



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

## Ο ρόλος των βιοκαυσίμων στο πλέγμα νερού – τροφής – ενέργειας



Διπλωματική Εργασία

Μεταξία Κυρίου

Επιβλέπων: Νικόλαος Μαμάσης, Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Μάρτιος, 2021

# Σκοπός διπλωματικής εργασίας

- ✓ Η μελέτη των πρώτων υλών και των κατάλληλων τεχνολογιών για την παραγωγή βιοκαυσίμων
- ✓ Η διερεύνηση των πολιτικών, οικολογικών, οικονομικών οφελών της παραγωγής και κατανάλωσης εναλλακτικών καυσίμων
- ✓ Η παραγωγή και κατανάλωση των βιοκαυσίμων σε παγκόσμια κλίμακα
- ✓ Η εδραίωση της νομοθεσίας για την επίτευξη τους

# Εισαγωγή

## Βιοκαύσιμα

Ο όρος βιοκαύσιμα αναφέρεται σε υγρά, στερεά ή αέρια. Διαχωρίζονται σε 1<sup>ης</sup>, 2<sup>ης</sup>, 3<sup>ης</sup>, 4<sup>ης</sup> γενιάς. Στα βιοκαύσιμα συγκαταλέγονται:

- Βιοαιθανόλη
- Βιομεθανόλη
- Βιοέλαιο
- Βιοντίζελ
- Βιοαέριο
- Βιουδρογόνο

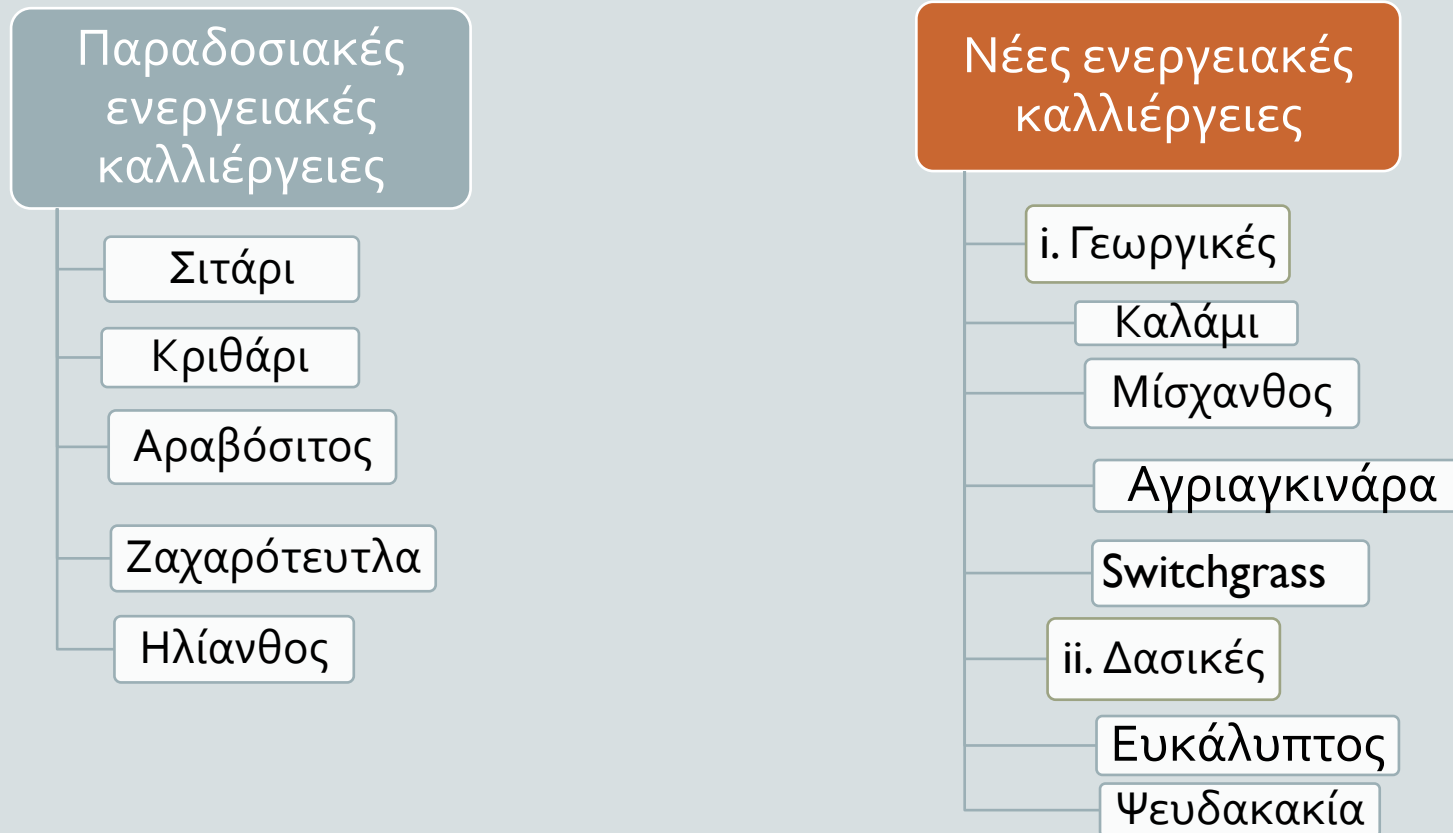
## Πλεονεκτήματα βιοκαυσίμων

- Η χρήση τους ωφελεί το περιβάλλον, την οικονομία και τους καταναλωτές
- Είναι βιοαποικοδομήσιμα και συμβάλλουν στην βιωσιμότητα
- 10-45% περιεκτικότητα σε οξυγόνο, πολύ χαμηλά επίπεδα θείου
- Νέες οικονομικές ευκαιρίες σε αγρότες και αναπτυσσόμενες χώρες

# Οι πρώτες ύλες και αξιοποίηση τους

## Ενεργειακές Καλλιέργειες

Οι ενεργειακές καλλιέργειες καλλιεργούνται με κύριο σκοπό την παραγωγή βιομάζας.



# Οι πρώτες ύλες και αξιοποίηση τους

## Ενεργειακές Καλλιέργειες

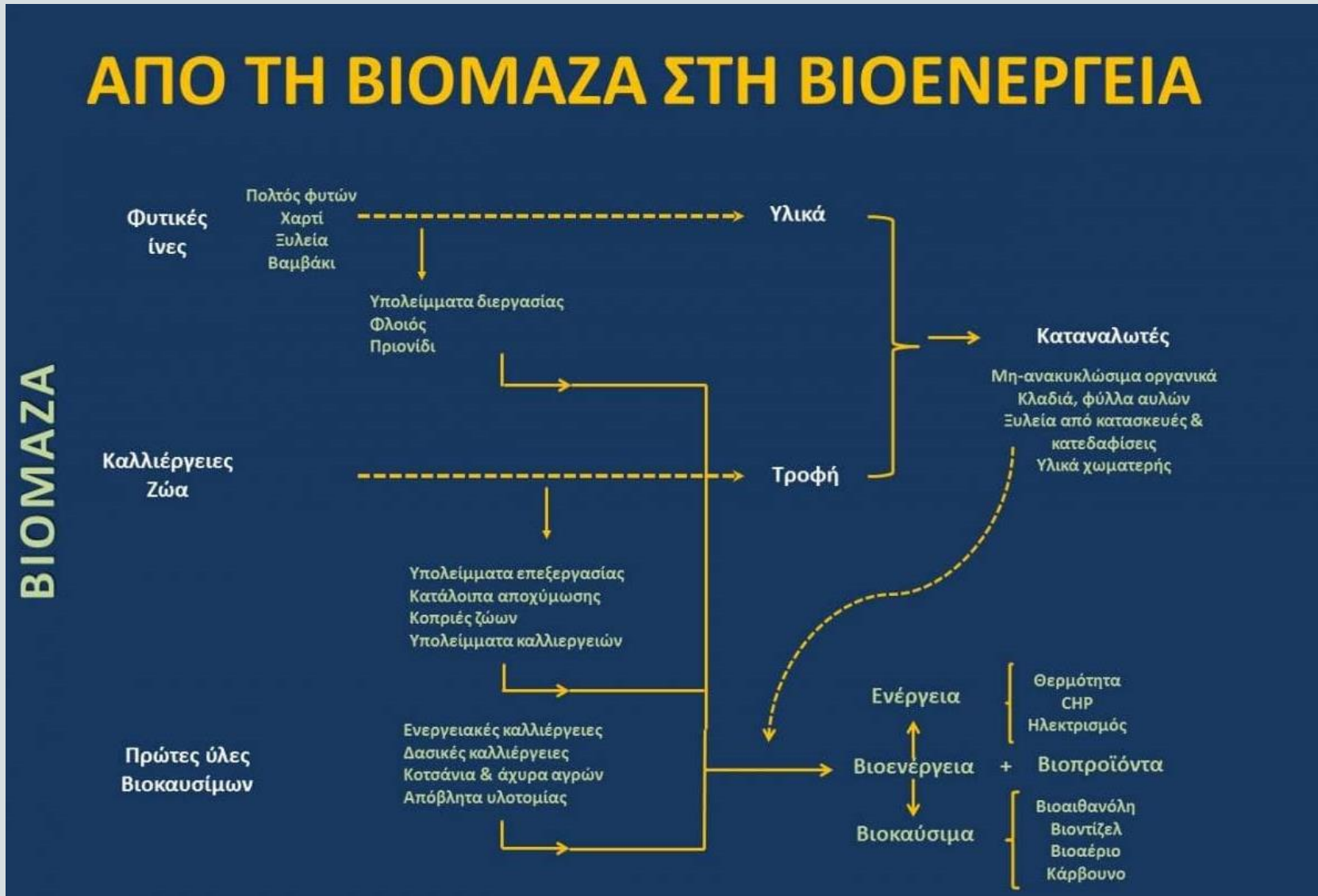
Η παραγωγή υγρών και στερεών βιοκαυσίμων, κυρίως **βιοαιθανόλη** και **βιοντίζελ**, προέρχεται από την επεξεργασία ενεργειακών καλλιεργειών

Βιοκαύσιμο	Πρώτη Ύλη	Απόδοση σε προϊόν (kg/m <sup>2</sup> )	Απόδοση σε βιοκαύσιμο (kg/m <sup>2</sup> )	Απόδοση σε βιοκαύσιμο (l/ m <sup>2</sup> )
Βιοντίζελ	Ηλίανθος - Ελαιοκράμβη	0.15 – 0.3	0.05 – 0.1	0.058 – 0.116
	Αγριαγκινάρα	0.1 – 0.15	0.024 – 0.036	0.028 – 0.041
	Βαμβάκι	0.12 – 0.16	0.017 – 0.023	0.020 – 0.027
	Σόγια	0.16 – 0.24	0.027 – 0.041	0.032 – 0.048
Βιαιθανόλη	Σιτάρι	0.15 – 0.8	0.036 – 0.192	0.046 – 0.243
	Αραβόσιτος	0.8– 1.2	0.189 -0.284	0.24 – 0.36
	Τεύτλα	5.5- 7	0.435 – 0.554	0.55 – 0.700
	Σόργο	7 - 9	0.553 – 0.711	0.7 – 0.9

# Οι πρώτες ύλες και η αξιοποίηση τους

## Υπολείμματα φυτικά και ζωικά

Από την αναερόβια χώνευση αποβλήτων και λυμάτων παράγεται το βιοαέριο.



# Οι πρώτες ύλες και η αξιοποίηση τους

## Αστικά απόβλητα

- 5.0 τόνοι ανά κάτοικο ΕΕ  
45,7% → ΧΥΤΑ, 37,8% → ανακύκλωση
- 8,8 εκατ. τόνοι στην Ελλάδα,  
4,4 → επεξεργάζονται, 2,1 → θάβονται
- 2025 → 2,2 δισεκατομμύρια τόνοι

## Έλαια

- Παράγεται το βιοντίζελ 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> γενιάς
- Μετεστερεοποίηση λέγεται ο τρόπος παραγωγής βιοντίζελ
- Χρήση δικτύων συλλογής και ανακύκλωσης για την ανακύκλωση του λαδιού μαγειρέματος

# Οι πρώτες ύλες και η αξιοποίηση τους

## Air Liquide

- Συμβάλει στην παραγωγή βιοκαυσίμων 2<sup>ης</sup> γενιάς
- Πρώτες ύλες φυτικά έλαια και ζωικά λίπη
- Η θυγατρική της Lurgi είναι μονάδα παραγωγής βιοντίζελ

## Argent Energy

- Παραγωγή βιοντίζελ
- Πρώτες ύλες απόβλητα λίπη και λάδια
- Δύο εγκαταστάσεις παραγωγής βιοντίζελ

## Eneker

- Παράγει ανανεώσιμη μεθανόλη και αιθανόλη
- Πρώτες ύλες μη ανακυκλώσιμα αστικά στερεά απόβλητα
- Εγκατάσταση λυμάτων
- Εγκατάσταση μονάδας μετατροπής μεθανόλης σε αιθανόλη



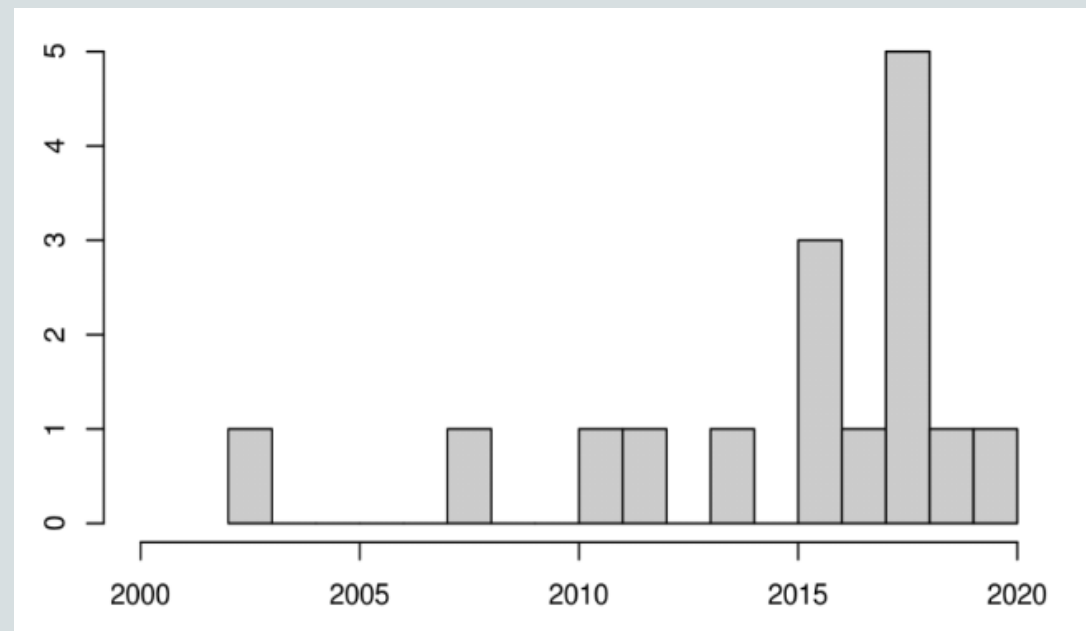
# Ανάγκες σε νερό

Παράγοντες που επηρεάζουν την ζήτηση γλυκού νερού

1. Βιοενέργεια 1<sup>ης</sup> γενιάς / 2<sup>ης</sup> γενιάς
2. Εξαρτώμενες από την βροχή
3. Θέση, παραγωγικότητα, κλιματική αλλαγή
4. Προσβασιμότητα **BP**, η απόσταση τους από πόλεις, διαθεσιμότητα έκτασης

## Ανάγκες σε νερό

1. Η παγκόσμια ετήσια ζήτηση νερού για άρδευση φυτειών βιομάζας, εκτιμάται σε 125 – 11.350 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/yr



# Κατηγορίες και Παραγωγή Βιοκαυσίμων

## Βιοαιθανόλη

- Η αιθανόλη μπορεί να αναμιχθεί κατά 15-20% κατ' όγκο με βενζίνη
- Η αιθανόλη παράγεται με τη ζύμωση διαλυμάτων ζάχαρης από ζαχαροκάλαμο ή καλλιέργειες σιτηρών

**ΑΙΘΑΝΟΛΗ**

① **106B I**  
αιτήσια ζήτηση αιθανόλης

② **1/2**  
ζήτησης της αιθανόλης  
είναι στις ΗΠΑ

③ **4 x**  
οχήματα βιοκαυσίμου  
θα έχουμε έως το 2050

④ **64**  
χώρες έχουν εντολές  
για βιοκαύσιμα

	Παραγωγή kg/m <sup>2</sup>	€ / Κιλό	Παραγωγή €/m <sup>2</sup>
Προϊόντα:			
Σόγια	0,3	0,218	0,0654
Καλαμπόκι	0,2	0,083	0,0166
Ζάχαρη	1,1	0,173	0,1903
Παραγωγή αιθανόλης απο:			
Καλαμπόκι	0,079		
Ρύζι	0,21	0,398	0,08358
Σόγια	0,12	0,513	0,06156
Ζαχαροκάλαμο	0,51	0,346	0,17646

# Κατηγορίες και Παραγωγή Βιοκαυσίμων

## Βιοαέριο

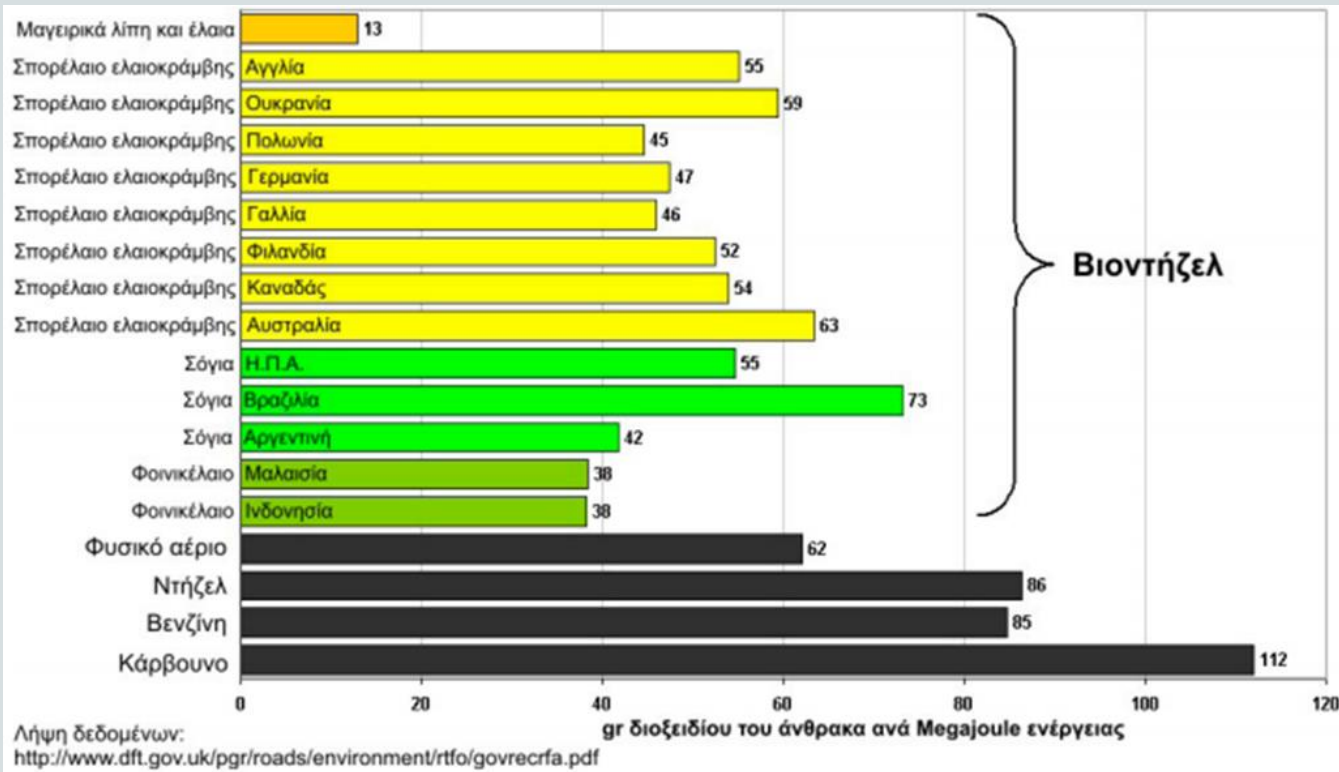
- Πρώτες ύλες παραγωγής, ιλύ λυμάτων, ζωικά απόβλητα, βιομηχανικά λύματα
- Παράγεται μέσω αναερόβιας πέψης
- Σουηδία  
κόστος παραγωγής  $\rightarrow 0,17 - 0,50 \text{ €/m}^3$   
τιμή αγοράς  $\rightarrow 0,50 - 0,90 \text{ €/m}^3$

## Βιοέλαιο

- Υγρά καύσιμα ή συμπυκνωμένα αέρια
- Πρώτες ύλες, γεωργικές καλλιέργειες, αστικά απόβλητα, γεωργικά και δασικά υποπροϊόντα μέσω βιοχημικών ή θερμοχημικών διεργασιών
- Αντικαθιστούν τα καύσιμα είτε εν μέρει είτε πλήρως
- Γίνονται μέσω πυρόλυσης

# Κατηγορίες και Παραγωγή Βιοκαυσίμων

## Βιοντίζελ



Το βιοντίζελ πωλείται 0,78 €/L

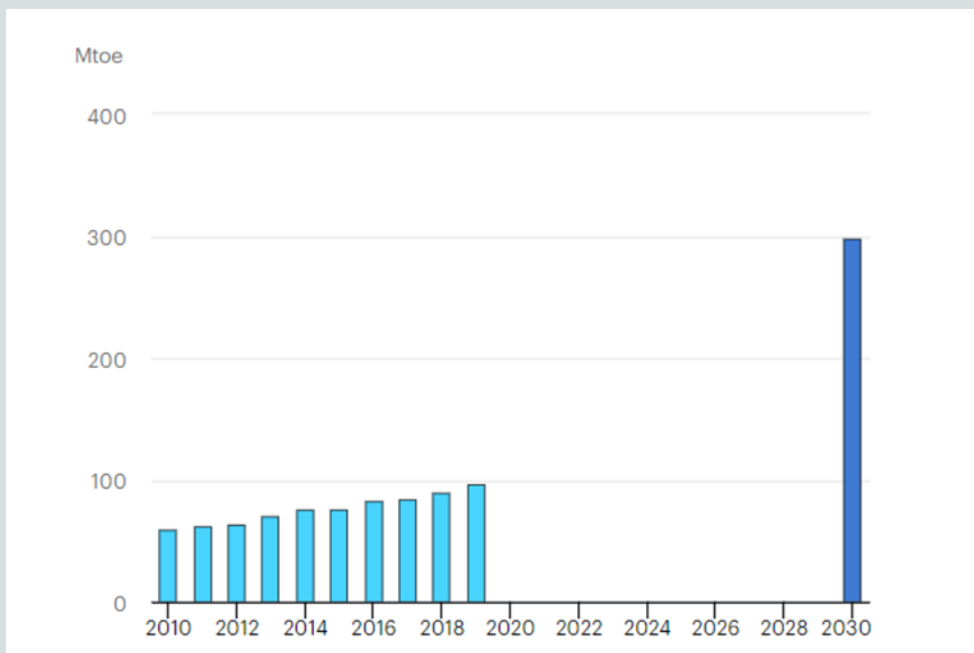
# Κατηγορίες και Παραγωγή Βιοκαυσίμων

## Βιοϋδρογόνο

Είδη Βιομάζας	Κύρια Διαδικασία Μετατροπής
Κέλυφος βιο-καρυδιών	Αεριοποίηση ατμού
Φλοιός ελιάς	Πυρόλυση
Απόβλητα τσαγιού	Πυρόλυση
Άχυρο	Πυρόλυση
Μαύρος πολτός	Αεριοποίηση ατμού
Δημοτικά στερεά απόβλητα	Υπερκρίσιμη εκχύλιση νερού
Υπολείμματα σοδιάς σιτηρών	Υπερκρίσιμη εκχύλιση υγρών
Απορρίμματα χαρτοπολτού και χαρτιού	Ζύμωση μικροβίων
Πλαστικά απόβλητα με βάση το πετρέλαιο	Υπερκρίσιμη εκχύλιση υγρών
Πολτός κοπριάς	Ζύμωση μικροβίων

Πρώτη ύλη	Τιμή βιοαιθανόλης (kg)	Τιμή Υδρογόνου € /GJ
Ζαχαρότευτλα (15€/tn)	0,292 - 0,393	11,19 - 15,06
Ζαχαροκάλαμο	0,253	9,69
Πατάτες	0,963	36,89
Καλαμπόκι (90€/tn)	0,292 - 0,406	11,19 - 15,55
Σιτάρι (110€/tn)	0,748	28,66
Cassava	0,773	29,61
Λιγνίνη (υδρόλυση με οξύ)	0,437	16,74
Λιγνίνη (ενζυματική υδρόλυση)	0,177	6,78
Αιθανόλη χημικά παρασκευασμένη	0,526	20,15

# Ποσοτικά μεγέθη



Προκειμένου να ευθυγραμμιστεί έως το 2030 με το SDS απαιτείται συνεχής αύξηση παραγωγής 10%. Η κατανάλωση βιοκαυσίμων στις μεταφορές πρέπει να τριπλασιαστεί σχεδόν έως το 2030 για να είναι σε καλό δρόμο με το σενάριο βιώσιμης ανάπτυξης.

Χώρα / περιοχή	Προβλέπεται ετήσια αύξηση της παραγωγής (2019-25)	Απαιτείται ετήσια αύξηση παραγωγής για την κάλυψη της SDS (2019-30)
Ηνωμένες Πολιτείες	1,9%	7%
Ευρωπαϊκή Ένωση	0,5%	9%
Βραζιλία	1,7%	5%
Ινδία	11,8%	22%
Κίνα	15,3%	19%
ASEAN	13,3%	10%

Σημείωση: ASEAN = Ένωση Εθνών Νοτιοανατολικής Ασίας.

Σύγκριση προβλεπόμενης και απαιτούμενης παραγωγής βιοκαυσίμων

# Εφαρμογές και Προοπτικές Εναλλακτικών Καυσίμων

## Τσιμεντοβιομηχανίες

- Χρήση άχρηστων υλικών ως εναλλακτικά καύσιμα
- Το 2012 στην Ευρώπη → 8 εκ. τόνους βιοκαυσίμων υποκαθιστώντας 4 εκ. τόνους άνθρακα

## ▪ Λεωφορεία – Φορτηγά

- Λεωφορείο με αέριο μεθάνιο από ανθρώπινα και τρόφιμα απόβλητα
- Λεωφορεία Scania με ντιζελοκινητήρες αιθανόλης

## ▪ Αυτοκίνητα

- Το 2003 ξεκίνησε η γενιά αυτοκινήτων με βενζίνη και αιθανόλη
- Στην Βραζιλία το 2005 παράχθηκαν 2.400.000 αυτοκίνητα

## ▪ Τρένα

- Στο Λονδίνο το πρώτο με χρήση 20% βιοντίζελ από λάδι λαχανικών
- Η Virgin τροποποίησε 78 από τα 131 τρένα του στόλου της

# Εφαρμογές και Προοπτικές Εναλλακτικών Καυσίμων

## Θαλάσσιες Μεταφορές

- Χρησιμοποιούνται ΥΦΑ, υγραέριο, φυσικό αέριο, μεθανόλη, αιθανόλη, βιοντίζελ, βιοαέριο, υδρογόνο
- MERIAURA 100% βιοέλαιο

## Εναέριες Μεταφορές

- 200.000 πτήσεις με βιοκαύσιμα
- Πρώτη δοκιμή το 2008

## Καλλιέργειες στην Ελλάδα

Ελαιοκράμβη 150.000 στρέμματα	0,40 €/kg
Ηλίανθος 900.000 στρέμματα	0,37 €/kg
Κριθάρι 1,5 εκ. στρέμματα	220 kg/στρ
Ζαχαρότευτλα 20.000 στρέμματα	120.000 τόνους
Αραβόσιτος 1,5 εκ. στρέμματα	440 – 800 L/στρ
Αγριαγκινάρα	1200-1600 kg, 2500-3000 kg/ στρ



# Συμπεράσματα και Προτάσεις

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- ✓ Η πλειοψηφία των μελετών καταλήγει στα 100-1000  $10^9$  m<sup>3</sup> ζήτηση γλυκού νερού ανά συγκομιδή βιομάζας
- ✓ Αύξηση κατανάλωσης και παραγωγής βιοκαυσίμων ανά χρόνο
- ✓ Θέσπιση νέων νόμων

## ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

- ✓ Χρήση μη φαγώσιμων πρώτων υλών
- ✓ Ενίσχυση χρήσης και αύξηση παραγωγής προηγμένων βιοκαυσίμων
- ✓ Περαιτέρω έρευνα του ρόλου του νερού
- ✓ Προστασία ευάλωτων περιοχών

Ευχαριστώ για την προσοχή σας!

