



ΒΙΟΜΑΖΑ

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

Αλεξάνδρα Μπαρμπατζά



Εισαγωγή στη Βιομάζα

-Τι είναι η Βιομάζα?

Βιομάζα είναι η μάζα βιολογικών υλικών που προέρχεται από ζωντανούς οργανισμούς και από βιολογικούς μετασχηματισμούς της ύλης. Ετυμολογικά η βιομάζα προέρχεται από τη λέξη βίος (ζωή) και τη λέξη μάζα (ύλη).

Με άλλα λόγια Βιομάζα είναι η ύλη που έχει βιολογική προέλευση. Πρακτικά, στον όρο βιομάζα εμπεριέχεται οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο.

-Κατηγορίες βιομάζας

- Δασικές φυτείες (ξυλώδης βιομάζα)
- Αγροτο-βιομηχανικές φυτείες (ξυλώδης βιομάζα)
- Δένδρα εκτός των δασών (ξυλώδης βιομάζα)
- Αγροτικές φυτείες (Μη ξυλώδης βιομάζα)
- Υπολείμματα αγροτικών φυτειών (Μη ξυλώδης βιομάζα)
- Υπολείμματα βιομηχανικής επεξεργασίας αγροτικών προϊόντων (Μη ξυλώδης βιομάζα)
- Απόβλητα ζώων και ανθρώπων



Εφαρμογές της Βιομάζας

-Ποιος είναι ο σκοπός της?

Προορίζεται σαν αποθήκη χημικής ενέργειας με σκοπό την παροχή θερμότητας, ηλεκτρισμού ή καυσίμων.

-Οι εφαρμογές της βιομάζας στις αναπτυσσόμενες χώρες είναι:

- Χρήση σε υλικά κατασκευών
- Παραγωγή ζωοτροφών
- Παραγωγή λιπασμάτων
- Παραγωγή ενέργειας κτλ.

-Οι εφαρμογές της βιομάζας στις ανεπτυγμένες χώρες είναι:

- Παραγωγή ενέργειας
- Παραγωγή χαρτιού
- Χρήση σε υλικά κατασκευών κτλ.



Βιοκαύσιμα

-Τι καλούμε ως Βιοκαύσιμο?

Κάθε ενεργειακό πόρο, σε στερεή, υγρή ή αέρια μορφή, από οργανικές πρώτες ύλες που προέρχονται είτε κατευθείαν από φυτά είτε έμμεσα από βιομηχανικά, εμπορικά, οικιακά και αγροτικά απόβλητα.

Οι εφαρμογές των βιοκαυσίμων αφορούν ένα πολύ ευρύ φάσμα, από τα οικιακά τζάκια έως εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρισμού δυναμικότητας 50 MW_{el} και ετήσιας κατανάλωσης 500 ktn βιομάζας.

-Ενδεικτικός πίνακας της τάξης μεγέθους διαφόρων εφαρμογών βιομάζας

| Δυναμικότητα εγκατάστασης | Εφαρμογή | Ετήσια κατανάλωση βιομάζας (odt*) | Τάξη μεγέθους επένδυσης (1000·\$) |
|--|--|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Οικιακή θέρμανση (15 kW _{th}) | Κατοικία | 3 – 5 (καυσόξυλα) | 0,1 |
| Θέρμανση (350 kW _{th}) | Σχολείο ή βιοτεχνία | 80 – 120 (ξύλο – άχυρο) | 10 |
| Εγκατάσταση συμπαραγωγής μικρής κλίμακας (250 kW _{el}) | 200 – 300 κατοικίες ή μικρή βιομηχανία | 1500 – 2000 (ξύλο – άχυρο) | 100 |

odt : oven dry tonne – ξηρός τόνος



Η Βιομάζα ως Βιοκαύσιμο

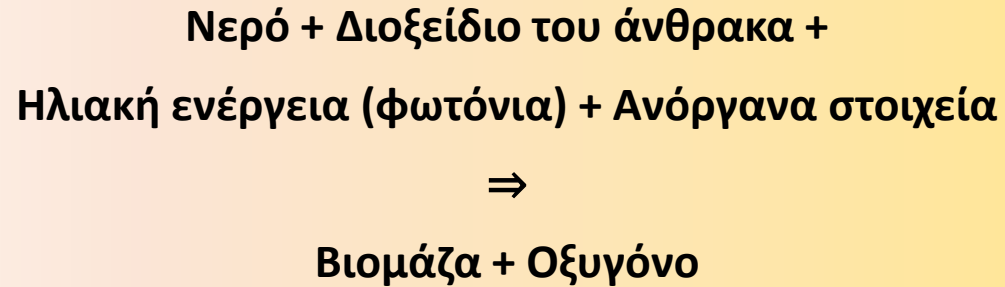
-Ενδεικτικός πίνακας της τάξης μεγέθους διαφόρων εφαρμογών βιομάζας

| Δυναμικότητα εγκατάστασης | Εφαρμογή | Ετήσια κατανάλωση καυσίμου (odt) | Τάξη μεγέθους επένδυσης (10 ⁶ ·\$) |
|---|---------------------------|--|---|
| Εργοστάσιο ηλεκτροπαραγωγής μεσαίου μεγέθους (5 MW _{el}) | 4.000 – 6.000 κατοικίες | 20.000 – 30.000 | 1 |
| Εργοστάσιο ηλεκτροπαραγωγής μεγάλου μεγέθους (30 MW _{el}) | 25.000 – 35.000 κατοικίες | 120.000 – 140.000 | 10 |
| Εργοστάσιο ηλεκτροπαραγωγής συνδυασμένου κύκλου (500 MW _{el}) | > 500.000 κατοικίες | 800 Mm ³ NG ή 1 Mtn άνθρακα | 100 |



Προέλευση της Βιομάζας

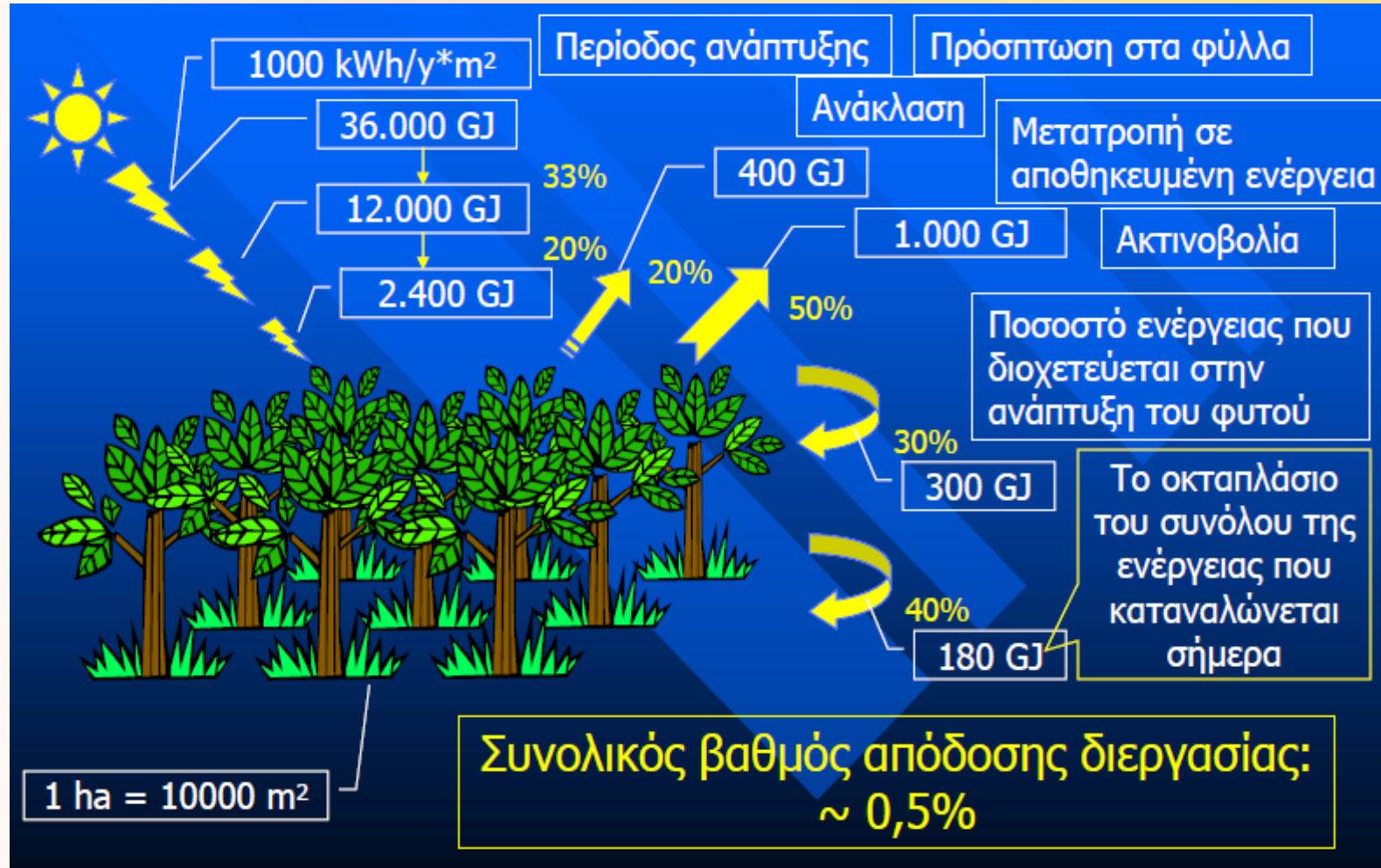
Η βιομάζα αποτελεί μια δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών. Κατ' αυτήν, η χλωροφύλλη των φυτών μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών, χρησιμοποιώντας ως βασικές πρώτες ύλες διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα, νερό και ανόργανα συστατικά από το έδαφος. Η διεργασία αυτή μπορεί να παρασταθεί σχηματικά ως εξής:



Από τη στιγμή που σχηματίζεται η βιομάζα, μπορεί πλέον κάλλιστα να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας.



Προέλευση της βιομάζας



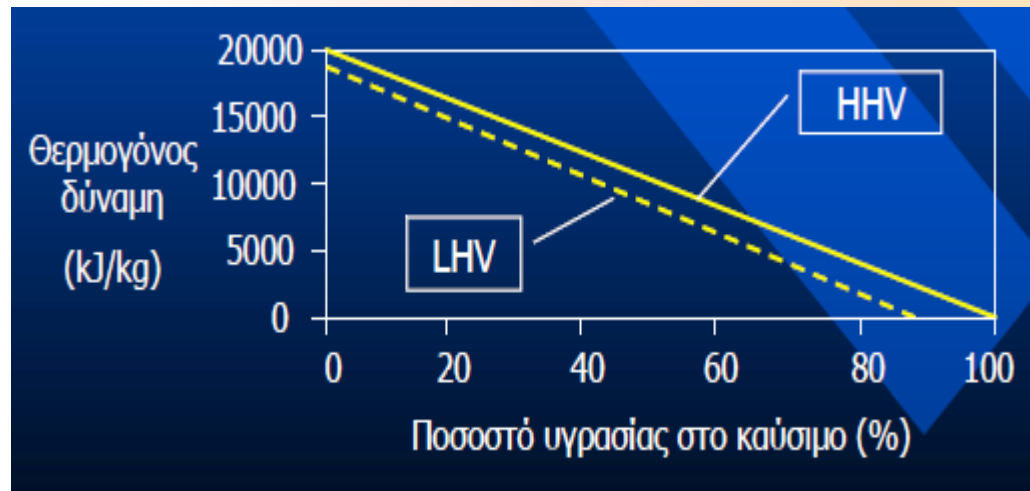


Βασικές Ιδιότητες Βιομάζας

-Θερμογόνος Δύναμη

Ως θερμογόνος δύναμη καλείται η θερμική ενέργεια που εκλύεται κατά την καύση 1 kg καυσίμου (αέρια: 1 m³) σε συγκεκριμένες συνθήκες.

Διακρίνεται σε ανώτερη (HHV - Higher Heating Value) και κατώτερη (LHV - Lower Heating Value).



Οι συνήθεις τιμές της θερμογόνου δύναμης του βιοκαυσίμου χωρίς τέφρα και σε ξηρή βάση είναι της τάξης των 20.000 kJ/kg \pm 15% .



Βασικές Ιδιότητες Βιομάζας

-Περιεκτικότητα σε Υγρασία

Είναι η ποσότητα του νερού εντός της βιομάζας.

- Πρόκειται για ιδιαίτερα σημαντική παράμετρο, τόσο για τον καθορισμό του κατώτερου βαθμού θερμογόνου δύναμης (LHV), όσο και για την επιλογή της τεχνολογίας ενεργειακής αξιοποίησης που θα επιλεγεί.
- Για τη θερμική αξιοποίηση (π.χ. καύση) της βιομάζας επιβάλλονται τιμές $< 50\%$.
- Οι τιμές της κυμαίνονται από 10% (υπολείμματα καλλιέργειας δημητριακών) έως και 80% (δασικά υπολείμματα-ζωικά απόβλητα).



Βασικές Ιδιότητες Βιομάζας

-Περιεκτικότητα σε Τέφρα (Το ανόργανο κλάσμα της Βιομάζας)

Αποτελείται κατά κύριο λόγο από:

SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , Na_2O , K_2O , MgO , P_2O_5 , TiO_2

Κυμαίνεται από 0,5% (ξύλο) έως 30-40% (φλοιός ρυζιού)

Επίσης είναι σημαντική παράμετρος που επηρεάζει τη συμπεριφορά του βιοκαυσίμου κάτω από υψηλές θερμοκρασίες.

Η τήξη και η επανασυσσωμάτωση της τέφρας προκαλεί προβλήματα (αποφράξεις, επικαθίσεις, λειτουργικές δυσχέρειες στις ρευστοποιημένες κλίνες κ.α.)





Βασικές Ιδιότητες Βιομάζας

-Πυκνότητα

Καθώς η βιομάζα χρησιμοποιείται τεμαχισμένη, η πιο χρήσιμη τεχνικά είναι η «χύδην» (bulk) πυκνότητα, ή αλλιώς πυκνότητα του υλικού σε «χύμα» κατάσταση.

Προφανώς αποτελεί κλάσμα της πυκνότητας ανά τεμάχιο.

Εξαρτάται άμεσα από το είδος, το μέγεθος, το σχήμα και την υγρασία των τεμαχίων της βιομάζας.

Κυμαίνεται από 100-200 kg/m³ (άχυρο) και 700-900 kg/m³ (ξύλο)

Η «χύδην» πυκνότητα σε συνδυασμό με τη θερμογόνο ικανότητα της βιομάζας αποτελούν την «ενεργειακή πυκνότητα». Σε σύγκριση με συμβατικά καύσιμα, η βιομάζα έχει περίπου το 10% της ενεργειακής πυκνότητας του πετρελαίου.



Είδη – Πηγές Βιομάζας για Παραγωγή Ενέργειας

-Οι κυριότερες πηγές βιομάζας για παραγωγή ενέργειας είναι:

- Υπολείμματα ξυλείας
- Γεωργικά υπολείμματα
- Ενεργειακές καλλιέργειες
- Ζωικά απόβλητα
- Αστικά απορρίμματα

| Πηγή βιομάζας | Εκτίμηση παροχής ενέργειας το έτος 2050 (EJ) |
|--------------------------|--|
| Υπολείμματα ξυλείας | 24 |
| Γεωργικά απορρίμματα | 25 |
| Ενεργειακές καλλιέργειες | 128 |
| Ζωικά απόβλητα | 25 |
| Αστικά απορρίμματα | 3 |



Υπολείμματα Ξυλείας

Το ξύλο είναι το συνηθέστερο καύσιμο. Τα υπολείμματα ξυλείας είναι η κύρια πηγή βιοκαυσίμων σε παγκόσμια κλίμακα.

Οι διαθέσιμες ποσότητες στις ΗΠΑ ανέρχονται σε 40 εκ. τόνους ξηράς ουσίας που μπορεί να παράξουν 7500 MW βιοισχύος.

-Πριονίδια και άλλα αστικά υπολείμματα

- Υπολείμματα ξύλου από βιομηχανίες χάρτου, πολτού και ξυλουργεία (πριονίδι)
 - ✓ Πολύ καθαρά
 - ✓ Χαμηλή υγρασία, μέχρι 5%
 - ✓ Ευρεία χρήση σε πολλά συστήματα καύσης
 - ✓ Μπορούν να χρησιμοποιηθούν επί τόπου για την κάλυψη των αναγκών της εγκατάστασης που παράγονται
- Τα άχρηστα ξύλινα προϊόντα, υπολείμματα από ξυλαποθήκες, και αβλαβή υπολείμματα ξύλου από οικοδομές και κατεδαφίσεις
 - ✓ Εκτρέπονται σε μονάδες ανάκτησης για διαχωρισμό του καθαρού ξύλου



Υπολείμματα Ξυλείας

-Υπολείμματα δέντρων και άλλα δασικά υπολείμματα

- Δασικά υπολείμματα
 1. Μη χρησιμοποιούμενα υπολείμματα υλοτομίας
 2. Μη εμπορεύσιμα δένδρα
 3. Νεκρά ξύλα και δέντρα που κόβονται για την προστασία των δασών
 - ✓ Μειονέκτημα: Δύσκολη και δαπανηρή η ανάκτηση λόγω διασποράς και μακρινής απόστασης
- Κλαδέματα
 1. Υπολείμματα κήπων, κλαδέματα δένδρων από δρόμους, σιδηροδρομικές γραμμές κτλ.
 - ✓ Συνήθως καταλήγουν στις χωματερές
 - ✓ Πιο σπάνια χρησιμοποιούνται για παραγωγή λιπάσματος



Υπολείμματα Ξυλείας

-Προέρχονται από:

- Υλοτόμηση δασών
- Κλάδεμα δέντρων
- Επεξεργασία της ξυλείας
(κοπή, αποφλοιώση, πριονίδια – π.χ. 50% της ξυλείας εξέρχεται από τα πριονιστήρια)
- Χαρτοβιομηχανία (υγρό καύσιμο απόβλητο – “black liquor”)

.



Υπολείμματα Ξυλείας

-Τι είναι το Black Liquor?

- Είναι ένα υποπροϊόν από πολτό (νερό, μαγειρικά χημικά, λιγνίνη και άλλα συστατικά ξύλου)
- Πρόκειται για υγρή μορφή βιομάζας
- Περίπου το μισό ξύλο καταλήγει σε black liquor
- Έχει θερμαντική αξία 14 MJ/kg
- Έχει έντονη οσμή (θειούχες ενώσεις)





Υπολείμματα Ξυλείας

-Το κόστος των υπολειμμάτων ξυλείας εξαρτάται από:

- Το σημείο συλλογής
- Τη συνολικά διαθέσιμη ποσότητα
- Το κόστος χρήσης του εξοπλισμού συλλογής
- Τις απαιτήσεις προεπεξεργασίας ή ξήρανσης
- Τη διανυόμενη απόσταση μεταφοράς
- Τη διάταξη επεξεργασίας και μεταφοράς στο εργοστάσιο μετατροπής σε ηλεκτρισμό – θερμότητα



-Τυπικά κόστη παράδοσης βιοκαυσίμου (80 km διανυόμενη απόσταση)

- 1,5 – 4,5 \$/ GJ
- 15 - 45 \$/ ODT (Oven Dry Tonnes) ή σε ελληνική απόδοση τόνοι ξηρού φορτίου

-Ποιες είναι οι εφαρμογές τους?

Χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο προς κάλυψη θερμικών φορτίων και σπανιότερα σε συνδυασμό με ηλεκτροπαραγωγή



Γεωργικά Υπολείμματα

-Ποια είναι τα Γεωργικά Υπολείμματα?

Μεγάλες ποσότητες υπολειμμάτων συγκομιδής που παράγονται ετησίως και μένουν ανεκμετάλλευτες όπως άχυρα σιτηρών, στελέχη καλαμποκιού (φύλλα, μίσχοι), κλαδέματα οπωρώνων, φλοιοί ρυζιού, βαγάση.

- Σημερινή πρακτική είναι να επιστρέφονται στο έδαφος, να καίγονται και να αφήνονται προς αποσύνθεση ή να αποτελούν αποθέματα βοσκής
- Για την αξιοποίηση είναι απαραίτητη η ανάπτυξη υποδομών συλλογής και τροφοδοσίας
- Τα προϊόντα αυτά είναι κατάλληλα για μετατροπή σε υγρά καύσιμα ή για θερμοχημική παραγωγή ενέργειας

- Τι είναι η Βαγάση?

Ο πολτός που απομένει μετά το θρυμματισμό του ζαχαροκάλαμου για την εκχύμωση του.

- Χρησιμοποιείται στη βιομηχανία ζάχαρης, ως καύσιμο για την συμπαραγωγή ατμού και ηλεκτρισμού
- Πωλείται στις εταιρείες ηλεκτρισμού
- Το περιεχόμενό της σε τέφρα είναι 4-11%, αλλά με υψηλή θερμοκρασία τήξης. Μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρισμού στις ΗΠΑ (Φλόριντα, Χαβάη, Λουϊζιάνα). Σημαντική ενεργειακή πηγή σε χώρες όπως Αυστραλία, Πακιστάν, Ινδία, Ταϊλάνδη κτλ.



Γεωργικά Υπολείμματα



Φυτεία ζαχαροκάλαμου στην Ινδία



Γεωργικά Υπολείμματα

-Φλοιοί Ρυζιού

- Το ρύζι είναι η δεύτερη μετά το σιτάρι πιο διαδεδομένη καλλιέργεια στον κόσμο, τόσο ως προς την παραγόμενη ποσότητα όσο και ως προς την καλλιεργούμενη έκταση
- Αποτελεί την κύρια τροφή για περισσότερο από το μισό πληθυσμό της γης
- Οι φλοιοί είναι κατάλοιπο της επεξεργασίας (περίπου 20% του ρυζιού είναι φλοιός)
- Μεγαλύτερη αξιοποίηση για παραγωγή ενέργειας γίνεται στις ΗΠΑ (Αρκάνσας, Λουϊζιάνα, Καλιφόρνια)
- Θα μπορούσε να αποτελέσει αξιοποιήσιμη πηγή ενέργειας για χώρες όπως η Κίνα, η Ινδία, το Πακιστάν, η Ταϊλάνδη και το Βιετνάμ. Στην Ινδονησία το ετήσιο δυναμικό είναι 5,6 Mt φλοιών ρυζιού

-Άχυρα

- Το άχυρο έχει χαμηλή θερμοκρασία τήξης της τέφρας και μπορεί να γίνει κολλώδες σε θερμοκρασίες 550-600 °C.
- Ενίοτε έχει υψηλή περιεκτικότητα σε χλώριο (στις παράκτιες περιοχές) και μπορεί να προκαλέσει διάβρωση των εναλλακτών θερμότητας (π.χ σε εργοστάσια καύσης στη Δανία).
- Δανία: Εφαρμογές τηλεθέρμανσης με καύσιμο άχυρο τάξης μεγέθους 3-5 MW.
- Αγγλία: 14 Mt άχυρο είτε καίγονται ανεξέλεγκτα είτε αποσυντίθενται σε ετήσια βάση.



Γεωργικά Υπολείμματα

-Προέρχονται από καλλιέργειες

- Ρυζιού
- Σιταριού
- Σακχαροκάλαμων
- Καλαμποκιού
- Πατάτας





Ενεργειακές Καλλιέργειες

-Τι είναι οι ενεργειακές καλλιέργειες?

Είναι φυτείες που καλλιεργούνται ειδικά για τη χρήση τους ως καύσιμα.

-Χαρακτηριστικά

- Ταχεία ανάπτυξη
- Ανθεκτικές στην ξηρασία και τα παράσιτα
- Εύκολη συγκομιδή
- Ανταγωνιστικές τιμές

-Περιλαμβάνουν δένδρα, θάμνους και πόες:

- Υβρίδια λεύκας, ιτιά, αρούντο, ευκάλυπτος, ψευδοακακία
- Καλάμι, αγριαγκινάρα, σακχαρούχο σόργο, μίσχανθος

Η περίοδος μεταξύ των συγκομιδών για ξυλώδεις καλλιέργειες είναι τα 3-10 έτη.



Ενεργειακές Καλλιέργειες

- Αναπτύσσονται σε γεωργικές εκτάσεις που δεν χρησιμοποιούνται για καλλιέργεια τροφών. Π.χ. γαίες που αποσύρονται λόγω ελέγχου τιμών ή είναι ασύμφωρες για παραγωγή τροφίμων.
- Πρόκειται για είδη καλλιεργειών με ιδιαίτερα υψηλές αποδόσεις στην αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας.

Πλέον, ο σκοπός της συγκεκριμένης καλλιέργειας είναι αποκλειστικά η ενεργειακή εκμετάλλευση.

Είδη ενεργειακών καλλιεργειών:

- Σόργο
- Ελαιοκράμβη
- Σπόροι μουστάρδας
- Καλάμια – λόχμες
- Μίσχανθος
- Ευκάλυπτος





Ενεργειακές Καλλιέργειες



Switchgrass
preferredseed.com



Κενάφ
archive.enet.gr



Μίσχανθος
bluestem.ca



Ηλίανθος
news.pathfinder.gr



Βαγάσση



rapeseed



Ενεργειακές Καλλιέργειες

| Χώρα | Καλλιέργεια | Τελικό προϊόν | Χρήσεις | Τόνοι ή στρέμματα/έτος |
|--------------------|--------------------------|---------------|-------------------|---------------------------|
| Βραζιλία | Ζαχαροκάλαμο | Βιοαιθανόλη | Καύσιμο μεταφοράς | 9.000.000 τόνοι /έτος |
| ΗΠΑ | Καλαμπόκι | Βιοαιθανόλη | Καύσιμο μεταφοράς | 4.000.000 τόνοι /έτος |
| Γαλλία | Ζαχαρότευτλα, σιτάρι | Βιοαιθανόλη | Καύσιμο μεταφοράς | 75.000 τόνοι /έτος |
| Άλλες χώρες της ΕΕ | Ελαιοκράμβη και ηλίανθος | Βιοντήζελ | Καύσιμο μεταφοράς | 500.000 τόνοι /έτος |
| Σουηδία | Ιτιά | Πελέτες ξύλου | καύση | 1.7000.000 στρέμματα/έτος |



Απόβλητα

-Υπολείμματα από τη βιομηχανία τροφίμων

- Φλοιοί και υπολείμματα φρούτων και λαχανικών
 - Τρόφιμα που δεν ανταποκρίνονται στα πρότυπα ποιότητας
 - Πολτός από ίνες από την εξαγωγή ζάχαρης και αμύλου
 - Ρεύματα υγρών αποβλήτων από το πλύσιμο κρέατος και λαχανικών, τη λεύκανση των φρούτων και λαχανικών, το προ-μαγείρεμα κλπ.
- ✓ Τα απόβλητα αυτά είναι κατάλληλα για παραγωγή βιοαερίου μέσω αναερόβιας χώνευσης ή ζύμωση για παραγωγή αλκοόλης



Απόβλητα

-Αστικά Στερεά Απόβλητα (ΑΣΑ)

- 40-60% → Υπολείμματα τροφίμων
 - 15-20% → Χαρτί
 - 7-15% → Πλαστικό
 - 4-10% → Μέταλλα
 - 4-10% → Αδρανή
-
- ✓ Μετατροπή σε ενέργεια με άμεση καύση ή με αναερόβια χώνευση
 - Θερμογόνος δύναμη 8-12 GJ/τόνο
 - ✓ Φυσική παραγωγή βιοαερίου σε ΧΥΤΑ
 - Αξιοποίηση σε μηχανές εσωτερικής καύσης ή αεριοστροβίλους



Απόβλητα

-Ζωικά απόβλητα

- Κοπριές από χοιρινά, κοτόπουλα και βοοειδή (σε εκτροφεία)
 - ✓ Στο παρελθόν διασκορπίζονταν στους αγρούς σαν λίπασμα
 - ✓ Σήμερα η διάθεση τους αποτελεί μείζον περιβαλλοντικό πρόβλημα
- Δυνατότητα αξιοποίησης μέσω της αναερόβιας χώνευσης για παραγωγή βιοαερίου

-Αστικά λύματα

- Η ιλύς από την επεξεργασία των λυμάτων αποτελεί καλό συστατικό για παραγωγή βιοαερίου

Ίλυς:

- Μείγμα από χώμα ή σκόνη και νερό που σχηματίζεται στο έδαφος
- Πηχτό ίζημα που προκύπτει από τον καθαρισμό των λυμάτων



Ζωικά Απόβλητα

- Αυστηρότεροι κανονισμοί σε σχέση με τη χρήση των ζωικών αποβλήτων ως οργανικά λιπάσματα κάνουν πιθανότερη την ενεργειακή τους αξιοποίηση.
- Μέσω αναερόβιας χώνευσης των ζωικών αποβλήτων παράγεται βιοαέριο (κατά κύριο λόγο μεθάνιο)
- Το βιοαέριο χρησιμοποιείται ως αέριο καύσιμο είτε σε καυστήρες, είτε σε μηχανές εσωτερικής καύσης.





Αστικά Απορρίμματα

✓ Προς το παρόν προορίζονται κυρίως για ταφή.

Αυστηρότεροι περιβαλλοντικοί όροι προωθούν την ενεργειακή αξιοποίηση των αστικών απορριμμάτων μέσω:

- Άμεσης καύσης
- Εφαρμογής νέων τεχνολογιών θερμικής αξιοποίησης
- Παραγωγής βιαερίου (αερίου χωματερής)
- Παραγωγής RDF (Refuse Derived Fuel – Καύσιμο από απορρίμματα)





Αστικά Απορρίμματα

-Σύνθεση παραγωγή αστικών απορριμμάτων

Νομός Αττικής: 0,6 ~ 1,5 kg/(άτομο*ημέρα)
1985 -> 1990: +17% ~ +38% συνολική παραγωγή
1990 -> 2004: Οργανικά -20%
Χαρτί +50%
Πλαστικά +30%

-Παράγοντες επηρεασμού:

- Εξέλιξη βιοτικού επιπέδου - κατανάλωσης
- Βαθμός εφαρμογής προγραμμάτων διαχωρισμού
- Κοινοτικές οδηγίες για υλικά συσκευασιών

| Συστατικό | % κατά βάρος | |
|---|--------------|------|
| | 1990 | 2004 |
| Οργανικά | 51,0 | 40,0 |
| Χαρτί | 22,3 | 32,0 |
| Μέταλλα | 4,2 | 3,5 |
| Πλαστικά | 10,0 | 13 |
| Γυαλί | 3,5 | 2,5 |
| Υφάσματα, ξύλα, δέρματα, ελαστικά | 3,5 | 3,2 |
| Αδρανή | 2,0 | 2,5 |
| Διάφορα | 3,5 | 3,3 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 100 | 100 |



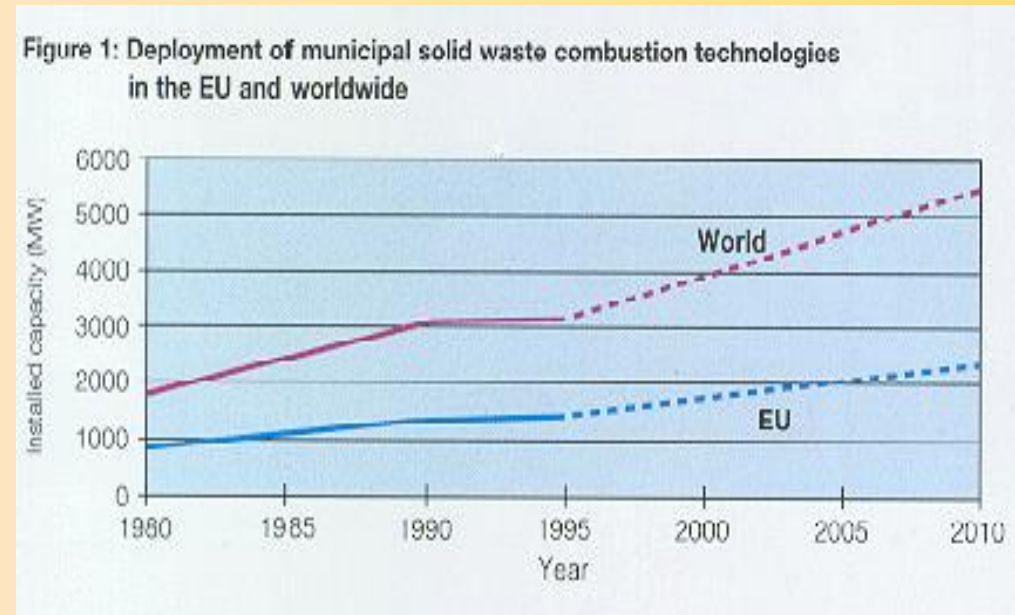
Αστικά Απορρίμματα

-Θερμική αξιοποίηση αστικών απορριμμάτων

- Καύση σε υπαίθριους χώρους (ανεξέλεγκτη, ανθυγιεινή, επικίνδυνη)
- Καύση σε κλίβανους (τέλη 19^{ου} αιώνα – Γερμανία, Αγγλία) (μείωση όγκου στο 5-20% - χωρίς ανάκτηση θερμότητας)

Σήμερα

| | % | | % |
|-------------|----|---------|----|
| Switzerland | 81 | France | 36 |
| Japan | 78 | Norway | 21 |
| Netherlands | 58 | USA | 20 |
| Sweden | 58 | Austria | 14 |
| Denmark | 56 | UK | 10 |
| Belgium | 56 | Canada | 6 |
| Germany | 44 | Finland | 6 |



- Μελλοντική τάση η σταδιακή απαγόρευση ταφής απορριμμάτων
- Γαλλία: Στόχος η αύξηση δυναμικότητας εγκαταστάσεων καύσης σε 57%
- Αγγλία: Αντίστοιχο ποσοστό σε 40% έως 2005



Η Βιομάζα ως Α.Π.Ε.

Η βιομάζα αποτελεί ανανεώσιμο φυσικό πόρο με την έννοια ότι μετασχηματίζεται, καταστρέφεται και αναπαράγεται.

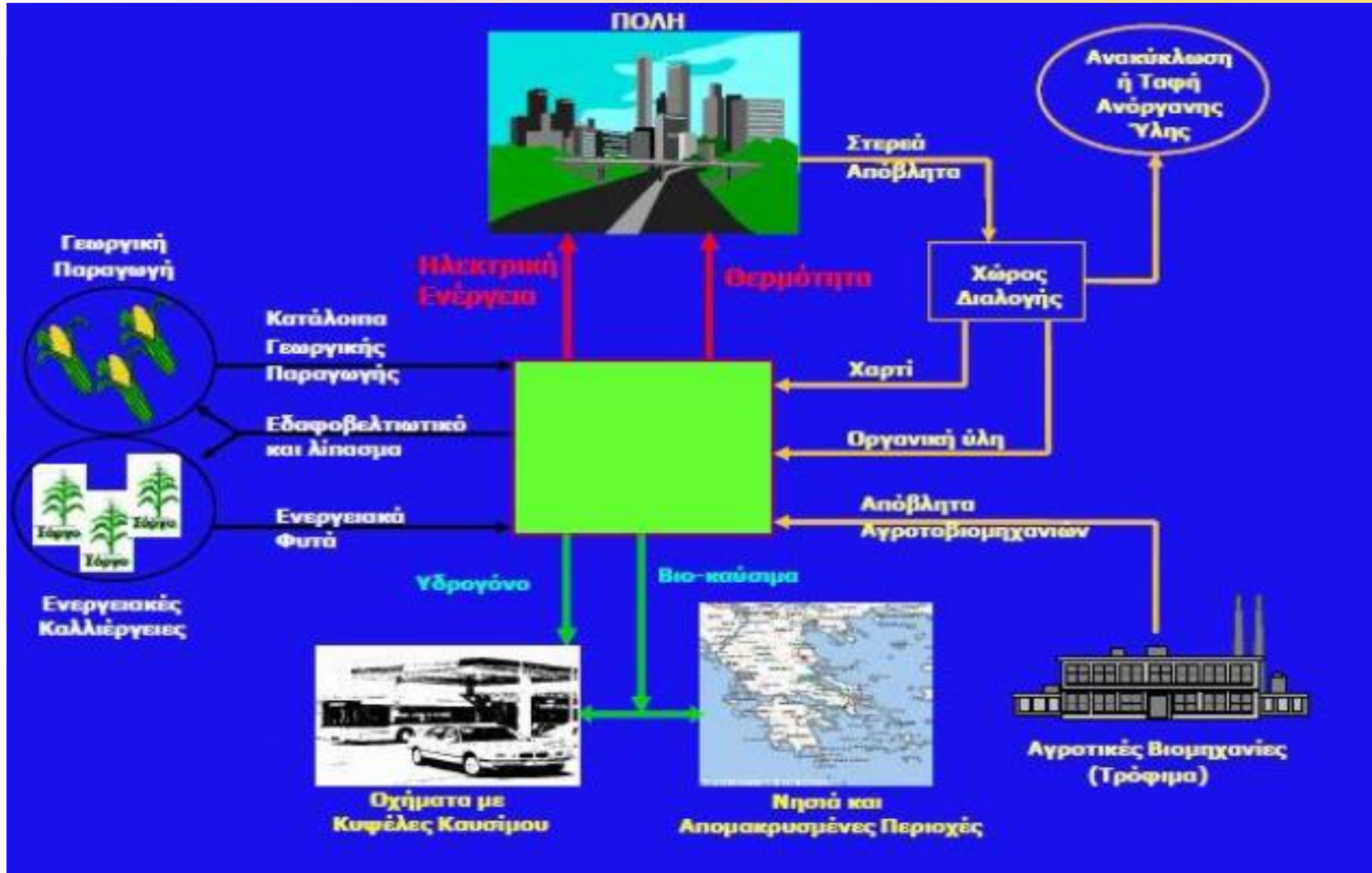
- Η βιοενέργεια παράγεται σε κύκλο.
- Ο άνθρακας προσλαμβάνεται από την ατμόσφαιρα και επιστρέφει σε αυτήν.
- Οι θρεπτικές ουσίες λαμβάνονται από το έδαφος και επιστρέφουν σε αυτό.
- Τα υπολείμματα ενός σταδίου συνιστούν τις εισροές του επόμενου σταδίου.

-Διάρκεια ζωής παγκόσμιων αποθεμάτων εξαντλήσιμων πηγών ενέργειας

| Καύσιμο | Χρόνια |
|--------------|--------|
| Λιγνίτης | 510 |
| Γαιάνθρακες | 130 |
| Φυσικό Αέριο | 65 |
| Πετρέλαιο | 43 |



Η Βιομάζα ως Α.Π.Ε.





Βασικά Μεγέθη

- 1ΜΤΙΠ= 10^6 ΤΙΠ, όπου ΤΙΠ σημαίνει: Τόνοι Ισοδύναμου Πετρελαίου
- 1 ΜΤΙΠ = 1 Mtoe (Mega tons oil equivalent)
- 1 τόνος ξηρής ουσίας βιομάζας ισοδυναμεί με 0,4 τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (ΤΙΠ)
- 1 ποτιστικό στρέμμα παράγει 3-4 τόνους ξηρής ουσίας, ήτοι 1-1,6 ΤΙΠ
- 1 ξηρικό στρέμμα παράγει 2-3 τόνους ξηρής ουσίας, ήτοι 0,7-1,2 ΤΙΠ

-Συντελεστές Μονάδων Μετατροπής

| Σε | GJ | Gcal | Quad (=10 ¹⁵ BTU) | GWh | Mtoe |
|------|------------------------|--------------------|---------------------------------|------------------------|----------------------|
| Από | Σε - Πολλαπλασιάσε με: | | | | |
| GJ | 1 | 0,239 | $9,479 \times 10^{-10}$ | $2,778 \times 10^{-4}$ | $2,4 \times 10^{-8}$ |
| Gcal | 4,184 | 1 | $3,968 \times 10^{-9}$ | $1,163 \times 10^{-3}$ | 1×10^{-7} |
| Quad | $1,055 \times 10^9$ | $2,52 \times 10^8$ | 1 | $2,931 \times 10^5$ | 25 |
| GWh | $3,6 \times 10^3$ | 860 | $3,412 \times 10^{-6}$ | 1 | $8,6 \times 10^{-5}$ |
| Mtoe | $4,2 \times 10^7$ | 1×10^7 | 4×10^{-2} | $11,6 \times 10^3$ | 1 |

Mtoe = τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου



Ορισμός Δυναμικού Βιομάζας

-Θεωρητικό δυναμικό βιομάζας

Το μέγιστο ποσό της βιομάζας που μπορεί να παραχθεί σε μια συγκεκριμένη περιοχή

-Διαθέσιμο δυναμικό βιομάζας

Το ποσοστό του θεωρητικού δυναμικού που μπορεί να αποληφθεί με βάση τοπικούς περιορισμούς π.χ. μορφολογία εδάφους και λοιπούς περιορισμούς όπως ανταγωνιστικές χρήσεις

-Τεχνικά εκμεταλλεύσιμο (βιώσιμο) δυναμικό βιομάζας

Το ποσοστό του διαθέσιμου δυναμικού, που μπορεί να αξιοποιηθεί με τα υφιστάμενα τεχνικά μέσα

-Οικονομικά εκμεταλλεύσιμο δυναμικό βιομάζας

Το ποσοστό του τεχνικά εκμεταλλεύσιμου δυναμικού, που είναι και οικονομικά εκμεταλλεύσιμο



Βιομηχανική Επανάσταση

-Η βιομηχανική επανάσταση οδήγησε σε μαζική αντικατάσταση των πηγών βιομάζας (κυρίως του ξύλου) από άνθρακα λόγω :

- Αυξανόμενης έλλειψης πρώτης ύλης
- Ανόδου της τιμής του ξύλου
- Τεχνολογικής κατεύθυνσης
- Διαρκούς ανάγκης για αύξηση παραγωγής / πλούτου
- Ανώτερου ενεργειακού δυναμικού



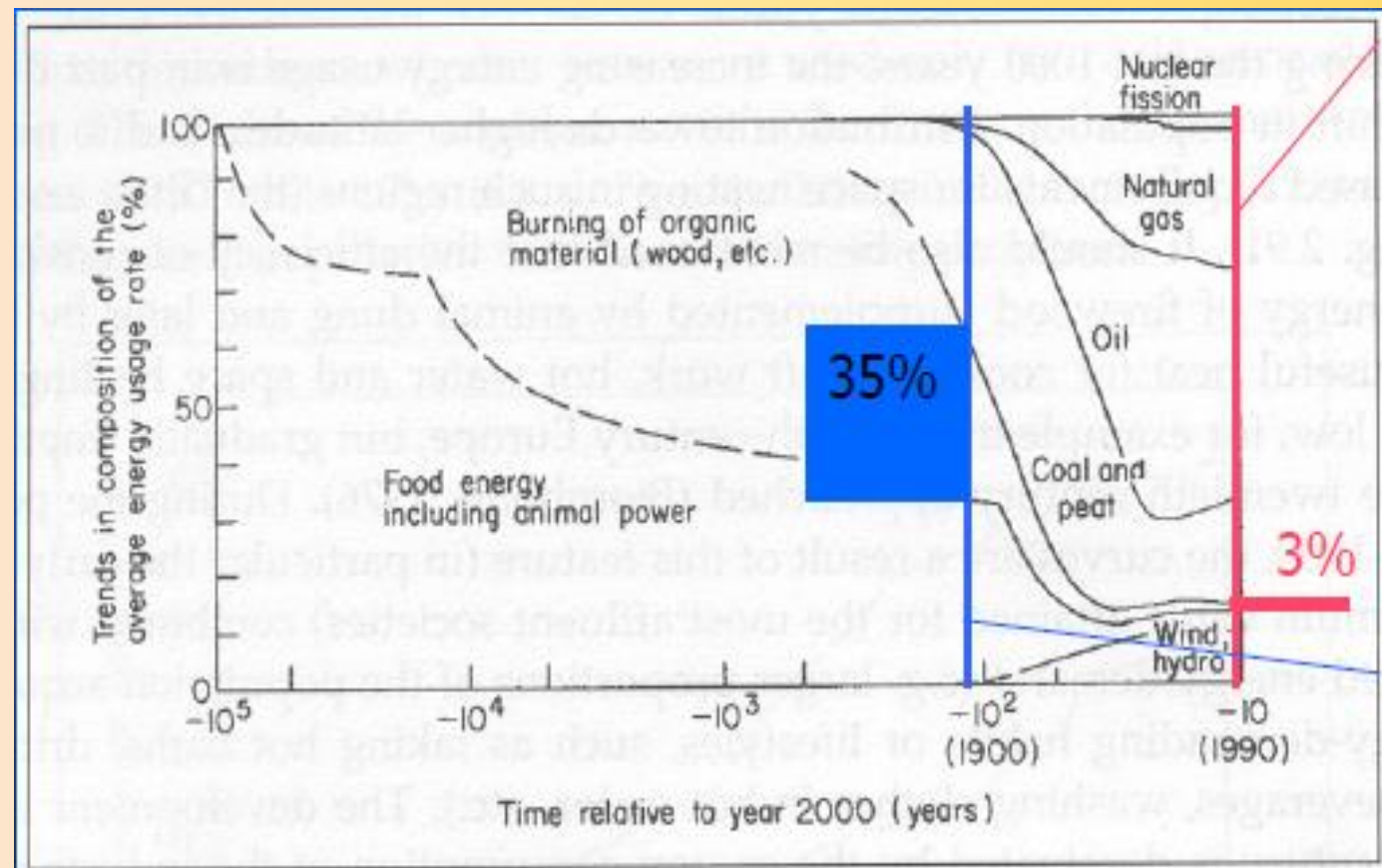
Ποσοστό συμμετοχής βιομάζας στο παρόν παγκόσμιο ενεργειακό σκηνικό

-Ανεπτυγμένες χώρες

- Κατανάλωση: >250 EJ/yr
- Κατά κεφαλήν: >210 GJ/άτομο*yr
- Συμμετοχή βιομάζας: ~3%
(1EJ=10¹⁸ J, 1GJ=10⁹ J)

-Αναπτυσσόμενες χώρες

- Κατανάλωση: ~140 EJ/yr
- Κατά κεφαλήν: ~36 GJ/άτομο*yr
- Συμμετοχή βιομάζας: ~35%



➤ Γύρω στο 14% της παγκόσμιας παροχής πρωτογενούς ενέργειας προέρχεται από βιομάζα.



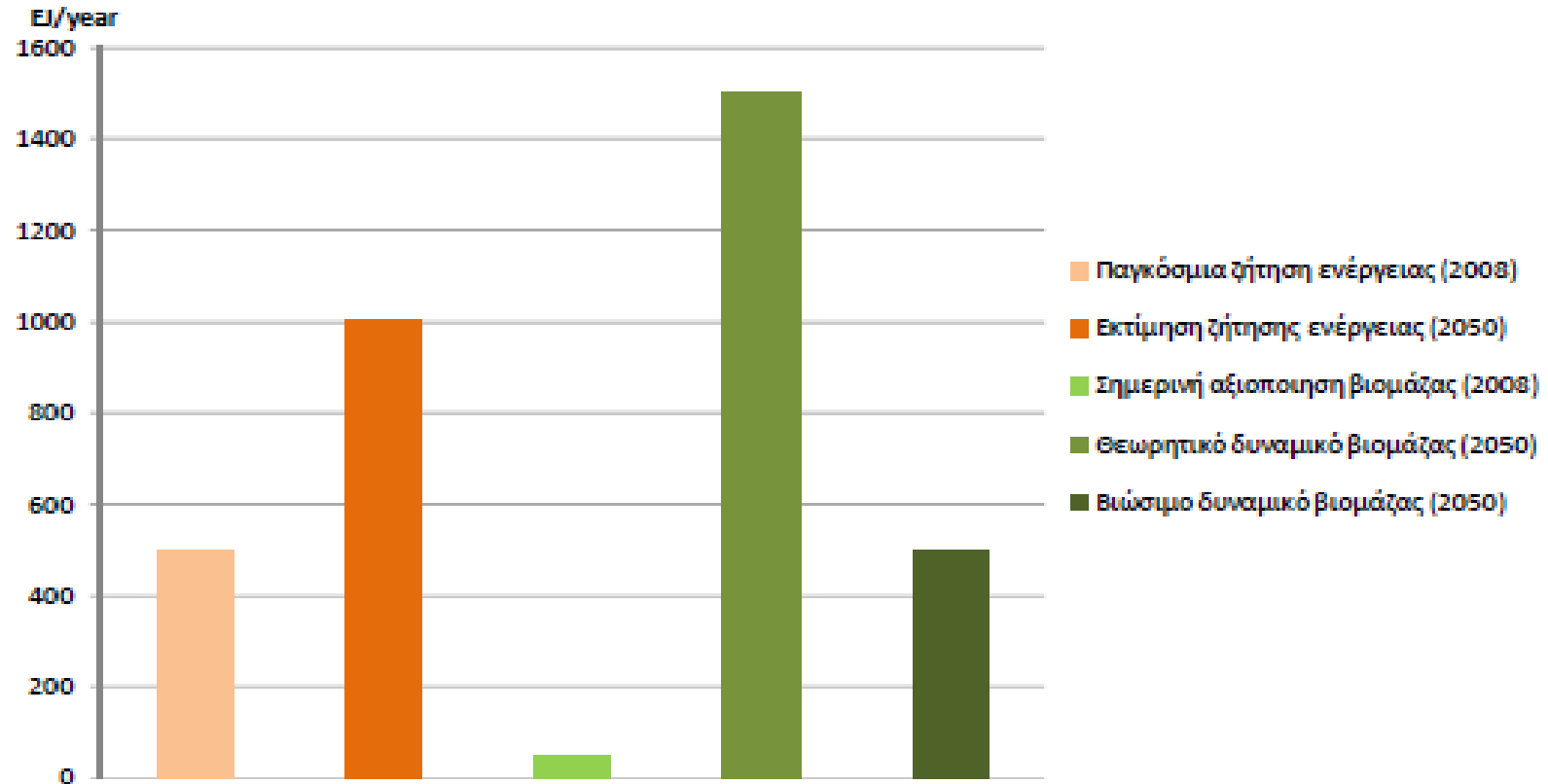
Διαθέσιμο Δυναμικό Βιομάζας σε Παγκόσμια Κλίμακα – Εκτίμηση για το 2050

| Κατηγορία βιομάζας | Χαρακτηρισμός | Βασικές παραδοχές | Δυναμικό (EJ/yr) |
|---|---|---|------------------|
| Ενεργειακές καλλιέργειες (σε καλής ποιότητας εδάφη) | Βιομάζα που μπορεί να παραχθεί σε γεωργική γη μετά την κάλυψη των αναγκών για τρόφιμα και ζωοτροφές 1. Συμβατικές καλλιέργειες (καλαμπόκι, τεύτλα, ζαχαροκάλαμο, σόγια, κράμβη) 2. Λιγνοκυτταρινούχες καλλιέργειες (λεύκα, ιτιά, ευκάλυπτος, μίσχανθος) | Διαθέσιμες εκτάσεις 1-2 Δισ ha (Υψηλότερες τιμές προϋποθέτουν εντατική γεωργία) Απόδοση: 8-12 tonne/ha/year ξηρά ουσία | 0 - 700 |
| Ενεργειακές καλλιέργειες (σε χέρσα γη) | Βιομάζα που μπορεί να παραχθεί σε «περιθωριοποιημένη» γη (περιοχές που έχουν προκύψει από καταστροφή δασών, υποβαθμισμένες εκτάσεις γης) | Διαθέσιμες εκτάσεις 1,7 Gha Χαμηλή απόδοση 2-5 tonne/ha/year ξηρά ουσία | <60 - 150 |
| Γεωργικά υπολείμματα | Υπολείμματα από την παραγωγή και επεξεργασία τροφίμων (άχυρο, φλοιοί ρυζιού, εκκοκκιστήρια, ελαιοπυρήνα, βαγάση, κλπ) | | 15-70 |
| Δασικά υπολείμματα | Υπολείμματα από την καλλιέργεια και εκμετάλλευση δασών, πρωτογενή (παράγωγα υλοτομίας) και δευτερογενή (πριονίδια, φλοιοί, κλπ) | Χαμηλές τιμές: αειφόρος διαχείριση δασών Υψηλές τιμές: Θεωρητικό δυναμικό | 30-150 |
| Κοπριά | Βιομάζα από κτηνοτροφικά απόβλητα (χοιροστάσια, βουστάσια, πτηνοσφαγεία) | Χαμηλές τιμές: τρέχουσα χρήση Υψηλές τιμές: Θεωρητικό δυναμικό | 5-55 |
| Οργανικά απόβλητα | Αστικά απορρίμματα (ΑΣΑ), | Οργανικό μέρος ΑΣΑ (50%) | 5 - >50 |
| Σύνολο | Αισιόδοξο σενάριο: Εντατική καλλιέργεια σε καλής ποιότητας εδάφη Απαισιόδοξο σενάριο: Χωρίς ενεργειακές καλλιέργειες, χρήση μόνο υπολειμμάτων | | <50 - >1000 |



Παγκόσμια Ζήτηση Ενέργειας

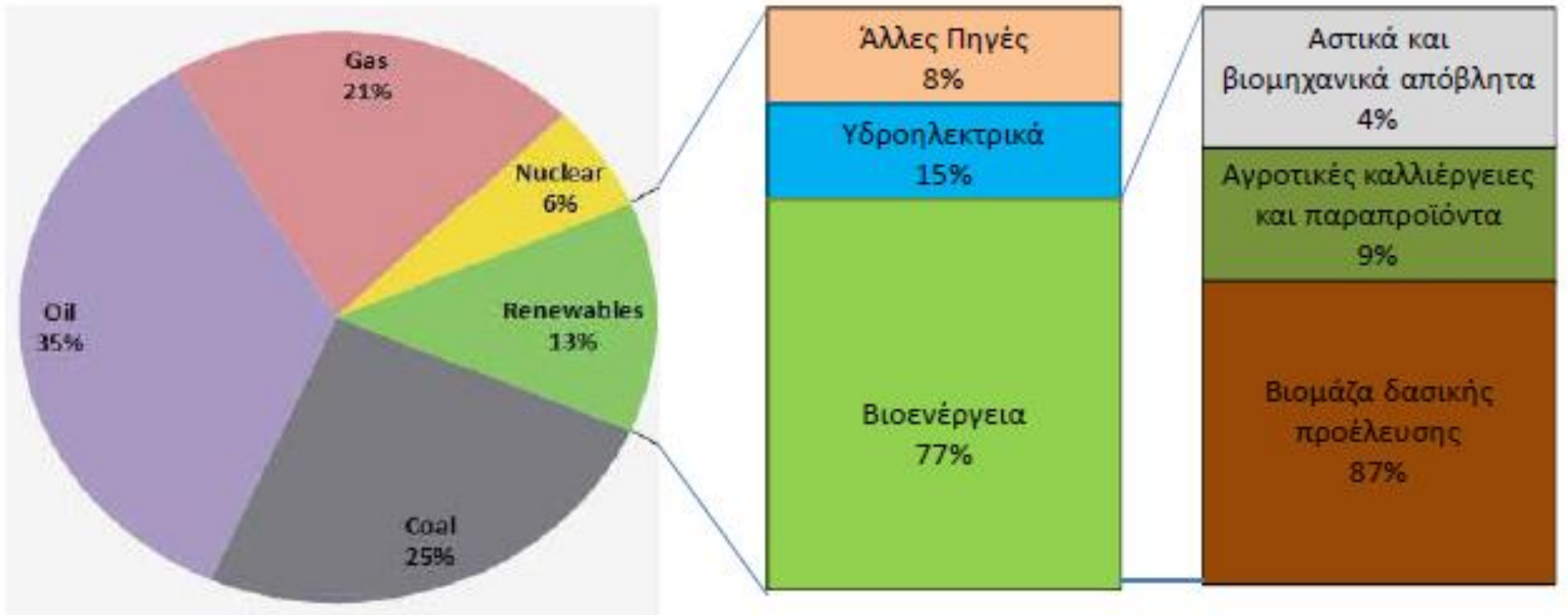
1 EJ = 10^{18} J



Πηγή: IEA 2009 Bioenergy - a sustainable and reliable energy source, <http://www.globalbioenergy.org/>



Μερίδιο Βιοενέργειας στην Παγκόσμια Κατανάλωση Ενέργειας





Άμεση διαθέσιμη Βιομάζα στην Ελλάδα

-Υπολείμματα γεωργικών καλλιεργειών (7.500.000 tones/yr)

- Πυρηνόξυλο
- Εκκοκκιστήρια βάμβακος
- Πυρήνες φρούτων (π.χ. ροδάκινα, βερίκοκα, κ.ά.)
- Άχυρο
- Φλοιοί Ρυζιού
- Στελέχη & σπάδικες καλαμποκιού
- Κλαδοδέματα οπωροφόρων, ελιάς κι αμπελιού

-Δασικά υπολείμματα υλοτομίας (2.700.000 tones/yr)

- Θρυμματισμένο ξύλο δασικής προέλευσης
- Υπολείμματα από διαχείριση δασικών οικοσυστημάτων (κορυφές, φλοιοί, κ.α.)

-Ενεργειακές καλλιέργειες για στερεά ή υγρά βιοκαύσιμα.



Άμεση διαθέσιμη Βιομάζα στην Ελλάδα

-Αστικά απορρίμματα

- Ζυμώσιμα και χαρτί

-Χαρακτηριστικά της ελληνικής βιομάζας

| Καύσιμο | Υγρασία % | Θερμογόνος δύναμη (Kcal/kg) | Τέφρα % |
|------------------------------------|-----------|-----------------------------|---------|
| Ξύλο | 15 | 3700 | 0 – 1,5 |
| Χαρτί | 6 | 3500 | 6 |
| Φλοιός βαμβακόσπορων | 9 | 3500 | 12 |
| Φλοιός ξηρών καρπών | 11-24 | 3200-4400 | 1 – 4 |
| Άχυρο | 8 | 3400 | 2 |
| Ορυζοφλοιός | 9 | 2900 | 18 – 20 |
| Υπολείμματα εκκοκκιστηρίου βάμβακα | 13 | 3500 | 16 |

- ✓ 10 εκατ. στρέμματα καλλιεργήσιμης γης έχουν ήδη περιθωριοποιηθεί ή προβλέπεται να εγκαταλειφθούν στο άμεσο μέλλον. Συνεπώς αν η έκταση αυτή αποδοθεί στις ενεργειακές καλλιέργειες, αναμένεται καθαρό όφελος σε ενέργεια 5-6 ΜΤΙΠ, δηλαδή 50-60% της ετήσιας κατανάλωσης πετρελαίου στην Ελλάδα.



Πλεονεκτήματα της Βιομάζας

- Αποτροπή του φαινομένου του θερμοκηπίου
 - ✓ Η βιομάζα δεν συνεισφέρει στην παραγωγή CO₂ αφού οι παραγόμενες κατά την καύση ποσότητες CO₂ δεσμεύονται εκ νέου μέσω της φωτοσύνθεσης.
- Δεν επιβαρύνει την ατμόσφαιρα με SO₂ γιατί η βιομάζα δεν περιέχει θείο.
- Μείωση της ενεργειακής εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα
 - ✓ Εξοικονόμηση συναλλάγματος
- Εξασφάλιση θέσεων εργασίας και συγκράτηση των αγροτικών πληθυσμών



Μειονεκτήματα της Βιομάζας

- Μεγάλος όγκος και υψηλή περιεκτικότητα υγρασίας, ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας
- Δυσκολία συλλογής, μεταφοράς, αποθήκευσης, έναντι συμβατικών καυσίμων
- Υψηλό κόστος αξιοποίησης
 - ✓ Δαπανηρές εγκαταστάσεις και εξοπλισμός
- Χωρική διασπορά και εποχιακή παραγωγή
- Για την παραγωγή ενέργειας από βιομάζα συνεργάζονται δύο διαφορετικού χαρακτήρα συστήματα:
 - ✓ Ένα σύστημα τροφοδοσίας που παράγει, συλλέγει και παραδίδει το καύσιμο
 - ✓ Ένας σταθμός που παράγει και διαθέτει τον ηλεκτρισμό



Είδη Βιοκαυσίμων

-Υγρά Βιοκαύσιμα

Ο όρος βιοκαύσιμα χρησιμοποιείται συνήθως για υγρά καύσιμα που προέρχονται από βιομάζα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον τομέα των μεταφορών. Τα υγρά βιοκαύσιμα παράγονται συνήθως με μεθόδους ζύμωσης από φυτά ενεργειακών καλλιεργειών. Τα βιοκαύσιμα είναι φιλικότερα προς το περιβάλλον από τα συμβατικά καύσιμα γιατί έχουν λιγότερες εκπομπές, χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πρώτες ύλες και συμβάλλουν στη μείωση των εισαγωγών συμβατικών καυσίμων και στην ενεργειακή αυτονομία μιας χώρας

-Τα πιο συνηθισμένα στο εμπόριο βιοκαύσιμα είναι:

- **Βιομεθανόλη (CH₃OH)**

Είναι σχεδόν καθαρή μεθανόλη. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο σε ειδικά τροποποιημένες ΜΕΚ. Γενικά έχει χαμηλή θερμογόνο ικανότητα, αλλά καίγεται σε χαμηλή θερμοκρασία με αποτέλεσμα να έχουμε μειωμένους ρυθμούς σχηματισμού οξειδίων του αζώτου. Μπορεί να παρασκευαστεί από συνθετικό αέριο (syngas) με τη χρήση καταλύτη. Χρησιμοποιείται ως καύσιμο σε βενζινοκινητήρες.



Είδη Βιοκαυσίμων

- **Βιοαιθανόλη (C_2H_5OH)**

Η βιοαιθανόλη παράγεται από ενεργειακά φυτά με σκοπό την καύση για παραγωγή ενέργειας κυρίως σε ΜΕΚ. Η αιθανόλη παράγεται απευθείας από πρώτες ύλες πλούσιες σε σάκχαρα όπως το ζαχαροκάλαμο, τα ζαχαρότευτλα και το σόργο.

- **Βιοντίζελ**

Το βιοντίζελ είναι ένα υγρό βιοκαύσιμο κατάλληλο για χρήση σε κινητήρες diesel το οποίο αποτελείται από αλκυλικούς εστέρες λιπαρών οξέων (π.χ. μεθυλεστέρες) και παρασκευάζεται από βιομάζα ελαιούχους σπόρους (ηλίανθος, καλαμπόκι, ελαιοκράμβη, καπνόσπορος, τοματόσπορος, σόγια, βαμβακόσπορος κτλ) ή ζωικά λίπη. Τα συνηθέστερα έλαια είναι το καλαμποκέλαιο, το ηλιέλαιο, το σογιέλαιο και το λινέλαιο. Αν και θεωρητικά τα έλαια αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν απευθείας σε μηχανές εσωτερικής καύσης, λόγω του μεγάλου τους ιξώδους μειώνουν τη διάρκεια ζωής τους. Γι αυτό το λόγο το φυτικό έλαιο αναμειγνύεται με μεθανόλη σε αντίδραση μετεστεροποίησης και παράγεται μεθυλεστέρας και γλυκερόλη. Η αντίδραση αυτή πραγματοποιείται παρουσία βασικού καταλύτη σε χαμηλή θερμοκρασία και πίεση ενώ έχει βαθμό μετατροπής 98% και παράγει απευθείας βιοντίζελ.



Είδη Βιοκαυσίμων

- **Μεθυλεστέρας ($C_{17}H_{33}CO_2CH_3$)**

Έχει ιδιότητες πολύ κοντά σε αυτές του συμβατικού πετρελαίου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί με καλύτερα αποτελέσματα σε πετρελαιοκινητήρες, ενώ και οι εκπομπές καυσαερίων είναι αρκετά μικρότερες. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μείγμα σε ποσοστό έως και 20% χωρίς πρόβλημα σε κάθε μηχανή χωρίς καμία τροποποίηση.

- **Μαύρο Έλαιο ($C_{10}H_{12.5}O_7Na_{2.4}S_{0.36}$)**

Κατά την παραγωγή του χαρτιού, παράγεται ως παραπροϊόν της διεργασίας παρασκευής του χαρτοπολτού, ένα υψηλής ενεργειακής πυκνότητας υγρό, το λεγόμενο μαύρο έλαιο (black liquor). Το μαύρο έλαιο περιέχει διαλυμένα οργανικά στερεά, κυρίως λιγνίνη, νατριούχες και θειούχες ενώσεις. Οι μονάδες παραγωγής χαρτιού αξιοποιούν το μαύρο έλαιο ώστε να παράξουν ατμό για τη λειτουργία τους. Η καύση του μαύρου ελαίου διεξάγεται σε λέβητες ανάκτησης με σχεδίαση εξειδικευμένη για παραγωγή χαρτιού, οι οποίοι ανακτούν τις νατριούχες και θειούχες ενώσεις για επανάχρηση και παράγουν θερμότητα για ατμοπαραγωγή.



Είδη Βιοκαυσίμων

- **Υγρά Θερμικής Μετατροπής**

Η βιομάζα μπορεί να μετατραπεί σε υγρά μέσω διαφόρων διεργασιών θερμικής μετατροπής, αξιοποιώντας διάφορες πρώτες ύλες βιομάζας. Παράδειγμα η χρήση της κοπριάς που παράγεται σε χοιροστάσια για την παρασκευή βιοελαίου. Οι πλέον κοινές διεργασίες θερμικής μετατροπής είναι η πυρόλυση και η άμεση υγροποίηση.

- **-Αέρια Βιοκαύσιμα**

Τα αέρια βιοκαύσιμα αποτελούν συνήθως προϊόντα επεξεργασίας είτε των λυμάτων, είτε της στερεάς βιομάζας.

- **Βιοαέριο**

Το βιοαέριο είναι προϊόν αναερόβιας χώνευσης οργανικών αποβλήτων όπως τα ζωικά απόβλητα, τα απορρίμματα, τα απόβλητα της βιομηχανίας τροφίμων και άλλα. Κατά την αναερόβια χώνευση γίνεται αποικοδόμηση των αποβλήτων σε αέριο καύσιμο με τη δράση κατάλληλων βακτηρίων απουσία οξυγόνου.



Είδη Βιοκαυσίμων

- **Πτωχό Αέριο (Producer Gas)**

Το πτωχό αέριο είναι ένα εύφλεκτο μείγμα που περιλαμβάνει μονοξείδιο και CO, H₂, CH₄ και N₂ και άλλες ανόργανες ενώσεις. Παράγεται με τη διαδικασία της αεριοποίησης, σε δύο βασικά στάδια. Αρχικά πραγματοποιείται πυρόλυση της βιομάζας και κατόπιν θερμοχημική διάσπαση των πυρολυτικών αερίων. Αυτή πραγματοποιείται σε υψηλή θερμοκρασία με χαμηλό στοιχειομετρικό αέρα (κοντά στο 30%). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα ως καύσιμο ή ως πρώτη ύλη για την παραγωγή υγρών καυσίμων.

- **Συνθετικό Αέριο (Syngas)**

Συνθετικό αέριο ή αέριο σύνθεσης ονομάζεται το μείγμα CO + H₂ που προκύπτει με αεριοποίηση, αλλά χρησιμοποιώντας καθαρό O₂ σε αναλογία κοντά στο 30% σε σχέση με το στοιχειομετρικά απαιτούμενο οξυγόνο O₂.



Είδη Βιοκαυσίμων

-Στερεά Βιοκαύσιμα

Τα στερεά βιοκαύσιμα πολλές φορές ταυτίζονται με την ίδια την έννοια της βιομάζας. Αυτή η ταύτιση έχει επικρατήσει επειδή κάποιες μορφές βιομάζας μπορούν με μικρή ή καθόλου επεξεργασία να παράγουν ενέργεια με καύση. Τα στερεά βιοκαύσιμα διαχωρίζονται με βάση τη φυσική μορφή και προέλευση. Οι συνηθέστερες μορφές τους είναι τα καυσόξυλα, τα ξυλοκάρβουνα και οι πελλέτες. Χρησιμοποιούνται σε ειδικούς καυστήρες βιομάζας για παραγωγή θερμότητας. Άλλη μορφή στερεού βιοκαυσίμου είναι οι μπρικέτες οι οποίες έχουν μέγεθος παρόμοιο με τα κούτσουρα. Η μορφή και η δομή τους επιτρέπει την καλύτερη καύση σε συμβατικές, παραδοσιακές ή ενεργειακές εστίες και σόμπες. Η προέλευση των στερεών βιοκαυσίμων μπορεί να είναι από δασική βιομάζα και κάθε φυτικό υπόλειμμα οποιασδήποτε επεξεργασίας.