

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1531**

## **ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ**



**ΜΕΝΤΖΕΛΟΥ ΧΡΙΣΤΙΝΑ (5488)**

**ΕΠΟΠΤΕΥΟΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΧΟΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

**ΠΑΤΡΑ 2016**



# Περιεχόμενα

<b>Περίληψη</b>	6
<b>1 ΑΝΑΝΕΩΣΗΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b>	7
1.2 Είδη ήπιων μορφών ενέργειας	7
1.2.1 Αιολική ενέργεια	7
1.2.2 Ηλιακή ενέργεια	9
1.2.3 Γεωθερμία	11
1.2.4 Υδροδυναμική ενέργεια	11
<b>2 ΒΙΟΜΑΖΑ</b>	17
2.1 Είδη βιομάζας	18
2.1.2 Η ποώδης βιομάζα	19
2.1.3 Η βιο-αποικοδομήσιμη βιομάζα	20
2.2 Ιδιότητες βιομάζας	20
2.2.1 Η περιεχόμενη υγρασία	21
2.2.2 Θερμογόνος δύναμη	21
2.2.3 Αναλογία άνθρακα και πτητικών ουσιών	22
2.2.4 Η περιεκτικότητα σε τέφρα	24
2.2.5 Περιεχόμενα αλκαλικά μέταλλα	25
2.2.6 Αναλογία κυτταρίνης-λιγνίνης	25
2.3 Τεχνολογίες μετατροπής βιομάζας	26
2.3.1 Καύση	26
2.3.2 Πυρόλυση	29
2.3.3 Αεριοποίηση	31
2.3.4 Αλκοολική ζύμωση	33
2.3.5 Αναερόβια Χώνευση	33

<b>3 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ</b>	<b>35</b>
3.1 Παραγωγή θερμότητας	35
3.1.1 Άμεση καύση	35
3.1.2 Πυρόλυση	35
3.1.3 Οικιακή θέρμανση με βιομάζα	36
3.1.4 Θερμότητα σε βιοτεχνίες-βιομηχανίες	36
3.1.5 Θέρμανση θερμοκηπίων	36
3.1.6 Βιομάζα για τηλεθέρμανση	37
3.2 Αξιοποίηση βιομάζας προς ηλεκτρική ενέργεια	41
3.2.1 Άμεση καύση βιομάζας	41
3.2.2 Βιοαέριο	43
3.2.3 Αεριοποίηση	43
3.2.4 Υγρά βιοκαύσιμα	44
3.2.5 Βιοντίζελ	45
3.2.6 Βιοαιθανόλη	48
<b>4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ Κ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ</b>	<b>51</b>
4.2 Είδη τεχνολογιών συμπαραγωγής	53
4.2.1 Συστήματα με μηχανές εσωτερικής καύσης	53
4.2.2 Σύστημα αεριοστροβίλου	55
4.2.3 Συστήματα αμοστροβίλου	56
4.2.4 Συστήματα συνδιασμένου κύκλου	58
4.2.5 Τυποποιημένες μονάδες παραγωγής	59
4.2.6 Κυψέλες καυσίμου	60
4.2.7 Μηχανές Stirling	60
4.2.8 Κύκλοι βάσης Rankine με οργανικά ρευστά	61
4.3 Πλεονεκτήματα και επιπτώσεις συμπαραγωγής	61
4.3.1 Επιπτώσεις στην κατανάλωση καυσίμων	61
4.3.2 Επιπτώσεις στο σύστημα ηλεκτρισμού της χώρας	62

4.3.3 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις	62
4.3.2 Οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις	63
4.3.5 Η συμπαραγωγή στην Ελλάδα	63
4.3.6 Συμπαραγωγή κ βιομάζα	64
4.4 Αναφορά στο πρότυπο εργοστάσιο της Μπρέσια στην Ιταλία	65
<b>5. ΑΝΑΓΚΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΔΗΣ ΑΠΕ</b>	69
Βιβλιογραφία	74

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Είναι γεγονός πως τα τελευταία χρόνια η βασική πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται, προέρχεται κυρίως από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως είναι ο άνθρακας, το πετρέλαιο, και το φυσικό αέριο. Οι πηγές αυτές εκτός του ότι μειώνονται με ταχύτατους ρυθμούς σε σχέση με τον ρυθμό που παράγονται, επιπρόσθετα κατά την καύση τους απελευθερώνονται μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα, του οποίου οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι πολύ σοβαρές. Σήμερα παρατηρείται μια μικρή αλλά ενδιαφέρουσα στροφή στη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.). Ο σημαντικότερος λόγος που ωθεί τους ανθρώπους σε εναλλακτικές μορφές ενέργειας είναι ο οικονομικός. Σκοπός της παρούσας πτυχιακής είναι η σφαιρική ενημέρωση πάνω στις Α.Π.Ε. με ιδιαίτερη έμφαση στη βιομάζα. Γίνεται επεξήγηση της έννοιας της βιομάζας και ανάλυση των τύπων της, και των τρόπων καύσης, έτσι ώστε να γίνει εύκολα αντιληπτό από τον αναγνώστη η προέλευση και ο κύκλος της. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στην ενεργειακή αξιοποίηση της και στο πως μέσω της βιομάζας παράγεται θερμότητα, ηλεκτρική ισχύς, χημικά και υγρά καύσιμα. Εφόσον αναλυθούν τα παραπάνω το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στη μελέτη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και σύγκριση με αυτών της καύσης ορυκτών καυσίμων, καθώς και στην ανάλυση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων της χρήσης βιομάζας, έτσι ώστε να καταλήξουμε για ποιους λόγους είναι σημαντικό να γίνει μαζική στροφή στη χρήση της και των Α.Π.Ε. γενικότερα.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## 1. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Σε ολόκληρο τον κόσμο, μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις που έχει εμφανιστεί σήμερα είναι η ανάγκη για λύση του ενεργειακού προβλήματος. Για την κάλυψη των ολοένα αυξανόμενων ενεργειακών αναγκών, η στροφή προς τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), αναμφίβολα δεν αποτελεί επιλογή, αλλά μια επιβεβλημένη ανάγκη. Τα τελευταία χρόνια τόσο οι ΑΠΕ όσο και η εξοικονόμηση ενέργειας έχουν αποτελέσει ένα από τα πιο καίρια ζητήματα για την οικονομική και περιβαλλοντική πολιτική των περισσότερων χωρών. Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας έχουν πλέον εξελιχθεί παγκοσμίως ως ένα ιδιαίτερα δυναμικό επενδυτικό μέσο για την τόνωση της ανάπτυξης (κυρίως της απασχόλησης) και για την αντιμετώπιση της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης.

Η ευρύτερη έννοια των ανανεώσιμων πηγών περιλαμβάνει κάθε πηγή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ανανεώνεται μέσω φυσικών φαινομένων μόνιμου κύκλου. Πρόκειται δηλαδή, για νέες, «καθαρές» μορφές ενέργειας, οι οποίες είναι αποτέλεσμα φυσικών φαινομένων και είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, καθώς δεν αποδεδμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα όπως οι υπόλοιπες συμβατικές μορφές ενέργειας που χρησιμοποιούνται ευρύτατα εδώ και πολλές δεκαετίες. Οι ΑΠΕ για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτούν κάποια ενεργητική τεχνητή παρέμβαση όπως εξόρυξη, άντληση ή καύση, αλλά γίνεται η εκμετάλλευσή της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας που υπάρχει στη φύση. Συνεπώς, πρόκειται για ανεξάντλητες πηγές ενέργειας που βασίζονται σε διάφορες φυσικές διαδικασίες όπως είναι ο ήλιος, ο άνεμος, η βιομάζα, η θερμότητα της γης, οι υδατοπτώσεις και η ενέργεια των κυμάτων, των ρευμάτων και των ωκεανών.

Οι ΑΠΕ μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε άμεσα (κυρίως για θέρμανση), είτε αφού μετατραπούν σε άλλες μορφές ενέργειας, όπως ηλεκτρική ή μηχανική ενέργεια. Το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο ενεργειακό δυναμικό από τις πηγές των ΑΠΕ έχει εκτιμηθεί ως πολλαπλάσιο της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας. Υπάρχουν όμως πολλοί παράγοντες, όπως υψηλή μέχρι πρόσφατα τιμή των ενεργειακών εφαρμογών, τα διάφορα τεχνικά προβλήματα εφαρμογής, καθώς και ορισμένες πολιτικές και οικονομικές σκοπιμότητες που έχουν εμποδίσει την ακόμα μεγαλύτερη εκμετάλλευσή αυτών των πηγών ενέργειας.

## 1.2. Είδη ήπιων μορφών ενέργειας.

### 1.2.1 Αιολική ενέργεια.

Η αιολική ενέργεια δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία. Υπολογίζεται ότι στο 25% της επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμοι μέσης ετήσιας ταχύτητας πάνω από 5,1 m/sec, σε ύψος 10 μέτρων πάνω από το έδαφος. Όταν οι άνεμοι πνέουν με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτή την τιμή, τότε το αιολικό δυναμικό του τόπου θεωρείται εκμεταλλεύσιμο και οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες, σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα. Άλλωστε το κόστος κατασκευής των ανεμογεννητριών έχει μειωθεί σημαντικά και μπορεί να θεωρηθεί ότι η αιολική ενέργεια διανύει την "πρώτη" περίοδο ωριμότητας, καθώς είναι πλέον ανταγωνιστική των συμβατικών μορφών ενέργειας. Για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας χρησιμοποιούνται ανεμογεννήτριες οι οποίες μετατρέπουν

την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική. Η λειτουργία της ανεμογεννήτριας βασίζεται στη κίνηση των πτερυγίων της, τα οποία περιστρέφονται όταν φυσά. Η κίνηση αυτή μεταδίδεται σε ένα άξονα περιστροφής που με τη βοήθεια ενός συστήματος προσανατολισμού, βρίσκεται συνεχώς παράλληλα με τη διεύθυνση του ανέμου. Η κινητική ενέργεια του άξονα περιστροφής μετατρέπεται σε ηλεκτρικό ρεύμα από μια γεννήτρια. Η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από το μέγεθος της και την ταχύτητα του ανέμου. Το μέγεθος είναι συνάρτηση των αναγκών που καλείται να εξυπηρετήσει και ποικίλει από μερικές εκατοντάδες μέχρι μερικά εκατομμύρια Watt. Η πιο σημαντική εφαρμογή των ανεμογεννητριών είναι η σύνδεσή τους με το ηλεκτρικό δίκτυο. Τα αιολικά πάρκα (συστοιχίες πολλών ανεμογεννητριών) εγκαθίστανται και λειτουργούν σε περιοχές υψηλού αιολικού δυναμικού και το σύνολο της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας διοχετεύεται στο δίκτυο. Υπάρχει επίσης δυνατότητα οι ανεμογεννήτριες να λειτουργούν αυτόνομα για κάλυψη ή τη συμπλήρωση ενεργειακών αναγκών απομακρυσμένων κατοικιών, αγροκτημάτων κ.ο.κ.

### **ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:**

- 1 MW αιολικής ενέργειας καλύπτει τις ανάγκες περίπου 350 οικιακών καταναλωτών ή 1000 ατόμων και εξοικονομεί περίπου 300 τόνους ισοδύναμου πετρελαίου.
- Μια γιγαβατώρα αιολικής ενέργειας εξοικονομεί 600 τόνους διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>).
- Η ποσότητα CO<sub>2</sub> που ελκύεται κατά την κατασκευή και εγκατάσταση μιας ανεμογεννήτριας με χρόνο ζωής τα 20 έτη «αποσβένεται» μέσα στους πρώτους 3 με 6 μήνες λειτουργίας της.
- Οι σύγχρονες αιολικές μηχανές είναι «αθόρυβες». Σε απόσταση 40 μέτρων από μία ανεμογεννήτρια η στάθμη θορύβου είναι 50-60 dB(A). Σε απόσταση 200 μέτρων, μειώνεται στα 44 dB(A). Συγκριτικά, ο θόρυβος στο εσωτερικό αυτοκινήτου είναι περίπου 80 dB(A), στο εσωτερικό οικίας 50 dB(A) και σε υπνοδωμάτιο 30 dB(A).
- Ως προς τις ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές, αυτοί που σχεδιάζουν τα αιολικά πάρκα πρέπει να συμβουλευονται τους αρμόδιους φορείς για να αποφύγουν πιθανά προβλήματα ηλεκτρομαγνητικής παρεμβολής. Για ακόμη μια φορά, ο σωστός σχεδιασμός εξαλείφει τα τυχόν προβλήματα. Σύμφωνα πάντως με το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, σπανίως εμφανίζονται προβλήματα, ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών, αφού η νομοθεσία προβλέπει ότι τα αιολικά πάρκα πρέπει να κατασκευάζονται σε αρκετά μεγάλη απόσταση από οικισμούς.

### **ΜΕΙΩΝΕΚΤΗΜΑΤΑ :**

- Η αδυναμία ακριβούς πρόβλεψης της ταχύτητας και της διεύθυνσης των ανέμων δεν μας δίνει τη δυνατότητα να έχουμε την απαραίτητη αιολική ενέργεια τη στιγμή που τη χρειαζόμαστε. Το γεγονός αυτό μας υποχρεώνει να καταγραφεί σημείων παραγωγής βιομάζας με έμφαση στην ενεργειακή αξιοποίηση τους στην Ανατολική Κρήτη 17 χρησιμοποιούμε τις αιολικές μηχανές ως εφεδρικές πηγές ενέργειας σε συνδυασμό με κάποια άλλη πηγή ενέργειας.
- Στις περιπτώσεις διασύνδεσης της αιολικής εγκατάστασης με το ηλεκτρικό δίκτυο η παραγόμενη ενέργεια δεν συνάδει πάντοτε με τις τεχνικές απαιτήσεις του δικτύου με αποτέλεσμα να είναι αναγκαία η τοποθέτηση αυτοματισμών ελέγχου, μηχανημάτων ρύθμισης τάσεως και συχνότητας καθώς και της άεργης ισχύος



- Από το σύνολο της παραγόμενης ενέργειας μιας ανεμογεννήτριας μόνο ένα περιορισμένο μέρος της μετατρέπεται σε ωφέλιμη ενέργεια λόγω των αεροδυναμικών και των μηχανικών απωλειών
- Υψηλό κόστος της αρχικής επένδυσης για την εγκατάσταση μιας ανεμογεννήτριας ειδικά για μεμονωμένες περιπτώσεις αιολικών μηχανών μικρού μεγέθους.
- Στις περιπτώσεις αυτόνομων μονάδων είναι απαραίτητη η ύπαρξη συστημάτων αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας. Αυτό έχει ως συνέπεια την αύξηση του αρχικού κόστους λόγω προσθήκης του συστήματος αποθήκευσης ενέργειας.

### 1.2.2. Ηλιακή Ενέργεια

Ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον ήλιο. Τέτοιες είναι το φως, η φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα, η θερμική ενέργεια και οι διάφορες ακτινοβολίες. Χρησιμοποιείται περισσότερο για θερμικές εφαρμογές ενώ η χρήση της τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να κερδίζει έδαφος. Η εκμετάλλευσή της χωρίζεται στις εξής τρεις κατηγορίες:

**Τα παθητικά ηλιακά συστήματα** : είναι δομικά στοιχεία του κτιρίου, που χωρίς τη χρήση μηχανικών μέσων και αξιοποιώντας τους νόμους μεταφοράς θερμότητας, συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν σε μορφή θερμότητας και τη διανέμουν στο χώρο. Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και ειδικότερα, στην είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του γυαλιού ή άλλου διαφανούς υλικού και τον εγκλωβισμό της θερμότητας στο εσωτερικό του χώρου. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα συνδυάζονται και με τεχνικές φυσικού φωτισμού, καθώς και παθητικά συστήματα και τεχνικές για το φυσικό δροσισμό των κτιρίων το καλοκαίρι. Μπορούν δε να εφαρμοστούν τόσο σε καινούργια, όσο και σε ήδη υπάρχοντα κτίρια.

**Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα** : είναι τα συστήματα που συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία, και στη συνέχεια τη μεταφέρουν με τη μορφή θερμότητας σε νερό, αέρα ή σε κάποιο άλλο ρευστό. Η τεχνολογία που εφαρμόζεται είναι αρκετά απλή και υπάρχουν πολλές δυνατότητες εφαρμογής της σε θερμικές χρήσεις χαμηλών θερμοκρασιών. Η πλέον διαδεδομένη εφαρμογή των συστημάτων αυτών είναι η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, οι γνωστοί σε όλους ηλιακοί θερμοσίφωνες. Ένα τυπικό σύστημα παραγωγής ζεστού νερού αποτελείται από επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες, ένα δοχείο αποθήκευσης της θερμότητας και σωληνώσεις. Η ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από το συλλέκτη και η συλλεγόμενη θερμότητα μεταφέρεται στο δοχείο αποθήκευσης. Οι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες τοποθετούνται συνήθως στην οροφή του κτιρίου, με νότιο προσανατολισμό και κλίση 30°-60° ως προς τον ορίζοντα, ώστε να μεγιστοποιηθεί το ποσό της ακτινοβολίας που συλλέγεται ετησίως

**Τα φωτοβολταϊκά συστήματα** : μπορούν να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια, αντλώντας όπως και τα ηλιοθερμικά συστήματα, ενέργεια από τον ήλιο. Οι ηλιακές κυψέλες, κοινώς τα φωτοβολταϊκά στοιχεία (ημιαγωγοί), είναι “συσκευές” που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια άμεσα σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Η λειτουργία των φωτοβολταϊκών συστημάτων βασίζεται στο γεγονός ότι η ηλιακή ακτινοβολία είναι δυνατό να αλλάξει τις ιδιότητες ορισμένων υλικών (ημιαγωγών) παράγοντας ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του “φωτοβολταϊκού φαινομένου”. Κατά το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, το ηλιακό φως που προσπίπτει σε έναν ημιαγωγό δυο στρωμάτων δημιουργεί ηλεκτρικό δυναμικό μεταξύ τους.

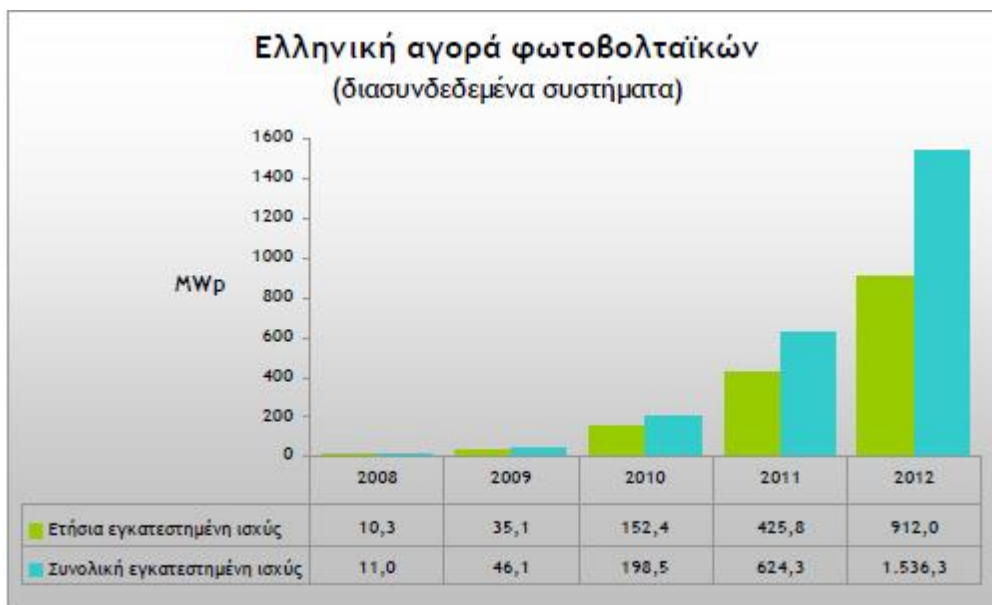
Η τάση αυτή μπορεί να ενεργοποιήσει μια, ανάλογης τάσης και ισχύος, συσκευή ή να διανεμηθεί στο ηλεκτρικό σύστημα. Το σύνολο των φωτοβολταϊκών στοιχείων που συνδέονται ηλεκτρονικά μεταξύ τους ονομάζεται φωτοβολταϊκή γεννήτρια και το σύνολο των φωτοβολταϊκών γεννητριών συνδεδεμένων μεταξύ τους ονομάζεται φωτοβολταϊκή συστοιχία. Η φωτοβολταϊκή συστοιχία αποτελεί το βασικότερο μέρος του φωτοβολταϊκού συστήματος και συνοδεύεται από κατάλληλα ηλεκτρονικά κυκλώματα για έλεγχο και διαχείριση της παραγόμενης ενέργειας, καθώς και από σύστημα αποθήκευσης (μπαταρίες). Το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα είναι συνεχούς τάσης και ανάλογα με την εφαρμογή μπορεί να μετατραπεί σε εναλλασσόμενο με τη βοήθεια ενός αντιστροφέα τάσης

Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας παρουσιάζει μερικά πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα όπως:

- Αποτρέπεται η έκλυση μεγάλων ποσοτήτων ρύπων που επιβαρύνουν το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία.
- Οι κατασκευές έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής με ελάχιστες απαιτήσεις συντήρησης διότι δεν υπάρχουν πολλά κινούμενα μέρη.
- Οι τιμές των ορυκτών καυσίμων παρουσιάζουν αστάθεια δεδομένου ότι εξαρτώνται από ορισμένους παράγοντες όπως την παγκόσμια ζήτηση σε αντίθεση με την ηλιακή ενέργεια που είναι δωρεάν.
- Μπορούν να εφαρμοστούν σε περιπτώσεις που είναι ασύμφορο, δύσκολο ή και αδύνατο να μεταφερθεί ηλεκτρικό ρεύμα από το υφιστάμενο ηλεκτρικό δίκτυο.
- Αποτρέπεται η κατανάλωση ενέργειας από ορυκτά καύσιμα και κατά συνέπεια οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) που προκαλούν τις παγκόσμιες κλιματικές αλλαγές.
- μπορούν να ενσωματωθούν στην αρχιτεκτονική των κτιρίων και να χρησιμοποιηθούν ως δομικά στοιχεία τους.

Τα μειονεκτήματα με τα οποία ερχόμαστε αντιμέτωποι κατά την εκμετάλλευση ηλιακής ενέργειας είναι:

- το υψηλό κόστος αρχικής επένδυσης λόγω της ακριβής παραγωγής των ηλιακών συλλεκτών.
- Μια ηλιακή εγκατάσταση, όταν απευθύνεται για οικιακή χρήση, χρειάζεται μικρό χώρο. Αλλά για τις εγκαταστάσεις επιχειρήσεων αυτό αποτελεί πρόβλημα διότι ο χώρος δεν είναι άφθονος.
- Η απόδοση των ηλιακών συλλεκτών (περίπου 40%) αποτελεί πρόβλημα καθώς ένα μεγάλο ποσοστό περίπου 60% της ηλιακής ακτινοβολίας μένει ανεκμετάλλευτο. Με την ανάπτυξης της τεχνολογίας το ποσοστό απόδοσης των συλλεκτών έχει αυξηθεί αλλά έχει αυξηθεί και το κόστος.
- Υπάρχουν προβλήματα στην αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας καθώς τη νύχτα οι ηλιακοί συλλέκτες δεν αποδίδουν. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μπαταρίες για την περίσσεια ενέργεια, όμως το κόστος τους είναι πολύ υψηλό.

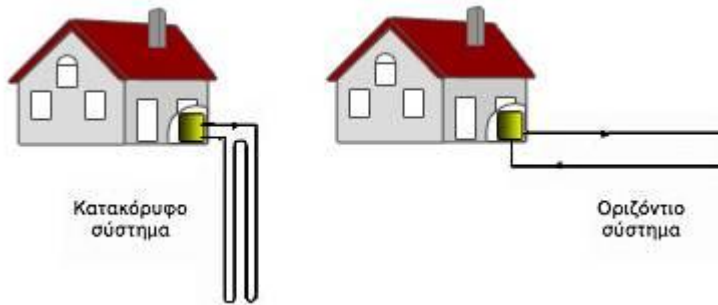


*Ετήσια και συνολική εγκατεστημένη ισχύς προερχόμενη από φωτοβολταϊκά, τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα.*

### 1.2.3. Γεωθερμία

Όσο προχωράμε βαθύτερα από την επιφάνεια της γης προς τον πυρήνα, παρατηρούμε αύξηση της θερμοκρασίας, η οποία ονομάζεται γεωθερμική βαθμίδα. Κοντά στην επιφάνεια της γης η γεωθερμική βαθμίδα έχει μέση τιμή περίπου 30°C ανά χιλιόμετρο βάθους. Σε μερικές περιοχές, είτε λόγω ηφαιστειότητας σε πρόσφατη γεωλογική περίοδο, είτε λόγω ανόδου ζεστού νερού από μεγάλα βάθη μέσω ρηγμάτων, η γεωθερμική βαθμίδα είναι σημαντικά μεγαλύτερη από 30°C, με αποτέλεσμα σε μικρό σχετικά βάθος να απαντώνται υδροφόροι ορίζοντες που περιέχουν νερό ή ατμό υψηλής θερμοκρασίας. Οι περιοχές αυτές ονομάζονται γεωθερμικά πεδία και στα σημεία αυτά η εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας είναι εξαιρετικά συμφέρουσα. Όταν το ζεστό νερό ή ο ατμός βρει διέξοδο μέσα από κάποιο άνοιγμα του φλοιού της Γης προς την επιφάνειά της τότε έχουμε τις θερμές πηγές ή τους θερμούς πίδακες. Οι εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας ποικίλουν ανάλογα με τη θερμοκρασία και περιλαμβάνουν ηλεκτροπαραγωγή, θέρμανση χώρων, ψύξη και κλιματισμό, θέρμανση θερμοκηπίων κ.ο.κ. Εκτός από τα γεωθερμικά πεδία, η σημερινή τεχνολογία επιτρέπει την εκμετάλλευση της σταθερής θερμοκρασίας των ανώτερων στρωμάτων του εδάφους για θέρμανση και κλιματισμό, με χρήση αντλιών θερμότητας με γεωεναλλάκτη. Τα βασικά κυκλώματα που χρησιμοποιούνται είναι ο γεωεναλλάκτης κάθετου τύπου (κλειστό κύκλωμα με εναλλάκτη σε πηγάδι) ή οριζόντιου τύπου (κλειστό κύκλωμα με οριζόντιες σωληνώσεις). Στους σωλήνες κυκλοφορεί συνήθως αποσκληρωμένο νερό που θερμαίνεται ή ψύχεται απορροφώντας ή απορρίπτοντας αντίστοιχα θερμότητα από και προς το έδαφος. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, η γεωθερμική αντλία θερμότητας αφαιρεί θερμότητα από το έδαφος και την προσθέτει στο σύστημα θέρμανσης του κτιρίου. Αυτή η διεργασία αναστρέφεται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού προκειμένου να παρέχει ψύξη. Καθώς η θερμοκρασία του εδάφους σε μερικά μέτρα βάθος παραμένει σχεδόν σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, ανεξάρτητα από τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες, οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας παρέχουν αποδοτική θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης, εξοικονομώντας

ενέργεια και μειώνοντας τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας αξιοποιούν γεωθερμικό δυναμικό θερμοκρασίας μικρότερης των 25οC.

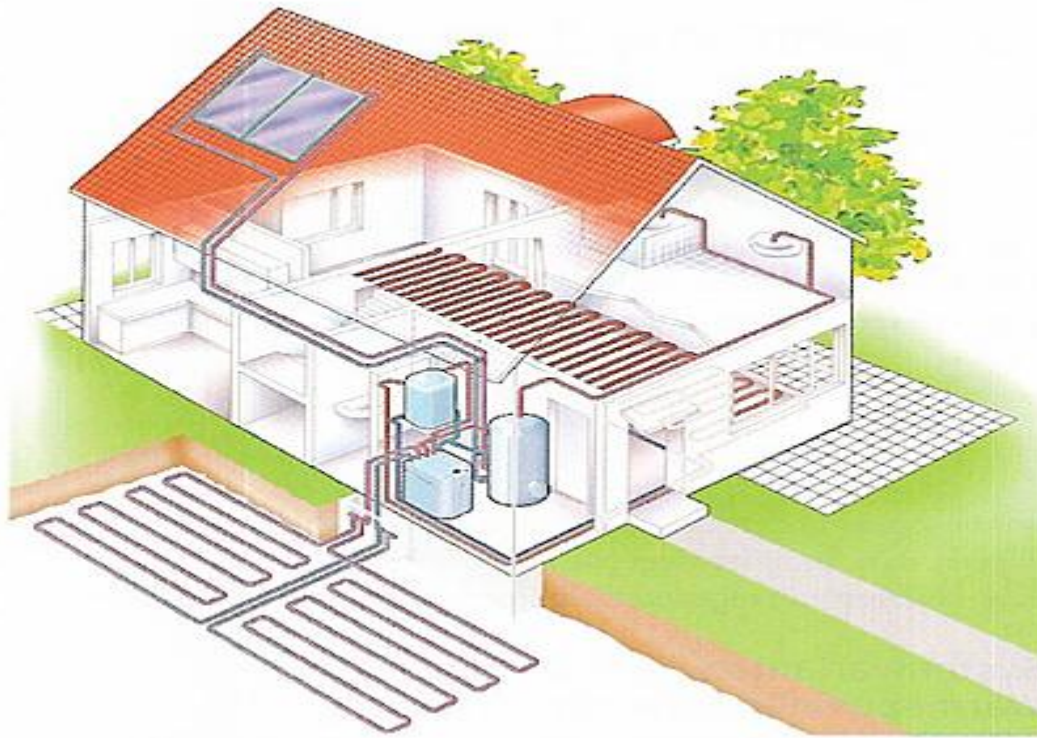


## ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Τα γεωθερμικά συστήματα έχουν υψηλό βαθμό απόδοσης και είναι αξιόπιστα σε ακραίες καιρικές συνθήκες. Τα γεωθερμικά συστήματα είναι φιλικά προς το περιβάλλον επειδή δεν χρησιμοποιούν καύσιμα και διαθέτουν μεγαλύτερη ασφάλεια δεν υπάρχουν καπνοί, καπναγωγοί και οσμές, δεν υπάρχει κίνδυνος ανάφλεξης, φωτιάς ή ασφυξίας από το μονοξείδιο.
- Δεν απαιτείται χρήση λεβητοστασίου, δεξαμενής καυσίμων, καμινάδας.
- Σε σύγκριση με τα παραδοσιακά καύσιμα, η Ψύξη και η Θέρμανση ενός κτιρίου που χρησιμοποιεί Γεωθερμικό Σύστημα είναι μέχρι και 75% οικονομικότερη, και με τη χρήση μόνο μίας συσκευής για θέρμανση και ψύξη.
- Ένα από τα πλεονεκτήματα των γεωθερμικών συστημάτων είναι ότι καταργούν τη χρήση του συμβατού τρόπου θέρμανσης ( κλιματιστικά, πετρέλαιο – φυσικό αέριο) είναι φιλικά προς το περιβάλλον και δεν συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου που είναι υπεύθυνο για την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη.

## ΜΕΙΩΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Το αρχικό κόστος είναι μεγαλύτερο σε σχέση με τη συμβατική εγκατάσταση.
- Σχηματίζονται επικαθίσεις από τα χημικά στοιχεία που βρίσκονται στα υπόγεια ύδατα τα οποία δημιουργούν διαβρώσεις στις εγκαταστάσεις.
- Η διάθεση των υδάτων υψηλής ενθαλπίας δημιουργεί διαταραχές στα οικοσυστήματα που εναποθέτονται και ιδιαίτερα τα ύδατα.



*Μορφή εγκατάστασης γεωθερμικής ενέργειας*

#### **1.2.4. Υδροδυναμική ενέργεια**

Υδροδυναμική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που παρέχεται στον άνθρωπο από τη δύναμη του νερού στη φύση. Ο πιο διαδεδομένος τρόπος χρήσης της είναι μέσω των υδατοπτώσεων και των φραγμάτων. Μεγάλη προσπάθεια γίνεται τα τελευταία χρόνια για επενδύσεις σε συστήματα που θα εκμεταλλεύονται τον κυματισμό της θάλασσας, αλλά και των παλιρροιών. Η υδροδυναμική ενέργεια είναι μια καθαρή, ανεξάντλητη και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που δεν μολύνει το περιβάλλον και παρέχεται από τη φύση περίσσεια. Είναι μια παραδοσιακή πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια από τον άνθρωπο. Εκμεταλλευόμαστε την ύπαρξη φυσικών λεκανών συλλογής των όμβριων υδάτων σε συγκεκριμένες περιοχές, με κατάλληλη εδαφική διαμόρφωση, κατασκευάζοντας φράγματα. Το νερό πέφτοντας από κάποιο ύψος ή ρέοντας με μεγάλη ταχύτητα μπορεί να περιστρέψει τροχούς με πτερύγια (υδροστροβίλους), που με τη σειρά τους θέτουν σε κίνηση ηλεκτρογεννήτριες. Αυτή την περιστροφή την αξιοποιούμε παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια σε ειδικές εγκαταστάσεις (υδροηλεκτρικοί σταθμοί). Η δημιουργία τεχνητών λιμνών με φράγματα έχει περιορισμένη εφαρμογή λόγω των απαιτούμενων ειδικών εδαφικών χαρακτηριστικών. Επιπλέον σε πολλές περιπτώσεις η κατασκευή φράγματος, παρότι η περιοχή καλύπτει τα τεχνικά κριτήρια, μπορεί να προκαλέσει σημαντική οικολογική καταστροφή και ενδεχομένως μετακίνηση πληθυσμού, λόγω της κατάκλισης με νερό εκτεταμένων εύφορων και με ιδιαίτερη φυσική ομορφιά περιοχών. Η υδροηλεκτρική παραγωγή ενέργειας καλύπτει το 7% της παγκόσμιας ενεργειακής παραγωγής

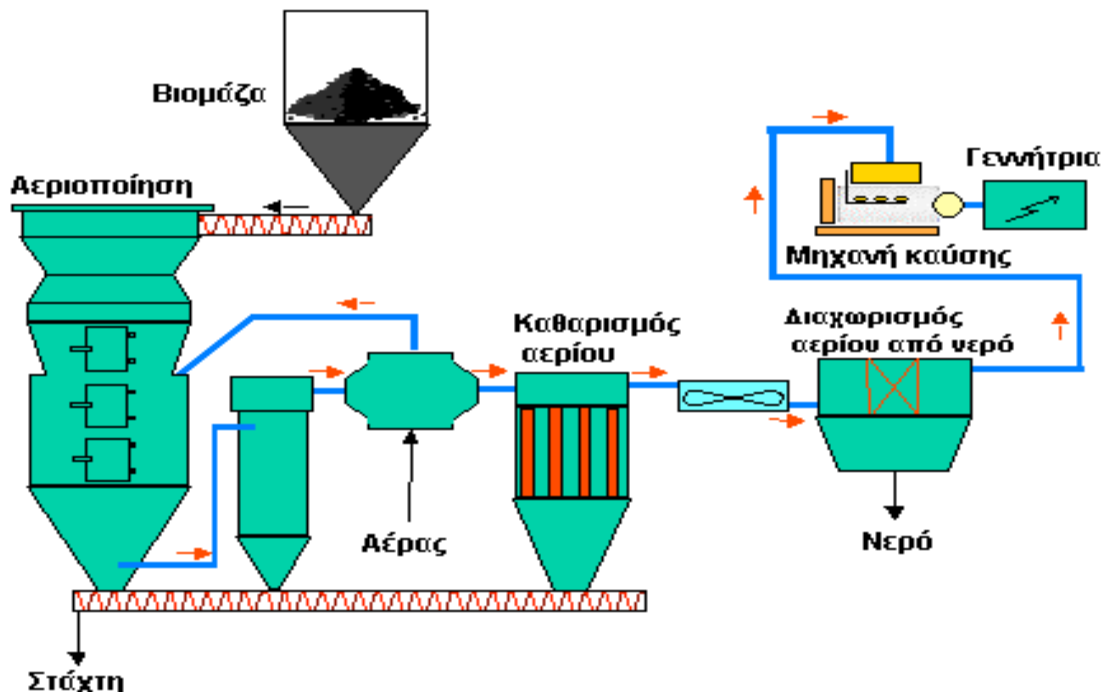
## ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί είναι δυνατό να τεθούν σε λειτουργία αμέσως μόλις απαιτηθεί, σε αντίθεση με τους θερμικούς σταθμούς που απαιτούν σημαντικό χρόνο προετοιμασίας,
- Είναι μία «καθαρή» και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, με τα προαναφερθέντα συνακόλουθα οφέλη (εξοικονόμηση συναλλάγματος, φυσικών πόρων, προστασία περιβάλλοντος),
- Μέσω των υδατοταμιευτήρων δίνεται η δυνατότητα να ικανοποιηθούν και άλλες ανάγκες, όπως ύδρευση, άρδευση, ανάσχεση χειμάρρων, δημιουργία υγροτόπων, περιοχών αναψυχής και αθλητισμού.

## ΜΕΙΩΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Μεγάλο κόστος κατασκευής φραγμάτων και εγκατάστασης εξοπλισμού, καθώς και ο συνήθως μεγάλος χρόνος που απαιτείται για την αποπεράτωση του έργου,
- Η έντονη περιβαλλοντική αλλοίωση της περιοχής του έργου (συμπεριλαμβανομένων της γεωμορφολογίας, της πανίδας και της χλωρίδας), καθώς και η ενδεχόμενη μετακίνηση πληθυσμών, η υποβάθμιση περιοχών, οι απαιτούμενες αλλαγές χρήσης γης. Επιπλέον, σε περιοχές δημιουργίας μεγάλων έργων παρατηρήθηκαν αλλαγές του μικροκλίματος, αλλά και αύξηση της σεισμικής επικινδυνότητας τους

### 1.2.5. Βιομάζα

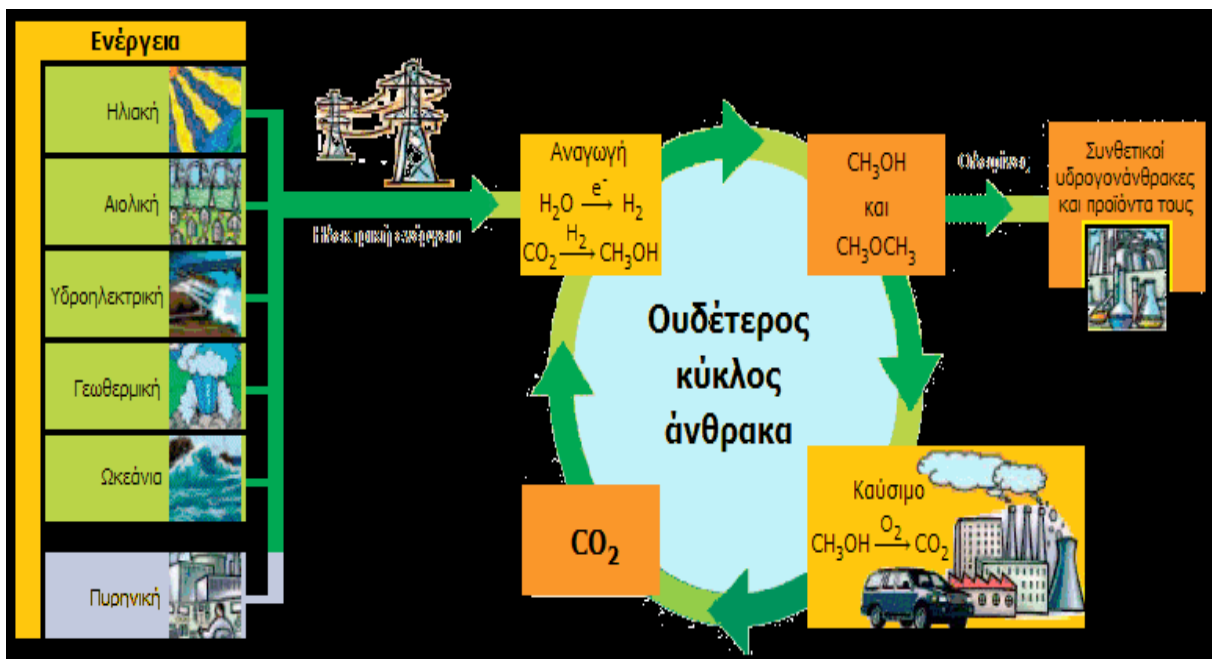


*Ο κύκλος της βιομάζας*

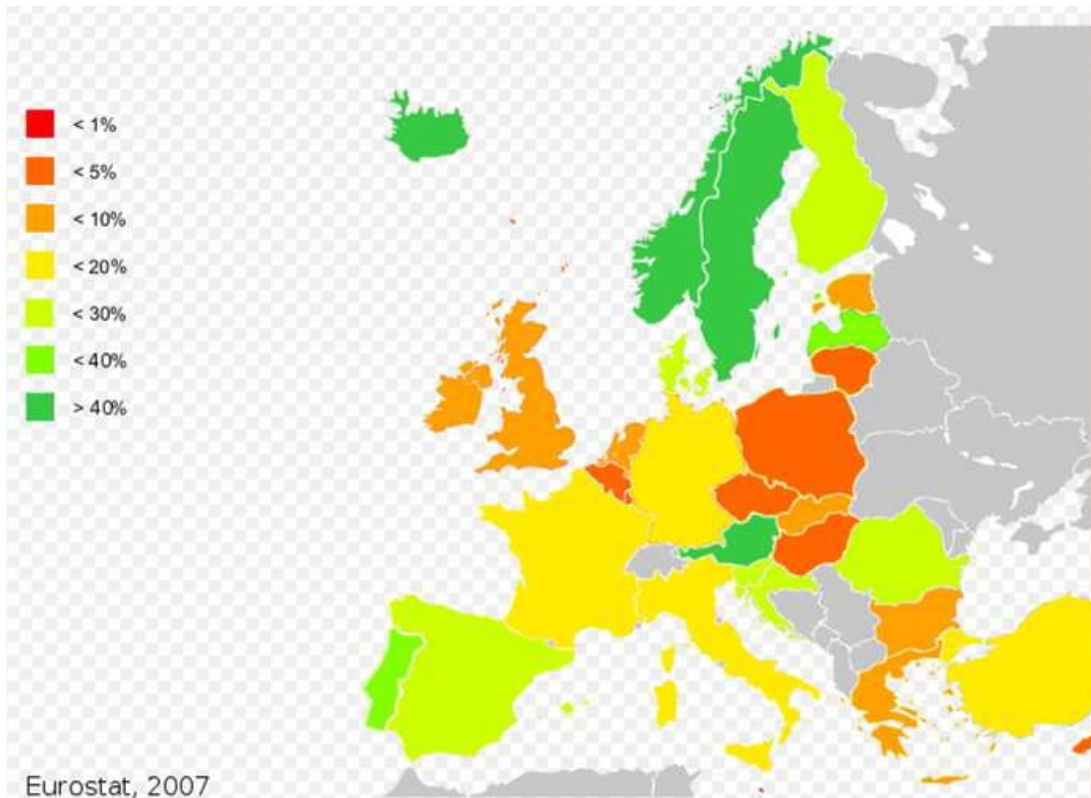
Η βιομάζα αποτελεί μια ανανεώσιμη μορφή ενέργειας, γνωστή στον άνθρωπο εδώ και πάρα πολλά χρόνια. Με τον όρο βιομάζα ονομάζουμε οποιοδήποτε υλικό προέρχεται από ζωντανούς οργανισμούς, όπως είναι το ξύλο και άλλα δασικά προϊόντα, αγροτικά υπολείμματα,

κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων, αστικά απόβλητα κλπ, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας. Το βιοαέριο είναι αέριο πλούσιο σε μεθάνιο το οποίο παράγεται από οργανικά απόβλητα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρική ενέργειας, αλλά και ως καύσιμο, για μηχανές εσωτερικής καύσης. Η βιομάζα είναι δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή ηλιακής ενέργειας, αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτών και αποτελείται κυρίως από ενώσεις που βασικά στοιχεία έχουν τον άνθρακα και το υδρογόνο. Η βιομάζα θα αναλυθεί εκτενέστερα στο επόμενο κεφάλαιο.

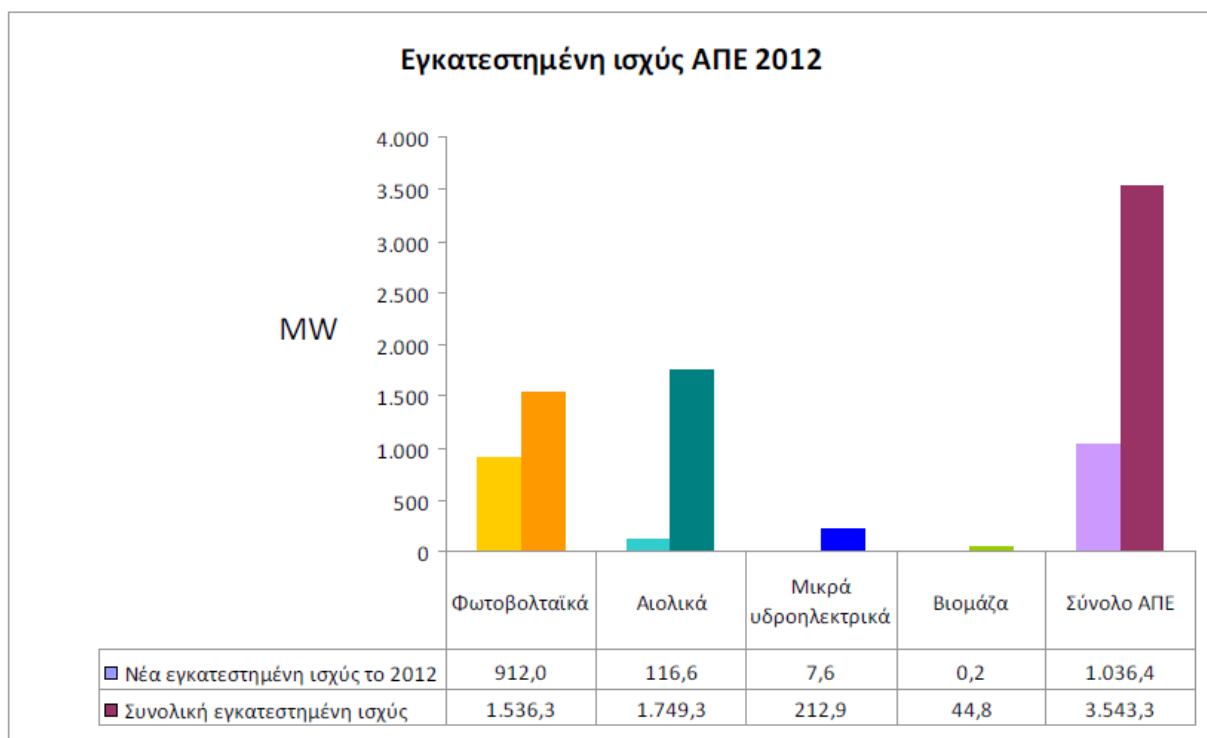
Η παραγωγή από ΑΠΕ, παραμένει περιορισμένη εδώ και μια δεκαετία για γραφειοκρατικούς, θεσμικούς και πολιτικούς λόγους. Μόνο ο τομέας της Αιολικής ενέργειας παρουσίασε μια δυναμική ανάπτυξης μέχρι το 1998, αλλά μετά υπήρξε σχεδόν πλήρης άπνοια. Η πετρελαϊκή κρίση όμως που ξέσπασε το 2005, επανέφερε επιτακτικά το πρόβλημα της προώθησης των ΑΠΕ, όχι μόνο στην Ελλάδα, αλλά και παγκόσμια. Εκτός αυτού η ανάγκη της χώρας για απεξάρτηση από εισαγόμενα καύσιμα, το θέμα της εξάντλησης των φυσικών πόρων (μείωση των αποθεμάτων) και κυρίως η ανάγκη για την προστασία του περιβάλλοντος επιβάλλει σήμερα περισσότερο από ποτέ την εντατική αξιοποίηση αρχικά του αξιόλογου αιολικού δυναμικού που διαθέτει η Ελλάδα και στη συνέχεια του ηλιακού με τη μορφή φωτοβολταϊκών πάρκων, με δεδομένη την πτώση του κόστους κατασκευής τους. Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι η διείσδυση της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα (αλλά και των άλλων ΑΠΕ μεσοπρόθεσμα) επιφέρει θετικές συνέπειες σε κοινωνικό, περιβαλλοντικό και οικονομικό επίπεδο για τη χώρα. Τα οφέλη που δημιουργούνται συμβάλλουν σημαντικά στην οικονομική ανάπτυξη της χώρας τόσο σε τοπικό όσο και σε εθνικό επίπεδο με άμεσες επιδράσεις στην απασχόληση, τη δημιουργία τοπικής προστιθέμενης αξίας, την προστασία του περιβάλλοντος. Επιπλέον, συνεισφέρει στη λύση του ενεργειακού προβλήματος των αυτόνομων συστημάτων παραγωγής ενέργειας και στην 18 εξοικονόμηση συναλλάγματος και εγχώριου καυσίμου. Τα θετικά αποτελέσματα που προκύπτουν είναι αξιόπιστα και μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενο σκέψης στην προσπάθεια για δημιουργία μιας κοινωνίας που στηρίζει την ανάπτυξή της στην υγιή συνύπαρξη ανθρώπου και περιβάλλοντος, γεγονός επιτακτικό στις μέρες μας.



Συνολική απεικόνιση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

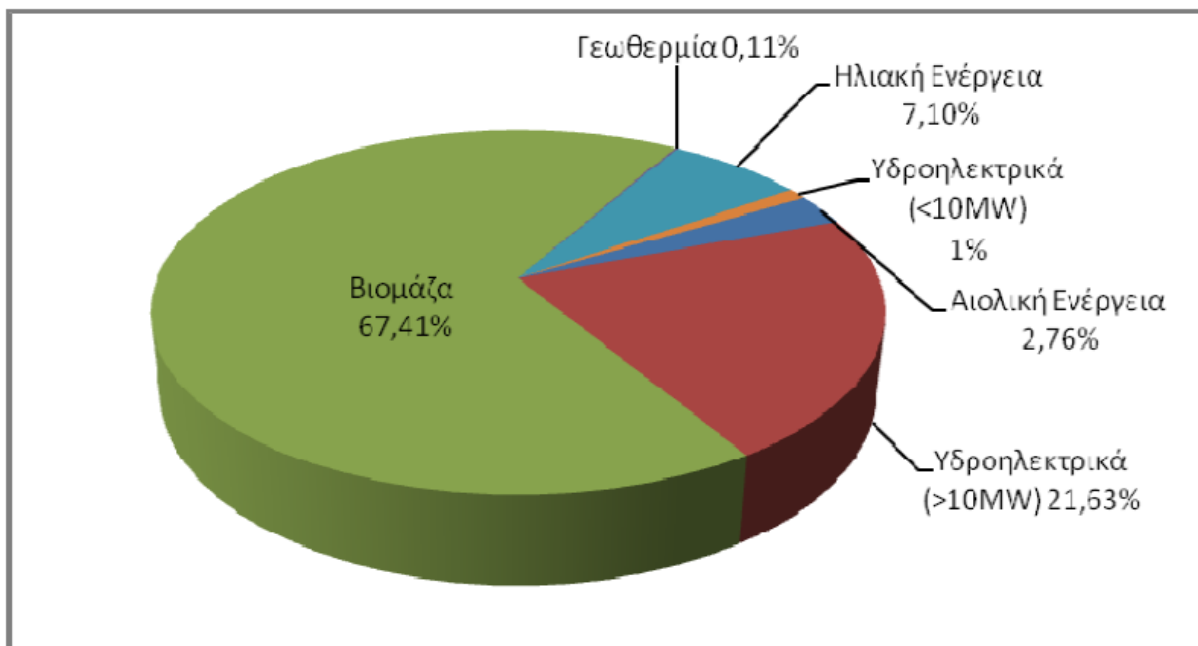


Ποσοστά Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στις χώρες της Ε.Ε. (και κάποιες υποψήφιες) κατά το έτος 2007 (Eurostat, 2007)



Πηγές: ΛΑΓΗΕ, ΔΕΔΔΗΕ





Συνεισφορά των ΑΠΕ στη συνολική παραγωγή ενέργειας της Ελλάδας

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2. ΒΙΟΜΑΖΑ

Ως βιομάζα ορίζεται το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα προϊόντων, αποβλήτων και καταλοίπων που προέρχονται από τις γεωργικές (συμπεριλαμβανομένων φυτικών και ζωικών ουσιών), τις δασοκομικές και τις συναφείς βιομηχανικές δραστηριότητες, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα βιομηχανικών αποβλήτων και αστικών λυμάτων και απορριμμάτων. Γενικά με τον όρο βιομάζα θεωρείται οποιοδήποτε υλικό παράγεται από φυτικούς - ζωικούς οργανισμούς ή απόβλητα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας. Η ενέργεια που είναι δεσμευμένη στις φυτικές ουσίες προέρχεται από τον ήλιο. Μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης οι φυτικοί οργανισμοί απορροφούν το διοξείδιο του άνθρακα που βρίσκεται στην ατμόσφαιρα, το οποίο μαζί με το νερό και την ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται σε πλούσια ενεργειακά ζάχαρα που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξή τους. Μετέπειτα τα ζάχαρα αυτά, μετατρέπονται σε άλλες ουσίες όπως η κυτταρίνη που χρησιμοποιούμε για ρουχισμό και η λιγνίνη, ενώ παραπροϊόν της όλης διαδικασίας είναι το οξυγόνο που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα. Οι ζωικοί οργανισμοί αυτή την ενέργεια την προσλαμβάνουν με την τροφή τους και αποθηκεύουν ένα μέρος της. Αυτή την ενέργεια αποδίδει τελικά η βιομάζα, μετά την επεξεργασία και τη χρήση της. Είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας δεδομένου ότι είναι αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια που δεσμεύτηκε από τα φυτά κατά τη φωτοσύνθεση και δεν επηρεάζει την ισορροπία της φύσης. Η χρήση της βιομάζας είναι η παλαιότερη και πιο διαδεδομένη μορφή ανανεώσιμης ενέργειας, καθ' ότι πολλές χιλιετίες πριν, ο άνθρωπος για τη θέρμανση του και τη μαγειρική χρησιμοποίησε την ενέργεια που προερχόταν από την καύση των ξύλων, που αποτελεί το πιο γνώριμο είδος βιομάζας. Είναι ένα είδος ανανεώσιμης μορφής ενέργειας που υιοθετείται σε μεγάλο βαθμό ακόμα, κυρίως σε αγροτικές περιοχές αλλά και στις περισσότερες αναπτυσσόμενες χώρες.



Ενεργειακός κύκλος της βιομάζας ως πηγής ενέργειας

## 2.1 ΕΙΔΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Για την καλύτερη ανάλυση και κατανόηση των ιδιοτήτων και της επιθυμητής ενεργειακής αξιοποίησης του κάθε είδους βιομάζας, θα την χωρίσουμε σε τρεις βασικές κατηγορίες. Τη λιγνοκυτταρινούχο ή ξυλώδη βιομάζα, τη ποώδη βιομάζα και τη βιοαποικοδομήσιμη βιομάζα.

### 2.1.1 Η ξυλώδης (λιγνο-κυτταρινούχος) βιομάζα:

Περιλαμβάνει όλα τα μέρη (φλοιός, κορμός, κλαδιά, φύλλα, ρίζες) κάθε δέντρου που υπάρχει στη φύση σε ποικίλες μορφές (κούτσουρα, τεμαχισμένο ξύλο, πελλέτες ή μπριγκέτες ξύλου, πριονίδι). Οι κύριες πηγές ξυλώδους βιομάζας είναι:

- Δασοπονικές καλλιέργειες μικρού περιόδου χρόνου / βραχυχρόνια αμειψισπορά (πρεμνοφυή δάση): Φυτεύονται συνήθως ως ταχέως αναπτυσσόμενα είδη (λεύκα, ιτιά κ.τ.λ.) σε πεδινές εκτάσεις. Μια τέτοια γεωργική προσέγγιση στην αναπαραγωγή των δέντρων επιτρέπει την μηχανοποίηση της παραγωγής και ειδικά της συγκομιδής. Ολόκληρο το υπέργειο τμήμα του δέντρου συλλέγεται μηχανικά και χρησιμοποιείται ως καύσιμο.
- Δασοκομία σύντομης αμειψισποράς: είναι παρόμοια με τη προηγούμενη περίπτωση, αλλά η διαφορά έγκειται στη διαχείριση των δασών. Ο χρονικός κύκλος είναι συνήθως μεταξύ 8 και 20 έτη, το παραγόμενο ξύλο (πεύκο, λεύκη, ευκάλυπτος, νότια οξιά κ.τ.λ.) συνήθως χρησιμοποιείται από τη βιομηχανία (βιομηχανία ξύλου, κατασκευή παλετών, παραγωγή χαρτιού, βιοενέργεια, κτλ). Το κύριο προϊόν της δασοκομίας σύντομης

αμειψισποράς είναι κορμός μικρής/μεσαίας διαμέτρου (έως 40cm) και τα παραπροϊόντα είναι όμοια με τα συνήθη των δασικών υπολειμμάτων.

- Δάση πλατύφυλλων φυλλοβόλων: είναι ιδιαίτερα διαδεδομένα στη Νότια Ευρώπη. Η διαχείριση των πρεμνοφυών πλατύφυλλων δασών (δρυς, οξιά, χαρουπιά, κ.τ.λ.) αποτελεί μια τοπική παράδοση και συνδέεται με την παραγωγή καυσόξυλων. Τα δέντρα έχουν συγκομιστεί σε κύκλους ζωής περίπου 20 ετών. Σε αυτή την περίπτωση όλα τα κλαδιά συνήθως εγκαταλείπονται στο έδαφος.
- Δέντρα αυτοκινητόδρομων (ανεμοφράκτες) και αστικών πάρκων: πρόκειται για δέντρα από διάφορα είδη ξύλου (όπως ευκάλυπτος, πλάτανος, κυπαρίσσι, κ.α.) και τα οποία συντηρούνται εντατικά (κλαδέματα) κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους και τελικά αντικαθίστανται. Τα υπολείμματα από τα κλαδέματα όπως και ολόκληρα κομμένα δέντρα αποτελούν εξαιρετική πηγή βιοκαυσίμων.
- Υπολείμματα που προέρχονται από γεωργικές δραστηριότητες παρεμφερείς με ξυλώδεις καλλιέργειες (όπως μηλιές, ελιές, σταφυλιές) ακόμα κι αν η λιγνοκυτταρινούχος βιομάζα είναι μόνο παραπροϊόν της παραγωγής φρούτων, μπορεί να ληφθεί υπόψη ως ένα διαθέσιμο και ελκυστικό καύσιμο το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοενέργειας.
- Λιγνοκυτταρινούχα υπολείμματα από άλλες παραγωγικές δραστηριότητες, όπως η βιομηχανία ξύλου. Τα πριονιστήρια, για παράδειγμα, χρησιμοποιούν ένα βιομηχανικό σύστημα, το οποίο χρησιμοποιεί κορμούς ως πρώτη ύλη για την παραγωγή πριστής ξυλείας (ως κύριο προϊόν) και υπολείμματα σε σταθερό ρυθμό. Μόνο το 28 % του συνολικού βάρους του δέντρου αποτελεί το τελικό προϊόν και το υπόλοιπο (72 %) μπορεί να θεωρηθεί ως πιθανή πρώτη ύλη για βιοκαύσιμο.

### 2.1.2 Η ποώδης βιομάζα:

Περιλαμβάνει όλα τα φυτά που έχουν ένα μη-ξυλώδες στέλεχος και τα οποία πεθαίνουν στο τέλος της εποχής ανάπτυξης. Βασικές πηγές ποώδους βιομάζας είναι:

- Ενεργειακές καλλιέργειες. Είναι φυτά και χόρτα που καλλιεργούνται από αγρότες αποκλειστικά για χρήση στον τομέα βιοενέργειας. Σήμερα, η πιο συχνή χρήση τους αφορά στην παραγωγή ελαιούχων ή/και αμυλούχων καλλιεργειών, οι καρποί των οποίων χρησιμοποιούνται στην παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων όπως βιοντήζελ και βιοαιθανόλη. Η παραγωγή αιθανόλης από σιτηρά και καλαμπόκι, καθώς και το βιοντήζελ από ελαιοκράμβη και ηλίανθο αποτελούν τα πιο γνωστά παραδείγματα ενεργειακών φορέων που παράγονται από ποώδη βιομάζα. Η πρακτική αυτή είναι γνωστή ως παραγωγής 1<sup>ης</sup> γενιάς βιοκαυσίμων. Το σκεπτικό της καλλιέργειας αυτών των φυτών είναι η σχετική ευκολία της παραγωγής υγρών βιοκαυσίμων από σπόρους πλούσιους σε έλαιο ή/και άμυλο. Από την άλλη όμως, τέτοιες πρώτες ύλες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την παραγωγή τροφής και επομένως η πρακτική αντιμετωπίζεται πολύ αρνητικά ως προς το θέμα της βιωσιμότητας. Άλλοι τύποι ποώδων ενεργειακών καλλιεργειών χαρακτηρίζονται ως «λιγνοκυτταρινούχοι». Το περιεχόμενο τους σε έλαια/άμυλο είναι ελάχιστο, αλλά είναι πλούσιες σε κυτταρίνη, ημικυτταρίνη και λιγνίνη και μπορούν να χρησιμοποιηθούν απευθείας για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού ή για την παραγωγή 2<sup>ης</sup> γενιάς βιοκαυσίμων.

Μια διεργασία πιο δύσκολη σε σχέση με την παραγωγή βιοκαυσίμων 1<sup>ης</sup> γενιάς αλλά που εγείρει λιγότερες αντιρρήσεις όσον αφορά θέματα αειφορίας.

- Αγροτικά υπολείμματα. Αυτά είναι τα παραπροϊόντα που μένουν στο χωράφι από την παραγωγή καλλιεργειών που προορίζονται για τροφές, ίνες ή ζωοτροφές. Το άχυρο σιτηρών και ρυζιού, τα υπολείμματα αραβοσίτου, τα στελέχη και φύλλα από καλλιέργειες ελαιωδών καρπών περιλαμβάνονται σε αυτή την κατηγορία. Τα αγροτικά υπολείμματα χρησιμοποιούνται συνήθως ως στερεά βιοκαύσιμα για την παραγωγή θερμότητας ή/και ηλεκτρισμού. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως πρώτη ύλη για την παραγωγή 2<sup>ης</sup> γενιάς βιοκαυσίμων
- Αγρο-βιομηχανικά υπολείμματα. Είναι παραπροϊόντα ή υπολείμματα από βιομηχανίες επεξεργασίας, κυρίως από τον κλάδο τροφίμων ή ινών. Γενικά, τα αγρο-βιομηχανικά υπολείμματα έχουν καλές ιδιότητες καύσης και χρησιμοποιούνται ευρέως ως καύσιμα θέρμανσης για τις ανάγκες των βιομηχανιών που τα παράγουν ή σε νοικοκυριά. Άλλες χρήσεις μπορούν επίσης να εξεταστούν. Τα υπολείμματα αυτά διαφέρουν από τις άλλες δυο κατηγορίες όχι μόνο ως προς τις ιδιότητες αλλά και γιατί συλλέγονται από ένα συγκεκριμένο σημείο αντί ενός μεγάλου χωραφιού.

### 2.1.3 Η βιο-αποικοδομήσιμη βιομάζα:

Περιλαμβάνει τα βιομηχανικά βιολογικά απόβλητα, την ύλη βιολογικών καθαρισμών, την κοπριά και τα βιολογικά απόβλητα χωματερών. Η βιο-αποικοδομήσιμη βιομάζα, κυρίως από υπολείμματα κτηνοτροφικών μονάδων και βιομηχανιών επεξεργασίας τροφίμων, χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιοαερίου πλούσιου σε μεθάνιο το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμότητας ή/και ηλεκτρισμού, ινών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ένα πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά εδαφοβελτιωτικό και υγρών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υγρά λιπάσματα.

## 2.2 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Από τις ιδιότητες της πηγής προέλευσης της βιομάζας εξαρτάται τόσο η επιλογή της μεθόδου μετατροπής της βιομάζας, όσο και το παραγόμενο καύσιμο από αυτή. Οι δυσκολίες και τα προβλήματα τα οποία προκύπτουν κατά την διαδικασία μετατροπής οφείλονται κυρίως στις ιδιότητες αυτές. Οι κύριες ιδιότητες της πρώτης ύλης, οι οποίες παρουσιάζουν ενδιαφέρον κατά την αξιοποίηση της βιομάζας είναι οι εξής:

- Η περιεχόμενη υγρασία (φυσική και εξωγενής)
- Η θερμογόνος δύναμη
- Η αναλογία άνθρακα και πτητικών ουσιών
- Η περιεκτικότητα σε τέφρα
- Τα περιεχόμενα αλκαλικά μέταλλα
- Ο λόγος κυτταρίνης / λιγνίνης

Για την ανάκτηση ενέργειας της βιομάζας σημαντικό ρόλο έχουν τα πέντε πρώτα χαρακτηριστικά, το πρώτο και το τελευταίο χαρακτηριστικό επιδρούν κυρίως στη διαδικασία αξιοποίησης.

### 2.2.1 Η περιεχόμενη υγρασία

Συνίσταται από τη:

- Φυσική υγρασία: Είναι η υγρασία που περιέχεται στη πρώτη ύλη και είναι ανεξάρτητη από τις καιρικές συνθήκες.
- Εξωγενή υγρασία: Είναι το ποσό της υγρασίας που προστίθεται στη φυσική κατά τη διάρκεια της συλλογής της βιομάζας και εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν την περίοδο εκείνη.

Ορίζεται ως η ποσότητα νερού που βρίσκεται στη βιομάζα και μετράται ως ποσοστό επί του βάρους του υλικού:

$$f_M = 100 \times \frac{m_W}{m_F} \%$$

όπου,  $f_M$ : η επί τις εκατό περιεχόμενη υγρασία του καυσίμου

$m_W$ : η μάζα του νερού που βρίσκεται στο καύσιμο

$m_F$ : η συνολική μάζα του καυσίμου

Η περιεχόμενη υγρασία καθορίζει κατά πολύ τη μέθοδο μετατροπής και ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας. Σε ποσοστό υγρασίας χαμηλότερο του 50% χρησιμοποιούνται θερμοχημικές διεργασίες για την ανάκτηση ενέργειας, ενώ σε ποσοστό μεγαλύτερο χρησιμοποιούνται οι βιοχημικές διεργασίες.

### 2.2.2 Θερμογόνος δύναμη

Η θερμογόνος δύναμη της βιομάζας είναι όρος βάση του οποίου επιχειρείται να αποτιμηθεί η περιεχόμενη ενέργεια της βιομάζας. Η θερμογόνος δύναμη συνήθως εκφράζεται σε μονάδες ενέργειας ανά μονάδα μάζας ή όγκου: MJ/Kg για στερεά υλικά, MJ/m<sup>3</sup> για υγρά και για αέρια σε κανονικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας. Για πρακτικούς λόγους, η θερμογόνος δύναμη απαντάται με δύο μορφές: την ανώτερη θερμογόνο δύναμη HHV (Higher Heating Value) και την κατώτερη θερμογόνο δύναμη LHV (Lower Heating Value).

Η ανώτερη θερμογόνος δύναμη περιλαμβάνει όχι μόνο τη χημική ενέργεια που απελευθερώνεται από τα καιόμενα υλικά, αλλά και τη θερμότητα που εκλύεται κατά τη διάρκεια της συμπύκνωσης υδρατμών μετά την καύση, δηλαδή 44,01 KJ/mol για την αντίδραση  $H_2O(g) \rightarrow H_2O(l)$ . Η κατώτερη θερμογόνος δύναμη υπό σταθερή πίεση αποτελεί το μέγεθος του οποίου η μέτρηση θα χρησιμοποιηθεί περισσότερο για πρακτικούς λόγους. Αντιπροσωπεύει τη συνολική ενέργεια που μπορεί να απελευθερωθεί από τα καύσιμα, όταν καούν πλήρως και όταν τα προϊόντα της καύσης, τα καυσαέρια, συμπεριλαμβανομένων και των υδρατμών, εγκαταλείπουν το θάλαμο καύσης σε αέρια μορφή. Δεδομένου ότι, η LHV δεν

περιλαμβάνει τη θερμότητα που λαμβάνεται από τη συμπύκνωση των υδρατμών έχει χαμηλότερη τιμή από την HHV.

Η συνολική ποσότητα του νερού στα αέρια καύσης καθορίζεται από την περιεκτικότητα σε υγρασία του δείγματος και από την ποσότητα του νερού που σχηματίζεται κατά την καύση του υδρογόνου που περιέχεται στο καύσιμο. Το αποτέλεσμα επηρεάζεται επίσης από το περιεχόμενο των καυσίμων σε θείο και σε κάποια άλλα στοιχεία. Ως εκ τούτου, για να μπορέσει να γίνει ο υπολογισμός της κατώτερης θερμογόνου δύναμης, πρέπει να είναι γνωστή η στοιχειακή ανάλυση της καύσιμης ουσίας.

### **2.2.3 Αναλογία άνθρακα και πτητικών ουσιών**

Η περιεχόμενη χημική ενέργεια των καυσίμων είναι αποθηκευμένη σε δύο μορφές. Με αυτή του άνθρακα και με αυτή των πτητικών ουσιών των καυσίμων που αντιπροσωπεύουν την καύσιμη ύλη και την οργανική ύλη. Η βασική ανάλυση των καυσίμων της βιομάζας στηρίζεται στη μέτρηση της περιεχόμενης υγρασίας, της περιεκτικότητας του άνθρακα, της περιεκτικότητας των πτητικών ουσιών, της στάχτης και της κατώτερης θερμογόνου δύναμης. Η στοιχειακή ανάλυση όμως των καυσίμων αποτελεί και την ολοκληρωμένη ανάλυση αυτών. Κατά την στοιχειακή ανάλυση μετράται η περιεκτικότητα των καυσίμων σε C, H, N, S και O. Για την ποώδη βιομάζα, καθώς και για τα κλάσματα αποβλήτων, και το χλώριο είναι μεγάλης σημασίας. Οι ακόλουθες βασικές επισημάνσεις μπορούν να γίνουν για κάθε στοιχείο:

#### **Άνθρακας (C)**

Είναι προφανώς, το πιο σημαντικό συστατικό των καυσίμων βιομάζας. Προέρχεται κυρίως από το ατμοσφαιρικό CO<sub>2</sub> που έγινε μέρος της φυτικής ύλης μέσω της φωτοσύνθεσης. Ο άνθρακας συνεισφέρει το μεγαλύτερο μέρος στη συνολική θερμογόνο δύναμη του καυσίμου. Κατά την καύση μετατρέπεται πάλι σε CO<sub>2</sub>, το οποίο ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα.

Σε κάθε εφαρμογή καύσης, ένα μέρος του άνθρακα δεν καίγεται πλήρως και οδηγεί σε εκπομπές άκαυστων αερίων, κυρίως μονοξειδίου του άνθρακα ή πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων (PAHs). Ωστόσο, αυτό δε σχετίζεται με τη συνολική περιεκτικότητα σε άνθρακα αλλά με τις συνθήκες και τον εξοπλισμό καύσης. Η περιεκτικότητα του καυσίμου σε άνθρακα εξαρτάται άμεσα από την περιεκτικότητα σε λιγνίνη, ημικυτταρίνη και κυτταρίνη. Μια χαμηλή περιεκτικότητα σε λιγνίνη, όπως συμβαίνει στην ποώδη βιομάζα, οδηγεί σε μικρότερη περιεκτικότητα σε άνθρακα. Οι τυπικές τιμές είναι μεταξύ 44 – 50% κ.β. επί ξηρού. Καύσιμα πλούσια σε λιγνίνη, όπως το ελαιοπυρηνόξυλο, έχουν περιεκτικότητα σε άνθρακα μεγαλύτερη του 50% κ.β. επί ξηρού.

#### **Υδρογόνο (H)**

Είναι άλλο ένα κύριο συστατικό της βιομάζας, όπως αναμένει κανείς από τη χημική σύσταση των υδατανθρακικών και φαινολικών πολυμερών. Κατά την καύση, το υδρογόνο μετατρέπεται σε H<sub>2</sub>O και έχει σημαντική συνεισφορά στην όλη θερμογόνο ικανότητα. Η περιεκτικότητα σε υδρογόνο επηρεάζει τον υπολογισμό της κατώτερης θερμογόνου δύναμης από την πειραματικά μετρούμενη ανώτερη θερμογόνο δύναμη. Στην ποώδη βιομάζα, το

υδρογόνο βρίσκεται σε ποσοστά 5,5 – 6,0 % κ.β. επί ξηρού, συνήθως λίγο χαμηλότερο από το 6 – 8 % της ξυλώδους βιομάζας.

### **Άζωτο (N)**

Είναι το πιο σημαντικό θρεπτικό συστατικό για τα φυτά. Απορροφάται από το έδαφος ή από τα αζωτούχα λιπάσματα κατά την ανάπτυξη του φυτού. Εξαιτίας του γρήγορου ρυθμού ανάπτυξης και της χρήσης λιπασμάτων, τα είδη ποώδους βιομάζας τείνουν να έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα αζώτου (0,4 – 1,0 % κ.β. επί ξηρού) εν συγκρίσει με την ξυλώδη βιομάζα. Ακόμα μεγαλύτερες τιμές έχουν αναφερθεί για ορισμένα σιτηρά. Σε ορισμένα κλάσματα αποβλήτων, το περιεχόμενο του αζώτου μπορεί να είναι αρκετές ποσοστιαίες μονάδες, γεγονός που συνεισφέρει σημαντικά στην ευκολία βιοαποικοδόμησης σε βιοχημικές διεργασίες, όπως η χώνευση ή η ζύμωση.

Κατά την καύση το άζωτο δεν οξειδώνεται σε σημαντικές ποσότητες και ελευθερώνεται στην αέρια φάση ως N<sub>2</sub>. Επομένως, η συνεισφορά του στην όλη θερμογόνο ικανότητα είναι μηδενική. Ωστόσο, οι μικρές ποσότητες αζώτου που οξειδώνονται μετατρέπονται σε οξειδία του αζώτου, ένας από τους κύριους αέριους ρυπαντές από συστήματα βιομάζας. Έτσι, μια υψηλή περιεκτικότητα της βιομάζας σε άζωτο μπορεί να οδηγήσει, αν και αυτό εξαρτάται επίσης ισχυρά και από τις συνθήκες καύσης, τον έλεγχο και τον εξοπλισμό, σε υψηλές εκπομπές οξειδίων του αζώτου.

### **Θείο (S)**

Περιλαμβάνεται σε πολλές οργανικές δομές, όπως αμινοξέα, πρωτεΐνες και ένζυμα. Σε κλάσματα αποβλήτων, όπως ένα μείγμα οργανικών ενώσεων, αποτελούν το κύριο μέρος του καυσίμου και η περιεκτικότητά σε θείο μπορεί να είναι αρκετά μεγάλη σε ορισμένες περιπτώσεις. Μαζί με το άζωτο, το φώσφορο και το κάλιο, είναι ένα σημαντικό θρεπτικό συστατικό για την ανάπτυξη των φυτών.

Ο υψηλός ρυθμός ανάπτυξης των περισσότερων καλλιεργειών ποώδους βιομάζας σημαίνει ότι η συγκέντρωση θείου σε αυτά τα είδη βιομάζας είναι μεγαλύτερη από αυτή της ξυλώδους. Ενώ στο ξύλο, η περιεκτικότητά σε θείο μπορεί να είναι σχεδόν 0% (κάτω δηλαδή από το όριο ανίχνευσης των περισσότερων εργαστηριακών συσκευών) και φτάνει μέχρι 0,1% επί ξηρού σε εξαιρετικές περιπτώσεις, δείγματα ποώδους βιομάζας μπορεί να έχουν περιεκτικότητά σε θείο που κυμαίνεται από 0 έως 0,2% ή και περισσότερο. Σε κλάσματα αποβλήτων, τιμές μέχρι και 1 % έχουν αναφερθεί. Σε κάθε περίπτωση, το θείο αυτών των καυσίμων είναι χαμηλότερο σε σχέση με τους περισσότερους άνθρακες και ορισμένους τύπους υγρών ορυκτών καυσίμων.

Κατά την καύση, το θείο συνήθως οξειδώνεται και έχει μια πολύ μικρή συνεισφορά στη συνολική θερμογόνο ικανότητα. Ωστόσο, η πιο σημαντική του επίδραση αφορά στις αέριες εκπομπές, στον καθαρισμό του παραγόμενου αερίου σύνθεσης σε εφαρμογές αεριοποίησης και σε θέματα διάβρωσης.

### **Χλώριο (Cl)**

Είναι η πιο σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ της ποώδους και της απορριπτόμενης βιομάζας από τη μια και της ξυλώδους βιομάζας και των ανθράκων από την άλλη. Ενώ το χλώριο είναι παρόν σε αμελητέα σχεδόν ποσοστά στους άνθρακες και στο ξύλο (< 0,05 % επί ξηρού), οι πρώτες ύλες ποώδους βιομάζας έχουν περιεκτικότητά χλωρίου που κυμαίνεται

από μικρότερη του 0,1% σε 2% ή περισσότερο. Το χλώριο απορροφάται από τη φυτά από διάφορες περιβαλλοντικές πηγές και παίζει ρόλο σε ορισμένες φυσιολογικές τους λειτουργίες. Στα κλάσματα αποβλήτων, το κύριο μέρος του χλωρίου προέρχεται από το αλάτι που περιέχεται στα υπολείμματα φαγητού και από το πλαστικό (PVC) που μπορεί να περιέχεται στο οργανικό κλάσμα.

Κατά την καύση, το χλώριο μεταφέρεται σχεδόν πλήρως στην αέρα φάση και σχηματίζει HCl, Cl<sub>2</sub> και χλωριούχα αλκάλια. Τα προβλήματα που σχετίζονται με το χλώριο αφορούν θέματα εκπομπών (διοξίνες, διευκόλυνση σχηματισμού αερολυμάτων) και λειτουργίας (επικαθίσεις και διάβρωση μεταλλικών επιφανειών). Το χλώριο δεν είναι αποκλειστικά υπεύθυνο για αυτά τα θέματα (για τη διάβρωση και τις επικαθίσεις για παράδειγμα). Η επίδραση του χλωρίου εξαρτάται και από την περιεκτικότητα της βιομάζας σε αλκάλια. Γενικά πάντως, εάν το χλώριο είναι άνω του 0,1% κ.β. επί ξηρού τότε αναμένονται προβλήματα.

### **Οξυγόνο (O)**

Είναι ένα κύριο στοιχείο σε κάθε καύσιμο βιομάζας, όπως προφανώς προκύπτει από τη διεργασία φωτοσύνθεσης και τη χημική σύσταση των συστατικών της βιομάζας. Το οξυγόνο στο καύσιμο μειώνει την ποσότητα του απαιτούμενου αέρα για την καύση και βρίσκεται στα προϊόντα της καύσης ως χημικά δεσμευμένο στα μόρια του CO<sub>2</sub> και του H<sub>2</sub>O. Σημειώνεται ότι το οξυγόνο δε μετράται άμεσα εργαστηριακά. Η κατά βάρος σύστασή του εκτιμάται με την αφαίρεση από το 100% των συστάσεων όλων των άλλων στοιχείων (C, H, N, S, Cl) και της περιεκτικότητας σε τέφρας του ξηρού καυσίμου

#### **2.2.4 Η περιεκτικότητα σε τέφρα**

Η ποσότητα και η σύσταση της τέφρας (στάχτη) στη βιομάζα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες μεταξύ των οποίων είναι η προέλευση της βιομάζας, οι συνθήκες καλλιέργειας και συλλογής της, το είδος της λίπανσης της καλλιέργειας, την αποθήκευσή της και τις συνθήκες μεταφοράς της. Σημαντικός είναι και ο ρόλος της προεπεξεργασίας της βιομάζας πριν την εισαγωγή της στη διεργασία μετατροπής της σε καύσιμα ή ενέργεια. Η πλειοψηφία των παραπάνω παραγόντων είναι διαχειρίσιμη, οπότε είναι πιθανή η μείωση υψηλών τιμών τέφρας σε αποδεκτό επίπεδο. Η περιεκτικότητα σε τέφρα μπορεί να είναι χαρακτηριστική είτε της ίδιας της βιομάζας είτε να μεταβάλλεται κατά την συλλογή, μεταφορά αποθήκευση και επεξεργασία της. Συνεπώς, η τιμή της περιεκτικότητας σε τέφρα μπορεί να μεταβάλλεται σημαντικά από την μια πηγή βιομάζας στην άλλη.

Ο βασικότερος λόγος για τον οποίο είναι επιθυμητή η λιγότερη τέφρα έχει να κάνει με την επίδρασή της στο ενεργειακό περιεχόμενο της βιομάζας. Σε αντιστοιχία με την υγρασία, καθώς η τέφρα είναι ένας τρόπος εκτίμησης της μη καύσιμης ανόργανης ύλης της βιομάζας, επιδρά σημαντικά στο ενεργειακό περιεχόμενό της. Βασικά αυτές οι δύο παράμετροι ευθύνονται περισσότερο για τις διαφοροποιήσεις της ενέργειας κάθε βιομάζας: εάν τέφρα και υγρασία δεν ληφθούν υπόψη, τότε οι περισσότερες πηγές βιομάζας θα έχουν παραπλήσιο ενεργειακό περιεχόμενο. Για να γίνει πρακτικά κατανοητή η επίδραση της τέφρας, εκτιμάται πως το ενεργειακό περιεχόμενο υπολειμματικής φυτικής βιομάζας με μηδενική τέφρα και



υγρασία είναι περίπου 4,7 kWh/kg. Εάν η υγρασία αυξηθεί στο 15% και η τέφρα παραμείνει στο μηδέν, το ενεργειακό περιεχόμενο μειώνεται στις 4,2 kWh/kg. Αν στην τελευταία περίπτωση αυξηθεί και η τέφρα στο 2% υπάρχει περαιτέρω μείωση του περιεχομένου στα 3,9 kWh/kg. Τέλος, βιομάζα με υγρασία 15% και τέφρα 10% έχει ενεργειακό περιεχόμενο περίπου 3,6 kWh/kg. Πρέπει να σημειωθεί ότι η περιεκτικότητα σε τέφρα παρουσιάζεται ως κλάσμα βάρους επί της ξηράς ουσίας.

Σε πολλές διεργασίες ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας δεν είναι μόνο η ποσότητα της τέφρας που έχει σημασία αλλά, επίσης, και η χημική της σύσταση, καθώς η τέφρα συνεπάγεται την παραγωγή αποβλήτου που πρέπει να επεξεργαστεί και να απομακρυνθεί. Η σύσταση της τέφρας επηρεάζει τις θερμοχημικές διεργασίες μετατροπής (π.χ. καύση, αεριοποίηση, πυρόλυση) εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται. Η τηγμένη τέφρα, που μπορεί να προκύψει αναλόγως της χημικής σύστασής της τέφρας, απομακρύνεται και συλλέγεται δύσκολα και μπορεί να δημιουργήσει επικαθίσεις σε τμήματα του μηχανολογικού εξοπλισμού, αυξάνοντας τα κόστη συντήρησης, το κόστος λειτουργίας και τελικά, ολόκληρη την επένδυση. Μόνο υπό συγκεκριμένες συνθήκες και για επιλεγμένες πρώτες ύλες μπορεί να προκύψει τέφρα ικανή να χρησιμοποιηθεί ως χρήσιμο παραπροϊόν και να έχει εμπορική αξία. Σε διεργασίες βιοχημικής μετατροπής οι μηχανισμοί επίδρασης της τέφρας δεν έχουν ξεκαθαρισθεί πλήρως. Εντούτοις, έχει αποδειχθεί ότι ανόργανα συστατικά μπορούν να δράσουν ανασταλτικά στη ζύμωση της βιομάζας καθώς και στην αναερόβια χώνευση αποβλήτων.

### **2.2.5 Περιεχόμενα αλκαλικά μέταλλα**

Τα αλκαλικά μέταλλα που περιέχονται στη βιομάζα (Na, K, Mg, P, Ca) είναι πολύ σημαντικά για οποιαδήποτε θερμοχημική διαδικασία. Η αντίδραση των αλκαλικών μετάλλων με το περιεχόμενο στη τέφρα πυρίτιο παράγει ένα κολλώδες υγρό, το οποίο μπορεί να φράξει τους αεραγωγούς του λέβητα και του κλιβάνου. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι αυτό είναι πιθανόν να συμβεί ακόμη κι αν η φυσική περιεκτικότητα του πυριτίου στη βιομάζα είναι χαμηλή. Κατά την συλλογή της βιομάζας ποσότητες χώματος εισέρχονται στο χώρο επεξεργασίας αυτής, με αποτέλεσμα τη σημαντική αύξηση του ποσοστού του πυριτίου. Άμεση συνέπεια των παραπάνω είναι η εμφάνιση σημαντικών λειτουργικών δυσκολιών.

### **2.2.6 Αναλογία κυτταρίνης – λιγνίνης**

Η μέτρηση της κυτταρίνης και της λιγνίνης για μια βιομάζα δεν είναι πάντα πραγματοποιήσιμη, ιδίως σε εφαρμογές καύσης. Η κατανομή σε κυτταρίνη και λιγνίνη είναι πιο σχετική στην περίπτωση της παραγωγής υγρών βιοκαυσίμων και σε περιπτώσεις βιοχημικών διεργασιών μετατροπής (αναερόβια χώνευση και ζύμωση). Η λιγνίνη αποτελεί το πιο δύσκολο συστατικό στη χώνευση και μπορεί, εάν είναι παρούσα σε μεγάλες ποσότητες, να δημιουργήσει προβλήματα ή να ρίξει το συνολικό βαθμό μετατροπής σε αναερόβιους χωνευτήρες, ενώ η κυτταρίνη δεν είναι εύκολα ζυμώσιμη και μπορεί να προκαλέσει προβλήματα σε μονάδες παραγωγής αιθανόλης.

Μια σημαντική διαφορά της ποσότητας βιομάζας εν συγκρίσει με την ξυλώδη βιομάζα είναι η χαμηλότερη περιεκτικότητα σε λιγνίνη και η αυξημένη συγκέντρωση κυτταρίνης. Η περιεκτικότητα λιγνίνης της ποσότητας βιομάζας κυμαίνεται συνήθως από 15% μέχρι λίγο πάνω του 20%. Καθώς η λιγνίνη είναι λιγότερη οξειδωμένη (περιέχει δηλαδή λιγότερο

οξυγόνο) σε σχέση με την κυτταρίνη, έχει υψηλότερη θερμογόνο ικανότητα. Αυτό συνήθως μεταφράζεται σε χαμηλότερη θερμογόνο ικανότητα της πωδους βιομάζας σε σχέση με την ξυλώδη ή κάποια αγροβιομηχανικά υπολείμματα, π.χ. το ελαιοπυρηνόξυλο. Η μικρότερη περιεκτικότητα σε λιγνίνη επηρεάζει σε κάποιο βαθμό και την ταχύτητα καύσης

### 2.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Η βιομάζα μπορεί να μετατραπεί σε χρήσιμες ενεργειακές μορφές με έναν σημαντικό αριθμό διαφορετικών διαδικασιών. Οι κυριότεροι παράγοντες, που επηρεάζουν την διαδικασία μετατροπής της, είναι: το είδος και η ποσότητα της βιομάζας, η επιθυμητή μορφή ενέργειας, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και οι οικονομικές συνθήκες. Βέβαια στις περισσότερες περιπτώσεις, η επιθυμητή μορφή ενέργειας σε συνδυασμό με το είδος και την ποσότητα της βιομάζας, καθορίζουν τη μέθοδο μετατροπής.

Η ενεργειακή μετατροπή της βιομάζας, δίνει τρία κύρια ενεργειακά προϊόντα: θερμική, ηλεκτρική ενέργεια και καύσιμο μεταφοράς. Οι διαδικασίες οι οποίες ακολουθούνται για την παραγωγή του επιθυμητού προϊόντος χωρίζονται σε δύο κύριες μεθόδους μετατροπής: τη θερμοχημική μέθοδο και τη βιοχημική μέθοδο.

Στις θερμοχημικές διεργασίες χρησιμοποιούνται οι εξής τρεις βασικές μέθοδοι:

- Η καύση
- Η αεριοποίηση
- Η πυρόλυση

Στις βιοχημικές διεργασίες οι μέθοδοι οι οποίες χρησιμοποιούνται είναι:

- Η αλκοολική ζύμωση
- Η αναερόβια χώνευση

#### 2.3.1 Καύση

Σαν καύση ορίζεται η εξώθερμη οξειδωση των χημικών στοιχείων. Οι βασικές αντιδράσεις που περιγράφουν το παραπάνω φαινόμενο είναι:



Τέλεια καύση ονομάζεται η πλήρης καύση του άνθρακα και του υδρογόνου και η παραγωγή  $\text{CO}_2$  και  $\text{H}_2\text{O}$ . Για να εξασφαλιστεί η καύση ολόκληρης της ποσότητας του υπάρχοντος καυσίμου, είναι συνήθως απαραίτητη μία επιπλέον ποσότητα αέρα, η οποία ονομάζεται περίσσεια αέρα. Η ποσότητα αυτή είναι απαραίτητη λόγω της μη τέλειας μίξης καυσίμου-αέρα και εξαρτάται από το είδος και την ποιότητα του καυσίμου καθώς και από τον βαθμό ανάμιξης καυσίμου-αέρα.

Η απευθείας καύση είναι ο πιο συνηθισμένος τρόπος μετατροπής βιομάζας σε θερμότητα και ηλεκτρική ενέργεια, και παγκοσμίως παρέχει το 90% της ενέργειας που παράγεται από βιομάζα. Συγκρινόμενη με τις υπόλοιπες θερμοχημικές διεργασίες (αεριοποίηση, πυρόλυση), είναι πιο απλή και περισσότερο αναπτυγμένη. Η τεχνολογία της καύσης έχει αναπτυχθεί σημαντικά με εμφάνιση νέων συστημάτων αυτόματης τροφοδοσίας βιομάζας. Η καύση πραγματοποιείται σε εστίες με σταθερές ή κινούμενες εσχάρες είτε σε λέβητες ρευστοποιημένης κλίνης. Τα τελευταία χρόνια εξετάζεται η ταυτόχρονη καύση μικρών ποσοτήτων βιομάζας και άνθρακα.

### Συστήματα σταθερής κλίνης

Είναι η πιο διαδεδομένη τεχνολογία για την αποκλειστική καύση πούδους βιομάζας. Είναι κατάλληλη για κάθε είδος προβληματικού στερεού καυσίμου, π.χ. υψηλής υγρασίας, υψηλής περιεκτικότητας σε τέφρα και μεγάλου μεγέθους σωματιδίων. Η καύση σε αυτές τις μονάδες συνήθως λαμβάνει χώρα σε μια εσχάρα που βρίσκεται στον πυθμένα του λέβητα. Η καύσιμη βιομάζα τεμαχίζεται ή κόβεται πριν εισέλθει στον λέβητα, αλλά δε χρειάζεται να κονιοποιηθεί πλήρως. Με την είσοδό του στο θάλαμο καύσης, το καύσιμο αεριοποιείται πάνω στην εσχάρα. Τα θερμά καυσαέρια καίγονται στα άνω επίπεδα του θαλάμου καύσης, ενώ το εναπομένον εξανθράκωμα καίγεται στην εσχάρα και το μεγαλύτερο μέρος της παραγόμενης τέφρας συλλέγεται στο κατώτερο επίπεδο της εσχάρας. Μέρος της τέφρας παρασύρεται από τα καυσαέρια και πρέπει να συλλεχθεί από κατάλληλα συστήματα καθαρισμού, όπως ηλεκτροστατικά φίλτρα.

Η κίνηση του καυσίμου πάνω στην εσχάρα μπορεί να γίνεται μέσω της βαρύτητας και μόνο (σταθερές εσχάρες) ή με την εφαρμογή κάποιου είδους κίνησης της εσχάρας, από την οποία παίρνουν και το όνομά τους οι διάφοροι τύποι τεχνολογιών: σταθερές, δονούμενες, κυλιόμενες, μετακινούμενες ή περιστρεφόμενες εσχάρες. Οι σταθερές εσχάρες αποτελούν την απλούστερη και χαμηλότερου κόστους επένδυσης επιλογή, προσφέρουν όμως το μικρότερο έλεγχο των συνθηκών καύσης. Επιπρόσθετα, είναι πιο ευάλωτες στα προβλήματα που προκαλούν τα τηγμένα σωματίδια τέφρας. Οι δονούμενες εσχάρες χρησιμοποιούνται συχνά με καύσιμα που χαρακτηρίζονται από χαμηλές θερμοκρασίες τήξης τέφρας, όπως το άχυρο, καθώς η συνεχής δόνηση αποτρέπει το σχηματισμό μεγάλων συσσωματωμάτων τηγμένης τέφρας. Ωστόσο, η δόνηση μεταφέρει τελικά περισσότερο σωματίδια τέφρας στα καυσαέρια και επομένως, απαιτούνται πιο δραστικά μέτρα καθαρισμού των καυσαερίων



Εσωτερικό θαλάμου καύσης με κινούμενες εσχάρες

### Συστήματα ρευστοποιημένης κλίνης

Αναπτύχθηκαν αρχικά τη δεκαετία του 1970 για χρήση με άνθρακες υψηλής περιεκτικότητας σε θείο, η καύση των οποίων σε συμβατικά συστήματα θα οδηγούσε σε μη επιτρεπόμενα επίπεδα εκπομπών SO<sub>x</sub>. Η κύρια ιδέα πίσω από την τεχνολογία αυτή είναι η καύση του καυσίμου σε μια κλίνη γεμάτη από ένα «αδρανές» πληρωτικό υλικό, ενώ ο αέρας τροφοδοτείται από τον πυθμένα του θαλάμου καύσης. Εφόσον η ταχύτητα του αέρα είναι αρκετά μεγάλη, τα σωματίδια της κλίνης και του καυσίμου παρασύρονται και αιωρούνται και είναι στην πράξη «ρευστοποιημένα». Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι ρευστοποιημένων κλινών: οι αναβράζουσες ρευστοποιημένες κλίνες (BFB, Bubbling Fluidized Bed) και οι ρευστοποιημένες κλίνες ανακυκλοφορίας (CFB, Circulating Fluidized Bed). Στις αναβράζουσες ρευστοποιημένες κλίνες η ταχύτητα του αέρα είναι σχετικά χαμηλή και τα σωματίδια σχηματίζουν μια σαφώς καθορισμένη ζώνη στο θάλαμο καύσης, η οποία θυμίζει ένα αναβράζον υγρό. Στις ρευστοποιημένες κλίνες ανακυκλοφορίας η ταχύτητα ρευστοποίησης είναι μεγαλύτερη και τα σωματίδια εξέρχονται συνεχώς από το θάλαμο καύσης και πρέπει να «ανακυκλοφορήσουν» πίσω σε αυτόν αφού περάσουν από έναν κυκλώνα διαχωρισμού μεγέθους.

Τα συστήματα ρευστοποιημένων κλινών παρουσιάζουν αρκετά πλεονεκτήματα:

- Είναι ικανά να λειτουργούν με μεγάλο εύρος καυσίμων, με μεγάλες διακυμάνσεις ως προς το μέγεθος σωματιδίων, την περιεκτικότητα σε υγρασία και τέφρα.
- Έχουν μεγάλη θερμοχωρητικότητα και έτσι μπορούν να συνεχίσουν να λειτουργούν ακόμα κι αν η παροχή καυσίμου σταματήσει για μερικά λεπτά.
- Ο χρόνος παραμονής των σωματιδίων του καυσίμου είναι αρκετά μεγάλος. Έτσι, μπορεί να επιτευχθεί υψηλός βαθμός απόδοσης σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες λειτουργίας, με το πρόσθετο πλεονέκτημα της μείωσης των εκπομπών των θερμικών NO<sub>x</sub>.

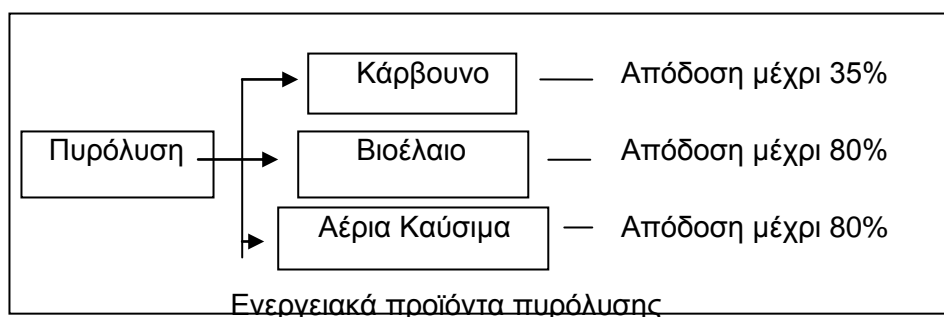
- Με χρήση κατάλληλων πρόσθετων στη ρευστοποιημένη κλίνη, τα εκπεμπόμενα SOx μπορούν να απορροφηθούν και να ελαχιστοποιηθούν χωρίς την καταφυγή σε ακριβά συστήματα δευτερεύοντος καθαρισμού.

Υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα αυτής της τεχνολογίας, όπως το υψηλό σωματιδιακό φορτίο που απαιτεί ιδιαίτερα αποδοτικά συστήματα απομάκρυνσης της σκόνης από τα καυσαέρια και η αυξημένη μηχανική διάβρωση των επιφανειών που είναι εκτεθειμένες στην κλίνη των σωματιδίων. Το πιο σημαντικό θέμα πάντως, και αυτό που αφορά περισσότερο την καύση πούδους βιομάζας είναι το φαινόμενο που ονομάζεται συσσωμάτωση.

Η πούδης βιομάζα χαρακτηρίζεται συνήθως από χαμηλές θερμοκρασίες τήξης τέφρας. Έτσι, τα σωματίδια της τέφρας που βρίσκονται στη ζώνη ρευστοποίησης είναι συχνά λιωμένα ή μισολιωμένα και κολλούν στην επιφάνεια των σωματιδίων της κλίνης, τα οποία με τη σειρά τους αρχίζουν να σχηματίζουν μεγαλύτερα συσσωματώματα. Αν το μέγεθος αυτών των συσσωματωμάτων γίνει αρκετά μεγάλα, τότε η ταχύτητα αέρα δεν επαρκεί πλέον για τη ρευστοποίηση και αυτά πέφτουν στον πυθμένα, οδηγώντας έτσι σε διακοπές λειτουργίας. Τα αλκάλια που περιέχονται στην πούδη βιομάζα μπορούν επίσης να αντιδράσουν με το πληρωτικό υλικό της κλίνης και να σχηματίσουν ευτηκτικές ενώσεις. Οι ρευστοποιημένες κλίνες υπόκεινται επίσης στα προβλήματα επικαθίσεων και διάβρωσης που παρατηρούνται κατά την καύση βιομάζας με υψηλές συγκεντρώσεις χλωρίου και αλκαλίων. Τέλος, οι ρευστοποιημένες κλίνες συνεπάγονται μεγαλύτερο κόστος επένδυσης σε σχέση με τους λέβητες εσχάρας.

### 2.3.2 Πυρόλυση

Η πυρόλυση είναι μια φυσικοχημική μέθοδος αποσύνθεσης της οργανικής ύλης, που επιτυγχάνεται με θέρμανση απουσία αέρος. Με τη διαδικασία της πυρόλυσης είναι δυνατή η παραγωγή αερίων και στερεών προϊόντων υψηλής θερμοαντικειμενικής αξίας καθώς επίσης και υγρών κατάλληλων να αντικαταστήσουν προϊόντα που βασίζονται στο πετρέλαιο.



Από τα παραγόμενα προϊόντα της πυρόλυσης υψηλότερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το βιοέλαιο. Το κάρβουνο που παράγεται συνήθως πωλείται ή χρησιμοποιείται καλύπτοντας ορισμένες θερμικές ανάγκες της διαδικασίας. Το παραγόμενο αέριο είναι μέτριας θερμοαντικειμενικής ισχύος και η χρήση του επικεντρώνεται στην παροχή θερμότητας κατά την μετατροπή της

βιομάζας. Εναλλακτικά το αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ξήρανση τροφίμων, αφού τα περισσότερα απαιτούν ήπια ξήρανση. Το παραγόμενο βιοέλαιο αποτελεί μίγμα τετρακοσίων και πλέον οξυγονούχων οργανικών ενώσεων ενώ η σύστασή του ποικίλει ανάλογα με τη πηγή προέλευσης της βιομάζας. Γενικά πάντως, οι κύριες ενώσεις που είναι παρούσες στο βιοέλαιο ανήκουν στις ακόλουθες ομάδες: οξέα, αλκοόλες, αλδεΐδες, εστέρες, κετόνες, σάκχαρα και φαινόλες. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο του πετρελαίου (έχει περίπου μισή θερμογόνο δύναμη του πετρελαίου), σε εφαρμογές θέρμανσης (λέβητες, φούρνους κ.λ.π.) αλλά και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (μηχανές εσωτερικής καύσης κ.ά.). Οι βασικές ιδιότητες του καυσίμου αυτού φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

		<b>Βιοέλαιο</b>	<b>Diesel</b>
Πυκνότητα Kg/m <sup>3</sup> στους 15°C		1220	854
Σύνθεση (%)	C	48.5	86.3
	H	6.4	12.8
	O	42.5	-
	S	-	0.9
Στάχτη (%κ.β.)		0.13	<0.01
Θειικά (%κ.β.)		0	0.15
Νερό (%κ.β.)		20.5	0.1
LHV (MJ/Kg)		17.5	42.9
Οξύτητα (pH)		3	-

Η πυρόλυση μπορεί να γίνει σε χαμηλή σχετικά θερμοκρασία (κάτω από 600°C) και σε πολύ υψηλή (600 - 1100°C). Η πυρόλυση σε θερμοκρασία μέχρι 600°C θεωρείται σήμερα σαν πιο κατάλληλη για την επεξεργασία γεωργικών λυμάτων με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας. Κατά την πυρόλυση διακρίνονται τέσσερις βασικές φάσεις απόσταξης:

1<sup>η</sup> φάση (100 - 120°C): Αποξήρανση πρώτης ύλης. Η αποξήρανση μπορεί να γίνει μέσα στον αποστακτήρα ή σε ξηραντήριο τοποθετημένο σε σειρά στην εγκατάσταση.

2<sup>η</sup> φάση (270 - 280°C): Σχηματισμός του πρώτου αποστάγματος που περιέχει λίγο οξικό οξύ και μεθανόλη.

3<sup>η</sup> φάση (280 - 350°C): Η κυρίως εξωθερμική αντίδραση αρχίζει στους 280°C με την απελευθέρωση ορισμένων αερίων. Με την άνοδο της θερμοκρασίας δημιουργείται ένα σύμπλεγμα μίγματος υγρών που συνοδεύεται από διάφορα αέρια.

4<sup>η</sup> φάση (350 - 600°C): Στους 350°C τελειώνει η φάση των κυριοτέρων χημικών αντιδράσεων και απαιτείται μεγαλύτερο ποσό θερμότητας για την εξαγωγή των υπόλοιπων

πτητικών ενώσεων από τους ξυλάνθρακες που παραμένουν στον πυθμένα του αποστακτήρα.

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που παρουσιάζονται κατά την πυρόλυση είναι η χαμηλή θερμική σταθερότητα και η υψηλή ικανότητα διάβρωσης του παραγόμενου βιοελαίου. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού έχουν αναπτυχθεί τεχνικές μείωσης του περιεχόμενου στο βιοέλαιο οξυγόνου και απομάκρυνσης από αυτό των αλκαλικών ουσιών.

### 2.3.3 Αεριοποίηση

Η αεριοποίηση της βιομάζας είναι μια ενδόθερμη θερμική διεργασία κατά την οποία η στερεή βιομάζα μετατρέπεται σε καύσιμο αέριο. Το παραγόμενο αυτό αέριο αποτελεί μίγμα πολλών καυσίμων (και μη) αερίων: μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ), υδρογόνο ( $\text{H}_2$ ), μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ), υδρατμοί ( $\text{H}_2\text{O}$ ), ίχνη υδρογονανθράκων (π.χ.  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ) και άζωτο ( $\text{N}_2$ , σε περίπτωση που για την διεργασία χρησιμοποιείται αέρας και όχι καθαρό οξυγόνο). Πέραν των παραπάνω ενώσεων στο αέριο προϊόν εμφανίζονται και διάφοροι επιμολυντές κυριότεροι εκ των οποίων είναι η σωματίδια πίσσας, τέφρα, αμμωνία, οξέα και σύνθετοι υδρογονάνθρακες.

Το καύσιμο προϊόν της διεργασίας αεριοποίησης ονομάζεται αέριο σύνθεσης (syngas). Σε περίπτωση που η διεργασία γίνει με τη χρήση αέρα (η πιο οικονομική και συνήθης επιλογή), το αέριο σύνθεσης έχει καθαρή θερμογόνο δύναμη περίπου  $4,6 \text{ MJ/ m}^3$  (περίπου το 1/7 εκείνης του φυσικού αερίου). Όταν χρησιμοποιείται καθαρό οξυγόνο αντί για αέρας, η θερμογόνος δύναμη του αερίου μπορεί ακόμα και να τριπλασιασθεί. Και στις δυο περιπτώσεις, πάντως, η θερμογόνος δύναμη κάνει το αέριο σύνθεσης κατάλληλο για την παραγωγή θερμότητας ή ηλεκτρισμού, με κατάλληλη χρήση του σε καυστήρες και αεριοστρόβιλους.

Από χημικής πλευράς, η διεργασία της αεριοποίησης της βιομάζας είναι αρκετά σύνθετη και περιλαμβάνει, κατά σειρά, τα ακόλουθα επιμέρους στάδια:

αποσύνθεση της οργανικής βιομάζας σε μη συμπυκνώσιμο αέριο, υδρατμούς και πίσσα, θερμική διάσπαση των ατμών σε αέριο σύνθεσης και πίσσα, αεριοποίηση της πίσσας και μερική οξειδωση του αερίου σύνθεσης, των ατμών και της πίσσας. Η απαιτούμενη θερμότητα για την αεριοποίηση της βιομάζας παρέχεται από την καύση μέρους της αρχικής ποσότητας της βιομάζας.

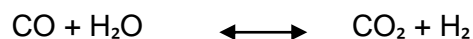
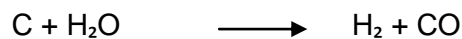
Η βασική διαδικασία που ακολουθείται κατά την αεριοποίηση είναι η τοποθέτηση του στερεού καυσίμου σε υψηλή θερμοκρασία της τάξης των  $1000^\circ\text{C}$  παρουσία οξυγόνου και ατμού. Η πίεση μπορεί να κυμαίνεται από τιμές λίγο μεγαλύτερες από την ατμοσφαιρική πίεση μέχρι τριάντα φορές πάνω από την ατμοσφαιρική. Αρχικά απελευθερώνονται τα πτητικά υλικά. Η αλληλεπίδραση του καυσίμου με το οξυγόνο και τον ατμό έχει σαν συνέπεια την παραγωγή ενός μείγματος αερίου αποτελούμενου κατά κύριο λόγο από μονοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο, κάποια ποσότητα μεθανίου, άλλων υδρογονανθράκων αλλά και πίσσας. Παράλληλα παράγεται διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Περαιτέρω συνέχιση της διαδικασίας θα έχει σαν συνέπεια την παραγωγή καθαρότερου αερίου προϊόντος. Αν αντί για οξυγόνο χρησιμοποιηθεί αέρας, θα υπάρχει επίσης άζωτο στο παραγόμενο αέριο με

αποτέλεσμα το αέριο καύσιμο που θα παραχθεί να έχει ενεργειακό περιεχόμενο της τάξης των 3-5 MJ/m<sup>3</sup>. Η χρήση καθαρού οξυγόνου έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή καλύτερου καυσίμου, έχει όμως αυξημένο κόστος, επομένως συμφέρει να χρησιμοποιηθεί μόνο αν γίνεται παραγωγή σε μεγάλη κλίμακα.

Πιο αναλυτικά, κατά την αεριοποίηση λαμβάνουν χώρα διαδοχικές χημικές διεργασίες. Αρχικά, καθώς ζεσταίνεται το στερεό καύσιμο απελευθερώνονται τα πτητικά υλικά και στη συνέχεια πυρόλυση και το καύσιμο χάνει το 70% του βάρους του. Στη συνέχεια πραγματοποιείται καύση με λίγο μικρότερο από το στοιχειομετρικό (δηλαδή πλούσιο σε καύσιμο μείγμα). Τα πτητικά προϊόντα και μέρος του στερεού καυσίμου αντιδρούν με το οξυγόνο παράγοντας διοξείδιο και μονοξείδιο του άνθρακα παρέχοντας την απαραίτητη θερμότητα για τη συνέχιση των αντιδράσεων της αεριοποίησης. Η αντίδραση που λαμβάνει χώρα στο στάδιο αυτό, αν αναπαραστήσουμε το καύσιμο με έναν άνθρακα είναι η ακόλουθη:



Στη συνέχεια, πραγματοποιείται η αεριοποίηση του στερεού καυσίμου όπου έχουμε τις παρακάτω αντιδράσεις:



Αυτό που συμβαίνει κατά τη διάρκεια της παραπάνω διαδικασίας στη ουσία είναι ότι επιτρέπουμε σε μικρή ποσότητα οξυγόνου να αντιδράσει με το καύσιμο, πραγματοποιώντας ατελή καύση, με αποτέλεσμα την παραγωγή μονοξειδίου του άνθρακα και ενέργειας που έχει σαν συνέπεια την πρόκληση περεταίρω αντιδράσεων που καταλήγουν στην παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα και υδρογόνου. Στο τέλος της διαδικασίας το αέριο που παράγεται έχει βρεθεί σε μια ισορροπία με συγκεκριμένες συγκεντρώσεις από όλα τα παραπάνω συστατικά.

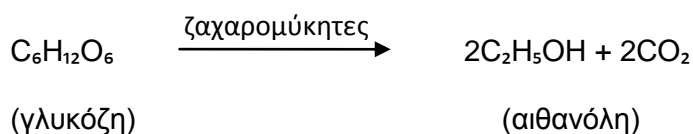
Καθοριστικό ρόλο στη διεργασία αεριοποίησης έχει και το είδος της φυτικής βιομάζας. Οι ιδιότητες της μπορεί να διαφέρουν σημαντικά αναλόγως την προέλευση της βιομάζας, με άμεση συνέπεια στην τεχνολογία της διεργασίας και την βιωσιμότητα της μονάδας. Οι παράμετροι της βιομάζας που εξετάζονται περισσότερο είναι η υγρασία του υλικού, η περιεκτικότητα της σε τέφρα, η στοιχειακή της ανάλυση, η θερμογόνος δύναμή της, η πυκνότητα και η κοκκομετρία της.

Πρέπει να τονισθεί ότι το αέριο σύνθεσης δεν χρησιμοποιείται απευθείας, καθώς εξέρχεται από τον αντιδραστήρα, στις μηχανές παραγωγής ενέργειας. Είναι απαιτούμενη η προεπεξεργασία του ώστε να μειωθούν οι ποσότητες των ακαθαρσιών που περιέχονται σε αυτό (πίσσα, αμμωνία, θείο, κ.λπ.) καθώς και η ψύξη του. Παράλληλα, εκτός του αερίου σύνθεσης, η διεργασία παράγει και κάποιες ποσότητες πίσσας (η ποσότητας της οποίας εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως π.χ. το είδος της βιομάζας). Εξαιτίας της υψηλής θερμογόνου δύναμης της, ως βέλτιστος τρόπος διαχείρισής της πίσσας θεωρείται η ενεργειακή εκμετάλλευσή της εντός της μονάδας αεριοποίησης. Αναμφίβολα η αεριοποίηση της βιομάζας είναι μια τεχνολογία πιο πολύπλοκη και με λιγότερες εμπορικές εφαρμογές, σε σχέση με την συνήθη καύση της βιομάζας. Τα πλεονεκτήματα, όμως, που παρουσιάζει, με κυριότερο όλων την πολύ μεγάλη αύξηση της ενεργειακής απόδοσης της μονάδας, έχει οδηγήσει στον διαρκή πολλαπλασιασμό τέτοιου είδους μονάδων τα τελευταία χρόνια.



### 2.3.4 Αλκοολική ζύμωση

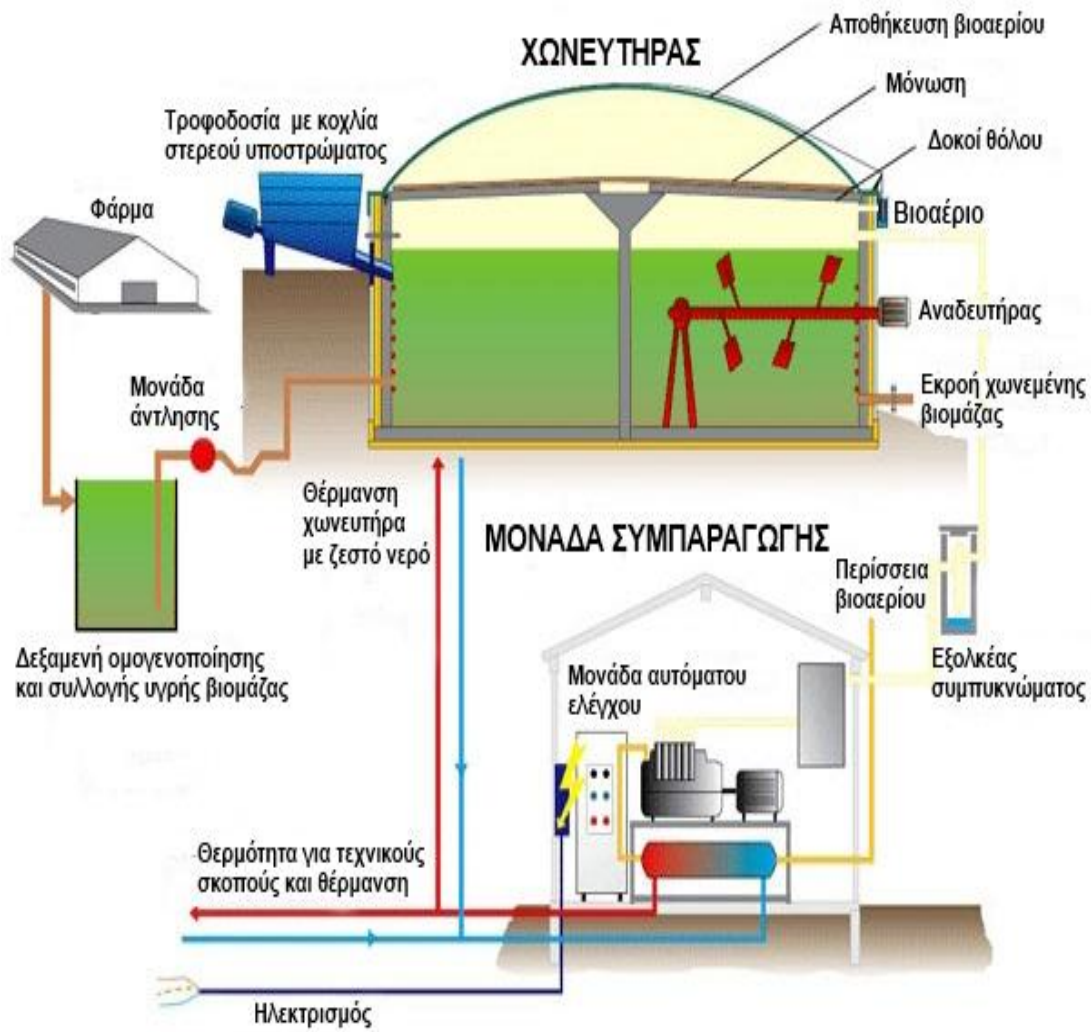
Η αλκοολική ζύμωση είναι μια βιολογική μέθοδος μετατροπής της βιομάζας σε αιθανόλη. Σχεδόν όλα τα φυτικά υλικά περιέχουν σάκχαρα ή πιο σύνθετες σακχαρικές ενώσεις. Οι ενώσεις αυτές μετατρέπονται σε αιθανόλη παρουσία μικροοργανισμών (ζύμες), οι οποίοι είναι απλοί μονοκύτταροι μύκητες και συγκεκριμένα του γένους των σακχαρομυκητών. Η διαδικασία είναι αρκετά πολύπλοκη αλλά μπορεί να εκφραστεί περιληπτικά με την αντίδραση:



Η ζύμωση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες οι σημαντικότεροι των οποίων είναι το pH του υλικού και η θερμοκρασία. Το άριστο pH για την δραστηριότητα των μικροοργανισμών είναι μεταξύ 3 και 5, ενώ η ιδανική θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 27 - 35°C. Ως πρώτη ύλη συνήθως χρησιμοποιούνται ζαχαρούχες καλλιέργειες όπως το ζαχαροκάλαμο και τα ζαχαρότευτλα, ενώ συχνή είναι η χρήση προϊόντων, όπως η πατάτα και το καλαμπόκι.

### 2.3.5 Αναερόβια Χώνευση

Η αναερόβια χώνευση είναι μια βιοχημική διεργασία ενεργειακής μετατροπής της βιομάζας, απουσία οξυγόνου, σε αέριο καύσιμο, το οποίο είναι γνωστό ως βιοαέριο. Το βιοαέριο είναι ένα μίγμα μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα, η καύση του οποίου μπορεί να δώσει θερμική και ηλεκτρική ενέργεια. Σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαερίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν κτηνοτροφικά, φυτικά και αστικά λύματα, με την προϋπόθεση ότι αυτά βρίσκονται σε ανάμιξη με νερό και σε αναλογία μέχρι 30% σε ξηρή ουσία.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### 3. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ

Όταν ξέσπασε η κρίση των τιμών του πετρελαίου το 1973 οδήγησε στην αναζήτηση πηγών ενέργειας προκειμένου να γίνει υποκατάσταση του πετρελαίου όπου αυτό ήταν δυνατόν. Οι ήπιες μορφές ενέργειας (βιομάζα, ηλιακή, αιολική) που είχαν εγκαταληφθεί λόγω της προσφερόμενης χαμηλής τιμής του πετρελαίου, ήρθαν πάλι στην επιφάνεια και η αναδρομή στο παρελθόν για τον τρόπο χρήσης τους ήταν επιβεβλημένη, όπως εξάλλου συμβαίνει και σε πολλούς άλλους τομείς. Η χρήση των ήπιων μορφών ενέργειας δεν είναι δυνατόν να λύσουν το ενεργειακό πρόβλημα στο σύνολό του, αλλά συμμετέχοντας σε ένα μεγάλο ποσοστό ασκούν μια διαρκή πίεση στις τιμές του πετρελαίου, για την διατήρηση της οικονομικής ισορροπίας, μέχρις ότου η επιστήμη να δώσει οριστική λύση στο πρόβλημα προσφέροντας βοήθεια ταυτόχρονα και στην ισορροπία του οικοσυστήματος. Διαφορετικοί τύποι βιομάζας και στερεών αποβλήτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν καύσιμο για να καλύψουν ένα ευρύ φάσμα δυνητικής ενεργειακής ανάκτησης. Ανάλογα διαφοροποιείται και ο αναγκαίος εξοπλισμός. Διαφορετικοί τύποι λέβητα, όπως ατμού, ζεστού νερού, διαθερμικού λαδιού μπορούν να συνδυαστούν με τον εξοπλισμό καύσης με σκοπό να καλύψουν τις ανάγκες της εγκατάστασης. Οι διαθέσιμες τεχνολογίες τροφοδοσίας είναι αυτοματοποιημένες για διάφορους τύπους βιομάζας.

Η βιομάζα μπορεί να μετατραπεί σε χρήσιμες μορφές ενέργειας με διαφορετικές διαδικασίες. Τα κυριότερα προϊόντα που αποδίδουν αυτές οι διαδικασίες είναι τα ακόλουθα τρία:

1. ενέργεια με τη μορφή θερμότητας
2. ενέργεια με τη μορφή ηλεκτρισμού
3. καύσιμα μεταφοράς ή για αυτόνομη χρήση

Οι κύριες διαδικασίες για τη μετατροπή και αξιοποίηση είναι οι ακόλουθες τρεις:

- Θερμοχημικές διαδικασίες
- Βιοχημικές διαδικασίες
- Μηχανικές για παραγωγή βιοντίζελ (με εστεροποίηση)

#### 3.1 Παραγωγή θερμότητας

##### 3.1.1 Άμεση καύση:

Η παλαιότερη χρήση της βιομάζας είναι η καύση. Επιτυγχάνεται παρουσία αέρα σε θερμοκρασίες, που κυμαίνονται από 1000-1500°0 και παρέχει θερμότητα, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διάφορους τρόπους.

##### 3.1.2 Πυρόλυση:

Πυρόλυση είναι η μετατροπή της βιομάζας σε υγρά (βιοέλαιο) προϊόντα, με τη θέρμανσή της απουσία αέρα σε θερμοκρασία γύρω στους 500 °c. Η πυρόλυση μπορεί να παράγει αποκλειστικά βιοέλαιο, με βαθμό απόδοσης μέχρι και 80% με τη διαδικασία της αστραπιαίας πυρόλυσης (flash pyrolysis). Το βιοέλαιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο του πετρελαίου ( 40% της θερμογόνου δύναμης του πετρελαίου) σε εφαρμογές θέρμανσης, λέβητες, φούρνους αλλά και μηχανές εσωτερικής καύσης. Εναλλακτικά το βιοέλαιο υφίσταται αεριοποίηση για την παραγωγή συνθετικού αερίου (syngas) που στη συνέχεια μετατρέπεται σε καύσιμο (sundiesel). Τα υποπροϊόντα της πυρόλυσης που δεν αεριοποιούνται χαρακτηρίζονται ως κάρβουνο και τέφρα.

### **3.1.3 Οικιακή θέρμανση με βιομάζα**

Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση κτιρίων σε τζάκι, σόμπα ή σύστημα κεντρικής θέρμανσης. Η καύση ξύλων σε σόμπες είναι ευρύτατα διαδεδομένη σήμερα σε αγροτικά σπίτια, όπου υπάρχουν μεγάλες ποσότητες βιομάζας, κυρίως από το κόψιμο δένδρων και κυρίως ελιάς. Τα παραδοσιακά τζάκια έχουν βαθμό απόδοσης, που κυμαίνεται μεταξύ 10-20%, ενώ μερικές σύγχρονες κατασκευές τζακιών επιτυγχάνουν υψηλούς βαθμούς απόδοσης της τάξης του 60-80% και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για θέρμανση ολόκληρης της κατοικίας. Τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης με χρήση ξύλων ή πυρηνόξυλου χρησιμοποιούνται σαν εναλλακτική λύση των συστημάτων θέρμανσης με καυστήρα πετρελαίου ή φυσικού αερίου. Στην περίπτωση αυτή ο ιδιοκτήτης αγοράζει το πυρηνόξυλο σε σακιά από ένα πυρηνελαιουργείο και κατά τακτά χρονικά διαστήματα γεμίζει το σιλό του καυστήρα. Το κόστος του καυστήρα για χρήση πυρηνόξυλου είναι ελαφρά μεγαλύτερο από εκείνο του πετρελαίου ή του υγραερίου. Όμως, το κόστος του πυρηνόξυλου σε σχέση με την ενεργειακή του αξία είναι χαμηλότερο από του πετρελαίου ή του υγραερίου. Η ενεργειακή αξία του ξύλου και του πυρηνόξυλου είναι περίπου 3500 kcal/Kg, δηλαδή περίπου το ένα τρίτο του πετρελαίου. Για τη θέρμανση μιας κατοικίας με πυρηνόξυλο με ανάγκες 15.000 kcal/ώρα και εφόσον ο βαθμός απόδοσης του συστήματος κεντρικής θέρμανσης είναι 70%, απαιτούνται περίπου 6 χλγ/ώρα πυρηνόξυλου. Εφόσον στην ίδια κατοικία χρησιμοποιηθεί ντήζελ και ο βαθμός απόδοσης του συστήματος θέρμανσης είναι 80%, απαιτούνται περίπου 1,875 kg/ώρα ντήζελ. Επομένως, είναι αρκετά συμφέρουσα η θέρμανση κτιρίων με πυρηνόξυλο αντί του ντήζελ, τουλάχιστον με τις σημερινές τιμές των καυσίμων αυτών.

### **3.1.4 Θερμότητα σε βιοτεχνίες-βιομηχανίες**

Πολλές βιομηχανίες οι οποίες έχουν αυξημένες απαιτήσεις σε θερμότητα καταφεύγουν στην εγκατάσταση μονάδων καύσης βιομάζας για την παραγωγή της. Φούρνοι, ασβεστοκάμινοι, εκκοκκιστήρια, πυρηνελαιουργεία, βιομηχανίες ρυζιού καθώς και βιοτεχνίες κονσερβοποίησης κ.ά. έχουν καθιερώσει τη χρήση της κυρίως λόγω του ότι η βιομάζα προκύπτει σε σημαντικές ποσότητες σαν υπόλειμμα ή υποπροϊόν της παραγωγικής τους διαδικασίας, αλλά και της χαμηλής τιμής της σε σχέση με τη θερμιδική αξία της, όπως προαναφέρθηκε για το πυρηνόξυλο. Ορισμένα πυρηνελαιουργεία διαθέτουν μονάδες διαχωρισμού του πυρηνόξυλου σε ένα κυτταρινούχο τμήμα και σε ένα άλλο τμήμα πλούσιο σε πρωτεΐνες, που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία ζωοτροφών. Το κυτταρινούχο τμήμα του πυρηνόξυλου, μετά το διαχωρισμό του, έχει μεγαλύτερη θερμογόνο δύναμη από το πυρηνόξυλο πριν το διαχωρισμό.

### **3.1.5 Θέρμανση θερμοκηπίων**

Η αξιοποίηση της βιομάζας σε μονάδες παραγωγής θερμότητας για τη θέρμανση θερμοκηπίων αποτελεί μία ενδιαφέρουσα και οικονομικά συμφέρουσα προοπτική για τους ιδιοκτήτες τους. Ήδη, στο 10% περίπου της συνολικής έκτασης των θερμαινόμενων θερμοκηπίων της χώρας, αξιοποιούνται διάφορα είδη βιομάζας. Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη γεωργία για θέρμανση γεωργικών και κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων, για ξήρανση γεωργικών προϊόντων κ.ά. Τα τελευταία 15 χρόνια η παραγωγή θερμότητας με καύση βιομάζας για θέρμανση θερμοκηπίων εξαπλώθηκε με γρήγορους ρυθμούς στη χώρα μας. Αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην αφθονία και στο μηδαμινό κόστος των πρώτων υλών τα οποία είναι υποπροϊόντα ή υπολείμματα της ίδιας της εγκατάστασης, αλλά και λόγω των εθνικών και ευρωπαϊκών πόρων που διατέθηκαν για την κατασκευή θερμοκηπίων με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με έμφαση στη βιομάζα. Μία μέθοδος θέρμανσης θερμοκηπίων με χρήσης βιομάζας που τείνει να καθιερωθεί είναι η θέρμανση με καύση πυρηνόξυλου. Το θερμό νερό που παράγεται κυκλοφορώντας σε επιδαπέδιο σύστημα σωληνώσεων που βρίσκεται εντός του θερμοκηπίου θερμαίνει το χώρο. Το πυρηνόξυλο μεταφέρεται με αυτοματισμό στον καυστήρα. Στην περίπτωση επιδαπέδιου συστήματος

πλαστικών σωληνώσεων η θερμοκρασία του θερμού νερού κυμαίνεται στους 50°C. Σημαντικό πλεονέκτημα των συστημάτων αυτών είναι ότι αυτοματοποιούνται πλήρως και μπορούν να επιτύχουν πλήρη έλεγχο της θερμοκρασίας εντός του θερμοκηπίου. Γενικώς η κάθε εγκατάσταση καύσης βιομάζας πρέπει να σχεδιαστεί ανάλογα με το υποπροϊόντα και τις ανάγκες του κάθε θερμοκηπίου. Στην Ελλάδα η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ιδιαίτερα όταν τα θερμοκήπια βρίσκονται κοντά σε ελαιοπαραγωγικές περιοχές, οι οποίες είναι αρκετές και που υπάρχει διαθέσιμο ελαιοπυρηνόξυλο.

Τα συστήματα αυτά θέρμανσης παρουσιάζουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- χαμηλό κόστος καυσίμου
- δυνατότητα πλήρους αυτοματισμού
- ύπαρξη τοπικά της ενεργειακής πρώτης ύλης.

Τα συστήματα θέρμανσης με βιομάζα απαρτίζονται συνήθως από τα εξής μέρη:

- αποθήκη βιομάζας
- σιλό τροφοδοσίας του καυστήρα
- καυστήρας
- σύστημα διανομής της θερμότητας
- εξοπλισμό ελέγχου και ασφαλείας
- εξοπλισμός ελέγχου εκπομπών καυσαερίων και αιθάλης

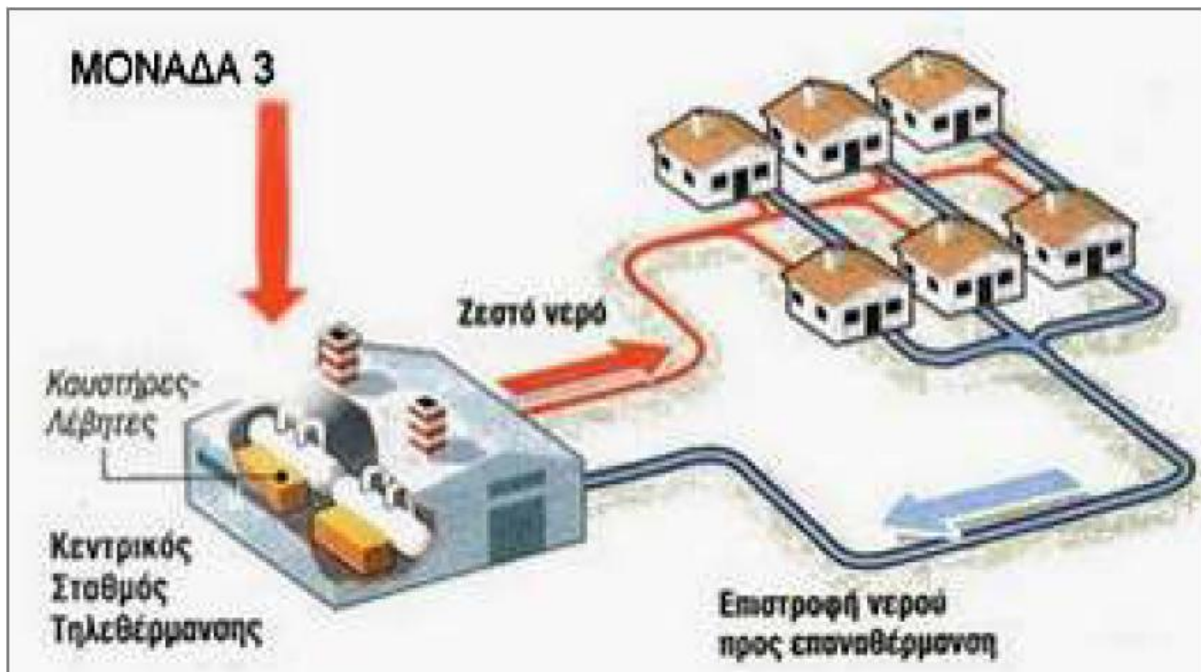
### **3.1.6 Βιομάζα για τηλεθέρμανση.**

Ένα σύστημα τηλεθέρμανσης είναι μια εγκατάσταση που σκοπό έχει να τροφοδοτήσει με θερμική ενέργεια οικιακούς, εμπορικούς και βιομηχανικούς καταναλωτές μέσω ενός δικτύου μεταφοράς και διανομής της θερμότητας αυτής, από μία ή περισσότερες εγκαταστάσεις παραγωγής θερμότητας. Η θερμότητα διανέμεται προς τα επιμέρους θερμαινόμενα κτίρια με θερμό νερό ή ατμό μέσω σωληνώσεων, και η οικονομική εκμετάλλευση ανήκει σε επιχειρήσεις ή δήμους, όπως στα συστήματα ύδρευσης. Η πρωτογενής ενέργεια για την παραγωγή της θερμότητας στους σταθμούς παραγωγής ή συμπαραγωγής, μπορεί να προέρχεται από συμβατικά ορυκτά καύσιμα (λιγνίτης - πετρέλαιο ή φυσικό αέριο) ή πυρηνικά (σε θερμοδυναμικούς κύκλους συμπαραγωγής) ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (γεωθερμία, ηλιακή ενέργεια, βιομάζα κλπ.).

Διαφέρει από την κλασική μέθοδο παραγωγής και κατανάλωσης θερμότητας, σύμφωνα με την οποία η εγκατάσταση παραγωγής βρίσκεται στον τόπο κατανάλωσης, π.χ. οικιακοί λέβητες. Γι' αυτό και ονομάστηκε τηλεθέρμανση. Η θερμότητα μπορεί να προορίζεται για θέρμανση χώρων και παρασκευή θερμού νερού χρήσης, οπότε η εγκατάσταση χαρακτηρίζεται ως τηλεθέρμανση πόλεων και οικισμών. Αν προορίζεται για βιομηχανική ή γεωργική χρήση, χαρακτηρίζεται αντίστοιχα βιομηχανική και αγροτοβιοτεχνική θερμότητα. Η παραπάνω διάκριση είναι σκόπιμη εξαιτίας της διαφορετικής θερμοκρασίας και του ποσού θερμότητας που απαιτείται. Έτσι τα θερμικά φορτία για θέρμανση χώρων απαιτούν θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 80°C στα δίκτυα της τηλεθέρμανσης. Τα αγροτοβιοτεχνικά φορτία (θερμοκήπια - ξηραντήρια κλπ) απαιτούν χαμηλότερες θερμοκρασίες, ενώ τα βιομηχανικά φορτία καλύπτουν μεγαλύτερο εύρος θερμοκρασιών.

Η μεταφορά και διανομή της θερμικής ενέργειας γίνεται με κατάλληλα εγκατεστημένα συστήματα αγωγών και ο φορέας μεταφοράς της θερμότητας είναι θερμό ή υπέρθερμο νερό (δηλαδή νερό σε θερμοκρασίες πάνω από 100°C, το οποίο σε ατμοσφαιρική πίεση θα γινόταν ατμός, παραμένει όμως νερό σε υψηλότερες πιέσεις που επικρατούν στο σύστημα, μεγαλύτερες των 3 atm) ή ατμός. Οι αγωγοί, στο σύνολο τους σχεδόν, είναι χαλύβδινοι και

περιβάλλονται από θερμομονωτικό υλικό για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών. Σήμερα οι αγωγοί είναι πλέον υπόγειοι, προμονωμένοι και ο καταναλωτής τροφοδοτείται άμεσα ή με την παρεμβολή θερμικού εναλλάκτη. Για την κυκλοφορία του θερμού / υπέρθερμου νερού στα δίκτυα αυτά χρησιμοποιούνται αντλίες - κυκλοφορητές.



Απεικόνιση βασικού συστήματος τηλεθέρμανσης

Στην Ελλάδα δίκτυο τηλεθέρμανσης διαθέτουν η Πτολεμαίδα, η Κοζάνη, το Αμύνταιο και η Μεγαλόπολη, προς το παρόν σε κανένα από αυτά τα δίκτυα η θέρμανση δε γίνεται με καύση βιομάζας. Ενδιαφέρουσα εγκατάσταση συστήματος τηλεθέρμανσης μικρότερης κλίμακας έχει υλοποιήσει η ελληνική βιομηχανία ΕΛΑΪΣ. Πρόκειται για την παροχή ζεστού νερού από το εργοστάσιο προς σχολικό συγκρότημα τεσσάρων σχολείων απέναντι από τις εγκαταστάσεις της, εξασφαλίζοντας τη δωρεάν θέρμανση όλο το 24ωρο σε 2.000 μαθητές.

Εργοστάσιο	Δυναμικότητα (MW <sub>th</sub> )	Κατάσταση
Πτολεμαίδα	50	Σε λειτουργία
Κοζάνη	67	Σε λειτουργία
Αμύνταιο	40	Σε λειτουργία
Μεγαλόπολη	20	Σε λειτουργία
Φλώρινα	70	Υπό κατασκευή
177 MW <sub>th</sub> εγκατεστημένες		
70 MW <sub>th</sub> υπό κατασκευή		

Τηλεθέρμανση στην Ελλάδα

## **Οι εγκαταστάσεις τηλεθέρμανσης διακρίνονται ανάλογα:**

### 1. Με τον φορέα σε

- εγκαταστάσεις θερμού νερού (έως 110°C)
- εγκαταστάσεις υπέρθερμου νερού (άνω των 110°C)
- εγκαταστάσεις ατμού

### 2. Με τον τρόπο παροχής σε

- Απευθείας, όπου ο φορέας θερμότητας κυκλοφορεί και στο δίκτυο σωληνώσεων τουκαταναλωτή. Ο τρόπος αυτός σύνδεσης συνήθως είναι φθηνότερος από την έμμεσησύνδεση διότι δεν υπάρχει το επιπλέον κόστος για τον εναλλάκτη θερμότητας και τηνεπεξεργασία του νερού. Η χημική επεξεργασία του νερού του δικτύου γίνεταικεντρικά και πρέπει να παρακολουθείται συνεχώς η ποιότητα του νερού ώστε να μη δημιουργούνται προβλήματα.
- Έμμεσες, όπου στον υποσταθμό του κτιρίου υπάρχει εναλλάκτης θερμότητας. Τοπλεονέκτημα της έμμεσης σύνδεσης είναι ότι η εγκατάσταση θέρμανσης δενεπηρεάζεται ούτε από την πίεση ούτε από την ποιότητα του νερού του δικτύουηλεθέρμανσης. Μειονεκτήματα είναι το επιπλέον κόστος για τον εναλλάκτη και τοδοχείο διατολής που είναι απαραίτητο στην εγκατάσταση κάθε κτιρίου.

### 3. Με το μέγεθος

### 4. Με το είδος των θερμαινόμενων κτηρίων σε

- θέρμανση οικοδομικών τετραγώνων, για την αυτόνομη θέρμανση ενός ή περισσοτέρων οικοδομικών τετραγώνων αλλά και σχολείων, νοσοκομείων, στρατοπέδων κ.λπ.. Συνήθως υπάρχει ξεχωριστό κτίριο για τις εγκαταστάσεις.
- θέρμανση εργοστασίων, όπου η εγκατάσταση παρέχει εκτός από τη θέρμανση και βιομηχανική θερμότητα
- θέρμανση πόλεων, για τη θέρμανση κατοικιών κλπ. αλλά και βιομηχανικών εγκαταστάσεων σε εμπορική βάση

Τα συστήματα τηλεθέρμανσης απαιτούν μεγάλες δαπάνες αρχικής εγκατάστασης. Τα οικονομικά κριτήρια μιας τέτοιας εγκατάστασης εξετάζονται παράλληλα με τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν για το περιβάλλον από την πιθανή αξιοποίηση:

- ποσοτήτων ενέργειας οι οποίες απορρίπτονται αναξιοποίητες στο περιβάλλον από μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση (συμπαραγωγή)
- απόβλητης θερμότητας από βιομηχανίες
- διαθέσιμων φυσικών πηγών (γεωθερμικά πεδία)

## **Τμήματα εγκαταστάσεων τηλεθέρμανσης:**

Μια εγκατάσταση τηλεθέρμανσης αποτελείται από τα παρακάτω τμήματα:

• **Τον κεντρικό σταθμό παραγωγής ενέργειας.** Η παραγωγή θερμικής ενέργειας μπορεί να είναι είτε αυτόνομη είτε συνδυασμένη με παράλληλη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η πρωτογενής ενέργεια για την παραγωγή της θερμότητας στους σταθμούς παραγωγής ή συμπαραγωγής μπορεί να προέρχεται από συμβατικά ορυκτά καύσιμα, από γεωθερμία, από ηλιακής ενέργειας, από καύση απορριμμάτων ή βιομάζα. Οι κεντρικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας περιλαμβάνουν τους λέβητες ή τους εναλλάκτες θερμότητας ως κύριες μονάδες και συμπληρωματικά τους καυστήρες, τις δεξαμενές καυσίμου, τις αντλίες, τις μονάδες επεξεργασίας νερού (αποσκλήρυνση), τα όργανα μετρήσεων, ασφαλείας και ελέγχου, τις καπνοδόχους κλπ ανάλογα με τις διεργασίες που πραγματοποιούνται. Στον κεντρικό σταθμό παραγωγής ενέργειας είναι εγκατεστημένος όλος ο εξοπλισμός για την παραγωγή ατμού, θερμού ή υπέρθερμου νερού. Στους σταθμούς συμπαραγωγής και σε πολλές βιομηχανικές μονάδες παράγεται ατμός που χρησιμεύει ως φορέας θερμότητας και διανέμεται απευθείας στο δίκτυο τηλεθέρμανσης είτε μετατρέπεται σε θερμό ή υπέρθερμο νερό μέσα σε κατάλληλους εναλλάκτες ατμού-νερού. Στα ατυχήματα με φορέα θερμότητας το νερό, στον κεντρικό σταθμό παραγωγής ενέργειας είναι εγκατεστημένοι οι λέβητες θερμού ή υπέρθερμου νερού και όλα τα άλλα απαραίτητα μηχανήματα και συσκευές.

• **Το δίκτυο διανομής θερμότητας.** Το δίκτυο διανομής συνίσταται από ένα δίκτυο σωληνώσεων για τη μεταφορά της θερμότητας με φορέα τον ατμό, το θερμό ή το υπέρθερμο νερό. Το δίκτυο σωληνώσεων αποτελείται συνήθως από προμονωμένους χαλύβδινους αγωγούς οι οποίοι οδεύουν ή απευθείας μέσα στο έδαφος ή σε υπόγεια κανάλια από μπτετόν.

• **Τους υποσταθμούς των κτιρίων.** Στους υποσταθμούς των κτιρίων συνδέονται οι εγκαταστάσεις των καταναλωτών με το δίκτυο. Η θερμική ενέργεια που παράγεται στον κεντρικό σταθμό παραγωγής ενέργειας, μεταφέρεται μέσω του δικτύου διανομής στους καταναλωτές. Η παροχή της θερμότητας στην εγκατάσταση θέρμανσης γίνεται στον υποσταθμό κάθε κτιρίου είτε απευθείας είτε μέσω εναλλάκτη θερμότητας.

**Κάθε υποσταθμός αποτελείται από:**

• **Το σταθμό απόδοσης θερμότητας**

• **Το μηχανοστάσιο του κτιρίου** Τα συστήματα τηλεθέρμανσης απαιτούν μεγάλες δαπάνες αρχικής εγκατάστασης. Τα οικονομικά κριτήρια μιας τέτοιας εγκατάστασης εξετάζονται παράλληλα με τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν για το περιβάλλον από την πιθανή αξιοποίηση ποσοτήτων ενέργειας οι οποίες απορρίπτονται αναξιοποίητες στο περιβάλλον από μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση, απόβλητης θερμότητας από βιομηχανίες και διαθέσιμων φυσικών πηγών όπως τα γεωθερμικά πεδία και η βιομάζα.

**Πλεονεκτήματα τηλεθέρμανσης**

- Κατάργηση της μεμονωμένης μεταφοράς καυσίμων στα κτίρια
- Μείωση του κόστους συντήρησης των εγκαταστάσεων κεντρικής θέρμανσης στα μεμονωμένα κτίρια, λόγω της κατάργησης του λέβητα
- Εξάλειψη των κινδύνων πυρκαγιάς και ατυχημάτων στα μεμονωμένα κτίρια από την εγκατάσταση θέρμανσης
- Ελάττωση των θορύβων από τη λειτουργία της κεντρικής θέρμανσης
- Εξοικονόμηση χώρων στα κτίρια λόγω της κατάργησης του λέβητα, της δεξαμενής καυσίμου και της καπνοδόχου.
- δυνατότητα κεντρικού ελέγχου των ρύπων, ιδιαίτερα του SO<sub>2</sub> και των NO<sub>x</sub> των καυσαερίων
- Μεγάλος βαθμός απόδοσης. Ο βαθμός απόδοσης σε μερική λειτουργία ενός κεντρικού σταθμού παραγωγής θερμότητας είναι μεγαλύτερος από ότι σε πολλούς μικρούς



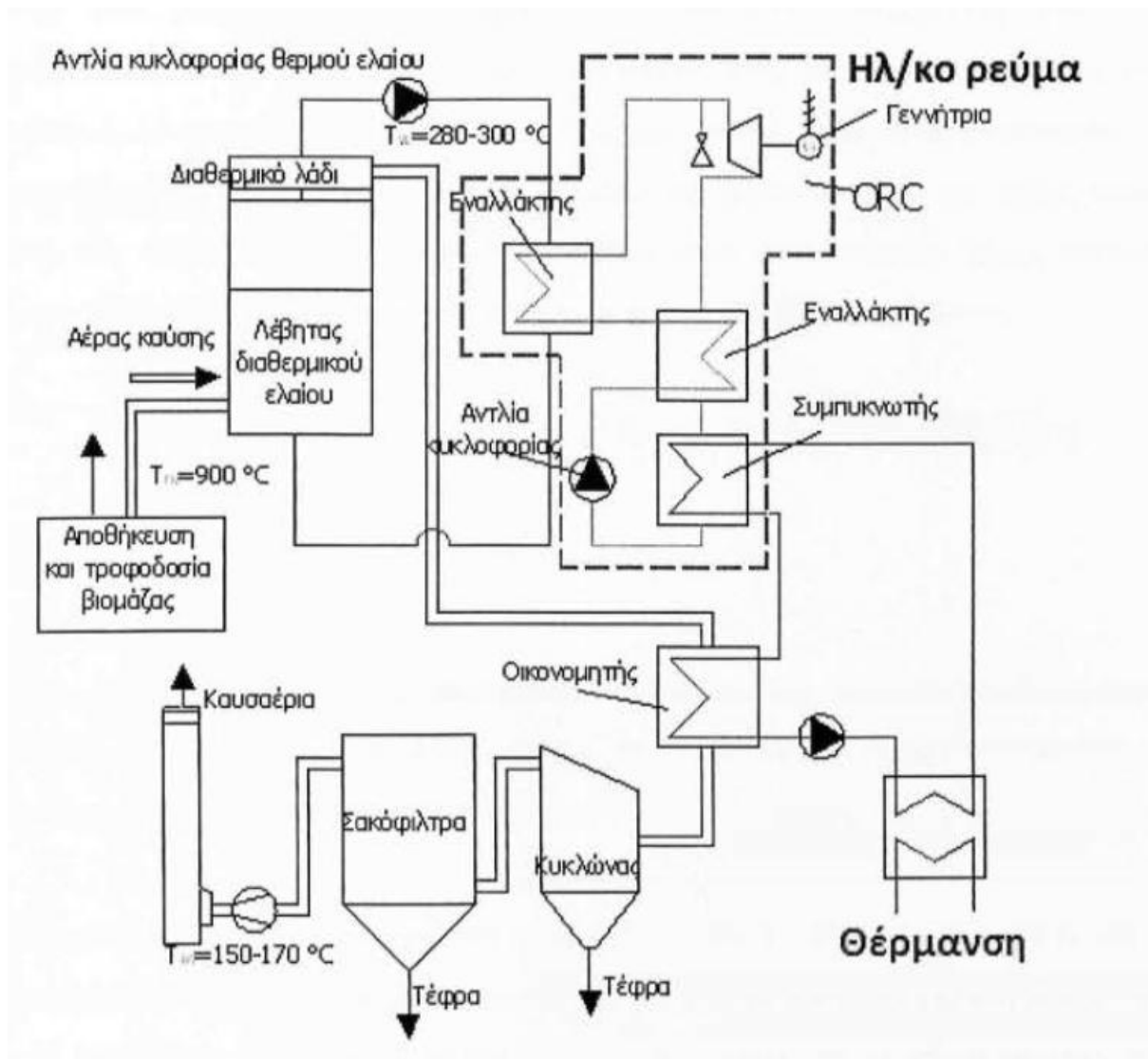
## 3.2 Αξιοποίηση βιομάζας προς ηλεκτρική ενέργεια

### 3.2.1 Άμεση καύση βιομάζας

Η καύση είναι μια αερόβια διαδικασία από την οποία μετασχηματίζεται η χημική ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στην οργανική ύλη σε ενεργειακά προϊόντα, άρα και σε ηλεκτρισμό, με τη χρήση διαφόρων ειδών εξοπλισμού όπως κλίβανους, φούρνους, ατμοστρόβιλους, στροβιλοκινητήρες κ.α. Από την καύση της βιομάζας παράγονται θερμά αέρια σε θερμοκρασίες γύρω στους 800 °C με 1000 °C. Η καύση προτιμάται για πρώτες ύλες των οποίων η περιεκτικότητα σε υγρασία δεν υπερβαίνει το 50%, εκτός και αν έχουν προ ξηραθεί. Η κλίμακα των εργοστασίων καύσης κυμαίνεται από πολύ μικρή (οικιακή) μέχρι βιομηχανική 5-500 MW, το οποίο αποτελεί έναν ακόμα λόγο για την ευρεία διάδοσή της. Στα συστήματα καύσης βιομάζας που είναι σε εμπορική χρήση σε όλο τον κόσμο, χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνολογίες άμεσης καύσης, οι οποίες διαμορφώνονται κυρίως βάση της τοπικής διαθεσιμότητας σε πρώτες ύλες. Σε γενικές γραμμές με την άμεση καύση δεν υφίσταται ιδιαίτερος περιορισμός όσον αφορά την πρώτη ύλη. Εργοστάσια αποκλειστικά καύσης βιομάζας μπορούν να καίνε ένα μεγάλο εύρος καυσίμων, συμπεριλαμβανομένων και αποβλήτων. Επίσης, η χρήση της βιομάζας ως συμπληρωματικό καύσιμο σε μονάδες που καίνε άνθρακα είναι μια ιδιαίτερα ελκυστική πρακτική εξαιτίας της υψηλής απόδοσης μετασχηματισμού που επιτυγχάνεται στις μονάδες αυτές. Γενικά, η καθαρή απόδοση για μονάδες καύσης βιομάζας κυμαίνεται από 20% έως 40%. Οι μεγαλύτερες αποδόσεις επιτυγχάνονται στα συστήματα ισχύος άνω των 100 MWe ή όταν πρόκειται για τεχνολογίες συνδυασμένης καύσης βιομάζας με άλλα καύσιμα.

ο πιο συνήθης κύκλος καύσης βιομάζας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι ο κύκλος Rankine (στρόβιλος ατμού) τα βασικά στάδια του οποίου είναι τα ακόλουθα:

1. Παράγεται ατμός σε αμολέβητα βιομάζας
2. Οδηγείται στον ατμοστρόβιλο όπου παράγεται ηλεκτρισμός
3. Αποβάλειμη θερμότητα και μέσω συμπυκνωτή και αντλίας ξαναγυρνά στο λέβητα
4. Δυνατότητα συστήματος ανάκτησης θερμότητας από τα καυσαέρια του λέβητα επιτυγχάνοντας μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης
5. (Αν αντί για νερό το κύκλωμα κυκλοφορεί άλλο ρευστό (π.χ. λάδι) ονομάζεται Οργανικός κύκλος Rankine.)



Διάταξη συμπαραγωγής με καύση βιομάζας.

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

- Καυστήρες τροφοδοσίας σωρού (pile burners)
- Λέβητες όπου η καύση γίνεται με την καύσιμη ύλη σε αιώρηση (suspension-fired Boilers)
- Καυστήρες κυκλοφορούμενης ρευστοποιημένης κλίνης (circulating fluidized bed combustors - CFBC)
- Καυστήρες κοχλάζουσας ρευστοποιημένης κλίνης (bubbling fluidized bed combustors - BFBC)

Παρόλο που η καύση συνιστά την απλούστερη αλλά και την περισσότερο ανεπτυγμένη από όλες τις διαδικασίες, εγείρονται αρκετοί προβληματισμοί εξαιτίας των προβλημάτων που παρουσιάζει. Οι κυριότερες επιφυλάξεις αναφέρονται στα επιβλαβή συστατικά που υπάρχουν στα καυσαέρια, καθώς και στα διαχειριστικά προβλήματα από τα στερεά

κατάλοιπα που παράγονται. Πολλές φορές η θέσπιση περιβαλλοντικών προτύπων για τα χαρακτηριστικά των καυσαερίων από μονάδες καύσης καθιστά αναγκαία την εγκατάσταση συστημάτων καθαρισμού, επιβαρύνοντας τελικά το κόστος λειτουργίας τους. Επίσης, η βιομάζα ως στερεό καύσιμο είναι πολύ ογκώδης και είναι δύσκολο να μεταφερθεί σε μεγάλες αποστάσεις. Έτσι, συχνά προτιμάται να γίνει μετατροπή του στερεού σε αέριο καύσιμο με άλλες θερμικές διαδικασίες. Το πλεονέκτημα των αερίων καυσίμων είναι ότι καίγονται χωρίς κατάλοιπα, διανέμονται ευκολότερα και μετατρέπονται εύκολα σε υγρά ή χημικά προϊόντα.

### 3.2.2 Βιοαέριο

Το βιοαέριο παράγεται από την αναερόβια χώνευση ζωικών αποβλήτων υπολειμμάτων, βιομηχανικών αποβλήτων και λυμάτων καθώς και από αστικά οργανικά απορρίμματα, κυρίως σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού και σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής (ΧΥΤΑ). Αναερόβια χώνευση είναι η ζύμωση των οργανικών ουσιών των απορριμμάτων απουσία οξυγόνου. Καθώς η στερεή βιομάζα αποσυντίθεται παράγεται ένα άχρωμο και άοσμο αέριο, το μεθάνιο. Το μεθάνιο είναι πλούσιο σε ενέργεια και αποτελεί το κύριο συστατικό του βιοαερίου. Η τυπική σύσταση του βιοαερίου είναι 65% μεθάνιο και 35% διοξείδιο του άνθρακα. Το βιοαέριο καίγεται σε μηχανές εσωτερικής καύσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά μπορεί να αξιοποιηθεί και για παραγωγή θερμότητας μέσω της θερμικής ενέργειας των καυσαερίων και του ψυκτικού μέσου των μηχανών, για να καλυφθούν ανάγκες της διεργασίας ή/και άλλες ανάγκες θέρμανσης (τηλεθέρμανση κτιρίων). Επίσης μπορεί να διοχετεύει και στο δίκτυο του φυσικού αερίου να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτικό καύσιμο μεταφορών για μηχανές εσωτερικής καύσης. Τέλος, το εναπομένον οργανικό υπόλειμμα με διαχωρισμό, εξάτμιση και κατάλληλη τροποποίηση μπορεί να πωληθεί σαν στερεό και υγρό λίπασμα. Κατά την ταφή των στερεών απορριμμάτων σε κατάλληλους χώρους λαμβάνεται μέριμνα κατασκευής εγκαταστάσεων και συλλογής του παραγόμενου βιοαερίου. Ανάλογα με το μέγεθος του χώρου υγειονομικής ταφής των απορριμμάτων η ποσότητα του παραγόμενου βιοαερίου μπορεί να είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη. Η συλλογή του βιοαερίου από χώρους υγειονομικής ταφής γίνεται σήμερα με κατάλληλες επεμβάσεις, ακόμα και όταν δεν έχει ληφθεί μέριμνα κατασκευής των κατάλληλων συστημάτων κατά τη δημιουργία του χώρου υγειονομικής ταφής. Για τη συλλογή του τοποθετούνται κατά διαστήματα σωληνώσεις, που οδηγούν το παραγόμενο βιοαέριο στους χώρους συγκέντρωσης και αποθήκευσής του. Η ενεργειακή αξία ισοδυναμεί με το 20-40% της θερμογόνου δύναμης της βιομάζας και ένα κυβικό μέτρο βιοαερίου υποκαθιστά 0,661 ντίζελ ή 0,751 πετρελαίου 0,85 κυβικά μέτρα κάρβουνου. Η χρήση του βιοαερίου συνεπάγεται αρκετά οφέλη, τόσο σε περιβαλλοντικό όσο και σε οικονομικό επίπεδο. Πιο συγκεκριμένα:

- Η πρώτη ύλη (γεωργο-κτηνοτροφικά απόβλητα, οργανικό μέρος των απορριμμάτων, κ.λ.π.) έχει συχνά μηδενική ή αρνητική αξία, ενώ τα προϊόντα της μονάδας έχουν αναμφισβήτητη εμπορική αξία.
- Βοηθάει να επιλυθούν τα προβλήματα διαχείρισης αποβλήτων και απορριμμάτων χρησιμοποιώντας τα ως πρώτη ύλη.
- Συμβολή στη μείωση της ενεργειακής εξάρτησης από τρίτες χώρες.
- Σημαντικά κέρδη στις εκάστοτε εταιρείες.
- Αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, απ' την καύση της οποίας δεν εκλύονται αέρια του θερμοκηπίου.

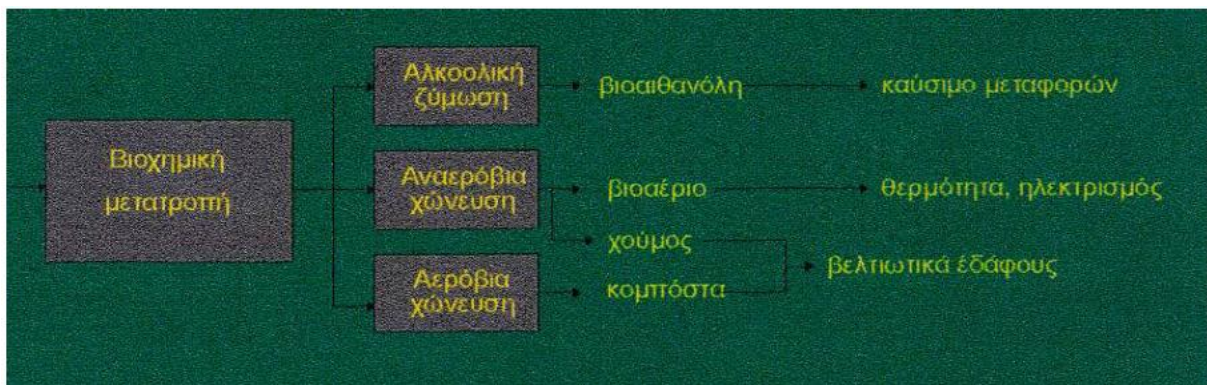
### 3.2.3 Αεριοποίηση

Αεριοποίηση είναι η μετατροπή της βιομάζας σε μίγμα εύφλεκτων αερίων από τη μερική οξειδωση της οργανικής ύλης παρουσία ατμού σε υψηλές θερμοκρασίες, στην περιοχή 800-900 °C. Η βιομάζα προσφέρεται για αεριοποίηση λόγω του υψηλού περιεχομένου σε πτητικά συστατικά (70-86% σε ξηρή βάση). Το παραγόμενο αέριο σύνθεσης που είναι μίγμα

υδρογόνου (H), μεθανίου (CH<sub>4</sub>) και μονοξειδίου (CO), καθώς και μικρών ποσοτήτων διοξειδίου και υδρογονανθράκων, έχει χαμηλή θερμαντική δύναμη (4-6 MJ/Nm<sup>3</sup>). Ακαθαρσίες (αλκάλια, SO<sub>2</sub> και τέφρα) μπορούν να απομακρυνθούν από συστήματα καθαρισμού, αφήνοντας ένα καθαρό καύσιμο αέριο με ενεργειακό περιεχόμενο περίπου το 20-25% του φυσικού αερίου. Το αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν καύσιμο για να τροφοδοτήσει αεριοστρόβιλους για την παραγωγή ενέργειας. Ιδιαίτερα ελκυστική τεχνολογία είναι τα εργοστάσια συνδυασμένου κύκλου (BIG/CC) Biomass Integrated Gasification Combined Cycle. Εναλλακτικά το αέριο (syngas) μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν πρώτη ύλη στην παραγωγή υγρών καυσίμων για τη μεταφορά, πχ μεθανόλη και υδρογόνο .

### 3.2.4 Υγρά βιοκαύσιμα

Σήμερα, ο όρος βιοκαύσιμα χρησιμοποιείται συνήθως για υγρά καύσιμα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον τομέα των μεταφορών. Τα πιο συνηθισμένα στο εμπόριο είναι το βιοντήζελ, μεθυλεστέρας ο οποίος παράγεται κυρίως από ελαιούχους σπόρους (ηλίανθος, ελαιοκράμβη, κ.ά.) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε μόνο του ή σε μίγμα με πετρέλαιο κίνησης σε πετρελαιοκινητήρες και η βιοαιθανόλη η οποία παράγεται από σακχαρούχα, κυταρινούχα και αμυλούχα φυτά (σιτάρι, καλαμπόκι, σόργο, τεύτλα, κ.ά.), χρησιμοποιείται είτε ως έχει σε βενζινοκινητήρες που έχουν υποστεί μετατροπή είτε σε μίγμα με βενζίνη σε κανονικούς βενζινοκινητήρες, είτε τέλος μπορεί να μετατραπεί σε ETBE (πρόσθετο βενζίνης).



Βιοχημική μετατροπή της βιομάζας

Οι τύποι βιοκαυσίμων είναι οι ακόλουθοι:

- Βιοαιθανόλη. Αιθανόλη η οποία παράγεται από βιομάζα ή από το βιοαποικοδομίστημο κλάσμα αποβλήτων.
- Βιοντήζελ. Μεθυλεστέρας ο οποίος παράγεται από φυτικά ή ζωικά έλαια, ποιότητας ντίζελ.
- Βιομεθανόλη. Μεθανόλη η οποία παράγεται από βιομάζα.
- Βιοδιμεθυλαιθέρας. Διμεθυλαιθέρας ο οποίος παράγεται από βιομάζα.
- Βιο-ETBE (αιθυλοτριτοβουτυλαιθέρας) ETBE ο οποίος παράγεται από βιοαιθανόλη. Το κατ' όγκον ποσοστό βιο-ETBE το οποίο υπολογίζεται ως βιοκαύσιμο ανέρχεται σε 47 %
- Βιο-MTBE (μεθυλοτριτοβουτυλαιθέρας). Καύσιμο το οποίο παράγεται από βιομεθανόλη. Το κατ' όγκον ποσοστό βιο-MTBE που υπολογίζεται ως βιοκαύσιμο ανέρχεται σε 36 %
- Συνθετικά βιοκαύσιμα. Συνθετικοί υδρογονάνθρακες ή μείγματα συνθετικών υδρογονανθράκων που έχουν παραχθεί από βιομάζα
- Βιοϋδρογόνο. Υδρογόνο το οποίο παράγεται από βιομάζα ή/και από βιοαποικοδομίστημο κλάσμα αποβλήτων για χρήση ως βιοκαύσιμο
- Καθαρά φυτικά έλαια. Έλαια από ελαιούχα φυτά, παραγόμενα με συμπίεση, έκθλιψη ή ανάλογες μεθόδους, φυσικά ή εξευγενισμένα αλλά μη χημικώς τροποποιημένα, όταν είναι

συμβατά με τον τύπο του οικείου κινητήρα και τις αντίστοιχες προϋποθέσεις όσον αφορά τις εκπομπές

### 3.2.5 Βιοντίζελ

Το βιοντίζελ (ή αλλιώς μεθυλεστέρας) περιλαμβάνει μια ομάδα εστεροποιημένων φυτικών ελαίων, λιπαρών οξέων και μεθυλικών εστέρων που παράγονται από διάφορους φυτικούς ιστούς που περιέχουν έλαια. Επειδή η πρώτη ύλη είναι είτε φυτική είτε ζωική (π.χ. ζωικό λίπος) θεωρείται ανανεώσιμη εναλλακτική πηγή καυσίμου, άριστο υποκατάστατο του συμβατικού πετρελαίου (diesel). Τα φυτικά έλαια για την παραγωγή του biodiesel προέρχονται κυρίως από ενεργειακές καλλιέργειες, είτε ετήσιες (π.χ. ελαιοκράμβη, ηλίανθος, σόγια), είτε πολυετείς (π.χ. φοίνικες, καρυδιές), ανάλογα με την καταλληλότητα στην εκάστοτε περιοχή παραγωγής.

Δεδομένου ότι ο άνθρακας στο έλαιο ή στο λίπος προήλθε κυρίως από το διοξείδιο του άνθρακα του αέρα, το βιοντίζελ θεωρείται ότι συμβάλει πολύ λιγότερο στην παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας από ότι τα ορυκτά καύσιμα. Οι μηχανές ντίζελ που λειτουργούν με βιοντίζελ έχουν τις χαμηλότερες εκπομπές μονοξειδίου άνθρακα, άκαυτους υδρογονάνθρακες, αιωρούμενα σωματίδια, και τις αέριες τοξικές ουσίες από ότι όταν λειτουργούν με καύσιμα βασισμένα στο πετρέλαιο. Το βιοντίζελ είναι το μόνο εναλλακτικό καύσιμο που όταν συνυπάρχει σε μίγματα βιοντίζελ - ντίζελ, σε χαμηλή συγκέντρωση μπορεί να λειτουργήσει σε συμβατικούς, μη τροποποιημένους κινητήρες ντίζελ. Το πιο συνηθισμένο μίγμα είναι ένα μίγμα 20% βιοντίζελ με 80% ντίζελ πετρελαίου, ή B20 όπως καλείται σε πρόσφατες επιστημονικές έρευνες. Εντούτοις, στην Ευρώπη ο τρέχων κανονισμός προβλέπει ένα μέγιστο ποσοστό του σε μίγματα με ντίζελ 5,75%. Στην παρούσα κατάσταση, το βιοντίζελ απαιτεί επιχορήγηση για να ανταγωνιστεί τα καύσιμα που βασίζονται στο πετρέλαιο. Εντούτοις, οι κυβερνήσεις παρέχουν κίνητρα που ενθαρρύνουν την ταχεία ανάπτυξη της βιομηχανίας του βιοντίζελ. Τα τρέχοντα ευρωπαϊκά επίπεδα είναι 500 εκατομμύρια έως 1 δισεκατομμύριο γαλόνια/έτος. Στο εγγύς μέλλον αναμένεται αύξηση της ζήτησης και πτώση του κόστους παραγωγής, λόγω της αύξησης των πετρελαιοιδών αλλά και της ζήτησης οικολογικότερων καυσίμων ο μεγαλύτερος αριθμός κετανίου που παρουσιάζει το βιοντίζελ έναντι του συμβατικού ντίζελ αντισταθμίζει το γεγονός ότι κατά την καύση του το βιοντίζελ απελευθερώνει ενέργεια μικρότερη από την ενέργεια που απελευθερώνει το συμβατικό ντίζελ. Έτσι η απόδοση ενός πετρελαιοκινητήρα που κινείται με καθαρό βιοντίζελ κυμαίνεται τουλάχιστον στα επίπεδα του συμβατικού ντίζελ. Επίσης, το βιοντίζελ είναι κατάλληλο για τους ήδη υπάρχοντες πετρελαιοκινητήρες, όπου δεν χρειάζεται να γίνει σχεδόν καμία μετατροπή ακόμα και αν χρησιμοποιηθεί αμιγές βιοντίζελ. Το βιοντίζελ είναι βιοδιασπώμενο και έχει υψηλότερο σημείο ανάφλεξης έναντι των καυσίμων ντίζελ πετρελαίου, άρα οι κίνδυνοι χειρισμού, μεταφοράς και αποθήκευσης είναι πολύ μικρότεροι από εκείνους τους κινδύνους, που συνδέονται με το συμβατικό ντίζελ. Γενικά μπορεί να αποθηκευτεί οπουδήποτε όπως ακριβώς αποθηκεύονται και τα καύσιμα ντίζελ που έχουν παραχθεί από πετρέλαιο. Οι τιμές της μέγιστης θερμογόνου δύναμης των διαφόρων ειδών βιοντίζελ είναι ελαφρώς χαμηλότερες από αυτές της βενζίνης ( 46 MJ/kl), του ορυκτού diesel ( 45 MJ/kl) 1) του αργού πετρελαίου (42 MJ/kl), αλλά υψηλότερες από αυτές του άνθρακα (32-37 MJ/kl)

Στην Ευρώπη, η σύγχρονη παραγωγή biodiesel άρχισε στην Αυστρία το 1982 και σήμερα πραγματοποιείται ευρύτατα σε πολλές χώρες της κεντρικής και Βόρειας Ευρώπης (Γερμανία, Γαλλία, Δανία κ.α.). Κύρια πρώτη ύλη για την παραγωγή biodiesel είναι η ελαιοκράμβη για τις βορειότερες ευρωπαϊκές χώρες και ο ηλίανθος για τις νοτιότερες. Στην Ελλάδα η παραγωγή του βιο-πετρελαίου γίνεται παραδοσιακά από καλλιέργειες βαμβακιού. Ωστόσο, ακολουθώντας τις νέες καλλιέργειες που αναπτύχθηκαν στη Μεσόγειο (Ιταλία, Ισπανία), έχει αυξηθεί η ελληνική παραγωγή biodiesel από ηλίανθο, καλλιέργεια με μεγαλύτερη παραγωγικότητα της τάξης των 50 λίτρων ανά στρέμμα καλλιεργήσιμης έκτασης.

Χώρα - μέλος	2002	2003
Γερμανία	450.000	715.000
Γαλλία	366.000	357.000
Ιταλία	210.000	273.000
Δανία	10.000	41.000
Αυστρία	25.000	32.000
Ηνωμένο Βασίλειο	3.000	9.000
Ισπανία	0	6.000
Σουηδία	1.000	1.000
Τσεχία	68.800	70.000
Σύνολο Ε.Ε. - 25	1.133.000	1.504.000

Παραγωγή biodiesel στην Ευρωπαϊκή Ένωση (σε t) Πηγή: EUROSTAT

Χώρα - μέλος	Ελαιοκράμβη		Ηλίανθος	
	Λίτρα ανά εκτάριο	Τόνοι ισόποσου πετρελαίου ανά εκτάριο	Λίτρα ανά εκτάριο	Τόνοι ισόποσου πετρελαίου ανά εκτάριο
Αυστρία	1055	0,84	113	0,09
Βέλγιο	1360	1,08	-	-
Γερμανία	1327	1,05	1116	0,88
Δανία	1193	0,94	-	-
Ελλάδα	-	-	500	0,40
Ισπανία	608	0,48	429	0,34
Φιλανδία	540	0,43	-	-
Γαλλία	1343	1,06	1041	0,82
Ιρλανδία	1287	1,02	-	-
Ιταλία	1023	0,81	1156	0,92
Ολλανδία	1298	1,03	-	-
Πορτογαλία	-	-	340	0,27
Σουηδία	846	0,67	-	-
Ηνωμένο Βασίλειο	1188	0,94	-	-
Τσεχία	1105	0,88	961	0,76
Εσθονία	536	0,42	-	-
Ουγγαρία	-	-	770	0,61
Λιθουανία	662	0,52	-	-
Λετονία	627	0,5	-	-
Πολωνία	923	0,73	-	-
Σλοβακία	607	0,48	777	0,62

Δυναμικό παραγωγής biodiesel στην Ευρωπαϊκή Ένωση  
Πηγή: Biomass Technology Group (BTG) 2004

### Πηγές Βιοντίζελ

Το βιοντίζελ αποτελεί ένα υποσχόμενο βιοκαύσιμο, παραπλήσιο και άριστο υποκατάστατο του συμβατικού ντίζελ, χρησιμοποιείται ευρύτατα σε όλη την Ευρώπη. Θεωρείται ως το πλέον διαδεδομένο βιοκαύσιμο το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο αυτούσιο όσο και σε διάφορες αναλογίες σε μίγματα με το συμβατικό ντίζελ. Προέρχεται από τοπικά παραγόμενες ανανεώσιμες καλλιέργειες ελαιωσπόρων (βιομάζα), όπως είναι τα φυτικά έλαια

και τα ζωικά λίπη. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία βιολιπιδίων, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή βιοντίζελ. Η πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του βιοντίζελ είναι κυρίως το έλαιο ελαιοκράμβης, που θεωρείται ιδανική πρώτη ύλη για το ευρωπαϊκό κλίμα. Επίσης χρησιμοποιείται το ηλιέλαιο, κυρίως στη Γαλλία και την Ιταλία. Σε άλλες περιοχές χρησιμοποιείται το φοινικέλαιο (Μαλαισία) και το σογιέλαιο (Αμερική). Επίσης, η μουστάρδα, η κάνναβη και τα άλγη είναι σε ερευνητικό στάδιο και φαίνονται να είναι πολλά υποσχόμενα. Τέλος, τα μη βρώσιμα έλαια όπως το έλαιο από το φυτό neem, το καστορέλαιο, το έλαιο από το δέντρο *Jatropha* (Ινδία), το έλαιο από το φυτό tall, κ.λπ.

Στην Ελλάδα η σόγια, η ελαιοκράμβη, ο ηλίανθος και το βαμβάκι, είναι οι συνηθέστερες πρώτες ύλες, τον τελευταίο καιρό έχει παρουσιαστεί έντονο ενδιαφέρον και για την αγριαγκινάρα. Τα άλγη αποτελούν μια νέα πηγή στην παραγωγή βιοντίζελ, μπορούν ουσιαστικά να αναπτυχθούν οπουδήποτε υπάρχει αρκετή ηλιοφάνεια και αποτελούν μια ιδιαίτερως υποσχόμενη καλλιέργεια. Μερικά άλγη μπορούν να αναπτυχθούν και στο υφάλμυρο νερό. Η σημαντικότερη διαφορά του ελαίου των αλγών είναι στο μέγεθος της παραγωγής του και ως εκ τούτου και στην παραγωγή βιοντίζελ. Σύμφωνα με μερικές εκτιμήσεις, η παραγωγή (ανά στρέμμα) του ελαίου από άλγη είναι περισσότερο από 200 φορές μεγαλύτερη από ότι η παραγωγή του πιο αποδοτικού φυτού/φυτικού ελαίου. Τα μικροάλγη είναι οι γρηγορότερα αναπτυσσόμενοι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί. Μπορούν να ολοκληρώσουν έναν ολόκληρο αυξητικό κύκλο μέσα σε λίγες ημέρες. Από τα διάτομα μπορεί να παραχθούν περίπου 46 τόνοι ελαίου/εκτάριο/έτος. Το κάθε είδος παράγει και διαφορετική ποσότητα ελαίου. Μερικά άλγη παράγουν ποσότητα ελαίου ίση μέχρι και το 50% του βάρους τους. Η καλλιέργεια των αλγών για παραγωγή ελαίου για βιοντίζελ δεν έχει επιχειρηθεί σε εμπορική κλίμακα, αλλά έχουν εκπονηθεί προκαταρκτικές μελέτες.

## Εκπομπές καύσης

Από την καύση καθαρού βιοντίζελ (100% βιοντίζελ) προκύπτει μείωση των συνολικών άκαυστων υδρογονανθράκων (HC) πάνω από 90%, και μείωση των πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων (PAHs) 75-90%. Επίσης, από την καύση του βιοντίζελ προκύπτουν σημαντικές μειώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων και του μονοξειδίου του άνθρακα συγκριτικά με τα καύσιμα ντίζελ αργού πετρελαίου. Ακόμη, προκύπτει μια μικρή αύξηση στα οξειδία του αζώτου NO<sub>x</sub>, ανάλογα με το είδος του κινητήρα και τις διαδικασίες ελέγχου.

Η χρήση των μιγμάτων βιοντίζελ και ντίζελ προτιμάται στους κινητήρες, προκειμένου να αποφευχθούν προβλήματα που σχετίζονται με τη μείωση της ισχύος και της ροπής και με την αύξηση των εκπομπών NO<sub>x</sub> (ένας παράγοντας που συμβάλλει στον τοπικό σχηματισμό της αιθαλομίχλης και του όζοντος) όταν στο μίγμα έχει μεγάλο ποσοστό καθαρού βιοντίζελ. Ένα από τα πιο κοινά μίγματα του βιοντίζελ περιέχει 20% κ.ό. καθαρό βιοντίζελ και 80% κ.ό. συμβατικό ντίζελ (B20) όπως έχει προαναφερθεί. Για το βιοντίζελ σε αυτή την συγκέντρωση, οι εκτιμώμενες επιπτώσεις εκπομπών για ποσοστιαία αλλαγή στις εκπομπές NO<sub>x</sub>, PM, HC και CO είναι +20%, -10,1%, -21,1%, και -11,0%, αντίστοιχα (EPA, 2002). Οι μειώσεις των τελικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα υπολογίζονται σε 77-104 g/MJ όταν το βιοντίζελ αντικαθιστά το ντίζελ. Οι μειώσεις αυτές αυξάνονται καθώς αυξάνεται και η ποσότητα του βιοντίζελ που αναμιγνύεται με ντίζελ. Οι καλύτερες μειώσεις εκπομπών προκύπτουν με 100% βιοντίζελ. Επιπλέον ενδιαφέρον παρουσιάζει η χρήση του βιοντίζελ προς μείωση του διοξειδίου του αζώτου. Το βιοντίζελ περιέχει λίγο άζωτο, σε σχέση με το συμβατικό ντίζελ που χρησιμοποιείται επίσης ως καύσιμο ανάφλεξης. Η μείωση του διοξειδίου του αζώτου στις εκπομπές είναι έντονα εξαρτημένη από την αρχική συγκέντρωση του άζωτο στο καύσιμο και μόνο ελαφρώς εξαρτημένη από τη θερμοκρασία της καύσης, όπου η αυξανόμενη θερμοκρασία αυξάνει τη μείωση του. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη χαμηλότερη παραγωγή N<sub>2</sub>O για το βιοντίζελ.

Εκπομπή	B100*	B20*
Μονοξείδο του άνθρακα	-48 %	-12 %
Άκαυστοι υδρογονάνθρακες	-67 %	-20 %
Σωματίδια	-47 %	-12 %
Οξείδια του αζώτου	+10 %	+2 %
Οξείδια του Θείου	-100 %	-20 %
Τοξικά αέρια	-60 % έως -90 %	-12 % έως -20 %
*B100: (100% βιοντίζελ).		
*B20: (μίγμα 20% βιοντίζελ & 80% ντίζελ)		

Εκπομπές % για B 100 & B20 σε σύγκριση με το συμβατικό ντίζελ

### 3.2.6 Βιοαιθανόλη

Το πρώτο καύσιμο που χρησιμοποιήθηκε ως υποκατάστατο της βενζίνης σε κινούμενα οχήματα είναι η βιοαιθανόλη. Η αιθανόλη ή αιθυλική αλκοόλη ( $C_2H_5OH$ ) είναι ένα άχρωμο διαυγές υγρό. Είναι βιοαποικοδομήσιμη, χαμηλής τοξικότητας και προκαλεί πολύ μικρή περιβαλλοντική μόλυνση αν χυθεί στο περιβάλλον. Κατά την τέλεια καύση της παράγεται διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Η αιθανόλη είναι ένα καύσιμο υψηλού αριθμού οκτανίων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρόσθετο αύξησης του αριθμού οκτανίου της βενζίνης. Με την ανάμιξή της με τη βενζίνη επιτυγχάνουμε επίσης τον εμπλουτισμού του καύσιμου μίγματος σε οξυγόνο, με αποτέλεσμα μια πιο ολοκληρωμένη καύση, άρα και μειωμένες εκπομπές επικίνδυνων καυσαερίων. Μίγματα καυσίμου βιοαιθανόλης με βενζίνη πωλούνται ευρύτατα στις Ηνωμένες Πολιτείες, όπου είναι και πιο διαδεδομένη η βιοαιθανόλη και παράγεται κυρίως από καλαμπόκι. Η αιθανόλη αναμιγνύεται με βενζίνη σε ποσοστά από 1 % έως 85%, το πιο συνηθισμένο μίγμα είναι αυτό που αποτελείται από 10% βιοαιθανόλη και 90% βενζίνη (E10). Οι κινητήρες των συμβατικών οχημάτων δεν απαιτούν μετατροπή για να κινηθούν με E10, επιπλέον η χρήση E10 δεν έχει καμία επίπτωση στην εγγύηση του οχήματος. Επίσης διαδεδομένο είναι και το μίγμα E85 (85% αιθανόλη και 15% βενζίνη) το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο από οχήματα τύπου «Flexible Fuel Vehicles». Όσον αφορά στην ευρωπαϊκή νομοθεσία σχετικά με την ποιότητα των καυσίμων των μεταφορών, αυτή επιτρέπει την πώληση στην Ευρωπαϊκή Ένωση, βενζίνης με αιθανόλη μέχρι 5% και οι κύριες πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή αιθανόλης είναι τα σακχαρότευτλα και το σιτάρι. Πρωτοπόρες χώρες θεωρούνται η Ισπανία και η Γαλλία.



Χώρα - μέλος	Μαλακό σιτάρι		Σακχαρότευτλα	
	Λίτρα ανά εκτάριο	Τόνοι ισόποσου πετρελαίου ανά εκτάριο	Λίτρα ανά εκτάριο	Τόνοι ισόποσου πετρελαίου ανά εκτάριο
Αυστρία	1.792	0,92	6.677	3,42
Βέλγιο	2.847	1,46	6.970	3,57
Γερμανία	2.620	1,34	6.384	3,27
Δανία	2.561	1,31	6.399	3,28
Ελλάδα	9.16	0,47	4.926	2,52
Ισπανία	1.052	0,54	6.181	3,16
Φινλανδία	1.057	0,54	3.440	1,76
Γαλλία	2.554	1,31	7.980	4,09
Ιρλανδία	2.996	1,53	4.710	2,41
Ιταλία	1.637	0,84	4.346	2,23
Ολλανδία	2.839	1,45	6.472	3,31
Πορτογαλλία	499	0,26	5.234	2,68
Σουηδία	2.069	1,06	5.266	2,7
Ηνωμένο Βασίλειο	2.686	1,38	6.355	3,25
Τσεχία	1.568	0,8	4.982	2,55
Ουγγαρία	1.365	0,7	-	-
Λιθουανία	1.050	0,54	2.964	1,52
Λετονία	908	0,46	3.036	1,55
Πολωνία	1.215	0,62	3.555	1,82
Σλοβενία	1.330	0,68	4.040	2,07
Σλοβακία	1.360	0,7	3.486	1,78

Δυναμικό παραγωγής βιοαιθανόλης στην Ευρωπαϊκή Ένωση  
Πηγή: Biomass Technology Group (BTG) 2004

## Πηγές Βιοαιθανόλης

Η βιοαιθανόλη παράγεται κυρίως από την αλκοολική ζύμωση της ζάχαρης είτε με συμβατική τεχνολογία (πρώτης γενιάς) από φυτά πλούσια σε σάκχαρα όπως ζαχαροκάλαμο, ζαχαρότευτλα, καλαμπόκι, πατάτα, τα τεύτλα, το σιτάρι, τα άχυρα, υποπροϊόντα των εσπεριδοειδών και γλυκό σόργο, είτε με εξελιγμένη τεχνολογία από βιομάζα όπως πούδη και ξυλώδη φυτά, όπως το ξύλο ιτιάς και το πριονίδι, που παράγονται σε υποβαθμισμένες γεωργικές περιοχές με χαμηλές ή και καθόλου εισροές (λιπάσματα, φυτοφάρμακα και ενέργεια) για την παραγωγή αιθανόλης από κυτταρίνη και από βιομεθανόλη και ανώτερες αλκοόλες, όπως τη βιοβουτανόλη. Επίσης μπορεί να συντεθεί βιομηχανικά από την χημική αντίδραση του αιθυλενίου με ατμό.

## Πλεονεκτήματα Βιοαιθανόλης

Χαρακτηριστικά πλεονεκτήματα της αιθανόλης είναι:

- Με τη χρήση 10% αιθανόλης σε μίγμα με βενζίνη, μειώνεται κατά 25-30% το μονοξείδιο του άνθρακα καθώς γίνεται καλύτερη καύση του καυσίμου.
- Με τη χρήση 10% αιθανόλης σε μίγμα με βενζίνη, μειώνεται κατά 6-10% το διοξείδιο του άνθρακα.
- Σε χαμηλής συγκέντρωσης μίγμα αιθανόλης, μειώνονται περίπου κατά 7% οι εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων καθώς η αιθανόλη οξυγονώνει το καύσιμο.

- Καθώς η αιθανόλη δεν περιέχει θείο και βελτιώνει την καύση του καυσίμου, προστατεύονται οι καταλυτικοί μετατροπείς των οχημάτων που μειώνουν τις εκπομπές ρύπων.
- Μειώνει, αν και δεν θα εξαλείψει, λόγω της εγχώριας προέλευσης την εξάρτηση των χωρών από το εισαγόμενο πετρέλαιο

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

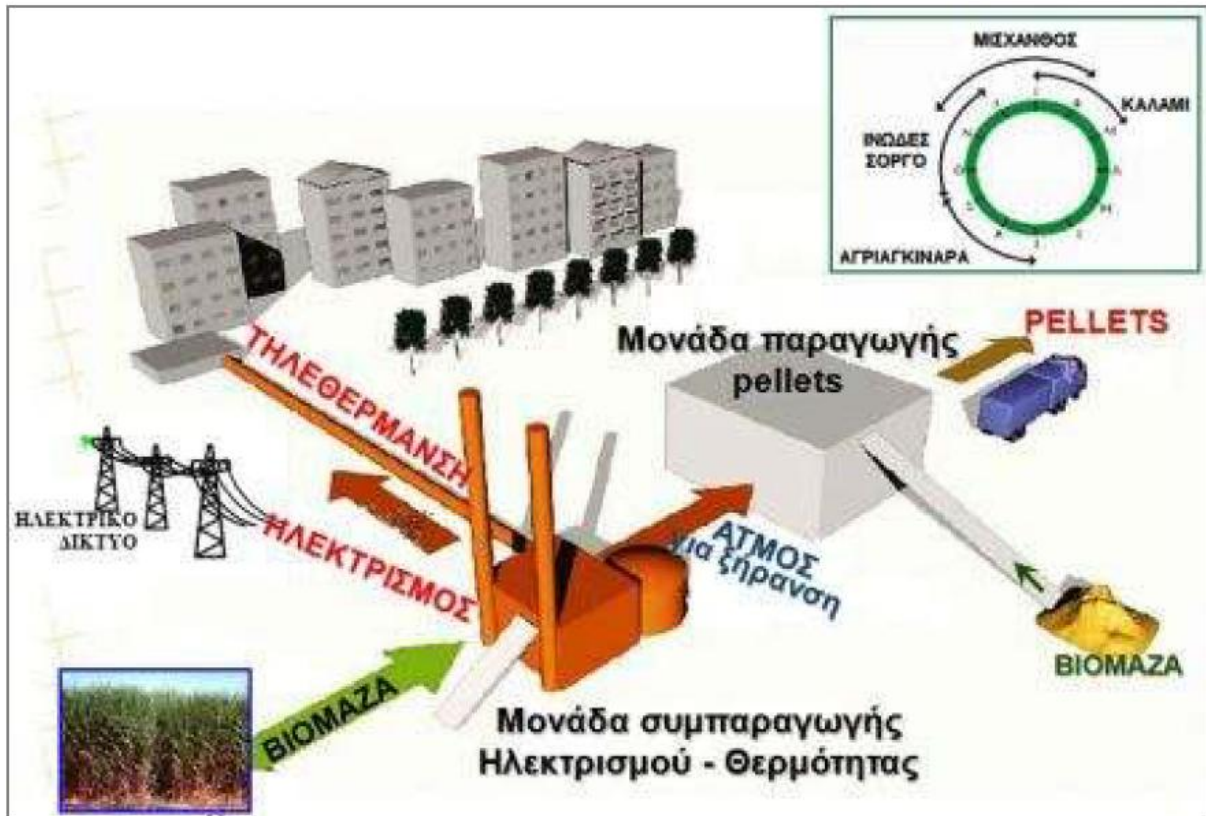
### 4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Τα συστήματα Συνδυασμένης παραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΣΗΘ - γνωστή και ως Συμπαραγωγή) παράγουν ταυτόχρονα ηλεκτρική (ή/και μηχανική) και θερμική ενέργεια σε ένα ενιαίο, ολοκληρωμένο σύστημα. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με την κοινή πρακτική, όπου η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται σε ένα κεντρικό σταθμό, ενώ χρησιμοποιείται επιτόπιος εξοπλισμός θέρμανσης και ψύξης για την κάλυψη των αναγκών σε μη ηλεκτρική ενέργεια. Η θερμική ενέργεια που ανακτάται σε ένα σύστημα ΣΗΘ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση ή ψύξη στη βιομηχανία ή τα κτίρια. Επειδή η ΣΗΘ εκμεταλλεύεται τη θερμότητα που σε άλλη περίπτωση θα χανόταν κατά τη συμβατική διακριτή παραγωγή ηλεκτρικής ή μηχανικής ενέργειας, η συνολική απόδοση αυτών των ολοκληρωμένων συστημάτων είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή των μεμονωμένων συστημάτων.

Η ΣΗΘ δεν αποτελεί μια συγκεκριμένη τεχνολογία αλλά περισσότερο μια εφαρμογή τεχνολογιών για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης ή/και ψύξης, καθώς και για μηχανική ή/και ηλεκτρική ενέργεια των τελικών καταναλωτών. Λόγω των πρόσφατων τεχνολογικών εξελίξεων, έχουν αναπτυχθεί νέες διατάξεις των συστημάτων ΣΗΘ που τα καθιστούν οικονομικά συμφέροντα σε ένα ευρύτερο φάσμα εφαρμογών. Οι νέες γενιές των στροβίλων, κυψελών καυσίμου και παλινδρομικών μηχανών συνιστούν το αποτέλεσμα εντατικής και συνδυασμένης έρευνας, ανάπτυξης και επίδειξης, τόσο από ινστιτούτα όσο και από τη βιομηχανία. Τα προηγμένα υλικά και οι τεχνικές σχεδίασης μέσω Η/Υ έχουν αυξήσει σημαντικά την αποδοτικότητα και την αξιοπιστία του εξοπλισμού, μειώνοντας ταυτόχρονα τα κόστη και τις εκπομπές ρύπων.

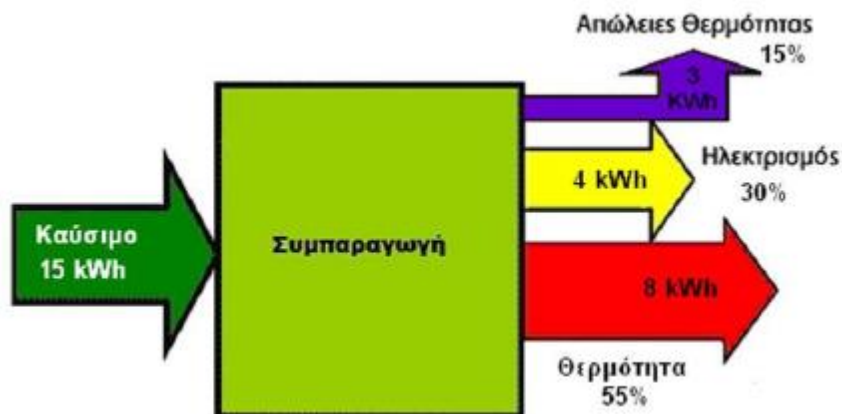
Η συμβατική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι από τη φύση της μη αποδοτική, αφού μετατρέπεται μόνο το ένα τρίτο της ενέργειας των καυσίμων σε ωφέλιμη ενέργεια. Η σημαντική αύξηση της αποδοτικότητας με τη ΣΗΘ οδηγεί σε μικρότερη κατανάλωση καυσίμων και σε μειωμένες εκπομπές ρύπων σε σχέση με τη χωριστή παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας. Η ΣΗΘ αποτελεί μια οικονομικά παραγωγική προσέγγιση για τη μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων μέσω της πρόληψης της ρύπανσης, ενώ ο παραδοσιακός έλεγχος της ρύπανσης που επιτυγχάνεται απλά μέσω της επεξεργασίας των καυσαερίων δεν παρέχει κανένα οικονομικό όφελος και, στην πραγματικότητα, μειώνει την απόδοση και την ωφέλιμη παραγωγή ενέργειας.

Δεδομένου ότι από ένα σύστημα ΣΗΘ προκύπτουν δύο ή περισσότερα χρησιμοποιήσιμα ενεργειακά προϊόντα, ο καθορισμός του συνολικού βαθμού απόδοσης των συστημάτων αυτών είναι πιο σύνθετος απ' ό,τι στα απλά συστήματα. Το όλο σύστημα μπορεί να αντιμετωπισθεί ως δύο υποσυστήματα, το σύστημα ηλεκτρικής ισχύος (συνήθως μια μηχανή ή ένας στρόβιλος) και το σύστημα ανάκτησης θερμότητας (συνήθως κάποιος τύπος λέβητα). Η απόδοση του συνολικού συστήματος προκύπτει από την αλληλεπίδραση μεταξύ των μεμονωμένων βαθμών απόδοσης των συστημάτων ηλεκτροπαραγωγής και ανάκτησης θερμότητας.



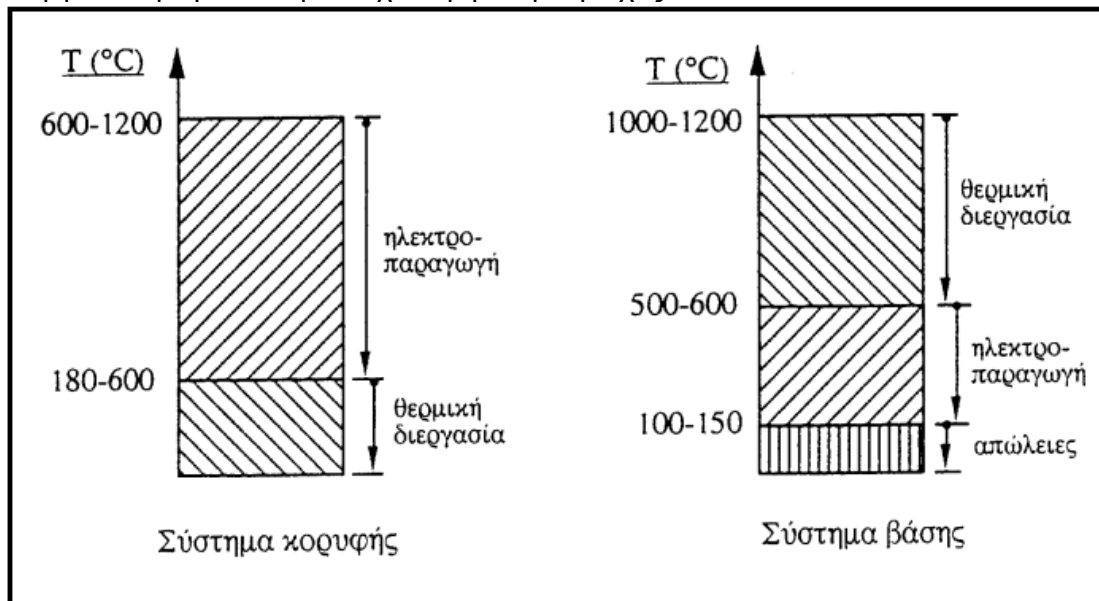
Σχήμα ολοκληρωμένης παραγωγής (Ηλεκτροπαραγωγή-Τηλεθέρμανση-Παραγωγή pellets με μοναδική πρώτη ύλη τη βιομάζα)

Τα αποδοτικότερα συστήματα ΣΗΘ (με πάνω από 80% συνολικό βαθμό απόδοσης) είναι εκείνα που ικανοποιούν μεγάλη θερμική ζήτηση με την ταυτόχρονη παραγωγή σχετικά μικρότερης ηλεκτρικής ισχύος. Όσο αυξάνεται η απαιτούμενη θερμοκρασία της ανακτώμενης ενέργειας, τόσο μειώνεται ο λόγος της παραγόμενης ισχύος προς τη θερμότητα. Η μειωμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι σημαντική για τα οικονομικά της ΣΗΘ, καθώς η διάθεση της πλεονάζουσας ηλεκτρικής ενέργειας στην αγορά είναι τεχνικά ευκολότερη απ' ό,τι είναι στην περίπτωση της πλεονάζουσας θερμικής ενέργειας.



Τα συστήματα ΣΗΘ μπορούν να συνδυάσουν πολλών ειδών εφαρμογές από διάφορες τεχνολογίες αξιοποίησης της ενέργειας. Δεδομένου ότι από ένα σύστημα συμπαραγωγής προκύπτουν δύο ή περισσότερα χρησιμοποιήσιμα ενεργειακά προϊόντα, η συνολική απόδοση προκύπτει από μία αλληλεπίδραση μεταξύ των μεμονωμένων βαθμών απόδοσης, καθ' ότι το όλο σύστημα μπορεί να αντιμετωπισθεί ως δύο υποσυστήματα, το σύστημα ηλεκτρικής ισχύος και το σύστημα ανάκτησης θερμότητας. Οι εφαρμογές των συστημάτων ΣΗΘ ποικίλουν ανάλογα με το μέγεθος της εφαρμογής (π.χ. κτίριο, θερμοκήπιο, βιομηχανία ή και ολόκληρος οικισμός - τηλεθέρμανση), την ενεργειακή ζήτηση, το είδος του καυσίμου και την απόσταση της μονάδας από τις περιοχές της κατανάλωσης.

Οι δύο κύριοι τύποι συστημάτων που διακρίνονται στη συμπαραγωγή είναι τα συστήματα «κορυφής» και τα συστήματα «βάσης». Στα συστήματα «κορυφής», η ηλεκτρική ισχύς παράγεται από έναν κύριο κινητήρα ως πρωταρχική λειτουργία και η θερμική ενέργεια που απορρίπτεται από αυτόν χρησιμοποιείται στη συνέχεια για τις διεργασίες της μονάδας. Αντίθετα στα συστήματα «βάσης» παράγεται θερμότητα και από την απορριπτόμενη ενέργεια παράγεται στη συνέχεια η ηλεκτρική ισχύς.



Ενδεικτικές θερμοκρασιακές στάθμες συστημάτων συμπαραγωγής

## 4.2 Είδη τεχνολογιών συμπαραγωγής

Τα διάφορα συστήματα συμπαραγωγής μπορεί να περιλαμβάνουν πλήρη κάλυψη της θερμικού φορτίου ζήτησης, είτε πλήρη κάλυψη της ηλεκτρικής ζήτησης και χρήση πρόσθετων βοηθητικών λεβήτων για τα θερμικά φορτία αιχμής ή ακόμα και πλήρη κάλυψη και των δύο φορτίων, σε πιο πολύπλοκα συστήματα. Τα κυριότερα σύγχρονα συστήματα συμπαραγωγής είναι τα συστήματα αμμοστροβίλου, αεριοστροβίλου, μηχανών εσωτερικής καύσης και συνδυασμένου κύκλου. Επιπλέον, υπάρχουν και τεχνολογίες με χαμηλότερη εμπορική

### 4.2.1 Συστήματα με μηχανές εσωτερικής καύσης

Μία από τις πιο ευρέως διαδεδομένες και περισσότερο αποδοτικές κύριες πηγές ενέργειας για συστήματα ΣΗΘ είναι η τεχνολογία των παλινδρομικών μηχανών ή μηχανών εσωτερικής ακαύσης (ΜΕΚ). Διάφοροι τύποι αυτών των μηχανών είναι εμπορικά διαθέσιμοι, αλλά δύο από αυτούς έχουν περισσότερη σημασία σε στατικές εφαρμογές ηλεκτροπαραγωγής, πιο συγκεκριμένα οι τετράχρονοι μηχανές με σπινθηριστή (κύκλος Otto) και οι μηχανές ανάφλεξης με συμπίεση (κύκλος Diesel). Τα κύρια μηχανικά μέρη των μηχανών κύκλου Otto και Diesel είναι τα ίδια. Και οι δύο χρησιμοποιούν ένα κυλινδρικό θάλαμο καύσης κατά μήκος του οποίου κινείται ένα κατάλληλα εφαρμοσμένο έμβολο. εκμεταλλευόμενο την υψηλή ενθαλπία των καυσαερίων. Το έμβολο συνδέεται σε έναν στροφαλοφόρο άξονα που

μετασχηματίζει τη γραμμική κίνηση του εμβόλου μέσα στον κύλινδρο σε περιστροφική κίνηση στο στροφαλοφόρο άξονα για την παραγωγή μηχανικού έργου. Τόσο οι μηχανές κύκλου Otto όσο και οι τετράχρονοι μηχανές Diesel ολοκληρώνουν έναν κύκλο λειτουργίας σε τέσσερις κινήσεις του εμβόλου μέσα στον κύλινδρο. Οι κινήσεις αυτές περιλαμβάνουν:

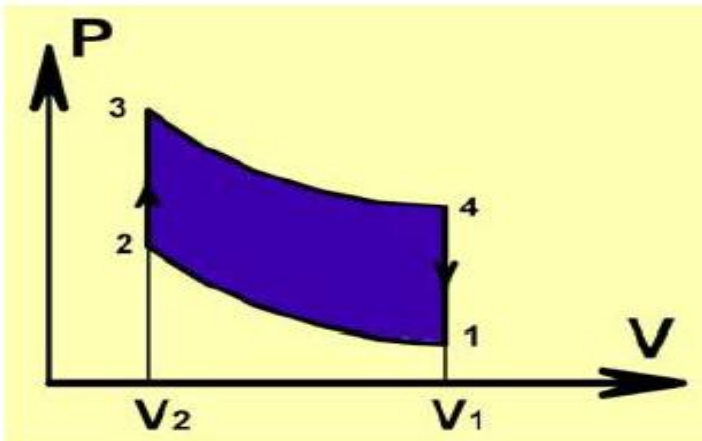
1. εισαγωγή του αέρα (ή του μίγματος αέρα-καυσίμου) στον κύλινδρο,
2. συμπίεση με καύση του καυσίμου,
3. επιτάχυνση του εμβόλου από τη δύναμη της καύσης (κίνηση ισχύος), και
4. αποβολή των προϊόντων της καύσης από τον κύλινδρο.

Η κύρια διαφορά μεταξύ των κύκλων Otto και Diesel είναι η μέθοδος της καύσης του καυσίμου. Στον κύκλο Otto χρησιμοποιείται ένας σπινθηριστής για την ανάφλεξη ενός έτοιμου μίγματος αέρα καυσίμου που εισάγεται στον κύλινδρο. Από την άλλη, μια μηχανή Diesel συμπιέζει τον αέρα που εισάγεται στον κύλινδρο σε υψηλή πίεση, αυξάνοντας τη θερμοκρασία του. Η τεχνολογία μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα εύρος ισχύος που κυμαίνεται από 75kW έως 50MW, αν και πρακτικά δεν χρησιμοποιείται για μονάδες πολλών MW. Το μεγάλο πλεονέκτημα των μονάδων συμπαραγωγής μηχανών εσωτερικής καύσης είναι οι υψηλοί ηλεκτρικοί βαθμοί απόδοσής τους (35 έως και 50%). Ο ολικός βαθμός απόδοσης τους όμως δε διαφέρει σημαντικά από αυτόν των αεριοστροβίλων (60-80%). Οι μονάδες τους αν και απαιτούν μικρότερες δαπάνες εγκατάστασης, έχουν σχετικά μικρή διάρκεια ζωής (15-20 έτη) και μεγαλύτερο χρόνο συντήρησης (διαθεσιμότητα 85-90%).

#### Κύκλος Otto:

Διάφορες μηχανές μπορούν να προσομοιωθούν από τον κύκλο Otto, όπως είναι οι μηχανές βενζίνης και οι μηχανές αερίου. Ο κύκλος Otto είναι ένας ιδανικός τυποποιημένος κύκλος του αέρα που αποτελείται από τέσσερα στάδια:

- 1 έως 2: Ισεντροπική συμπίεση.
- 2 έως 3: Αντιστρέψιμη θέρμανση υπό σταθερό όγκο.
- 3 έως 4: Ισεντροπική εκτόνωση.
- 4 έως 1: Αντιστρέψιμη ψύξη υπό σταθερό όγκο.

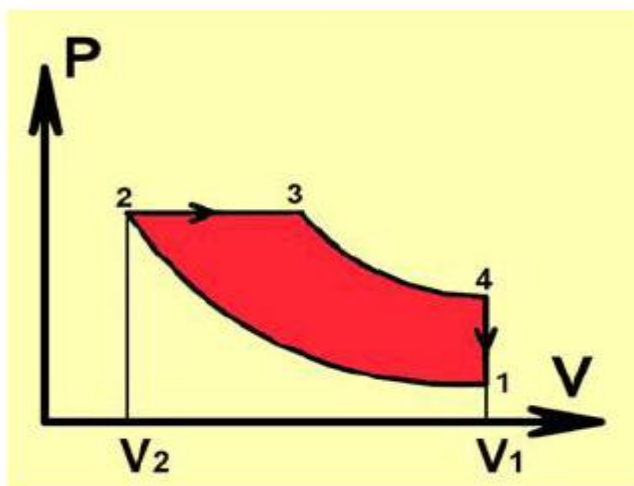


Ο θερμοδυναμικός κύκλος Otto

#### Κύκλος Diesel:

Ο κύκλος Diesel είναι ένας ιδανικός τυποποιημένος κύκλος του αέρα που αποτελείται επίσης από τέσσερα στάδια:

- 1 έως 2: Ισεντροπική συμπίεση.
- 2 έως 3: Αντιστρέψιμη θέρμανση υπό σταθερή πίεση.
- 3 έως 4: Ισεντροπική εκτόνωση.
- 4 έως 1: Αντιστρέψιμη ψύξη υπό σταθερό όγκο



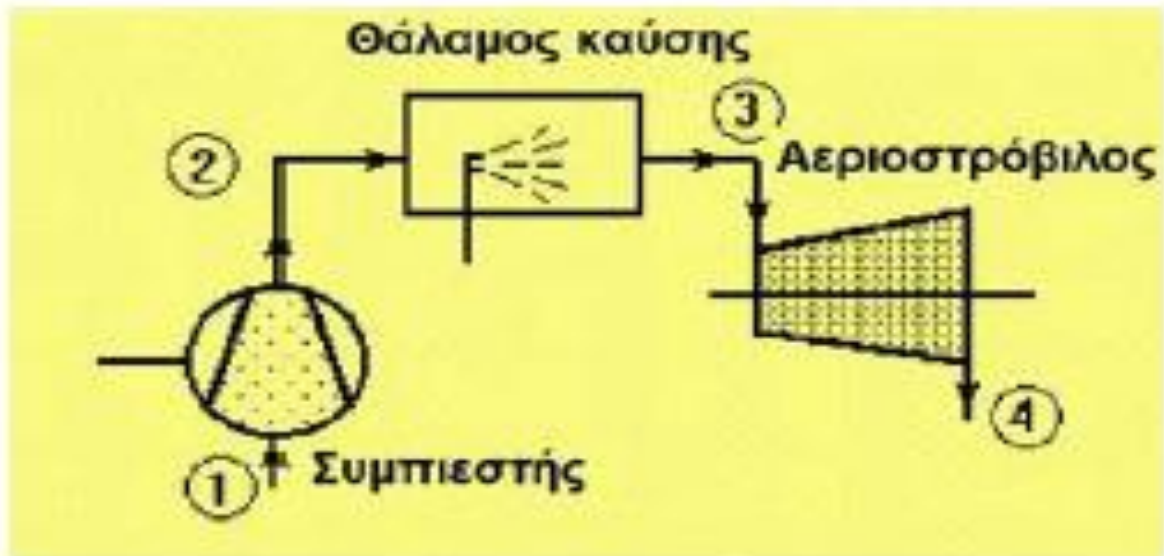
Ο θερμοδυναμικός κύκλος Diesel

#### 4.2.2 Σύστημα αεροστροβίλου

Τα συστήματα αεροστροβίλου είναι επίσης μία από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες συμπαραγωγής, διότι παρουσιάζει μεγάλο εύρος ισχύος, από πολύ μικρές μονάδες μερικών kW μέχρι μεγάλες εγκαταστάσεις αρκετών MW. Η τεχνολογία στηρίζεται στον κύκλο Brayton (ή Joule) και στην εκτόνωση καυσαερίων μεγάλης θερμοκρασίας στο στρόβιλο και ως αποτέλεσμα στην παραγωγή μηχανικού έργου (ή/και ηλεκτρικής ενέργειας). Εκτός από την παραγωγή ηλεκτρισμού και τη συμπαραγωγή, χρησιμοποιούνται ευρύτατα και για την κίνηση των αεροσκαφών.

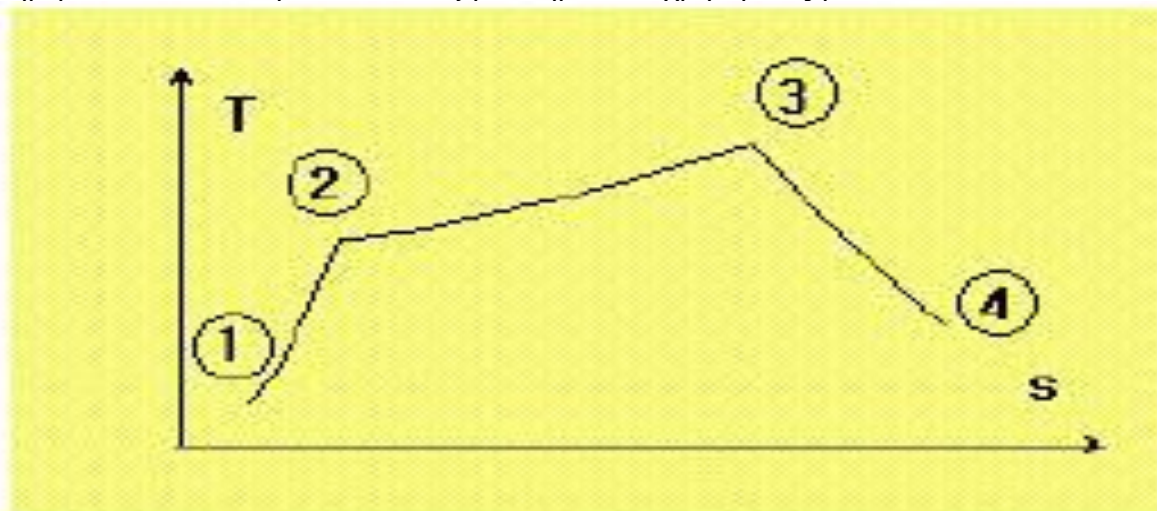
Χρησιμοποιούνται δύο κύριες διατάξεις συστημάτων αεροστροβίλου:

**Οι αεροστροβίλοι ανοιχτού κύκλου**, οι οποίοι είναι καταλληλότεροι για συμπαραγωγή με μεγάλη παραγωγή θερμότητας, διότι τα καυσαέρια τους έχουν υψηλή θερμοκρασία που κυμαίνεται από 300 έως και 600 °C, μετά την έξοδο τους από το στρόβιλο. Μετά την εκτόνωση τους, τα καυσαέρια μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για διάφορες θερμικές διεργασίες της διαδικασίας (π.χ. αύξηση του θερμικού περιεχομένου των καυσαερίων), είτε σε κάποιον ανακομιστή θερμότητας αν πρόκειται για ένα σύστημα συνδυασμένου κύκλου. Τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται είναι κυρίως ορυκτά (φυσικό αέριο, πετρέλαιο ή παράγωγα του) αλλά και εναλλακτικά καύσιμα (βιοαέρια). Η ισχύς των συστημάτων αυτών κυμαίνεται σε ένα μεγάλο εύρος από 100kW έως 100MW, αλλά συνήθως προτιμώνται σε εφαρμογές μεσαίου μεγέθους, της τάξης των 10MW.



Σύστημα αεριοστρόβιλου ανοικτού κύκλου

**Οι αεριοστρόβιλοι κλειστού κύκλου** έχουν καλύτερους ηλεκτρικούς βαθμούς απόδοσης και καλύτερη προσαρμογή στο είδος του καυσίμου, καθ' ότι το εργαζόμενο μέσο (αέρας ή ήλιο) δε συμμετέχει στην καύση και έτσι δεν προκύπτουν λειτουργικά προβλήματα στο στρόβιλο από τα προϊόντα της καύσης. Συνεπώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί σχεδόν οποιοδήποτε καύσιμο. Το σύστημα αποτελεί ένα κλειστό κύκλωμα, καθώς το εργαζόμενο μέσο μετά την εκτόνωσή του στο στρόβιλο και αφού ψυχθεί, δεν εξάγεται στην ατμόσφαιρα ή σε άλλες διεργασίες, αλλά επιστρέφει στο συμπιεστή για την έναρξη του νέου κύκλου. Η θερμότητα των καυσαερίων είναι μικρότερη από ότι στα συστήματα ανοικτού κύκλου. Γι' αυτό το λόγο αν και παρουσιάζει αισθητά μεγαλύτερο ηλεκτρικό βαθμό απόδοσης, ο ολικός είναι στα ίδια επίπεδα με τα συστήματα ανοικτού κύκλου (60-80%). Τα συστήματα κλειστού κύκλου αν και είναι εξίσου αξιόπιστα, δεν είναι εξίσου διαδεδομένα μέχρι σήμερα, ωστόσο, αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά χρήση τους μελλοντικά.



Διάγραμμα θερμοκρασία-εντροπίας αεριοστρόβιλου ανοικτού κύκλου

#### 4.2.3 Συστήματα ατμοστρόβιλου

Ο ατμοστρόβιλος εξαρτάται από κάποια χωριστή πηγή ενέργειας και δεν μετατρέπει άμεσα το καύσιμο σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι ατμοστρόβιλοι απαιτούν μία πηγή ατμού υψηλής



πίεσης που παράγεται σε κάποιο λέβητα ή ατμοπαραγωγό ανάκτησης θερμότητας. Στα καύσιμα των λεβήτων συμπεριλαμβάνονται ορυκτά καύσιμα, όπως ο γαιάνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, ή ανανεώσιμα καύσιμα, όπως το ξύλο ή τα αστικά απορρίμματα. Ο ατμοστρόβιλος μπορεί να αποτελείται από πολλές βαθμίδες, κάθε μία από τις οποίες μπορεί να οριστεί με την ανάλυση της εκτόνωσης του ατμού από μία υψηλότερη σε μία χαμηλότερη πίεση. Ο θερμοδυναμικός κύκλος του ατμοστροβίλου είναι ο κύκλος Rankine, παρόλο που εφαρμόζονται και κάποιοι άλλοι, όπως οι κύκλοι αναθέρμανσης και αναγέννησης, και ο συνδυασμένος κύκλος. Ο παραγόμενος ατμός ρέει μέσα από τις βαθμίδες του στροβίλου και παράγει μηχανική ισχύ, ή μέσω μιας κατάλληλης γεννήτριας, ηλεκτρική ενέργεια. Στη συνέχεια επιστρέφει στο λέβητα, αφού συμπυκνωθεί μέσω ενός ψυγείου (συμπυκνωτής), για να ολοκληρωθεί ο κύκλος και να ξεκινήσει ένας νέος.

Ο κύριος θερμοδυναμικός κύκλος του ατμοστροβίλου μέσω του οποίου το εργαζόμενο μέσο (νερό) μετατρέπεται σε ατμό υψηλής πίεσεως, είναι ο κύκλος Rankine που χρησιμοποιείται και στους περισσότερους συμβατικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται και άλλοι κύκλοι, όπως οι κύκλοι αναθέρμανσης και αναγέννησης και ο συνδυασμένος κύκλος.

Τα συστήματα συμπαραγωγής ατμοστροβίλου έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής (25-35 έτη) και μεγάλη διαθεσιμότητα (90-95%). Ο βαθμός απόδοσης ενός συστήματος κυμαίνεται από 60 έως 85%, αλλά λόγω του ατμού υψηλών πιέσεων που απαιτείται υπάρχει περιορισμός στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε σύγκριση με την παραγόμενη θερμότητα. Συνεπώς, ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης κυμαίνεται από 15 έως 20%.

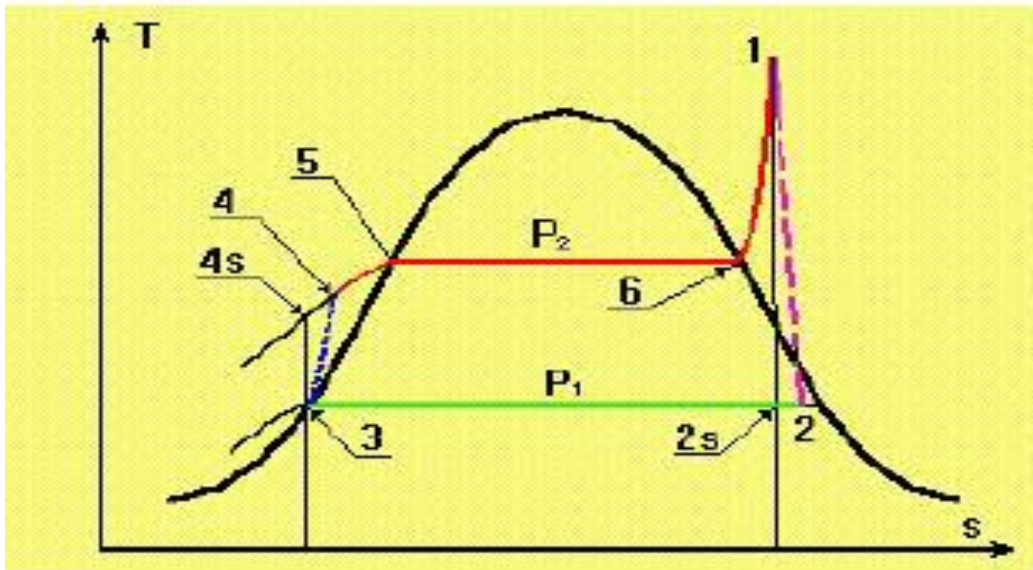
#### **Τα κυριότερα είδη των συστημάτων ατμοστροβίλου είναι:**

- Ο ατμοστρόβιλος αντίθλιψης, ο οποίος έχει την απλούστερη μορφή και τον υψηλότερο βαθμό απόδοσης. Τροφοδοτείται με ατμό πίεσης 20 έως 100 bar και θερμοκρασίας 480 έως 540 οC και εξερχόμενος από το στρόβιλο έχει πίεση αντίθλιψης μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική (3 έως 20 bar). Αν και έχει υψηλές αποδόσεις έχει καθορισμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας καθώς αυτή είναι στενά συνδεδεμένη με την απαιτούμενη θερμότητα.
- Ο ατμοστρόβιλος απομάστευσης, ο οποίος έχει μικρότερο βαθμό απόδοσης (περίπου 80%) σε σύγκριση με το σύστημα ατμοστροβίλου αντίθλιψης, ωστόσο, έχει τη δυνατότητα ρύθμισης του λόγου της ηλεκτρικής και της θερμικής παραγόμενης ισχύος μέχρι κάποιο εύρος, ανάλογα με τις ανάγκες. Ο όρος «απομάστευση» προκύπτει από το γεγονός ότι ένα μέρος του ατμού απομαστεύεται (εξέρχεται) από ενδιάμεσες βαθμίδες του στροβίλου και χρησιμοποιείται για άλλες θερμικές διεργασίες. Η υπόλοιπη διάταξη παραμένει ίδια.
- Ο ατμοστρόβιλος σε κύκλο βάσεως έχει παρόμοια διάταξη με τα άλλα δύο συστήματα ατμοστροβίλου. Η διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι χρησιμοποιεί αέρια απόβλητα υψηλής θερμοκρασίας από διάφορες βιομηχανικές εφαρμογές (διυλιστήρια, εργοστάσια τσιμέντου, αλουμινίου κ.α.) για την παραγωγή του απαιτούμενου ατμού. Ωστόσο ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης του συστήματος είναι χαμηλός (5-15%).

#### **Ο κύκλος Rankine**

Ο κύκλος Rankine αντιστοιχεί σε μια θερμική μηχανή με κύκλο ισχύος ατμού. Το πιο κοινό εργαζόμενο μέσο είναι το νερό. Ο κύκλος συνίσταται από τέσσερις διεργασίες:

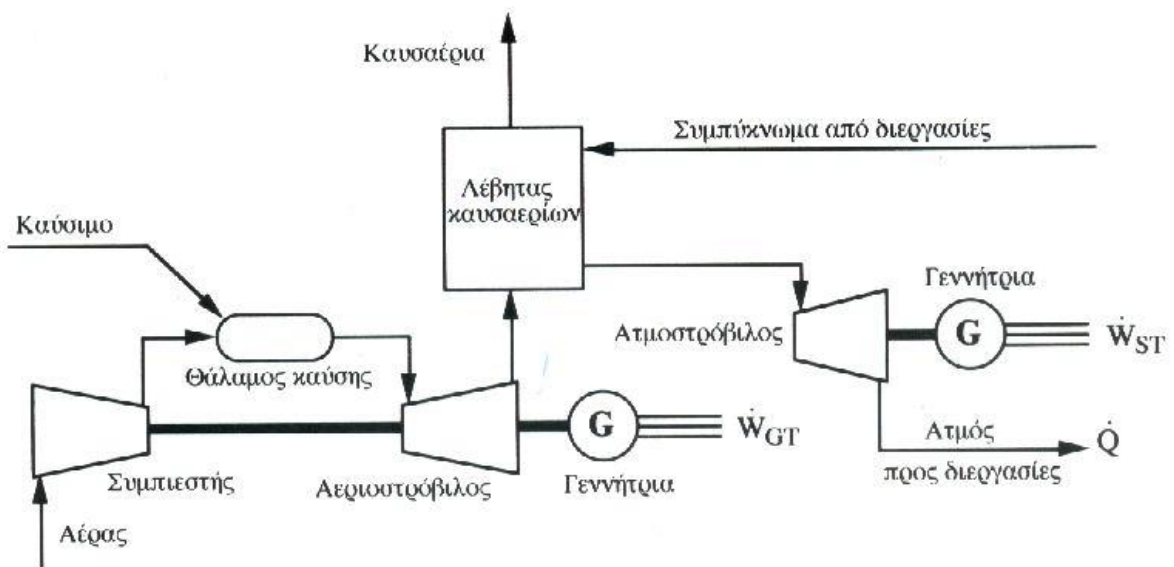
- 1 έως 2: Ισεντροπική εκτόνωση (ατμοστρόβιλος).
- 2 έως 3: Αποβολή της θερμότητας υπό σταθερή πίεση (συμπυκνωτής).
- 3 έως 4: Ισεντροπική συμπίεση (αντλία).
- 4 έως 1: Θέρμανση υπό σταθερή πίεση (λέβητας).



Ο θερμοδυναμικός κύκλος Rankine

#### 4.2.4 Συστήματα συνδυασμένου κύκλου

Ένα σύστημα συνδυασμένου κύκλου συνίσταται από δύο επιμέρους συστήματα διαφορετικής τεχνολογίας με διαφορετικό θερμοδυναμικό κύκλο και θερμοκρασίες στα οποία ρέει το ίδιο εργαζόμενο μέσο. Το σύστημα κορυφής, που έχει την υψηλότερη θερμοκρασία, αποβάλλει θερμότητα προς το άλλο σύστημα (σύστημα βάσης) το οποίο την ανακτά και τη χρησιμοποιεί για να αυξήσει το βαθμό απόδοσής του. Τα πιο διαδεδομένα συστήματα συνδυασμένου κύκλου είναι εκείνα με συνδυασμό αεριοστροβίλου - ατμοστροβίλου (κύκλοι Joule και Rankine). Σε αυτές τις διατάξεις τα θερμά καυσαέρια στην έξοδο του αεριοστροβίλου χρησιμοποιούνται για την αύξηση του ενεργειακού περιεχομένου του ατμού ο οποίος τροφοδοτεί τον ατμοπαραγωγό και παράγει πρόσθετη ηλεκτρική ισχύ, αυξάνοντας τους βαθμούς απόδοσης. Άλλη διάταξη που εφαρμόζεται είναι ο συνδυασμός κύκλων diesel – Rankine, δηλαδή στον κύκλο του ατμοστροβίλου προστίθεται μια μηχανή εσωτερικής καύσης diesel.



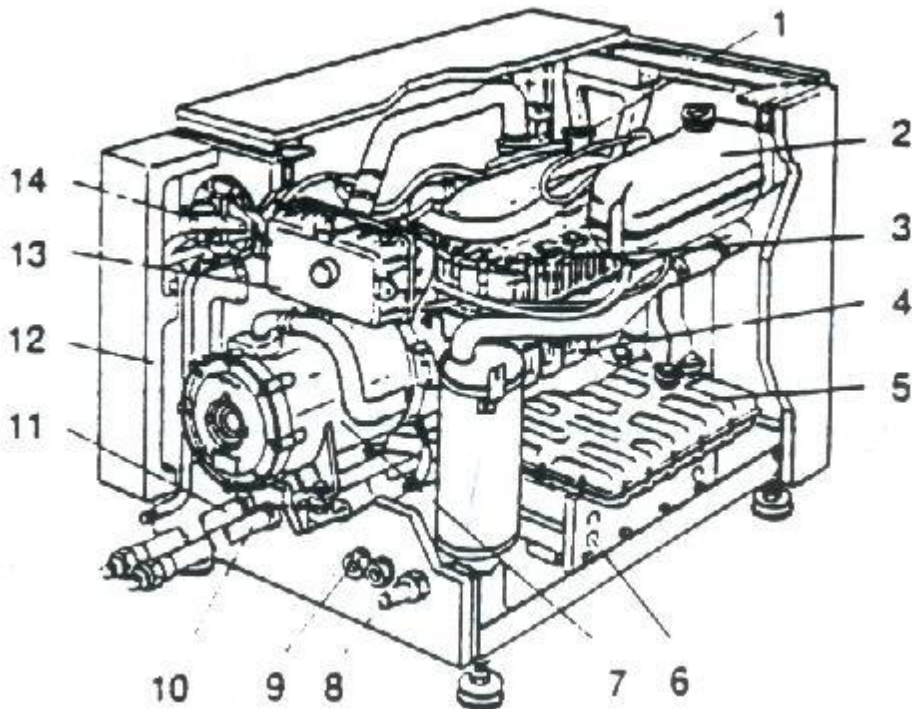
Σύστημα συνδυασμένου κύκλου

Η υψηλή περιεκτικότητα οξυγόνου στα καυσαέρια του αεριοστροβίλου (περίπου 17%) επιτρέπει την καύση συμπληρωματικού καυσίμου στον λέβητα καυσαερίων, εάν κριθεί αναγκαία για την αύξηση ισχύος του συστήματος. Η συμπληρωματική καύση αυξάνει τον βαθμό απόδοσης του συστήματος κατά τη λειτουργία σε μερικό φορτίο, αλλά κάνει την εγκατάσταση και ιδιαίτερα τις διατάξεις ρύθμισης και ελέγχου πιο περίπλοκες. Η ισχύς των συστημάτων συνδυασμένου κύκλου κυμαίνεται συνήθως στην περιοχή 20-400 MW, ενώ κατασκευάζονται επίσης και μικρότερες μονάδες με ισχύ 4-11 MW. Ο χρόνος εγκατάστασης είναι 2-3 έτη. Είναι δυνατή η ολοκλήρωση της εγκατάστασης σε δύο πεδία: Εγκαθίσταται πρώτα η μονάδα αεριοστροβίλου, που μπορεί να είναι έτοιμη για λειτουργία σε 12-18 μήνες. Ενώ αυτή λειτουργεί, συμπληρώνεται το σύστημα με τη μονάδα του ατμοστροβίλου. Λόγω και της πολυπλοκότητας των εφαρμογών συνδυασμένων κύκλων, η διαθεσιμότητά τους είναι μικρότερη (75-85%), οι μονάδες τους πιο δαπανηρές ενώ και η διάρκεια ζωής τους κυμαίνεται από 15 έως 25 έτη. Ωστόσο, η συμπαραγωγή συνδυασμένου κύκλου εμφανίζει αισθητά μεγαλύτερους ολικούς βαθμούς απόδοσης (70-85%) και ειδικότερα σε μεσαίες και μεγάλες εγκαταστάσεις (από 5 έως 400MW).

#### 4.2.5 Τυποποιημένες μονάδες παραγωγής

Η μαζική παραγωγή τυποποιημένων μονάδων σε μορφή πακέτου αναμένεται να δώσει μεγάλη ώθηση στη διάδοση της συμπαραγωγής. Αυτά τα «έτοιμα» μικρού μεγέθους συστήματα, με ισχύ από 10 έως 1000kW, χαρακτηρίζονται από την αξιοπιστία τους και από την τυποποιημένη και αυτοματοποιημένη λειτουργία τους χάρη στην οποία δεν απαιτείται εξειδικευμένη τεχνική παρακολούθηση. Επιπλέον, έχουν χαμηλό κόστος αγοράς, εγκατάστασης και συντήρησης.

Οι μονάδες αυτές συνήθως έχουν κινητήρα Diesel. Σε ισχείς μικρότερες των 100 kW είναι δυνατή η χρήση αεριοστροβίλου. Μπορούν να λειτουργούν με υγρό ή αέριο καύσιμο. Το φυσικό αέριο είναι ιδιαίτερα κατάλληλο καύσιμο για τις μονάδες αυτές χάρη στην καθαρότητα, την έλλειψη ανάγκης αποθήκευσης και τη χαμηλή τιμή του. Ο ολικός βαθμός απόδοσης τους (60-80%) σχετίζεται με την τεχνολογία που χρησιμοποιείται, η οποία συνήθως είναι κινητήρας diesel ή Otto για τις πιο μικρές μονάδες ή μονάδα μικρού αεριοστροβίλου για μεγαλύτερη ισχύ (άνω των 600kW). Τέλος ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης κυμαίνεται από 27 έως 35%.



- |                                |                                |
|--------------------------------|--------------------------------|
| 1. Κινητήρας Fiat 127          | 8. Εξαγωγή καυσαερίου          |
| 2. Δοχείο νερού                | 9. Ηλεκτρική σύνδεση           |
| 3. Εναλλάκτης καυσαερίων/νερού | 10. Εξαγωγή θερμού νερού       |
| 4. Εναλλάκτης λαδιού/νερού     | 11. Εισαγωγή κρύου νερού       |
| 5. Ελαιολεκάνη                 | 12. Θερμική και ηχητική μόνωση |
| 6. Εναλλάκτης νερού/νερού      | 13. Εισαγωγή αέρα              |
| 7. Ηλεκτρογεννήτρια            | 14. Εισαγωγή φυσικού αερίου    |

*Τυποποιημένη μονάδα συμπαραγωγής Fiat TOTEM 15 kW*

Στις μονάδες – πακέτα το 27-35% της ενέργειας του καυσίμου μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό και το 50-55% σε θερμότητα. Επομένως ο λόγος ηλεκτρισμού προς θερμότητα είναι 0,5 – 0,7, ενώ ο ολικός βαθμός απόδοσης φτάνει το 80%. Μικροεπεξεργαστές, εγκατεστημένοι στον χώρο όπου βρίσκεται η μονάδα, παρακολουθούν τις τιμές κρίσιμων παραμέτρων και μεταβιβάζουν τα σχετικές πληροφορίες, μέσω αποκλειστικής τηλεφωνικής γραμμής, σε κεντρικό ηλεκτρονικό υπολογιστή. Όταν η εξέλιξη των τιμών ορισμένων παραμέτρων δείχνει επερχόμενη βλάβη, ειδοποιείται η ομάδα συντήρησης, που επεμβαίνει πριν ακόμη η βλάβη εκδηλωθεί

#### **4.2.6. Κυψέλες καυσίμου**

Η κυψέλη καυσίμου (fuel cell) είναι μια ηλεκτροχημική συσκευή, που μετατρέπει τη χημική ενέργεια του καυσίμου σε ηλεκτρισμό χωρίς τη μεσολάβηση της καύσης. Στη βασική της μορφή λειτουργεί ως εξής: υδρογόνο και οξυγόνο αντιδρούν με την παρουσία ηλεκτρολύτη και παράγουν νερό, ενώ ταυτόχρονα αναπτύσσεται ένα ηλεκτροχημικό δυναμικό που προκαλεί ροή ηλεκτρικού ρεύματος στο εξωτερικό κύκλωμα (φορτίο). Καθώς η αντίδραση είναι εξώθερμη, παράγεται θερμότητα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ωφέλιμα. Το απαιτούμενο υδρογόνο παράγεται από ορυκτά καύσιμα και συνήθως μεθάνιο (CH<sub>4</sub>), που αποτελεί το κύριο συστατικό του φυσικού αερίου. Ορισμένοι τύποι κυψελών μπορούν να λειτουργήσουν επίσης και διοξείδιο του άνθρακα ή υδρογονάνθρακες. Οι κυψέλες καυσίμου είναι κατάλληλες για συμπαραγωγή στον βιομηχανικό και εμπορικό- κτιριακό τομέα (ιδιαίτερα σε συνδυασμό με το φυσικό αέριο).

Κύρια πλεονεκτήματά τους είναι τα ακόλουθα:

- αρθρωτή (modular) δομή, που διευκολύνει την κατασκευή μονάδων με την επιθυμητή ισχύ
- διατήρηση υψηλού ηλεκτρικού βαθμού απόδοσης ακόμη και σε μερικό φορτίο ( δηλ. φορτίο μικρότερο του ονομαστικού),
- ευκολία αυτοματισμού,
- χαμηλές εκπομπές ρύπων,
- χαμηλή στάθμη θορύβου. Χάρη στον υψηλό βαθμό απόδοσης και τα καθαρά καύσιμα που χρησιμοποιούνται, οι εκπομπές CO<sub>2</sub> και SO<sub>2</sub> είναι κατά 10-100 φορές χαμηλότερες από εκείνες άλλων συστημάτων. Ειδικότερα, επειδή οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται είναι σημαντικά μικρότερες από εκείνες της καύσης, οι εκπομπές NO<sub>x</sub> είναι μικρότερες κατά μία τάξη μεγέθους από τις εκπομπές των συστημάτων που στηρίζονται στην καύση. Οι χαμηλές εκπομπές ρύπων και η χαμηλή στάθμη θορύβου κάνουν τις κυψέλες καυσίμου πιο κατάλληλες από άλλα συστήματα για εγκατάσταση και λειτουργία σε κατοικημένες περιοχές και σε κτίρια όπως ξενοδοχεία, νοσοκομεία, κ.λπ.

Μειονεκτήματα, που εμποδίζουν προς το παρόν την πλατιά διάδοσή τους, είναι:

- το υψηλό κόστος κατασκευής και
- η σχετικά μικρή διάρκεια ζωής.

#### **4.2.7 Μηχανές Stirling**

Η συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας είναι επίσης δυνατή με μηχανές Stirling. Το ενδιαφέρον για την ανάπτυξή της έχει αυξηθεί τελευταία, χάρη στα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει σε σύγκριση με συστήματα κινητήρων Diesel, αεριοστροβίλων ή ατμοστροβίλων, τα οποία είναι δυνατότητα υψηλότερου βαθμού απόδοσης, μεγαλύτερη ευελιξία καυσίμου, καλή συμπεριφορά σε μερικό φορτίο, χαμηλές εκπομπές ρύπων, χαμηλή στάθμη θορύβου και κραδασμών.

Αρχικά, η έρευνα και ανάπτυξη είχε ως αντικείμενο κινητήρες ισχύος 3-100 kW, κατάλληλους για αυτοκίνητα. Η προσπάθεια στράφηκε κατόπιν και προς κινητήρες ισχύος μέχρι 1-1,5 MW με αναμενόμενη διάρκεια ζωής της τάξεως των 20 ετών. Χάρη στην εξωτερική καύση και στον κλειστό κύκλο λειτουργίας, τα κινούμενα μέρη του κινητήρα δεν εκτίθενται στα προϊόντα της καύσης με αποτέλεσμα οι φθορές να είναι περιορισμένες. Όμως, απαιτούνται στεγανωτικές διατάξεις για την αποφυγή διαρροών τόσο του αερίου υψηλής πίεσης προς το εξωτερικό του κυλίνδρου, όσο και του λιπαντικού λαδιού προς το εσωτερικό του κυλίνδρου. Η κατασκευή αποτελεσματικών διατάξεων με ικανοποιητική διάρκεια ζωής είναι ένα από τα προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπισθούν.

Η εξωτερική καύση στις μηχανές Stirling επιτρέπει η χρήση διαφόρων καυσίμων: υγρά ή αέρια καύσιμα, αέρια ή υγρά προερχόμενα από άνθρακα, καύσιμα προερχόμενα από βιομάζα, ακόμη και απορρίμματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Επιπλέον, είναι δυνατή η αλλαγή καυσίμου χωρίς διακοπή της λειτουργίας ή μετατροπή των ρυθμίσεων του κινητήρα. Χάρη στην ευελιξία τους, οι μηχανές Stirling μπορούν επίσης να αποτελέσουν στοιχεία ηλιακών ή πυρηνικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ή συμπαραγωγής.

#### **4.2.8 Κύκλοι βάσης Rankine με οργανικά ρευστά**

Η παραγωγή ηλεκτρικής ή μηχανικής ενέργειας με ανάκτηση θερμότητας χαμηλής θερμοκρασίας (80-300°C) είναι δυνατή εάν χρησιμοποιηθούν οργανικά ρευστά, π.χ. τολουένη, που έχουν θερμοκρασία βρασμού αρκετά χαμηλότερης εκείνης του νερού. Έτσι, πηγές θερμότητας μπορούν να είναι η ηλιακή ενέργεια, βιομηχανικά απόβλητα, γεωθερμική ενέργεια, καυσαέρια ή θερμότητα ψύξης μηχανών, κ.λπ.

Η ισχύς των συστημάτων αυτών κυμαίνεται στην περιοχή 2 kW – 10 MW. Ο βαθμός απόδοσης είναι μικρός, 10-30%, αλλά σημασία έχει το γεγονός ότι ένα τέτοιο σύστημα παράγει πρόσθετη ισχύ χωρίς να ξοδεύει καύσιμο. Από κατασκευαστικής πλευράς, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή των υλικών, ώστε να μην παθαίνουν διάβρωση από το οργανικό ρευστό (π.χ. χρήση ανοξείδωτου χάλυβα), και στη στεγανότητα των στοιχείων του

συστήματος, ώστε να μην διαφεύγει το οργανικό ρευστό στην ατμόσφαιρα.

Ο χρόνος εγκατάστασης μικρών συστημάτων (μέχρι 50 kW), και ιδιαίτερα εκείνων που είναι κατάλληλα για χρήση στον εμπορικό – κτιριακό τομέα, είναι 4-8 μήνες, ενώ για μεγαλύτερες μονάδες είναι 1-2 έτη. Καθώς η τεχνολογία αυτή είναι σχετικά νέα, δεν υπάρχουν αρκετές πληροφορίες για την αξιοπιστία των συστημάτων. Εκτιμάται ότι η μέση ετήσια διαθεσιμότητά τους είναι 80-90%. Η αναμενόμενη διάρκεια ζωής τους είναι περίπου 20 έτη.

#### **4.3 Πλεονεκτήματα και επιπτώσεις της συμπαραγωγής**

Η συμπαραγωγή μπορεί να έχει τόσο θετικές όσο και αρνητικές επιπτώσεις στην εξάντληση μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, στο σύστημα ηλεκτρισμού της χώρας, στο περιβάλλον, στην κοινωνία. Οι πιθανές αρνητικές επιπτώσεις μπορούν να μετριασθούν ή και να εξαλειφθούν με σωστή επιλογή του είδους και της θέσης του συστήματος συμπαραγωγής, την προσεκτική ένταξή του στο ευρύτερο ενεργειακό σύστημα της περιοχής ή της χώρας και με την επιμελημένη συντήρηση κατά τη διάρκεια της ζωής του. Ακολουθεί αναλυτικότερη παρουσίαση των επιπτώσεων αυτών.

##### **4.3.1 Επιπτώσεις στην κατανάλωση καυσίμων**

Όλα τα συστήματα συμπαραγωγής εξοικονομούν καύσιμο διότι έχουν υψηλότερο βαθμό απόδοσης από τη χωριστή παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας. Για παράδειγμα, ένα σύστημα συμπαραγωγής ατμοστροβίλου μειώνει την κατανάλωση καυσίμου κατά 15% περίπου (σε σύγκριση με τη χωριστή παραγωγή ηλεκτρισμού με μονάδα ατμοστροβίλου και θερμότητας με λέβητα), ένα σύστημα συμπαραγωγής με κινητήρα Diesel τη μειώνει κατά 25% (σε σύγκριση με τη χωριστή παραγωγή ηλεκτρισμού με ντιζελοκίνητη ηλεκτρογεννήτρια και θερμότητας με λέβητα), κ.λπ. Όμως, το εάν ένα σύστημα συμπαραγωγής εξοικονομεί ακριβό, εισαγόμενο και μη ανανεώσιμο καύσιμο, π.χ. πετρέλαιο, εξαρτάται από το καύσιμο που το ίδιο το σύστημα συμπαραγωγής χρησιμοποιεί, και τα καύσιμα που χρησιμοποιούν τα συστήματα χωριστής παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας, τα οποία θα αντικατασταθούν από το σύστημα συμπαραγωγής.

Μια πρόσθετη βελτίωση του βαθμού εκμετάλλευσης των καυσίμων οφείλεται στο ότι τα συστήματα συμπαραγωγής βρίσκονται συνήθως πιο κοντά στους καταναλωτές απ' ό,τι οι κεντρικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής. Έτσι, περιορίζονται οι απώλειες μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, που είναι της τάξεως του 8-10%.

Η επιλογή των συστημάτων συμπαραγωγής και των καυσίμων, που αυτά χρησιμοποιούν, είναι σκόπιμο να εναρμονίζεται με μια γενικότερη εθνική ενεργειακή πολιτική (π.χ. μείωση του εισαγόμενου πετρελαίου, αύξηση της συμβολής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ορθολογική χρήση του φυσικού αερίου, κ.λπ.).

#### **4.3.2 Επιπτώσεις στο Σύστημα Ηλεκτρισμού της Χώρας**

Προκειμένου να αντιμετωπισθεί η μελλοντική αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας, απαιτείται η κατασκευή νέων σταθμών ηλεκτροπαραγωγής. Η διάδοση της συμπαραγωγής αυξάνει το δυναμικό ηλεκτροπαραγωγής και περιορίζει τις ανάγκες κατασκευής νέων κεντρικών σταθμών, προσφέροντας έτσι σημαντική εξοικονόμηση κεφαλαίων της εταιρείας ηλεκτρισμού (ΔΕΗ). Καθώς τα συστήματα συμπαραγωγής έχουν μικρότερο μέγεθος και βραχύτερο χρόνο εγκατάστασης από τους μεγάλους κεντρικούς σταθμούς, προσφέρουν μεγαλύτερη ευελιξία και προσαρμοστικότητα σε απρόβλεπτες μελλοντικές μεταβολές της ζήτησης ηλεκτρισμού. Ο μικρός χρόνος εγκατάστασης των συστημάτων συμπαραγωγής συντελεί επίσης σε περιορισμό του χρηματοοικονομικού κόστους που συμβάλλει με τη σειρά του στη μείωση του μοναδιαίου κόστους παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας. Πολλές μικρές μονάδες συμπαραγωγής, που λειτουργούν παράλληλα με τους κεντρικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, αυξάνουν την αξιοπιστία παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά είναι ενδεχόμενο να δημιουργήσουν προβλήματα ευστάθειας του δικτύου. Τα προβλήματα αυτά περιορίζονται ή και αποφεύγονται, όταν το σύστημα συμπαραγωγής και η σύνδεσή του με το δίκτυο πληρούν ορισμένες προδιαγραφές. Η συνεννόηση με τις αρμόδιες υπηρεσίες της ΔΕΗ είναι απαραίτητη για το σκοπό αυτόν. Η εξάπλωση της συμπαραγωγής θα μπορούσε να έχει αρνητικές οικονομικές επιπτώσεις στο εθνικό σύστημα ηλεκτρισμού, εάν αυτό έχει ικανότητα παραγωγής μεγαλύτερη από τη ζήτηση, ή εάν ο ρυθμός αύξησης της ικανότητας με κατασκευή νέων σταθμών είναι μεγαλύτερος από τον ρυθμό αύξησης της ζήτησης και για διάφορους λόγους δεν μπορεί να επιβραδυνθεί. Τότε, το κόστος κεφαλαίου μοιράζεται σε μικρότερη ποσότητα παραγόμενου ηλεκτρισμού, με αποτέλεσμα την αύξηση του μοναδιαίου κόστους. Ένα τέτοιο ενδεχόμενο δεν φαίνεται να υπάρχει για την Ελλάδα διότι αφ' ενός μεν μέρος των αναγκών καλύπτεται με εισαγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αφ' ετέρου δε το αναπτυξιακό πρόγραμμα της ΔΕΗ είναι κυλιόμενο, δηλαδή αναθεωρείται σε τακτά χρονικά διαστήματα και επομένως μπορεί να προσαρμόζεται στις νέες συνθήκες.

#### **4.3.3 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις**

Χάρη στην αποδοτικότερη εκμετάλλευση του καυσίμου, η συμπαραγωγή συντελεί σε άμεση μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων με την προϋπόθεση ότι το καύσιμο που χρησιμοποιεί δεν είναι κατώτερης ποιότητας από εκείνο της χωριστής συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας. Η μείωση της κατανάλωσης καυσίμου συνοδεύεται επίσης και από μια έμμεση

μείωση ρύπων από τον υπόλοιπο κύκλο καυσίμου: εξόρυξη, επεξεργασία, μεταφορά, αποθήκευση. Η ποσοτικοποίηση του κόστους αυτού είναι δύσκολη και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες: τεχνολογία, καύσιμο, τοπικές συνθήκες, κ.λπ.

Όταν πολλές μικρές και διεσπαρμένες μονάδες συμπαραγωγής αντικαθιστούν μεγάλους κεντρικούς σταθμούς με υψηλές καπνοδόχους, τότε δεν είναι εξασφαλισμένη η βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος. Οι κεντρικοί σταθμοί βρίσκονται κατά κανόνα έξω από τα αστικά κέντρα και οι υψηλές καπνοδόχοι συντελούν σε ικανοποιητικό διασκορπισμό των ρύπων. Αντίθετα, οι μικρές μονάδες συμπαραγωγής, που έχουν και σχετικά χαμηλότερες καπνοδόχους, είναι εγκατεστημένες κοντά ή και μέσα στις κατοικημένες περιοχές επιβαρύνοντας το περιβάλλον τους.

Από τις διαθέσιμες τεχνολογίες συμπαραγωγής, οι κινητήρες Diesel και Otto έχουν τις υψηλότερες εκπομπές ρύπων. Καθώς οι κινητήρες αυτοί είναι οι πιο κατάλληλοι, λόγω μεγέθους, για εφαρμογές συμπαραγωγής στον εμπορικό – κτιριακό τομέα, ο κίνδυνος από τις εκπομπές τους είναι αυξημένος διότι στις κατοικημένες περιοχές οι κάτοικοι είναι άμεσα εκτεθειμένοι στους ρύπους του αέρα, και η διασπορά των ρύπων εμποδίζεται από τα μεγάλα κτίρια. Οι κυψέλες καυσίμου είναι καταλληλότερες από τους κινητήρες Diesel ή Otto για τέτοιου είδους εφαρμογές, διότι έχουν σημαντικά μικρότερες εκπομπές ρύπων.

Η διακίνηση των καυσίμων και η απομάκρυνση των στερεών καταλοίπων της καύσης μπορεί να προκαλέσει ρύπανση του εδάφους και των υδάτων της περιοχής. Τέλος, ο θόρυβος τόσο από τη λειτουργία του ίδιου του συστήματος συμπαραγωγής όσο και από την κίνηση, που αναπτύσσεται για την εξυπηρέτησή του, αυξάνει την ηχητική ρύπανση. Ωστε, η κατάσταση συστήματος συμπαραγωγής σε κατοικημένες περιοχές προϋποθέτει την

- Επιλογή τεχνολογίας με χαμηλές εκπομπές ρύπων,
- Προσεκτική επιλογή του τόπου εγκατάστασης,
- Τοποθέτηση εξοπλισμού ελέγχου και περιορισμού των εκπεμπόμενων ρύπων,
- Ελαστική έδραση και ηχητική μόνωση του συστήματος,
- Κατασκευή καπνοδόχου υψηλότερης των γειτονικών κτιρίων,
- Εγκατάσταση μέσων συλλογής και αποκομιδής των στερεών και υγρών καταλοίπων.

#### **4.3.4 Οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις**

Μια πρόσθετη ευνοϊκή επίδραση στην εθνική οικονομία προκύπτει όταν η συμπαραγωγή μειώνει το σύνολο των δαπανών για εισαγόμενα καύσιμα. Στις σχετικές οικονομικές αναλύσεις, πρέπει στο κόστος εισαγωγής να προστίθεται το κόστος επεξεργασίας και διακίνησης του καυσίμου καθώς και το κόστος προστασίας του περιβάλλοντος και αποκατάστασης των ζημιών, που μπορεί να προκληθούν όχι μόνο από τη συστηματική εκπομπή ρύπων αλλά και από πιθανά ατυχήματα (διαρροές κ.λ.π.). Είναι γνωστό ότι οι κεντρικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής κατασκευάζονται σε μεγάλα μεγέθη και εγκαθίστανται σε απομακρυσμένες περιοχές. Η κατασκευή και λειτουργία των σταθμών προκαλεί τη μετακίνηση προς τις περιοχές αυτές μεγάλου αριθμού εργαζομένων.

Αντίθετα, οι μονάδες συμπαραγωγής συνήθως είναι μικρότερου μεγέθους και εγκαθίστανται πιο κοντά σε κατοικημένες περιοχές. Η διασπορά τους σε διάφορες πόλεις της χώρας δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας στην κάθε περιοχή, συγκρατεί εκεί το εργατικό δυναμικό και συμβάλλει στην οικονομική ανάπτυξη του τόπου με την ανάπτυξη νέων δραστηριοτήτων, που σχετίζονται με την κατασκευή, συντήρηση και λειτουργία των μονάδων.

Η συμπαραγωγή αυξάνει την αξιοπιστία ηλεκτροδότησης των καταναλωτών. Επίσης, προκαλεί συγκέντρωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με επακόλουθο την αποκέντρωση της λήψεως σχετικών αποφάσεων και την ενδυνάμωση του ρόλου της τοπικής αυτοδιοίκησης

#### **4.3.5 Η συμπαραγωγή στην Ελλάδα**

Η Συμπαγωγή στην Ελλάδα ξεκινά από τις αρχές του 20ου αιώνα, όταν στο Βόλο και ειδικότερα στην κεραμοποιεία Τσαλαπάτα εγκαταστάθηκε, από Βέλγους μηχανικούς, σύστημα Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας για τις ανάγκες της, που λειτούργησε μέχρι και τα τέλη της δεκαετίας του '70. Σε ευρύτερη κλίμακα, οι πρώτες μονάδες Συμπαγωγής εγκαταστάθηκαν σε μεγάλες ελληνικές βιομηχανίες στις αρχές της δεκαετίας του '70. Σήμερα, λειτουργούν μονάδες Συμπαγωγής σε βιομηχανίες ζάχαρης και χάρτου, διυλιστήρια πετρελαίου, κλωστοϋφαντουργίες, κ.λ.π. Επίσης, ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες της ΔΕΗ έχουν τροποποιηθεί κατάλληλα, ώστε να καλύπτουν τις θερμικές ανάγκες αστικών περιοχών με τα δίκτυα τηλεθέρμανσης, όπως τα δίκτυα της Κοζάνης, της Πτολεμαΐδας, του Αμυνταίου και της Μεγαλόπολης.

Αναλύοντας τα στοιχεία των εγκαταστάσεων μέχρι σήμερα φαίνεται ότι από το 1990 και μετά έχουμε σημαντικές βελτιώσεις στις εγκαταστάσεις ΣΗΘ στις ελληνικές βιομηχανίες. Η βελτίωση δεν ήταν μόνον ποιοτική αλλά και ποσοτική (αύξηση εγκατεστημένης ισχύος) σε επίπεδο βιομηχανίας. Μετά τα μέσα της δεκαετίας του 1990, η άφιξη του φυσικού αερίου στην Ελλάδα και οι δυνατότητες που προσφέρει η τεχνολογία της Συμπαγωγής, οδήγησαν στη δραστηριοποίηση ενός σημαντικού αριθμού εταιρειών ή οργανισμών, με στόχους την ενημέρωση του επιχειρηματικού κόσμου, την παροχή συμβουλευτικών υπηρεσιών για τη μελέτη και κατασκευή εγκαταστάσεων συμπαγωγής με το "κλειδί στο χέρι", τη συντήρηση, λειτουργία και εκμετάλλευση εγκαταστάσεων συμπαγωγής. Αν και αρκετές νέες εγκαταστάσεις κατασκευάστηκαν την τελευταία δεκαετία, παίρνοντας μάλιστα χρηματοδότηση από τα υπάρχοντα επενδυτικά προγράμματα, πολλές από τις εγκαταστάσεις ΣΗΘ με φυσικό αέριο έχουν βγει εκτός λειτουργίας. Αυτό οφείλεται στη σχετικά υψηλή τιμή αγοράς του φυσικού αερίου και τη χαμηλή τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας, όπου οι δύο αυτές παράμετροι παίζουν καθοριστικό ρόλο για την βιωσιμότητα επενδύσεων ΣΗΘ.

Η συμμετοχή της ΣΗΘ στην παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι σήμερα της τάξης του 2% και στην εγκατεστημένη ισχύ είναι επίσης της τάξης του 2%, σε αντίθεση με τις άλλες Ευρωπαϊκές χώρες, όπου 11 χώρες παράγουν πάνω από το 20% της ηλεκτρικής τους ενέργειας από ΣΗΘ και 4 χώρες πάνω από 50%. Ο Ευρωπαϊκός μέσος όρος είναι γύρω στο 10%. Από τη συμπαγόμενη ηλεκτρική ενέργεια το 40% παράγεται από καύση φυσικού αερίου, το 19% από καύση άνθρακα και το 10% από ΑΠΕ.

#### **4.3.6 Συμπαγωγή και βιομάζα**

Μία σημαντική πηγή ενέργειας, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη Συμπαγωγή Η.Θ. είναι η βιομάζα, που μπορεί να προέλθει από:

- α) αστικά λύματα και απόβλητα
- β) υπολείμματα γεωργικής και δασικής προέλευσης και
- γ) ενεργειακές καλλιέργειες

Η συγκέντρωση του πληθυσμού, τις τελευταίες δεκαετίες, στα μεγάλα αστικά κέντρα και η διάθεση των αστικών λυμάτων αλλά και των απορριμμάτων σε ολόκληρη σχεδόν τη χώρα, έγινε χωρίς προγραμματισμό και με ανεπαρκή υποδομή. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα τη συνεχή μόλυνση τόσο του αερίου όσο και του υδάτινου περιβάλλοντος. Τέτοιου είδους προβλήματα αντιμετωπίζονται στις σύγχρονες κοινωνίες πλέον, με την υγειονομική ταφή των απορριμμάτων και την παραγωγή ενέργειας από το βιοαέριο που εκλύουν.

Ένα τέτοιο σημαντικό έργο, από τα σπουδαιότερα παγκοσμίως, είναι ο σταθμός Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας από το βιοαέριο, που είναι εγκατεστημένο στο Χώρο Διάθεσης Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) στα Άνω Λιόσια, που εγκαινιάστηκε και τέθηκε σε λειτουργία πρόσφατα, τον Σεπτέμβριο 2001. Το έργο αυτό, πρώτο του είδους του στην Ελλάδα, επιλύει το σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα στην περιοχή των Άνω Λιοσίων, ενώ εκμεταλλεύεται την έκλυση του βιοαερίου από τα απορρίμματα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, που επαρκεί για την ηλεκτροδότηση μιας πόλης 15.000 κατοίκων, αφού ο συγκεκριμένος σταθμός ΣΗΘ έχει ηλεκτρική ισχύ 14 MWe και θερμική ισχύ 16,5 MWth. Τα απογεγραμμένα δασικά και γεωργικά υπολείμματα της χώρας ανέρχονται σε 10.000.000 τόνους το χρόνο περίπου. Εάν το 25% εξ αυτών μπορεί να αξιοποιηθεί σε συστήματα Συμπαγωγής, τότε δημιουργείται ένα σημαντικό δυναμικό Συμπαγωγής άνω



των 400 MWe. Επειδή τα γεωργικά και δασικά υπολείμματα της χώρας είναι αποκεντρωμένα και διάσπαρτα σε όλη την χώρα, η εγκατάσταση μονάδων ΣΗΘ μικρής ισχύος, αποτελούν ιδανικές πηγές για αντιμετώπιση αναγκών τηλεθέρμανσης και τηλεψύξης σε όλη τη χώρα, προωθώντας ένα τοπικό πλαίσιο ανάπτυξης, αλλά και την περιφερειακότητα. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η βιομάζα, από την ενεργειακή γεωργία ή των δασικών υπολειμμάτων, μπορεί να αξιοποιηθεί όχι μόνο σε αυτόνομους σταθμούς Συμπααραγωγής, αλλά και στους υφιστάμενους λιγνιτικούς σταθμούς της ΔΕΗ. Δυστυχώς μέχρι σήμερα ασήμαντο ή ελάχιστο από αυτό το δυναμικό χρησιμοποιείται σε συστήματα Συμπααραγωγής με βιομάζα και οι βασικές αιτίες είναι οι εξής:

- Οι φορείς της Τοπικής Αυτοδιοίκησης που είναι αποκεντρωμένοι, αγνοούν τις δυνατότητες και τα πλεονεκτήματα αξιοποίησης της βιομάζας, την οποία διαθέτουν ή μπορεί να παράγουν σε αφθονία.
- Δεν υπήρξε, μέχρι πρόσφατα, το βασικό νομικό πλαίσιο.
- Δεν υπήρξαν κίνητρα σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο.
- Δεν υπήρξε η απαραίτητη και σε βάθος ενημέρωση, από πλευράς του Δημοσίου, όλων των ενδιαφερομένων.
- Δεν κατασκευάστηκαν επιδεικτικά έργα στη χώρα, τα οποία θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για εκπαίδευση τεχνικών και ενημέρωση των ΟΤΑ, των στελεχών της Βιομηχανίας, των Γεωργικών Συνεταιρισμών, κτλ.
- Δεν υπάρχει η αναγκαία κατάρτιση του τεχνικού κόσμου σε θέματα Συμπααραγωγής με βιομάζα.

#### **4.4 Αναφορά στο πρότυπο εργοστάσιο της Μπρέσια στην Ιταλία**

Σε μια Ιταλική πόλη, την Μπρέσια, λειτουργεί ένα πρότυπο εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κ θερμότητας, το οποίο καλύπτει τις ανάγκες ολοκληρωμένης της πόλης. Το εργοστάσιο παράγει ηλεκτρική και θερμική ενέργεια από τα απόβλητα που προέρχονται από τη συλλογή διαφόρων υλικών. Αποτελείται από τρεις μονάδες καύσης των οποίων η μια είναι αφιερωμένη στην παραγωγή ενέργειας από βιομάζα και έχει υλοποιηθεί χρησιμοποιώντας την πιο προηγμένη τεχνολογία. Η βασική του εργοστασίου ιδέα ήταν να επιτευχθεί μια αρμονική ένταξη στο περιβαλλοντικό πλαίσιο. Η προσοχή στο περιβάλλον έχει επιβεβαιωθεί από το γεγονός ότι το 50 % του κόστους για την πραγματοποίηση του εργοστασίου ήταν αφιερωμένο στα συστήματα έκπλυσης των αερίων καύσης και την προστασία του περιβάλλοντος. Από την άποψη της ενεργειακής απόδοσης, τα απόβλητα σε ενέργεια αποτελούν σημαντικό παράγοντα για την προστασία του περιβάλλοντος, τόσο γιατί επιτρέπει την εξοικονόμηση μη ανανεώσιμων ενεργειακών πόρων και επίσης επειδή επιτρέπει την πρόληψη των εκπομπών από ορυκτά καύσιμα. Αποτελεί μια πολύτιμη πηγή ενέργειας για την πόλη της Μπρέσια. Χάρη στο δίκτυο τηλεθέρμανσης, είναι πράγματι δυνατόν να παράγει όχι μόνο ηλεκτρική ενέργεια, αλλά και για την παραγωγή θερμικής ενέργειας σε μεγάλες ποσότητες, μεταφέροντας τη θερμότητα που παράγεται μέσω του δικτύου τηλεθέρμανσης στις κατοικίες των μεμονωμένων πελατών. Το 2008, καίκαν 801.000 τόνοι αποβλήτων και βιομάζας, παρτώντας 570 Kw / h ηλεκτρικής ενέργειας και 568 Kw / ώρα θερμότητας (δηλαδή, σχεδόν το 40 % της θερμικής ενέργειας των ετήσιων εισροών του δικτύου της Μπρέσια). Για να δώσουμε μια πιο συγκεκριμένη ιδέα, τα στοιχεία αυτά σημαίνουν ότι το 2008 τα απόβλητα στο εργοστάσιο ενέργειας καλυψαν τις ηλεκτρικές ανάγκες των 190.000 οικογενειών και θερμότητας ίσο με τις απαιτήσεις 50.000 διαμερισμάτων. Την ίδια στιγμή που είχε εξοικονομήσει 150.000 EPT (ισοδύναμους τόνους βενζίνης) και είχε εμποδίσει την εκπομπή στην ατμόσφαιρα πάνω από 400.000 τόνους διοξειδίου του άνθρακα - CO<sub>2</sub>, πράγμα που σημαίνει ότι το ίδιο αποτέλεσμα μπορεί να επιτευχθεί με την αναδάσωση διπλασίας έκτασης από αυτήν ολοκληρωμένης της Μπρέσια. Το εργοστάσιο απέχει μόνο 300 μέτρα από τις κατοικημένες περιοχές της πόλης και τροφοδοτεί με ηλεκτρισμό και θέρμανση (ατμό) 50.000 κατοίκους. Η μονάδα αυτή έχει δυναμικότητα

εκμετάλευσης μεγαλύτερη από 500.000 τόνους αστικών αποβλήτων το χρόνο, παράγει 400 GWh ηλεκτρικής ενέργειας και 300 GWh θερμότητας ετησίως. Μια πανοραμική άποψη της εγκατάστασης παρουσιάζεται στην γωτογραφια



Εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας, Μπρέσια.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι εκπομπές Αέριων Ρύπων, οι οποίες είναι σαφώς κατώτερες των ορίων της ΕΕ.

Όλες οι τιμές αντιστοιχούν σε mg/Nm <sup>3</sup> . Οι τιμές αναφέρονται σε ξηρό αέριο, κανονικές συνθήκες 11% O <sub>2</sub>	Όρια εξουσιοδότησης της μονάδας 1993	Δεδομένα σχεδιασμού της μονάδας 1994	Όρια της Ευρωπαϊκής Ένωσης 2000	Πραγματικά δεδομένα λειτουργίας 2005
Μικροσωματίδια	10	3	10	0,4
Διοξείδιο του θείου	150	40	50	6,5
Οξειδία του αζώτου (NOx)	200	100	200	<80
Υδροχλωρικό οξύ (HCl)	30	20	10	3,5
Υδροφθόριο (HF)	1	1	1	0,1
Μονοξείδιο του άνθρακα	100	40	50	15
Βαρέα μέταλλα	2	0,5	0,5	0,01
Κάδμιο (Cd)	0,1	0,02	0,05	0,002
Υδράργυρος (Hg)	0,1	0,02	0,05	0,002
Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAH)	0,05	0,01	-	0,00001
Διοξίνες (TCDD Teq)	0,1	0,1	0,1	0,002

ο παρακατω χαρτης μας διχνει το δικτιο που τροφοδοτει το εργοστασιο :

# DISTRICT HEATING NETWORK

**467 km of double pipe**  
**130.000 inhabit.supplied**

**34 Mm<sup>3</sup> heated vol.**

**12.338 connected buildings**

**650 Mwth**

**190 Mwe**



## ΚΑΙΦΑΛΑΙΟ 5

### 5. ΑΝΑΓΚΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΑΠΕ

Σύμφωνα με τις μέχρι σήμερα γεωλογικές και τεχνολογικές πληροφορίες και με τα μέχρι σήμερα διαθέσιμα για άντληση μέσα, η μεγάλη πλειοψηφία των χωρών της Αμερικής, της Δυτικής Ευρώπης και της Ασίας περιμένουν τα αποθέματα τους να εξαντληθούν τα επόμενα τριάντα χρόνια. Οι μόνες χώρες που φαίνεται να ξεπερνούν αυτόν το χρονικό ορίζοντα είναι οι χώρες της Μέσης Ανατολής. Όπως γίνεται όμως φανερό, βαίνουμε ολοταχώς προς μια αγορά, απόλυτα εξαρτημένη. Όσον αφορά τα ελληνικά δεδομένα, το ενεργειακό πρόβλημα προσδιορίζεται κυρίως από τις εξής συνιστώσες :

- Τη μόνιμη ενεργειακή εξάρτηση, άρα κατ' επέκταση και την πολιτική και κοινωνική εξάρτηση , της χώρας μας από χώρες που διαθέτουν ή διαχειρίζονται τα πετρελαιοειδή.
- Την ανοδική τάση των τιμών της ενέργειας, η οποία δημιουργεί αύξηση του κόστους στο σύνολο των προϊόντων και των υπηρεσιών. Αξίζει να σημειωθεί ότι από την ενεργειακή κρίση μέχρι σήμερα οι τιμές του αργού πετρελαίου έχουν τετραπλασιασθεί, γεγονός που πιστοποιεί τη μονιμότητα του ενεργειακού προβλήματος ως προς την άνοδο των τιμών .
- Την αβεβαιότητα επάρκειας και σταθερότητας της ενεργειακής τροφοδοσίας και την ανασφάλεια που δημιουργείται ηθελημένα ή μη.
- Την εξάντληση των ενεργειακών πόρων.
- Τη ρύπανση της ατμόσφαιρας και των υδάτινων αποδεκτών. Συγκεκριμένα η ενέργεια επιδρά δυσμενώς στο εριβάλλον σε κάθε φάση της ενεργειακής ροής, δηλαδή από την εξόρυξη των πρώτων υλών μέχρι την τελική χρήση τους. Με συνέπεια να συμβάλλει τα μέγιστα στη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου (από τις εκπομπές των αερίων καύσης) και ταυτόχρονα να μειώνει τη διαθεσιμότητα του υδάτινου δυναμικού (από την ποιοτική υποβάθμιση των υδάτων).
- Το κύκλωμα διαχείρισης της ενεργειακής ροής χαρακτηρίζεται από μεγάλες απώλειες, που ανέρχονται στο 85% της πρωτογενούς ενέργειας. Διαπιστώνεται ως εκ τούτου ότι σημαντική συνιστώσα του ενεργειακού συστήματος είναι η μη ορθολογική διαχείρισή του ή διαφορετικά η χαμηλή αποδοτικότητά του , η οποία μπορεί να βελτιωθεί λόγω της τοπικά αναπτυσσόμενης ενεργειακής παραγωγής μέσω ΑΠΕ.

Η ελληνική ενεργειακή πολιτική, με γνώμονα την ενεργειακή απεξάρτηση, στηρίχθηκε όπως προαναφέρθηκε στην εκμετάλλευση του λιγνίτη. Η ανάγκη όμως διαφοροποίησης των πηγών και οι παγκόσμιες εξελίξεις στη δεκαετία του 80 οδήγησαν στην επιλογή του φυσικού αερίου ως συμπληρωματικής ενεργειακής πηγής. Η νέα πραγματικότητα που διαμορφώνεται πλέον με τη συνειδητοποίηση των κλιματικών αλλαγών, την κατακόρυφη αύξηση της τιμής του πετρελαίου, αλλά και την ενεργειακή εξάρτηση, καθιστά τις Α.Π.Ε. συγκροτημένη και αξιόπιστη πρόταση, ικανή να αποτελέσει μακροπρόθεσμα το επόμενο ενεργειακό δόγμα της χώρας. Οι προοπτικές αυτές πέρα από την πετρελαϊκή κρίση που διανύουμε και τις επιπτώσεις στο περιβάλλον, ενισχύονται και από την Ευρωπαϊκή κατεύθυνση του 20-20-20.

Για την Ελλάδα οι στόχοι για το 2020 είναι οι εξής:

- ~ 18% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας από Α.Π.Ε.
- ~ 40% της ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε.
- ~ 10% των μεταφορών με Α.Π.Ε. (βιοκαύσιμα)
- ~ Εξοικονόμηση 20% πρωτογενούς ενέργειας
- ~ Μείωση κατά 4% των εκπομπών του 2005

Η Ελλάδα βρίσκεται στην πλεονεκτική θέση να έχει διαπιστωμένη ύπαρξη πλούσιου

δυναμικού σε όλες τις Α.Π.Ε. το οποίο επιτρέπει τη στήριξη μιας πολιτικής με δυνατότητα ευελιξίας και συνέπειας

Γίνεται σαφές από την μέχρι σήμερα εμπειρία ότι η αξιοποίηση των Α.Π.Ε. σε ευρεία κλίμακα δεν θα προκύψει ως αυτόματη συνέπεια τεχνολογικής τους ωρίμανσης. Προϋποθέτει την υιοθέτηση ριζικά διαφορετικών πρακτικών ενεργειακού σχεδιασμού και ταυτόχρονα την αντιμετώπιση των παραγόντων εκείνων που παρεμποδίζουν τη διάχυση των Α.Π.Ε., καθώς και την άρση των πολλαπλών εμποδίων, διοικητικού και θεσμικού χαρακτήρα που δυσχεραίνουν την υλοποίηση των αναγκαίων δράσεων για την διείσδυσή τους στην ενεργειακή αγορά.

Ο στόχος για τη συνεισφορά των Α.Π.Ε. την επόμενη δεκαετία στην Ελλάδα πρέπει να έχει ως βασικό άξονα την ανάπτυξή τους σε μεγάλη κλίμακα, να είναι φιλόδοξος αλλά και ρεαλιστικός. Με σκοπό τη δημιουργία αξιόπιστου, ενιαίου και αρμονικού πλαισίου ΑΠΕ, πρέπει να γίνει ουσιαστική συνεργασία όλων των εμπλεκόμενων φορέων (Υπουργεία, αγορά, Μη Κυβερνητικές Οργανώσεις κλπ) και να προωθηθεί ειδική νομοθεσία για την περαιτέρω απλοποίηση των αδειοδοτικών διαδικασιών και την παροχή οικονομικών κινήτρων για την ισορροπημένη χρηματοδότηση και ανάπτυξη τους.

## ΩΦΕΛΗ

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

- Η βιομάζα είναι **ανανεώσιμο υλικό** (υπό προϋποθέσεις) σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα (αργό πετρέλαιο, λιγνίτης, λιθάνθρακας, φυσικό αέριο) τα οποία εξαντλούνται.
- Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου καθώς οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη εκ νέου δημιουργία της.
- Η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στη βιομάζα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>) που είναι κυρίως υπεύθυνο για την όξινη βροχή.
- Εφόσον η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας, η αξιοποίησή της σε ενέργεια συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα και βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου, στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και στην εξοικονόμηση του συναλλάγματος.
- Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια αγροτική περιοχή, αυξάνει την απασχόληση με τη χρήση εναλλακτικών καλλιεργειών και τη δημιουργία νέων μονάδων παραγωγής συμβάλλοντας έτσι και στη συγκράτηση του πληθυσμού στις εστίες του.
- Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου καθώς οι ποσότητες του διοξειδίου του

άνθρακα που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη εκ νέου δημιουργία της.

- Η παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας από την καύση της βιομάζας σε σύστημα ORC αποτελεί μια σημαντική εναλλακτική στα συμβατικά συστήματα καύσης της βιομάζας, με σημαντικά πλεονεκτήματα μεταξύ των οποίων είναι η μεγάλη διάρκεια ζωής της μηχανής, τα χαμηλότερα κόστη συντήρησής της και η δυνατότητα πλήρους αυτοματοποιημένης λειτουργίας.
- Το διαθερμικό λάδι ως μέσο μεταφοράς θερμότητας είναι πιο ασφαλές και αποδοτικό από τον ατμό. Αυτό συμβαίνει γιατί μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διεργασίες με πολύ υψηλές θερμοκρασίες, που μπορεί να φτάσουν έως και τους 350°C (ακόμα κ τους 400°C, ανάλογα με το είδος και την επεξεργασία του λαδιού), χωρίς καμία αύξηση της πίεσής του. Το νερό μετά τη θερμοκρασία των 100°C αρχίζει να βράζει, μετατρέπεται σε ατμό και με περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας, αυξάνεται κατά πολύ η πίεσή του. Αποτέλεσμα αυτού, τα συστήματα ατμού υπόκεινται σε νομοθετικές και κανονιστικές απαιτήσεις, λόγω του εγγενούς κινδύνου από τις υψηλές πιέσεις λειτουργίας. Επίσης αυξάνεται το κόστος εγκατάστασης όπως και οι έλεγχοι ρουτίνας για την ομαλή λειτουργία της μονάδας.
- **Συμβάλλει σημαντικά στο εμπορικό ισοζύγιο της χώρας.** Η βιομάζα είναι εγχώριο προϊόν. Έτσι μειώνεται η εξάρτηση από τα εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα, εξοικονομείται συνάλλαγμα και, κατ' επέκταση, με τη σωστή αξιοποίησή της εξασφαλίζεται ομαλή ροή ενεργειακού καυσίμου
- Γενικώς μπορεί να ειπωθεί ότι τονώνουν την αγροτική δραστηριότητα η οποία είναι βασικός κλάδος της ελληνικής οικονομίας. Επίσης, από τη μελέτη του κύκλου ζωής τους προκύπτει ότι η επίδρασή τους στο περιβάλλον είναι πολύ πιο ήπια σε σύγκριση με τα συμβατικά καύσιμα.
- . Επιπλέον, μια άλλη ενδιαφέρουσα λύση είναι η συνεισφορά των απορριμμάτων . Τα απορρίμματα αποτελούν δελεαστική λύση για δύο λόγους: 1. Υπάρχουν σε μεγάλες ποσότητες και αυξάνονται μαζί με τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας λόγω του τουρισμού τους θερινούς μήνες.
- Επίσης σημαντικό πλεονέκτημα είναι η δημιουργία χιλιάδων θέσεων εργασίας (η βιομάζα έρχεται πάντα πρώτη από όλες τις ΑΠΕ στον αριθμό νέων άμεσων και έμμεσων θέσεων εργασίας που δημιουργούνται)
- Συμβάλει στη συγκράτηση αγροτικών πληθυσμών στις παραμεθόριες και τις άλλες γεωργικές περιοχές
- Μέχρι και το 60% των εσόδων επιστρέφει ως εισόδημα στον αγροτικό πληθυσμό
- Αντικατάσταση εισαγόμενων ορυκτών καυσίμων με μία εγχώρια και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, με αντίστοιχη εξοικονόμηση συναλλάγματος

- Σημαντικό περιθώριο περαιτέρω ανάπτυξης εγχώριου εξοπλισμού και τεχνογνωσίας.
- Μπορεί να προσφέρει μέσω εφαρμογών θερμότητας και στην ανάπτυξη παράπλευρων οικονομικών δραστηριοτήτων (θερμοκήπια, τηλεθέρμανση, ξηραντήρια, ιχθυοκαλλιέργειες κλπ)
- Με την αξιοποίηση της βιομάζας, **αυξάνεται η απασχόληση** τόσο στον αγροτικό, όσο και στο βιομηχανικό τομέα, αφού ενισχύει την απασχόληση σε εναλλακτικούς τομείς και καλλιέργειες αλλά και τη δημιουργία εναλλακτικών αγορών για τις παραδοσιακές καλλιέργειες. Επιπλέον, δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας, συμβάλλοντας στην παραμονή του πληθυσμού στις εστίες τους και κατ' επέκταση στην ευημερία της περιοχής.
- Τόνωση οικονομίας με νέες επενδύσεις (Μόνο για ηλεκτροπαραγωγή απαιτούνται επενδύσεις 1δισ € έως 2020 για επίτευξη εθνικού στόχου.
- Σύμφωνα με στοιχεία της Greenpeace, ένας σύγχρονος καυστήρας λέβητα βιομάζας (pellets), ελευθερώνει περίπου 30 φορές λιγότερα σωματίδια, απ' ό τι ένα παραδοσιακό τζάκι. Δηλαδή, εάν τοποθετήσουμε καυστήρα pellets στην πολυκατοικία μας, θα έχουμε **30 φορές λιγότερες εκπομπές σωματιδίων**, από το αν ανάψουμε το τζάκι του σπιτιού μας, με το οποίο θα ζεστάνουμε μονάχα ένα δωμάτιο! Και επιπλέον, **το οικονομικό μας όφελος** σε σχέση με τις συμβατές μορφές καυσίμου, φτάνει περίπου το **25-30%**.
- Μέχρι σήμερα έχουν εγκαταλειφθεί 10 εκατ. στρέμματα καλλιεργήσιμης γης κυρίως για οικονομικούς λόγους (μείωση επιδοτήσεων, γεωργικά πλεονάσματα κλπ). Με τις Ενεργειακές Καλλιέργειες δίνεται η δυνατότητα στους αγρότες για **νέες αποδοτικές μορφές καλλιέργειας**, οι οποίες επιπλέον έχουν και **σημαντικές επιδοτήσεις**.
- Οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα/βιοαέριο παρέχουν εγγυημένη ισχύ και συμβάλλουν στη σταθερότητα της λειτουργίας του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας

## ΜΕΙΩΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

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

- Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας απαιτεί τις περισσότερες φορές σημαντικές διεργασίες και βελτιώσεις πριν από τη χρήση της, οι οποίες απορρέουν από τα μεγάλα ποσοστά υγρασίας της ακατέργαστης ύλης.
- Σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα προκύπτουν περισσότερες δυσκολίες στις διάφορες διεργασίες συγκομιδής, επεξεργασίας, μεταφοράς και αποθήκευσής της.



- Τα κόστη προμήθειας αλλά και το κόστος των μονάδων παραγωγής βιομάζας παραμένει σήμερα υψηλότερο από αυτά των συμβατικών μορφών παραγωγή ενέργειας.

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

### **Οργάνωση πληροφορίας σχετικά με τη βιομάζα**

Για να ακολουθηθεί ο οικολογικός και φιλικός χαρακτήρας της παραγωγής ενέργειας προς το περιβάλλον, απαιτείται πρωταρχικά η συγκομιδή και συγκέντρωση πληροφοριών σχετικά με την διαθεσιμότητα και τα είδη βιομάζας κατά τόπους, ώστε να εισέλθουμε σταδιακά στην νοοτροπία της διαχείρισης των υπολειμμάτων και απορριμμάτων. Έχουν αρχίσει να γίνονται προσπάθειες προς αυτήν την κατεύθυνση με στόχο την στατιστική χαρτογράφηση των διαφόρων περιοχών αναφορικά με την βιομάζα, πράγμα που κρίνεται απαραίτητο και κριτικής σημασίας για την ανάπτυξη των εφαρμογών βιομάζας στην χώρα μας. Με την παρούσα κατάσταση η Ελλάδα φέρεται να έχει ένα σημαντικό δυναμικό, το οποίο δεν δύναται να αξιοποιηθεί.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Μανέλης Γεώργιος, (2012), «Τεχνοοικονομική μελέτη ενεργειακών καλλιεργειών για την παραγωγή και εκμετάλλευση βιομάζας», Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Βάκης Γεώργιος, (2013), «Μονάδα συμπαραγωγής με καύση βιομάζας και αφιοποίηση της απορριπτόμενης θερμότητας για θέρμανση θερμοκηπίου», Διπλωματική εργασία Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.
- Μπουσδέκης Αλέξανδρος, (2012), «Αξιοποίηση βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε Ελληνικά νησιά», Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Ντογκούλης Α. Παναγιώτης, (2008), «Αξιοποίηση των υπολειμμάτων βάμβακος του ν. Λάρισας για τηλεθέρμανση», Μεταπτυχιακή διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Αντώνιος Π. Γεωργιάδης-Σωτήριος Β. Σωτηρίου, (2011), «Αξιοποίηση της βιομάζας στον Ελλαδικό χώρο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Μπουτέτσιου Ελένη, (2010), «Ενεργειακή αξιοποίηση δασικής βιομάζας: Η περίπτωση του Μετσόβου», Μεταπτυχιακή εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Μέτσοβο.
- ΑΝΤΩΝΙΟΣ Π. ΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ, ΣΩΤΗΡΙΟΣ Β. ΣΩΤΗΡΙΟΥ, (2011) «Αξιοποίηση της Βιομάζας στον Ελλαδικό Χώρο για την Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας μέσω Συστημάτων Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας», διπλώματικη εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Μανέλης Γεώργιος (2012) «Τεχνοοικονομική μελέτη ενεργειακών καλλιεργειών για την παραγωγή και εκμετάλλευση βιομάζας», Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Αγγελική Καυγά, (2005), «Μελέτη αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας για τον έλεγχο του φωτισμού και της θερμοκρασίας του θερμοκηπίου», Μεταπτυχιακή εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.
- Θ. Α. Γέτμος, Σπ. Φουντάς, Αρ. Ταγαράκης, (2006), «Μελέτη αξιοποίησης παραγόμενης βιομάζας στον νομό Λάρισας με καύση για συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας», Εργαστηριακή μελέτη, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Ν. Ιωνία.
- Παπαϊωάννης Ιωάννης, (2011), «Ανάλυση διάφορων οργανικών κύκλων Rankine για την ανάκτηση θερμότητας από καυσάερια κινητήρα Diesel», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

- Βαρέλης Γ. Αλέξανδρος, (2009), «Παραμετρική διερεύνηση για την εκτίμηση της επίδρασης της θερμοκρασίας καυσαερίου κινητήρων Diesel βαρέως τύπου σε σύστημα ανάκτησης θερμότητας μέσου κύκλου Rankine», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Μαυρογιαννόπουλος, Γ. (2001), «Θερμοκήπια», Γ' Έκδοση, Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.
- Μαχαίρα Σουλτάνα-Μάρθα, Σιμούλη Ασπασία, (2009), «Θέρμανση Θερμοκηπίου με χρήση γεωθερμίας», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Αποστολάκη Μ., Σ. Κυρίτση, Χ. Σούτερ (1987) Το Ενεργειακό δυναμικό της βιομάζας γεωργικών και δασικών υποπροϊόντων. Ινστιτούτο Τεχνολογικών Εφαρμογών, ΕΛΚΕΠΑ Αθήνα.
- Χουδάλης, 1996. Εξέλιξη στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής από βιομάζα. Στη: Μελέτη του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας-Γεωπονικού Πανεπιστημίου-Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού με τίτλο "Διερεύνηση δυνατοτήτων αξιοποίησης βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τη ΔΕΗ"
- Χ.Α Φραγκόπουλος, Η.Π. Καρυδογιάννης, Γ.Κ. Καραλής, «Συμπααραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας», ΕΛΚΕΠΑ, Νοέμβριος 1994
- Δημητρακοπούλου Νικολίτσα, (2009), «Η συμβολή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη βιώσιμη ανάπτυξη της Πάτρας», Πτυχιακή μελέτη, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας, Αθήνα
- Κωνσταντίνου Κώστας, Τσακίριδου Ειρήνη, «Παραγωγή Pellets από Αγροτικά Υπολείμματα», ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΚΕΝΤΡΟ Κ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ (ΠΕΚΚΜ)
- Μηπιτανίδου Άννα, (2011), «Η αγορά πετρελαίου», Πτυχιακή Εργασία, Α.Τ.Ε.Ι. Δυτικής Μακεδονίας, Σχολή Διοίκησης και Οικονομίας, Τμήμα Χρηματοοικονομικών εφαρμογών, Κοζάνη
- Ψάλτη Ειρήνη, (2011), «Βιοκλιματικός ανασχεδιασμός οικίας στο Ν. Ηράκλειο Αττικής», ΕΜΠ, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, τομέας Δομοστατικής, Αθήνα

## Δικτυακές πηγές

- <http://www.bisyplan.bioenarea.eu>
- <http://www.elperes.gr>
- <http://www.biomassenergy.gr>
- <http://www.envima.gr>
- <http://www.turboden.eu>
- <http://www.hydroponics.gr>
- <http://www.cres.gr>
- <http://www.helapco.gr>
- <http://www.ypeka.gr>
- <http://www.el.wikipedia.org>
- <http://www.trikalacity.gr>
- <http://www.lagie.gr>
- [www.qualitynet.gr](http://www.qualitynet.gr)
- [www.a2a.eu](http://www.a2a.eu)
- [www.ramboll.com](http://www.ramboll.com)
- [www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/bonomo\\_nawtec11\\_brescia.pdf](http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/bonomo_nawtec11_brescia.pdf)

