

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ  
ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΑΡΙΘΜΟΣ 1086**

**ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ**

**ELECTRICITY PRODUCTION FROM BIOMASS**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:**

**ΑΝΤΩΝΟΓΛΟΥ ΜΙΧΑΗΛ-ΦΑΝΟΥΡΙΟΣ**

**ΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ:**

**ΧΑΡΑΛΑΜΠΑΚΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΝΕΚΤΑΡΙΟΣ**

**ΠΑΤΡΑ ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2013**



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Κατά την τελευταία δεκαετία ο κόσμος είχε μια μακρά περίοδο ανάπτυξης. Φυσικά η ανάπτυξη αυτή δεν ήταν προνόμιο των πολλών καθώς εκατομμύρια άνθρωποι βρίσκονται κάτω από το όριο της φτώχειας. Ωστόσο ο ‘αναπτυγμένος’ κόσμος που είχε τη δυνατότητα να επωφεληθεί από την εν λόγω ανάπτυξη είχε αφοσιωθεί σε ένα έργο αλόγιστης κατανάλωσης και κακής διαχείρισης των φυσικών πόρων ,ειδικά εκείνων που απαιτούνται για την παραγωγή ενέργειας .Η πρώτη κρίση φέρνει την ανθρωπότητα αντιμέτωπη με μεγάλα περιβαλλοντικά προβλήματα. Η ενδεχόμενη αύξηση στην θερμοκρασία του πλανήτη πάνω από 5 βαθμούς Κελσίου στη διάρκεια του αιώνα είναι το σοβαρότερο από αυτά και δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί διαφορετικά παρά μόνο με περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα που προκαλούν το πρόβλημα. Σήμερα το 95% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, οφείλεται στη χρήση συμβατικών καυσίμων (άνθρακα, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) από τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Προκειμένου να μειωθούν οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου οι κυβερνήσεις πλέον αναγκάζονται να προχωρήσουν σε συμφωνίες με στόχο την εφαρμογή μιας αυστηρότερης, συνολικής πολιτικής. Το Μάρτιο του 2007 το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο αποφάσισε να θέσει ως στόχο τη μείωση κατά 20% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Ταυτόχρονα έθεσε ως δεσμευτικό στόχο η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές να ανέλθει έως το 2020 στο 20% του συνόλου της παραγωγής ενέργειας στην ΕΕ.

Ο δεσμευτικός αυτός στόχος έως τώρα υποχρέωνε τις επιχειρήσεις στον κλάδο της ενέργειας να πληρώνουν μέσω ενός συστήματος εμπορίας εκπομπών αερίων για τη ρύπανση που προκαλούσαν. Έδινε όμως το δικαίωμα μέχρι ενός σημείου για δωρεάν ρύπανση. Το πλαίσιο όμως από το 2013 θα γίνει ακόμη πιο αυστηρό καθώς ο τομέας της

ηλεκτροπαραγωγής δεν θα παίρνει κανένα δικαίωμα δωρεάν και θα ισχύει ένα σύστημα δημοπράτησης δικαιωμάτων εκπομπών. Συνεπώς το δεσμευτικό αυτό πλαίσιο οδηγεί την βιομηχανία της ενέργειας σε μονόδρομο ώστε να αντικαταστήσει τα ορυκτά καύσιμα που ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα και κοστίζουν, με ανανεώσιμες πηγές που δεν επιβαρύνουν καθόλου το περιβάλλον.

Μια δεύτερη κινητήρια δύναμη για την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορεί να αποδειχθεί όσο και αν φαίνεται απίθανο, η οικονομική κρίση. Ακόμη και αν την εποχή αυτή τα κεφάλαια και η πίστωση περιορίζονται, η ανάγκη για εργασία είναι μεγαλύτερη από ποτέ. Οι επενδύσεις στην πράσινη τεχνολογία θα μεταφράζονταν σε χιλιάδες νέες θέσεις εργασίας ανακουφίζοντας την οικονομία και δίνοντας μια διέξοδο στο πρόβλημα. Ήδη αρκετές χώρες προωθούν την πράσινη τεχνολογία ως λύση στα σοβαρά προβλήματα της απασχόλησης. Η βιομηχανία ανανεώσιμων πηγών ενέργειας της Γερμανίας που έχει τζίρο 192δισ.ευρώ και απασχολεί ήδη 250.000 ανθρώπους, αναμένεται να προσφέρει έως το 2020 περισσότερες θέσεις εργασίας από τη γερμανική αυτοκινητοβιομηχανία, τη μεγαλύτερη βιομηχανία της χώρας σήμερα. Ενώ η Βρετανία σχεδιάζει να δαπανήσει έως το 2020,80δισευρώ σε ανεμογεννήτριες, δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο 160.000 νέες θέσεις εργασίας. Στην άλλη μεριά του Ατλαντικού η Αμερική υπόσχεται να επενδύσει την επόμενη δεκαετία 150δισ δολάρια σε μια καθαρή ενεργειακή οικονομική πολιτική, η οποία θα βοηθήσει τον ιδιωτικό τομέα να δημιουργήσει 5 εκατομμύρια νέες πράσινες θέσεις εργασίας.

Ωστόσο η ανάπτυξη της παραγωγής βιοκαυσίμων αναμένεται ότι θα προσφέρει νέες ευκαιρίες διαφοροποίησης του εισοδήματος και της απασχόλησης σε αγροτικές περιοχές. Ήδη από το 2006 εφαρμόζεται στη χώρα μας η νέα κοινή αγροτική πολιτική σύμφωνα με την οποία οι επιδοτήσεις αποσυνδέονται από το ύψος της παραγωγής και μεταφέρονται στον ίδιο το γεωργό, με αποτέλεσμα πολλές από τις παραδοσιακές εκτατικές καλλιέργειες

να καθίστανται αντιοικονομικές, χωρίς να υπάρχουν εναλλακτικές λύσεις. Οι ενεργειακές καλλιέργειες φαίνεται να αποτελούν μια ομάδα καλλιεργειών που μπορούν να δώσουν διέξοδο στα προβλήματα που αναμένεται να αντιμετωπίσει σύντομα ο Έλληνας αγρότης. Λαμβάνοντας υπόψη τα πολλαπλά οφέλη της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας αλλά και τις ιδιαιτερότητες του ελληνικού αγροτικού τομέα, οι καλλιέργειες αυτές αντιπροσωπεύουν μια ελκυστική λύση τόσο για την παραγωγή ενέργειας και υγρών καυσίμων οδό και για την αύξηση της ανταγωνιστικότητας του αγροτικού χώρου, την ενίσχυση της απασχόλησης και την προστασία του περιβάλλοντος.

Στα συνολικά πλεονεκτήματα, θα πρέπει φυσικά να συμπεριλάβουμε και τα πολλά οφέλη, όπως την αύξηση των θέσεων εργασίας, τη συγκράτηση του πληθυσμού στην περιφέρεια, την αναδιάρθρωση των καλλιεργειών, την αύξηση του γεωργικού εισοδήματος και την μείωση των ενεργειακών αναγκών από ορυκτά καύσιμα. Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες για παραγωγή ενέργειας από βιομάζα ύψους 133 MTOE ετησίως στην Ευρώπη το 2020,θα δημιουργηθούν 1,500,000 νέες θέσεις εργασίας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία μας θα ασχοληθούμε με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και συγκεκριμένα από βιομάζα.

Στο πρώτο μέρος θα αναφέρουμε μερικά στοιχεία ώστε να γνωρίσουμε τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που θα μάς βοηθήσουν να κατανοήσουμε τους λόγους για τους οποίους πρέπει να στραφούμε προς αυτή την κατεύθυνση.

Στη συνέχεια θα γίνει μία εκτενή ανάλυση για το τι είναι η βιομάζα και τι μπορεί να μάς προσφέρει. Θα αναφερθούμε στους τρόπους εύρεσης των πόρων βιομάζας και θα αναλύσουμε τους τύπους βιομάζας που υπάρχουν.

Στο επόμενο κομμάτι της εργασίας μας που είναι και το κύριο μέρος αυτής θα παρουσιάσουμε και θα αναλύσουμε ξεχωριστά τους τρόπους που γίνεται η μετατροπή της βιομάζας σε θερμότητα και σε ηλεκτρική ενέργεια. 1) Απ' ευθείας καύση, 2) Αεριοποίηση, 3) Πυρόλυση. Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε τους τύπους μηχανών που χρησιμοποιούνται και θα αναλύσουμε τον τρόπο λειτουργίας τους.

Προς το τέλος της εργασίας μας θα παρουσιάσουμε στοιχεία για τον ρυθμό ανάπτυξης αυτής της μορφής ενέργειας και σε τι ποσοστό οι χώρες παράγουν ηλεκτρική ενέργεια μέσω βιομάζας. Στη συνέχεια θα γίνει μια μικρή αναφορά για το κόστος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας από ένα σταθμό που βασίζεται στην βιομάζα.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	2
Περίληψη.....	5
Περιεχόμενα.....	6
<b>Κεφάλαιο 1</b>	
1.1 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	9
1.2 Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα Α.Π.Ε.....	11
<b>Κεφάλαιο 2 Βιομάζα</b>	
2.1 Ορισμός βιομάζας.....	14
2.2 Ο φυσικός ενεργειακός κύκλος της βιομάζας .....	15
2.3 Πηγές βιομάζας.....	16
2.3.1 Πηγές ξυλείας.....	17
2.3.1.1 Δασική ξυλεία.....	17
2.3.1.1.1 Μορφές δασικής βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς.....	18
2.3.1.1.2 Προϊόντα καλλιέργειας και καθαρισμών του δάσους.....	18
2.3.1.1.3 Υπολείμματα δασικών υλοτομιών.....	19
2.3.1.1.4 Δασική βιομάζα σε υποκαλλιεργούμενα δάση.....	19
2.4 Η αναγκαιότητα αξιοποίησης της βιομάζας.....	20
2.4.1 Περιβαλλοντικά οφέλη.....	20
2.4.2 Οικονομικά και κοινωνικά οφέλη.....	23
<b>Κεφάλαιο 3 Ενεργειακή μετατροπή της βιομάζας</b>	
3.1 Τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας.....	25
3.1.1 Θερμοχημικές διεργασίες.....	26
3.1.2 Βιοχημικές διεργασίες.....	28
3.2 Επισκόπηση τεχνολογιών ενεργειακής μετατροπής της πρώτης ύλης.....	29
3.2.1 Απ' ευθείας καύση .....	31

3.2.2 Καύση σε σχάρα.....	33
3.2.3 Καύση σε ρευστοποιημένη κλίνη.....	36
3.3 Αεριοποίηση.....	41
3.4 Αεριοποίηση της βιομάζας.....	43
3.4.1 Αρχές διεργασίας.....	45
3.4.2 Αντιδραστήρες αεριοποίησης.....	46
3.4.3 Σύγκριση αντιδραστήρων.....	50
3.5 Πυρόλυση βιομάζας.....	52
3.5.1 Υγρά προϊόντα από την ακαριαία πυρόλυση βιομάζας.....	55
3.5.2 Τεχνολογίες ακαριαίας πυρόλυσης βιομάζας.....	57
3.6 Συμπαγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας.....	58
3.6.1 Τεχνολογίες συμπαγωγής .....	59
3.6.1.1 Συμπαγωγή με κύκλο ατμού με έναν στρόβιλο αντίθλιψης.....	61
3.6.1.2 Συμπαγωγή με κύκλο ατμού με στρόβιλο απομάστευσης.....	62
3.6.1.3 Γενικές πληροφορίες για την συμπαγωγή με τον κύκλο αμοστροβίλων .....	63
3.6.2 Διεργασία ατμομηχανής.....	65
3.6.3 Συμπαγωγή βάσει της διεργασίας ORC (οργανικός κύκλος RANKINE) με βιομάζα .....	71
3.6.4 Αντίστροφος κύκλος αεριοστροβίλων.....	74
3.6.5 Κύκλος στροβίλων θερμού αέρα.....	77
3.6.6 Διεργασία ατμομηχανής τύπου έλικα.....	80
<b>Κεφάλαιο 4 Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας από σταθμό παραγωγής με βιομάζα</b>	
4.1 Η γενική αντίληψη για το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ.....	84
4.2 Κόστος παραγωγής για 50kw ενός σταθμού.....	84

**Κεφάλαιο 5 Προοπτικές αξιοποίησης της βιομάζας**



5.1 Η πολιτική της Ε.Ε για την αξιοποίηση της βιομάζας.....	88
5.1.1 Ο ρόλος της βιομάζας στην Ευρώπη.....	91
5.2 Το δυναμικό της βιομάζας της Ελλάδας.....	93
5.2.1 Ο ρόλος της βιομάζας στην Ελλάδα.....	96
5.3 Νομικό πλαίσιο για την προώθηση Σ.Η.Θ και Α.Π.Ε στην Ελλάδα.....	98
5.3.1 Νόμος 2244/94.....	98
5.3.2 Νόμος 2773/99.....	101
5.3.3 Οικονομικά κίνητρα- επιχειρησιακά προγράμματα.....	103
5.3.4 Αναπτυξιακός νόμος.....	108
5.3.5 Άλλοι νόμοι και μέτρα.....	109
5.3.6 Περιβαλλοντική νομοθεσία.....	112
5.4 Εμπόδια για την ανάπτυξη συμπαραγωγής στην Ελλάδα.....	113
5.4.1 Θεσμικό πλαίσιο- οργανωτικά εμπόδια.....	113
5.4.1.1 Διοικητικά εμπόδια.....	113
5.4.1.2 Έλλειψη ευρείας στρατηγικής.....	114
5.4.2 Οικονομικά εμπόδια.....	114
5.4.3 Τεχνικά εμπόδια.....	114
5.4.3.1 Διαθεσιμότητα καυσίμων.....	114
5.4.3.2 Τεχνολογία.....	116
5.4.4 Άλλα εμπόδια.....	117
5.4.4.1 Κλιματολογικοί όροι.....	117
5.4.4.2 Έλλειψη ωριμότητας της ελληνικής αγοράς.....	117
5.5 Προοπτικές για την ανάπτυξη της συμπαραγωγής στον ελλαδικό χώρο.....	119
<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>121</b>

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.**

Η εκμετάλλευση του ήλιου, του ανέμου, του νερού, της γεωθερμίας και της βιομάζας, που αποτελούν πηγές ενέργειας φιλικές προς το περιβάλλον, μπορούν και πρέπει να γίνουν οικονομικά εκμεταλλεύσιμες ώστε να συμβάλλουν στην αειφόρο ανάπτυξη, εφόσον είναι ανανεώσιμες και ρυπαίνουν ελάχιστα ή καθόλου. Στη χώρα μας υπάρχει η δυνατότητα αξιοποίησης αυτών των πηγών ενέργειας, γιατί και σημαντική ηλιοφάνεια έχουμε και αιολικό δυναμικό υπάρχει, ιδιαίτερα στα νησιά, αλλά και υδάτινο δυναμικό στις ορεινές περιοχές.

Πριν όμως επεκταθούμε θα πρέπει να αναλύσουμε τα είδη της ενέργειας που κατά κύριο λόγο συναντώνται.

Ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.) ορίζονται οι ενεργειακές πηγές που τροφοδοτούνται συνεχώς με ενέργεια από τον ήλιο με τέτοιους ρυθμούς, ώστε να θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες και ικανές να υποκαταστήσουν πολλές από τις συμβατικές πηγές ενέργειας. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον είναι καθαρές πηγές ενέργειας όπως :

- Ο ίδιος ο ήλιος (ηλιακή ενέργεια),
- Ο άνεμος (αιολική ενέργεια),
- Οι υδατοπτώσεις(υδραυλική ενέργεια),
- Η ενέργεια των κυμάτων, ρευμάτων, ωκεανών
- Η ενέργεια της βιομάζας

Στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ανήκει και η γεωθερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και σχετίζεται με την ηφαιστειότητα και τις ειδικότερες γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες της κάθε περιοχής.

**Για να είναι χρήσιμη μια πηγή ενέργειας είναι αναγκαίες ορισμένες προϋποθέσεις :**

- Η ενέργεια αυτή να είναι άφθονη και η πρόσβαση στην ενεργειακή πηγή εύκολη
- Να μετατρέπεται χωρίς δυσκολία σε μορφή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα σύγχρονα μηχανήματα
- Να μεταφέρεται εύκολα
- Να αποθηκεύεται εύκολα

Η χρήση των ανανεώσιμων ή εναλλακτικών πηγών ενέργειας είναι ακόμη πολύ περιορισμένη σε παγκόσμια κλίμακα, εξυπηρετεί όμως το στόχο της προστασίας του περιβάλλοντος, γιατί είναι <<καθαρές>> και φιλικές προς το περιβάλλον. Έτσι το μεγάλο στοίχημα είναι να καθιερωθούν δημιουργώντας μεγαλύτερη οικονομική ευστάθεια σε κράτη εξαρτημένα ενεργειακά και να μειώσουν τις κλιματολογικές διαταραχές που παρατηρούμε πλέον σε παγκόσμια κλίμακα όλο και πιο έντονα.

Η αυτονομία από το δίκτυο εγκαθιστώντας σύστημα παραγωγής που βασίζεται στις Α.Π.Ε.

Είναι η σωστή λύση αν ισχύουν τα ακόλουθα :

1. Η τοποθεσία που βρίσκεται η εγκατάσταση έχει επαρκές δυναμικό Α.Π.Ε.
2. Δεν υπάρχει υφιστάμενη σύνδεση με το δίκτυο ή για να υλοποιηθεί απαιτείται επέκταση γραμμών που επιφέρει μεγάλο κόστος
3. Υπάρχει επιθυμία για ενεργειακή ανεξαρτησία από τον πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας
4. Υπάρχει επιθυμία και οικονομική δυνατότητα να επενδυθούν σε Α.Π.Ε για περιβαλλοντικούς λόγους
5. Υπάρχει μελλοντικός σχεδιασμός για επέκταση του δικτύου και αγορά από το δίκτυο της πλεονάζουσας ενέργειας .

## **1.2 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα Α.Π.Ε.**

### **Πλεονεκτήματα Α.Π.Ε**

Οι Α.Π.Ε μπορεί να έχουν σημαντική συμβολή στην προσπάθεια μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, καθώς είναι οι μόνες πηγές ενέργειας που δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον με εκπομπές  $CO_2$ . Πέρα όμως από τα στενά πλαίσια αντιμετώπισης του φαινομένου του θερμοκηπίου, τα χαρακτηριστικά των Α.Π.Ε τις καθιστούν συστατικό στοιχείο μίας νέας αναπτυξιακής πολιτικής και μοναδική μακροπρόθεσμη απάντηση στην πορεία προς την βιώσιμη ανάπτυξη. Τα οφέλη που προκύπτουν από την εκμετάλλευση των Α.Π.Ε δεν είναι μόνο περιβαλλοντικής φύσης. Η αξιοποίηση αυτών των ενδογενών ενεργειακών πόρων μπορεί να επιφέρει επίσης σημαντικές θετικές κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις στην περιφερειακή και την τοπική ανάπτυξη. Παρά το γεγονός ότι απαιτείται ένα σημαντικό κεφάλαιο για την αρχική τους εγκατάσταση και τον εξοπλισμό, το λειτουργικό τους κόστος είναι αμελητέο και τα αποτελέσματά τους ιδιαίτερα σημαντικά.

### **Τα κύρια πλεονεκτήματα των Α.Π.Ε είναι τα εξής :**

- Είναι πρακτικά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από τους εξαντλήσιμους πόρους (κυρίως ορυκτά καύσιμα).
- Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής αυτάρκειας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε τοπικό, περιφερειακό και εθνικό επίπεδο.
- Είναι διάσπαρτες γεωγραφικά και οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος παρέχοντας τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, ανακουφίζοντας έτσι τα συστήματα υποδομής και μειώνοντας τις απώλειες από τη μεταφορά ενέργειας.

- Προσφέρουν τη δυνατότητα ορθολογικής αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα των ενεργειακών αναγκών των χρηστών (π.χ. Ηλιακή ενέργεια για θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών, αιολική ενέργεια για ηλεκτροπαραγωγή).
- Έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις τις διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.
- Οι εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης των Α.Π.Ε έχουν σχεδιαστεί για να καλύπτουν τις ανάγκες των χρηστών και σε μικρή κλίμακα εφαρμογών ή σε μεγάλη κλίμακα αντίστοιχα έχουν μικρή διάρκεια κατασκευής επιτρέποντας έτσι τη γρήγορη ανταπόκριση της προσφοράς προς τη ζήτηση ενέργειας.
- Οι επενδύσεις των Α.Π.Ε χαρακτηρίζονται ως <<εντάσεως ενέργειας>>, συμβάλλουν δηλαδή στην δημιουργία πολλών θέσεων εργασίας ιδιαίτερα σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο.
- Μπορούν να αποτελέσουν σε πολλές περιπτώσεις πυρήνα για την αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών και πόλο για την τοπική και περιφερειακή ανάπτυξη, με την προώθηση ανάλογων επενδύσεων (π.χ αιολικά πάρκα, εργοστάσια ενεργειακής αξιοποίησης γεωργικής βιομάζας, θερμοκηπιακές καλλιέργειες με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας).
- Είναι φιλικές προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο και η αξιοποίησή τους είναι γενικά αποδεκτή από το κοινό.

### **Μειονεκτήματα Α.Π.Ε**

Έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γης. Γι' αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται σαν συμπληρωματικές πηγές ενέργειας.

- Για τον παραπάνω λόγο προς το παρόν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.
- Η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται.
- Για τις αιολικές μηχανές υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη κι ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης (π.χ. σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα) αυτά τα προβλήματα έχουν σχεδόν λυθεί.
- Για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω από το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

### 2.1 Ορισμός βιομάζας

Με τον όρο βιομάζα εννοείται η οργανική ύλη της γης. Η βιομάζα βρίσκεται στο λεπτό στρώμα του φλοιού της βιόσφαιρας. 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 ακτινοβολείτε 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 ακόμα 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 μικρότερο ποσοστό από υδρογόνο, οξυγόνο, άζωτο και τέφρα. Η ακριβής περιεκτικότητα της βιομάζας στα στοιχεία αυτά φαίνεται στον πίνακα 2.1 .

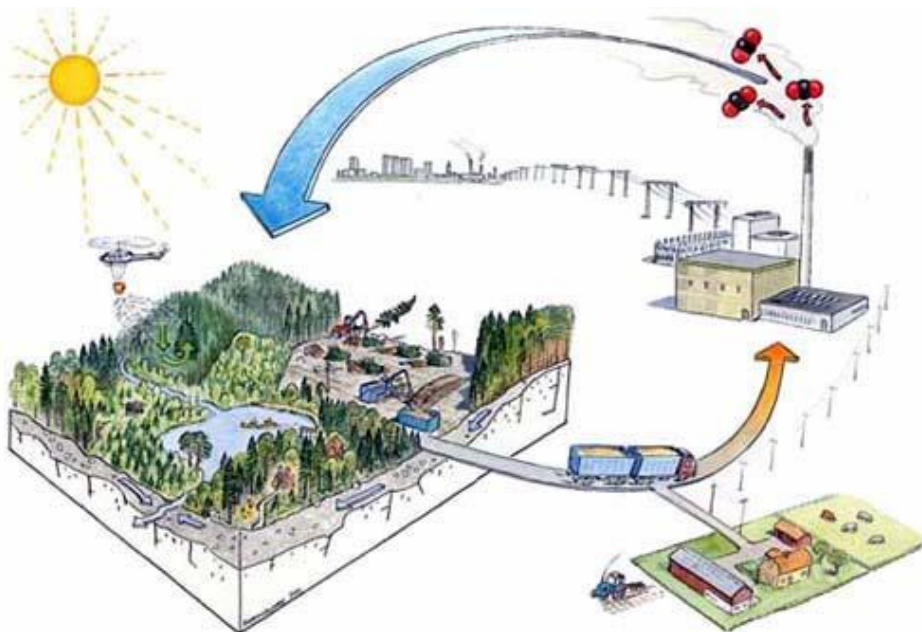
**Πίνακας 2.1:** Η τυπική χημική σύσταση της βιομάζας.

Στοιχείο	περιεκτικότητα(%)
Άνθρακας	49
Οξυγόνο	3
Υδρογόνο	6
Θείο	0.05
Άζωτο	1
Τέφρα	0.95(K, Na, Ca, Mg, Si)

## 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 τη δημιουργία της βιομάζας προσλαμβάνεται από την ατμόσφαιρα και αργότερα επιστρέφει σε αυτήν. Οι θρεπτικές ουσίες για τη 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 απομακρύνεται από την ατμόσφαιρα με τη διεργασία ανάπτυξης των φυτών και μετατρέπεται σε φυτική βιομάζα. Η βιομάζα συγκομιδής μαζί με τα δασικά και τα γεωργικά υπολείμματα, μπορεί να μετατραπεί σε δομικά υλικά, χαρτί, καύσιμα, τρόφιμα, ζωοτροφή και άλλα προϊόντα, όπως χημικά φυτικής προέλευσης. Μερικές καλλιέργειες μπορεί να φύνονται 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.

### 2.3 Πηγές Βιομάζας

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

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

Σήμερα οι πιο συμφέρουσες οικονομικά κατηγορίες βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι τα υπολείμματα, δηλαδή τα οργανικά υποπροϊόντα τροφών, ινών και δασικής παραγωγής. Συνήθως χρησιμοποιούνται το πριονίδι, τα κελύφη ρυζιού και σκόνη ζαχαροκάλαμου. Κοντά σε αστικά και βιομηχανικά κέντρα είναι επίσης συνήθη υλικά χαμηλού κόστους από υπολείμματα καθαρού ξύλου (άχρηστες παλέτες, κασόνια και υπολείμματα ξυλουργείων). 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.

### **2.3.1 Πηγές ξυλείας**

Το ξύλο είναι το συνηθέστερα χρησιμοποιούμενο καύσιμο βιομάζας για παραγωγή ενέργειας. Οι πιο οικονομικές πηγές καυσίμων από ξυλεία είναι συνήθως τα υπολείμματα ξύλου από βιομηχανίες, τα άχρηστα ξύλινα προϊόντα ή τα υπολείμματα ξυλαποθηκών που προέρχονται από χωματερές, καθώς και αβλαβή θρύμματα ξύλου από οικοδομές και κατεδαφίσεις. Οι υπολειμματικές μορφές βιομάζας από ξυλεία διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες.

- Υπολείμματα που παραμένουν στον αγρό ή το δάσος μετά τη συγκομιδή του κύριου προϊόντος.
- Υπολείμματα δασικών βιομηχανιών.
- Ενεργειακές καλλιέργειες.
- Απορρίμματα βιομηχανικά και αστικά απόβλητα.

Στη συνέχεια με βάση την προέλευση της ξυλείας και με σκοπό την ενεργειακή της αξιοποίηση τη διακρίνουμε σε δασική, απορριπτόμενη και ενεργειακής καλλιέργειας ξυλεία.

#### **2.3.1.1 Δασική ξυλεία**

Τα δασικά απόβλητα περιλαμβάνουν μη χρησιμοποιούμενα υπολείμματα υλοτομίας, μη εμπορεύσιμα δέντρα, νεκρά ξύλα και άλλα μη εμπορικά δέντρα που πρέπει να κοπούν από πυκνά, ασθενή δάση. Η αποψίλωση των δασών, που είναι απαραίτητη για να βοηθηθούν μερικά δάση να επανακτήσουν τη φυσική τους υγεία, επίσης παρέχει μια μεγάλη ποσότητα υπολειμμάτων ξύλου που μπορούν να μετατραπούν σε ηλεκτρισμό ή βι

ο καύσιμα. Εξ αιτίας της διασποράς και της μακρινής τους θέσης, η ανάκτηση των υπολειμμάτων αυτών είναι αρκετά πιο δύσκολη και δαπανηρή από αυτήν των αστικών υπολειμμάτων

ξύλου.

#### **2.3.1.1.1 Μορφές δασικής βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς**

Έως σήμερα τα καυσόξυλα και ξυλάνθρακες είναι τα κυρίως προϊόντα που αξιοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας στη χώρα μας η οποία είναι αυτάρκης και στα δύο προϊόντα. Περιορισμένη ενεργειακή έχουν τα υπολείμματα από την επεξεργασία του ξύλου τα οποία αξιοποιούνται από τις ίδιες τις βιομηχανίες επεξεργασίας, για κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών όταν δεν είναι δυνατή η παραγωγή περαιτέρω δευτερογενών προϊόντων ξύλου. Το δυναμικό αυτών των υπολειμμάτων αξιοποιείται κατά ένα μικρό ποσοστό. Η διαθέσιμη δασική βιομάζα, για ενεργειακούς σκοπούς συνίσταται στα καυσόξυλα, τους ξυλάνθρακες, τα υπολείμματα των δασικών υλοτομιών τα προϊόντα καθαρισμών του δάσους και τα υπολείμματα που προκύπτουν από την επεξεργασία του ξύλου.

#### **2.3.1.1.2 Προϊόντα καλλιέργειας και καθαρισμών του δάσους.**

Καθαρισμοί δασών και γενικά καλλιέργεια των δασών δεν πραγματοποιείται στα υψηλά δάση και όπου αυτοί γίνονται για προστασία από τις πυρκαγιές, είναι χωρίς προγραμματισμό και παραγόμενες μεμονωμένες ποσότητες βιομάζας δεν είναι σημαντικές. Οι λόγοι που δεν πραγματοποιούνται οι καθαρισμοί των δασών για καλλιέργεια ή για προστασία από πυρκαγιές είναι η μη χρηματοδότηση τέτοιων ενεργειών από το κράτος, το υψηλό κόστος αυτών των εργασιών και η δυσλειτουργία της δασικής υπηρεσίας .Η αξιοποίηση της βιομάζας από καθαρισμούς του δάσους για την παραγωγή ενέργειας θα

εξασφαλίζει σημαντικά έσοδα για τους εκμεταλλευτές του δάσους, θα συμβάλλει έμμεσα στη μείωση του κόστους διενέργειας αυτών των εργασιών και φυσικά στην ορθολογική διαχείριση των δασών προωθώντας εργασίες καλλιέργειας του δάσους που δεν θα πραγματοποιούνταν σε διαφορετική περίπτωση.

#### **2.3.1.1.3 Υπολείμματα δασικών υλοτομιών.**

Με τις μεθόδους διαχείρισης και εκμετάλλευσης που χρησιμοποιούνται στη χώρα μας μόνο το 55% της ετήσιας αύξησης της βιομάζας είναι απολήψιμο υπό μορφή λήμματος όπως καθορίζεται από τα διαχειριστικά σχέδια των δασών. Το υπόλοιπο 45% της αύξησης παραμένει στο δάσος για την ποιοτική και ποσοτική βελτίωση του ξυλώδους κεφαλαίου του. Επιπλέον, από το επιτρεπτό ετήσιο λήμμα το 46% της βιομάζας του δεν αποκομίζεται αλλά παραμένει στο δάσος σαν υπόλειμμα υπό μορφή φύλλων, βελονών, φλοιού, κλάδων, κορυφών, τμημάτων κορμών με πολλά ελαττώματα πρεμνών και ριζών. Το ποσοστό αυτών εξαρτάται από το μέγεθος της κόμης, που επηρεάζεται από το είδος, την ηλικία και τον αυξητικό χώρο των δέντρων, την τομή του δάσους και κλιματολογικές και εδαφικές συνθήκες. Κατά τις εργασίες συγκομιδής αποκομίζεται από το δάσος η βιομάζα του ξύλου και σε ορισμένες περιπτώσεις του φλοιού και των χοντρότερων κλάδων. Η βιομάζα των υπολοίπων κατηγοριών παραμένει στο δάσος είτε γιατί δε συμφέρει να αποκομισθεί, είτε γιατί χρειάζεται εξειδικευμένη τεχνική και εξειδικευμένος εξοπλισμός ή ακόμη γιατί δεν υπήρξε η κατάλληλη τεχνολογία μεταποίησης και αξιοποίησής της.

#### **2.3.1.1.4 Δασική βιομάζα σε υποκαλλιεργούμενα δάση.**

Δάση που δεν αξιοποιούνται καθόλου είτε λόγω μη υπάρχουσας πίεσης εκ μέρους της αγοράς των προϊόντων ξύλου, είτε λόγω γεωγραφικής απομόνωσης και υψηλού

κόστους μεταφοράς του ξύλου στους τόπους επεξεργασίας του μπορούν να διαχειριστούν με κύριο σκοπό εκμετάλλευσης την παραγωγή ενέργειας στην εγγύς περιοχή. Σε αυτές τις περιπτώσεις το δυναμικό της διαθέσιμης βιομάζας είναι υψηλό, η δε ενεργειακή αξιοποίησή της θα συμβάλει στην εκπλήρωση των στόχων της εθνικής δασικής πολιτικής καθ στη βελτίωση της υγείας του δάσους.

Το δυναμικό της βιομάζας σε αυτές τις περιπτώσεις περιλαμβάνει τη βιομάζα του κορμού του ξύλου και των υπολειμμάτων υλοτομιών. Η βιομάζα η οποία παράγεται στις εκτάσεις δασικού χαρακτήρα είναι συσσωρευμένη στις εξής μορφές βλάστησης:

- Στα υψηλόκορμα, σπερμοφυή δάση.
- Στα βραχύκορμα, πρεμνοφυή δάση, στα οποία εντάσσονται τα πρεμνοφυή δάση φυλλοβόλων δρυών, τα δάση αείφυλλων πλατύφυλλων ειδών και ο υπόροφος των δασών χαλεπίου και τραχείας πεύκης.
- Στα ποολίβαδα και στους φρυγανότοπους.

## **2.4 Η αναγκαιότητα αξιοποίησης της βιομάζας**

Τα περιβαλλοντικά προβλήματα που έχουν δημιουργηθεί από τη χρήση των συμβατικών μορφών ενέργειας(φαινόμενο του θερμοκηπίου, όξινη βροχή κ.λ.π.), 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 ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

### **2.4.1 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 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 παράγει αερολύματα, όπως διοξείδιο του θείου, οξείδιο του αζώτου και διοξείδιο του άνθρακα. Η χρήση της βιομάζας παρέχει τα εξής πλεονεκτήματα:

- **Μειωμένες εκπομπές θείου:** Οι περισσότερες μορφές βιομάζας περιέχουν πολύ μικρά ποσά θείου, οπότε ένας σταθμός ηλεκτροπαραγωγής από βιομάζα εκπέμπει ελάχιστο διοξείδιο του θείου 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 θείου του σταθμού σε σχέση με τη λειτουργία μόνο με άνθρακα. Υπάρχει μια σχέση περίπου ένα προς ένα μεταξύ της μείωσης του θείου και του ποσοστού της εισροής θερμότητας από βιομάζα.
- **Μειωμένες εκπομπές οξειδίων του αζώτου:** Πρόσφατα τεστ μικτής καύσης βιομάζας σε αρκετούς σταθμούς άνθρακα παγκοσμίως έχουν επιδείξει ότι οι εκπομπές των οξειδίων του αζώτου μπορούν να μειωθούν σε σχέση με τη λειτουργία μόνο με άνθρακα. Έτσι με την προσεκτική ρύθμιση της διεργασίας της καύσης η μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του αζώτου είναι διπλάσια του λόγου της εισροής θερμότητας από βιομάζα, δηλαδή για μικτή καύση βιομάζας στο 5% της εισροής θερμότητας θα επιτευχθεί μείωση των εκπομπών διοξειδίου του θείου της μονάδας κατά 10%.Εξάλλου, ακόμα μεγαλύτερες μειώσεις στις εκπομπές οξειδίου του αζώτου μπορούν να επιτευχθούν με χρήση της

βιομάζας σε διάταξη μετάκαυσης όπου έως και 20% του καυσίμου του λέβητα εγχύεται από την κύρια ζώνη καύσης.

- **Μειωμένες εκπομπές άνθρακα:** Τα φυτά κατά την ανάπτυξή τους απορροφούν διοξείδιο του άνθρακα. 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 μια λύση ηλεκτροπαραγωγής που δεν διαταράσσει το ισοζύγιο του άνθρακα.
- **Μείωση άλλων εκπομπών:** Αέριο, μεθάνιο (CH<sub>4</sub>) παράγεται στις χωματερές από την αποσύνθεση υλικού βιομάζας, αλλά και από την αποσύνθεση της ζωϊκής κοπριάς, είτε αυτή επιστρώνεται στο έδαφος είτε αφήνεται ακάλυπτη σε στέρνες. Το μεθάνιο (κύριο συστατικό του φυσικού αερίου), εκτονώνεται συνήθως κατ' ευθείαν στον αέρα, αλλά μπορεί να συλλεχθεί και να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας.
- **Μειωμένες οσμές:** Η χρήση της ζωϊκής 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 των υδάτων

Η κοπριά των ζώων περιέχει άζωτο, φώσφορο, κάλιο, χλώριο και μικρά ποσά θείου που μπορούν 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 απόληξή τους σε έναν υδροφόρο με την απορροή των όμβριων υδάτων. Η χρήση της ζωϊκής

κοπριάς ως πηγή 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 και κατάλληλο μόνο για απόρριψη. Η χρήση των καθαρών αποβλήτων ως καύσιμο αποσπά μια ποσότητα από τα υλικά που απορρίπτονται στις χωματερές, επεκτείνοντας έτσι τη χωρητικότητά 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 εμποδίζοντάς τα να εισέλθουν στα ρυάκια και ανακόπτουν τα θρεπτικά στοιχεία από το να εισέλθουν στα υπόγεια ύδατα.

#### **2.4.2 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 διάθεσής της. Εξάλλου οι αγρότες άλλες εμπορικές καλλιέργειες ή πηγές προσόδων ενώ, όσο αναπτύσσεται ο πληθυσμός πέρα από τις αστικές και προαστιακές περιοχές τόσο μεγαλώνουν και οι ανάγκες για ηλεκτροδότηση 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 E P R I, η παραγωγή 5 πεντάκις εκατ. Watt ηλεκτρισμού σε 20 εκατ. εκτάρια γης θα αύξανε το γεωργικό εισόδημα κατά 12 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως.

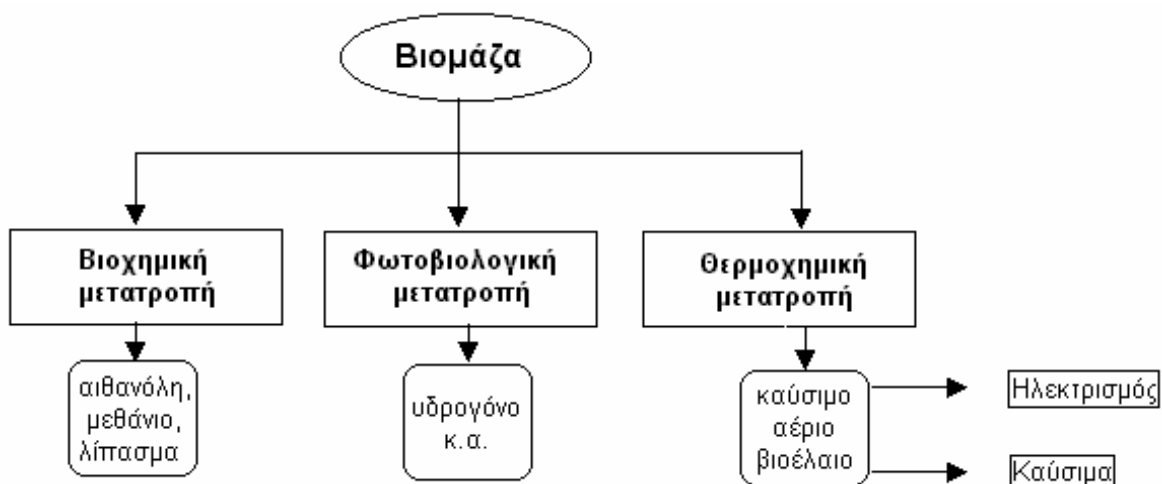
Τέλος δεν είναι πλέον επιθυμητή για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών η κατασκευή μεγάλων σταθμών ηλεκτροπαραγωγής βάσης, ειδικά στις περισσότερο απομακρυσμένες περιοχές. Οι μικρές εγκαταστάσεις βιοϊσχύος έχουν μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις και μπορούν να λειτουργούν με τις τοπικά παραγόμενες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

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

## 3.1 Τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας

Η βιομάζα μπορεί να μετατραπεί σε χρήσιμα προϊόντα με μεγαλύτερη αξία από το κέρδος που έχουμε με την καύση της. Η μετατροπή αυτής της βιομάζας γίνεται κυρίως με δύο γενικές κατηγορίες διεργασιών. Τις θερμοχημικές διεργασίες, όπου θερμότητα και καταλύτες χρησιμοποιούνται για να αποσυντεθεί η βιομάζα σε ενδιάμεσα ή τελικά προϊόντα (διεργασίες αεριοποίησης, πυρόλυσης). 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 ότι η διεργασία της φωτοσύνθεσης. Για παράδειγμα, οι φωτοσυνθετικές δραστηριότητες των βακτηρίων και χλωροφυκών έχουν χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή υδρογόνου από το νερό και το φως.

Οι διάφορες διεργασίες μετατροπής της βιομάζας παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα.



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. Παρακάτω δίνονται οι τεχνολογίες ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας, οι οποίες ανήκουν στη κατηγορία των θερμοχημικών διεργασιών.

### **3.1.1 Θερμοχημικές διεργασίες**

#### **A) Άμεση καύση**

Στη διαδεδομένη αυτή τεχνολογία γίνεται άμεση καύση της βιομάζας με περίσσεια οξυγόνου. Χρησιμοποιείται από την ανακάλυψη της φωτιάς για θέρμανση χώρων και μαγείρεμα, ενώ σήμερα χρησιμοποιείται για παραγωγή ατμού και ηλεκτρικής ενέργειας. Γενικά η καύση θεωρείται ως όχι τόσο αποδοτική τεχνολογία και μεγάλες εγκαταστάσεις παρουσιάζει πρόβλημα στην τροφοδοσία. Στην Ευρώπη χρησιμοποιείται για τηλεθέρμανση οικισμών σε αρκετές χώρες (Σουηδία, Δανία, Αυστρία).

Η μικτή καύση αναφέρεται στην πρακτική της εισαγωγής της βιομάζας σε υψηλής απόδοσης λέβητες με άνθρακα ως συμπληρωματικού καυσίμου και αποτελεί ελπιδοφόρα τεχνική, η οποία είναι ανταγωνιστική των συμβατικών καυσίμων. Και η καύση των οικιακών απορριμμάτων αποτελεί μέθοδο παραγωγής ενέργειας αν και τα απορρίμματα απέχουν πολύ από το να είναι ιδανικά καύσιμα. Η σύστασή τους ποικίλει σε σχέση με το κλίμα, τις διατροφικές συνήθειες, την εποχή του έτους, το βιοτικό επίπεδο κτλ. Γενικά και ειδικότερα στην Ελλάδα, η υγρασία των απορριμμάτων είναι υψηλή και η ενεργειακή τους πυκνότητα μικρή.

#### **B) Αεριοποίηση**

Για παραγωγή ενέργειας ή καύση. Περιλαμβάνει τη θέρμανση της βιομάζας σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 750 °C και σε περιβάλλον έλλειψης οξυγόνου για την παραγωγή ενός καυσίμου αερίου με μικρή ή ενδιάμεση θερμογόνο δύναμη, περίπου 4-10

M J/l Mm<sup>3</sup>. Το αέριο αυτό αποτελεί μίγμα από CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub> και άλλων συστατικών, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος σε μηχανές εσωτερικής καύσης ή σε λέβητες. Η αεριοποίηση δεν αποτελεί νέα τεχνολογία και σε πολλές πόλεις στον κόσμο χρησιμοποιούνταν για δεκαετίες το φωταέριο, προϊόν αεριοποίησης του άνθρακα.

### **Γ) Αργή πυρόλυση**

Η απλούστερη και παλαιότερη μέθοδος επεξεργασίας της βιομάζας για παραγωγή ξυλάνθρακα. Παραδοσιακή μέθοδος, όχι πολύ αποδοτική. Ο ξυλάνθρακας είναι βιοκαύσιμο με διπλάσια θερμογόνο αξία από ότι το ξύλο και καίγεται σε αρκετά υψηλότερη θερμοκρασία.

Ταχεία πυρόλυση για παραγωγή υγρών καυσίμων. Αναφέρεται στη διεργασία στην οποία η βιομάζα εκτίθεται ταχύτατα σε μεγάλες θερμοκρασίες απουσία αέρα με αποτέλεσμα τη διάσπαση της βιομάζας. Το τελικό προϊόν της πυρόλυσης είναι ένα μίγμα από στερεά, υγρά και κυρίως αέρια (μεθάνιο, CO<sub>2</sub>, CO). Τα παραγόμενα υγρά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για θέρμανση και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή για άλλες χρήσεις. Βέβαια το σημερινό κόστος παραγωγής των προϊόντων αυτών δεν είναι ανταγωνίσιμο με το κόστος των συμβατικών καυσίμων. Κάτω από ορισμένες συνθήκες (παρουσία οξυγόνου και όχι αέρα) μπορεί να παραχθεί αέριο συνθέσεως (CO και H<sub>2</sub>O) για παρασκευή μεθανίου και μεθανόλης.

Καταλυτική πυρόλυση: αναφέρεται στη χρήση ειδικών καταλυτών για αύξηση της απόδοσης σε ορισμένα προϊόντα.

### **Δ) Ρευστοποίηση**

Η ρευστοποίηση λέγεται επίσης και υδρογόνωση. Είναι η διαδικασία που εφαρμόζεται για την παραγωγή αερίου ή υγρού καυσίμου. Γενικά η ρευστοποίηση γίνεται

με αντίδραση με υδρογόνο και μονοξειδίου του άνθρακα. Βασικά η διαδικασία έχει χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή πετρελαίου ή αερίου από κάρβουνο. Επιπλέον έχει εφαρμοσθεί επιτυχώς σε πειράματα για παραγωγή των ίδιων καυσίμων από οργανικά απορρίμματα. Τα οργανικά απορρίμματα τοποθετούνται σε δοχείο αντιδράσεων και θερμαίνονται σε 380 °C με μίγμα διοξειδίου του άνθρακα και ατμού υπό πίεση. Μέσα σε 20 λεπτά σχεδόν όλη η ποσότητα των απορριμμάτων γίνεται καύσιμο. Περίπου το 99% του άνθρακα που περιέχεται στα απορρίμματα μπορεί να μετατραπεί σε καύσιμο πετρέλαιο. Η κοπριά έχει θερμαντική ικανότητα 15.828 M joule ανά τόνο. Είναι δηλαδή λιγότερο από το μισό της θερμαντικής ικανότητας των απορριμμάτων που μπορούν να καούν.

Το καύσιμο που εξάγεται με αυτήν τη διαδικασία περιέχει περισσότερο οξυγόνο από ότι το ακατέργαστο πετρέλαιο και απαιτεί εκτεταμένη επεξεργασία, εκτός αν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί μόνο για άμεση καύση.

### **3.1.2 Βιοχημικές διεργασίες**

**1) Ζύμωση.** Η παραγωγή βιοκαυσίμων με ζύμωση, όπως είναι το οινόπνευμα που παράγεται από διάφορα αγροτικά προϊόντα χάνεται στα βάθη της ιστορίας. Το προϊόν της ζύμωσης περιέχει μόνο 10-15% αιθανόλη, η οποία θα πρέπει να ληφθεί με απόσταξη, κάτι που απαιτεί μεγάλες ποσότητες ενέργειας. Μέρος της ενέργειας μπορεί να καλυφθεί από την καύση των φυτικών υπολειμμάτων. Αν και υψηλού κόστους το κύριο πλεονέκτημα της βιοαιθανόλης είναι η ευκολία χρήσης και μεταφοράς που έχουν τα υγρά καύσιμα. Δύο κύρια προβλήματα υπάρχουν αυτή τη στιγμή με την παραγωγή καυσίμων από βιομάζα. Το ένα είναι η ποιότητα των βιοκαυσίμων που είναι χειρότερη από την ποιότητα των συμβατικών καυσίμων και το άλλο είναι το υψηλότερο κόστος που έχουν σήμερα. Βέβαια για μερικές χώρες με άφθονα αγροτικά προϊόντα και έλλειψη αποθεμάτων συμβατικών

καυσίμων, όπως είναι η Βραζιλία, η παραγωγή αιθανόλης μπορεί να υποκαταστήσει σε κάποιο βαθμό τα συμβατικά καύσιμα.

**2) Αναερόβια ζύμωση.** Είναι η διεργασία κατά την οποία η οργανική ύλη αποσυντίθεται από βακτήρια απουσία οξυγόνου και παράγεται ένα μίγμα μεθανίου (50-60%) και άλλων αερίων όπως CO<sub>2</sub>. Αποτελεί φυσική διεργασία που επιτελείται στο βυθό λιμνών όπου επικρατούν, αναερόβιες συνθήκες. Αναερόβια ζύμωση γίνεται και σε δύο περιπτώσεις που σχετίζονται με ανθρώπινες δραστηριότητες: στα λύματα ή την κοπριά των ζώων και κατά την ταφή των οικιακών απορριμμάτων στις χωματερές. Οι μονάδες αναερόβιας ζύμωσης με κοπριά κυμαίνονται από 1m<sup>3</sup> (για ένα νοικοκυριό), μέχρι και 2000m<sup>3</sup> για εμπορική εγκατάσταση. Το βιοαέριο που παράγεται μπορεί να καεί επιτόπου για μαγείρεμα, θέρμανση ή να χρησιμοποιηθεί σε μηχανές εσωτερικής καύσης για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Από την άλλη μεριά το βιοαέριο από χωματερές χρησιμοποιείται συνήθως για παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος. Σήμερα στο χώρο υγειονομικής ταφής Ταγαράδων Θεσσαλονίκης και Ψυτάλλειας Αττικής υπάρχουν μικρές μονάδες παραγωγής ηλεκτρισμού με βιοαέριο.

### **3.2 Επισκόπηση τεχνολογιών ενεργειακής μετατροπής της πρώτης ύλης**

Την τελευταία δεκαετία, οι τεχνολογικές κατευθύνσεις στον τομέα της βιομάζας, έχουν επικεντρωθεί τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό επίπεδο, στην ενεργειακή αξιοποίηση κυρίως των φυτικών υπολειμμάτων με την ανάπτυξη νέων και βελτιωμένων τεχνολογιών ενεργειακής μετατροπής με υψηλούς βαθμούς απόδοσης. Παράλληλα ερευνάται η δυνατότητα παραγωγής στο μέλλον νέων καλλιεργειών μη τροφικής χρήσης ( ενεργειακές καλλιέργειες), που θα χρησιμεύσουν ως εναλλακτική πρώτη ύλη για την παραγωγή ενέργειας. Οι τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας που έχουν αναπτυχθεί,

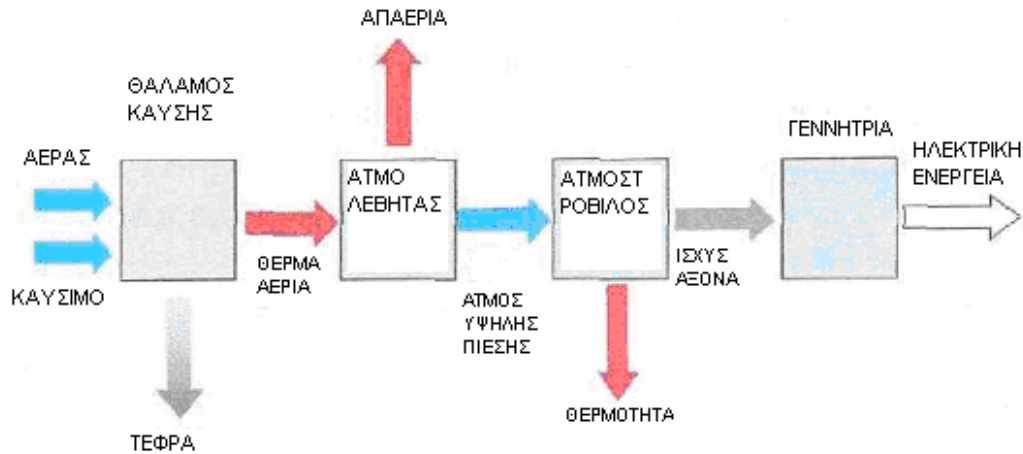
αφορούν σε τυποποιημένα στερεά, υγρά ή αέρια βιοκαύσιμα με σταθερές ιδιότητες και αυξημένη θερμογόνο δύναμη ανά μονάδα όγκου σε σχέση με το αρχικό υλικό, με στόχο τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και τη διευκόλυνση χειρισμών όπως η μεταφορά και η αποθήκευση.

Η επιλογή, ο σχεδιασμός και η απόδοση τεχνολογιών μετατροπής επηρεάζεται σε σημαντικό βαθμό από την ποιότητα και τα χαρακτηριστικά του καυσίμου όπως επίσης και από τις απαιτήσεις για αποθήκευση, χειρισμό και διάθεση της στάχτης. Η θερμογόνος δύναμη, η περιεχόμενη υγρασία, η κοκκομετρική σύσταση και το ποσοστό στάχτης του καυσίμου υλικού, είναι τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά των οποίων οι προδιαγραφές πρέπει να καθοριστούν κατά το σχεδιασμό ενός ενεργειακού συστήματος. Η θερμογόνος δύναμη ενός καυσίμου εκφράζει τη μέγιστη ποσότητα ενέργειας που μπορεί να εκλυθεί κατά την καύση δεδομένης ποσότητας του καυσίμου υπό συγκεκριμένες συνθήκες. Η διαφοροποίησή της δε, μεταξύ διαφόρων ειδών βιομάζας οφείλεται στη χημική σύσταση, το ποσοστό εκχυλισμάτων και το ποσοστό της περιεχόμενης υγρασίας τους. Για συγκεκριμένο καύσιμο, η θερμογόνος δύναμη μπορεί να υποστεί αλλαγές εξαιτίας της κοκκομετρικής σύστασης, της περιεχόμενης υγρασίας, των απωλειών ξηράς ουσίας και της περιόδου αποθήκευσής τους.

Τα ποσοστά της περιεχόμενης υγρασίας και στάχτης έχουν σχέση αντιστρόφως ανάλογη με το θερμικό περιεχόμενο του καυσίμου. Η περιεχόμενη υγρασία επηρεάζει σημαντικά τη θερμογόνο δύναμη, τα χαρακτηριστικά της έναρξης καύσης και την απόδοση αξιοποίησης της βιομάζας, αφού μειώνει την τελική ωφέλιμη ενέργεια, συμβάλλοντας παράλληλα στην αύξηση των καυσαερίων και του λειτουργικού κόστους της μονάδας. Υπάρχει ένα όριο 67% κ β υγρασίας πέρα από το οποίο η βιομάζα δεν μπορεί να καεί και οποιαδήποτε θερμοχημική διεργασία είναι αδύνατη.

Όσο αφορά την κοκκομετρία της πρώτης ύλης, πρωταρχική επιδίωξη είναι η επίτευξη ομοιογένειας αφού σε αντίθετη περίπτωση παρατηρείται μειωμένη αποδοτικότητα στην καύση και αύξηση του κόστους λειτουργίας

### 3.2.1 Απ' ευθείας καύση



**Σχήμα :** Διαδικασία καύσης για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Συμπαράγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, με απ' ευθείας καύση βιομάζας όπως απεικονίζεται στο προηγούμενο σχήμα επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση συστήματος αμοστροβίλου. Συγκεκριμένα σε ειδικό λέβητα καίγεται βιομάζα και παράγεται ατμός υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας. Ο ατμός οδηγείται μέσω δικτύου σε αμοστρόβιλο στον άξονα του οποίου είναι συνδεδεμένη κατάλληλη ηλεκτρογεννήτρια και εκεί εκτονώνεται παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια. Ανάλογα με το είδος των θερμικών φορτίων, που καλύπτονται από τη συγκεκριμένη μονάδα παραγωγής και τις αντίστοιχες απαιτήσεις σε ποιότητα θερμότητας χρησιμοποιείται αμοστρόβιλος αντίθλιψης ή αμοστρόβιλος συμπίκνωσης με χρησιμοποίηση ατμού.

Στην πρώτη περίπτωση, ο ατμός εξέρχεται από τον αμοστρόβιλο σε συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας κατάλληλες για θερμικές διεργασίες που πρόκειται να



χρησιμοποιηθεί. Στη δεύτερη περίπτωση, μέρος του ατμού απομαστεύεται από μία ή περισσότερες ενδιάμεσες βαθμίδες του ατμοστρόβιλου στις επιθυμητές συνθήκες, ανάλογα με τις ανάγκες που απαιτείται να καλυφθούν. Ο υπόλοιπος ατμός θα εκτονώνεται μέχρι την πίεση του συμπυκνωτή ( 0.05-0.10 bar).

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

- Ατμολέβητας βιομάζας
- Κύκλωμα ατμού-νερού
- Ατμοστρόβιλος
- Ηλεκτρογεννήτρια
- Εναλλάκτες θερμότητας
- Συστήματα συμπύκνωσης
- Συστήματα επεξεργασίας νερού
- Συστήματα αέρα-καυσαερίων
- Βοηθητικά συστήματα και εξοπλισμός

Τα συστήματα ατμοστρόβιλου εμφανίζουν υψηλή αξιοπιστία, που φθάνει το 95%, υψηλή διαθεσιμότητα( περίπου 80-90%), μεγάλη διάρκεια ζωής (25-35 έτη), αργή απόκριση στην αλλαγή φορτίου και κόστος εγκατάστασης σχετικά υψηλό. Πρόκειται για τα περισσότερο διαδεδομένα συστήματα συμπαραγωγής.

Σε σχέση με τα συστήματα αντίθλιψης, τα συστήματα απομάστευσης παρουσιάζουν υψηλότερο κόστος, πιο σύνθετη κατασκευή και μικρότερο βαθμό απόδοσης περίπου (80%), έχουν όμως τη δυνατότητα ρύθμισης της σχέσης παραγόμενης ηλεκτρικής και θερμικής ισχύος, σε αντίθεση με τα συστήματα αντίθλιψης, στα οποία η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς είναι στενά συνδεδεμένη με την παραγόμενη θερμότητα.

Τα συστήματα ατμοστρόβιλου παρουσιάζουν ολικό βαθμό απόδοσης που κυμαίνεται από 60% έως 85% και δε μειώνεται σημαντικά στη λειτουργία με μερικό

φορτίο. Ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης είναι σχετικά χαμηλός ( της τάξεως του 20%) με αποτέλεσμα να εμφανίζουν μικρό λόγο ηλεκτρικής ισχύος προς τη θερμική ισχύ. Αύξηση του ηλεκτρικού βαθμού απόδοσης επιτυγχάνεται με την αύξηση της πίεσης και θερμοκρασίας του ατμού στην είσοδο του αμοστρόβιλου.

Στα συστήματα με αμοστρόβιλο αντίθλιψης ο συνολικός βαθμός απόδοσης μπορεί να φτάσει το 85% στην περίπτωση όπου το σύνολο της θερμότητας του ατμού χρησιμοποιείται ωφέλιμα. Τα συστήματα με αμοστρόβιλο απομάστευσης εμφανίζουν μειωμένο ολικό βαθμό απόδοσης (φθάνει το 80%), λόγω της αποβολής θερμότητας στον συμπυκνωτή.

Οι πιο σημαντικές τεχνολογίες ενεργειακής μετατροπής της βιομάζας με απ' ευθείας καύση είναι αυτήν τη στιγμή οι εξής: α) Καύση σε εσχάρα και β) Καύση σε ρευστοποιημένη κλίνη

### **3.2.2 Καύση σε σχάρα**

Το κύριο μέρος της ενέργειας αξιοποιείται μόνο μετά τη μετατροπή του δεδομένου καυσίμου σε άμεσα εφαρμόσιμη μορφή ενέργειας, μέσω συστημάτων καύσης. Η τεχνολογία καύσης και οι σχετικές τεχνολογίες είναι έως εκ τούτου το κλειδί στο ενεργειακό σύστημα. Είναι ουσιαστικό ότι μέσω της επιλεγμένης τεχνολογίας καύσης το καύσιμο αξιοποιείται στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό και ότι πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις ελαχιστοποιούνται.

Στις τελευταίες δεκαετίες έχει υπάρξει σημαντική αλλαγή και εξέλιξη στην καύση καυσίμων, τόσο για βιομηχανίες και σταθμούς παραγωγής ενέργειας, όσο για οικιακή χρήση με ιδιαίτερα αυξανόμενο ενδιαφέρον για τα βιοκαύσιμα. Παράλληλα, ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει δημιουργηθεί για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των υποπροϊόντων της καύσης. Αυτές οι γενικές κατευθύνσεις έχουν δώσει ώθηση στην ανάπτυξη νέων και

βελτιωμένων τεχνολογιών καύσης. Το πεδίο μελέτης της καύσης εμφανίζεται ιδιαίτερα περιεκτικό, καθώς ένας αριθμός από διαφορετικές τεχνολογίες αναπτύχθηκαν και ήδη εφαρμόζονται.

Οι κύριοι λόγοι που οδήγησαν στη συνολική ανάπτυξη νέων τεχνολογιών καύσης είναι:

- Το αυξανόμενο ενδιαφέρον για ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας
- Η αυξανόμενη ανησυχία για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις
- Η επιβεβλημένη ανάγκη για την επίλυση του προβλήματος των αστικών απορριμμάτων

- Η μετατροπή σταθμών παραγωγής ενέργειας από πετρέλαιο σε άνθρακα ή βιομάζα

Η τεχνολογία της απ' ευθείας καύσης της βιομάζας βασίζεται στο λέβητα στερεών με σταθερή ή μετακινούμενη εσχάρα. Η τεχνολογία αυτή της απ' ευθείας καύσης των στερεών καυσίμων είναι ήδη ανεπτυγμένη εδώ και αρκετά χρόνια και χρησιμοποιήθηκε κυρίως για την καύση του άνθρακα. Τις τελευταίες δεκαετίες με το ιδιαίτερο ενδιαφέρον που υπήρξε για τα βιοκαύσιμα οι τεχνολογίες αυτές αναπτύχθηκαν και βελτιώθηκαν περαιτέρω, λαμβάνοντας υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των νέων αυτών βιοκαυσίμων.

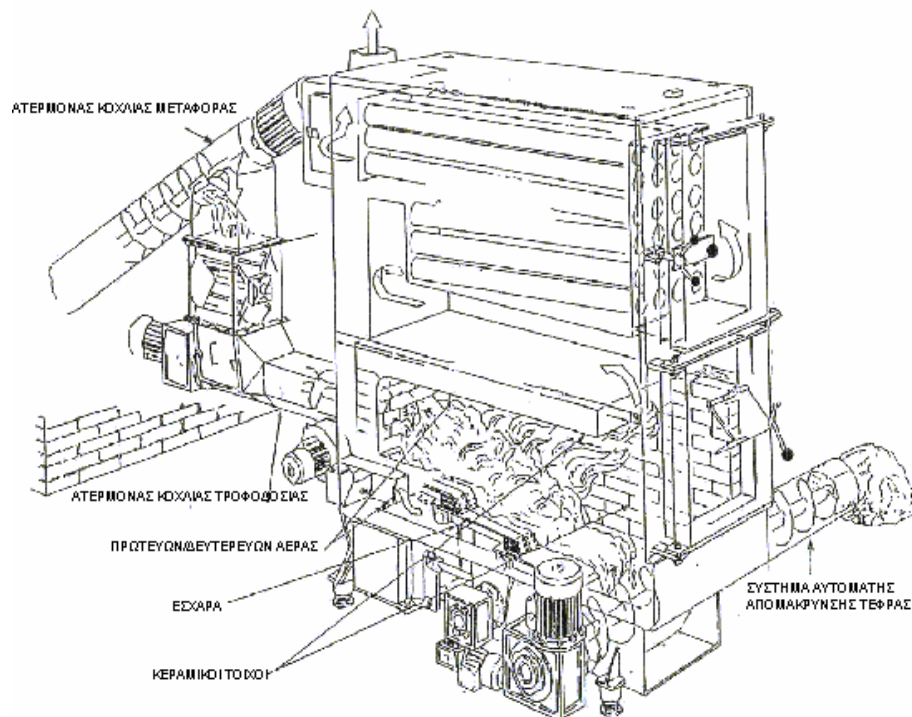
Οι βασικές αρχές για την επιλογή και το σχεδιασμό ενός σταθμού που στηρίζεται στην απ' ευθείας καύση βιομάζας συνοψίζονται στα εξής.

- Η καύση των βιοκαυσίμων, πρέπει να πραγματοποιείται έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η πλέον αποτελεσματική καύση των ελκυσόμενων αερίων, των σωματιδίων με την μικρότερη δυνατή παραγωγή τέφρας.
- Η πορεία της καύσης πρέπει να ελέγχεται πλήρως (αυτόματα), να επιτυγχάνονται χαμηλές τιμές εκπομπών για CO και TOC, καθώς επίσης και χαμηλά επίπεδα σκόνης στα καυσαέρια.

- Η ενέργεια των βιοκαυσίμων πρέπει να αξιοποιείται στο μέγιστο βαθμό και η παραγωγή ενέργειας να είναι σταθερή
  - Ο σταθμός πρέπει να εξασφαλίζει μεγάλους χρόνους διαθεσιμότητας της παραγόμενης ενέργειας να έχει εύκολη τη λειτουργία του και χαμηλό κόστος συντήρησης.
- Οι σταθμοί ενεργειακής αξιοποίησης βιοκαυσίμων με απ' ευθείας καύση περιλαμβάνουν τα παρακάτω κύρια συστήματα:

- Σύστημα μεταφοράς και τροφοδοσίας βιοκαυσίμου
- Σύστημα εστίας καύσης-λέβητα
- Σύστημα καθαρισμού καυσαερίων-καμινάδα
- Σύστημα απομάκρυνσης / μεταφοράς τέφρας

Ανάλογα με το είδος βιοκαυσίμου υπάρχουν σημαντικές τεχνικές διαφορές, στα προαναφερθέντα συστήματα. Ένας τύπος συστήματος καύσης απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα. Πρόκειται για ένα σύστημα καύσης θρυμματισμένου ξύλου με ενσωματωμένη την εστία καύσης στο λέβητα.



**Σχήμα :** Σύστημα καύσης θρυμματισμένου ξύλου με ενσωματωμένη την εστία καύσης στο λέβητα.

### **3.2.3 Καύση σε ρευστοποιημένη κλίνη**

Τα τελευταία είκοσι χρόνια, η τεχνολογία της καύσης σε ρευστοποιημένη κλίνη έχει αναπτυχθεί σημαντικά, με αποτέλεσμα τη δυνατότητα αξιοποίησης πολλών ειδών βιομάζας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας. Η τεχνολογία της ρευστοποιημένης κλίνης είναι γνωστή από το 1922, όταν ο Winkler τη χρησιμοποίησε για αεριοποίηση άνθρακα. Από τότε έχει χρησιμοποιηθεί, για διάφορες χημικές και μεταλλουργικές διεργασίες. Η τεχνολογία αναπτύχθηκε για τη βιομάζα κυρίως τη δεκαετία του 1970.

Σημαντική εμπειρία αποκτήθηκε από τις μονάδες με καύσιμο άνθρακα, που αναπτύχθηκαν αρχικά. Συνεχής έρευνα και βελτιώσεις στο σχεδιασμό οδήγησαν σε σημαντική αύξηση του βαθμού απόδοσης και της αξιοπιστίας των συστημάτων αυτών.

Η τεχνολογία της καύσης σε ρευστοποιημένη κλίνη εμφανίζει μεγάλη ευελιξία, όσον αφορά το καύσιμο, υψηλό βαθμό απόδοσης καύσης και χαμηλές εκπομπές ρύπων με συνέπεια να αποτελεί συχνά την καταλληλότερη και επικρατέστερη τεχνολογία για την καύση δύσκολων καυσίμων. Παράλληλα η ανάγκη εκσυγχρονισμού παλαιών συστημάτων και αυξανόμενη τάση ενεργειακής αξιοποίησης, όλο και περισσότερων ειδών βιομάζας και υπολειμμάτων ωθούν σήμερα την ανάπτυξη της τεχνολογίας.

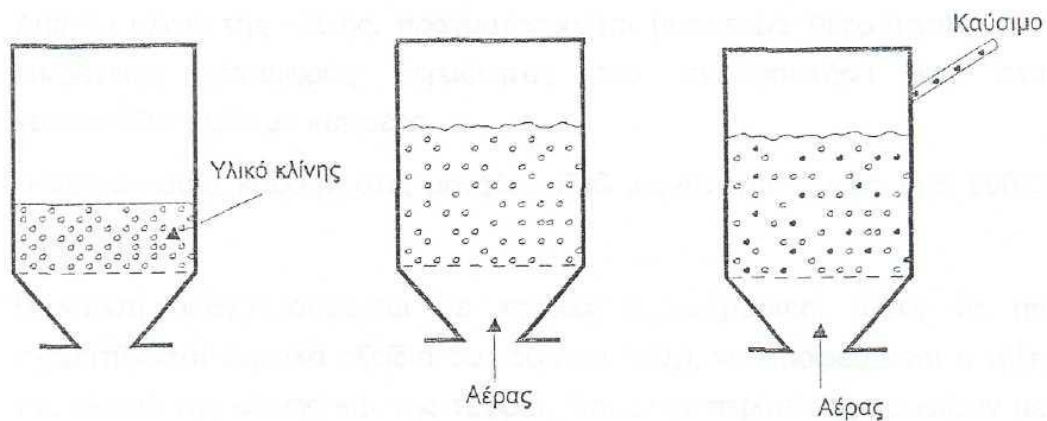
### **Βασική περιγραφή της τεχνολογίας καύσης σε ρευστοποιημένη κλίνη**

Η βασική αρχή της τεχνολογίας καύσης σε ρευστοποιημένη κλίνη είναι ότι σε ένα θάλαμο βρίσκονται σε κατάσταση αιώρησης, εξαιτίας ανοδικού ρεύματος αέρα, μικρά στερεά αδρανή σωματίδια, όπως άμμος τα οποία ορίζονται σαν υλικό κλίνης, σε ανάμιξη με στερεά σωματίδια καυσίμου. Καθώς η ταχύτητα του ανοδικού ρεύματος αυξάνεται τα σωματίδια αιωρούνται και αναταράσσονται εντονότερα. Τα σωματίδια του υλικού κλίνης βρίσκονται σε πλήρη ανάμιξη με τα σωματίδια του καυσίμου. Το υλικό εμφανίζει πλέον

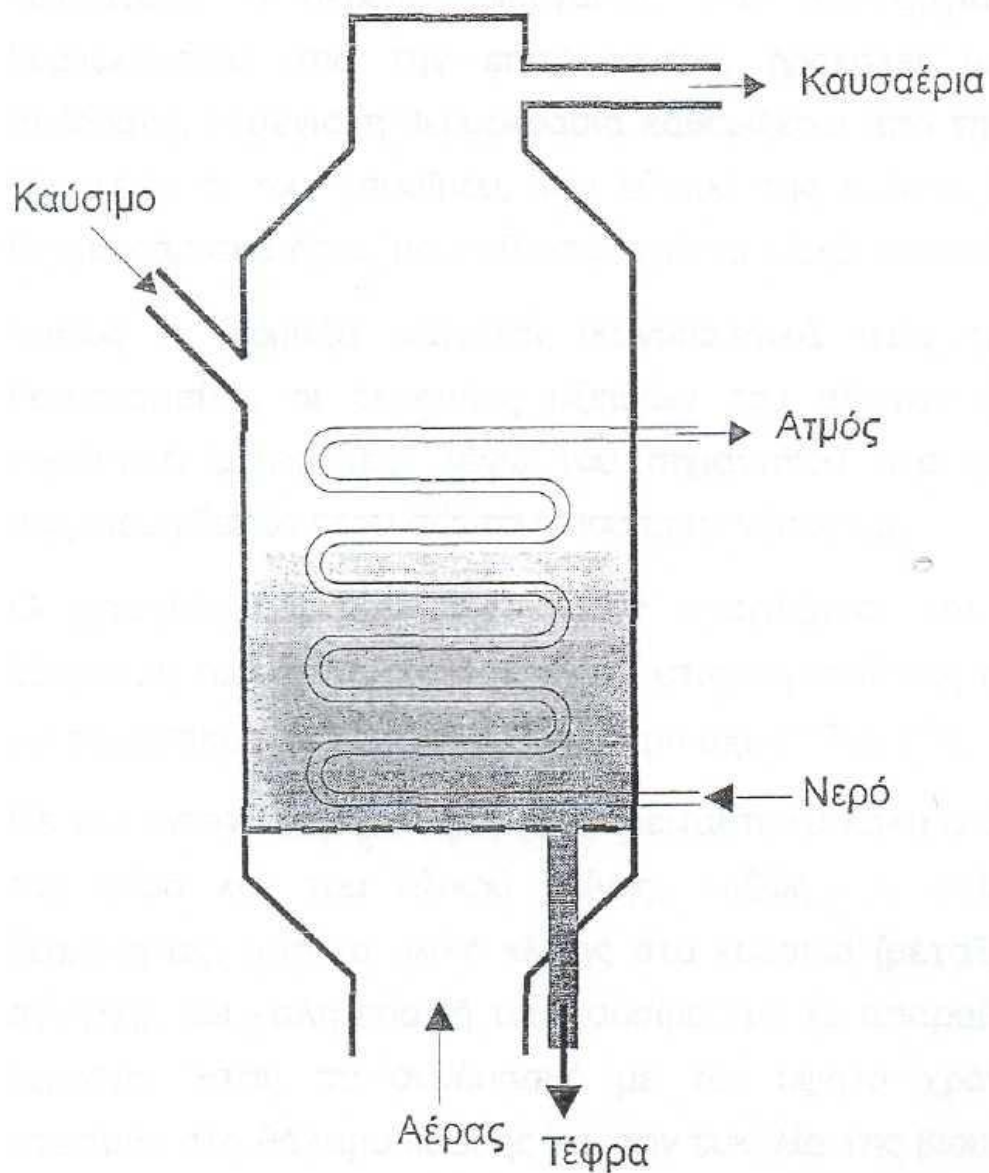
μια μορφή που μοιάζει με υγρό σε κατάσταση έντονου βρασμού και τα σωματίδια δε διακρίνονται καθαρά σαν ανεξάρτητα σώματα. Λόγω αυτής της εμφάνισης του υλικού και ορισμένων ιδιοτήτων του, ανάλογων με εκείνες ενός υγρού σε κατάσταση βρασμού χρησιμοποιήθηκε ο όρος ρευστοποιημένη κλίνη.

Ο αέρας προσέρχεται στο θάλαμο από κάτω και κατανέμεται ομοιόμορφα με τη χρησιμοποίηση ειδικού δίσκου κατανομής αέρα με οπές, ή με σύστημα ακροφυσίων. Το ρεύμα του αέρα πρέπει να έχει μια ελάχιστη ταχύτητα ώστε να επιτυγχάνεται η αιώρηση των σωματιδίων. Για την εκκίνηση της καύσης, η θερμοκρασία της κλίνης αυξάνεται με τη χρησιμοποίηση καυσίμου εκκίνησης, όπως φυσικό αέριο ή πετρέλαιο μέχρι μιας θερμοκρασίας ικανής να προκαλέσει την καύση της βιομάζας. Η ανάμιξη λόγω στροβιλισμού του αέρα με το καύσιμο σε θερμοκρασίες πάνω από το σημείο ανάφλεξης του προκαλεί την καύση.

Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας το καύσιμο τροφοδοτείται συνεχώς στο θάλαμο. Η κλίνη αποτελείται από αδρανές υλικό, καύσιμο και τέφρα καυσίμου. Στις περιπτώσεις καυσίμων με περιεκτικότητα σε θείο, όπως συμβαίνει με το κάρβουνο, κατά τη διάρκεια της λειτουργίας, τροφοδοτείται συγχρόνως και υλικό κλίνης, το οποίο είναι συνήθως ασβεστόλιθος, δηλαδή ανθρακικό ασβέστιο. Το ανθρακικό ασβέστιο αντιδρά με το διοξείδιο του θείου, που έχει σχηματιστεί κατά την καύση παράγοντας γύψο και διοξείδιο του άνθρακα. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η βασική αρχή της τεχνολογίας καύσης σε ρευστοποιημένη κλίνη.



Σχήμα : Σχηματικό διάγραμμα της βασικής αρχής της ρευστοποιημένης κλίνης



Σχήμα : Τυπική μορφή θαλάμου καύσης ατμοσφαιρικής ρευστοποιημένης κλίνης.

Από το υλικό της κλίνης πραγματοποιείται μεταφορά θερμότητας στις επιφάνειες μεταφοράς θερμότητας του αντιδραστήρα και στο νεοεισελθέν καύσιμο και αέρα. Η θερμοκρασία καύσης στις μονάδες ρευστοποιημένης κλίνης κυμαίνεται γενικά από 800°C έως 950°C.

Η καύση πραγματοποιείται σε τέτοιες θερμοκρασίες ώστε να μην σχηματίζονται θερμικά οξειδία του αζώτου, να αποφεύγεται η τήξη του υλικού της κλίνης και της τέφρας, και στην περίπτωση καυσίμων με περιεκτικότητα σε θείο, να επιτυγχάνεται ικανοποιητική δέσμευσή του.

Το εύρος της θερμοκρασίας λειτουργίας, καθορίζεται από τη συγκεκριμένη εφαρμογή και τα χαρακτηριστικά του καυσίμου. Η ελάχιστη θερμοκρασία καθορίζεται από την ανάγκη να διατηρηθεί σε σταθερή κατάσταση η θερμική διεργασία, ενώ λειτουργία σε χαμηλότερες θερμοκρασίες από την επιτρεπόμενη, προκαλεί μείωση του βαθμού απόδοσης. Η μέγιστη θερμοκρασία καθορίζεται από τη θερμοκρασία τήξης της τέφρας καυσίμου, του υλικού κλίνης καθώς και από τα θερμοκρασιακά όρια, που τίθενται από τα υλικά κατασκευής της μονάδας.

Καθώς η βιομάζα καίγεται ικανοποιητικά στις παραπάνω χαμηλές θερμοκρασίες, οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου εμφανίζονται σημαντικά μειωμένες, λόγω του σημαντικού περιορισμού σχηματισμού θερμικού οξειδίου του αζώτου που επιτυγχάνεται. Οι χαμηλές θερμοκρασίες επίσης απαιτούνται και για την καλύτερη δέσμευση του διοξειδίου του θείου στις περιπτώσεις που αυτό παράγεται σε σημαντικές ποσότητες με καύσιμο, όχι τη βιομάζα.

Με τον έντονο στροβιλισμό, προκαλείται πολύ καλή ανάμιξη του καυσίμου του αέρα και του υλικού κλίνης, καθώς και πολύ καλή μεταφορά θερμότητας από το υλικό κλίνης στο καύσιμο και καλή επαφή του καυσίμου με το απαραίτητο για την καύση οξυγόνο. Έτσι σε συνδυασμό με τον υψηλό χρόνο παραμονής του καυσίμου στο θάλαμο



καύσης και την ευκολία της βιομάζας να καίγεται ο βαθμός απόδοσης καύσης πλησιάζει το 100%, ενώ ο βαθμός απόδοσης καύσης για το κάρβουνο είναι 98-99%.

Τυπικοί βαθμοί απόδοσης για λέβητες καύσης βιομάζας σε ρευστοποιημένη κλίνη, κυμαίνονται από 70% έως 80%, ανάλογα με το καύσιμο. Επειδή υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία απαιτεί σημαντικό ποσό ενέργειας, για ατμοποίηση, στις περιπτώσεις όπου η περιεχόμενη υγρασία κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα (5-10%), ο βαθμός απόδοσης του λέβητα κυμαίνεται από 85-90%.

Οι περισσότερες μονάδες ρευστοποιημένης κλίνης μπορούν να λειτουργήσουν ικανοποιητικά με φορτία από 25% έως 100%. Υπάρχουν δύο κύριες τεχνολογίες ρευστοποιημένης κλίνης. Πρόκειται για την “αναβράουσα” ρευστοποιημένη κλίνη και την καύση σε ρευστοποιημένη κλίνη με ανακυκλοφορία. Οι δύο τύποι είναι κατάλληλοι για λειτουργία σε ατμοσφαιρικές συνθήκες και σε συνθήκες πίεσης.

Η τεχνολογία ρευστοποιημένης κλίνης σε ατμοσφαιρικές συνθήκες έχει το πλεονέκτημα ότι επιτυγχάνεται η ίδια δυναμικότητα σε μικρότερη μονάδα. Αυτό συμβαίνει λόγω της μείωσης του όγκου του αερίου, σαν αποτέλεσμα της αυξημένης πίεσης στο σύστημα. Επίσης οι μονάδες υπό συνθήκες πίεσης, έχουν κλίνες με μεγαλύτερο βάθος και χρησιμοποιούν χαμηλότερες ταχύτητες για τη ρευστοποίηση, επιτυγχάνοντας μεγαλύτερους χρόνους παραμονής. Οι παραπάνω παράγοντες αυξάνουν το συνολικό βαθμό απόδοσης.

Τέλος τα καυσαέρια από μονάδες ρευστοποιημένης κλίνης υπό πίεση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αεριοστρόβιλο πριν το στάδιο παραγωγής ατμού, αυξάνοντας το συνολικό βαθμό απόδοσης του κύκλου. Το κυριότερο μειονέκτημα της ρευστοποιημένης κλίνης σε ατμοσφαιρικές συνθήκες είναι ότι απαιτείται περισσότερο πολύπλοκος εξοπλισμός, με άμεση συνέπεια την αύξηση του κόστους κατασκευής. Τα συστήματα υπό πίεση δεν έχουν φθάσει ακόμα σε εμπορική κλίμακα, αν και υπάρχει έντονη σχετική

έρευνα και ανάπτυξη. Η καύση σε ρευστοποιημένη κλίνη, υπό ατμοσφαιρικές συνθήκες είναι συνηθισμένη και εμπορικά ανεπτυγμένη τεχνολογία. Οι δύο αυτές τεχνολογίες εμφανίζουν αρκετές ομοιότητες αλλά και διαφορές τόσο στο σχεδιασμό, όσο και στα χαρακτηριστικά λειτουργίας.

### **3.3 Αεριοποίηση**

Οι τεχνολογίες της αεριοποίησης αν και καλλιεργήθηκαν κατά τη δεκαετία του 1970 και συγκεκριμένα στη διάρκεια της πετρελαϊκής κρίσης, έρχονται να ανθίσουν σε μια εποχή, όπου το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο είναι διαθέσιμα σε σχετικά χαμηλές τιμές. Μεταξύ των παραγόντων που συντελούν στη προώθηση της διεργασίας, ειδικά από τις χημικές βιομηχανίες μπορούν να αναφερθούν η ικανότητα ταυτόχρονου κέρδους από την καταστροφή και αποφυγή δαπανηρού κόστους διάθεσης των αποβλήτων, η δυνατότητα συμπαραγωγής υδρογόνου ή άλλων χημικών καθώς και η δυνατότητα συμπαραγωγής και πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας, στην ήδη μονοπωλιακή αγορά.

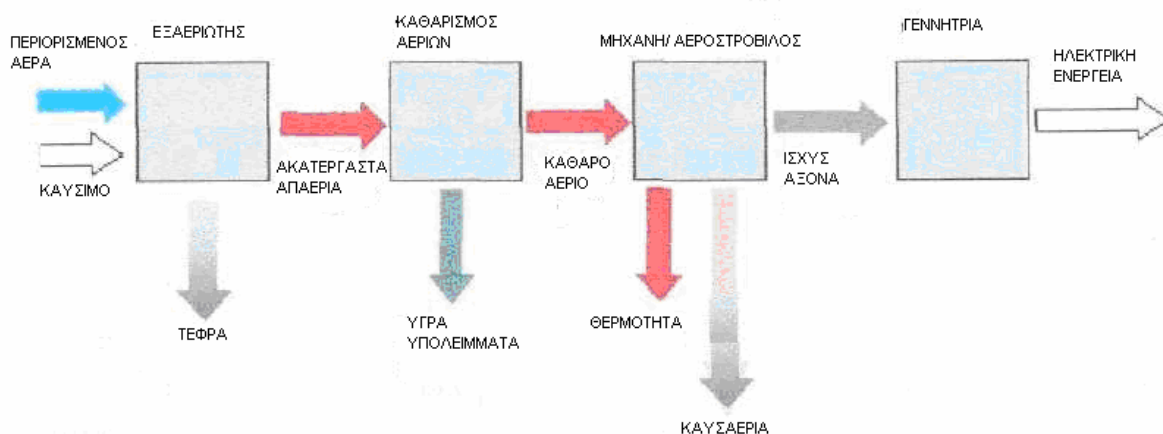
Η αεριοποίηση του κάρβουνου αναπτύχθηκε τη δεκαετία του '30 από τη Luring AG και Coppers – Toltec . Η διεργασία, αν και παραμένει πολύ σπουδαία για τη χρήση του κάρβουνου, ήδη έχει βρει πάρα πολλές εφαρμογές για την εκμετάλλευση βιομηχανικών αποβλήτων καθώς και βιομάζας και αγροτικών υπολειμμάτων σαν πρώτη ύλη.

Στην Ευρώπη η αύξηση της χρήσης φυσικού αερίου για παραγωγή ενέργειας έχει ήδη δώσει ένα νέο ενδιαφέρον στην αεριοποίηση, σαν εναλλακτική λύση για το φυσικό αέριο. Ειδικά στην περίπτωση της Αγγλίας η οποία εξαρτάται κυρίως από το φυσικό αέριο η αεριοποίηση αποτελεί την καλύτερη λύση για διεύρυνση της ενεργειακής βάσης.

Η αεριοποίηση είναι μια διεργασία μερικής οξείδωσης κατά την οποία, μια στερεά , αέρια ή υγρή πρώτη ύλη αντιδρά με οξυγόνο ή ατμό και μετατρέπεται σε αέριο σύνθεσης, το οποίο αποτελείται κυρίως από υδρογόνο, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα. Επειδή

τα αγροτικά υπολείμματα, η βιομάζα γενικώς δεν περιέχει θείο, αλλά και στην περίπτωση των άλλων εναλλακτικών καυσίμων, το θείο και τα μικρό σωματίδια αφαιρούνται κατά τη διάρκεια της διεργασίας, η αεριοποίηση αποφεύγει τα προβλήματα αέριας ρύπανσης που παρουσιάζει η διεργασία της καύσης. Έτσι η αεριοποίηση όχι μόνο μετατρέπει τα άχρηστα απόβλητα και τα υπολείμματα σε χρήσιμα προϊόντα, αλλά και εξαφανίζει ή ελαττώνει σημαντικότερα την επεξεργασία και το κόστος απόθεσής τους.

Ο μεγαλύτερος όμως λόγος, για το ανανεωμένο ενδιαφέρον για τη διεργασία της αεριοποίησης είναι η αξιοσημείωτη πρόοδος στην τεχνολογία της συμπαραγωγής, χρησιμοποιώντας καινούργιους και περισσότερο αποδοτικούς αεριοστροβίλους, για την καύση του παραγόμενου αερίου σύνθεσης, για την παραγωγή περαιτέρω ηλεκτρικής ενέργειας. Ο συνδυασμός αυτός της αεριοποίησης με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ονομάζεται ολοκληρωμένη αεριοποίηση με συνδυασμένο κύκλο. Το αποτέλεσμα αυτού του συνδυασμού είναι αποδόσεις μετατροπής πολύ πάνω από 40%, συγκρινόμενες με αυτές του 33% σταθμού παραγωγής ενέργειας από καύση άνθρακα και χρήση ατμοστροβίλου.



**Σχήμα :** Η διαδικασία της αεριοποίησης για ηλεκτροπαραγωγή

### 3.4 Αεριοποίηση της βιομάζας

Η αεριοποίηση της βιομάζας όπως και η αεριοποίηση των στερεών πρώτων υλών, των υπολειμμάτων των διυλιστηρίων, αλλά και γενικά των χημικών βιομηχανιών επιλύει ένα πολύ σοβαρό πρόβλημα διάθεσής τους και τα μετατρέπει σε πολύτιμα προϊόντα. Αυτή τη στιγμή υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός επιδεικτικών έργων που εστιάζουν στα φυτά μικρού περί τρόπου χρόνου ως πρώτη ύλη για αεριοποίηση.

Τα βασικά οικονομικά δίνουν προβάδισμα στην αεριοποίηση της βιομάζας ως προς την καύση της για την παραγωγή ατμού και ηλεκτρικής ενέργειας. Ο βαθμός απόδοσης σε συμβατικές μονάδες είναι περίπου 32% συγκρινόμενος με 15-20% της διεργασίας καύσης, αλλά με την ολοκληρωμένη αεριοποίηση με συνδυασμένο κύκλο, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι τουλάχιστον τρεις φορές μεγαλύτερη, για την ίδια ποσότητα παραγόμενου ατμού.

Για να μπορέσουν τα βιοκαύσιμα και σε ευρύτερη έννοια, ειδικότερα η ενέργεια που προκύπτει από βιομάζα, να συναγωνισθούν τα συμβατικά καύσιμα πρέπει να αντιμετωπίσουν τις απαιτήσεις, για την κατάλληλη μορφή αποδιδόμενη ενέργειας σε ανταγωνιστικές τιμές. Δύο πολύ βασικά κριτήρια για την εκπλήρωση των παραπάνω προϋποθέσεων, είναι η δυνατότητα διαθεσιμότητας και δυνατότητα σχετικά της εύκολης μεταφοράς. Τα κυρίως χρησιμοποιούμενα καύσιμα, πετρέλαιο και φυσικό αέριο μονοπωλούν την κατάσταση επειδή ακριβώς η ενέργειά τους μπορεί να αποθηκευτεί με μικρές απώλειες και να είναι διαθέσιμη όταν χρειασθεί. Επίσης τα καύσιμα αυτά μαζί με την ηλεκτρική ενέργεια, προσφέρουν το επιπλέον πλεονέκτημα της εύκολης μεταφοράς από μέρος σε μέρος.

Η βιομάζα διατίθεται σε μια πληθώρα μορφών όπως ξύλα, πριονίδια, άχυρα, οικιακά απορρίμματα, λάσπες κτλ. Σχεδόν όλες οι μορφές ακατέργαστης βιομάζας αποσυντίθεται αρκετά γρήγορα, έτσι μόνο ορισμένοι τύποι βιομάζας έχουν πολύ καλές προϋποθέσεις για

ενεργειακή αποθήκευση. Επίσης εξαιτίας της σχετικά χαμηλής ενεργειακής πυκνότητας τείνουν να έχουν αρκετό κόστος μεταφοράς για σχετικά μεγάλες αποστάσεις. Τα τελευταία χρόνια, αξιοσημείωτη προσπάθεια καθώς επίσης και πρόοδος έχει σημειωθεί ως προς την έρευνα για την καλύτερη δυνατή χρήση αυτού του διαθέσιμου ενεργειακού δυναμικού.

Ως θερμοχημική αεριοποίηση ορίζεται η μετατροπή ενός στερεού καυσίμου σε αέριο φορέα ενέργειας. Τεχνικά η διεργασία αυτή βρίσκεται ανάμεσα στην πυρόλυση που παράγει αέριο ανθρακούχο υπόλειμμα και πίσσα και την καύση που καταλήγει με ολοκληρωτική οξείδωση του καυσίμου σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Στην αεριοποίηση, προστίθεται μόνο ένα μικρό ποσό αέρα ή οξυγόνου(περίπου 30-50%) του απαιτούμενου αέρα- οξυγόνου για την πλήρη καύση. Η μικρή ποσότητα οξυγόνου, αντιδρά με τον άνθρακα και το υδρογόνο με αποτέλεσμα την απελευθέρωση ενέργειας η οποία ανυψώνει τη θερμοκρασία στην περιοχή των 700-1000°C.

Τα όρια μεταξύ των τριών παραπάνω διεργασιών είναι δυσδιάκριτα, ιδιαιτέρως μεταξύ της αεριοποίησης και της σταδιακής καύσης κατά την οποία η βιομάζα πρώτα εξαερώνεται. Τα δε παραγόμενα αέρια καίγονται αμέσως με τη βοήθεια του δευτερεύοντος αέρα. Συνήθως η αεριοποίηση συνδέεται με τις περιπτώσεις όπου το αέριο καίγεται σε χωριστό και διαφορετικό αντιδραστήρα, ενώ η σταδιακή καύση αναφέρεται στην αποτέφρωση της βιομάζας και την ταυτόχρονη καύση των αερίων. Ανάλογα με το είδος του αεριοποιητή και των συνθηκών αντίδρασης είναι δυνατόν να παραχθούν αέρια καύσιμα χαμηλής, μέσης ή υψηλής θερμογόνου δύναμης. Αν η χρήση του παραγόμενου αερίου καυσίμου είναι άμεση και επιτόπια, τότε η παραγωγή αερίου χαμηλής θερμογόνου δύναμης είναι η πιο ενδιαφέρουσα λύση, λόγω της σχετικής απλότητας της διεργασίας. Αν το παραγόμενο αέριο πρόκειται να μεταφερθεί σε μεγάλη απόσταση ή πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σαν πρώτη ύλη για τη σύνθεση χημικών, τότε απαιτείται αέριο με μέση θερμογόνο δύναμη (15-25 MJ /Nm<sup>3</sup>).

Τέλος είναι δυνατόν να παραχθεί αέριο υψηλής θερμογόνου δύναμης(30-40 M J / Nm<sup>3</sup>) για αντικατάσταση του φυσικού αερίου. Η τεχνολογία για παραγωγή αερίου υψηλής θερμογόνου δύναμης, έχει αναπτυχθεί πολύ πρόσφατα, έτσι η διεργασία αυτή είναι οικονομικά αποδεκτή μόνο σε περιοχές όπου η χρήση του φυσικού αερίου είναι επιθυμητή, αλλά σπανίζει, ενώ η διανομή του είναι δύσκολη και πολύ δαπανηρή. Ένα σύστημα αεριοποίησης της βιομάζας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει τρία κύρια τμήματα:

- Τμήμα προεπεξεργασίας καυσίμου
- Τμήμα αεριοποίησης και καθαρισμού του αερίου
- Τμήμα στροβίλου και μηχανής για την παραγωγή ηλεκτρισμού

### **3.4.1 Αρχές διεργασίας**

Η αεριοποίηση επιτελείται μέσω των ακόλουθων σταδίων.

- Ξήρανση , για την εξάτμιση της υγρασίας.
- Πυρόλυση , για την παραγωγή αερίου, ατμών, πισσωδών ή ελαιωδών ουσιών και στερεού ανθρακούχου υπολείμματος.
- Μερική οξείδωση των στερεών ανθρακούχων υπολειμμάτων πυρολυτικών πισσών και αερίων.

Όταν ένα στερεό καύσιμο θερμαίνεται στους 300-500°C απουσία ενός οξειδωτικού μέσου, πυρολύεται προς ανθρακούχο στερεό υπόλειμμα, υδρογονάνθρακες ή πίσσες προς συμύκνωση και αέρια. Η σχετική παραγωγή αερίων , υγρών και ανθρακούχων στερεών εξαρτάται κυρίως από το ρυθμό θέρμανσης και την τελική θερμοκρασία. Γενικά το στάδιο της πυρόλυσης είναι ταχύτερο από αυτό της αεριοποίησης, έτσι το τελευταίο στάδιο είναι αυτό που ελέγχει την αντίδραση.

Τα αέρια υγρά και στερεά προϊόντα του σταδίου της πυρόλυσης αντιδρούν στη συνέχεια με το οξειδωτικό μέσο και παράγουν μόνιμα αέρια και μικρές ποσότητες αερίων υδρογονανθράκων. Η μερική οξείδωση των στερεών ανθρακούχων υπολειμμάτων , προέρχεται από την αλληλεπίδραση του συνδυασμού πολλών, αερίου- στερεού και αερίου -αερίου αντιδράσεων κατά τις οποίες η στερεά ανθρακούχα ένωση οξειδώνεται προς CO, CO<sub>2</sub>, ενώ H<sub>2</sub> παράγεται μέσω της αντίδρασης. Οι αντιδράσεις αερίου-στερεού κατά τη διάρκεια της οξείδωσης των στερεών ανθρακούχων υπολειμμάτων είναι οι πιο αργές και αυτές ελέγχουν την ολική αντίδραση της μερικής οξείδωσης.

Πολλές από τις αντιδράσεις καταλύονται από αλκάλια τα οποία περιέχονται στην τέφρα της βιομάζας αλλά δεν προλαβαίνουν να φτάσουν στην ισορροπία. Η σύσταση του παραγόμενου αερίου επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, όπως σύσταση τροφοδοτούμενης βιομάζας, ποσοστό υγρασίας, θερμοκρασία αντίδρασης, έκταση της φάσης της οξείδωσης πάνω στα προϊόντα της πυρόλυσης. Πρέπει να τονισθεί ότι τα υγρά που παράγονται κατά το στάδιο της πυρόλυσης δεν μετατρέπονται τελείως σε απλούστερους υδρογονάνθρακες, κυρίως λόγω των φυσικών ή γεωμετρικών περιορισμών του αντιδραστήρα καθώς επίσης και των χημικών περιορισμών των αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα. Για αυτό το λόγο η διάσπαση των πισσωδών ουσιών και ο καθαρισμός τους αποτελούν ένα πολύ σημαντικό τεχνολογικό θέμα.

### **3.4.2 Αντιδραστήρες αεριοποίησης**

#### 3.4.3 Τεχνολογία χρησιμοποιούμενων αντιδραστήρων

Οι δύο πιο συνήθεις τύποι αντιδραστήρων που χρησιμοποιούνται για αεριοποίηση της βιομάζας σε συνδυασμό με αεριοστροβίλους, μηχανές εσωτερικής καύσης ή συνδυασμένου κύκλου είναι:

- Αντιδραστήρες πυκνής μορφής ή αντιδραστήρες σταθερής κλίνης.

- Αντιδραστήρες αραιής μορφής.

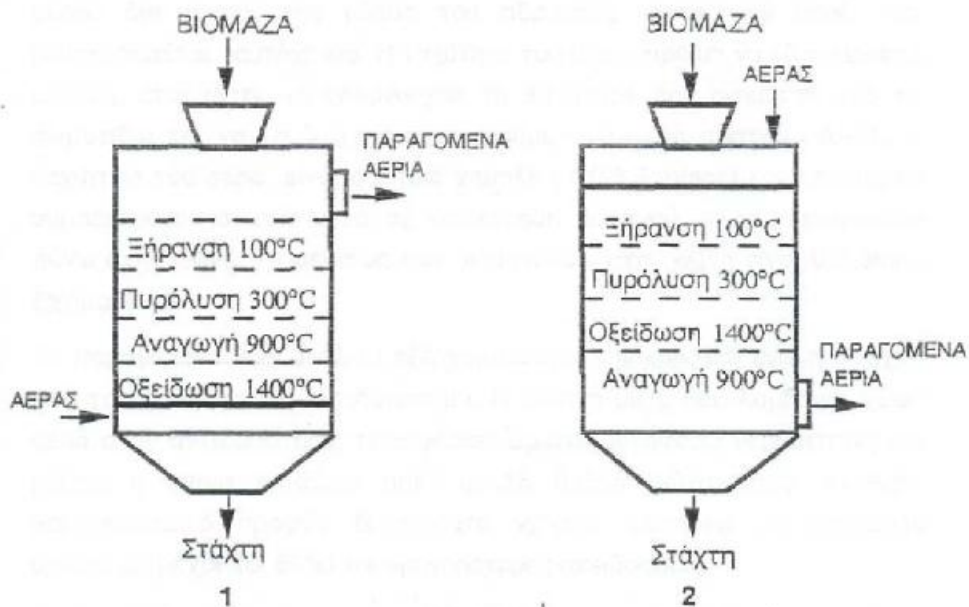
Το χρησιμοποιούμενο οξειδωτικό μέσο, μπορεί να είναι αέρας ή οξυγόνο. Οι αεριοποιητές, που χρησιμοποιούν οξυγόνο παράγουν αέριο υψηλής θερμογόνου δύναμης, αλλά έχουν το μεγάλο μειονέκτημα του επιπρόσθετου κόστους της μονάδας παραγωγής οξυγόνου. Έτσι η πιο συμφέρουσα λύση είναι αυτή της χρήσης αέρα σαν οξειδωτικού μέσου. Το παραγόμενο αέριο είναι χαμηλής θερμογόνου δύναμης λόγω της αραιώσής του από το περιεχόμενο άζωτο.

#### **A. Αντιδραστήρες πυκνής μορφής**

Οι αντιδραστήρες πυκνής μορφής έχουν σαν πιο αντιπροσωπευτικό είδος τον αντιδραστήρα σταθερής κλίνης. Αποτελούν τους πρώτους εμπορικά διαθέσιμους αεριοποιητές και χαρακτηρίζονται από την απλότητά τους στο σχεδιασμό και στη λειτουργία. Το κύριο χαρακτηριστικό των αεριοποιητών πυκνής μορφής αποτελεί το γεγονός ότι η βιομάζα καλύπτει σχεδόν όλο το χώρο του αεριοποιητή σε αντίθεση με τους αντιδραστήρες αραιός μορφής, όπου μικρή ποσότητα βιομάζας καταλαμβάνει ένα μικρό μέρος του χώρου του αντιδραστήρα. Οι πλέον διαδεδομένοι τύποι αεριοποιητών πυκνής μορφής είναι:

- Αεριοποιητής ανερχόμενης ροής ή με ροή προς τα πάνω
- Αεριοποιητής κατερχόμενης ροής με ροή προς τα κάτω





**Σχήμα :** Αντιδραστήρες πυκνής μορφής

## **B. Αντιδραστήρες ατμοσφαιρικής ρευστοποιημένης κλίνης**

Η τεχνολογία της ρευστοποιημένης κλίνης χρησιμοποιείται ήδη από το 1922 όταν ο Winkler τη χρησιμοποίησε για αεριοποίηση κάρβουνου. Από τότε έχει χρησιμοποιηθεί και για χημικές και μεταλλουργικές διεργασίες. Αν και μόλις τα τελευταία χρόνια έχουν χρησιμοποιηθεί οι αντιδραστήρες ατμοσφαιρικής ρευστοποιημένης κλίνης για βιομάζα υπάρχει αρκετή εμπειρία λόγω της χρήσης τους με τύρφη. Οι αντιδραστήρες ατμοσφαιρικής ρευστοποιημένης κλίνης είναι οι μοναδικοί με ισόθερμη λειτουργία κλίνης.

Η τυπική θερμοκρασία λειτουργίας της κλίνης κατά την αεριοποίηση της βιομάζας είναι 800-850°C. Εντός του αντιδραστήρα υπάρχει ένα αδρανές υλικό που χρησιμεύει σαν μέσο μεταφοράς και διανομής της θερμότητας.

Στο αδρανές αυτό υλικό η θερμότητα διοχετεύεται μέσω ενός οξειδωτικού μέσου (αέρας ή οξυγόνο), σε συνδυασμό με ή χωρίς ατμό. Το οξειδωτικό αυτό μέσο, προθερμαίνεται σε κατάλληλη θερμοκρασία την οποία αποδίδει στο αδρανές υλικό, κατά τη διέλευση του οξειδωτικού μέσου δια μέσου της βιομάζας του αδρανούς υλικού το οποίο και

ρευστοποιείται ταυτόχρονα. Η ταχύτητα του αέρα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη έτσι ώστε να υπερνικήσει τη βαρύτητα που ασκείται από τα σωματίδια και να τα διατηρήσει αιωρούμενα. Σε ένα τέτοιο σύστημα η ταχύτητα του αέρα είναι σχετικά χαμηλή (1-3,5 m/sec) και τα στερεά συμπεριφέρονται σαν υγρό σε κατάσταση βρασμού αλλά παραμένουν πάνω στην κλίνη. Το μέγεθος των σωματιδίων στην κλίνη είναι 0,5-3 mm. Τα παραγόμενα θερμά αέρια εξέρχονται από την κορυφή, ενώ η στάχτη από τον πυθμένα του αντιδραστήρα. Η άριστη μίξη που λαμβάνει χώρα μέσα στον αντιδραστήρα προσφέρει άριστη μεταφορά θερμότητας και μάζας η οποία επιφέρει πολύ υψηλό βαθμό μετατροπής, σταθερό θερμοκρασιακό προφίλ, δυνατότητα χρήσης καυσίμου μη σταθερής υγρασίας και γρηγορότερες αντιδράσεις.

Το μεγαλύτερο τμήμα της μετατροπής του καυσίμου προς αέριο, επιτελείται εντός της κλίνης, αν και ένα μικρό ποσό της μετατροπής συνεχίζει στον υπερκείμενο χώρο της κλίνης εξαιτίας αντιδράσεων των εισερχομένων μικρό σωματιδίων και ειδικότερα της θερμικής διάσπασης των πισσωδών ουσιών. Στην πλειονότητα των περιπτώσεων η μετατροπή του άνθρακα αγγίζει το 100% εκτός και αν συμβεί το φαινόμενο της μαζικής μεταφοράς των πολύ λεπτών σωματιδίων έξω από τον αντιδραστήρα, φαινόμενο το οποίο μπορεί να συμβεί σε διαμορφώσεις αντιδραστήρων με εισαγωγή της τροφοδοσίας στο υψηλότερο σημείο τους. Αυτός ο τύπος ρευστοποιημένης κλίνης παράγει αέριο με ποσοστό πισσών που βρίσκεται μεταξύ του αερίου που παράγεται από τους δύο αυτούς αντιδραστήρες. Μερικά προϊόντα πυρόλυσης μπορεί να εκτιναχθούν έξω από το υπερκείμενο της κλίνης στρώμα, από τα προϊόντα της αεριοποίησης, αλλά μετατρέπονται και περαιτέρω με θερμική διάσπαση σε αυτήν την περιοχή.

Υπάρχει περίπτωση να χαθεί η δυνατότητα ρευστοποίησης λόγω σύντηξης της κλίνης και αποτελεί ένα αρκετά σύνηθες φαινόμενο το οποίο εξαρτάται από τα θερμικά χαρακτηριστικά της παραγόμενης στάχτης. Οι ενώσεις των μετάλλων που προέρχονται

από τη στάχτη της βιομάζας σχηματίζουν χαμηλού σημείου τήξης με το πυρίτιο που περιέχεται στην άμμο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα δημιουργία μεγάλων συσσωματωμάτων τα οποία συντελούν στο χάσιμο της δυνατότητας ρευστοποίησης. Τα ο φαινόμενο αυτό αποφεύγεται πολύ εύκολα με μικρή μείωση της θερμοκρασίας λειτουργίας της κλίνης.

Το πρόβλημα είναι λίγο δυσκολότερο όταν στερεά αστικά απορρίμματα χρησιμοποιηθούν σαν βιομάζα χωρίς να έχει γίνει διαλογή γυαλιών προηγουμένως. Τότε όπως και στην περίπτωση της βιομάζας που παράγει στάχτη με αρκετή ποσότητα μετάλλων, να χρησιμοποιηθεί σαν αδρανές υλικό. Στους αντιδραστήρες ρευστοποιημένης κλίνης μεγάλης χωρητικότητας μπορεί να αποτελέσει πρόβλημα η τροφοδοσία αλλά αυτό επιλύεται μέσω τροφοδοσίας πολλαπλών σημείων. Οι αντιδραστήρες ρευστοποιημένης κλίνης χωρίζονται στους:

- Αντιδραστήρες ρευστοποιημένης κλίνης με επανακυκλοφορία
- Αντιδραστήρες ρευστοποιημένης κλίνης με επανακυκλοφορία υπό πίεση
- Δίδυμοι αντιδραστήρες ρευστοποιημένης κλίνης

### **3.4.3 Σύγκριση αντιδραστήρων**

#### **A. Σύγκριση των συστημάτων ρευστοποιημένης κλίνης**

Τα σχετικά πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματα ως προς το κόστος και τη λειτουργία των συστημάτων δεν έχουν πλήρως ξεκαθαρισθεί.

Οι αντιδραστήρες που λειτουργούν υπό πίεση παρουσιάζουν τα ακόλουθα αξιοσημείωτα χαρακτηριστικά:

- Η τροφοδοσία του καυσίμου στον αντιδραστήρα είναι περίπλοκη, έχει πολύ μεγάλο κοστολόγιο και χρειάζεται επιπλέον η παροχή αδρανούς αερίου κατά την τροφοδοσία.
- Το κεφαλαιουχικό κόστος για τους πιεστικούς αντιδραστήρες είναι πολύ μεγάλο συγκρινόμενο με το αντίστοιχο για τους ατμοσφαιρικούς αν και διαστάσεις τους με τα

παρεμφερή συστήματα είναι αρκετά μικρότερες από αυτές των ατμοσφαιρικών. Συγκριτικά αναφέρεται ότι συστήματα αεριοποίησης που λειτουργούν υπό πίεση μπορεί να κοστίζουν μέχρι και τέσσερις φορές περισσότερο από τα αντίστοιχα ατμοσφαιρικά για παραγωγή ενέργειας μέχρι και 20MW. Αυτό το μειονέκτημα υπερκαλύπτεται από το γεγονός ότι για την ίδια ποσότητα παραγωγής ενέργειας οι αντιδραστήρες υπό πίεση έχουν μεγαλύτερο ποσοστό απόδοσης.

- Η παροχή του παραγόμενου αερίου προς το θάλαμο καύσης του αεριοστρόβιλου βρίσκεται ήδη υπό πίεση αποφεύγοντας έτσι την ανάγκη συμπίεσης του αερίου πριν το θάλαμο και επιτρέποντας κάποια υψηλότερα όρια στη φόρτιση πίσσας που θα δεχθεί ο αεριοστρόβιλος από ότι με τους ατμοσφαιρικούς αντιδραστήρες συνδεδεμένους με αεριοστροβίλους.
- Το φιλτράρισμα του αερίου εν θερμό , με τους αντιδραστήρες που λειτουργούν υπό πίεση μειώνει τις απώλειες θερμότητας και πίεσης και γίνεται ευκολότερα και απλούστερα συγκρινόμενο με εκείνο στους ατμοσφαιρικούς . Η χρήση φιλτραρίσματος εν θερμό με τους αντιδραστήρες που λειτουργούν υπό πίεση αποδεικνύεται φθηνότερη από αυτήν για τον καθαρισμό του αερίου.
- Ο ολικός βαθμός απόδοσης είναι μεγαλύτερος χάρις την κατακράτηση της λανθάνουσας θερμότητας και της χημικής ενέργειας των πισσωδών ουσιών που περιέχονται στο παραγόμενο καύσιμο αέριο και στην αποφυγή συμπίεσης του αερίου πριν από τον αεριοστρόβιλο. Οι μόνες αξιοσημείωτες απώλειες ενέργειας είναι αυτές προς το περιβάλλον και της τροφοδοσίας αδρανούς αερίου κατά την τροφοδοσία της βιομάζας της τάξεως 5-8% εξασφαλίζοντας έτσι ένα συντελεστή απόδοσης για τον αντιδραστήρα της τάξης του 92-95%.

Οι αντιδραστήρες ατμοσφαιρικής λειτουργίας παρουσιάζουν τα ακόλουθα αξιοσημείωτα χαρακτηριστικά.

- Το παραγόμενο αέριο για χρήση του σαν καύσιμο αεριοστροβίλου πρέπει να πληροί ορισμένες προϋποθέσεις οι οποίες είναι αρκετά σκληρές.
- Το κεφαλαιουχικό κόστος είναι αξιοσημείωτα χαμηλότερα για μεγέθη μέχρι και 30MW.
- Και για τους δύο τύπους αντιδραστήρων η σύσταση καθώς επίσης και η θερμογόνος δύναμη του παραγόμενου αερίου δε διαφέρουν αρκετά μεταξύ τους.

### 3.5 Πυρόλυση βιομάζας

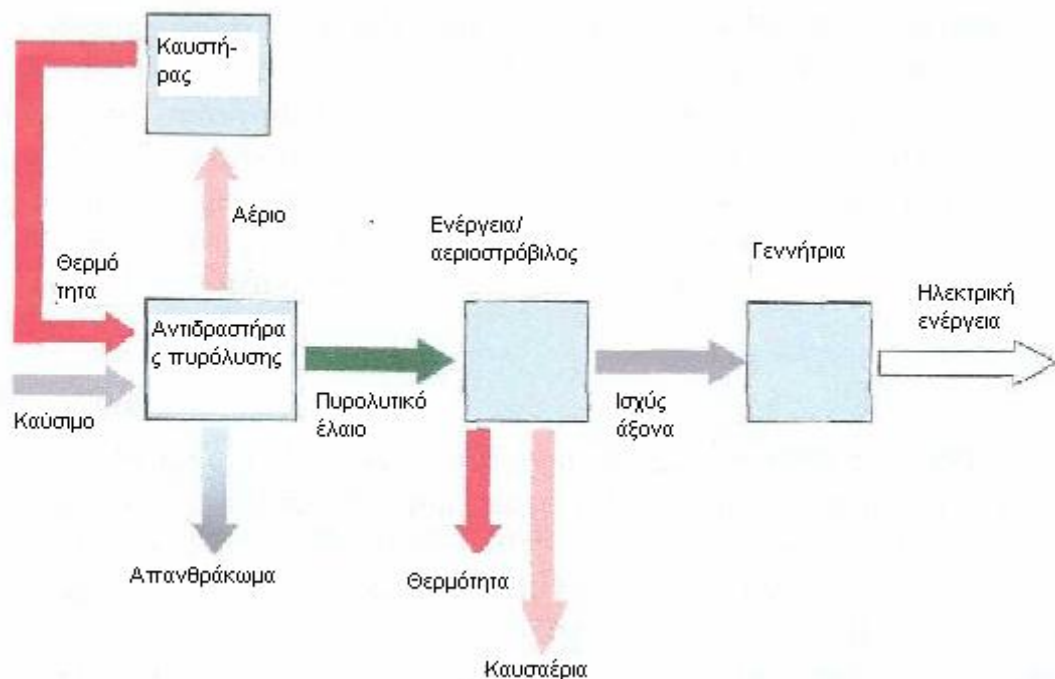
Ως πυρόλυση αναφέρεται η θερμική αποικοδόμηση των ανθρακούχων ενώσεων σε θερμοκρασίες μεταξύ 400-800°C, είτε με πλήρη απουσία οξυγόνου, είτε με μερική απουσία του, τόση ώστε η αεριοποίηση να μην είναι σημαντική. Η θερμότητα που απαιτείται για την πυρόλυση μπορεί να προμηθευθεί με άμεσο ή έμμεσο τρόπο. Τα προϊόντα της πυρόλυσης μπορεί να είναι αέρια, υγρά ή στερεά, οι δε σχετικές αναλογίες κάθε προϊόντος εξαρτώνται από τη μέθοδο της πυρόλυσης και τις παραμέτρους αντίδρασης.

- Η βραδεία πυρόλυση ή ανθρακοποίηση απαιτεί μικρές ταχύτητες αντίδρασης σε χαμηλές θερμοκρασίες και αποσκοπεί στη μεγιστοποίηση των στερεών προϊόντων. Τα υγρά και αέρια προϊόντα θεωρούνται υποπροϊόντα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως φορείς θερμότητας κατά τη διεργασία, για παραγωγή χημικών ή να θεωρηθούν ως απόβλητα που καταστρέφονται με θερμική αποτέφρωση.
- Η συμβατική πυρόλυση δίδει περίπου ίση ποσότητα στερεών, υγρών και αερίων προϊόντων. Είναι μια λιγότερο δημοφιλής τεχνολογία λόγω της δυσκολίας χειρισμού και της ανάγκης εισαγωγής στην αγορά τριών προϊόντων, της χαμηλής απόδοσης σε αέρια και των προβλημάτων που σχετίζονται με τη μεταφορά θερμότητας στον αντιδραστήρα. Τα προβλήματα αυτά έχουν μερικώς αντιμετωπισθεί σε συστήματα διπλών αντιδραστήρων

που περιλαμβάνουν ένα θάλαμο καύσης του παραγόμενου ξυλάνθρακα. Τα συστήματα αυτά προσδίδουν θερμότητα για την πυρόλυση ή την αεριοποίηση με ατμό μέσω ανακυκλοφορίας θερμών αδρανών στερεών.

- Πολύ υψηλές ταχύτητες μεταφοράς θερμότητας σε χαμηλές θερμοκρασίες και ταχεία, άμεση ψύξη προϊόντων, επιτρέπουν τη συμπύκνωση των ενδιάμεσων προϊόντων της πυρόλυσης πριν τη διάσπαση τους σε χαμηλού μοριακού βάρους αέρια. Η διεργασία αυτή γνωστή και ως ακαριαία πυρόλυση ελαχιστοποιεί την παραγωγή ξυλάνθρακα. Σε υψηλότερες θερμοκρασίες τα κύρια προϊόντα είναι αέρια. Κατά την ακαριαία πυρόλυση οι αποδόσεις σε υγρά μπορεί να φτάσουν το 75-80% της αρχικής βιομάζας. Τα υγρά της πυρόλυσης αποτελούν ένα ενδιαφέρον προϊόν που ήδη χρησιμοποιείται σε αρκετές εφαρμογές ενεργειακής αξιοποίησής του.

Η γενική αρχή λειτουργίας της πυρόλυσης φαίνεται στο παρακάτω σχήμα ενώ οι διάφορες παραλλαγές της πυρόλυσης συνοψίζονται στον επόμενο πίνακα.



**Σχήμα :** Γενική αρχή λειτουργίας της πυρόλυσης



Συμπερασματικά μπορεί να λεχθεί ότι η πυρόλυση βιομάζας και ειδικότερα η ακαριαία πυρόλυση στην οποία θα επικεντρωθεί η αναφορά αυτή είναι η περισσότερο υποσχόμενη, λόγω υψηλών αποδόσεων ενός προϊόντος υψηλής αξίας, αλλά και λιγότερο μελετημένη θερμοχημική διεργασία για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα σε βιομηχανική κλίμακα.

Τα προβλήματα που σχετίζονται με την ανάπτυξη της διεργασίας αυτής περιλαμβάνουν:

1. Μεταφορά θερμότητας στην πρώτη ύλη.
2. Έλεγχο διεργασίας για τη μεγιστοποίηση του υγρού κλάσματος.
3. Διαχωρισμό των προϊόντων ειδικά της συμπύκνωσης και συλλογής του υγρού κλάσματος, το οποίο παράγεται σαν μια λεπτότατα διαμοιρασμένη ομίχλη.

### **3.5.1 Υγρά προϊόντα από την ακαριαία πυρόλυση βιομάζας**

Το υγρό προϊόν από την ακαριαία πυρόλυση βιομάζας είναι ένα μίγμα οξυγονωμένων οργανικών ενώσεων υψηλού ποσοστού υγρασίας, που προκύπτει είτε ως φυσική υγρασία περιεχόμενη στην αρχική βιομάζα, είτε ως προϊόν της πυρόλυσης. Αν και οι ιδιότητες αυτές προσδίδουν στα υγρά της πυρόλυσης ορισμένες ανεπιθύμητες ιδιότητες όπως φυσική και χημική αστάθεια, που δημιουργεί προβλήματα αποθήκευσης, διακίνησης και περαιτέρω εκμετάλλευσης σε διάφορες χρήσεις, επιτυχείς εφαρμογές των υγρών έχουν επιδειχθεί και σημαντική πρόοδος έχει επιτευχθεί στην κατανόηση και τον έλεγχο των λιγότερο επιθυμητών τους ιδιοτήτων τα τελευταία χρόνια.

Το ποσοστό οξυγόνου στα υγρά της πυρόλυσης είναι πολύ υψηλά 40-50% σε υγρή βάση, γεγονός που έχει σαν αποτέλεσμα η θερμογόνος δύναμη των υγρών να κυμαίνεται



μεταξύ 15 και 20 MJ / Kg σε υγρή βάση. Το ποσοστό της περιεχόμενης υγρασίας επιδρά σημαντικά στην ποιότητα των υγρών πυρόλυσης μιας και ειδικότερα:

- Μειώνει τη θερμογόνο δύναμη
- Επιδρά στην οξύτητα των υγρών
- Επηρεάζει τη φυσική και χημική τους σταθερότητα
- Επηρεάζει ενδεχόμενες διεργασίες αναβάθμισης των υγρών

Η υγρασία απομακρύνεται δύσκολα μιας και εξάτμιση ή απόσταξη σε θερμοκρασίες υψηλότερες των 100°C μπορούν να επιφέρουν ανεπιθύμητες μεταβολές στις φυσικές και χημικές ιδιότητες των υγρών. Σαν αποτέλεσμα, οι περισσότερες εφαρμογές προσανατολίζονται σήμερα στην ενεργειακή αξιοποίηση των υγρών πυρόλυσης σε υγρή βάση.

Τα υγρά πυρόλυσης περιέχουν σωματίδια που προέρχονται από ξυλάνθρακα και στάχτη, η οποία μπορεί να έχει υψηλό ποσό αλκαλίων και αλκαλικών γαιών, γεγονός που δημιουργεί ένα σημαντικό πρόβλημα στη μετέπειτα χρησιμοποίηση των υγρών πυρόλυσης σε εφαρμογές αεριοστροβίλων. Ο διαχωρισμός των στερεών μπορεί να γίνει είτε προ της συμπύκνωσης των ατμών πυρόλυσης είτε από τα υγρά με συνεχή διήθηση. Τα θέματα αυτά είναι υπό εξέταση στο σχεδιασμό και λειτουργία πιλοτικών και επιδεικτικών εφαρμογών, καθώς λαμβάνονται περισσότερες πληροφορίες από τις λειτουργούσες εφαρμογές της ακαριαίας πυρόλυσης.

Το χαμηλό Ph και επομένως η διάβρωση που προκαλούν τα υγρά πυρόλυσης οφείλεται στο υψηλό ποσοστό οργανικών οξέων. Οι διάφορες εφαρμογές απαιτούν τη χρήση πλαστικών αγωγών ενώ η χρήση μαλακού χάλυβα αντενδείκνυται. Τα υγρά πυρόλυσης υπόκεινται σε πολυμερισμό αν θερμανθούν πάνω από τους 100°C. Κυρίως επηρεάζονται οι φυσικές ιδιότητες όπως το ιξώδες και παρουσιάζεται διαχωρισμός φάσεων και καθίζηση βαρέων πηκτωδών συστατικών. Η θέρμανση των υγρών πυρόλυσης

για μείωση του ιξώδους προς άντληση και εκνέφωση, πρέπει επομένως να εξασκούνται με προσοχή. Η έκθεση των υγρών στον αέρα προκαλεί επίσης πολυμερισμό αλλά σε μικρότερο βαθμό από ότι η αύξηση της θερμοκρασίας. Μέτρα όπως η μη-έκθεση στον αέρα και ο προσεκτικός έλεγχος της θερμοκρασίας έχουν επιτρέψει τη διατήρηση δειγμάτων πυρολυτικών χωρίς προβλήματα.

Κίνδυνοι για την υγεία προερχόμενοι από τα πυρολυτικά υγρά δε φαίνεται να υπάρχουν και αυτά δεν είναι περισσότερο επικίνδυνα από τα υπόλοιπα υγρά συμβατικά καύσιμα.

Τα πυρολυτικά υγρά είναι υδρόφιλα και μη-συμβατά με τα συμβατικά υγρά καύσιμα. Επομένως δε μπορούν να χρησιμοποιηθούν ευθέως στην υπάρχουσα υποδομή των συμβατικών υγρών καυσίμων, χωρίς προηγούμενη αναβάθμισή τους που θα βελτιώσει τη συμβατότητά τους με τα καύσιμα αυτά. Εναλλακτικά τα πυρολυτικά υγρά μπορούν να βρουν εξειδικευμένες εφαρμογές ή να δημιουργηθεί μια διακριτή υποδομή αποθήκευσης, διανομής και αξιοποίησής τους, όπου θα λαμβάνονται υπόψη οι χαρακτηριστικές τους ιδιότητες. Οι οργανωτικές και λειτουργικές δυσκολίες που θα παρουσιασθούν σ'ένα παρόμοιο διακριτό σύστημα αποποίησης των προϊόντων αυτών δεν αναμένεται πάντως να είναι σημαντικές.

### **3.5.2 Τεχνολογίες ακαριαίας πυρόλυσης βιομάζας**

Η επίτευξη υψηλών ταχυτήτων μεταφοράς θερμότητας, η οποία είναι αναγκαία για την ακαριαία πυρόλυση της βιομάζας. Θεωρείται εξαιρετικά δύσκολη για κάθε αντιδραστήρα μιας και οι περιορισμοί που τίθενται από

- Τη χαμηλή θερμική αγωγιμότητα της βιομάζας και
- Τους απαιτούμενους βραχείς χρόνους παραμονής αερίων στον αντιδραστήρα πρέπει να αντιμετωπισθούν επιτυχώς κατά το σχεδιασμό των συστημάτων ακαριαίας πυρόλυσης.

Κάθε τρόπος μεταφοράς θερμότητας θέτει ορισμένους περιορισμούς στη λειτουργία του υιοθετούμενου κατά περίπτωση συστήματος πυρόλυσης, με αποτέλεσμα πολλές φορές την κατασκευή πολύπλοκων αντιδραστήρων. Οι κυριότεροι μέθοδοι μεταφοράς θερμότητας είναι με αγωγή, με επαφή και με ακτινοβολία.

Επιπλέον σ'ένα εμπορικό σύστημα απαιτείται η θερμική αξιοποίηση των υποπροϊόντων της πυρόλυσης, δηλαδή του ξυλάνθρακα και του πυρολυτικού αερίου. Οι διάφοροι τύποι αντιδραστήρων πυρόλυσης και οι διάφοροι μέθοδοι θέρμανσης παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. Οι διάφοροι τύποι αντιδραστήρων είναι παρόμοιοι με εκείνους της αεριοποίησης αν και ένα ευρύτερο φάσμα ασυνήθιστων συνδυασμών έχουν κατά καιρούς επινοηθεί.

### **3.6 Συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας**

Συμπαραγωγή είναι η συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας από την ίδια ενεργειακή πηγή.

Με το συμβατικό τρόπο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, μεγάλες ποσότητες θερμότητας απορρίπτονται στο περιβάλλον είτε μέσω των ψυκτικών κυκλωμάτων είτε μέσω των καυσαερίων. Με τη συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας αυτής ανακτάται και χρησιμοποιείται ωφέλιμα. Έτσι επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς αυξάνεται ο βαθμός ενεργειακής μετατροπής του καυσίμου σε ωφέλιμη ενέργεια.

Οι συμβατικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής παρουσιάζουν βαθμό απόδοσης 15-30%, ενώ ο βαθμός απόδοσης των συστημάτων συμπαραγωγής φθάνει μέχρι 80-85%.

Η συμπαραγωγή πρωτοεμφανίστηκε στην Ευρώπη και στις Η.Π.Α γύρω στα 1890, Κατά τις πρώτες δεκαετίες του 20<sup>ου</sup> αιώνα, οι περισσότερες βιομηχανίες είχαν δικές τους μονάδες ηλεκτροπαραγωγής με ατμολέβητα-στρόβιλο που λειτουργούσαν με άνθρακα.

Πολλές από τις μονάδες αυτές ήταν συμπαραγωγικές . Περίπου το 60% της ηλεκτρικής ενέργειας που παραγόταν σε βιομηχανίες των Η.Π.Α στις αρχές του αιώνα προερχόταν από μονάδες συμπαραγωγής.

Κατόπιν ακολούθησε κάμψη διεθνώς, αφενός γιατί αναπτύχθηκαν τα δίκτυα μεταφοράς και διανομής ηλεκτρισμού που προσέφεραν φθηνή ηλεκτρική ενέργεια με αξιόπιστο τρόπο, και αφετέρου γιατί υπήρχε μεγάλη διαθεσιμότητα υγρών καυσίμων και φυσικού αερίου σε χαμηλές τιμές.

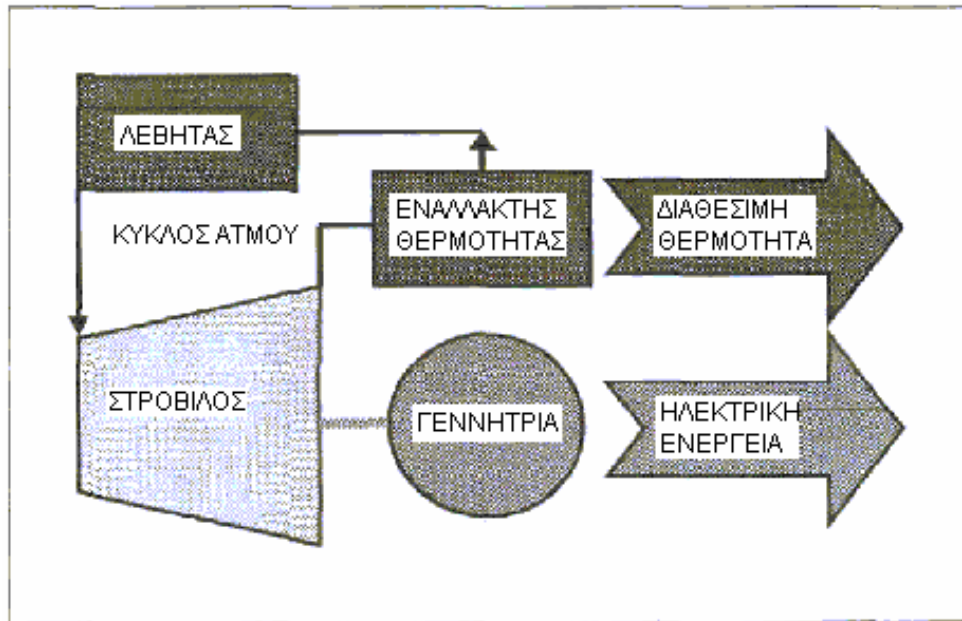
Η συμπαραγωγή μπορεί να εφαρμοσθεί στο εθνικό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε αστικό-περιφερειακό επίπεδο, σε βιομηχανίες καθώς και σε διάφορα μεγάλα κτίρια. Όσον αφορά το εθνικό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας υπάρχοντες σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής μπορούν να μετατραπούν σε σταθμούς συμπαραγωγής παράγοντας συγχρόνως και θερμότητα που θα χρησιμοποιηθεί για τηλεθέρμανση.

Η συμπαραγωγή από βιομάζα στην Ελλάδα, παρουσιάζει σημαντικό ενδιαφέρον σε αστικό-περιφερειακό επίπεδο, όπου πρέπει να εξετασθεί στα πλαίσια της δημιουργίας πολλών μικρών, αποκεντρωμένων σταθμών συμπαραγωγής οι οποίοι πρέπει να βρίσκονται σε κατάλληλες περιοχές της χώρας, με σημαντικές ποσότητες διαθέσιμης βιομάζας και συγχρόνως όχι μακριά από καταναλωτές θερμότητας και ψύξης, καθώς η μεταφορά θερμότητας παρουσιάζει υψηλό κόστος.

### **3.6.1 Τεχνολογίες συμπαραγωγής**

#### ***Συμπαραγωγή με κύκλο ατμοστροβίλου***

Η βασική αρχή αυτού του κύκλου εστιάζεται στη μετατροπή της μηχανικής ενέργειας (στρόβιλος) σε ηλεκτρική ενέργεια με τη βοήθεια μιας γεννήτριας και τη χρησιμοποίηση της θερμότητας του ατμού που προκύπτει από το στρόβιλο για να παραχθεί θερμότητα.



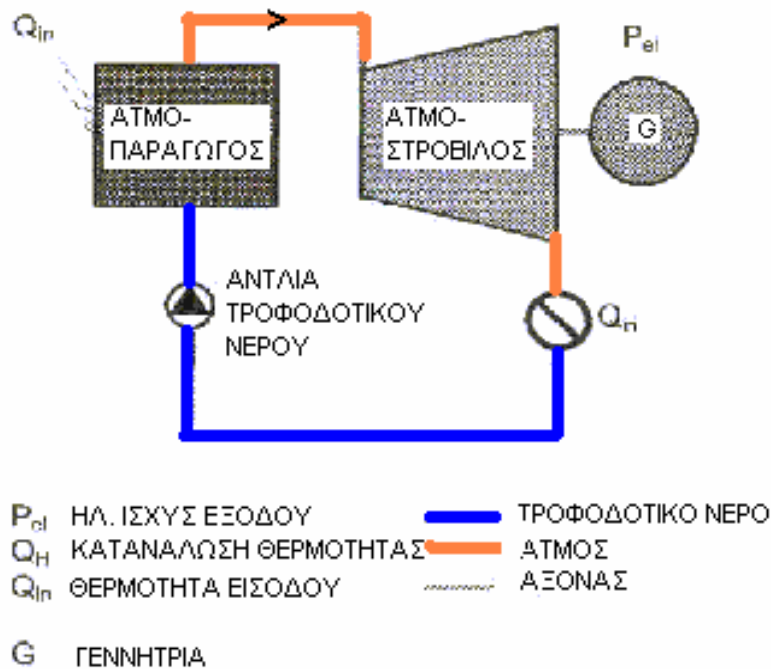
**Σχήμα :** Αρχή της ΣΗΘ με κύκλο αμοστροβίλου

Η βάση για αυτόν τον τύπο συμπαραγωγής είναι ο κύκλος αμοστροβίλου. Τα κύρια στοιχεία ενός κύκλου αμοστροβίλου είναι: ο λέβητας με υπερθερμαντήρα, ο στρόβιλος, ο συμπυκνωτής και η αντλία τροφοδοσίας νερού. Το νερό αμοποιείται στο λέβητα και παρουσιάζεται αργότερα στην επιθυμητή θερμοκρασία στον υπερθερμαντήρα. Αυτός ο ατμός έπειτα διατρέχει τον στρόβιλο που καθοδηγεί τη γεννήτρια για να παράγει ενέργεια. Στο συμπυκνωτή ο ατμός που προκύπτει από το στρόβιλο συμπυκνώνεται και φέρεται στην πίεση επεξεργασίας με τη βοήθεια υδραντλίας. Κατόπιν ο ατμός τροφοδοτείται στον λέβητα με τον οποίο κλείνει ο κύκλος.

Σαν ψυκτικό μέσο στο συμπυκνωτή χρησιμοποιείται συνήθως νερό των ποταμών ή ο αέρας του περιβάλλοντος και η απελευθερωμένη θερμότητα συμπύκνωσης παραμένει αχρησιμοποίητη. Για να χρησιμοποιηθεί αυτή η θερμότητα υπάρχει μια σειρά διαφορετικών διαμορφώσεων που επιτρέπουν τη χρήση οποιασδήποτε τυχαίας θερμότητας. Είναι σημαντικό ωστόσο ότι για να χρησιμοποιηθεί η απόβλητη θερμότητα απαιτείται ένα υψηλότερο επίπεδο πίεσης και θερμοκρασίας.

### 3.6.1.1 Συμπαγωγή με κύκλο ατμού με έναν στρόβιλο αντίθλιψης

Η λειτουργία ενός στρόβιλου ακολουθεί την εξής πορεία. Ο καυτός ατμός που παράγεται στο λέβητα προκαλεί πίεση, που προκύπτει από την επιθυμητή θερμοκρασία της θερμότητας διαδικασίας. Κατά συνέπεια εκτελεί τη μηχανική εργασία για τη γεννήτρια. Η γεννήτρια μετασχηματίζει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική. Οι εναλλάκτες θερμότητας έξω από τον στρόβιλο μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να περάσουν την υπόλοιπη ποσότητα θερμότητας του ατμού σε ένα άλλο μέσο με τη βοήθεια της συμπύκνωσης. Αυτή η ποσότητα θερμότητας μπορεί τώρα να χρησιμοποιηθεί με διαφορετικούς τρόπους. Αργότερα ο συμπυκνωμένος ατμός τροφοδοτείται στη γεννήτρια ατμού πάλι με τη βοήθεια της προετοιμασίας νερού μέσω μιας υδραντλίας. Κατά συνέπεια ο κύκλος αρχίζει πάλι. Οι βαλβίδες στο στρόβιλο χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο. Αυτό το σχέδιο χρησιμοποιείται συνήθως όταν απαιτείται ένα σταθερό ποσό θερμότητας. Η οργάνωση ενός απλού κύκλου στρόβιλου αντίθλιψης φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα : Κύκλος ατμού με το στρόβιλο αντίθλιψης

Ένας στρόβιλος αντίθλιψης βρίσκει εφαρμογή στη βιομηχανία και τις επιχειρήσεις παροχής ισχύος, παράγοντας ενέργεια 0,5-30MW και περισσότερο. Εφαρμόζεται όταν απαιτείται ένα συγκεκριμένο ποσό θερμότητας. Πολύ συχνά τοποθετούνται πολλοί ατμοστρόβιλοι σε μια σειρά με σκοπό να χρησιμοποιηθεί ένας ή περισσότεροι στρόβιλοι ανάλογα με τις απαιτήσεις.

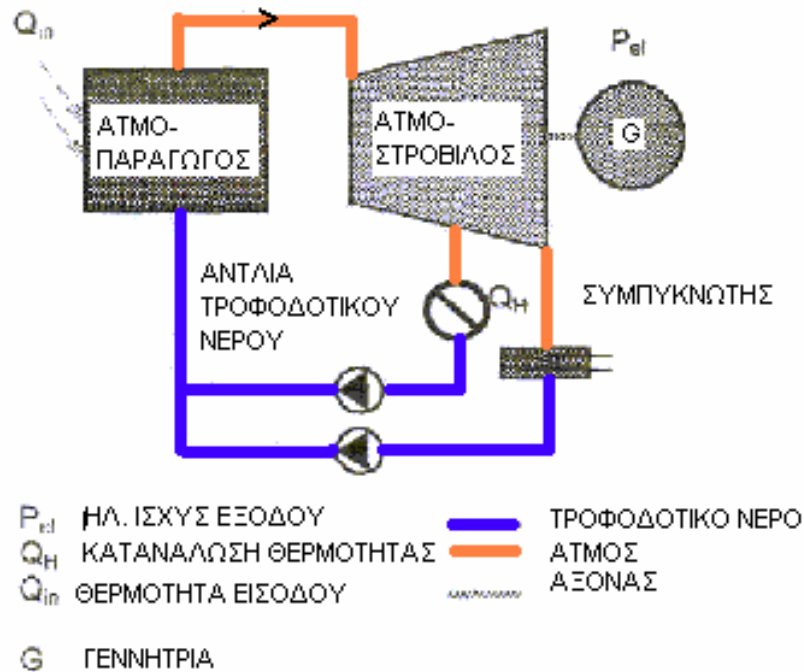
### **3.6.1.2 Συμπαγωγή με κύκλο ατμού με στρόβιλο απομάστευσης.**

Η λειτουργία του στρόβιλου απομάστευσης είναι παρόμοια με αυτήν του κύκλου με το στρόβιλο αντίθλιψης, με τη διαφορά ότι εδώ ο ατμός εξαγωγής για την παραγωγή θερμότητας δε λαμβάνεται από το οπίσθιο μέρος αλλά από το μέσο του στρόβιλου. Αυτό έχει το πλεονέκτημα ότι η ηλεκτρική παραγωγή και η θερμότητα μπορούν να προσαρμοσθούν σε διαφορετικές απαιτήσεις.

Με τη βοήθεια των βαλβίδων η πίεση η πίεση εξαγωγής μπορεί να ρυθμιστεί ακριβώς στο σημείο εξαγωγής έτσι ώστε να διατηρηθούν οι απαραίτητες συνθήκες ατμού για την παραγωγή θερμότητας όταν χρησιμοποιείται μερικό φορτίο. Αυτό είναι το πλεονέκτημα έναντι του παραπάνω ατμοστρόβιλου όπου οι συνθήκες ποικίλουν σύμφωνα με το φορτίο.

Για να ικανοποιηθούν οι υψηλές απαιτήσεις θερμότητας μπορεί να ληφθεί όλος ο ατμός για την παραγωγή θερμότητας από το σημείο εξαγωγής. Για τις χαμηλές απαιτήσεις θερμότητας αυτός ο τύπος στρόβιλου μπορεί να χρησιμοποιηθεί όπως ένας συμβατικός στρόβιλος απομάστευσης. Οι διάφοροι άλλοι λειτουργικοί τρόποι οφείλονται στον έλεγχο των βαλβίδων.

Η οργάνωση ενός απλού κύκλου ατμού με έναν στρόβιλο απομάστευσης φαίνεται παρακάτω.



**Σχήμα :** Κύκλος ατμού με το στρόβιλο απομάστευσης

Ο στρόβιλος απομάστευσης βρίσκει εφαρμογή σε μεσαία ως υψηλή παραγωγή (0,5-10 MW) και σε διαφορετικές απαιτήσεις σε θερμότητα και ενέργεια.

### 3.6.1.3 Γενικές πληροφορίες για την συμπαραγωγή με τον κύκλο ατμοστρόβιλων.

Τα καύσιμα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για συμπαραγωγή με τον κύκλο ατμοστρόβιλου είναι είτε ο άνθρακας, το πετρέλαιο, είτε η βιομάζα. Βασικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάθε καύσιμο που μπορεί να καεί σε λέβητα.

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει αυτός ο κύκλος είναι ότι υπάρχει αποδεδειγμένη τεχνολογία που ήδη χρησιμοποιείται, δεν υπάρχει περιορισμός μεγέθους στις εγκαταστάσεις και τέλος μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάθε καύσιμο. Στα μειονεκτήματα του κύκλου συγκαταλέγονται η μικρή απόδοση των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, η κακή λειτουργία σε μερικό φορτίο και η ακριβή εφαρμογή.

Για τον καλύτερο τρόπο λειτουργίας για την παραγωγή ισχύος ή θερμότητας, πολύ συχνά διάφοροι στρόβιλοι ατμού τακτοποιούνται σε μια γραμμή έτσι ώστε μια ή περισσότερες μηχανές να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σύμφωνα με τις απαιτήσεις



ισχύος. Επομένως είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν οι στρόβιλοι κοντά στο σημείο βέλτιστης λειτουργίας. Οι συνθήκες ατμού στις αποκεντρωμένες εγκαταστάσεις συμπαραγωγής χαμηλής έως μέσης παραγωγής είναι οι εξής:

- (παραγωγή 1-10MW)πίεση ατμού:30-70bar
- θερμοκρασία ατμού 400-500°C

Ο έλεγχος του αμοστρόβιλου μπορεί να επιτευχθεί μέσω των ακόλουθων δύο δυνατοτήτων.

- Μέσω μιας βαλβίδας ρύθμισης ροής μπροστά από το στρόβιλο, η οποία ελέγχει την πίεση της ροής ατμού και οδηγεί το καύσιμο από τη γραμμή ατμού στους μεμονωμένους στρόβιλους καθώς επίσης και στην έξοδό τους.
- Μέσω του ελέγχου μιας ομάδας ακροφυσίων στο μεμονωμένο στρόβιλο, επιτρέποντας στα μεμονωμένα ακροφύσια πριν από το πρώτο πτερυγωτό στρόφαλο να στραφούν προς τα μέσα ή προς τα έξω. Κατά συνέπεια το ποσοστό μαζικής ροής των άλλων σταδίων καθώς επίσης και η παραγωγή μπορούν να ρυθμιστούν.

Η συντήρηση του αμοστρόβιλου πραγματοποιείται ως εξής:

- Επιθεώρηση των στρόβιλων και των σωληνώσεων ατμού για κακή ρύθμιση μία φορά την εβδομάδα
- Κάθε πέντε έτη μια πιο εκτενής εβδομαδιαία αναθεώρηση πρέπει να πραγματοποιηθεί
- Τακτική επιθεώρηση των συνθηκών ατμού

Από οικολογικής άποψης κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εξάτμισης του νερού τα άλατα που περιλαμβάνονται στο νερό παραμένουν στο λέβητα. Προκειμένου να αποφευχθεί η υψηλή αλατότητα το νερό αφαλατώνεται συνεχώς. Επιπλέον είναι απαραίτητο να αφαιρεθεί η λάσπη που προκύπτει από την απόξεση των επικαθίσεων και τα υπόλοιπα άλατα στο νερό. Κατά την αφαίρεση των ακαθαρσιών σε ένα ρεύμα ή στο σύστημα αποχετεύσεων υπάρχουν αντίστοιχοι κανονισμοί να ακολουθηθούν.

**Ο κύκλος ατμοστροβίλου έχει και κάποια αδύνατα σημεία:**

**A) Θερμοδυναμική:**

Η υψηλή ηλεκτρική αποδοτικότητα μπορεί να επιτευχθεί μόνο μέσω της υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας του ατμού(170bar-600°C)στις δεδομένες συνθήκες συμπύκνωσης. Δεδομένου ότι αυτό απαιτεί ακριβό υλικό υψηλής θερμοκρασίας οι εγκαταστάσεις συμπαραγωγής χαμηλής και μέσης παραγωγής σχεδιάζονται για τις χαμηλότερες συνθήκες ατμού.

**B) Λειτουργία:**

Η λειτουργία εγκαταστάσεων ατμού είναι σχετικά ακριβή επειδή σύμφωνα με το νόμο για τη λειτουργία λεβήτων ατμού πάντα πρέπει να υπάρχει απόθεμα ατμού παρόν

**Γ) Χρησιμοποίηση βιομάζας**

Η θερμοκρασία του ατμού στις εγκαταστάσεις βιομάζας είναι περιορισμένη λόγω του αυξανόμενου κινδύνου διάβρωσης λόγω των αλκαλικών μετάλλων του θείου και του χλωρίου που περιλαμβάνονται στα καύσιμα. Οι παραλλαγές στην περιεκτικότητα σε νερό της βιομάζας μπορούν να οδηγήσουν σε αλλαγές στη θερμοκρασία και τη ροή μάζας ατμού. Προκειμένου να αποτραπεί αυτό πρέπει να ληφθεί υπόψη στο σύστημα ελέγχου.

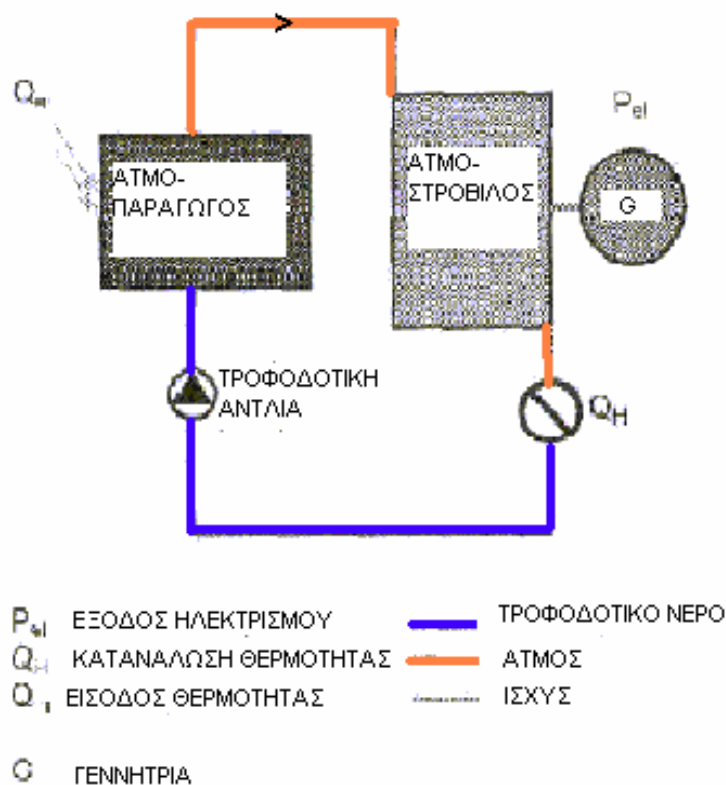
Οι βιομηχανικοί ατμοστροβίλοι έχουν καθιερωθεί και επομένως χρησιμοποιούνται σε μεγάλες ποσότητες σε ολόκληρο τον κόσμο.

**3.6.2 Διεργασία ατμομηχανής**

Η λειτουργία της διεργασίας αυτής έχει ως εξής: το καυσαέριο ως αποτέλεσμα της καύσης περνά μέσω ενός λέβητα στον οποίο παράγεται ατμός. Ο ατμός ρέει έπειτα στην ατμομηχανή όπου εκτελεί μηχανική εργασία που μετατρέπεται αργότερα σε ηλεκτρική

ενέργεια στη γεννήτρια. Έπειτα ο ατμός περνά στον συμπυκνωτή όπου η δευτερογενής θερμότητα συμπύκνωσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τοπική θέρμανση ή για τη διεργασία. Το νερό φτάνει στην πίεση λειτουργίας μέσω μιας υδραντλίας τροφοδοσίας και τροφοδοτείται έπειτα στο λέβητα, κλείνοντας κατά συνέπεια τον κύκλο. Επομένως η διεργασία αντιστοιχεί σε έναν κύκλο αμοστρόβιλου στον οποίο ο στρόβιλος αντικαθίστανται από μια ατμομηχανή. Εντούτοις σε σύγκριση με τον κύκλο αμοστρόβιλου η ατμομηχανή μπορεί να παράγει ισχύ από 20 KW που επιτρέπει μια αποκεντρωμένη εφαρμογή για χαμηλή παροχή.

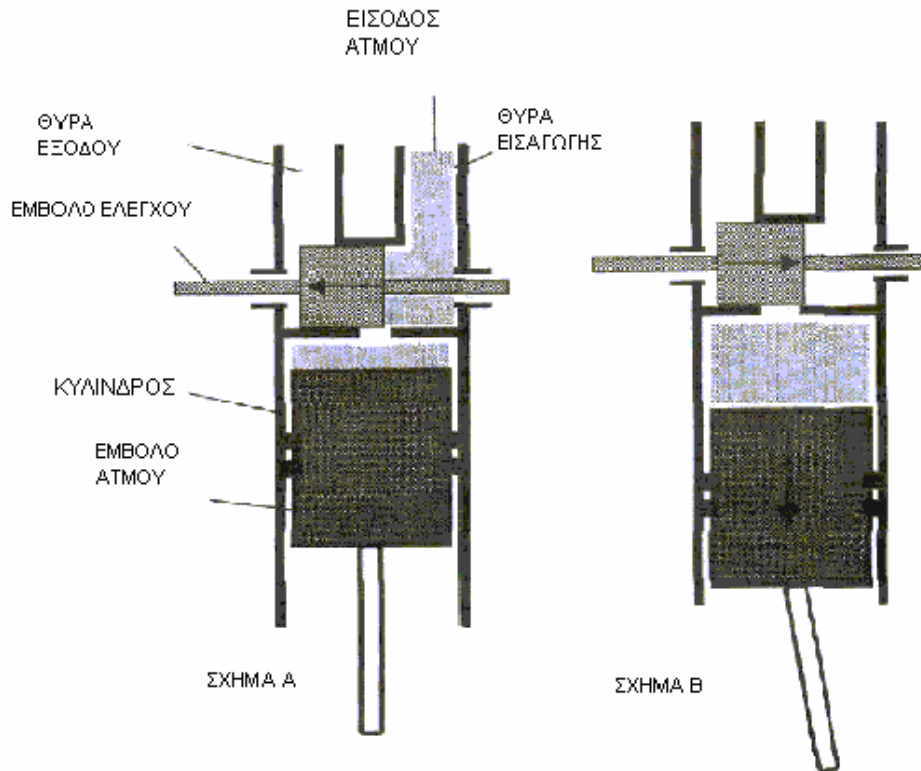
Η οργάνωση μιας εγκατάστασης με ατμομηχανή απεικονίζεται παρακάτω.



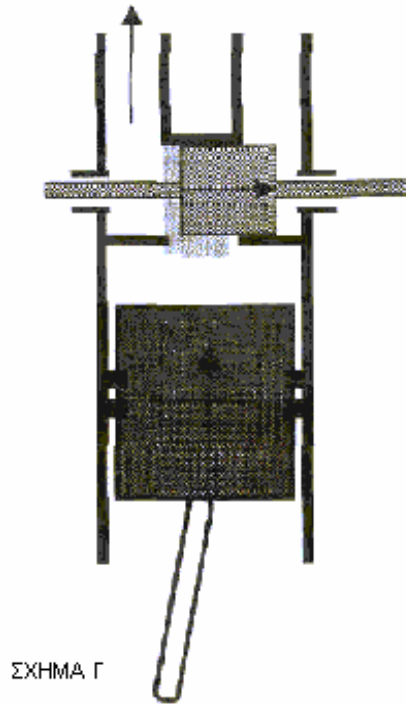
**Σχήμα:** Διάγραμμα εγκαταστάσεων ΣΗΘ με ατμομηχανή

Η αρχή μιας ατμομηχανής βασίζεται στην εισαγωγή ατμού στον κύλινδρο έως ότου τα έμβολα ελέγχου σταματήσουν τη διεργασία λήψης καυσίμου. Ο ατμός εκτονώνεται και εκτελεί την εργασία στο έμβολο. Δεδομένου ότι έτσι ο όγκος αυξάνεται η πίεση μειώνεται συνεχώς. Όταν το έμβολο φθάσει στο νεκρό σημείο κινείται προς τα δεξιά αναγκάζοντας έτσι πάλι το έμβολο ελέγχου να απελευθερώσει τη βαλβίδα εξόδου και ο ατμός αφήνει και πάλι τον κύλινδρο.

Κατά συνέπεια επανεκκινείται η διεργασία.



## ΕΚΤΟΝΩΣΗ ΑΤΜΟΥ



Σχήμα : Αρχή μιας ατμομηχανής

### Γενικές πληροφορίες για την συμπαραγωγή με την ατμομηχανή

Η ατμομηχανή εφαρμόζεται σε αποκεντρωμένα συστήματα ισχύος και θέρμανσης μικρής και μεσαίας κλίμακας (από 20 KW έως 2000KW). Παραδείγματα αυτής της εφαρμογής είναι οικιακή χρήση, βιομηχανίες, νοσοκομεία. Τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται στην ατμομηχανή είναι ο άνθρακας, το πετρέλαιο, η βιομάζα αλλά και κάθε καύσιμο είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί. Μια ατμομηχανή πλεονεκτεί στο ότι έχει καλή εφαρμογή σε μερικό φορτίο και στο ότι υπάρχει ώριμη τεχνολογία. Αντίθετα μειονεκτεί στο ότι παρουσιάζει χαμηλή ηλεκτρική απόδοση, χρειάζεται πολύ εργασία συντήρησης, ενώ παράγει αρκετό θόρυβο και συνεπώς χρειάζεται μόνωση. Η μηχανή ατμού από έναν έως έξι εργαζόμενους κυλίνδρους. Κάθε κύλινδρος έχει το έμβολο ελέγχου του, κατά συνέπεια η μηχανή αποτελείται από δύο άξονες, έναν άξονα ρυθμίσεων

και έναν άξονα λειτουργίας. Ακολούθως περιγράφονται σημαντικοί συσχετισμοί σχετικά με τη μηχανή ατμού.

Το ποσό εισόδου του ατμού μπορεί να ελεγχθεί μέσω της διαδρομής των εμβόλων ελέγχου. Η διαδρομή του εμβόλου ελέγχου ρυθμίζεται στον άξονα ρυθμίσεων με τη βοήθεια ενός έκκεντρου με μια φυγοκεντρική συσκευή αυτόματου ελέγχου. Ο άξονας ρυθμίσεων μπορεί να χωριστεί έτσι ώστε να είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν ξεχωριστοί κύλινδροι με διαφορετικές συνθήκες ατμού εισόδου και εξόδου στις μηχανές με πολλά έμβολα.

Η μηχανή ατμού μπορεί να λειτουργήσει με τον κορεσμένο ατμό καθώς επίσης και με τον υπέρθερμο ατμό. Εάν χρησιμοποιείται υπέρθερμος ατμός η ίδια μηχανή μπορεί να παράγει μέχρι 60% περισσότερη ενέργεια. Ο λόγος για αυτό είναι η χρησιμοποίηση της υψηλότερης πτώσης ενθαλπίας του υπέρθερμου ατμού έναντι αυτής από τον κορεσμένο ατμό. Οι πιέσεις εισόδου του ατμού μπορούν να κυμανθούν μεταξύ 6 και 60 bar. Οι ποσότητες ατμού κυμαίνονται από 0.2 έως 20 t/h ανάλογα με τις απαιτήσεις. Σε σύγκριση με τον αμοστρόβιλο η μηχανή ατμού είναι λιγότερο ευαίσθητη στην ακαθαρσία.

Όσον αφορά την απόδοση της λειτουργίας όταν χρησιμοποιείται μερικό φορτίο το παραχθέν ποσό ατμού μειώνεται διατηρώντας αμετάβλητες τη θερμοκρασία και την πίεση. Η μηχανική ενέργεια που απελευθερώνεται και κατά συνέπεια και η ηλεκτρική ενέργεια μειώνεται. Είναι σημαντικό ωστόσο ότι αυτή η μέγιστη πιθανή αποδοτικότητα των εγκαταστάσεων δεν επιτυγχάνεται στην υψηλότερη ηλεκτρική παραγωγή αλλά ελαφρώς κάτω από αυτή. Αυτό είναι ένα πλεονέκτημα της μηχανής ατμού εάν χρησιμοποιείται για μερικό φορτίο. Τελικά η ηλεκτρική αποδοτικότητα μερικού φορτίου ανέρχεται στο 90% της υψηλότερης πιθανής ηλεκτρικής αποδοτικότητας όταν χρησιμοποιείται στο μισό φορτίο.

Για τη συντήρηση απαιτείται:

- Καθημερινός έλεγχος στο έλαιο κυλίνδρων
- Συμπυκνωμένα δείγματα σε σποραδικά διαστήματα για να ελεγχθεί η περιεκτικότητα σε έλαιο
- Μετά από περίπου 8000 ώρες:

Αλλαγή ελαίου στο στρόφαλο της μηχανής και έλεγχο στα συστατικά της μηχανής ατμού.

- Αντικατάσταση του εμβόλου και των δαχτυλιδιών ανάλογα με την κατάστασή τους
- Αντικατάσταση του εμβόλου κάθε 3-5 έτη
- Κανονικός έλεγχος στον εξοπλισμό φίλτρων

Μπορεί βασικά να υποτεθεί ότι μια ατμομηχανή ζει για περισσότερες από 200,000 ώρες λειτουργίας εάν η συντήρηση είναι ικανοποιητική και κατάλληλη. Από οικολογική άποψη, το έλαιο που λαμβάνεται από την ατμομηχανή μπορεί είτε να καεί στον εξοπλισμό καύσης είτε πρέπει να διατεθεί χωριστά.

Κατά τη διάρκεια της διεργασίας εξάτμισης του νερού τα άλατα που περιλαμβάνονται στο νερό παραμένουν στο λέβητα. Προκειμένου να αποφευχθεί η υψηλή αλμυρότητα το νερό αφαλατώνεται συνεχώς. Επιπλέον είναι απαραίτητο να απαλλαχθεί από τη λάσπη ως αποτέλεσμα της απόξεσης του υλικού και από τα εναπομείναντα άλατα στο νερό.

Η ατμομηχανή έχει και κάποιες αδυναμίες. Λόγω του υψηλού επιπέδου θορύβου (μέχρι και 95Dba) η εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας δεν είναι δυνατή χωρίς αντίστοιχα μέτρα καταστολής θορύβου στα κατοικημένα κτίρια κλπ. Δεδομένου ότι η διάρκεια ζωής τέτοιων εγκαταστάσεων εξαρτάται ιδιαίτερα από τη συντήρηση που εκτελείται από το προσωπικό, γίνονται προσπάθειες για να μειωθούν στο μέλλον αυτές οι εργασίες. Μια σημαντική προσέγγιση για την επίτευξη αυτού είναι η ανάπτυξη των υλικών εμβόλων που δεν χρειάζονται λίπανση. Αυτό αφ' ενός θα βελτίωνε την ευκολία χειρισμού και αφ'

ετέρου η διάρκεια ζωής θα μπορούσε γενικά να αυξηθεί. Εκτός από αυτό θα μπορούσαν να μειωθούν τα απόβλητα λιπαντικών και έτσι η περιβαλλοντική επιβάρυνση.

### **3.6.3 Συμπαγωγή βάσει της διεργασίας ORC (οργανικός κύκλος RANKINE) με βιομάζα**

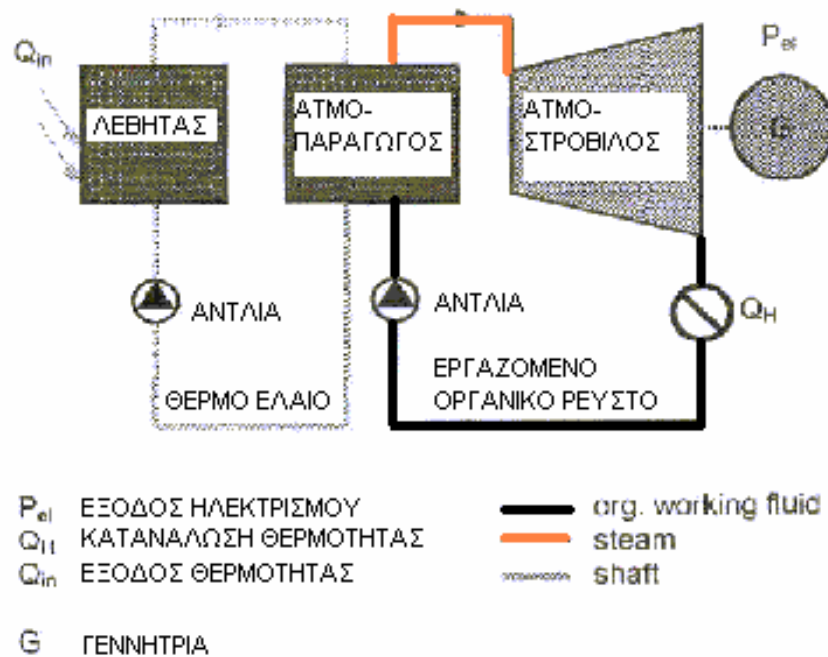
Η διαφορά έναντι του κύκλου ατμοστροβίλου είναι ότι στη θέση του νερού χρησιμοποιείται ένα οργανικό ρευστό. Δεδομένου ότι αυτό το εργαζόμενο ρευστό ατμοποιείται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες από το νερό, η διεργασία μπορεί να προσαρμοστεί καλύτερα σε καύσιμα με χαμηλές θερμοκρασίες καύσης όπως τη βιομάζα. Προκειμένου να καθυστερήσει η διεργασία γήρανσης του εργαζόμενου ρευστού, οι επιτρεπόμενες θερμοκρασίες κοντά στα τοιχώματα δεν μπορούν να ξεπεραστούν. Επομένως είναι απαραίτητος ένας ενδιάμεσος κύκλος θερμού ελαίου που επιτρέπει τον καλύτερο έλεγχο θερμοκρασίας.

Ο κύκλος θερμού ελαίου επιτρέπει την περαιτέρω ελάττωση της πίεσης λειτουργίας στις υψηλές θερμοκρασίες και έτσι δεν απαιτεί ατμό σε κατάσταση αναμονής.

Το καυσαέριο που προέρχεται από τη διεργασία καύσης στο λέβητα βιομάζας παρέχει τη θερμότητα στον κύκλο θερμού ελαίου. Αργότερα η θερμότητα τροφοδοτείται σε ένα εργαζόμενο οργανικό ρευστό που το ατμοποιεί. Το ατμοποιημένο ρευστό εκτονώνεται σε έναν στρόβιλο και το αποκτηθέν μηχανικό έργο περνάει σε μια γεννήτρια όπου μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Το ρευστό που επεκτάθηκε εισέρχεται έπειτα σε έναν συμπυκνωτή όπου η αποβαλλόμενη θερμότητα είναι διαθέσιμη σε επίπεδο θερμοκρασίας που επιτρέπει τη λειτουργία ενός δικτύου θερμού νερού για απευθείας ή επεξεργάσιμη παροχή θερμότητας, Αργότερα το συμπύκνωμα παρουσιάζεται στην πίεση λειτουργίας από την αντλία και τροφοδοτείται πάλι στον εξατμιστήρα.



Προκειμένου να αυξηθεί η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, το εργαζόμενο ρευστό που εξέρχεται από τον στρόβιλο μπορεί να περάσει μέσω ενός αναθερμαντή προτού εισέλθει στο συμπυκνωτή. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η οργάνωση μιας εγκατάστασης με οργανικό κύκλο Rankine.



**Σχήμα :** Διεργασία εγκατάστασης ενός εγκατάστασης ORC

Ο οργανικός κύκλος Rankine εφαρμόζεται σε αποκεντρωμένα συστήματα ισχύος και θέρμανσης μικρής και μεσαίας κλίμακας (από 300kw και πάνω) όπως σε βιομηχανίες επεξεργασίας ξύλου, κατασκευαστικές εταιρίες κλπ. Πλεονεκτεί στο ότι έχει καλή εφαρμογή σε μικρό φορτίο καθώς και στο ότι υπάρχει ώριμη τεχνολογία για την εφαρμογή του.

Αντίθετα μειονεκτεί στο ότι απαιτεί ενδιάμεση χρήση θερμού ελαίου, κάτι που συνεπάγεται αύξηση του κόστους της εγκατάστασης. Επίσης υπάρχει μικρή εμπειρία με εγκαταστάσεις ORC που τροφοδοτούνται με βιομάζα και το κόστος της εγκατάστασης είναι σχετικά υψηλό. Οι εγκαταστάσεις ORC διατίθεται ως πλήρης μονάδες. Η παραγωγή

ηλεκτρισμού μιας μονάδας ORC κυμαίνεται μεταξύ 200 και 1500 kw. Υψηλότερη παραγωγή εγκαταστάσεων μπορεί να επιτευχθεί με παράλληλη λειτουργία μονάδων.

Το κύριο μέρος της τροφοδοσίας σε θερμότητα πραγματοποιείται στο θάλαμο καύσης, αλλά η θερμότητα καυσαερίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί περαιτέρω με την απελευθέρωση της θερμότητας σε έναν εξοικονομητή. Η απομαστευμένη θερμότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί πρόσθετα για απ' ευθείας ή επεξεργάσιμη παροχή θερμότητας αυξάνοντας κατά συνέπεια τη γενική αποδοτικότητα των εγκαταστάσεων. Εκτός από αυτό η χρησιμοποίηση καυσαερίων στον εξοικονομητή επιτρέπει μια χαμηλότερη θερμοκρασία λειτουργίας του συμπυκνωτή επειδή η απαραίτητη θερμότητα για την επίτευξη της απαραίτητης τελικής θερμοκρασίας για τη θερμότητα διεργασίας παρέχεται από τον εξοικονομητή. Κατά συνέπεια η απόδοση σε ηλεκτρική ενέργεια των εγκαταστάσεων μπορεί να βελτιωθεί. Ο έλεγχος της διεργασίας ORC μπορεί να επιτευχθεί μέσω της παροχής θερμότητας στο λέβητα. Η κατάσταση λειτουργίας του ORC βρίσκεται στις παρακάτω συνθήκες. Πίεσης εξάτμισης του εργαζόμενου ρευστού 10 bar, θερμοκρασία εξάτμισης αερίου από λέβητα 300°C.

Οι απαιτήσεις για συντήρηση στις εγκαταστάσεις ORC είναι βασικά μικρές. Οι εργασίες συντήρησης ανέρχονται σε περίπου στις τέσσερις ώρες εβδομαδιαίως. Το εργαζόμενο ρευστό πρέπει να αντικατασταθεί μετά από περίπου είκοσι έτη.

Από οικολογική άποψη το συχνά χρησιμοποιούμενο πυριτικό ρευστό δεν έχει καμία ευθύνη για τη μείωση του όζοντος, καίγεται εύκολα αλλά είναι μη εκρηκτικό. Λόγω του χαμηλού σημείου ανάφλεξης 34°C οι απώλειες από διαρροή του εργαζόμενου ρευστού πρέπει να αποφευχθούν πλήρως. Λόγω της μεγάλης διάρκειας ζωής του ρευστού δεν απαιτείται καμία αντικατάσταση.

Για μια αποδοτική λειτουργία με καύσιμο τη βιομάζα θα πρέπει να τηρούνται οι εξής όροι:

- Υψηλό ποσό ετήσιων ωρών λειτουργίας σε πλήρες φορτίο (>4000ώρες). Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω του κατάλληλου σχεδίου εγκαταστάσεων.
- Υψηλή δυνατή απόδοση. Μπορεί να επιτευχθεί μέσω ενός σωστά προσανατολισμένου σχεδίου θερμότητας.
- Χρησιμοποίηση καυσίμων που εντάσσονται στα φθηνά. Προιόντα υποπροϊόντα.

Ο κύκλος ORC έχει και αδύναμα σημεία. Η χαμηλή θερμοκρασία διεργασίας που προέρχεται από τη χρήση βιομάζας και περιορίζεται προς τα πάνω από τη θερμική σταθερότητα του εργαζόμενου ρευστού και του θερμού ελαίου επιτρέπει μόνο τη σχετικά χαμηλή αποδοτικότητα. Στον τομέα της γεωθερμίας υπάρχουν ήδη πολλές εγκαταστάσεις ORC που χρησιμοποιούνται. Επομένως η διεργασία αντιπροσωπεύει μια αποδεδειγμένη τεχνολογία. Το 1999 οι πρώτες εγκαταστάσεις που έκαμαν βιομάζα με ORC τέθηκαν σε λειτουργία στην Αυστρία από τη βιομηχανία ξυλείας.

#### **3.6.4 Αντίστροφος κύκλος αεριοστροβίλων**

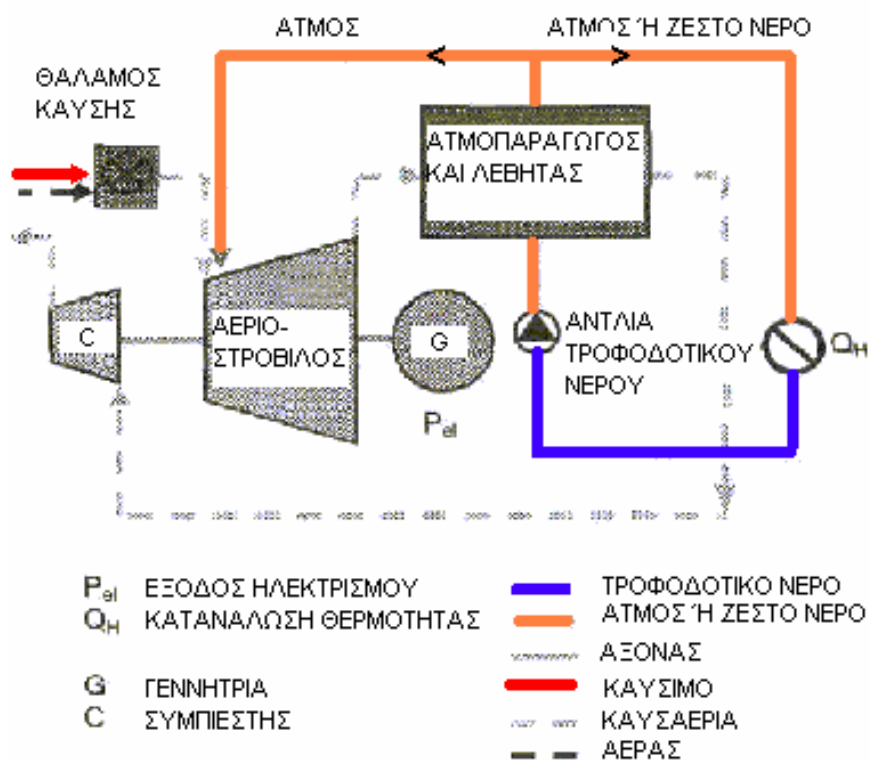
Στο συμβατικό κύκλο αεριοστροβίλου ο αέρας συμπιέζεται, τα καύσιμα τροφοδοτούνται και καίγονται και το καυσαέριο εκτονώνεται έπειτα από την υψηλή πίεση σε ατμοσφαιρική πίεση στο στρόβιλο. Στον αντίστροφο κύκλο αεριοστροβίλου η ατμοσφαιρική καύση πραγματοποιείται, το καυσαέριο εκτονώνεται από την ατμοσφαιρική πίεση σε μια πίεση κάτω από την ατμοσφαιρική στο στρόβιλο και συμπιέζεται αργότερα και πάλι στην ατμοσφαιρική πίεση σε έναν συμπιεστή. Το πλεονέκτημα αυτού του κύκλου βρίσκεται στην ατμοσφαιρική καύση που αποφεύγει την ακριβή και δύσκολη τροφοδοσία καυσίμων στο δοχείο πίεσης εάν χρησιμοποιείται η βιομάζα.

Η θερμότητα που περιλαμβάνεται στο καυσαέριο μετά τη διέλευση του από το στρόβιλο χρησιμοποιείται για την παραγωγή ατμού ή θερμού νερού και είναι έτσι διαθέσιμη για άλλους καταναλωτές θερμότητας. Συγχρόνως η ψύξη του καυσαερίου

μειώνει το έργο συμπίεσης. Το καυσαέριο θερμαίνεται κατά τη διάρκεια της συμπίεσης και αυτή η θερμότητα μπορεί περαιτέρω να χρησιμοποιηθεί για την προθέρμανση του αέρα προτού να εισαχθεί στον θάλαμο καύσης, προκειμένου να αυξηθούν η ηλεκτρική παραγωγή και η απόδοση που είναι δυνατόν να παράγει ατμό με τη βοήθεια του καυσαερίου του στροβίλου. Αυτός ο ατμός τροφοδοτεί πάλι το στρόβιλο ο οποίος συμβαίνει φυσικά με κατανάλωση της παραγόμενης θερμότητας.

Ως μια άλλη επιλογή έχει εξεταστεί ένας συνδυασμένος κύκλος ατμού και αερίου με ατμοστρόβιλο κατερχόμενη ροής που οδηγεί σε αυξημένη παραγωγή και απόδοσης σε ηλεκτρική ενέργεια.

Η οργάνωση μιας εγκατάστασης με αντίστροφο κύκλο αεριοστροβίλου φαίνεται παρακάτω.



**Σχήμα :** Αντίστροφος κύκλος αεριοστροβίλου με διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας

Ο αντίστροφος κύκλος αεριοστροβίλου βρίσκει εφαρμογή στην παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος και θερμότητας από βιομάζα. Ενδείκνυται για τη βιομάζα ως καύσιμο.

Πλεονεκτεί στο ότι έχει καλή ηλεκτρική απόδοση δε δημιουργεί μεγάλη πίεση και μπορούν να χρησιμοποιηθούν συγκεκριμένα εξαρτήματα. Τέλος μπορεί να χρησιμοποιηθεί και υγρή βιομάζα. Φυσικά παρουσιάζει και κάποια μειονεκτήματα. Η τεχνολογία δε είναι ακόμα ώριμη, έχει πολύπλοκη εγκατάσταση και υψηλά ειδικά κόστη εγκατάστασης επειδή οι μηχανές τούρμπο είναι πολύ μεγάλες λόγω της λειτουργίας εν κενώ. Επίσης ο καθορισμός των καυσαερίων με τη βοήθεια κυκλώνα είναι απαραίτητος πριν μπουν στον αεριοστρόβιλο.

Στον παρακάτω πίνακα περιγράφονται κάποια στοιχεία από εγκαταστάσεις που λειτουργούν μέσα σε συγκεκριμένα όρια απόδοσης.

**Πίνακας :** Στοιχεία σχετικά με ένα αντίστροφο κύκλο αεριοστρόβιλου

<b>Μέγεθος εγκατάστασης 500-1500kw</b>	<b>Μονάδα</b>	<b>Τιμή</b>
Κόστος επένδυσης	ευρώ/kw	3.600 €
Κόστος συντήρησης	ευρώ/kw	άγνωστο
Ηλεκτρική απόδοση	%	έως 22
Συνολική απόδοση	%	έως 75
Εκπομπές(Nοχ)	Mg/Nm <sup>3</sup>	δεν υπάρχουν στοιχεία

Η κατάσταση λειτουργίας έχει ως εξής: Μέση παραγωγή (1 Mw και μεγαλύτερη), θερμοκρασία εισόδου στρόβιλου 600-800°C, χαμηλή πίεση 0,3-0,39 bar

Ενώ ο έλεγχος πραγματοποιείται ως εξής:

- Λόγω της πιθανής έγχυσης ατμού στο στρόβιλο είναι δυνατή μια μετατόπιση μεταξύ της παραγωγής θερμότητας και ισχύος.
- Μια άλλη πιθανότητα είναι να ποικίλει η ποσότητα καυσίμου που καίγεται στο θάλαμο καύσης.

Από οικολογική άποψη, δεδομένου ότι αυτή η διεργασία πρόκειται να λειτουργήσει με βιομάζα υπάρχουν επίσης χαμηλές εκπομπές που έχουν σχέση με την καύση βιομάζας. Η βιομάζα έχει χαμηλές εκπομπές CO<sub>2</sub> και έτσι δε συμβάλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

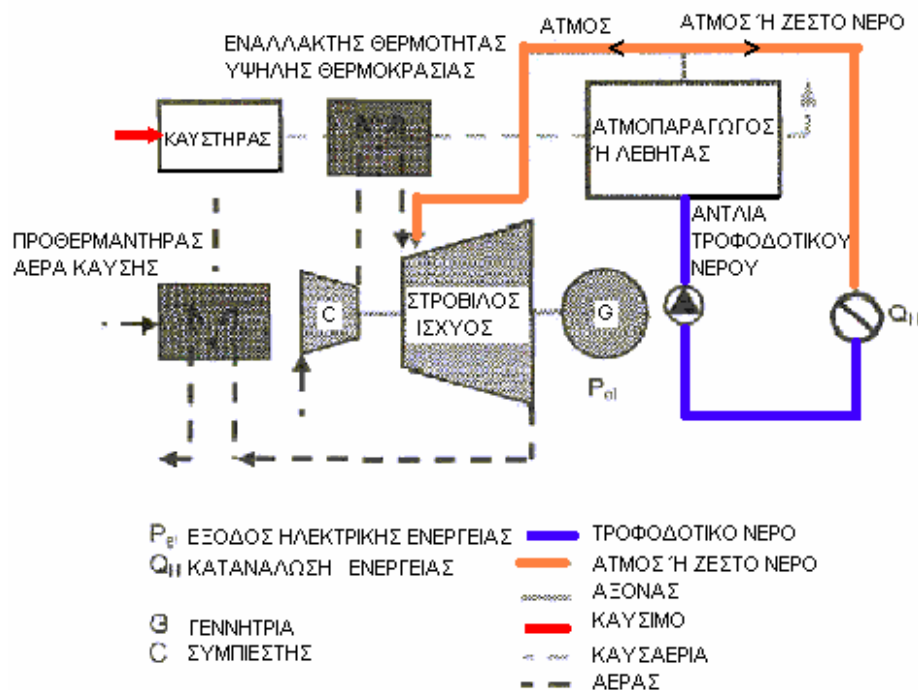
Η έννοια της συμπαραγωγής με τον αντίστροφο κύκλο αεριοστρόβιλου αναπτύχθηκε στο ίδρυμα για τις θερμικές τουρμπομηχανές και τη δυναμική των μηχανών του πανεπιστημίου τεχνολογίας του Graz. Σε μια μελέτη που έγινε υπό την αιγίδα της επαρχίας Styria έχουν επεξεργασθεί οι δαπάνες τέτοιων εγκαταστάσεων και οι δυνατότητες για την κατασκευή πειραματικών εγκαταστάσεων.

### **3.6.5 Κύκλος στρόβιλων θερμού αέρα**

Στο συμβατικό κύκλο αεριοστρόβιλου το καυσαέριο εκτονώνεται στον στρόβιλο. Στον έμμεσο αεριοστρόβιλο ο κύκλος αντί του καυσαερίου ο αέρας εκτονώνεται στον στρόβιλο και η θερμότητα διαβιβάζεται από το καυσαέριο στον αέρα διεργασίας σε έναν εναλλάκτη θερμότητας. Οποιοσδήποτε τύπος καυσίμου μπορεί να καεί ατμοσφαιρικά σε έναν λέβητα. Σε έναν εναλλάκτη θερμότητας υψηλής θερμοκρασίας το καυσαέριο εκπέμπει θερμότητα στο συμπιεσμένο αέρα διεργασίας. Ο θερμός εργαζόμενος αέρας ρέει στο στρόβιλο και εκτελεί μηχανικό έργο. Ο αέρας διαφυγής που εκτονώνεται περνάει σε έναν προθερμαντή αέρα προθερμαίνοντας τον αέρα καύσης. Η υπόλοιπη θερμότητα που περιλαμβάνεται στο καυσαέριο αφού έχει περάσει από τον προθερμαντή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή του ατμού ή του θερμού νερού και είναι έτσι διαθέσιμη σε άλλους καταναλωτές θερμότητας.

Μια άλλη δυνατότητα είναι έγχυση ατμού στο στρόβιλο. Σε αυτήν τη διεργασία μέρος του παραγόμενου ατμού εγχέεται στο στρόβιλο ισχύος προκειμένου να αυξηθεί η ηλεκτρική παραγωγή και να μειωθεί η παραγωγή θερμότητας.

Η οργάνωση των εγκαταστάσεων συμπαραγωγής με τον έμμεσο κύκλο αεριοστροβίλων φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



**Σχήμα :** Εγκαταστάσεις ΣΗΘ με τον κύκλο στροβίλων θερμού αέρα

Ο κύκλος αεριοστροβίλου θερμού αέρα εφαρμόζεται στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας ξεκινώντας περίπου από τα 400KW. Τα καύσιμα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι η βιομάζα, ο άνθρακας, το πετρέλαιο αλλά και κάθε καύσιμο. Ο κύκλος πλεονεκτεί σε ηλεκτρική απόδοση. Αντίθετα μειονεκτεί στο ότι η τεχνολογία δεν είναι ακόμα ώριμη, η εγκατάσταση είναι πολύπλοκη, υπάρχουν μεγάλες θερμικές καταπονήσεις στον εναλλάκτη θερμότητας ο οποίος είναι ακριβός.

**Πίνακας:** Στοιχεία ενός έμμεσου κύκλου αεριοστροβίλου

<b>Μέγεθος εγκατάστασης 250-500kw</b>	<b>Μονάδα</b>	<b>Τιμή</b>
Κόστος επένδυσης	ευρώ/kw	3.900 €
Κόστος συντήρησης	ευρώ/kw	άγνωστο
Ηλεκτρική απόδοση	%	έως 30
Συνολική απόδοση	%	80%
Εκπομπές(Nox)	Mg/Nm <sup>3</sup>	εξαρτάται από το καύσιμο

Η λειτουργία εκτελείται υπό τους παρακάτω όρους: Μέση παραγωγή (1 MW και υψηλότερη). Εσωτερική θερμοκρασία στροβίλου 800-1000°C. Εσωτερική πίεση στροβίλου 10 bar.

Ο έλεγχος πραγματοποιείται με δύο τρόπους:

- Λόγω της πιθανής έγχυσης ατμού στον στρόβιλο η ηλεκτρική παραγωγή μπορεί να αυξηθεί ενώ η χρήσιμη θερμότητα που απελευθερώνεται μειώνεται.
- Ο έλεγχος μπορεί επίσης να επιτευχθεί μέσω της παραλλαγής της ποσότητας καυσίμου που καίγεται στον εξοπλισμό καύσης. Ακόμα είναι σημαντικό ότι τα επιτρεπόμενα όρια θερμοκρασίας των εναλλακτών θερμότητας δεν ξεπερνιούνται.

Τα μέρη των εναλλακτών θερμότητας μέσα από τα οποία περνά το καυσαέριο πρέπει να είναι συνεχώς καθαρισμένα που συνήθως γίνεται αυτόματα. Εκτός από αυτό τα μέρη που δέχονται υψηλή θερμική καταπόνηση πρέπει να ελέγχονται τακτικά για ρωγμές λόγω πίεσης.

Από οικολογική άποψη ο αντίκτυπος εξαρτάται συνήθως από τον τύπο καυσίμων που χρησιμοποιούνται.

Προς το παρόν εγκαταστάσεις δοκιμής στο ελεύθερο πανεπιστήμιο των Βρυξελλών οργανώνονται με καύσιμο τη βιομάζα. Προκειμένου να αποφευχθούν τα προβλήματα που προκαλούνται από την μεταβαλλόμενη περιεκτικότητα της βιομάζας σε υγρασία,

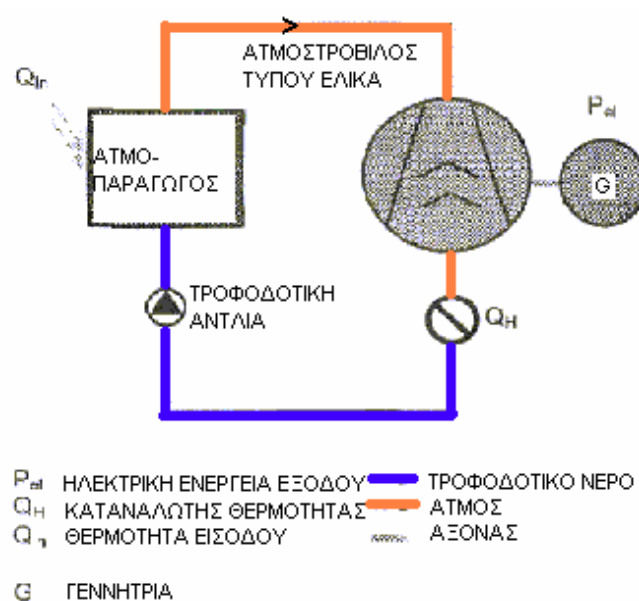


χρησιμοποιείται μόνο ως βασικό καύσιμο. Η επιθυμητή τελική θερμοκρασία επιτυγχάνεται μέσω ενός βοηθητικού εξοπλισμού καύσης.

### 3.6.6 Διεργασία ατμομηχανής τύπου έλικα

Η διεργασία ατμομηχανής τύπου έλικα είναι διαφορετική από τον συμβατικό κύκλο ατμοστροβίλου ή τη διεργασία ατμομηχανών επειδή μια ατμομηχανή τύπου έλικα χρησιμοποιείται για την επέκταση ατμού. Το καυσαέριο ως αποτέλεσμα της καύσης παράγει τον ατμό μέσα στον λέβητα. Ο ατμός εισέρχεται στην ατμομηχανή τύπου έλικα όπου εκτονώνεται. Λόγω αυτού ο ατμός εκτελεί μηχανικό έργο το οποίο μετατρέπεται σε ισχύ από τη γεννήτρια. Στον επόμενο συμπυκνωτή η αποκτηθείσα θερμότητα συμπύκνωσης χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία της περιοχής με απ' ευθείας θερμότητας ή θερμότητα διεργασίας. Με τη βοήθεια μιας αντλίας τροφοδοτικού νερού, το νερό φτάνει έπειτα στην πίεση λειτουργίας και τροφοδοτεί τον λέβητα, κλείνοντας κατά συνέπεια τον κύκλο.

Η οργάνωση εγκαταστάσεων συμπαραγωγής με ατμομηχανή τύπου έλικα απεικονίζεται στο επόμενο σχήμα.



Σχήμα : Διάγραμμα εγκαταστάσεων ΣΗΘ με ατμομηχανή τύπου έλικα

Μια ατμομηχανή τύπου έλικα αποτελείται από δύο σπειροειδείς στροφέις εμπλοκής. Ο χώρος εργασίας μεταξύ των δύο σπειροειδών στροφέων αλλάζουν περιοδικά. Η εισαγωγή είναι ανοικτή. Ο ατμός εισάγεται στο χώρο εργασίας, η είσοδος κλείνει λόγω της συνεχούς μετακίνησης των στροφέων και ο ατμός αρχίζει να εκτονώνεται. Οι δύο στροφέις οδηγούνται με αυτή τη διεργασία επέκτασης. Αυτό το μηχανικό έργο μετατρέπεται αργότερα σε ισχύ από τη γεννήτρια.

### Γενικές πληροφορίες για ατμομηχανή τύπου έλικα

Η ατμομηχανή τύπου έλικα εφαρμόζεται για αποκεντρωμένη παραγωγή ηλεκτρικής ισχύς και θερμότητας για χαμηλή και μέση παραγωγή (20-2000 KW).

Τα πιθανά καύσιμα που χρησιμοποιούνται για την συμπαραγωγή είναι η βιομάζα , ο άνθρακας , το πετρέλαιο αλλά και κάθε καύσιμο. Η ατμομηχανή αυτή έχει καλή συμπεριφορά σε μερικό φορτίο, μπορεί να χρησιμοποιήσει υγρό ατμό και έχει χαμηλές δαπάνες συντήρησης .

Στον παρακάτω πίνακα περιγράφονται μερικά δεδομένα από μια εγκατάσταση μέσα σε συγκεκριμένα όρια απόδοσης.

**Πίνακας :** Στοιχεία μιας διεργασίας ατμομηχανής τύπου έλικα

Μέγεθος εγκατάστασης 500-700kw	Μονάδα	Τιμή
Κόστος επένδυσης	ευρώ/kw	1.600 €
Κόστος συντήρησης	ευρώ/kw	άγνωστο
Ηλεκτρική απόδοση	%	έως 30
Συνολική απόδοση	%	80%
Εκπομπές(Nοx)	Mg/Nm <sup>3</sup>	εξαρτάται από το καύσιμο

### **Υπάρχουν δύο τύποι ατμομηχανής τύπου έλικα:**

Της συνεχούς διαβροχής και της συνεχούς ξηρασίας. Στη μηχανή συνεχούς διαβροχής το έλαιο εγγέεται στο χώρο εργασίας για λόγους λίπανσης. Αργότερα αυτό το έλαιο πρέπει να φιλτραριστεί πάλι από τον κύκλο.

Οι μηχανές συνεχούς ξηρασίας επιτυγχάνουν μια ανέπαφη μετακίνηση λόγω ενός ειδικού γραναζιού συγχρονισμού ταχυτήτων οχήματος και επομένως δεν είναι απαραίτητη η λίπανση. Ακόμα, η διαρροή μεταξύ των βιδών και του περιβλήματος μηχανών είναι μεγαλύτερη από μια μηχανή που έχει λιπανθεί και έτσι η απώλεια διαρροής είναι μεγαλύτερη. Ο έλεγχος μπορεί να επιτευχθεί με τη ρύθμιση της ροής του ατμού στην είσοδο του χώρου εργασίας. Κατά συνέπεια η πίεση και η ηλεκτρική παραγωγή στην έξοδο μειώνονται. Η ατμομηχανή τύπου έλικα μπορεί να χρησιμοποιηθεί με υπέρθερμο ατμό, κορεσμένο καθώς επίσης και με υγρό.

Η ατμομηχανή τύπου έλικα έχει πολύ χαμηλές απαιτήσεις σε συντήρηση. Το έλαιο στον σχεδιασμό που έγινε για λίπανση με έλαιο πρέπει να ελέγχεται τακτικά προκειμένου να αποφευχθεί πιθανή ζημιά. Οι δαπάνες συντήρησης ανέρχονται σε περίπου τρεις ώρες την εβδομάδα. Μετά από περίπου πέντε έτη πρέπει να γίνει μια πιο εκτενής επανεξέταση. Το έλαιο της ατμομηχανής τύπου έλικα, συνεχούς διαβροχής μπορεί να καεί στον εξοπλισμό καύσης ή πρέπει να απομακρυνθεί χωριστά. Κατά τη διάρκεια της διεργασίας εξάτμισης του νερού τα άλατα που περιλαμβάνονται στο νερό παραμένουν στο λέβητα. Προκειμένου να αποφευχθεί η υψηλή αλατότητα το νερό αφαλατώνεται συνεχώς (1-5% από το νερό που κυκλοφορεί). Επιπλέον είναι απαραίτητο να απομακρύνουμε τη λάσπη που προέρχεται από το υπόλειμμα αλάτων στο νερό.

Σε σύγκριση με την ατμομηχανή η στήριξη που απαιτείται για την ατμομηχανή τύπου έλικα δεν είναι απαραίτητο να είναι τόσο ισχυρή επειδή οι δονήσεις προκαλούμενες από τις περιστροφικές κινήσεις δεν είναι τόσο ισχυρές όσο αυτές που προκαλούνται από

τις ομογενείς κινήσεις. Δεδομένου ότι οι ατμομηχανές τύπου έλικα με 90 dbA είναι αρκετά θορυβώδεις απαιτείται ικανοποιητική ακουστική μόνωση όταν χρησιμοποιείται στις κατοικημένες περιοχές.

Οι μηχανές τύπου έλικα χρησιμοποιούνται συνήθως ως συμπιεστές. Όταν χρησιμοποιούνται ως μηχανές γίνεται χρήση μιας επίσης δοκιμασμένης τεχνολογίας. Οι τάσεις κινούνται προς τις μηχανές συνεχούς ξηρασίας επειδή τα προβλήματα ελαίου μπορούν να αποφευχθούν και έτσι οι δαπάνες συντήρησης μειώνονται.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:ΚΟΣΤΟΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΣΤΑΘΜΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕ ΒΙΟΜΑΖΑ

## 4.1 Η γενική αντίληψη για το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε.

Υπάρχει η γενική αντίληψη ότι το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι πάντοτε υψηλότερο από το κόστος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ορυκτές πηγές καυσίμων. Αυτό ισχύει σε πολλά σημεία όχι όμως σε όλα. Στις αγροτικές περιοχές της Ινδίας όπου στις περισσότερες από αυτές τις περιοχές συχνά η μόνη πηγή ενέργειας είναι η γεννήτριες diesel το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα gasifier με βάση τα φυτά είναι σημαντικά μικρότερο.

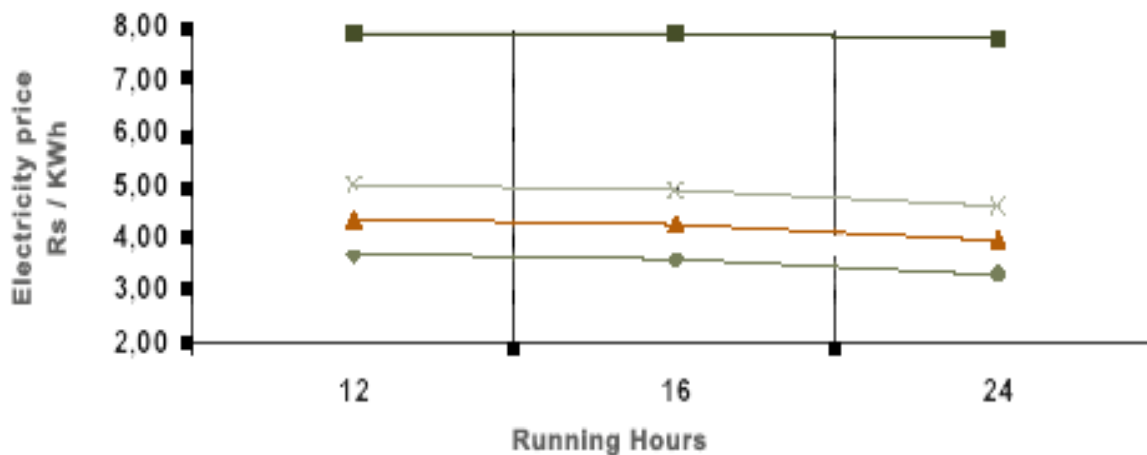
Επιχείρηση που χρησιμοποιεί και τα δύο καύσιμα (το 20% είναι από ντίζελ), έχει χαμηλό κόστος παραγωγής με υψηλή απόδοση σε ώρες με αυξημένη ζήτηση. Η εξοικονόμηση είναι ακόμη μεγαλύτερη όταν γίνεται χρήση καθαρών κινητήρων αερίου.

## 4.2 Κόστος παραγωγής για 50kw ενός σταθμού.

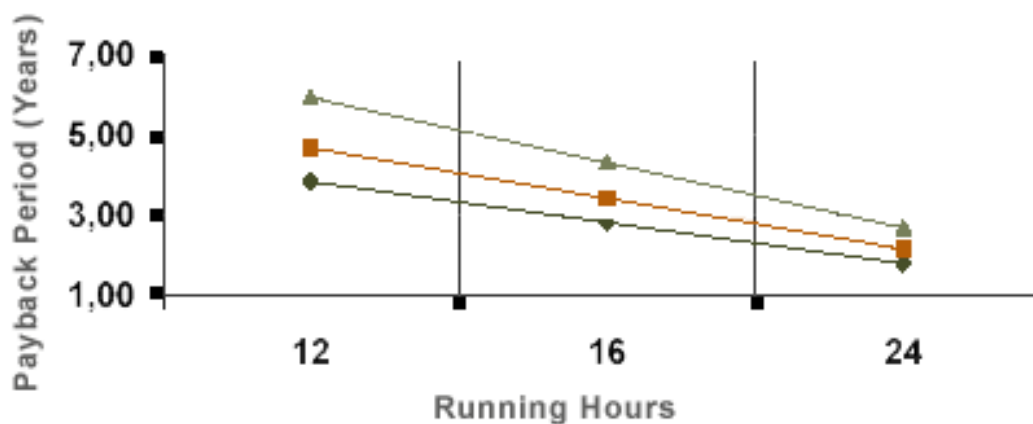
Τα παρακάτω διαγράμματα δείχνουν το κόστος παραγωγής για το τυπικό 50KW .  
Οικονομικά της αεριοποίησης Βιομάζας power plan(55kwe σε λειτουργία pure gas)  
Το κόστος κεφαλαίου περιλαμβάνει όλο τον εξοπλισμό, την ανέγερση και σχέδιο ανάπτυξης. Δεν περιλαμβάνεται το κόστος της γης και πλέγματος σύνδεσης , εάν υπάρχει.

6.	Gasifier βαθμολογία (σε όλη τη βιομάζα)	kg/h	65
7.	Στροφές του κινητήρα σε καθαρή κατάσταση ντίζελ	KVA	110

8.	Στροφές του κινητήρα σε λειτουργία καύσιμο φυσικό αέριο	kw	55
9.	Πρωτεύουσα του κόστους των φυτών(μετά την επιδότηση)	Rs.Lakhs	13,5
10.	Equity	%	70
11.	Μέρισμα επί μετοχών	%	10
12.	Δάνειο	%	30
13.	Επιτόκιο	%	13
14.	Περίοδος αποπληρωμής	χρόνος	10
15.	Μέσος load	kwe	40
16.	Ντίτζελ τιμή	Rs./lt.	22,00
17.	Συνολική εξοικονόμηση CO2	Τόνου/έτος	125με250



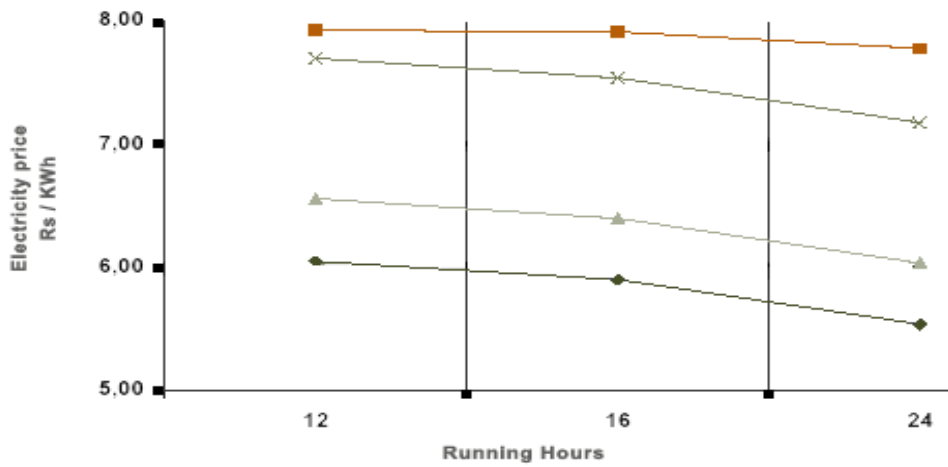
Pure diesel	Pure Αέριο: βιομάζα 1100
Pure Αέριο: βιομάζα 1500Rs/t	Pure Αέριο: βιομάζα 700 Rs/



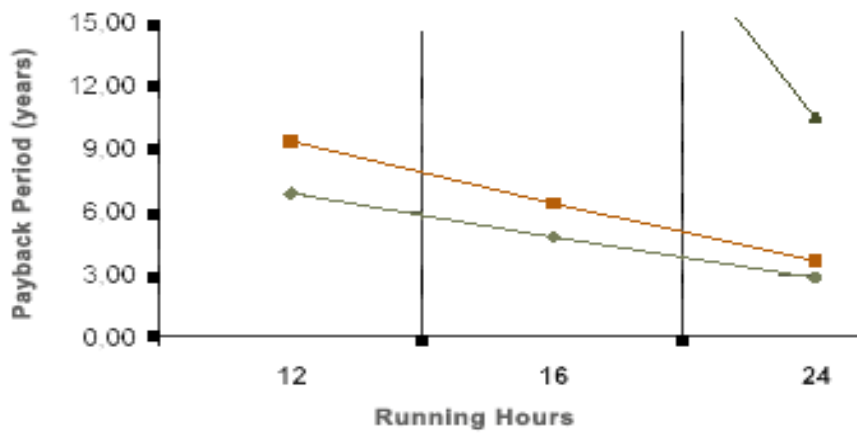
Καθαρό αέριο:βιομάζα Rs.700/Tonne	<b>Καθαρούαερίου.βιομάζα Rs,110/Tonne</b>
Καθαρό αέριο:βιοαέριο Rs.1500/Tonne	

Το κόστος κεφαλαίου περιλαμβάνει όλο τον εξοπλισμό, την ανέγερση και το σχέδιο ανάπτυξης .Δεν περιλαμβάνεται το κόστος της γης και πλέγματος σύνδεσης, εάν υπάρχει.

- Gasifier βαθμολογία (σε όλη τη βιομάζα) Kg/h 65
- Στροφές του κινητήρα σε καθαρή κατάσταση ντίζελ KVA 82,5
- Στροφές του κινητήρα σε διπλή λειτουργία καυσίμων Kw 50
- Κύριο κόστος φυτών (μετά την επιδότηση) Rs.Lakhs 16,3
- Equity πελάτη % 70
- Μέρισμα επί μετοχών % 10
- Δάνειο % 30
- Επιτόκιο % 13
- Περίοδος αποπληρωμής χρόνος 10
- Μέσο φορτίο kWe 40
- Ντίζελ τιμή Rs./Lt. 22,00
- Συνολική εξοικονόμηση co2 Τόνου/έτος 90:170



Διπλό καύσιμο:βιομάζα 700Rs/t	Pure diesel
Διπλό καύσιμο: βιομάζα 1500Rs/t	Διπλό καύσιμο:βιομάζα 1100Rs/t



Διπλό καύσιμο:βιομάζα Rs1500/Tonne	Διπλό καύσιμο: βιομάζα Rs 100/Tonne
Διπλό καύσιμο:βιομάζα Rs700/Tonne	



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ**

Οι ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας καλούνται να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στο συνεχώς μεταβαλλόμενο γεωπολιτικό χάρτη της ενέργειας. Η βιομάζα έχει αναγνωρισθεί ως μια από τις πιο σημαντικές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, κυρίως λόγω των πολλαπλών πλεονεκτημάτων που απορρέουν τόσο από την παραγωγή αλλά και από την αξιοποίηση της για ενέργεια και άλλα προϊόντα. Η ιδιαίτερη σημασία που αποδίδεται σε αυτή αντανακλάται στα επίσημα έγγραφα της ευρωπαϊκής και παγκόσμιας ενεργειακής πολιτικής(Λευκή βίβλος,com(1997)/599,Πράσινη βίβλος com (2000)/769, Οδηγία για ηλεκτροπαραγωγή από Α.Π.Ε. 2001/77EC, Συμφωνία για το Πρωτόκολλο του Κιότο(UNFCC Kyoto Protocol), Οδηγία για βιοκαύσιμα 2003/30/EC, Οδηγία για τις εκπομπές αερίων ρύπων του θερμοκηπίου 2003/87/EC).

### **5.1 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 CO<sub>2</sub> κατά 8% σε σύγκριση με το 1990, κατά το διάστημα 2008-2012. Επιπλέον, στόχος για την Ε.Ε είναι ο διπλασιασμός του ποσοστού Α.Π.Ε 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 Α.Π.Ε.

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 (10.000MWh 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 Α.Π.Ε 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 Α.Π.Ε (στόχος το 12% της συνολικής εγχώριας ενεργειακής παραγωγής έως το 2010, διαφοροποιημένες πολιτικές ανά είδος Α.Π.Ε, οικονομικές ή φορολογικές ελαφρύνσεις για την προώθηση των Α.Π.Ε).

Οι **Οδηγίες** περιλαμβάνουν

**18.** Την προώθηση της συμπαραγωγής ενέργειας βάσει της ζήτησης για χρήσιμη θερμότητα στην εσωτερική αγορά ενέργειας (Οδηγία 2004/8/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 11ης Φεβρουαρίου 2004),

**19.** Τη θέσπιση συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου εντός της Κοινότητας και την τροποποίηση της οδηγίας 96/61/ΕΚ του Συμβουλίου, (Οδηγία 2003/87/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 13ης Οκτωβρίου 2003),

**20.** Την αναδιάρθρωση του κοινοτικού πλαισίου φορολογίας των ενεργειακών προϊόντων και της ηλεκτρικής ενέργειας (Οδηγία 2003/96/ΕΚ του Συμβουλίου, της 27ης Οκτωβρίου 2003),

**21.** Κοινούς κανόνες για την εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας ( Οδηγία 2003/54/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 26ης Ιουνίου 2003),

**22.** Την προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για τις μεταφορές (Οδηγία 2003/30/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 8ης Μαΐου 2003),

**23.** Τον περιορισμό των εκπομπών στην ατμόσφαιρα ορισμένων ρύπων (Οδηγία 2001/80/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2001),

**24.** Και την πρόκριση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας (Οδηγία 2001/77/ΕΚ 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 2 σε μία 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 Α.Π.Ε (προϋπολογισμός 487 εκατομμύρια Ευρώ). Πιο πρόσφατα προγράμματα στήριξης είναι το Έκτο πλαίσιο στήριξης (για τα έτη 2003-2006) και το πρόγραμμα SYNERGY.

Τέλος ευρωπαϊκοί οργανισμοί που σχετίζονται με τις Α.Π.Ε και ειδικότερα με την βιομάζα είναι υπεύθυνοι για την ανάπτυξη τους και συντελούν στην προώθησή της.

### **5.1.1 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 600.00ktoe/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 Α.Π.Ε και της βιοενέργειας στο σύνολο της ενδοχώρας. Πρόκειται για ενδεικτικά ποσοστά που σχετίζονται με την βιοενέργεια μόνον, σύμφωνα με στοιχεία της Ε.Ε για το 2001.

κατηγορίες-ομάδες-είδη	2004	2005			Σύνολο
		πεδινά	ημιορεινά	ορεινά	
Συνολική γεωργική γη της χώρας	38,176	20,959	10,102	6,527	37,588
Σύνολο καλλιεργούμενων εκτάσεων και αγραναπαύσεων	38,578	21,216	10,200	6,601	38,017
Από αυτές:					
Αροτραίες καλλιέργειες	21,564	14,077	4,815	2,415	21,307
Κηπευτική γη	1,163	738	252	132	1,122
Δενδρώδεις καλλιέργειες	10,029	4,347	3,313	2,387	10,047
Άμπελοι-Σταφιδάμπελοι	1,320	578	382	311	1,271
Αγρανάπαυση 1-5 ετών	4,501	1,475	1,438	1,355	4,268
Ειδικότερα:					
Σιτηρά για καρπό	12,762	8,131	3,192	1,320	12,643
Βρώσιμα όσπρια	154	62	33	57	152
Βιομηχανικά φυτά	4,770	3,914	614	131	4,659
Αρωματικά φυτά	13	6	6	2	14
Κτηνοτροφικά φυτά	3,139	1,508	832	805	3,145
Πεπονοειδή-Πατάτες	727	456	139	101	696
Λαχανικά	1,166	739	250	129	1,118
Εμπορικοί Ανθότοποι-Θερμοκήπια	53	30	18	8	56

Πηγή: Εθνική Στατιστική Υπηρεσία, Επίσημα αποτελέσματα 2004,2005

## 5.2 Το δυναμικό βιομάζας στην Ελλάδα

Η Ελλάδα, παραδοσιακά αποτελούσε μια χώρα κυρίως αγροκτηνοτροφική. Τόσο η γεωφυσική της θέση, όσο και τα διάφορα μικροκλίματα περιοχών ευνοούν ιδιαίτερα ένα πλήθος καλλιεργειών. Στους πίνακες παρακάτω πραγματοποιείται μια συνοπτική απεικόνιση τόσο των καλλιεργούμενων εκτάσεων ανά περιοχή, όσο και ανά καλλιεργούμενο είδος.

Πίνακας εκτάσεων καλλιεργειών σιτηρών για καρπό στην Ελλάδα αναλυτικά (σε χιλιάδες στρέμματα)

κατηγορίες - ομάδες - είδη	2004	2005			Σύνολο
		πεδινά	ημιορεινά	ορεινά	
Σιτηρά για καρπό	12,762	8,131	3,192	1,320	12,643
Σιτάρι μαλακό	1,313	572	427	214	1213
Σιτάρι σκληρό	7,213	4,884	1,758	585	7,227
Κριθάρι	980	438	311	194	943
Βρώμη	417	147	165	92	404
Σίκαλη	141	67	28	47	142
Αραβόσιτος	2,443	1,786	499	184	2,469
Ρύζι	241	229	2	0	231
Λοιπά σιτηρά	13	9	2	3	14

Πηγή: Εθνική Στατιστική Υπηρεσία, Επίσημα αποτελέσματα 2004,2005

Πίνακας εκτάσεων καλλιεργειών κτηνοτροφικών φυτών στην Ελλάδα αναλυτικά (σε χιλιάδες στέμματα)

κατηγορίες-ομάδες-είδη	2004	2005			Σύνολο
		πεδινά	ημιορεινά	ορεινά	
Κτηνοτροφικά φυτά	3,139	1,508	832	805	3,145
Για καρπό	114	65	28	22	115
Για σανό, χόρτο, ριζώματα	2,267	1,152	570	534	2,256
Για γρασίδια	757	290	234	250	774

Πηγή: Εθνική Στατιστική Υπηρεσία, Επίσημα αποτελέσματα 2004,2005

Όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα, το μεγαλύτερο μέρος της γεωργικής γης, βρίσκεται στην Μακεδονία. Εύκολα λοιπόν συμπεραίνουμε ότι, αντιστοίχως, τα περισσότερα γεωργικά υπολείμματα, αλλά και γενικότερα τα μεγαλύτερα αποθέματα βιομάζας προς αξιοποίηση, θα βρίσκονται στην περιοχή της Μακεδονίας.

Γεωγραφικό διαμέρισμα	Σύνολο καλλιεργειών και αγροανάπαυσης	Αροτραίες καλλιέργειες	Κηπευτική γη	Δενδρώδεις καλλιέργειες	Άμπελοι-Σταφιδάμπελοι	Αγροανάπαυση 1-5 ετών
Σύνολο Ελλάδος	38,017,090	21,307,898	1,121,215	10,047,857	1,271,736	4,268,384
Στερεά Ελλάδα και Εύβοια	5,857,515	2,971,833	264,362	1,582,694	169,226	869,400
Πελοπόννησος	6,610,927	1,854,824	252,685	2,935,090	479,176	1,089,152
Ιόνιοι νήσοι	795,488	160,921	20,167	455,706	60,353	98,341
Ήπειρος	1,155,506	580,388	32,065	363,427	7,783	171,843
Θεσσαλία	4,864,378	3,867,801	110,442	585,773	58,142	242,220
Μακεδονία	10,732,453	8,506,643	248,901	1,301,182	136,696	539,031
Θράκη	2,877,036	2,469,834	60,164	91,765	6,397	248,876
Νήσοι Αιγαίου	1,974,778	596,408	47,928	877,054	95,138	358,250
Κρήτη	3,149,009	299,246	84,501	1,855,166	258,825	651,271

Πηγή: Εθνική Στατιστική Υπηρεσία, Επίσημα αποτελέσματα 2004,2005

Στον επόμενο πίνακα μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι οι νομοί της Μακεδονίας με τις μεγαλύτερες καλλιεργούμενες εκτάσεις είναι η Θεσσαλονίκη, οι Σέρρες, το Κιλκίς, η Χαλκιδική και η Κοζάνη.

Η περιφέρεια της Δυτικής Μακεδονίας, με συνολικές αροτραίες καλλιέργειες που φτάνουν τα 2.291.749 στρέμματα, αποτελεί μια ελκυστική περιφέρεια, προκειμένου να αποτελέσει την αφετηρία για ένα τέτοιο εγχείρημα σύγχρονης και αποδοτικής αξιοποίησης της βιομάζας όπως την πελλετοποίηση της.

Πίνακας: Γεωργική γη καλλιέργειες ανά κατηγορίες και νόμο στη Μακεδονία και αγροανάπαυση (σε στρέμματα).

Γεωγραφικό διαμέρισμα και νομός	Σύνολο καλλιεργειών και αγροανάπαυσης	Αροτραίες καλλιέργειες	Κηπευτική γη	Δενδρώδεις καλλιέργειες	Άμπελοι	Αγροανάπαυση 1-5 ετών
Μακεδονία	10,732,453	8,506,643	248,901	1,301,182	136,696	539,031
Γρεβενών	465,961	366,921	2,477	16,658	3,071	76,834
Δράμας	570,907	518,342	8,997	11,746	6,625	25,197
Ημαθίας	674,262	365,259	26,424	246,702	8,126	27,751
Θεσσαλονίκης	1,537,652	1,357,776	52,888	46,504	16,259	64,225
Καβάλας	553,355	326,125	29,005	144,495	37,219	16,511
Καστοριάς	314,694	263,457	4,796	17,558	2,867	26,016
Κιλκίς	1,146,097	1,104,426	11,176	12,143	4,836	13,516
Κοζάνης	961,338	854,198	6,467	25,374	12,500	62,799
Πέλλης	921,840	539,946	47,142	314,130	8,026	12,596
Πιερίας	568,236	447,441	19,413	68,244	2,163	30,975
Σερρών	1,483,876	1,361,605	20,953	81,148	7,015	13,155
Φλωρίνης	549,756	477,473	3,322	18,585	9,229	41,147
Χαλκιδικής	984,479	523,674	15,841	297,895	18,760	128,309

Πηγή: Εθνική Στατιστική Υπηρεσία, Επίσημα αποτελέσματα 2004,2005

Στον επόμενο αναλυτικό πίνακα, μπορούμε να παρατηρήσουμε όλες τις καλλιεργούμενες εκτάσεις της περιφέρειας της Δυτικής Μακεδονίας ανά κατηγορία καλλιέργειας και περιοχή. Παρατηρούμε ότι στην Δυτική Μακεδονία ένα άλλο ενθαρρυντικό για τον σκοπό μας σημείο είναι η ύπαρξη ξεχωριστών καλλιεργειών για την παραγωγή ζωοτροφών σε αντίθεση με άλλα μέρη της Ελλάδας στα οποία λόγω της



έλλειψης μεγάλων καλλιεργήσιμων εκτάσεων, χρησιμοποιούν μεγάλο μέρος των άχρυν για ζωοτροφές. Αυτό έχει ως συνέπεια , πολύ μεγάλες ποσότητες αδιάθετης και αναξιοποίητης βιομάζας.

Νομοί Δυτικής Μακεδονίας	Σύνολο κτηνοτροφικών φυτών	προοριζόμενα για:		
		καρπό	σανό, χόρτο, ριζώματα	γρασίδια
Γρεβενά	26,207	4,573	19,697	1,937
Καστοριά	34,178	289	33,208	681
Κοζάνη	30,663	2,229	25,177	3,257
Φλώρινα	79,293	0	79,247	46
Σύνολο Δ.Μακεδονίας	170,341	7,091	157,329	5,921

Πηγή: Εθνική Στατιστική Υπηρεσία, Επίσημα αποτελέσματα 2004,2005

Εάν τώρα εστιάσουμε στις εκτάσεις που καλλιεργούνται για τα σιτηρά στην Δυτική Μακεδονία, θα παρατηρήσουμε ότι το 47% των καλλιεργειών (που προορίζονται για καρπό), βρίσκονται στον νομό Κοζάνης, ενώ το υπόλοιπο 53% βρίσκεται διασκορπισμένο στους υπόλοιπους 3 νομούς. Άρα η επικρατέστερη τοποθεσία για μια μονάδα πελλετοποίησης γεωργικών υπολειμμάτων είναι ο νομός Κοζάνης, χωρίς αυτό να αποκλείει την χρήση της αδιάθετης βιομάζας από όλη την περιφέρεια, ειδικά σε περιπτώσεις κακής καλλιεργητικής χρονιάς που οι διαθέσιμες ποσότητες του νομού μειωθούν δραστικά.

### 5.2.1 Ο ρόλος της βιομάζας στην Ελλάδα

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συνέβαλλαν συνολικά 1.403 ktoe 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) αποτελούσε 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 ήταν 4.145 Gwh το 2000 με μια συνολική εγκατεστημένη ισχύ 3.334MW. 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 την 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.

Το ποσοστά που αφορούν τη συνεισφορά όλων των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας στην Ελλάδα φαίνονται στο παραπάνω σχήμα όπου το 67,41% της συνολικής ενέργειας από ΑΠΕ, δηλαδή πάνω από το μισό παράγεται από βιομάζα.

### **5.3 Νομικό πλαίσιο για την προώθηση Σ.Η.Θ. και ΑΠΕ στην Ελλάδα**

Πρέπει να τονιστεί ότι ο κύριος στόχος στην Ελλάδα κατά τη διάρκεια της πρόσφατης περιόδου είναι η ενεργειακή ασφάλεια, που επιτυγχάνεται και μέσω της ανάπτυξης των εγχώριων πηγών ενέργειας και μέσω της διαφοροποίησης των προμηθειών. Οι σημαντικότεροι πολιτικοί στόχοι ήταν : εισαγωγή του φυσικού αερίου και της ενθάρρυνσης της ανάπτυξης της ανεξάρτητης παραγωγής ισχύος που βασίζεται μεταξύ των άλλων στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τη συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Σε εκείνο το πλαίσιο, διάφορα νομοθετικά μέτρα έχουν καθορίσει ένα πλαίσιο για τις επενδύσεις στη συμπαραγωγή και την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.

#### **5.3.1 Νόμος 2244/94**

Το σημαντικότερο κύριο σημείο για να καθορίσει λεπτομερώς ένα νομικό πλαίσιο για την συμπαραγωγή στην Ελλάδα ήταν ο νόμος 2244/94, με τον τίτλο “κανονισμός των ζητημάτων σχετικά με την ηλεκτρική παραγωγή από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και άλλα συμβατικά καύσιμα” που τέθηκαν σε ισχύ τον Οκτώβριο του 1994.

Αυτός ο νόμος διάκρινε τους αυτοπαραγωγούς και τους ανεξάρτητους παραγωγούς , ως εξής:

#### **Καθεστώς για τους αυτοπαραγωγούς**

Ο νόμος επέτρεψε την εγκατάσταση των εργοστασίων συμπαραγωγής από τους αυτοπαραγωγούς, αυτόνομα ή συνδεδεμένα με το δίκτυο της ΔΕΗ. Ο νόμος έδωσε επίσης

τον ορισμό της συμπαραγωγής, ως ταυτόχρονη παραγωγή ή ηλεκτρικής ενέργειας και θέρμανσης ή και ψύξης, όπου επιτρέπονται τρεις τύποι καυσίμων:

- Συμβατικά καύσιμα
- Ανάκτηση της θερμότητας που αποβάλλεται
- Μη τοξικά και περιβαλλοντικά ασφαλή υποπροϊόντα βιομηχανικών διεργασιών.

Για τα συμβατικά καύσιμα, η εγκατεστημένη ισχύς του εργοστασίου δεν μπορεί να υπερβαίνει το θερμικό ή ψυκτικό φορτίο του αυτοπαραγωγού. Στις δύο άλλες περιπτώσεις, δεν υπάρχει κανένα όριο στην ισχύ του εργοστασίου. Ο νόμος διευκρινίζει τη δομή του τιμολογίου κοινής ωφελείας για την ηλεκτρική ενέργεια που αγοράζεται ή που πωλείται από συμπαραγωγούς. Η δημόσια επιχείρηση ηλεκτρισμού (ΔΕΗ) υποχρεώθηκε από το νόμο να αγοράζει περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας όταν αυτή προέρχεται από συστήματα συμπαραγωγής. Αυτός ο νόμος απαγορεύει τους αυτοπαραγωγούς να πωλήσουν ηλεκτρική ενέργεια σε τρίτους. Η ΔΕΗ έχει μόνο το δικαίωμα να αγοράσει την περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας σε επίπεδο μιας συμφωνίας μεταξύ της ΔΕΗ και του αυτοπαραγωγού. Η πρόσθετη αξία στήριξης για αγορά ηλεκτρικής ενέργειας είναι βασισμένη στο τιμολόγιο πώλησης της ΔΕΗ και εκφράζεται ως ποσοστό της τιμής πώλησης της ΔΕΗ. Αυτό το ποσοστό κυμαίνεται μεταξύ 60% και 70% της τιμής πώλησης.

### **Καθεστώς για τους ανεξάρτητους παραγωγούς ισχύος.**

Ο νόμος επιτρέπει την εγκατάσταση συμπαραγωγής από ανεξάρτητους αυτοπαραγωγούς ισχύος που πωλούν ολόκληρη την παραγωγή τους και δεν έχουν καμία δική τους κατανάλωση. Η ΔΕΗ είναι ο μόνος αγοραστής σε αυτήν την περίπτωση και σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να αντιστραφεί αυτό. Το μόνο καύσιμο που επιτρέπεται για τους ανεξάρτητους παραγωγούς είναι το φυσικό αέριο και η ισχύς του εργοστασίου Σ.Η.Θ

δεν μπορεί να υπερβεί το ποσό των θερμικών φορτίων των επιχειρήσεων που τροφοδοτούνται με θερμότητα από τον ανεξάρτητο παραγωγό.

Το ενεργειακό κόστος της τιμής στην οποία οι ανεξάρτητοι παραγωγοί πωλούν την ηλεκτρική ενέργεια στη ΔΕΗ είναι 70% του υπάρχοντος τιμολογίου κοινής ωφελείας για χαμηλή -, μέση - ή υψηλή - ηλεκτρική τάση αντίστοιχα, ενώ η συνιστώσα της εγκατεστημένης ισχύος είναι ίση με 50% του αντίστοιχου τιμολογίου κοινής ωφελείας.

Η εγκατάσταση εργοστασίων συμπαραγωγής είναι βασισμένη σε μια συμφωνία μεταξύ της ΔΕΗ και της “κοινοπραξίας”. Μια “κοινοπραξία” μπορεί να αποτελείται από τον διαχειριστή του εργοστασίου, τους καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας που θα τροφοδοτηθούν από το εργοστάσιο, ή και άλλους επενδυτές στο εγχείρημα της επιχείρησης ή αυτούς που από κοινού τους ανήκει το εργοστάσιο. Η κοινοπραξία αναλαμβάνει να εφοδιάσει τη ΔΕΗ με ένα εγγυημένο ποσό ισχύος και οι εγκαταστάσεις έχουν την άδεια για να παρέχουν άλλα μέλη της κοινοπραξίας αλλά όχι σε συμβαλλόμενα μέρη εκτός από την κοινοπραξία. Η εγκατεστημένη ισχύς του εργοστασίου διευκρινίζεται στη συμφωνία αλλά απαιτείται ταξινόμηση των εγκαταστάσεων για να εξασφαλίσουν μια γενική ελάχιστη απόδοση της τάξης του 65%.

Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας που πωλείται στη ΔΕΗ καθορίζεται στη σύμβαση, αλλά πρέπει να απεικονίσει το κόστος των καυσίμων, και άλλα λειτουργικά έξοδα, και θα έχει και το ποσοστό του κόστους ενέργειας και εγκατεστημένης ισχύος. Πρέπει επίσης να αντανakλά τις κύριες δαπάνες των εγκαταστάσεων και να αποδίδει απόσβεση συν ένα εύλογο κέρδος για την κοινοπραξία. Σύμφωνα με ένα υπουργικό διάταγμα για ένα σύστημα που θεωρείται ως σύστημα Σ.Η.Θ., πρέπει να ικανοποιηθούν οι ακόλουθες απαιτήσεις όσον αφορά την αποδοτικότητα της:

- 1.** Η ονομαστική συνολική αποδοτικότητα του συστήματος πρέπει να είναι ίση με

τουλάχιστον 65%,

2. Η συνολική λειτουργούσα αποδοτικότητα που αναφέρεται σε μια περίοδο ενός μήνα πρέπει να είναι ίση με τουλάχιστον 60%.

### 5.3.2 Νόμος 2773/99

Ο νόμος για την ενέργεια **2773/99** που αντικατέστησε το νόμο 2244/94 εστίασε στο νομικό πλαίσιο για την άρση των ελέγχων αγοράς και άνοιξε την αγορά επίσημα, ως συμμόρφωση στην οδηγία 96/92 της Ε.Ε.. Η αγορά αποτελείται από περίπου 6500 επιλέξιμους καταναλωτές μέσης ή υψηλής τάσης, οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα να τροφοδοτούνται με ηλεκτρική ενέργεια και από άλλους παραγωγούς, σε συνδυασμό με τη ΔΕΗ. Με βάση αυτόν τον νόμο έχουν οργανωθεί η ανεξάρτητη ρυθμιστική αρχή ενέργειας Ρ.Α.Ε., και ο ανεξάρτητος διαχειριστής ελληνικού συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. Τα κύρια σημεία του νόμου 2773/99 που τέθηκαν σε ισχύ από 19.2.2001, όσον αφορά τη συμπαραγωγή είναι τα ακόλουθα:

- Όμοια με τις διατάξεις του νόμου 2244/94, η συμπαραγωγή επιτρέπεται στους αυτοπαραγωγούς και τους ανεξάρτητους παραγωγούς ισχύος.
- Δεν υπάρχει καμία σύνδεση μεταξύ του θερμικού φορτίου της επιχείρησης και του μεγέθους του εργοστασίου συμπαραγωγής, αλλά εάν η συμπαραγωγή δεν πραγματοποιείται αποκλειστικά από Α.Π.Ε., θα πρέπει η γενική ετήσια συνολική απόδοση των εγκαταστάσεων Σ.Η.Θ., να είναι τουλάχιστον 65%. Σε εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής, το ελάχιστο είναι 75%. Στην περίπτωση των αυτοπαραγωγών του τριτογενούς τομέα, η ελάχιστη γενική απόδοση πρέπει να είναι τουλάχιστον 60%.
- Ο διαχειριστής ελληνικού συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε.) είναι υποχρεωμένος να δώσει προτεραιότητα σχετικά με την κατανομή

φορτίων στις εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας συμπαραγωγής μέχρι 35MWe εάν χρησιμοποιούν συμβατικά καύσιμα. Δεν υπάρχει κανένα χρονικό όριο για αυτό το σύστημα.

- Το δικαίωμα προτεραιότητας για την περίσσεια ισχύος από συμπαραγωγή των αυτοπαραγωγών ισχύει για τις εγκαταστάσεις μέχρι 50 Mwe.
- Στα μη-διασυνδεδεμένα νησιά, η ΔΕΗ, ως διαχειριστής του δικτύου διανομής, είναι υποχρεωμένη να απορροφήσει την περίσσεια ισχύος από συμπαραγωγή των αυτοπαραγωγών.
- Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται με τη συμπαραγωγή από Α.Π.Ε., χρεώνεται κατά 90% της τιμής του παρόντος τιμολογίου με βάση την ενέργεια και 50% της τιμής του παρόντος τιμολογίου με βάση την ισχύ.
- Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τη συμπαραγωγή (συμβατικά καύσιμά) χρεώνεται κατά 70% της τιμής του παρόντος τιμολογίου για την ισχύ.
- Η περίσσεια της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται με συμπαραγωγή, από τους αυτοπαραγωγούς, χρεώνεται κατά 60% της τιμής του παρόντος τιμολογίου για την ενέργεια.

Ο νέος νόμος είναι ελαφρώς καλύτερος για τη συμπαραγωγή από τον προηγούμενο. Υπάρχουν τουλάχιστον δύο περιορισμοί στον παλαιό νόμο, οι οποίοι τώρα έχουν αφαιρεθεί : τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται για τη συμπαραγωγή, και η αναλογία θερμότητας ισχύος, η οποία έπρεπε προηγουμένως να μην είναι χαμηλότερη της μονάδας. Άντ' αυτού, απαιτείται μια ελάχιστη συνολική ετήσια απόδοση, η οποία είναι μια λογικότερη απαίτηση (οι τιμές είναι 65% για το βιομηχανικό τομέα και 60% για τον τριτογενή τομέα).

### **5.3.3 Οικονομικά κίνητρα- επιχειρησιακά προγράμματα**

Οι επενδυτές που επιθυμούν να αναπτύξουν τη συμπαραγωγή, αναζητούν τα κίνητρα που θα εξασφαλίσουν ότι η επένδυση τους θα προσφέρει ένα σταθερό εισόδημα, με μια ικανοποιητική αποπληρωμή. Επομένως ψάχνουν τους οικονομικούς μηχανισμούς για να αντισταθμίσουν ένα μέρος των κύριων δαπανών.

Σε αυτό το πλαίσιο, η χρηματοδότηση στις εγκαταστάσεις συμπαραγωγής έχει παρασχεθεί, στη δεκαετία του '90, υπό μορφή επιχορηγήσεων για τις επενδύσεις, μέσω των εθνικών και ευρωπαϊκών προγραμμάτων. Το μεγαλύτερο μερίδιο της κρατικής ενίσχυσης έχει προέλθει από το Υπουργείο Ανάπτυξης και τα επιχειρησιακά προγράμματα του:

#### **Επιχειρησιακό πρόγραμμα για την ενέργεια.**

Το επιχειρησιακό πρόγραμμα για την ενέργεια (Ε.Π.Ε.) του Υπουργείου Ανάπτυξης άρχισε να εφαρμόζεται τον Ιανουάριο του 1994 και παρέμεινε σε ισχύ μέχρι το τέλος 2001. Αυτό το πρόγραμμα παρείχε τις επιχορηγήσεις για τις επενδύσεις στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και την ορθολογική χρήση ενέργειας. Το πρόγραμμα είχε έναν συνολικό προϋπολογισμό 1,1 δισεκατομμυρίων € από τα οποία το 33,8% προήλθε από το κοινοτικό πλαίσιο στήριξης της ΕΕ (1ο και 2ο ), το 39,6% από τη δημόσια επιχείρηση ηλεκτρισμού (ΔΕΗ), το 21% από τις ιδιωτικές συνεισφορές και το 5,6% από κρατικές συνεισφορές. Τα ποσά επιχορηγήσεων ήταν μέχρι 45% για τις επενδύσεις ενεργειακής αποδοτικότητας (35% για τη συμπαραγωγή) και το 55% για την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ο προϋπολογισμός έχει χρησιμοποιηθεί για τα προγράμματα στις ακόλουθες πέντε κατηγορίες :

- Αύξηση της εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος (τρία προγράμματα της ΔΕΗ με έναν συνολικό προϋπολογισμό 561εκατομμύρια €).
- Προγράμματα ιδιωτικής επένδυσης για εξοικονόμηση ενέργειας και ανανεώσιμες



πηγές ενέργειας – συμπεριλαμβανόμενης και της Σ.Η.Θ.(332 επενδύσεις με έναν συνολικό προϋπολογισμό 477εκατομμύρια €).

- Ενίσχυση της ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας συμπεριλαμβανομένων των μελετών των μελετών για το ατομικό δυναμικό και προγράμματα επίδειξης, (23 επενδύσεις με έναν συνολικό προϋπολογισμό 20 εκατομμύρια €).
- Ενίσχυση της εκμετάλλευσης των εγχώριων πηγών ενέργειας συμπεριλαμβανομένου του λιγνίτη και της γεωθερμικής ενέργειας (48 επενδύσεις με έναν συνολικό προϋπολογισμό 24 εκατομμύρια €)
- Ανάπτυξη του εθνικού συστήματος πληροφοριών και άλλων προγραμμάτων για να υποστηριχθεί η ενεργειακή πολιτική (δέκα επενδύσεις με έναν συνολικό προϋπολογισμό 2,9 εκατομμύρια €).

Στα πλαίσια του Ε.Π.Ε., 22 νέα συστήματα συμπαραγωγής έχουν εγκριθεί για οικονομική ενίσχυση, με επιχορήγηση 35% της επένδυσης για τα συστήματα συμπαραγωγής με συμβατικά καύσιμα και 45% για συστήματα βιομάζας.

### **Επιχειρησιακό πρόγραμμα “ανταγωνιστικότητα”**

Η ελληνική ενεργειακή πολιτική εφαρμόζεται αυτήν την περίοδο μέσω του επιχειρησιακού προγράμματος ανταγωνιστικότητας στα πλαίσια του τρίτου Κ.Π.Σ.. Αυτό το επιχειρησιακό πρόγραμμα τονίζει την ανάγκη για την ελληνική οικονομία να κατευθύνει και να ενισχύσει την ανταγωνιστικότητα του σε ένα κλίμα σημαντικών οικονομικών και τεχνολογικών εξελίξεων. Το επιχειρησιακό πρόγραμμα για την ανταγωνιστικότητα είναι αρμοδιότητα του Υπουργείου Ανάπτυξης για την περίοδο από το 2000 έως το 2006 και η εφαρμογή του προγράμματος αφορά ολόκληρη τη χώρα. Το πρόγραμμα θα καλύψει, εκτός από την ενέργεια, τον τουρισμό, τη βιομηχανία, την έρευνα

και την τεχνολογία, τις Μ.Μ.Ε., και το εμπόριο. Τα συνολικά κεφάλαια για τον τομέα της ενέργειας, σε εκατομμύρια ευρώ, παρουσιάζονται στη συνέχεια, στον πίνακα:

#### **Συνολικός προϋπολογισμός του Ε.Π.Α.Ν.**

Συνολικός προϋπολογισμός	
Κεφάλαια της ΕΕ	1.997 εκατομμύρια ΕΥΡΩ
Δημόσιες (ελληνική κυβέρνηση) δαπάνες	1240 εκατομμύρια ΕΥΡΩ
Ιδιωτικές δαπάνες	3.175 εκατομμύρια ΕΥΡΩ

Οι προτεραιότητες του προγράμματος στον τομέα της ενέργειας είναι οι ακόλουθες:

- Ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού,
- Προώθηση της απελευθερωμένης αγοράς ενέργειας και της αιεφόρου ανάπτυξης της χώρας,
- Αύξηση του ποσοστού Α.Π.Ε., στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο,
- Βελτίωση του τρέχοντος επιπέδου διείσδυσης των Σ.Η.Θ., στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο,
- Αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας,
- Αύξηση της διείσδυσης φυσικού αερίου στο ενεργειακό σύστημα,
- Η συμβολή στην προστασία του περιβάλλοντος, ειδικά στα πλαίσια των διεθνών πρωτοκόλλων, πολιτικών και συμβάσεων που υπογράφηκαν από τη χώρα,
- Διαφοροποίηση πηγών και προέλευσης ενεργειακού εφοδιασμού,
- Υποστήριξη στην αιεφόρο ανάπτυξη σε τοπικό και εθνικό επίπεδο,
- Ενίσχυση της νέας απελευθερωμένης αγοράς ενέργειας και κάποιων ρυθμιστικών

και διοικητικών αρχών,

- Αποβολή των προβλημάτων ενεργειακής ανεπάρκειας στα νησιά, σε συνδυασμό με τις ελλείψεις και την επεξεργασία παροχής νερού,
- Περαιτέρω διείσδυση των προγραμμάτων οικονομικής ενίσχυσης στην αγορά ενέργειας, όπως το τρίτο κοινοτικό πλαίσιο στήριξης και το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα για την Ανταγωνιστικότητα και την Ενέργεια.

Το πρόγραμμα χρηματοδοτεί, με επιχορηγήσεις που αρχίζουν από 35% μέχρι 50%, καλά τεκμηριωμένες προτάσεις που προέρχονται από κρατικά ιδρύματα, ιδιωτικές επιχειρήσεις και επιχειρήσεις τοπικής αυτοδιοίκησης. Προσοχή δίνεται επίσης στα σχέδια υποδομής όπως η διασύνδεση του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας της ηπειρωτικής χώρας με το δίκτυο των νησιών, τη διασύνδεση των νησιών διαφορετικών δικτύων και την ενίσχυση του δικτύου μεταφοράς στα νησιά, για να ενισχύσει κυρίως τα έργα αιολικής και γεωθερμικής ενέργειας. Κάτω από αυτή την πρωτοβουλία οι επενδύσεις Σ.Η.Θ., έχουν δικαίωμα στις επιχορηγήσεις μέχρι 35% των συνολικών δαπανών. Ο ελάχιστος προϋπολογισμός των προγραμμάτων που μπορούν να επιλεγούν για να χρηματοδοτηθούν κάτω από αυτό το σχέδιο είναι 44.000 ευρώ.

Σε αυτό το πρόγραμμα, επιλέξιμες είναι οι εγκαταστάσεις Σ.Η.Θ, που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια:

- Από την αποκατάσταση θερμότητας των αποβλήτων.
- Από την εκμετάλλευση μη τοξικού και μη επικίνδυνου βιομηχανικού από τα προϊόντα.
- Σε συνδυασμό με την παραγωγή θερμικής ενέργειας και έχει διασφαλίσει την τροφοδοσία της παραχθείσας θερμικής ενέργειας για την κάλυψη των άμεσων θερμικών

και έμμεσων ψυκτικών φορτίων. Επιπλέον, εάν τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται δεν είναι αποκλειστικά από το Α.Π.Ε., η αναλογία μεταξύ της ηλεκτρικής ενέργειας και του θερμικού φορτίου της εγκατάστασης, και η εφαρμοσμένη τεχνολογία πρέπει να εγγυάται μια συνολική ετήσια αποδοτικότητα (βασισμένη στη ζήτηση ωφέλιμης θερμότητας) 65% και στην περίπτωση συνδυασμένου κύκλου αεροστροβίλου 75%, ιδιαίτερα για τους αυτοπαραγωγούς του τριτογενούς τομέα το ελάχιστο για την ετήσια αποδοτικότητα είναι 60%.

Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει το ποσοστό της κρατικής χρηματοδότησης σύμφωνα με την εφαρμοσμένη τεχνολογία. Όπως αναφέρεται, η κρατική χρηματοδότηση περιλαμβάνει δύο τμήματα: συμβολή από το Ευρωπαϊκό Ταμείο για την περιφερειακή ανάπτυξη και τα εθνικά κεφάλαια. Ο δεύτερος πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει τα επιλέξιμα ανώτερα όρια του προϋπολογισμού των προγραμμάτων για κάθε κατηγορία δαπανών.

Ποσοστά της δημόσιας συγχρηματοδότησης ανά τύπο επένδυσης.

<b>Επένδυση</b>	<b>%από τη δημόσια συγχρηματοδότηση(*)</b>
Εξοικονόμηση ενέργειας στις υπάρχουσες επιχειρήσεις	40.00%
Συμπαραγωγή	35.00%
Αντικατάσταση της ηλεκτρικής ενέργειας ή άλλων συμβατικών καυσίμων από το φυσικό αέριο και LPG στις υπάρχουσες επιχειρήσεις	30.00%

(\*) (στην περίπτωση που οι επενδύσεις αντιπροσωπεύουν τα νέα συστήματα. Εάν αναφέρονται στην απλή αντικατάσταση του υπάρχοντος εξοπλισμού, με το σύγχρονο κατόπιν το ποσοστό της συγχρηματοδότησης μειώνεται σύμφωνα με την ετήσια αποταμίευση)

Ανώτερα όρια των επιλέξιμων δαπανών ανά κατηγορία δαπανών.

A/A	Επιλέξιμες κατηγορίες δαπανών	Ανώτατο όριο
1	Κύριες δαπάνες παροχής, λογισμικού, υλικού μεταφορών και εγκαταστάσεων εξοπλισμού	100.00%
2	Ενεργειακός λογιστικός εξοπλισμός	2.00%
3	Αμοιβές συμβούλου	6.00%
4	Επεμβάσεις στο έδαφος, τα κτήρια και άλλη υποδομή	8.00%
5	Κατάρτιση στο νέο εξοπλισμό και το λογισμικό	3.00%
6	Ενοικίαση του βοηθητικού εξοπλισμού και των συσκευών	3.00%
7	Αμοιβές προσωπικού και άλλες δαπάνες	3.00%
	Συνολικές επιλέξιμες συνοδευτικές δαπάνες (27)	15.00%

### 5.3.4 Αναπτυξιακός νόμος

Εναλλακτική οικονομική ενίσχυση έχει εξασφαλιστεί επίσης, μέσω του αναπτυξιακού νόμου ο οποίος απορρόφησε τα κεφάλαια από το 2<sup>ο</sup> κοινοτικό πλαίσιο στήριξης του ταμείου συνοχής. Ο στόχος αυτής της πρωτοβουλίας ήταν να ενισχυθούν οι ιδιωτικές επενδύσεις και να προωθηθεί η περιφερειακή ανάπτυξη. Εντούτοις πρέπει να

σημειωθεί ότι για τον τριτογενή τομέα αυτός ο νόμος καλύπτει μόνο τις μονάδες ξενοδοχείων.

Αυτός ο νόμος παρέχει ένα πλαίσιο δράσης για τη χρηματοδότηση επενδύσεων μέσω μερικών επιχορηγήσεων για τις δαπάνες επένδυσης, τα επιτόκια δανείων ή leasing ή της εναλλακτικής μερικής χρηματοδότησης μέσω των μειώσεων επιτοκίου και φόρων δανείου. Το ύψος επιχορηγήσεων εξαρτάται από τη γεωγραφική περιοχή για τις περισσότερες επενδύσεις ενώ για Σ.Η.Θ., παρέχονται αντίστοιχες επιχορηγήσεις σε ολόκληρη τη χώρα, σε μία προσπάθεια να διευκολυνθεί η διάδοσή της στην αγορά ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα για τις επενδύσεις στη συμπαραγωγή το επίπεδο κρατικών επιχορηγήσεων είναι:

- Χρηματοδότηση επένδυσης 40%
- Χρηματοδότηση επιτοκίου 40%
- Χρηματοδότηση leasing 40%

Η εναλλακτικά:

- Μείωση φορολογίας 100%
- Χρηματοδότηση επιτοκίου 40%

Πρέπει να τονιστεί ότι οι περισσότεροι επενδυτές έχουν προτιμήσει τη χαμηλότερη επιχορήγηση από τα επιχειρησιακά προγράμματα επειδή είναι διαθέσιμα στην αρχή του έργου επένδυσης ενώ οι επιχορηγήσεις βάσει του νόμου ανάπτυξης πληρώνονται μόνο μετά την ολοκλήρωση του έργου.

### **5.3.5 Άλλοι νόμοι και μέτρα**

Εκτός από τους ανωτέρω περιγεγραμμένους νόμους, μερικά επιλεγμένα νομικά και φορολογικά όργανα που σχετίζονται με την προώθηση των μέτρων ενεργειακής αποδοτικότητας στα κτήρια και τον τριτογενή τομέα αναφέρονται πιο κάτω:

## **Νόμος 2364/95**

Ο Νόμος 2364/95, ο οποίος κατατέθηκε το 1995, δημιουργώντας ένα πλαίσιο για την εισαγωγή φυσικού αερίου στην ελληνική αγορά ενέργειας. Ο νόμος παρείχε φορολογική απαλλαγή 75% από τις δαπάνες αγοράς και εγκατάστασης για τους τελικούς χρήστες των οικιακών συσκευών ή των συστημάτων που χρησιμοποιούν Α.Π.Ε., ή φυσικό αέριο επαναφέροντας κατά συνέπεια τις προηγούμενες φορολογικές απαλλαγές για τους χρήστες των συστημάτων ηλιακών συσσωρευτών, οι οποίοι είχαν παραγραφεί.

## **Πρόγραμμα δράσης “ενέργεια 2001”**

Από το 1995, το Υπουργείο Περιβάλλοντος έχει διαμορφώσει ένα εθνικό πρόγραμμα δράσης για τη μείωση του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και άλλων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Το εθνικό πρόγραμμα δράσης που ονομάζεται “ενέργεια 2001” αφορά κύρια μέτρα που λαμβάνονται για να συμμορφωθεί η ελληνική νομοθεσία με την ευρωπαϊκή οδηγία για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα μέσω των προγραμμάτων ενεργειακής αποδοτικότητας κτηρίων (οδηγία 93/76/EK SAVE). Αυτή η δράση προετοιμάστηκε από μία μικτή επιστημονική επιτροπή κάτω από το συντονισμό του κέντρου ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (CRES) υπό την επίβλεψη του Υπουργείου Περιβάλλοντος. Στο πλαίσιο αυτού του σχεδίου προγραμματίζονται τα οικονομικά κίνητρα για τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας στα κτήρια ενώ η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας τονίζεται ως βασική προϋπόθεση για τη βιώσιμη ανάπτυξη.

Στο πλαίσιο του προγράμματος “Ενέργεια 2001”, τα κτήρια που έχουν κατασκευαστεί πρόσφατα θα πρέπει να έχουν κατασκευαστεί σύμφωνα με τον κώδικα της ορθολογικής χρήσης και της εξοικονόμησης ενέργειας (Κ.Ο.Χ.Ε.Ε.), αντικαθιστώντας τους παρόντες κανονισμούς θερμικής μόνωσης. Το πρόγραμμα “Ενέργεια 2001” περιλαμβάνει κύρια μέτρα που λαμβάνονται για να συμμορφωθεί η ελληνική νομοθεσία

με την ευρωπαϊκή οδηγία για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα μέσω της οικοδόμησης των προγραμμάτων ενεργειακής αποδοτικότητας (93/76/EK). Η ΔΕΗ συμβαδίζει με την εξέλιξη στα ζητήματα περιορισμού εκπομπής του CO<sub>2</sub> προκειμένου να ελεγχθεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου και συνεργάζεται στενά με το Υπουργείο Ανάπτυξης και το Υπουργείο Περιβάλλοντος.

### **Υπουργική απόφαση 21475/4707/98**

Ένα πρόγραμμα για την κατασκευή βιώσιμων κτηρίων έχει εγκαινιαστεί μέσω μιας κοινής υπουργικής απόφασης σχετικά με τον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στον τομέα των κτηρίων. (21475/4707/98 της 19ης Αυγούστου 1998) (Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων/ Υπουργείο Ανάπτυξης/ Υπουργείο Εθνικής Οικονομίας/ Υπουργείο Εσωτερικών ). επιπλέον προετοιμάζεται ένας κώδικας για την ορθολογική χρήση, συντήρηση και εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια (Κ.Ο.Χ.Ε.Ε.), τα οποία θα αντικαταστήσουν τον ισχύοντα κανονισμό σχετικά με τη θερμική μόνωση των κτηρίων. Συνεπώς θα καθιερωθούν τα κατώτατα ενεργειακά επίπεδα για τα νέα κτήρια καθώς επίσης και άλλα μέτρα όπως οι ενεργειακοί έλεγχοι, ταξινόμηση των κτηρίων σύμφωνα με την κατανάλωση ενέργειας τους κ.λπ.

### **Χρηματοδότηση τρίτων.**

Μέχρι στιγμής η χρηματοδότηση τρίτων έχει χρησιμοποιηθεί ελάχιστα στον ελληνικό τομέα της ενέργειας και μόνο στον ιδιωτικό χώρο. Συνεπώς μόνο ένας μικρός αριθμός έργων έχει πραγματοποιηθεί σε ιδιωτικά νοσοκομεία, παρά τους ευνοϊκότερους όρους χρηματοδότησης που προσφέρονται από τα επιχειρησιακά προγράμματα.

### **Ενεργειακά πιστοποιητικά.**



Από το 2000 τα νέα δημόσια κτήρια (2004 για όλα τα δημόσια κτήρια συμπεριλαμβανομένων των υπαρχόντων) απαιτούνται να έχουν ένα ενεργειακό πιστοποιητικό, δηλ μια κάρτα ενεργειακής ταυτότητας που δηλώνει την ενεργειακή απόδοση του κτηρίου βασισμένη σε έναν ενεργειακό έλεγχο. Το κόστος αυτού του μέτρου υπολογίζεται σε 1.130M€ μέχρι το 2010, ενώ η εξοικονόμηση ενέργειας υπολογίζεται σε 0,14MTOE/έτος και η μείωση των εκπομπών του CO<sub>2</sub> 0,53 AM/έτος, στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας. Πρόταση για τη μεθοδολογία και τις διαδικασίες για τα ενεργειακά πιστοποιητικά έχει εκπονηθεί στο πλαίσιο του έργου SAVE II της ΕΕ. Το σύστημα πιστοποιητικών θα προωθηθεί μαζί με την εισαγωγή του νέου ενεργειακού κώδικα οικοδόμησης.

### **5.3.6 Περιβαλλοντική νομοθεσία**

Το Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων είναι κυρίως αρμόδιο για τη λήψη των αποφάσεων σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος. Εντούτοις κάποιες αρμοδιότητες για τις πολιτικές που είναι σχετικές με το περιβάλλον μεταβιβάζονται στις περιφερειακές και τοπικές αυτοδιοικήσεις. Τα νομαρχιακά διαμερίσματα και οι δήμοι μπορούν να πάρουν τις αποφάσεις σχετικά με τα εδάφη τους, σύμφωνα με την υπάρχουσα νομοθεσία. μετά από τη διοικητική μεταρρύθμιση του 1997 η συμμετοχή των περιφερειακών και τοπικών αυτοδιοικήσεων στη διαμόρφωση πολιτικής έχει αυξηθεί. Στο πλαίσιο της έγκρισης του νόμου 1650/86, “για την προστασία του περιβάλλοντος”, η νομοθεσία έχει τεθεί σε ισχύ για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα οχήματα, τα συστήματα θέρμανσης των κτηρίων, τις βιομηχανίες και άλλες ρυπογόνες δραστηριότητες. Ο νόμος 2244/94 σχετικά με την αυτοπαραγωγή, την συμπαραγωγή και τη δημιουργία θυγατρικών επιχειρήσεων της δημόσιας επιχείρησης ηλεκτρισμού τέθηκε σε ισχύ για την προστασία της ατμόσφαιρας. Η Ελλάδα έχει

ενσωματώσει επίσης στην εθνική της νομοθεσία πολλές οδηγίες της ΕΕ σχετικά με την προστασία της ατμόσφαιρας (οδηγία 88/609/ΕΚ της ΕΕ, οδηγία 92/72/ΕΚ της ΕΕ, οδηγία 96/62/ΕΚ της ΕΕ, οδηγία 99/30/ΕΚ χωρών της ΕΕ και οδηγία 92/72/ΕΚ πλαισίων της ΕΕ).

#### **5.4 Εμπόδια για την ανάπτυξη συμπαραγωγής στην Ελλάδα**

Παρά τις πρόσφατες πρωτοβουλίες και τις νομικές διατάξεις, υπάρχει ακόμα ένα πλήθος από εμπόδια που καθυστερούν την ανάπτυξη των συστημάτων Σ.Η.Θ., από βιομάζα. Παρακάτω παρουσιάζονται τα εμπόδια που καθυστερούν τη διεύθυνση της συμπαραγωγής στον τριτογενή τομέα και αναλύονται ταξινομημένα τα προβλήματα ανάπτυξης της ενεργειακής αξιοποίησης ενός τύπου βιομάζας, της ξυλείας στους εξής τομείς: τεχνικό, οικονομικό, θεσμικό και οργανωτικό πλαίσιο και άλλα εμπόδια.

##### **5.4.1 Θεσμικό πλαίσιο-οργανωτικά εμπόδια**

###### **5.4.1.1 Διοικητικά εμπόδια**

Στην ελληνική αγορά, η διαδικασία για την τελική άδεια για την εγκατάσταση και τη λειτουργία ενός συστήματος συμπαραγωγής από βιομάζα είναι γραφειοκρατική και μακρόχρονη. Στην πράξη απαιτούνται μεγάλες χρονικές περίοδοι μέχρι να γίνουν οι εγκρίσεις από τις αρχές χρηματοδότησης και άλλων Υπουργείων ώστε να δοθούν οι σχετικές άδειες, ενώ ένας εκτεταμένος αριθμός αδειών απαιτείται για τις εγκαταστάσεις Σ.Η.Θ., που σε περίπτωση μικρών περιοχών αποθαρρύνει τους επενδυτές και δημιουργεί τις πρόσθετες δαπάνες. Ο μεγάλος αριθμός των εμπλεκόμενων συμπεριλαμβανομένων των Υπουργείων, των νομαρχιακών διαμερισμάτων, της ΔΕΗ κ.α., εκτός από τις καθυστερήσεις στη διαδικασία έγκρισης, δημιουργεί συχνά σύγχυση, δεδομένου ότι δεν είναι όλες τους πλήρως ενθαρρυντικές στη συμπαραγωγή ή δεν καταλαβαίνουν τη σημασία της. Ως συνέχεια στα προαναφερθέντα η διαδικασία σχετικά με τη διασύνδεση

δικτύου διανομής τηλεθέρμανσης είναι ένα πρόβλημα, ιδιαίτερα στις απομακρυσμένες περιοχές.

Επιπλέον υπάρχει ελλιπής νομοθεσία για τον προσδιορισμό της διαχείρισης του ξύλου ως καύσιμο σε μεγάλη έκταση.

#### **5.4.1.2 Έλλειψη ευρείας στρατηγικής**

Παράλληλα με την ανεπαρκή προώθηση από το κράτος των οφελών της Σ.Η.Θ., υπάρχει έλλειψη μιας συστηματικής στρατηγικής για τη διείσδυση τους στην ελληνική αγορά και αδιαφορία από μέρους για να γίνουν κρατικές επενδύσεις σε συστήματα Σ.Η.Θ., από βιομάζα.

#### **5.4.2 Οικονομικά εμπόδια**

Παρά την νομοθεσία και τα ενισχυτικά οικονομικά προγράμματα που έχουν αναπτυχθεί για την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας και της ξυλείας πιο συγκεκριμένα, παραμένουν απροσπέλαστα κάποια οικονομικά εμπόδια. Το υψηλό αρχικό κόστος που απαιτείται για την εγκατάσταση ενός εργοστασίου Σ.Η.Θ., από ξυλεία, τα υψηλά επιτόκια, η έλλειψη ρίσκου από πλευράς εταιρειών και η μεγάλη περίοδος αποπληρωμής της είναι τέτοιου είδους εμπόδια. Επιπλέον επικρατεί κλίμα ανωριμότητας στην αγορά, η οποία προτιμά να επενδύσει σε ενεργειακές πηγές που γνωρίζει, ενώ παράλληλα είναι δύσκολο να προσδιορίσει συγκεκριμένη τιμή για τα ξυλοκαύσιμα.

#### **5.4.3 Τεχνικά εμπόδια**

##### **5.4.3.1 Διαθεσιμότητα καυσίμων**

Μεταξύ των τεχνικών εμποδίων ο σημαντικότερος είναι η έλλειψη υποδομής και πιο συγκεκριμένα η περιορισμένη διαθεσιμότητα ξυλείας για ενεργειακή χρήση. Δεν

υφίστανται κανονικά σχέδια παραγωγής της ξυλείας και οι πτυχές συλλογής, αποθήκευσης και χειρισμού της ως καύσιμο δεν έχουν διερευνηθεί επαρκώς στην Ελλάδα. Αυτή η μορφή παρουσιάζει μακροπρόθεσμη αργά πτώση, που ακολουθεί τις αντίστοιχες κοινωνικοοικονομικές αλλαγές στις αγροτικές περιοχές.

Αυτό ακολουθείται σε σχέση με τη χρήση των υπολειμμάτων αγροτικών βιομηχανιών όπως το πυρηνέλαιο, τα απόβλητα εκκοκκιστηρίων βάμβακος, υπολείμματα επεξεργασίας φρούτων κ.λ.π., κυρίως για την παραγωγή θερμότητας διαδικασίας στις αγροτικές βιομηχανίες και βιοτεχνίες που βασίζονται στη χρησιμοποίηση των αποβλήτων και των υπολειμμάτων τους. Αφ' ετέρου η επιλογή της ηλεκτρικής ενέργειας από βιοκαύσιμα μόλις που αρχίζει να εξετάζεται από τις ελληνικές επιχειρήσεις.

Η μορφή βιοκαυσίμων που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα είναι κατά 95% στερεά χωρίς να έχει προηγηθεί καθαρισμός ή αναβάθμιση της. Ο μόνος τύπος βιοκαυσίμου με χρηστική αξία είναι το βιοαέριο. Σε αντίθεση με τις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες η παραγόμενη βιομάζα δασικής προέλευσης δεν αντιπροσωπεύει τον κυρίαρχο τύπο στερεών βιοκαυσίμων στην χρήση βιοενέργειας για συμπαραγωγή στην Ελλάδα. Όπως μπορούμε να δούμε εύκολα στο πίνακα που ακολουθεί, στην κατά προσέγγιση κατηγοριοποίηση της ελληνικής βιοενέργειας, αυτή είναι βασισμένη σε πηγές που προέρχονται από την γεωργία.

**Πίνακας:** Βιοκαύσιμα που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα σε ποσοστά επί της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας.

<b>ΤΥΠΟΣ</b>	<b>%</b>	<b>Κ.Τ.Ι.Π.</b>	<b>ΤΑΣΗ</b>
Ξυλοκαύσιμο δασικής προέλευσης	40	400	-
Ξυλοκαύσιμο ενεργειακής καλλιέργειας	30	300	+
Υπολείμματα αγροτικών βιομηχανιών	20	200	++
Κάρβουνο δασικής προέλευσης	3	30	--
Κάρβουνο αγροτικής προέλευσης	3	30	--
Άλλα (βιοαέριο)	4	40	+
Σύνολο	100	1000	+/-

Επιπλέον το φυσικό αέριο μόλις πρόσφατα εισήχθη στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας και υπάρχουν σχέδια για μια δραστική επέκταση των δικτύων χαμηλής πίεσης στις σημαντικότερες αστικές περιοχές (π.χ., στην Αττική από 1000 χλμ του τρέχοντος δικτύου στο appr. 5000 χλμ). Η επιχείρηση αερίου, Δ.Ε.Π.Α, και οι πρόσφατα ιδρυμένες επιχειρήσεις παροχής αερίου για τις τέσσερις κύριες πόλεις της Ελλάδας, προωθούν βαθμιαία τα Σ.Η.Θ, που χρησιμοποιούν φυσικό αέριο μέσω της αναθεώρησης των τιμολογίων τους, γεγονός που αφήνει πίσω την αξιοποίηση της ξυλείας για τηλεθέρμανση.

#### **5.4.3.2. Τεχνολογία**

Οι τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας βρίσκονται σε στάδιο εξέλιξης, εκτός ίσως από την άμεση καύση της. Αυτό το γεγονός, μαζί με τις λειτουργικές δυσκολίες που παρατηρούνται λόγω ανόργανων συστατικών της ξυλείας, όπως η απομάκρυνση της

σκόνης και η έλλειψη επαρκούς τεχνικής υποστήριξης αποτελούν ανασταλτικούς παράγοντες ανάπτυξης για το ξύλο.

#### **5.4.4 Άλλα εμπόδια**

##### **5.4.4.1 Κλιματολογικοί όροι**

Αυτή η παράμετρος εν τούτοις που είναι άσχετη με τις συνθήκες στην αγορά, επηρεάζει σημαντικά την πραγματική διείσδυση της Σ.Η.Θ, στην Ελλάδα. Η χώρα έχει τη μικρή χειμερινή περίοδο και μεγάλη διακύμανση θερμοκρασίας (διαφορά μεταξύ των ελάχιστων και μέγιστων θερμοκρασιών σε ετήσια βάση), γεγονός που περιορίζει την ανάπτυξη συστημάτων αξιοποίησης ξυλείας για τηλεθέρμανση.

##### **5.4.4.2 Έλλειψη ωριμότητας της ελληνικής αγοράς**

Η ελληνική αγορά είναι ακόμα ανώριμη να υποστηρίξει άμεσα και έμμεσα επενδύσεις στη Σ.Η.Θ. Πιο συγκεκριμένα, οι τεχνολογίες συμπαραγωγής είναι ακόμα άγνωστες κατά μεγάλο βαθμό στους περισσότερους τελικούς χρήστες υπάρχει έλλειψη επιτυχών μελετών σε εθνική βάση, ιδιαίτερα σχετικά με τις εφαρμογές στον τριτογενή τομέα. Η έλλειψη πληροφοριών σε συνδυασμό με την ασθενή περιβαλλοντική συνείδηση των καταναλωτών, περιορίζει ακόμη πιο πολύ την χρήση των στερεών καυσίμων ξυλείας.

Ο ακόλουθος πίνακας συνοψίζεται υπάρχοντα εμπόδια για τη διείσδυση των τεχνολογιών συμπαραγωγής στην Ελλάδα.

Πίνακας: Εμπόδια για την ανάπτυξη των τεχνολογιών Σ.Η.Θ, στη χώρα μας.

<b>Είναι ένα εμπόδιο;</b>	<b>Ναι</b>	<b>Όχι</b>
Τιμές καυσίμων	x	
Κύριο κόστος (κόστος της αγοράς ) (F)	x	
Διαθεσιμότητα κύριο (F)		x
Χαμηλή προτεραιότητα σχετικών με την ενέργεια προγραμμάτων (F)	x	
Περίοδος επιστροφής (F)	x	
Τρέχουσες δαπάνες (F)		x
Έλλειψη κινήτρων (F)		x
Τα χαμηλά τιμολόγια για το πλεόνασμα της ηλεκτρικής ενέργειας που πωλήθηκε στο δίκτυο (F)	x	
Υψηλά τιμολόγια για την εφεδρική ισχύ/συνοδευτικές παροχές ηλεκτρικού ρεύματος στις εγκαταστάσεις Σ.Η.Θ (F)	x	
Διαθεσιμότητα καυσίμων (T)	x	
Κανονισμοί εκπομπών (T)		x
Τοπική ικανότητα κατασκευής (T)		x
Επίπεδο συνειδητοποίησης(O)	x	
Ρυθμίσεις έγκρισης και χορήγησης αδειών (I)	x	
Έλλειψη μιας εθνικής στρατηγικής στο CHP (I)	x	
Κλιματολογικοί όροι (I)	x	
Άλλοι		

## **5.5 Προοπτικές για την ανάπτυξη της συμπαραγωγής στον ελλαδικό χώρο**

Στο μέλλον οι Α.Π.Ε, θα προωθηθούν σε μεγαλύτερο βαθμό από την εθνική και ευρωπαϊκή νομοθεσία, ενώ η τιμή του φυσικού αερίου είναι πιθανό να αυξηθεί. Επιπλέον υπάρχουν τεχνολογίες Σ.Η.Θ, για βιομάζα σε πολλές κατηγορίες που ποικίλλουν από μικρής έως μεγάλης κλίμακας παραγωγή και μπορούν να καταλάβουν μάλλον ισχυρή θέση στη βιομηχανία Σ.Η.Θ., ενώ δίνουν ευκαιρίες για τη μετάβαση των καυσίμων από τα ορυκτά καύσιμα στη βιομάζα.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται επιγραμματικά τα σημεία που προωθούν ή εμποδίζουν την ανάπτυξη Σ.Η.Θ..

### **ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ**

- Οι τεχνολογίες Σ.Η.Θ., επιτρέπουν την αλλαγή καυσίμων από τον άνθρακα, το πετρέλαιο ή το φυσικό αέριο στη βιομάζα στα υπάρχοντα συστήματα.
- Το νομικό πλαίσιο που υπάρχει προωθεί τη Σ.Η.Θ., και τη χρήση βιομάζας.
- Υψηλή δυνατότητα της Σ.Η.Θ., από βιομάζα από την άποψη της συμβολής στους στόχους των ΑΠΕ.
- Η Σ.Η.Θ, έχει παρελθόν στον ελλαδικό χώρο και μπορεί να αναπτυχθεί.

### **ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΥΚΑΙΡΙΕΣ**

- Η εθνική και ευρωπαϊκή νομοθεσία προάγουν τις Α.Π.Ε και θα τις προωθούν συνεχώς.
- Η τιμή του φυσικού αερίου, του πετρελαίου και της ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνουν συνεχώς.
- Οι πολλές κατηγορίες τεχνολογιών Σ.Η.Θ., από βιομάζα που ποικίλλουν από την παραγωγή σε μικρή έως μεγάλη κλίμακα.



- Μια μάλλον ισχυρή θέση της βιομηχανικής Σ.Η.Θ., που δίνει δυνατότητες εναλλαγής των καυσίμων, προωθεί τη χρήση συστημάτων Σ.Η.Θ., με βιομάζα.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Ανδρίτσος Ν.(2001) Ανανεώσιμες Πηγές ενέργειας .Διδακτικές σημειώσεις. ΤΕΙ Κοζάνης
- 2) Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών ενέργειας(1996).Διερεύνηση δυνατοτήτων αξιοποίησης βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τη ΔΕΗ. Τόμος Α' Πικέρμι Αττικής
- 3) 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.
- 4) Κέντρο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (1999).Οδηγός Τεχνολογιών Ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε. Κεφάλαιο 6 Βιοϊσχύς, σύμπραξη του έργου Leonardo Da Vinci 1999.
- 5) Καρλόπουλος Ε. (1999). Ενεργειακή αξιοποίηση παλιάς ξυλείας σε βιομηχανικούς λέβητες. Τεχνοοικονομική αναφορά στα πλαίσια του προγράμματος THERMIE – Type A SF/0261/97-DE-GR-AT , 1999, Πτολεμαΐδα.

