχικό ρόλο στην υιοθέτηση των βιο – καυσίμων ως εναλλακτική πηγή τροφοδοσίας:

1. Οι πολιτικές αποφάσεις των κυβερνήσεων σχετικά με τις προδιαγραφές των καυσίμων.
2. Οικονομικά και χρηματοοικονομικά εργαλεία (π.χ επιδοτήσεις και φοροαπαλλαγές).