



## *Βασικά στοιχεία Βίο-ενέργειας και επεξεργασία Βιομάζας*

---

*Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών*

*Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας*

ΠΟΥΛΟΣ ΑΓΓΕΛΟΣ

Εναλλακτικές Μορφές Ενέργειας 2019

# Περιεχόμενα

Περίληψη .....	3
Abstract.....	4
Εισαγωγή .....	5
<i>1 Πρώτες Ύλες Βιομάζας .....</i>	<i>7</i>
<i>2 Ενεργειακές Καλλιέργειες .....</i>	<i>11</i>
<i>3 Είδη Βιοκαυσίμων .....</i>	<i>12</i>
<i>4 Τεχνολογίες μετατροπής της Βιομάζας .....</i>	<i>18</i>
<i>4.1 Θερμοχημικές Μετατροπές .....</i>	<i>18</i>
<i>4.2 Βιοχημικές μέθοδοι.....</i>	<i>21</i>
Συμπεράσματα.....	22
Βιβλιογραφία .....	23

# Περίληψη

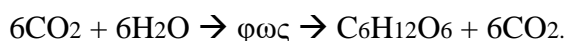
Με τον όρο **βιομάζα** εννοείται κάθε πρόσφατη οργανική ύλη η οποία έχει προέλθει από φυτά ως αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής διεργασίας. Η ενέργεια από βιομάζα προέρχεται από φυτικό υλικό, υπολείμματα από αγροτικές και δασικές καλλιέργειες, από βιομηχανικά, αστικά και ζωικά απόβλητα. Το ενεργειακό περιεχόμενο της βιομάζας από φυτική ύλη προέρχεται αρχικά από την ηλιακή ενέργεια η οποία δεσμεύεται μέσω της φωτοσύνθεσης.

**Βιοενέργεια**, είναι η ενέργεια που απελευθερώνεται από την καύση των βιοκαυσίμων. Η βιοενέργεια θεωρείται ως δευτερογενής ηλιακή ενέργεια καθώς μέσω της φωτοσύνθεσης δημιουργούνται λιγνοκυταρινούχες ενώσεις στα φυτά και στη συνέχεια η ενέργεια αυτή περνάει στην τροφική αλυσίδα όλων των οργανισμών που παράγουν βιομάζα.

**Βιοκαύσιμα** είναι τα καύσιμα που έχουν προκύψει με χημικές, θερμικές διαδικασίες της βιομάζας, καθορίζονται από τη χημική σύσταση, την κυτταρική δομή και την προέλευση και από το είδος της επεξεργασίας. Στην πράξη ο όρος βιοκαύσιμα αναφέρεται κυρίως στα υγρά καύσιμα μεταφορών που υποκαθιστούν πετρελαϊκά προϊόντα π.χ. βενζίνη ή ντίζελ.

Κατά την διάρκεια ενεργειακών μετατροπών όπως η καύση η βιομάζα απελευθερώνει την ενέργεια της, συχνά με την μορφή θερμότητας, και ο άνθρακας οξειδώνεται σε διοξείδιο του άνθρακα αντικαθιστώντας ουσιαστικά το διοξείδιο του άνθρακα που είχε παραληφθεί από την ατμόσφαιρα κατά την ανάπτυξη του φυτού.

Στην πραγματικότητα η χρήση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας είναι η αντίστροφη διαδικασία της φωτοσύνθεσης η οποία περιγράφεται γενικά από την εξίσωση :



Από όλες τις υπόλοιπες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η βιομάζα είναι η μοναδική που αντιπροσωπεύει αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια. Επιπλέον είναι η μόνη που εμπεριέχει άνθρακα, και είναι σε θέση να παράγει, μετά από επεξεργασία, στερεά, υγρά και αέρια καύσιμα. Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε άμεσα με την καύση ξύλων για θέρμανση και μαγείρεμα, είτε έμμεσα με την μετατροπή της σε κάποιο άλλο υγρό ή αέριο καύσιμο, όπως π.χ. αιθανόλη από ζαχαροκάλαμο, καλαμπόκι, ζαχαρότευτλο, κ.τ.λ. [1][2]

# Abstract

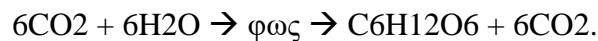
By biomass is any recent organic matter derived from plants as a result of the photosynthetic process. Biomass energy comes from plant material, residues from agricultural and forestry crops, industrial, urban and animal waste. The energy content of biomass from plant material originates primarily from solar energy which is bound by photosynthesis.

Bioenergy is the energy released from burning biofuels. Bioenergy is considered as a secondary solar energy as photosynthesis creates lignocytar compounds in plants and then goes into the food chain of all organisms that produce biomass.

Biofuels are the fuel produced by mechanical, thermal, biomass, i.e. the chemical composition, cell structure and origin, and the type of processing. In practice, the term biofuels refers mainly to liquid transport fuels that substitute petroleum products e.g. gasoline or diesel.

During energy conversions such as combustion, biomass releases its energy, often in the form of heat, and carbon is oxidized to carbon dioxide, effectively replacing carbon dioxide that has been absorbed by the atmosphere during plant growth.

In fact, the use of biomass for energy production is the reverse process of photosynthesis, which is generally described by the equation:



Of all other renewable energies, biomass is the only one that represents stored solar energy. In addition, it is the only one containing carbon, and is capable of producing, after treatment, solid, liquid and gaseous fuels. The biomass can be used either directly by combusting wood for heating and cooking, or indirectly by converting it to some other liquid or gaseous fuel, e.g. ethanol from cane, corn, sugar beet, etc.

# Εισαγωγή

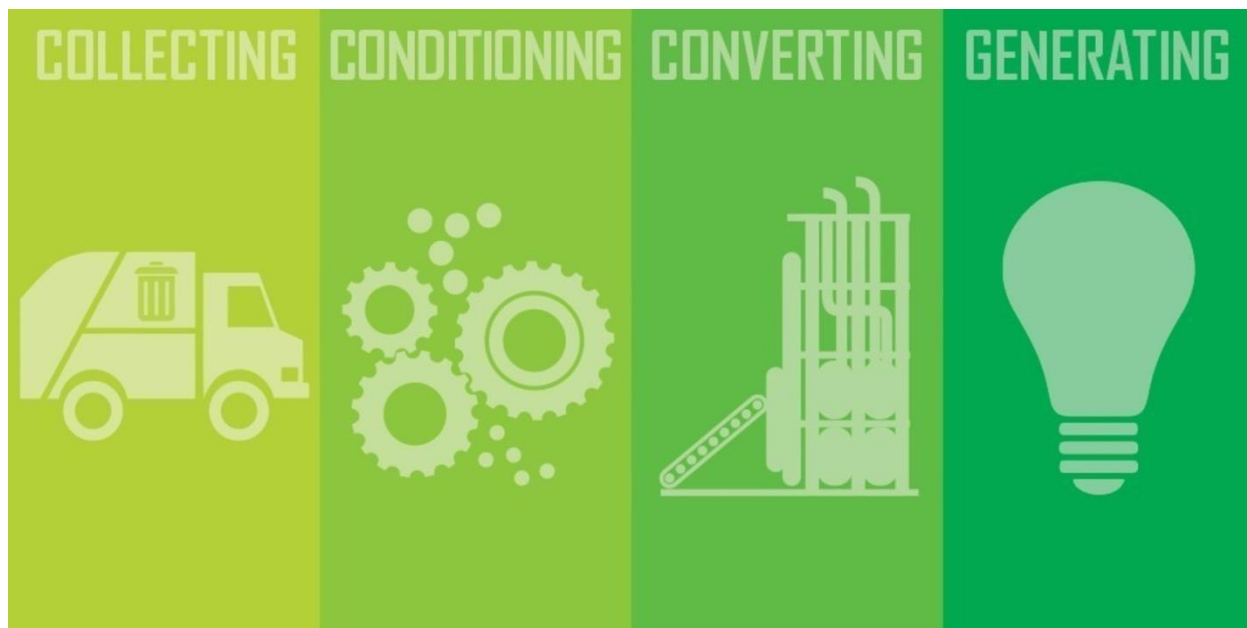


Figure 1

Τα συστήματα βιοενέργειας χρησιμοποιούν ηλιακή ενέργεια που έχει ληφθεί και αποθηκευτεί σε φυτά κατά την διάρκεια της φωτοσύνθεσης. Ενώ η συνολική απόδοση της μετατροπής του ηλιακού φωτός σε αποθηκευμένη χημική ενέργεια είναι χαμηλή, τα φυτά έχουν ήδη επιλύσει τα δύο βασικά προβλήματα που σχετίζονται με τις τεχνολογίες ηλιακής ενέργειας, δηλαδή πώς να συλλέξουμε την ενέργεια όταν είναι διαθέσιμη και πώς να την αποθηκεύσουμε για χρήση όταν ο ήλιος δεν λάμπει. Τα φυτά έχουν επίσης αντιμετωπίσει το πρόβλημα του φαινομένου του θερμοκηπίου, δεδομένου ότι ο άνθρακας που απελευθερώνουν όταν χρησιμοποιούν αυτήν την αποθηκευμένη ενέργεια για την αναπνοή είναι ο ίδιος άνθρακας που έχουν απορροφήσει σε πρώτη φάση κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης, δηλαδή λαμβάνουν ενέργεια χωρίς καθόλου εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Ενώ υπάρχει ήδη μία σημαντική γεωργική βιομηχανία αφιερωμένη στην ανάπτυξη καλλιεργειών ειδικά για το ενεργειακό τους περιεχόμενο (ενεργειακές καλλιέργειες), είναι σχεδόν εξ ολοκλήρου αφιερωμένη στην μετατροπή φυτικού υλικού σε υγρά καύσιμα για κινητήρες οχημάτων. Οι καλλιέργειες για παραγωγή καυσίμων ανταγωνίζονται τις καλλιέργειες τροφίμων και συνήθως οδηγούν σε μη καθαρή μείωση των εκπομπών άνθρακα σε σύγκριση με τη βενζίνη. Στην πραγματικότητα, σε μία Μελέτη μετατροπής της βιομάζας σε ηλιακή ενέργεια

που τροφοδοτεί ηλεκτρικά οχήματα βρέθηκε να παράγει κατά μέσο όρο 80% περισσότερα μίλια μεταφοράς ανά στρέμμα καλλιεργειών από τη χρήση αιθανόλης στους κινητήρες εσωτερικής καύσης. Επιπλέον, οι καλλιεργείες για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας παρέχουν τις διπλές εκτοπίσεις των αερίων του θερμοκηπίου (Campbell et.al., 2009).

Η ανάγκη για χρήση εναλλακτικών και ανανεώσιμων καυσίμων σήμερα είναι επιτακτική, όπως έχουν αποδείξει πολλές έρευνες για την μελλοντική κλιματική αλλαγή του πλανήτη και τις συνέπιες του φαινομένου του θερμοκηπίου. Σημαντικό ρόλο στην προσπάθεια αυτή παίζουν τα βιοκαύσιμα που καλούνται σταδιακά να αποκαταστήσουν μέρος των ορυκτών καυσίμων. Βιοκαύσιμα (στερεά, υγρά και αέρια) χαρακτηρίζονται καύσιμα τα οποία προέρχονται από βιομάζα. Ένας ορισμός που δίνετε για τα βιοκαύσιμα : είναι τα καύσιμα που περιέχουν τουλάχιστον κατά 80% κατά όγκο υλικά που προήλθαν από φυτικούς ή ζωικούς οργανισμούς και η συγκομιδή τους έγινε το πολύ 10 χρόνια πριν από την επεξεργασία τους.

# 1 Πρώτες Ύλες Βιομάζας



Figure 2 Πρώτες ύλες βιομάζας

Οι πρώτες ύλες βιομάζας που χρησιμοποιούνται για την τροφοδοσία των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ανήκουν κυρίως στις παρακάτω κατηγορίες :

## 1. Υπολείμματα ξύλου



Figure 3 Κύκλος του ξύλου

Το ξύλο είναι το πρώτο, και πιο οικονομικό χρησιμοποιούμενο προϊόν για την παραγωγή θερμότητας, καθώς και τα ανεκμετάλλευτα υπολείμματα του.

- *Πριονίδια*

Όλα τα υπολείμματα ξύλου, που προκύπτουν από διάφορους βιομηχανικούς χρήστες, τα υπολείμματα που προκύπτουν είναι αρκετά καθαρά και μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατευθείαν ως καύσιμο, για την παραγωγή ατμού και ηλεκτρισμού, μερικές φορές ακόμη και εντός του χώρου που παράγονται.

- *Αστικά υπολείμματα*

Αστικά υπολείμματα ξύλου που αποτίθενται στις χωματερές, χρειάζεται να περάσουν από μία διαδικασία διαχωρισμού του καθαρού ξύλου και έπειτα να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο.

- *Υπολείμματα δένδρων*

Υπολείμματα ξύλου από κήπους, και από δέντρα που βρίσκονται μέσα στην πόλη, μετατρέπονται σε εδαφικό κάλυμμα, ή για την επικάλυψη χωματερών, διαφορετικά μένουν ανεκμετάλλευτα και καταλήγουν στις χωματερές.

- *Δασικά υπολείμματα*

Τα δασικά απόβλητα που αποτελούνται κυρίως από υπολείμματα υλοτομίας που δεν χρησιμοποιούνται, μπορούν να μετατραπούν σε ηλεκτρισμό ή βιοκαύσιμα, αλλά λόγω της κατανεμημένης θέσης τους η συλλογή και εκμετάλλευση είναι πολύ δαπανηρή.

## **2. Γεωργικά υπολείμματα**

Μεγάλες ποσότητες από γεωργικά απόβλητα μένουν αχρησιμοποίητες, τα υπολείμματα αυτά θα μπορούσαν να περάσουν από επεξεργασία και να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας, αλλιώς παραμένουν στο χωράφι και αποσυντίθενται.





Figure 4 Αγροτικά υπολείμματα

- *Βαγάσση*

Τα υπολείμματα (πολτός) από την επεξεργασία του ζαχαροκάλαμου (βαγάσση), χρησιμοποιείται ως καύσιμο κυρίως στην βιομηχανία ζάχαρης στην συμπαραγωγή ατμού και ηλεκτρισμού, η τέφρα του έχει υψηλή θερμοκρασία τήξης.

- *Φλοιοί ρυζιού*

Το ρύζι είναι δεύτερη μεγαλύτερη παραγόμενη καλλιέργεια παγκόσμιος, από την επεξεργασία του προκύπτουν περίπου 20% υπολείμματα (φλοιός), που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ατμού και ηλεκτρισμού, αντί να παραμένουν ανεκμετάλλευτα.

- *Άχυρο*

Το άχυρο έχει χαμηλές θερμοκρασίες τήξης, και γίνεται κολλώδες σε θερμοκρασίες 550-600°C. Έχει υψηλή περιεκτικότητα σε χλώριο που μπορεί να προκαλέσει διάβρωση, η περιεκτικότητα του χλωρίου μπορεί να είναι της τάξης πέντε φορές μεγαλύτερη σε παραθαλάσσιες περιοχές καλλιέργειας. [1]

### 3. Απορρίμματα



Figure 5 Ανακύκλωση απορριμμάτων

- *Βιομηχανικά απορρίμματα*

Οι βιομηχανίες τροφίμων παράγουν τις μεγαλύτερες ποσότητες υπολειμμάτων και υποπροϊόντων, που είναι ικανές να χρησιμοποιηθούν υπό επεξεργασία για ενεργειακή απόδοση. Στερεά καθώς και υγρά απόβλητα παράγονται κατά την επεξεργασία των προϊόντων τα οποία μπορούν να παράγουν βιοαέριο και αιθανόλη.

- *Αστικά στερεά Απορρίμματα (ΑσΑ)*

Τεράστιος όγκος οικιακών αποβλήτων παράγονται κάθε χρόνο, και αποτίθενται σε χωματερές, τα απορρίμματα αυτά έχουν πηγή βιομάζας (σηπτικά, χαρτί, πλαστικό) περίπου στο 80% ανάλογα με την περιοχή. Έχουν χαμηλή θερμογόνο δύναμη, μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα για την παραγωγή ενέργειας μέσω καύσης ή μέσω φυσικής αναερόβιας χώνευσης στον χώρο ταφής τους.

- *Ζωικά απορρίμματα*

Υπάρχουν πολλά και διάφορα ζωικά απορρίμματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας, οι κύρια πηγή τους είναι οι κοπριές που παράγονται από ζώα που εκτρέφονται σε στάβλους, συνήθως μετατρέπονται μέσω αναερόβιας χώνευσης, σε καύσιμο βιοαέριο.

- *Αστικά λύματα*

Τα αστικά λύματα είναι παρόμοια με τα ζωικά απορρίμματα στον τρόπο επεξεργασίας τους, επιπλέον η λάσπη που μένει μπορεί να υποστεί περεταίρω επεξεργασία για την παραγωγή βιοαερίου και βιοελαίου.

## 2 Ενεργειακές Καλλιέργειες



Figure 6 Ενεργειακές καλλιέργειες

Οι ενεργειακές καλλιέργειες περιλαμβάνουν είτε φυτά που δεν καλλιεργούνται εμπορικά, αλλά προορίζονται αποκλειστικά για την παραγωγή βιοκαυσίμων, είτε από παραδοσιακές, νέες καλλιέργειες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιοκαυσίμων. Το κύριο πλεονέκτημα τους είναι η σταθερή παραγωγή καλύπτει μακροπρόθεσμα την προμήθεια πρώτης ύλης με ομοιόμορφα ποιοτικά χαρακτηριστικά.

Οι παραδοσιακές καλλιέργειες αν και συνήθως χαμηλότερης ενεργειακής απόδοσης, μπορούν να θεωρηθούν και αυτές ενεργειακές καλλιέργειες, καθώς το τελικό τους προϊόν χρησιμοποιείτε για την παραγωγή ενέργειας.

Οι νέες ενεργειακές καλλιέργειες είναι είδη με υψηλή παραγωγική ικανότητα σε βιομάζα, και έχουν πολύ μεγαλύτερες αποδόσεις ανά μονάδα γης σε σχέση με της παραδοσιακές, πετυχαίνοντας έτσι οικονομικότερη παραγωγή και μείωση του απαιτούμενου εδάφους.

Οι ενεργειακές καλλιέργειες που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα είναι:

Ετήσιες : Ηλιάνθος, ελαιοκράμβη, γλυκός σόργος, σιτάρι, ζαχαρότευτλα, αραβόσιτος, κυτταρινούχος σόργος και κενάφ, από τις οποίες ξεχωρίζει ο γλυκός και ο κυτταρινούχος

σόργος. Ο γλυκός σόργος είναι φυτό με μεγάλη φωτοσυνθετική ικανότητα και υψηλές αποδόσεις σε βιομάζα, μετά την επεξεργασία του μένουν μεγάλες ποσότητες υπολείμματος το οποίο έχει υψηλή θερμογόνο δύναμη. Ο κυτταρινούχος σόργος έχει επίσης μεγάλες αποδόσεις σε βιομάζα, το ενεργειακό δυναμικό του βασίζεται κυρίως στα λιγνοκυτταρινούχα συστατικά του.[1]

*Πολυτελείς* : Καλάμι, μίσχανθος, αγριαγκινάρα, χόρτο switch grass και δασικές καλλιέργειες ευκάλυπτο και ψευδακακία.

### 3 Είδη Βιοκαυσίμων

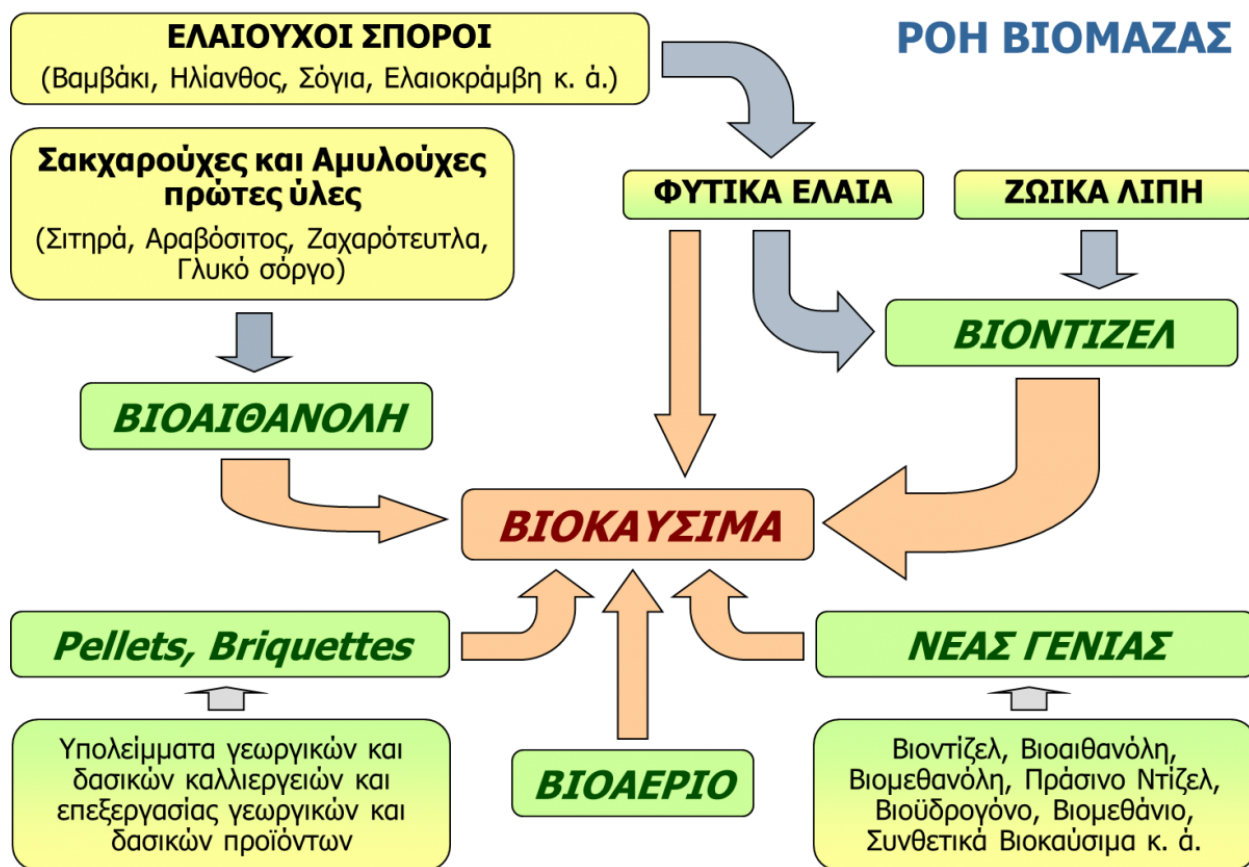


Figure 7 Είδη βιοκαυσίμων

Ως βιοκαύσιμα χαρακτηρίζονται όλα τα στερεά, υγρά και αέρια καύσιμα που προέρχονται από την κατάλληλου τύπου βιομάζα. Με τον όρο βιοκαύσιμα αναφερόμαστε κυρίως σε υγρά καύσιμα τα οποία παράγονται με μεθόδους ζύμωσης από φυτά ενεργειακών καλλιεργειών, ο βασικός σκοπός τους είναι να αντικαταστήσουν την καύση του πετρελαίου και των προϊόντων του, καθώς είναι φιλικότερα προς το περιβάλλον χρησιμοποιώντας ανανεώσιμες πρώτες ύλες, όλο και περισσότερο πιο οικονομικά και διαχειρίσιμα.

Τα πιο συνηθισμένα είναι :



## 1. Υγρά βιοκαύσιμα

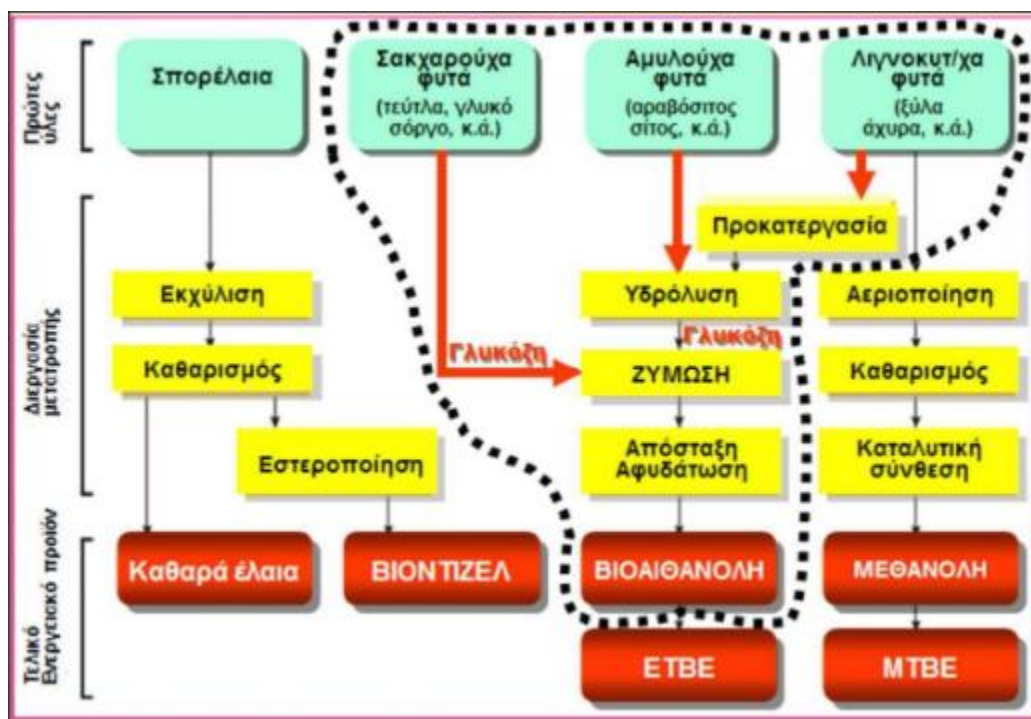


Figure 8 Βίο-αιθανόλη

- *Βίο-αιθανόλη*

Η βίο-αιθανόλη (βιοντίζελ) είναι από τα πρώτα «πράσινα» υποκατάστατα των παραδοσιακών καυσίμων που προέρχονται από το πετρέλαιο, παράγεται κατά βάση από τη διαδικασία της αλκοολικής ζύμωσης, όπου τα φυτικά ζάχαρα ειδικών ενεργειακών καλλιεργειών (σόργο, καλαμπόκι, τεύτλα) μετατρέπονται σε αλκοόλη με σκοπό την καύση για παραγωγή ενέργειας σε MEK (Μηχανές Εσωτερικής Καύσης), μπορεί επίσης να παραχθεί από ινώδη βιομάζα πλούσια σε υδρογονάνθρακες με την μετατροπή της σε σάκχαρο. Χρησιμοποιείται ως πρόσθετο της βενζίνης σε MEK για την βελτίωση του αριθμού των οκτανίων, διακρίνεται κυρίως σε δύο κατηγορίες, 10% -αιθανόλη 90% -βενζίνη (E10) και 85% -αιθανόλη 15% -βενζίνη (E85), δεν χρειάζεται να γίνει κάποια μετατροπή στις μηχανές για την καύση του καυσίμου. Για την παραγωγή της απαιτείται μεγάλη ποσότητα ενέργειας, από την συλλογή μέχρι και την μετατροπή της, είναι σημαντικό να γίνεται έλεγχος από την σκοπιά της οικονομικής απόδοσής και του αποτυπώματος του CO<sub>2</sub> που αφήνει κατά την επεξεργασία της βιομάζας σε βίο-καύσιμο.[10]

- *Βίο-μεθανόλη*

Η βίο-μεθανόλη είναι ένα σχετικά φθηνό και άφθονο καύσιμο, είναι κατά πολύ όμοια με την καθαρή μεθανόλη, η παραγωγή της μπορεί να γίνει από βιομάζα και από φυσικό

αέριο, έχει χαμηλή θερμογόνο δύναμή αλλά καίγεται σε χαμηλή θερμοκρασία με αποτέλεσμα να μειωθούν οι εκπομπές CO<sub>2</sub>, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο σε ειδικά τροποποιημένες MEK ή βενζινοκινητήρες.[10]

- *Biodiesel*



Figure 9 Biodiesel

Το βιοντίζελ παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που περιέχουν τριγλυκερίδια, δηλαδή από ελαιούχο βιομάζα, όπως τα φυτικά έλαια (ηλίανθος, ελαιοκράμβη, γλυκός σόργος) και τα ζωικά λίπη. Έχει παρόμοιες φυσικές ιδιότητες με το συμβατικό ντίζελ και είναι πλήρως συμβατό και αναμίξιμο, σε οποιαδήποτε αναλογία, αυτή η ιδιότητα το κάνει ένα πολύ καλό υποκατάστατο του ντίζελ. Έχει χαμηλά ποσοστά θείου και βοηθάει στην λίπανση όταν αναμιγνύεται με ντίζελ και έχει υψηλό σημείο ανάφλεξης.

- *Μεθυλεστέρας*

Έχει ιδιότητες όμοιες με του συμβατικού πετρελαίου, παράγει αρκετά μικρό ποσοστό CO<sub>2</sub>, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ανάμειξη σε ποσοστό έως 20% (B20) με συμβατικό καύσιμο 80% χωρίς καμία τροποποίηση του κινητήρα.

## 2. Αέρια βιοκαύσιμα

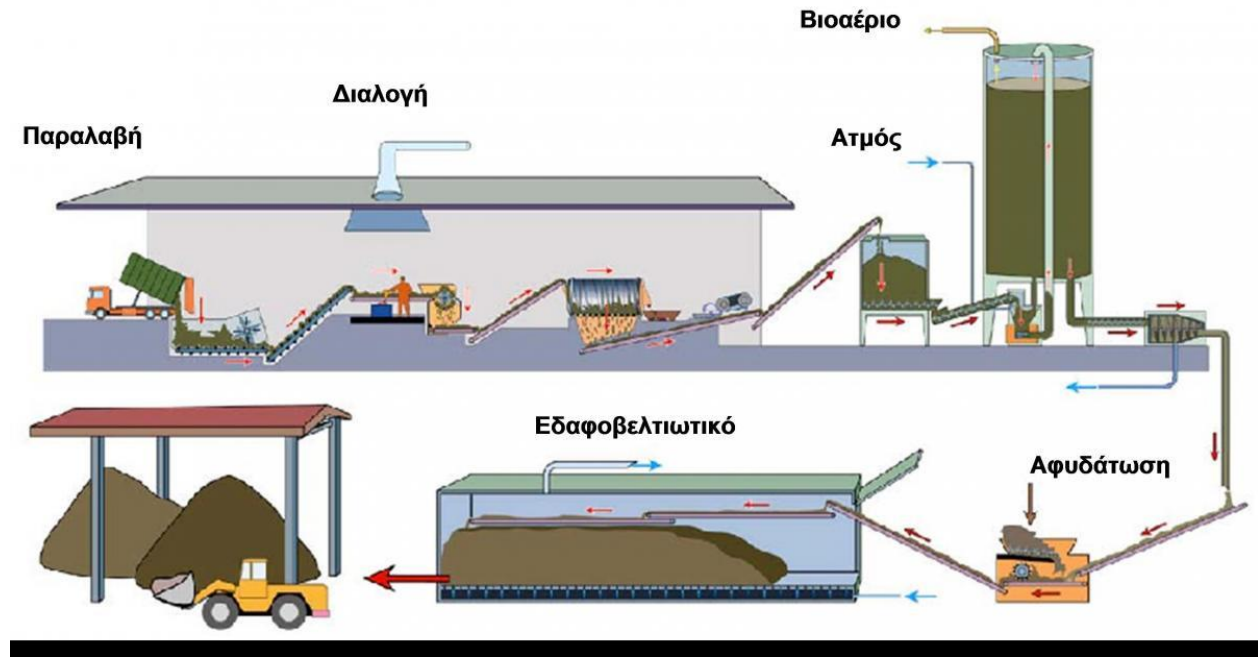


Figure 10 Διαδικασία παραγωγής αέριων βιοκαυσίμων

- *Βιοαέριο*

Το βιοαέριο παράγεται από την αναερόβια χώνευση αποβλήτων βιομάζας, απόβλητα κτηνοτροφικών μονάδων, οργανικών αποβλήτων και άλλων αγροτοβιομηχανικών μονάδων, από λύματα και απορρίμματα, από απόβλητα της βιομηχανίας τροφίμων και από καλλιέργειες που μπορούν να υποστούν αναερόβια χώνευση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κινητήρες φυσικού αερίου.

- *Πτωχό αέριο*

Το πτωχό αέριο είναι ένα εύφλεκτο μίγμα ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2$ ) που παράγεται με την διαδικασία της αεριοποίησης, στο πρώτο στάδιο γίνεται πυρόλυση της βιομάζας, και στο δεύτερο στάδιο γίνεται θερμοχημική διάσπαση των πυρολυτικών αερίων. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα ως καύσιμο.[1]

## Συνθετικό αέριο (syngas)

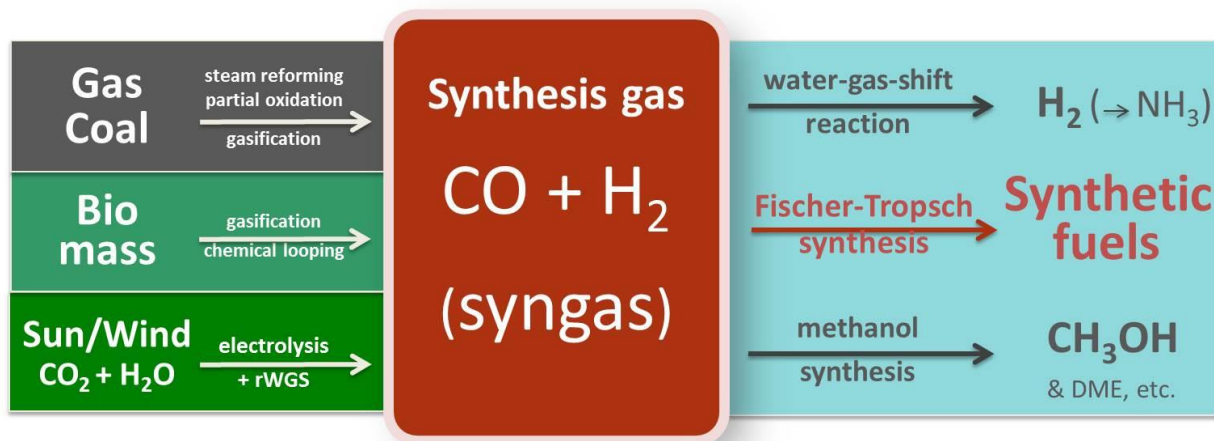


Figure 11 Συνθετικό αέριο (syngas)

Το συνθετικό αέριο είναι ένα μίγμα από  $\text{O}_2 + \text{H}_2$ , που παράγεται από την διαδικασία της αεριοποίησης, ονομάζεται αέριο σύνθεσης γιατί με την επεξεργασία του μπορούν να προκύψουν διάφορες χημικές ουσίες. Η πίεση, η θερμοκρασία και η αναλογία του  $\text{H}_2$  και  $\text{O}_2$  καθορίζουν τον τύπο του τελικού προϊόντος.



### 3. Στερεά βιοκαύσιμα

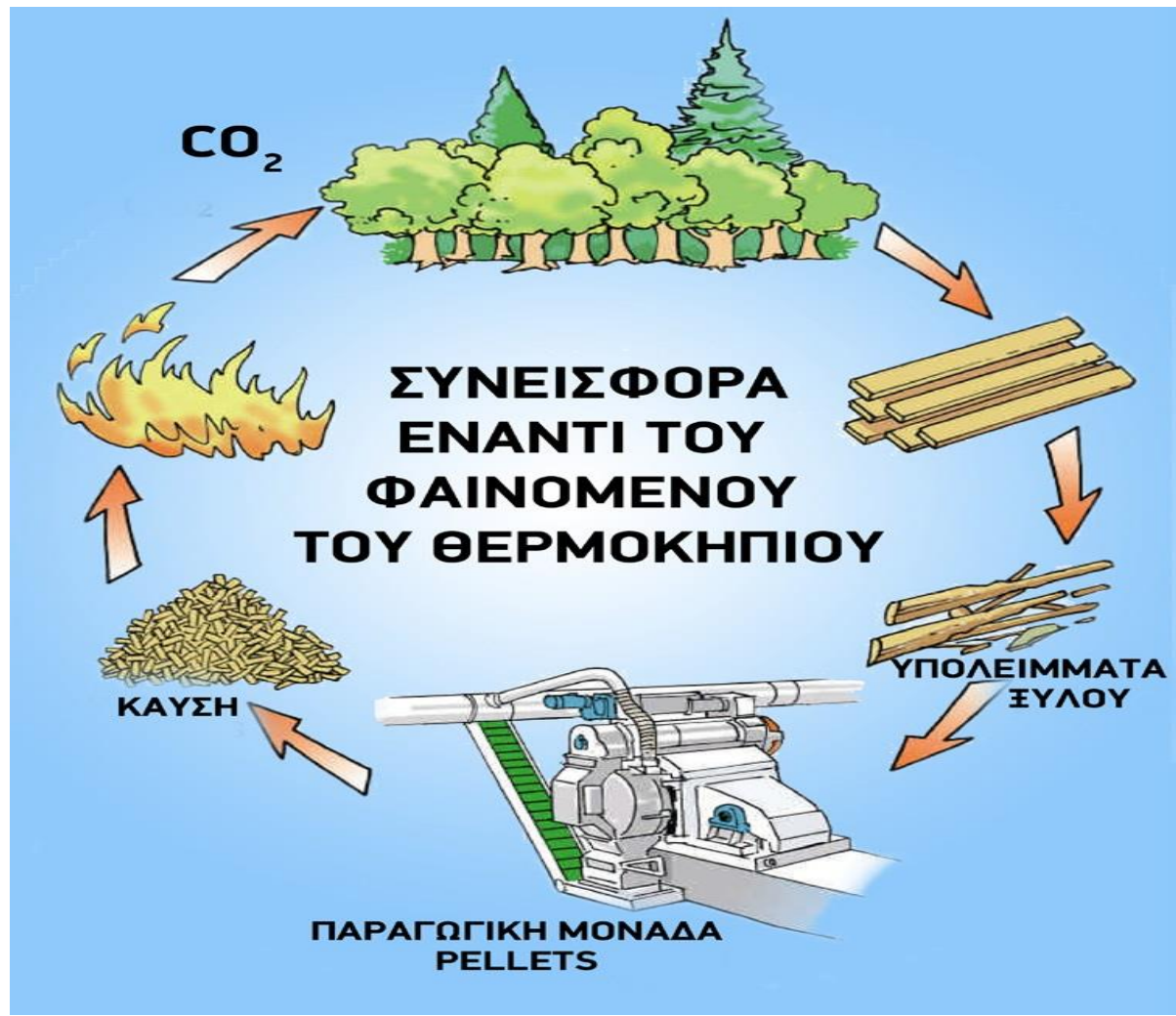


Figure 12 Στερεά βιοκαύσιμα

Τα στερεά καύσιμα πολλές φορές ταυτίζονται με την ίδια την έννοια της βιομάζας, αυτό γίνεται γιατί μερικές μορφές βιομάζας μπορούν με μικρή ή και καθόλου επεξεργασία να παράγουν ενέργεια με την καύση τους, τα στερεά καύσιμα βιομάζας προέρχονται κυρίως από προϊόντα και υπολείμματα γεωργίας και δασοκομίας, παραπροϊόντα βιομηχανίας και υπολείμματα ξυλείας. Οι συνηθέστερες μορφές τους είναι τα καυσόξυλα, τα ξυλοκάρβουνα και τα πέλλετς, για την καύση τους χρειάζονται ειδικούς καυστήρες για την παραγωγή θερμότητας.

## 4 Τεχνολογίες μετατροπής της Βιομάζας

### 4.1 Θερμοχημικές Μετατροπές

Στις θερμοχημικές μετατροπές χρησιμοποιείτε θερμότητα ή και σε συνδυασμό με καταλύτες για να αποσυντεθεί η βιομάζα σε ενδιάμεσα ή τελικά προϊόντα.

#### 1. Απευθείας καύση

Στους σταθμούς άμεσης καύσης χρησιμοποιούνται τα θερμά καυσαέρια για την παραγωγή ατμού, που παράγονται από την οξείδωση της βιομάζας, οι σύγχρονοι σταθμοί παραγωγής ενέργειας συνδυάζουν τα αστικά στερεά απόβλητα για την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος. Είναι μία χαμηλής απόδοσης τεχνολογία, και επίσης παρουσιάζονται προβλήματα στην τροφοδοσία της εγκατάστασης.

#### 2. Σύγκαυση

Η σύγκαυση αναφέρεται στον συνδυασμό βιομάζας και ορυκτών καυσίμων, αποτελεί μία οικονομική πηγή αφού περιλαμβάνει αύξηση της ποικιλίας των καυσίμων και χαμηλού κόστους καύσιμα συνεισφέρει στην μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και των σχηματισμό οξειδίων του θείου SO<sub>x</sub> και οξειδίων του αζώτου NO<sub>x</sub>. Εκμεταλλευόμενη τα καλύτερα στοιχεία κάθε τεχνολογίας πετυχαίνει καλύτερη απόδοση των καυσίμων βιομάζας σε ηλεκτρισμό.

Τρεις κύριες τεχνικές σύγκαυσης είναι :

Άμεση σύγκαυση χαμηλού κόστους και απλούστερης τεχνικής.

Έμμεση σύγκαυση περιλαμβάνει ξεχωριστή αεριοποίηση της βιομάζας.

Εντελώς ξεχωριστή σύγκαυση αύξηση των χαρακτηριστικών του παραγόμενου ατμού.

### 3. Αεριοποίηση

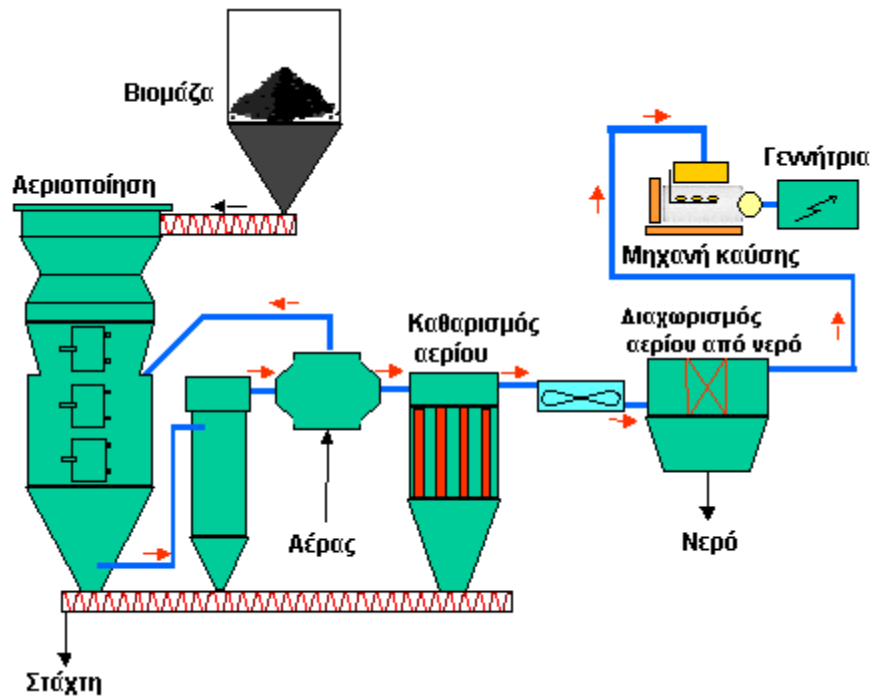


Figure 13 Αεριοποίηση

Η αεριοποίηση είναι η διαδικασία όπου η βιομάζα μετατρέπεται σε αέριο καύσιμο (syngas), αυτό γίνεται με την μετατροπή της ύλης πρώτα σε αέριο μίγμα μέσω διάφορων διαδοχικών αντιδράσεων (καύση, αεριοποίηση, πυρόλυση). Το αέριο που προκύπτει μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα ή ως καύσιμο για τους αεριοστροβίλους, στην περίπτωση όπου η τελική διεργασία γίνεται με την χρήση αέρα το syngas έχει μικρότερη θερμογόνο δύναμη σε σχέση με την χρήση καθαρού οξυγόνου αντί για αέρα όπου η θερμογόνος δύναμη του syngas μπορεί να τριπλασιασθεί, και στις δύο περιπτώσεις είναι κατάλληλο για την καύση σε αεριοστροβίλους ή ΜΕΚ.

#### 4. Πυρόλυση

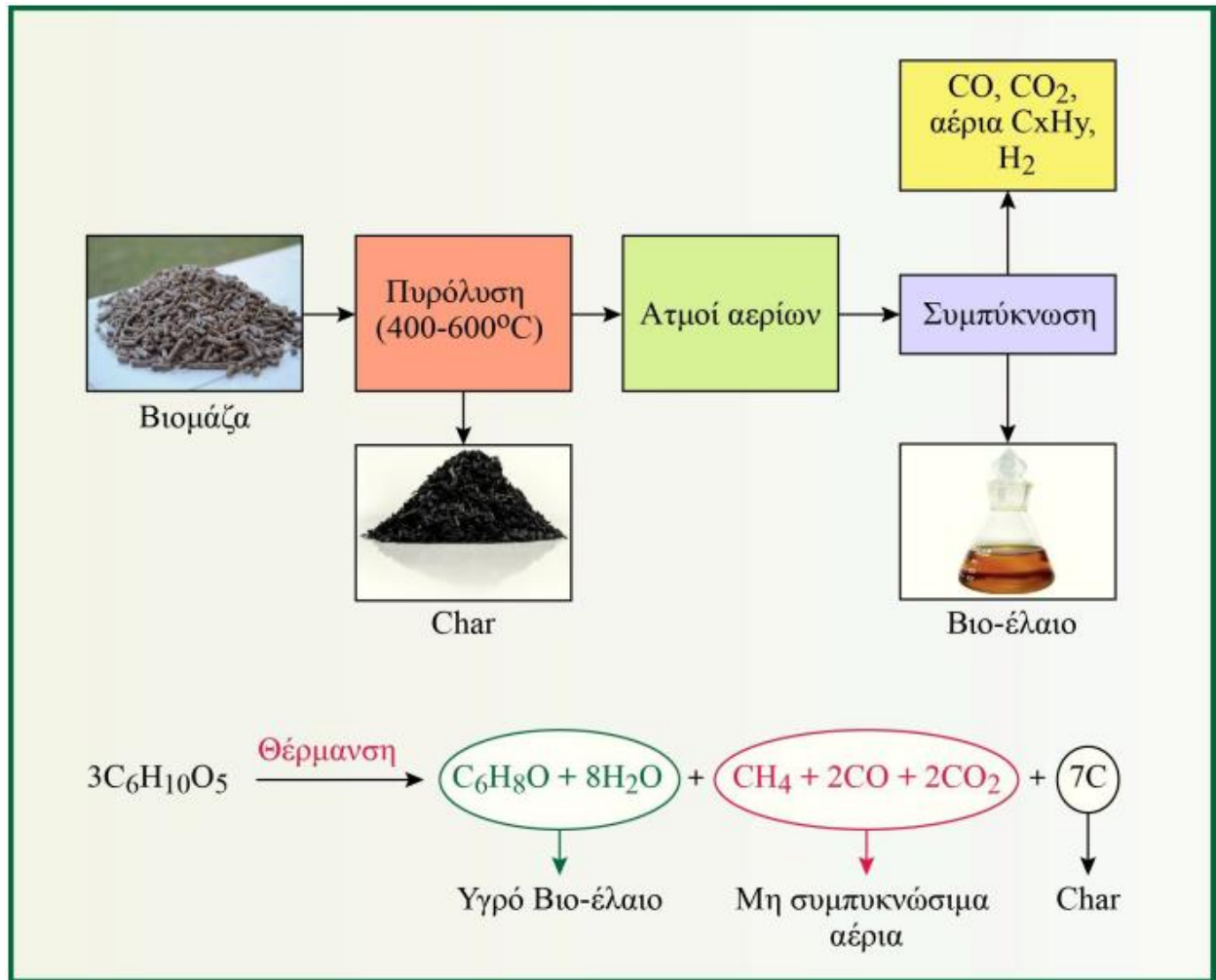


Figure 14 Πυρόλυση

Πυρόλυση είναι η χημική διάσπαση της βιομάζας με θέρμανση σε απουσία οξυγόνου, η έμμεση αεριοποίηση είναι μία διαδικασία πυρόλυσης, ο διαχωρισμός τους γίνεται, αν το παραγόμενο προϊόν της πυρόλυσης είναι αέριο (αεριοποίηση), αν το παραγόμενο προϊόν είναι συμπυκνώσιμοι ατμοί θεωρείτε πυρόλυση. Με την πυρόλυση η ενεργειακή μετατροπή της βιομάζας φτάνει το 90%, ενώ για τις ενεργειακές ανάγκες της πυρόλυσης απαιτείται περίπου το 10% του παραγόμενου αερίου.

Ταχεία πυρόλυση για παραγωγή υγρών καυσίμων, η πρώτη ύλη της βιομάζας θερμαίνεται ταχύτατα σε υψηλές θερμοκρασίες σε απουσία αέρα (οπότε και οξυγόνου), το αποτέλεσμα της πυρόλυσης είναι ένα μίγμα από στερεά (απανθράκωμα), υγρά (οξυγονωμένα έλαια) και κυρίως αέρια (μεθάνιο, CO<sub>2</sub>, CO), τα παραγόμενα έλαια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καυσίμων (μεθάνιο, μεθανόλη) ή χημικών προϊόντων.[1]



## Συμπεράσματα

Η βιομάζα αποτελεί ανανεώσιμη μορφή ενέργειας και παρέχει αποθηκευμένη ενέργεια χημικής μορφής, όπως όλα τα ενεργειακά συστήματα έτσι και η βιομάζα παρουσιάζει και αυτή τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα κατά την χρήση της.

Με τη χρήση της βιομάζας επιτυγχάνεται η αποφυγή του φαινομένου του θερμοκηπίου, που προέρχεται από το CO<sub>2</sub> και το SO<sub>2</sub> που παράγονται από την καύση ορυκτών καυσίμων, δηλαδή η παραγωγή και η μετατροπή της δεν δημιουργούν προβλήματα οικολογικά και περιβαλλοντικά. Τα περιβαλλοντικά οφέλη του εδάφους είναι κυρίως τοπικά, από την αξιοποίηση της αγροτικής βιομάζας και έχει σημαντικά οφέλη.

Η βιομάζα είναι υψηλής ποιότητας μετατροπή της ηλιακής ενέργειας που αποθηκεύεται σε χημική μορφή, η αξιοποίηση της μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους μετατροπής μερικές μάλιστα από τις οποίες χρησιμοποιούν σχετικά απλές τεχνολογίες, κατά την αξιοποίησή της δίνει μία μεγάλη ποικιλία χρήσιμων προϊόντων, η απόδοση μετατροπής της είναι σχετικά χαμηλή (μέτρια), απαιτούνται εδαφικές εκτάσεις για την παραγωγή της, παρουσιάζει δυσκολία στην συλλογή μεταποίηση, μεταφορά και αποθήκευση, σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα, καθώς επίσης παρουσιάζει μεγάλη διασπορά, κάθε περιοχή παράγει ανάλογα με το εποχιακό της περιβάλλον.

Η βιομάζα δεν είναι ακόμη ανεπτυγμένη, καθώς η έρευνα γύρω από την αξιοποίησή της βρίσκεται σε αρχικά στάδια, το κόστος της παραμένει σχετικά υψηλό, αφού πρέπει να μετατραπεί σε πιο εύχρηστη μορφή ενέργειας και η αξιοποίηση της επιβάλλεται να γίνεται κοντά στον τόπο παραγωγής της λόγω της δυσκολίας της μεταφοράς.

Πρέπει να γίνει προσεκτικός έλεγχος για όλο τον κύκλο της παραγωγής ενέργειας της βιομάζας, από την συλλογή μέχρι την καύση έτσι ώστε να υπάρχει οικονομικό και οικολογικό όφελος, και δεν πρέπει να γίνεται υπερβολική εκμετάλλευση φθινών πόρων (δασών) που δεν έχουν δημιουργηθεί για αυτόν τον σκοπό.[4]

## Βιβλιογραφία

- [1] Πολυζάκης, Απόστολος Λ., Σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος, Power Heat Cool, 2017
- [2] Gilbert M. Masters., ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΑΠΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (2016), Μετάγγραφο: Χρήστος-Σπυρίδων Καραβάς, Essam Sh. Mohamed, Ευάγγελος Δημητρίου.
- [3] Campbell, J.E., Lobell, D.B., & Field, C.B. (2009). Greater transportation energy and GHG offsets from bioelectricity than ethanol. Science 324: 1055-1057
- [4] Αικατερίνη Δ. Ποϊκλή, Μαρίνα Σ. Μαύρου, Πτυχιακή Εργασία, Παραγωγή Βιοαιθανόλης από βιομάζα, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Καβάλας, 2012
- [5] Τρικουβέρτης Γεώργιος - Μάριος, Μεταπτυχιακή διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, 2016
- [6] Κονιάρη Χριστίνα, Η Στάση των Κατοίκων του Ν. Αττικής Απέναντι στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, 2004
- [7] Ευριπίσης Λόης, Αναστασία Λάμπρου, Τα Βιοκαύσιμα στην Ελλάδα, Τ.Ε.Ε. Κεντρικής & Δυτικής Θεσσαλίας, Λάρισα, 2007
- [8] Κουφίδης, Α. Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Βιομάζα, Τμήμα Ηλεκτρολογίας, 2010
- [9] Ζουμπούλης, Α., Πελέκα, Ε., Τριανταφυλλίσης, Κ., Πράσινη Χημεία και Τεχνολογία στην Βιώσιμη Ανάπτυξη, 2015
- [10] <http://www.agroenergy.gr>
- [11] <http://www.biomaz.gr>