



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**

**Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος**

*“Ανάλυση κύκλου ζωής βιοαιθανόλης και βιοντίζελ ως  
καύσιμα μεταφοράς”*

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

της

**ΚΑΛΑΜΠΟΓΙΑ ΕΥΔΟΚΙΑ**

**ΕΠΙΒΛΕΨΗ**

**ΤΣΟΥΤΣΟΣ ΘΕΟΧΑΡΗΣ , Επ. Καθηγητής**

**ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

**ΚΑΛΟΓΕΡΑΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ, Καθηγητής**

**ΒΑΜΒΟΥΚΑ ΔΕΣΠΟΙΝΑ, Αναπλ. Καθηγήτρια**

**ΤΣΟΥΤΣΟΣ ΘΕΟΧΑΡΗΣ, Επ. Καθηγητής**

**ΧΑΝΙΑ**

**ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2005**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη σύγχρονη εποχή, το ενεργειακό πρόβλημα παρουσιάζεται όλο και πιο έντονο, ενώ οι ανεπιθύμητες επιπτώσεις στο περιβάλλον από τη χρήση ορυκτών καυσίμων, ώθησαν τη διεθνή κοινότητα στη λήψη μέτρων για τη μείωση των επιπτώσεων αυτών. Τα τελευταία χρόνια το ενδιαφέρον στράφηκε στη χρησιμοποίηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), καθώς αυτές παρουσιάζουν χαρακτηριστικά τα οποία είναι συμβατά με τις απαιτήσεις των διεθνών συμβάσεων για τον περιορισμό επιβλαβών επιπτώσεων προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο.

Σημαντικός τομέας των ΑΠΕ με ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες προοπτικές για το μέλλον είναι εκείνος της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας, η οποία μπορεί να λάβει πολλές μορφές. Στην παρούσα εργασία επιχειρούμε να προσεγγίσουμε το ζήτημα της αξιολόγησης του κύκλου ζωής καυσίμων που προέρχονται από βιομάζα, όπως η βιοαιθανόλη και το βιοντίζελ. Συγκρίνοντας την ανάλυση κύκλου ζωής (ΑΚΖ) αυτών και των συμβατικών καυσίμων, όπως η βενζίνη και το ντίζελ εξάγουμε συμπεράσματα τόσο περιβαλλοντικά, όσο και οικονομικά.

Η ΑΚΖ πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του υπολογιστικού μοντέλου GEMIS. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η 'καθαρότητα' των βιοκαυσίμων αμφισβητείται, αφού παρόλο που οι εκπεμπόμενες συγκεντρώσεις αερίων του θερμοκηπίου είναι μειωμένες, οι εκπομπές από άλλους ατμοσφαιρικούς ρύπους είναι αρκετά αυξημένες. Παρόλα αυτά τα βιοκαύσιμα υπερτερούν σε σχέση με τα συμβατικά σε πολλά σημεία.

## ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Βιομάζα, Βιοαιθανόλη, Βιοντίζελ, Συμβατικά καύσιμα, Ανάλυση κύκλου ζωής (ΑΚΖ), GEMIS

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία αποτελεί τη Διπλωματική μου Εργασία στα πλαίσια των σπουδών μου στο Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης. Η εκπόνησή της ξεκίνησε τον Ιανουάριο του 2005 και ολοκληρώθηκε τον Οκτώβριο του 2005, υπό την επίβλεψη του Επίκουρου Καθηγητή κ. Τσούτσου Θεοχάρη.

Με την ευκαιρία της ολοκλήρωσης της εργασίας, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς τον κ. Τσούτσο για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του, που συνετέλεσαν στην επιτυχή διεκπεραίωσή της καθώς επίσης και για την δυνατότητα που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα όπως είναι τα βιοκαύσιμα.

Ένα τεράστιο ευχαριστώ στους γονείς μου που είναι πάντα δίπλα μου και με στηρίζουν, που μου δείχνουν εμπιστοσύνη και αγάπη. Θα ήθελα να ευχαριστήσω ακόμα την αδερφή μου, Μαρία, για την ψυχολογική υποστήριξη που μου προσφέρει στις δύσκολες στιγμές.

Τέλος, δεν θα μπορούσα να παραλείψω τους φίλους μου και κυρίως τον Γκιουλέκα Αλκιβιάδη, τόσο για τη βοήθειά του, όσο και για την επιμονή που έδειξε, ενθαρρύνοντάς με σε αυτή την προσπάθεια.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>1</b>
1.1 Βιομάζα - Εναλλακτική πηγή ενέργειας	1
1.2 Χαρακτηριστικά της βιομάζας	3
1.3 Βιοκαύσιμα	6
1.4 Υπάρχουσα ελληνική κατάσταση γύρω από τα βιοκαύσιμα	7
1.5 Σκοπός της διπλωματικής εργασίας	7
1.6 Δομή της εργασίας	9
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ - ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ ΚΑΙ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ</b>	<b>10</b>
2.1 Εισαγωγή	10
2.2 Μετατροπή βιομάζας σε ενέργεια	11
2.2.1 Πυρόλυση	13
2.2.2 Καύση	13
2.2.3 Αεριοποίηση	14
2.2.4 Ανθρακοποίηση - Υγροποίηση	14
2.2.5 Αλκοολική ζύμωση	15
2.2.6 Μεθανική ζύμωση	16
2.3 Βασικές εφαρμογές βιομάζας	16
2.3.1 Συμπαραγωγή ηλεκτρισμού - θερμότητας για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης – ψύξης – ηλεκτρισμού σε γεωργικές βιομηχανίες	16
2.3.2 Θέρμανση θερμοκηπίων	17
2.3.3 Τηλεθέρμανση	18
2.3.4 Ενεργειακές καλλιέργειες	19
2.3.5 Βιοκαύσιμα	20
2.3.6 Διαχείριση των ζωικών λυμάτων με σύγχρονες βιοτεχνολογικές μεθόδους	21
(i) Αναερόβια επεξεργασία ζωικών λυμάτων - Παραγωγή βιοαερίου	21
(ii) Παραγωγή υδρογόνου	23
(iii) Κομποστοποίηση	23

2.4	Μορφή βιοκαυσίμων	24
2.5	Βιοαιθανόλη	25
2.6	Βιοντίζελ	27
2.7	Χρήση βιοκαυσίμων στην Ευρώπη	33
2.8	Χρήση βιοκαυσίμων στην Ελλάδα	36
2.9	Ελληνικές προσπάθειες ανάπτυξης βιοαιθανόλης και βιοντίζελ	40
	2.9.1 Βιοντίζελ	40
	2.9.2 Βιοαιθανόλη	43

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ**

	<b>ΚΑΙ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ</b>	46
3.1	Σκοπός και αντικείμενο της μελέτης	46
3.2	Ανάλυση κύκλου ζωής	46
	3.2.1 Στάδια κύκλου ζωής	47
	3.2.2 Μεθοδολογία	48
3.3	Ανασκόπηση μοντέλων	49
3.4	Περιγραφή προγράμματος GEMIS	52
	3.4.1 Εισαγωγή	52
	3.4.2 Υπόβαθρο	53
	3.4.3 Η ανάλυση κύκλου ζωής στο GEMIS	54
	3.4.4 Όρια του GEMIS	55
	3.4.5 Περιγραφή του προγράμματος GEMIS	55
	( i ) Προϊόντα	56
	( ii ) Διεργασίες	57
	( iii ) Σενάρια	58
	( iv ) Αναφορές	60
	( v ) Πρότυπα	61
	3.4.6 Πολυπλοκότητα μοντέλου	61
3.5	Ανάλυση κύκλου ζωής βιοαιθανόλης και βιοντίζελ	64
	3.5.1 Βασικές έννοιες	67
	3.5.2 Υποθέσεις	71

3.5.3 Περιγραφή της παραγωγής βιοντίζελ με πρώτη ύλη το συναπόσπορο	73
(i) Κύριες διεργασίες	73
(ii) Μεταφορές	81
(iii) Δευτερεύουσες διεργασίες	84
3.5.4 Συνοπτική Περιγραφή της παραγωγής βιοντίζελ με πρώτη ύλη τον ηλιάνθο	89
3.5.5 Συνοπτική περιγραφή της παραγωγής βιοιθανόλης με πρώτη ύλη το σιτάρι	90
3.5.6 Συνοπτική περιγραφή της παραγωγής βιοιθανόλης με πρώτη ύλη το ζαχαρότευτλο	91
3.5.7 Συνοπτική περιγραφή της παραγωγής μίγματος που αποτελείται από 95% βενζίνη και 5% βιοιθανόλη προερχόμενη από σιτάρι ή ζαχαρότευτλο	91
3.6 Διαμόρφωση τελικών σεναρίων	93
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b>	94
4.1 Εισαγωγή	94
4.2 Εκπομπές	94
4.2.1 Αέρια του θερμοκηπίου	94
4.2.2 Επεξήγηση τιμών των αερίων του θερμοκηπίου	97
4.2.3 Ατμοσφαιρικοί ρύποι	99
4.2.4 Επεξήγηση τιμών των ατμοσφαιρικών ρύπων	101
4.3 Χρήση πόρων	106
4.4 Χρήση γης	107
4.5 Κόστος	109
4.6 Εκπομπές μιγμάτων βενζίνης και βιοιθανόλης	111
4.6.1 Επεξήγηση τιμών των αερίων του θερμοκηπίου	112
4.6.2 Ατμοσφαιρικοί ρύποι	112
4.6.3 Επεξήγηση τιμών των ατμοσφαιρικών ρύπων	113
4.7 Χρήση πόρων	114
4.8 Χρήση γης	115
4.9 Κόστος	116

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ**

5.1	Εισαγωγή	117
5.1.1	Σύγκριση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και κόστους	117
5.1.2	Σύγκριση των εκπομπών διαφόρων ατμοσφαιρικών ρύπων και κόστους	120
5.1.3	Σύγκριση των εκπομπών διαφόρων ατμοσφαιρικών ρύπων και των αερίων του θερμοκηπίου	124
5.1.4	Σύγκριση της συσσωρευμένης απαιτούμενης ανανεώσιμης ενέργειας και της χρήσης γης	125
5.2	Μεθολογικές αδυναμίες της έρευνας - Προτάσεις για το μέλλον	126

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

	Προτάσεις για το μέλλον	129
--	-------------------------	-----

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ**

## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ**

## **ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ**

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

---

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ

## 1

---

### *ΕΙΣΑΓΩΓΗ*

#### **1.1 ΒΙΟΜΑΖΑ – ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

Στις μέρες μας, επικρατεί ενεργειακή κρίση σε ολόκληρο τον πλανήτη, λόγω της μείωσης των πρωτογενών πηγών και των αυξανόμενων περιβαλλοντικών προβλημάτων. Αυτή η κατάσταση οδηγεί σε μια αναζήτηση εναλλακτικών καυσίμων, τα οποία να είναι όχι μόνο βιώσιμα, αλλά και φιλικά προς το περιβάλλον. [Barnwal & Sharma, 2004]

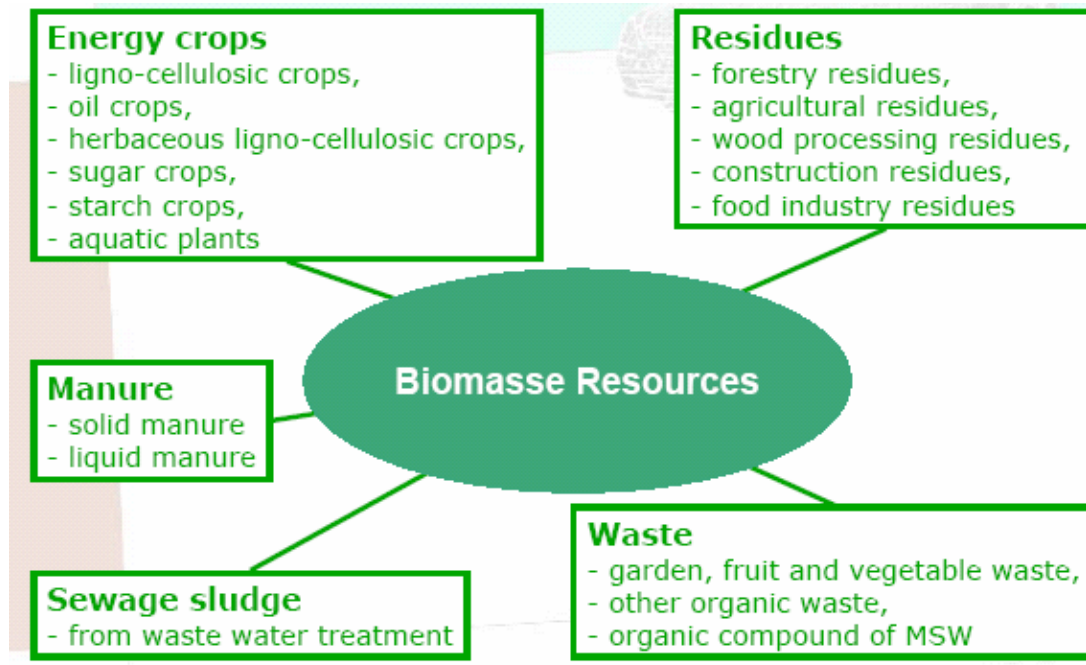
Από την πρώτη πετρελαϊκή κρίση που σημειώθηκε το 1973, η βιομάζα θεωρήθηκε, και σε κάποιες περιπτώσεις προωθήθηκε, σαν εναλλακτική πηγή ενέργειας έναντι της χρήσης συμβατικών καυσίμων. Λόγω της, σχεδόν αποκλειστικής, εξάρτησης του μεταφορικού τομέα από το πετρέλαιο, δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στη δυνατότητα χρησιμοποίησης της βιομάζας σαν βάση για την παραγωγή εναλλακτικών και ανανεώσιμων καυσίμων μηχανοκίνητων οχημάτων. Στην πραγματικότητα η αυξανόμενη ζήτηση στον τομέα των μεταφορών ανθρώπων και εμπορευμάτων, έχει οδηγήσει στο φαινόμενο, στον μεταφορικό τομέα, να καταναλώνεται άνω του 30% της ενέργειας που καταναλώνεται στην Ε.Ε ετησίως, ποσοστό που αυξάνεται με έντονους ρυθμούς. Αυτό είναι άμεσα συνδεδεμένο με την αύξηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. [Freire F. et al]

Ανάμεσα στους λόγους που παρακίνησαν την υιοθέτηση των εναλλακτικών καυσίμων στον τομέα των μεταφορών είναι καταρχάς η πληθώρα πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή των βιοκαυσίμων, όπου όπως προαναφέραμε ο μεταφορικός τομέας είναι πρακτικά 100% εξαρτώμενος από το πετρέλαιο, και επιπλέον η δυνατότητα μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, εφόσον αυτές με τη χρήση συμβατικών καυσίμων αναμένονται να αυξηθούν παρά τον συμφωνηθέντα στόχο



μείωσης αυτών με το Πρωτόκολλο του Κιότο με δυσάρεστες συνέπειες τόσο στη μόλυνση του περιβάλλοντος όσο και στις αναμενόμενες κλιματικές αλλαγές.

Σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Κιότο, τα βιομηχανικά ανεπτυγμένα κράτη υποχρεούνται να μειώσουν τις εκπομπές έξι αερίων που επηρεάζουν αρνητικά το φαινόμενο του θερμοκηπίου την περίοδο 2008-2012, σε ποσοστό 5,2% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990.[www.greenpeace.gr]



**Εικόνα 1:** Πηγές από τις οποίες προέρχεται η βιομάζα (Jungmeir, et al., 2005)

Η βιομάζα θεωρείται λοιπόν μία από τις σημαντικότερες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, πηγή του μέλλοντος, λόγω της οικονομικής βιωσιμότητας και της φιλικότητας προς το περιβάλλον. Το 1990 ήταν ήδη ανάμεσα στις τέσσερις μεγαλύτερες πηγές ενέργειας στο κόσμο, εφοδιάζοντας το 13% της χρησιμοποιούμενης αρχικής ενέργειας. [Hall D.O., 1997]

Σύμφωνα με την Οδηγία 2003/30/EK της Ευρωπαϊκής Επιτροπής ως βιομάζα ορίζεται το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα προϊόντων, αποβλήτων και καταλοίπων από γεωργικές (συμπεριλαμβανομένων φυτικών και ζωικών ουσιών), δασοκομικές και συναφείς βιομηχανικές δραστηριότητες, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων. Η βιομάζα προσφέρει ιδιαίτερη ευελιξία στην

προμήθεια καυσίμων χάρη στην εμβέλεια και την ποικιλομορφία των καυσίμων που μπορούν να παραχθούν.[ Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2003]



**Εικόνες 2 & 3 :** Σακχαρότευτλα και άχυρο ως πρώτη ύλη για τη βιομάζα (C.Riley, 2002)

Κατά συνέπεια, η βιομάζα μπορεί να καεί απευθείας για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού ή μπορεί να μετατραπεί σε στερεό, αέριο ή υγρό καύσιμο χρησιμοποιώντας τεχνολογίες μετατροπής όπως η ζύμωση για την παραγωγή αλκοολών, βακτηριακή ζύμωση για την παραγωγή βιοαερίου και τέλος αεριοποίηση για την παραγωγή υποκατάστατων φυσικού αερίου.

## 1.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Η ενέργεια της βιομάζας (βιοενέργεια ή ‘πράσινη ενέργεια’) είναι δευτερογενής ηλιακή ενέργεια. Η βιομάζα αποτελεί μια δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών. Με βάση τη δραστηριότητα αυτή, η χλωροφύλλη των φυτών μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών, χρησιμοποιώντας ως βασικές πρώτες ύλες που το νερό, το διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα και

ανόργανα συστατικά από το εδάφος. Η διεργασία αυτή μπορεί να παρασταθεί σχηματικά ως εξής : [Τσούτσος Θ., 2004]



Η μόνη φυσικά ευρισκόμενη πηγή ενέργειας με άνθρακα που τα αποθέματά της είναι ικανά, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο των ορυκτών καυσίμων, είναι η βιομάζα. Αντίθετα από αυτά, η βιομάζα είναι ανανεώσιμη καθώς απαιτείται μόνο μια σύντομη χρονική περίοδος για να αναπληρωθεί ό,τι χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας. Εν γένει, για τις διάφορες τελικές χρήσεις υιοθετούνται διαφορετικοί όροι. Έτσι ο όρος ‘βιοισχύς’ (biopower) περιγράφει τα συστήματα που χρησιμοποιούν πρώτες ύλες βιομάζας αντί των συνήθων ορυκτών καυσίμων (φυσικό αέριο, άνθρακα) για ηλεκτροπαραγωγή, ενώ ως ‘βιοκαύσιμα’ αναφέρονται κυρίως τα υγρά καύσιμα μεταφορών που υποκαθιστούν πετρελαϊκά προϊόντα, π.χ. βενζίνη ή ντίζελ.

Βασικό πλεονέκτημα της βιομάζας είναι ότι είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και ότι παρέχει ενέργεια αποθηκευμένη με χημική μορφή. Η αξιοποίησή της μπορεί να γίνει με τη μετατροπή της σε μεγάλη ποικιλία προϊόντων, με διάφορες μεθόδους και τη χρήση σχετικά απλής τεχνολογίας. Σαν πλεονέκτημά της καταγράφεται και το ότι κατά την παραγωγή και την μετατροπή της δεν δημιουργούνται οικολογικά προβλήματα και περιβαλλοντολογικά προβλήματα. Από την άλλη, σαν μορφή ενέργειας η βιομάζα χαρακτηρίζεται από πολυμορφία, χαμηλό ενεργειακό περιεχόμενο, σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα, λόγω χαμηλής πυκνότητας και/ή υψηλής περιεκτικότητας σε νερό, εποχικότητα, μεγάλη διασπορά, κλπ. Τα χαρακτηριστικά αυτά συνεπάγονται πρόσθετες, σε σχέση με τα ορυκτά, δυσκολίες στη συλλογή, μεταφορά και αποθήκευσή της. Σαν συνέπεια το κόστος μετατροπής της σε εύχρηστες μορφές ενέργειας παραμένει υψηλό. [Γουσγουριώτης Η., 2005]

Αναλυτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας έχουν ως εξής :

#### **Πλεονεκτήματα :**

1. Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο CO<sub>2</sub> δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου – επειδή οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα

- που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία της βιομάζας.
2. Η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στη βιομάζα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του SO<sub>2</sub> που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή.
  3. 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.
  4. Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή, αυξάνει την απασχόληση στις αγροτικές περιοχές με τη χρήση εναλλακτικών καλλιεργειών (διάφορα είδη ελαιοκράμβης, σόργο, καλάμι, κενάφ) τη δημιουργία εναλλακτικών αγορών για τις παραδοσιακές καλλιέργειες (ηλιάνθος κ.α), και τη συγκράτηση του πληθυσμού στις εστίες τους, συμβάλλοντας έτσι στη κοινωνικο-οικονομική ανάπτυξη της περιοχής. Μελέτες έχουν δείξει ότι η παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων έχει θετικά αποτελέσματα στον τομέα της απασχόλησης τόσο στον αγροτικό όσο και στο βιομηχανικό χώρο.

#### **Μειονεκτήματα :**

1. Ο αυξημένος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα δυσχεραίνουν την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.
  2. Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της βιομάζας δυσκολεύουν την συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.
  3. Βάση των παραπάνω παρουσιάζονται δυσκολίες κατά τη συλλογή, μεταφορά και αποθήκευση της βιομάζας που αυξάνουν το κόστος της ενεργειακής αξιοποίησης.
  4. Οι σύγχρονες και βελτιωμένες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού, συγκρινόμενες με αυτό των συμβατικών καυσίμων.
- [ Γουσγουριώτης Η., 2005]

### 1.3 ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ

Σύμφωνα με την οδηγία 2003/30/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Επιτροπής ως «βιοκαύσιμο» ορίζεται το υγρό ή αέριο καύσιμο για τις μεταφορές το οποίο παράγεται από βιομάζα. Ενδεικτικά παραδείγματα προϊόντων τα οποία θεωρούνται βιοκαύσιμα είναι τα παρακάτω:

α) «βιοαιθανόλη»: αιθανόλη η οποία παράγεται από βιομάζα ή/και από το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα αποβλήτων, για χρήση ως βιοκαύσιμο

β) «ντίζελ βιολογικής προέλευσης»: μεθυλεστέρας ο οποίος παράγεται από φυτικά ή ζωικά έλαια, ποιότητα ντίζελ για χρήση ως βιοκαύσιμο

γ) «βιοαέριο»: καύσιμο αέριο το οποίο παράγεται από βιομάζα ή/και από το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα αποβλήτων, το οποίο μπορεί να καθαριστεί φτάνοντας ποιότητα φυσικού αερίου, για χρήση ως βιοκαύσιμο ή ξυλαέριο

δ) «βιομεθανόλη»: μεθανόλη η οποία παράγεται από βιομάζα, για χρήση ως βιοκαύσιμο

ε) «βιοδιμεθυλεστέρας»: διμεθυλεστέρας ο οποίος παράγεται από βιομάζα, για χρήση ως βιοκαύσιμο

στ) «βιο-ETBE (αιθυλοτριτοβουτυλαιθέρας)»: ETBE ο οποίος παράγεται από βιοαιθανόλη. Το κατ'οίκον ποσοστό βιο-ETBE το οποίο υπολογίζεται ως βιοκαύσιμο ανέρχεται σε 47%

ζ) «βιο-MTBE (μεθυλοτριτοβουτυλαιθέρας)»: καύσιμο το οποίο παράγεται από βιομεθανόλη. Το κατ'οίκον ποσοστό βιο-MTBE, το οποίο υπολογίζεται ως βιοκαύσιμο ανέρχεται σε 36%

η) «συνθετικά βιοκαύσιμα»: συνθετικοί υδρογονάνθρακες ή μείγματα συνθετικών υδρογονανθρακών που έχουν παραχθεί από βιομάζα

θ) «βιοϋδρογόνο»: υδρογόνο το οποίο παράγεται από βιομάζα ή/και από το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα αποβλήτων για χρήση ως βιοκαύσιμο

ι) «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 [Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2003]

Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία θα εργαστούμε με τα δύο πρώτα (α & β) είδη βιοκαυσίμων.

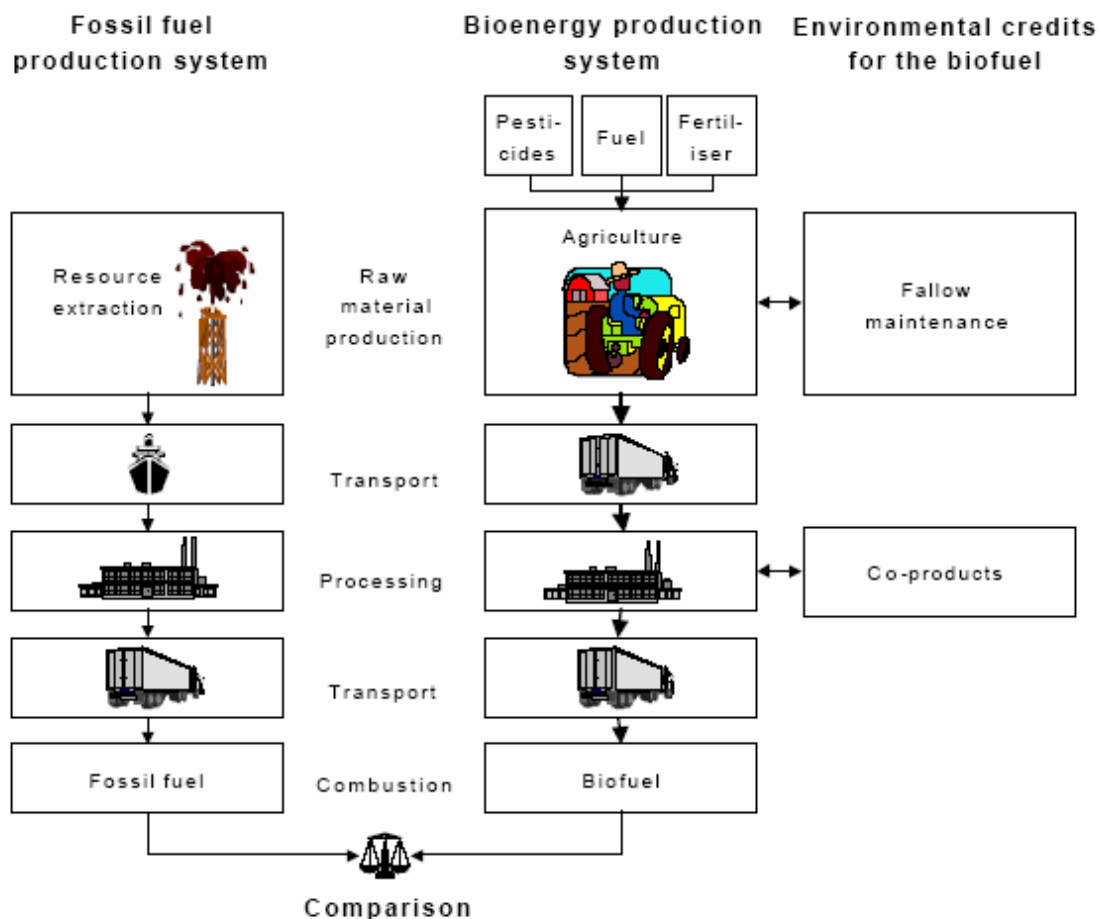
#### **1.4 ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΑ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ**

Αν και δεν υπάρχει ακόμα πρακτική εμπειρία στην παραγωγή βιοκαυσίμων, η Ελλάδα έχει ήδη κάνει μια μεγάλη προσπάθεια και έρευνα στο θέμα αυτό, συγκεκριμένα στον τομέα της βιοαιθανόλης παραγόμενη από συμβατικούς σπόρους όπως καλαμπόκι και σίτο ή από φυτείες ενεργειακών φυτών όπως γλυκό σόργο και σόργο ινών, των υγρών βιοκαυσίμων παραγόμενα από δασικά και γεωργικά υπολείμματα καθώς επίσης και από ενεργειακά φυτά μέσω της διεργασίας της πυρόλυσης και τέλος του βιοντίζελ παραγόμενο από ηλίανθο και συναπόσπορο. Πολλά πειράματα διενεργήθηκαν για την εξέταση της παραγωγής και των ενεργειακών απαιτήσεων διαφόρων πρώτων υλών κάτω από διαφορετικές συνθήκες άρδευσης, λίπανσης κτλ. καθώς επίσης έχει πραγματοποιηθεί οικονομική εκτίμηση της παραγωγής βιοαιθανόλης από καλαμπόκι. Επιπλέον έχει γίνει μελέτη για την δυνατότητα εφαρμογής βιο-πετρελαίου παραγόμενο από πυρόλυση, σε μηχανές πετρελαίου, σε λέβητες σε φούρνους και σε στρόβιλους αερίων. [Πανούτσου Κ., 2002]

#### **1.5 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η αξιολόγηση της ‘καθαρότητας’ των βιοκαυσίμων και πιο συγκεκριμένα της βιοαιθανόλης και του βιοντίζελ. Η ‘καθαρότητα’ εκτιμάται στο σύνολο του κύκλου ζωής τους και επιτυγχάνεται με τις χαμηλές απαιτήσεις ενέργειας στην παραγωγή, τις μικρές εκπομπές ρυπαντικών φορτίων και υπολειμμάτων καθώς επίσης και την ενεργειακή αποδοτικότητα αυτών. Αυτό επιτυγχάνεται με την ανάλυση κύκλου ζωής των παραπάνω βιοκαυσίμων. Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) είναι ένα εργαλείο εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων

που συνδέονται με κάποιο προϊόν, μια διεργασία ή μια δραστηριότητα, προσδιορίζοντας και ποσοτικοποιώντας την ενέργεια και τα υλικά που χρησιμοποιούνται, καθώς και τα απόβλητα που απελευθερώνονται στο περιβάλλον. Η ΑΚΖ πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του προγράμματος GEMIS και έχει σημείο αναφοράς και σύγκρισης τα συμβατικά καύσιμα.



**Εικόνα 4:** Συγκρινόμενη απλοποιημένη παρουσίαση της ανάλυσης κύκλου ζωής της βιοαιθανόλης με ορυκτά καύσιμα (J. Calzonid, et al., 2000)

Σύμφωνα λοιπόν με το πρόγραμμα GEMIS με το οποίο θα πραγματοποιήσουμε την ΑΚΖ της βιοαιθανόλης και του βιοντίζελ σε σύγκριση με τα συμβατικά καύσιμα, μπορούμε να εξάγουμε χρήσιμα συμπεράσματα για τα περιβαλλοντικά οφέλη και τις

περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τα βιοκαύσιμα, να γίνει οικονομική εκτίμηση της παραγωγής και σύγκριση μεταξύ αυτών. Με αυτά τα αποτελέσματα θα σταθεί δυνατόν να επιλέξουμε την ευνοϊκότερη οικονομικά και περιβαλλοντικά λύση.

## 1.6 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Αναλυτικά η δομή της εργασίας έχει ως εξής :

Στο Κεφάλαιο 1, μαζί με κάποια εισαγωγικά στοιχεία, ορίζεται η έννοια και τα χαρακτηριστικά της βιομάζας καθώς επίσης παρουσιάζεται εκτενής κατάλογος των βιοκαυσίμων.

Στο Κεφάλαιο 2, μαζί με κάποια εισαγωγικά στοιχεία, παρουσιάζονται συνοπτικά οι κυριότερες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας σε ενέργεια καθώς επίσης και οι βασικές εφαρμογές της βιομάζας. Γίνεται έπειτα εκτενής περιγραφή της βιοαιθανόλης και του βιοντίζελ. Τέλος παρουσιάζεται η χρήση των βιοκαυσίμων στην Ευρώπη καθώς επίσης και οι ελληνικές προσπάθειες που έχουν γίνει γύρω από τα βιοκαύσιμα και κυρίως γύρω από τη βιοαιθανόλη και το βιοντίζελ.

Το Κεφάλαιο 3 είναι η καρδιά της εργασίας. Αρχικά ορίζεται η έννοια της ανάλυσης κύκλου ζωής (AKZ). Παρουσιάζεται επίσης ένας εκτενής κατάλογος μοντέλων που σχετίζονται με την AKZ της βιομάζας. Η περιγραφή είναι συνοπτική, αλλά συνολικά, αποδίδεται μια χαρακτηριστική εικόνα για την πολυεπίπεδη αναζήτηση των όρων της βέλτιστης αξιοποίησης της βιομάζας. Έπειτα περιγράφεται το πρόγραμμα GEMIS που επιλέχτηκε για την AKZ της βιοαιθανόλης και του βιοντίζελ σε σύγκριση με τον κύκλο ζωής των συμβατικών καυσίμων. Τέλος παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε με βάση το παραπάνω πρόγραμμα.

Στο Κεφάλαιο 4, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή του προγράμματος GEMIS στην AKZ της βιοαιθανόλης και του βιοντίζελ.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 5 συνοψίζονται τα σημαντικότερα συμπεράσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των ζητημάτων που εξετάστηκαν σε αυτήν την εργασία, καθώς επίσης και προτάσεις για το μέλλον.



---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### 2

---

## *ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ - ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ ΚΑΙ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ*

### **2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Ως βιομάζα, όπως προαναφέρθηκε, ορίζεται οποιοδήποτε υλικό προέρχεται από ζωντανούς οργανισμούς (όπως είναι το ξύλο και άλλα προϊόντα του δάσους, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων κ.α) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας.

Η ενέργεια που είναι δεσμευμένη στις φυτικές ουσίες προέρχεται από τον ήλιο. Με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα. 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 γιατί στην πραγματικότητα είναι αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια που δεσμεύτηκε από τα φυτά κατά τη φωτοσύνθεση.

Η βιομάζα είναι η πιο παλιά και διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Ο πρωτόγονος άνθρωπος, για να ζεσταθεί και να μαγειρέψει, χρησιμοποίησε την ενέργεια (θερμότητα) που προερχόταν από την καύση των ξύλων, που είναι ένα είδος βιομάζας.[[www.cres.gr](http://www.cres.gr)]

Η χρήση της βιομάζας, η οποία αποτέλεσε το πρώτο χρησιμοποιούμενο από τον άνθρωπο καύσιμο, καλύπτει περίπου το 4% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται στις ΗΠΑ και το 45% των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Οι αντίστοιχες τιμές της ΕΕ είναι 3% και 68% , ενώ αυτές της Ελλάδας είναι 3,3% και 50%, αντίστοιχα (2000).[Calzoni J., et al., 2000]

Τα γεωργικά υπολείμματα, αναγόμενα σε ζωικά (π.χ. κοπριά) και φυτικά, όπως άχυρο, υπολείμματα από καλλιέργειες ρυζιού, σακχαροκαλάμων, καλαμποκιού, σόγιας αλλά και καρυδιών και άλλων καρπών αποτελούν μία πλούσια ενεργειακή πηγή.

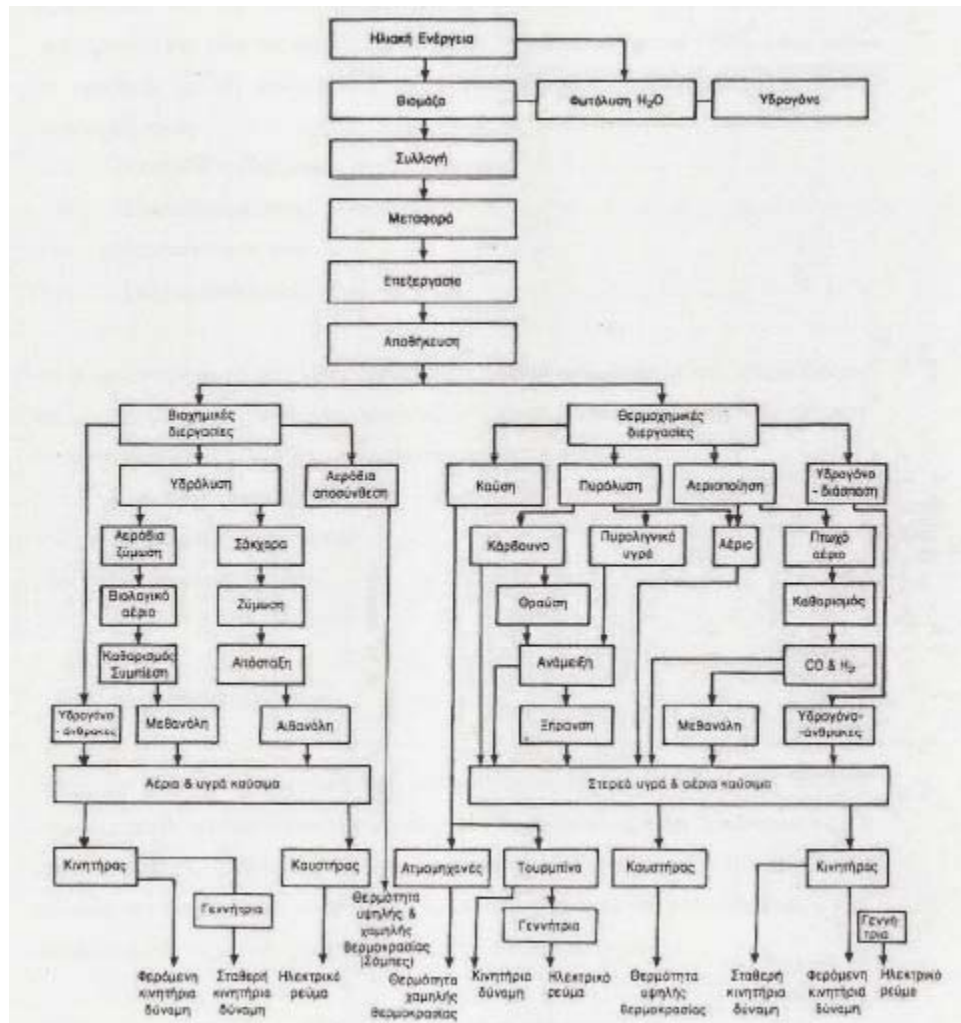
Ποσότητες από τα υπολείμματα αυτά μπορούν να αξιοποιηθούν ενεργειακά παράγοντας θερμότητα ικανή να καλύψει τις ανάγκες μικρών αγροτικών, βιομηχανικών και βιοτεχνικών μονάδων ή για τηλεθέρμανση κτιρίων.

Σε δάση που υποαξιοποιούνται είτε λόγω έλλειψης ζήτησης ξύλου καινοτόμων διαδικασιών και προϊόντων, όπως τα ενεργειακά προϊόντα, είτε λόγω γεωγραφικής απομόνωσης και υψηλού κόστους μεταφοράς του ξύλου, μπορεί να γίνει εκμετάλλευση για παραγωγή ενέργειας. Το δυναμικό βιομάζας σε αυτές τις περιπτώσεις περιλαμβάνει τη βιομάζα του κορμόξυλου και των υπολειμμάτων συγκομιδής.

Οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι σύγχρονη πηγή βιομάζας. Περιλαμβάνουν όλα τα μονοετή ή πολυετή φυτά που καλλιεργούνται με σκοπό να χρησιμοποιηθεί η παραγόμενη βιομάζα για την παραγωγή καυσίμων. Οι σημαντικότερες από αυτές είναι το σόργο, γλυκό και ινώδες, η ελαιοκράμβη, οι σπόροι μουστάρδας, τα καλάμια και οι λόχμες, ο μίσχανθος και ο ευκάλυπτος. Στην Ελλάδα, η σημαντικότερη ετήσια ενεργειακή καλλιέργεια είναι το γλυκό σόργο το οποίο μπορεί άνετα να αποδώσει μέχρι και ένα τόνο βιοαιθανόλη το στρέμμα.[Κωτσόπουλος Θ., et al]

## **2.2 ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΕ ΕΝΕΡΓΕΙΑ**

Η βιομάζα μετασχηματίζεται με πολλούς τρόπους όπως φαίνεται και από το διάγραμμα 1, μετατρέπόμενη σε στερεά, υγρά και αέρια καύσιμα, ηλεκτρισμό και θερμότητα.



**Διάγραμμα 1:** Διεργασίες μετατροπής βιομάζας σε ενέργεια (Αποστολάκης et al, 1987)

Οι μέθοδοι μετατροπής της βιομάζας σε ενέργεια διακρίνονται στις θερμοχημικές ή αλλιώς ξηρές μεθόδους και σε βιομηχανικές ή αλλιώς υγρές μεθόδους. Η σχέση C/N και η υγρασία των υπολειμμάτων καθορίζουν την επιλογή της μεθόδου.

Συγκεκριμένα, στις θερμοχημικές μεθόδους λαμβάνουν χώρα αντιδράσεις οι οποίες εξαρτώνται από τη θερμοκρασία για διαφορετικές συνθήκες οξείδωσης και αναφέρονται στα είδη της βιομάζας με σχέση  $C/N > 30$  και υγρασία  $< 50\%$ , όπως είναι τα προϊόντα και τα υπολείμματα της κυτταρίνης. Στις θερμοχημικές διεργασίες περιλαμβάνονται :

- i. Η πυρόλυση ( θέρμανση απουσία αέρα)
- ii. Η απευθείας καύση
- iii. Η αεριοποίηση και
- iv. Η υδρογονοδιάσπαση

Οι βιοχημικές διεργασίες είναι αποτέλεσμα μικροβιακής δράσης και εφαρμόζονται σε υπολείμματα και προϊόντα λαχανικών, που εμφανίζουν σχέση C/N<30 και υγρασία>50% και σε αυτές περιλαμβάνονται :

- i. Η αερόβια ζύμωση
- ii. Η αναερόβια ζύμωση και
- iii. Η αλκοολική ζύμωση

### 2.2.1 Πυρόλυση

Κατά την πυρόλυση η φυτική ύλη αποσυντίθεται λόγω θέρμανσης και παράγει απουσία αέρα, πτωχό αέριο και πυρολιγνιτικά υγρά όπως είναι η ξυλόπισσα και ο ξυλάνθρακας ως υπόλειμμα. Η ενεργειακή μετατροπή αγγίζει το 90% και για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της διαδικασίας απαιτούνται 10% του αερίου που παράγεται. Με τη μέθοδο αυτή παράγονται τρία είδη προϊόντων.

Το βιοαέριο σε ποσοστό 60%, το οποίο αποτελείται από αέρια που παρήχθησαν και δεν συμπυκνώνονται και που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας, με θερμαντική αξία 3.200-4.500 Btu/lb.

Το βιοάνθρακα σε ποσοστό 20%, ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση με θερμαντική αξία 22-33 MJ/kg. Οι ενεργειακές απαιτήσεις της διαδικασίας κυμαίνονται στο 5-6% της συνολικά παραγόμενης ενέργειας.

Το βιοέλαιο σε ποσοστό 20%, το οποίο παρουσιάζει θερμογόνο δύναμη 20-30 MJ/kg.

### 2.2.2 Καύση

Η καύση είναι η πιο απλή από τις θερμοχημικές διεργασίες και σε θερμοκρασίες της τάξης των 1.000-1.500<sup>0</sup>C δίνει θερμότητα η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για

κίνηση και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Πέρα από τη δασική βιομάζα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για καύση γεωργικά υποπροϊόντα όπως άχυρο, καλάμια, κλαδοδέματα και φυσικά υπολείμματα ξύλου που έχουν υποστεί βιομηχανική επεξεργασία.

Κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμαντική αξία είναι το ποσοστό υγρασίας που περιέχουν και ο τρόπος καύσης. Η απόδοση είναι σχετικά χαμηλή με την χρήση σε τζάκια να αγγίζει το 5-20% και σε βιομηχανικές εστίες το 40%. Όμως, η ανάπτυξη της τεχνολογίας καύσης αλλά και των ίδιων των καυσίμων καθιστούν πλέον την καύση αποδοτική και αξιόπιστη.

### **2.2.3 Αεριοποίηση**

Η αεριοποίηση είναι μια διεργασία που ακολουθεί αυτή της πυρόλυσης και συντελεί στην ενεργειακή μετατροπή της βιομάζας σε αέριο και διαχωρίζονται σε δύο περιπτώσεις.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται αέρας, παρουσιάζονται μεγάλες ποσότητες αζώτου και το μίγμα των αερίων που παράγεται έχει θερμαντική ισχύ  $1.700 \text{ kcal/m}^3$ . Το αέριο αυτό ονομάζεται φτωχό και αποδίδει κατά την καύση του μηχανική ενέργεια.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται οξυγόνο, δεν παρουσιάζεται άζωτο στο μίγμα των παραγόμενων αερίων και η θερμαντική ισχύς ανέρχεται στις  $2.950 \text{ kcal/m}^3$ . Αν χρησιμοποιηθεί ατμός σε θερμοκρασία  $1.000^\circ\text{C}$  αυξάνεται αρκετά η θερμαντική αξία των αερίων αλλά και το ποσοστό υδρογόνου και μονοξειδίου του άνθρακα.

### **2.2.4 Ανθρακοποίηση-Υγροποίηση**

Η διεργασία της ανθρακοποίησης στοχεύει στην δημιουργία ξυλάνθρακα μέσω του εμπλουτισμού του προϊόντος σε άνθρακα και την απομάκρυνση των υπόλοιπων υγρών και στερεών συστατικών του. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η θερμαντική αξία και η καύση γίνεται καθαρότερη. Η απαιτούμενη θερμοκρασία είναι  $300-600^\circ\text{C}$  και η διάρκεια εξαρτάται από την υγρασία και το είδος του ξύλου. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η θερμαντική αξία κυμαίνεται μεταξύ  $5.500-8.000 \text{ kcal/kg}$ , για 60-80% περιεκτικότητα σε άνθρακα.

Η διεργασία της υγροποίησης αποσκοπεί στη δημιουργία υγρών καυσίμων υψηλής θερμαντικής αξίας. Οι δύο βασικές κατηγορίες μεθόδων είναι :

- i. Υγροποίηση με ταχεία πυρόλυση
- ii. Υγροποίηση με καταλυτική υδρογονόλυση σε υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις.

Με την πρώτη μέθοδο παράγεται ξυλάνθρακας θερμαντικής αξίας 7800-8200 kcal/kg και λάδι θερμαντικής αξίας 6800-7800 kcal/kg, ενώ με τη δεύτερη παράγεται μόνο λάδι θερμαντικής αξίας 8300-8900 kcal/kg.

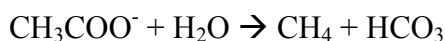
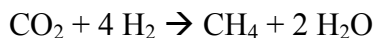
### **2.2.5 Αλκοολική ζύμωση**

Η αλκοολική ζύμωση αποσκοπεί στην παραγωγή αιθανόλης από τα αγροτικά και δασικά προϊόντα και υποπροϊόντα, που συνήθως είναι φτηνά, διότι μένουν ανεκμετάλλευτα. Η αιθανόλη αρχικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρόσθετο βενζίνης με μια αναλογία βενζίνης - αιθανόλης 20%. Για την πλήρη υποκατάσταση της βενζίνης από αλκοόλη απαιτούνται ορισμένες αλλαγές στους κινητήρες.

Η διεργασία συνίσταται στην υδρόλυση με χρήση θειϊκού οξέος ή ενζύμων, για να παραχθούν γλυκόζη και ξυλόζη. Τα σάκχαρα αυτά ζυμώνονται και παράγεται αιθανόλη, ενώ ως υπόλειμμα σε ποσοστό 20-30% της υδρόλυσης είναι η λιγνίνη, από την οποία μπορεί να παραχθεί ενέργεια με άμεση καύση ή πυρόλυση. Στην Ελλάδα που υπάρχουν μεγάλες ποσότητες λιγνίτη, μπορεί να παραχθεί με χαμηλό κόστος μεθανόλη η οποία μπορεί επίσης να αποτελέσει καύσιμο αυτοκινήτων. Τέλος εξελισσόμενα τα αλκοολούχα καύσιμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν αμιγή (απόλυτη αιθανόλη και μείγματα νερού και αιθανόλης / μεθανόλης).

### 2.2.6 Μεθανική ζύμωση

Η διεργασία αυτή οδηγεί στη μετατροπή της βιομάζας σε μεθάνιο, πράγμα το οποίο συμβαίνει σε διάφορα στάδια μετατροπής της ανόργανης ύλης. Χάρη σε ένα σύστημα μικροοργανισμών οι οργανικές ενώσεις μετατρέπονται σε οργανικά οξέα υδρογόνου και διοξειδίου του άνθρακα. Μικροοργανισμοί και πάλι μετατρέπουν τα οργανικά οξέα σε οξικό οξύ και μετά της αποκαρβοξυλίωσης σε μεθάνιο. Επομένως, ως τελικές αντιδράσεις της διαδικασίας μπορούν να θεωρηθούν η υδρογόνωση του διοξειδίου του άνθρακα σε μεθάνιο και η πρωτονίωση της μεθυλικής ομάδας των οξικών σε μεθάνιο όπως φαίνεται ακολούθως :

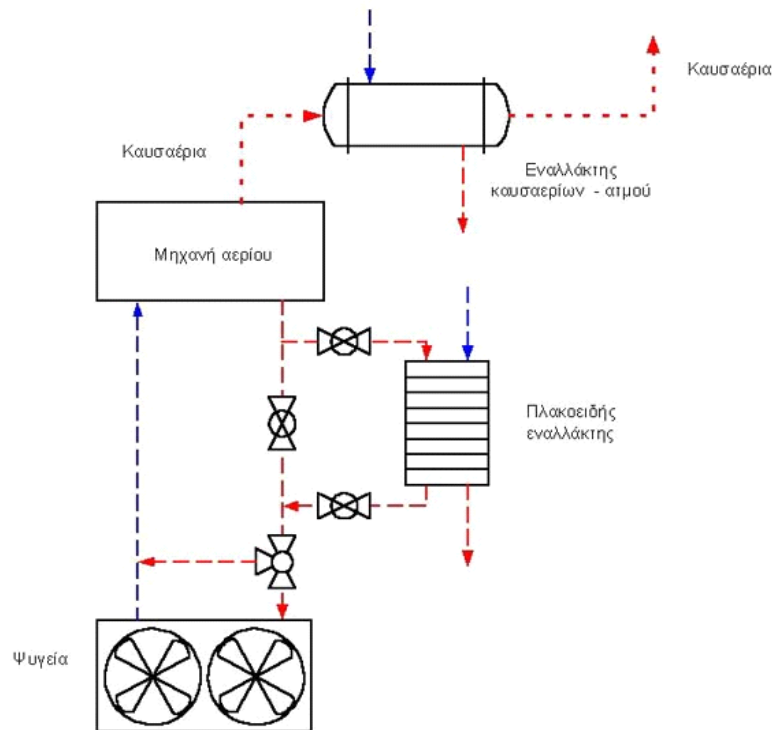


Πέρα από την αερόβια ζύμωση μελετάται και η αναερόβια ζύμωση με την οποία η κυτταρίνη μετατρέπεται σε μεθάνιο, αφού χάρη σε μείγμα μικροοργανισμών παρέχεται αρχικά υδρογόνο, διοξείδιο του άνθρακα και πτητικά λιπαρά οξέα, τα οποία με τη σειρά τους μετατρέπονται σε  $\text{CH}_3\text{COOH}$  και εν συνεχεία παράγεται μεθάνιο. [Κουλουμπής Β., 2004]]

## 2.3.ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

**2.3.1. Συμπαγωγή ηλεκτρισμού - θερμότητας για κάλυψη των αναγκών θέρμανσης - ψύξης - ηλεκτρισμού σε γεωργικές βιομηχανίες**

Η συμπαραγωγή ηλεκτρισμού – θερμότητας είναι η ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από την ίδια ποσότητα καυσίμου με σημαντικά μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης από την ανεξάρτητη παραγωγή καθεμιάς από τις ανωτέρω μορφές ενέργειας. Ο μεγαλύτερος βαθμός απόδοσης της συγκεκριμένης εφαρμογής σημαίνει κατανάλωση μικρότερης ποσότητας καυσίμων για την παραγωγή της ίδιας ποσότητας ενέργειας με σημαντικά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη.



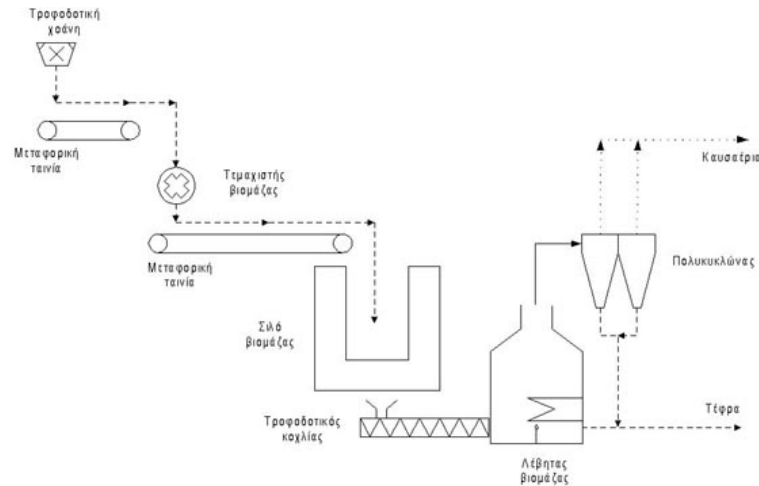
Εικόνα 5: Μονάδα Συμπαραγωγής (Κωτσόπουλος Θ. et al)

### 2.3.2. Θέρμανση θερμοκηπίων

Η αξιοποίηση της βιομάζας σε μονάδες παραγωγής θερμότητας για τη θέρμανση θερμοκηπίων, αποτελεί μια καλή πρόταση για την μείωση του κόστους παραγωγής των θερμοκηπιακών προϊόντων. Στο 10% της συνολικής επιφάνειας των θερμοκηπίων στη χώρα μας, έχουν εγκατασταθεί λέβητες βιομάζας με χρήση πυρηνόξυλου, άχυρου και άλλων φυτικών υπολειμμάτων ως καύσιμης ύλης. Κατά την καύση της βιομάζας, η δεσμευμένη ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική, ενώ το CO<sub>2</sub> (που δεσμεύεται για



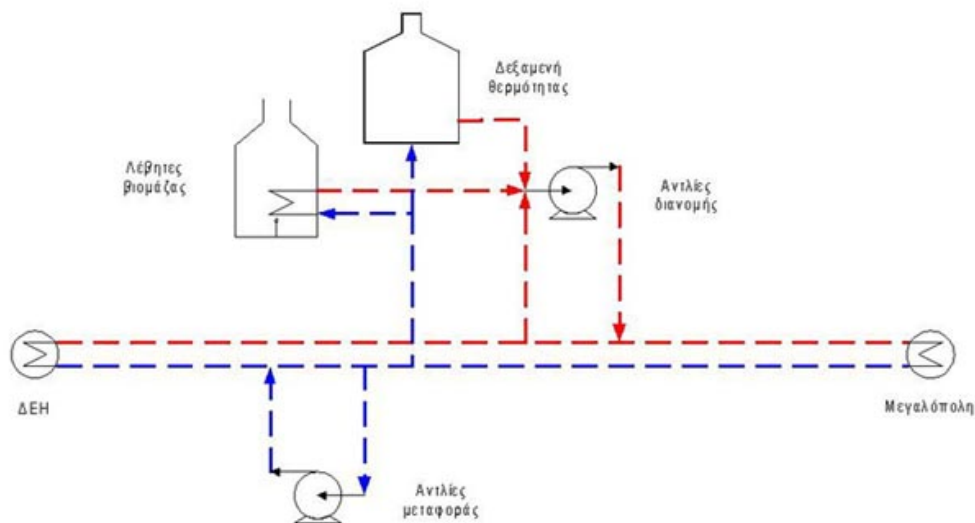
την παραγωγή της) επιστρέφει στην ατμόσφαιρα. Τα ανόργανα στοιχεία που περιέχονται στην τέφρα εμπλουτίζουν το έδαφος με θρεπτικά στοιχεία.



**Εικόνα 6:** Λέβητας Βιομάζας (Κωτσόπουλος Θ. et al)

### 2.3.3. Τηλεθέρμανση

Η τηλεθέρμανση (ή η τηλεψύξη) είναι η εφαρμογή μεθόδων κεντρικής παραγωγής θερμότητας (ή ψύξης) και η διανομή της (συνήθως με την μορφή ζεστού ή ψυχρού νερού) για θέρμανση ή ψύξη σε κατοικίες ή άλλες εφαρμογές. Η θερμότητα μεταφέρεται με προ-μονωμένο δίκτυο αγωγών από το σταθμό προς τα θερμαινόμενα κτίρια. Τα πλεονεκτήματα των τεχνολογιών αυτών είναι τόσο περιβαλλοντικά τα οποία σχετίζονται με τον καλύτερο και ευκολότερο έλεγχο της καύσης που γίνεται σε κεντρικό επίπεδο όσο και ενεργειακά καθώς η κεντρική παραγωγή ενέργειας είναι δυνατή με πλήθος τεχνολογιών και καυσίμων, μεταξύ των οποίων ιδιαίτερα σημαντική θέση κατέχει η βιομάζα.



**Εικόνα 7:** Ενδεικτικό διάγραμμα τηλεθέρμανσης από σταθμό ηλεκτροπαραγωγής  
(Κωτσόπουλος Θ. et al)

Η εφαρμογή της τηλεθέρμανσης συντελεί στην ενίσχυση της τοπικής οικονομίας τόσο με την παροχή φθηνότερης θέρμανσης όσο και με τη δυνατότητα αξιοποίησης της τοπικής βιομάζας. Παράλληλα δίνεται η δυνατότητα σε ιδιώτες να επενδύσουν στην κατασκευή σταθμών παραγωγής για παροχή τηλεθέρμανσης σε ανταγωνιστικές τιμές.

### 2.3.4. Ενεργειακές καλλιέργειες

Οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι παραδοσιακές καλλιέργειες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων είτε φυτά που δεν καλλιεργούνται, προς το παρόν, εμπορικά όπως ο μίσχανθος, η αγριαγκινάρα και το καλάμι που το τελικό προϊόν τους προορίζεται για την παραγωγή ενέργειας και βιοκαυσίμων. Οι ενεργειακές καλλιέργειες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες οι οποίες είναι:

- ♦ **Ετήσιες:** σακχαρούχο ή γλυκό σόργο ( *Sorghum bicolor* L . Moench ), ινώδες σόργο ( *Sorghum bicolor* L . Moench ), κενάφ ( *Hibiscus cannabinus* L .), ελαιοκράμβη ( *Brassica napus* L .), βρασσική η αιθίοπια ( *Brassica carinata* L . Braun ).
- ♦ **Πολυετείς:**
  - i. **Γεωργικές :** Αγριαγκινάρα ( *Cynara cardunculus* ), καλάμι ( *Arundo donax* L.), μίσχανθος ( *Miscanthus x giganteus*), switchgrass ( *Panicum virgatum*)
  - ii. **Δασικές :** Ευκάλυπτος ( *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. & *E. globulus* Labill.), ψευδακακία ( *Robinia pseudoacacia* ).

Οι ενεργειακές καλλιέργειες μπορούν να δώσουν καύσιμη ύλη και για τις άλλες εφαρμογές της βιομάζας όπως αναφέρθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους.

### 2.3.5. Βιοκαύσιμα

Καλλιέργειες που είτε περιέχουν άμυλο σαν κύριο συστατικό, όπως οι πατάτες και το καλαμπόκι, εφόσον υδρολυθούν, και μετατραπεί το περιεχόμενο άμυλο σε σάκχαρο, ή καλλιέργειες σακχαροκαλάμων, με κατάλληλη διεργασία (αναερόβια βιολογική) μετατρέπουν το περιεχόμενο σάκχαρο σε αλκοόλη και αποδίδουν τελικά αιθανόλη. Η βιοαιθανόλη που προκύπτει μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις μεταφορές, σε μηχανές εσωτερικής καύσης είτε άμεσα σε κατάλληλα τροποποιημένες μηχανές είτε έμμεσα με τη χρήση μιγμάτων αυτής με βενζίνη κατά 10%- 20%, δίχως μετατροπή του κινητήρα. Βιοκαύσιμα, επίσης εξάγονται από στελέχη φυτών συνηθισμένων καλλιεργειών στον Ελλαδικό χώρο, όπως το βαμβάκι, ο ηλίανθος, ο καπνός, δημητριακά και καλαμπόκι.

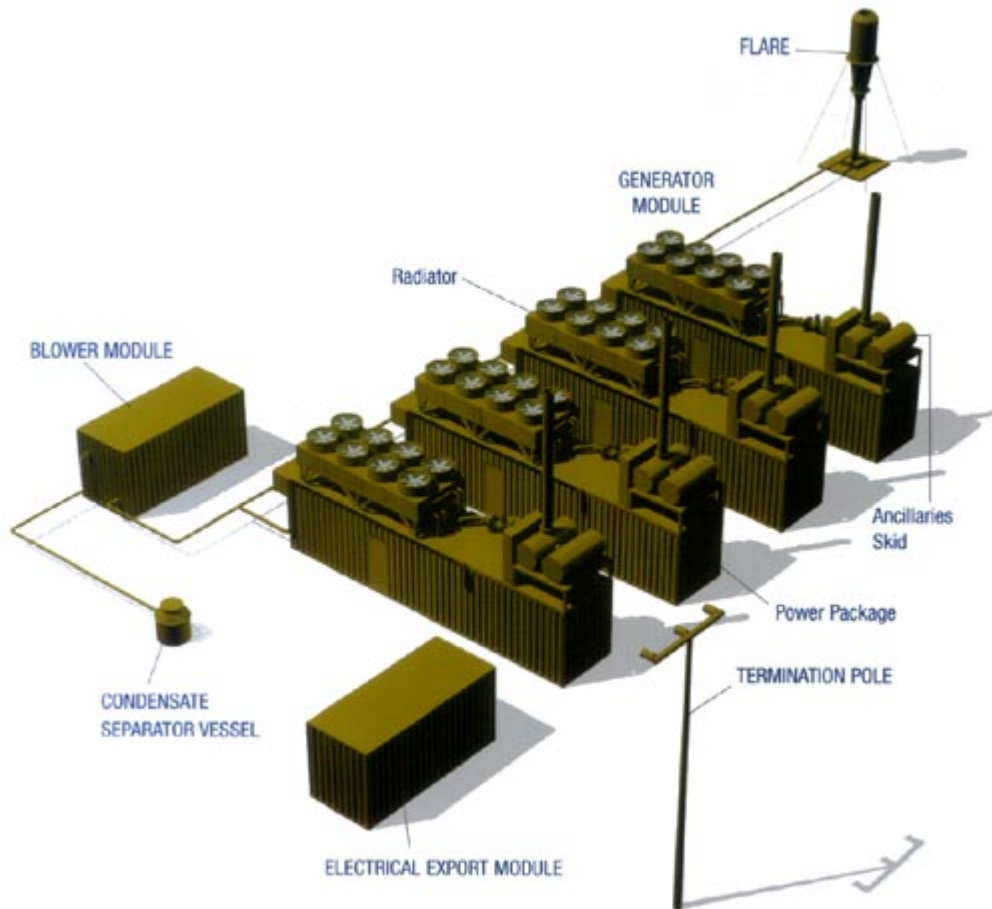
Όπως αναφέρθηκε οι ενεργειακές καλλιέργειες συνεισφέρουν σημαντικά στην παραγωγή βιοκαυσίμων.

Η μείωση του κόστους μεταφοράς της βιομάζας και κατά συνέπεια της ενέργειας που θα παραχθεί προϋποθέτουν τη δημιουργία μονάδων δύλισης βιομάζας σε μικρή απόσταση από την πηγή και άρα συντελούν στην ανάπτυξη της αγροτικής περιοχής .

### 2.3.6 Διαχείριση των ζωικών λυμάτων με σύγχρονες βιοτεχνολογικές μεθόδους

#### *( i ) Αναερόβια επεξεργασία ζωικών λυμάτων- Παραγωγή βιοαερίου*

Το βιοαέριο, παράγεται από την αναερόβια χώνευση κτηνοτροφικών κυρίως αποβλήτων (λύματα από χοιροστάσια, βουστάσια). Αποτελείται από 65% CH<sub>4</sub> και 35% CO<sub>2</sub> και μπορεί να αξιοποιηθεί ενεργειακά, μέσω της τροφοδοσίας του σε μηχανές εσωτερικής καύσης, σε καυστήρες αερίου ή σε αεροστρόβιλο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας.



**Εικόνα 8:** Ενδεικτικό διάγραμμα εγκατάστασης αξιοποίησης βιοαερίου  
(Κωτσόπουλος Θ. et al)

Το βιοαέριο, με την κατάλληλη επεξεργασία και αναβάθμιση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως καύσιμο μεταφορών, με ιδιαίτερα ανταγωνιστική τιμή. Στη Σουηδία ήδη αρκετά οχήματα κινούνται με μεθάνιο και λειτουργούν σταθμοί διανομής βιοαερίου. Παράλληλα, το αναβαθμισμένο βιοαέριο μπορεί να διοχετευθεί στο δίκτυο του φυσικού αερίου, όπως πλέον γίνεται στην Ολλανδία, τη Σουηδία και την Ελβετία και να χρησιμοποιηθεί για ηλεκτρική και θερμική ενέργεια. Πειραματικά χρησιμοποιείται και για παραγωγή  $H_2$ , τροφοδοτώντας κυψέλες καυσίμου (fuel cells).

Η ανάπτυξη και εγκατάσταση τεχνολογιών βιοαερίου, αποτελεί μία εναλλακτική λύση με σημαντικά πλεονεκτήματα, καθώς προσφέρει περιβαλλοντικά φιλική ενέργεια και ταυτόχρονα επιλύει το συνεχώς διογκούμενο πρόβλημα της διάθεσης των λυμάτων. Ένα άλλο σημαντικό οικονομικό όφελος αποτελεί η παραγωγή προϊόντος κατάλληλου για ζωοτροφή, ως υποκατάστατου του βαμβακάλευρου, που προέρχεται από την αποξήρανση του επεξεργασμένου αναερόβια υλικού σε θερμοκρασία 65 °C. Με το προϊόν αυτό παρέχονται στα ζώα πρωτεΐνες και υποκαθιστούνται άλλες ζωοτροφές.

### **( ii ) Παραγωγή υδρογόνου**

Το υδρογόνο έχει χαρακτηριστεί από πολλούς ως το καύσιμο του μέλλοντος και όχι άδικα, εξαιτίας της υψηλής ενεργειακής του αξίας (162 kJ/g), και του ότι είναι καθαρό καύσιμο, η καύση του παράγει μόνο νερό, σε αντίθεση με τα οργανικά καύσιμα που παράγουν και CO<sub>2</sub> (υπεύθυνο για το φαινόμενο του θερμοκηπίου).

Προς το παρόν το υδρογόνο παράγεται κυρίως από πετρελαϊκούς υδρογονάνθρακες, με αποτέλεσμα η παραγωγή του να έχει αυξημένο κόστος. Είναι γνωστό ότι το υδρογόνο αποτελεί ενδιάμεσο προϊόν της αναερόβιας επεξεργασίας των οργανικών ουσιών με τελικό προϊόν την παραγωγή μεθανίου. Πρόσφατα ξεκίνησαν έρευνες στην αναερόβια παραγωγή υδρογόνου χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους διακοπής της μεθανογένεσης ( χαμηλό pH, αναστολείς μεθανογένεσης), το υπόστρωμα που έγιναν οι έρευνες ήταν η γλυκόζη καθώς και οικιακά απόβλητα.

### **( iii ) Κομποστοποίηση**

Η «κομποστοποίηση» είναι μια απλή διαδικασία αξιοποίησης της βιομάζας, με την μετατροπή της σε ενεργό οργανικό λίπασμα. Οργανικά φυσικά υλικά συγκεντρώνονται, τεμαχίζονται και αφήνονται να χωνέψουν (να αποσυντεθούν) με τη βοήθεια των μικροοργανισμών που υπάρχουν παντού στη φύση. Ο τεμαχισμός των υλικών είναι απαραίτητος γιατί α) μειώνεται ο όγκος του υλικού, β) γίνεται δυνατή η ανάμιξη και ο χειρισμός των ετερογενών υλικών και γ) αυξάνεται η δραστική επιφάνεια ώστε η

κομποστοποίηση να είναι πλήρης και να γίνεται στον ελάχιστο χρόνο (το πολύ 6 μήνες). Η χωνεμένη ώριμη κομπόστα είναι φορέας γονιμότητας, ασύγκριτα καλύτερη ακόμα και από την τύρφη ως βελτιωτικό του εδάφους. Με τη χρήση της κομπόστας:

- ♦ Αξιοποιούμε πολύτιμη οργανική ύλη για την μακροπρόθεσμη αύξηση της γονιμότητας των εδαφών.
- ♦ Επειδή αποφεύγεται η καύση των υπολειμμάτων, μειώνεται ο κίνδυνος των πυρκαγιών και περιορίζεται η ατμοσφαιρική ρύπανση και το πρόβλημα της διάθεσης των οργανικών απορριμμάτων από τις μονάδες ζωικής παραγωγής.
- ♦ Εξοικονομούμε ενέργεια, χρήμα και εργασία (ενεργειακές εισροές), γιατί με τη σωστή εφαρμογή της κομπόστας διευκολύνονται ή περιορίζονται ορισμένες καλλιεργητικές επεμβάσεις όπως βοτανίσματα, σκαλίσματα, άρδευση ενώ παράλληλα πετυχαίνουμε ανώτερη ποιότητα προϊόντων (θρεπτική αξία, γεύση, άρωμα, αντοχή).

Συντελούμε στην προστασία των υπόγειων νερών, των υδάτινων αποδεκτών και της θάλασσας από τον ευτροφισμό και εξοικονομούμε πολύτιμο νερό. [Κωτσόπουλος Θ. et al]

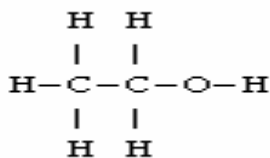
## 2.4 ΜΟΡΦΗ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ

Τα βιοκαύσιμα διαχωρίζονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με την κατάσταση που βρίσκονται. Στα στερεά, στα υγρά και στα αέρια. Στη μορφή των υγρών βιοκαυσίμων περιλαμβάνονται η βιοαιθανόλη, το βιοντίζελ, το υγροποιημένο πετρελαϊκό αέριο (LPG – liquid petroleum gas) και το φυσικό αέριο (υγροποιημένο, LNG – liquid natural gas ή υπό πίεση, CNG– compressed natural gas).

Στην παγκόσμια αγορά, τα υγρά βιοκαύσιμα και κυρίως το βιοντίζελ και η βιοαιθανόλη κυριαρχούν αυτή την περίοδο ως τα πιο τεχνικώς εφικτά και εμπορικά διαθέσιμα εναλλακτικά καύσιμα. Στη παρούσα μελέτη, όπως προαναφέρθηκε, θα ασχοληθούμε αποκλειστικά με την παραγωγή και τη διάθεση των παραπάνω βιοκαυσίμων ως καύσιμα σε μεταφορικά μέσα.

## 2.5 ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ

Η αιθανόλη έγινε γνωστή στην ανθρωπότητα από τα προϊστορικά ακόμη χρόνια σαν κύριο συστατικό των αλκοολούχων ποτών. Η αιθυλική αλκοόλη, γνωστή και ως αιθανόλη, είναι μια εύφλεκτη, άχρωμη χημική ένωση, μία από τις αλκοόλες που βρίσκεται συχνότερα μέσα στα οινοπνευματώδη ποτά. Στην κοινή διάλεκτο, αναφέρεται συχνά και ως οινόπνευμα. Ο χημικός τύπος είναι  $C_2H_5OH$  και η μοριακή δομή είναι



**Σχήμα 1:** Μοριακή Δομή Αιθανόλης

Η καθαρή αιθανόλη έχει σημείο ζέσης  $78,5^{\circ}C$  και σημείο τήξης στους  $-114,5^{\circ}C$  κάνοντας την ιδανική για χρήση σαν συστατικό αντιψυκτικών υγρών. Η πυκνότητά της είναι  $789 \text{ gr/L}$ , η οποία είναι 20% λιγότερη από αυτή του νερού. Είναι εύκολα διαλυτή στο νερό και είναι από μόνη της ένα καλό διαλυτικό και χρησιμοποιείται στα αρώματα και στα χρώματα.

Η αιθανόλη μπορεί να προέλθει από το καλαμπόκι, το σίτο, τα υπολείμματα από πατάτες, τον ορρό γάλακτος των τυριών, το πριονίδι, τα αστικά απόβλητα, τα απόβλητα επεξεργασίας χαρτιού, τα απόβλητα ναυπηγείων, τη μελάσα, τα ζαχαρότευτλα, τα φύκια, τα υπολείμματα τροφίμων και άλλα. Το πετρέλαιο χρησιμοποιείται επίσης για την παραγωγή της συνθετικής αιθανόλης.

Η αιθανόλη, η οποία έχει ίδια χημική σύσταση με τις αλκοόλες που βρίσκονται στα οινοπνευματώδη ποτά, μπορεί να φτάσει έως και 96% καθαρότητα κατ' όγκο κατά την απόσταξη και είναι τόσο καθαρή όσο και το νερό. Αυτό είναι αρκετό για την άμεση καύση της αιθανόλης. Για το συνδυασμό με τη βενζίνη, απαιτείται καθαρότητα από 99,5% έως 99,9%, ανάλογα με τη θερμοκρασία, ώστε να αποφευχθεί ο διαχωρισμός. Αυτές οι τιμές καθαρότητας επιτυγχάνονται με πρόσθετες βιομηχανικές διαδικασίες. Η



αιθανόλη στο νερό είναι ένα αζεοτροπικό μίγμα το οποίο δεν μπορεί να υποστεί καθαρότητα πέρα από 96% με τη διαδικασία της απόσταξης.

Σήμερα, η ευρύτατα χρησιμοποιούμενη μέθοδος καθαρισμού είναι η διεργασία της φυσικής απορρόφησης που χρησιμοποιεί τα μοριακά κόσκινα. Η αιθανόλη είναι εύφλεκτη και η καθαρή αιθανόλη είναι ‘καθαρότερη’ στην καύση σε σχέση με πολλά άλλα καύσιμα. Μπορεί να ειπωθεί ότι από την καύση της αιθανόλης δεν παράγεται καθαρό διοξείδιο του άνθρακα. Όταν καίγεται πλήρως, τα προϊόντα καύσης είναι μόνο το διοξείδιο του άνθρακα και νερό που είναι επίσης τα παραπροϊόντα της αποσύνθεσης των αποβλήτων κυτταρίνης. Παρόλα αυτά, η καθαρή αιθανόλη αντιδρά και διαλύει ορισμένα υλικά όπως λάστιχα και πλαστικά και έτσι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις μη τροποποιημένες μηχανές.

Επιπλέον, η αιθανόλη έχει πολύ έναν υψηλότερο αριθμό οκτανίου από τη συμβατική βενζίνη, περίπου 115, και για το λόγο αυτό απαιτούνται αλλαγές στον ρυθμό συμπίεσης ή το συγχρονισμό σπινθήρων για να λάβει το μέγιστο όφελος. Για να τροποποιήσουμε ένα αυτοκίνητο που τροφοδοτείται με βενζίνη, σε ένα αυτοκίνητο που τροφοδοτείται με καύσιμο καθαρής αιθανόλης, απαιτείται μεγαλύτερη μηχανή. Απαιτείται επίσης ένα κρύο σύστημα εκκίνησης για να εξασφαλιστεί ικανοποιητική εξάτμιση ώστε να μεγιστοποιηθεί η καύση και να ελαχιστοποιεί η μη-καύση της μη-εξατμιζόμενης αιθανόλης. Εάν ένα ποσοστό 10 έως 30% αιθανόλης αναμιγνύεται με τη βενζίνη, δεν απαιτείται καμία τροποποίηση στη μηχανή. Πολλά σύγχρονα αυτοκίνητα μπορούν να χρησιμοποιήσουν το μίγμα .

Το μίγμα το οποίο περιέχει βενζίνη με ανάμιξη αιθανόλης περίπου 10% είναι γνωστό ως βενζινόλη. Εισήχθη σε εθνικό επίπεδο στη Δανία, και το 1989 η Βραζιλία παρήγαγε 12 δισεκατομμύρια λίτρα αιθανόλης από ζαχαροκάλαμα, η οποία χρησιμοποιήθηκε για την ενέργεια 9,2 εκατομμυρίων αυτοκινήτων. Η πιο κοινή παραλλαγή της βενζινόλης είναι το ‘E10’, περιέχοντας 10% αιθανόλη και 90% βενζίνη. Άλλα μίγματα περιλαμβάνουν E5 και E7. Αυτές οι συγκεντρώσεις είναι γενικά ασφαλείς για τις καινούργιες, χωρίς τροποποιήσεις μηχανές αυτοκινήτων, ενώ θα πρέπει να υπάρχει κάποια βεβαίωση από τις περιοχές και τους δήμους ότι τα τοπικά πωλούμενα καύσιμα περιέχουν τα συγκεκριμένα ποσοστά αιθανόλης.

Ένας τρόπος να μετρηθούν τα εναλλακτικά καύσιμα στις ΗΠΑ είναι τα " ισοδύναμα γαλόνια βενζίνης " (GEG). Το 2002, οι ΗΠΑ χρησιμοποίησαν ως καύσιμο ένα ποσό αιθανόλης ίσο με 137 PJ, που ισοδυναμεί με ενέργεια 1,13 δισεκατομμυρίων ισοδύναμων γαλονιών (4.280.000 m<sup>3</sup>) βενζίνης. Αυτό ήταν λιγότερο από το 1% των συνολικών χρησιμοποιούμενων καυσίμων εκείνο το έτος.

Ο όρος "E85" χρησιμοποιείται για ένα μίγμα 15% βενζίνης (κατ' όγκο) και 85% αιθανόλης. Αυτό το μίγμα έχει αριθμό οκτανίου περίπου 105. Αυτός είναι σημαντικά μικρότερος από την καθαρή αιθανόλη αλλά παραμένει πολύ υψηλότερος από την συμβατική βενζίνη. Η προσθήκη ενός μικρού ποσού βενζίνης βοηθά τη μηχανή με την προϋπόθεση της κρύας εκκίνησης. Το E85 δεν περιέχει πάντα την αιθανόλη σε ποσοστό 85%. Το χειμώνα, ειδικά στα πιο κρύα κλίματα, προστίθεται βενζίνη (για να διευκολύνει την κρύα εκκίνηση).

Αρχίζοντας από το έτος 1999, ένας αυξανόμενος αριθμός οχημάτων στον κόσμο κατασκευάζονται με μηχανές που μπορούν να λειτουργούν με οποιοδήποτε μίγμα βενζίνης με αιθανόλη από 0% μέχρι 85% χωρίς τροποποίηση. Πολλά ελαφριά βενζινοκίνητα φορτηγά σχεδιάζονται σαν διπλών καυσίμων ή εύκαμπτα οχήματα καυσίμων, δεδομένου ότι μπορούν αυτόματα να ανιχνεύσουν τον τύπο καυσίμων και να αλλάξουν τη συμπεριφορά της μηχανής, κυρίως την αναλογία αέρα σε καύσιμο και συγχρονισμός ανάφλεξης για να αντισταθμίσουν τα διαφορετικά επίπεδα οκτανίου των καυσίμων στους κυλίνδρους μηχανών.  
[[www.nationmaster.com/encyclopedia/ethanol.htm](http://www.nationmaster.com/encyclopedia/ethanol.htm)]

## 2.6 ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ

Η διεστεροποίηση στα φυτικά έλαια πραγματοποιήθηκε πολλά έτη πριν από τη λειτουργία της πρώτης μηχανής ντίζελ. Στην οργανική χημεία η διεστεροποίηση είναι η διαδικασία ανταλλαγής της αλκοξίνης ομάδας μιας εστερικής ένωσης από αλκοόλη. Αυτή η αντίδραση καταλύεται συχνά με την προσθήκη ενός οξέος ή μιας βάσης. Κατά τη περίοδο του 1920, οι κατασκευαστές των μηχανών ντίζελ τροποποίησαν τις μηχανές ώστε να χρησιμοποιούν το μικρότερο ιξώδες από τα ορυκτά καύσιμα ( πετροντίζελ )

παρά φυτικά έλαια. Οι βιομηχανίες πετρελαίου ήταν σε θέση να το προωθήσουν στις αγορές καυσίμων αφού η παραγωγή αυτών των καυσίμων ήταν πολύ φθηνότερη από ότι τα εναλλακτικά καύσιμα από βιομάζα. Το αποτέλεσμα ήταν ότι για πολλά έτη υπήρξε περιορισμός στην υποδομή παραγωγής καυσίμων από βιομάζα. Μόνο πρόσφατα λόγω της ανησυχίας για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και μείωσης του κόστους παραγωγής των βιοκαυσίμων, το βιοντίζελ έγινε μια σημαντική εναλλακτική λύση. Το 1990, η Γαλλία προώθησε την τοπική παραγωγή του βιοντίζελ (γνωστό τοπικά και ως διεστέρας), που λήφθηκε με την διεστεροποίηση συναπόσπορων.

Το βιοντίζελ είναι ένα διαυγές κίτρινο υγρό με παρόμοιο ιξώδες με το πετροντίζελ (όρος βιομηχανίας για το ντίζελ που παράγεται από πετρέλαιο). Ένα μεγάλο μέρος του κόσμου χρησιμοποιεί ένα σύστημα γνωστό ως 'παράγοντας BD' ή 'B' για να δηλώνει το ποσοστό βιοντίζελ σε οποιοδήποτε μίγμα καυσίμων, σε αντίθεση με το σύστημα 'E' που χρησιμοποιείται για μίγματα βιοαιθανόλης.

Τα διεθνή πρότυπα για το βιοντίζελ είναι ISO 14214. Οι ΗΠΑ χρησιμοποιούν το διεθνές τυποποιημένο ASTM, ενώ στη Γερμανία οι απαιτήσεις για το βιοντίζελ καθορίζονται από τα πρότυπα DIN. Υπάρχουν πρότυπα για τρεις διαφορετικές ποικιλίες του βιοντίζελ:

- ♦ RME (μεθυλικός εστέρας συναπόσπορων, από τα προϊόντα συναπόσπορου, σύμφωνα με το DIN E 51606)
- ♦ PME (φυτικός μεθυλικός εστέρας, από καθαρώς φυτικά προϊόντα, σύμφωνα με το DIN E 51606)
- ♦ FME (λιπίδια μεθυλικού εστέρα, από φυτικά και ζωικά προϊόντα, σύμφωνα με το DIN V 51606)

Τα πρότυπα βεβαιώνουν ότι οι ακόλουθοι σημαντικοί παράγοντες στη διαδικασία παραγωγής καυσίμων είναι ικανοποιητικοί:

- ♦ Πλήρης αντίδραση
- ♦ Αφαίρεση γλυκερίνης
- ♦ Αφαίρεση του καταλύτη
- ♦ Αφαίρεση της αλκοόλης

- ♦ Απουσία ελεύθερων λιπαρών οξέων

Οι βασικές βιομηχανικές δοκιμές για να ελεγχθεί εάν το προϊόν ανταποκρίνεται στα πρότυπα περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά, αέρια χρωματογραφία που ελέγχει μόνο τη σημαντικότερη των ανωτέρω μεταβλητών. Πληρέστερες δοκιμές έχουν μεγαλύτερο κόστος. Τα καύσιμα που ανταποκρίνονται στα ποιοτικά πρότυπα είναι μη τοξικά, με μια εκτίμηση τοξικότητας (LD50) μεγαλύτερου από 50 ml/kg. Αυτό μεταφράζεται σε κατανάλωση πάνω από 3 λίτρα από ένα άτομο με μέσο βάρος 60 kg για να προκαλέσει το θάνατο στο 50% των περιπτώσεων. Το κοινό συμπέρασμα είναι ότι αυτό καθιστά το βιοντίζελ δέκα φορές λιγότερο τοξικό από το επιτραπέζιο αλάτι. Το βιοντίζελ μπορεί να αναμιχθεί με το πετρέλαιο κίνησης σε οποιαδήποτε συγκέντρωση στις περισσότερες σύγχρονες μηχανές, παρόλο που έχει το μειονέκτημα να φθείρει ταχύτερα τμήματα κινητήρων σε παλαιότερα οχήματα (μοντέλα πριν από το 1992). Το βιοντίζελ είναι καλύτερος διαλύτης από το πετροντίζελ και ήταν γνωστό για την ικανότητά του να διασπά τις εναποθέσεις υπολειμμάτων στα σωληνάκια καυσίμων των οχημάτων τα οποία χρησιμοποιούν πετρέλαιο για την κίνησή τους. Τα φίλτρα καυσίμων μπορούν να φράξουν με σωματίδια εάν γίνει μια απότομη μετάβαση σε καθαρό βιοντίζελ, ενώ από την άλλη το βιοντίζελ μέσω της χρήσης του καθαρίζει τη μηχανή.

Τα περιβαλλοντικά οφέλη σε σύγκριση με καύσιμα βασισμένα στο πετρέλαιο περιλαμβάνουν:

- ♦ Το βιοντίζελ μειώνει τις εκπομπές CO περίπου 50% και CO<sub>2</sub> κατά 78,45% σε καθαρή βάση επειδή ο άνθρακας στις εκπομπές βιοντίζελ ανακυκλώνεται από τον άνθρακα που ήταν ήδη στην ατμόσφαιρα, παρά την ύπαρξη νέου άνθρακα από το πετρέλαιο που διαχωρίστηκε στη γήινη επιφάνεια.
- ♦ Το βιοντίζελ περιέχει λιγότερους αρωματικούς υδρογονάνθρακες Benzofluoranthene: μείωση 56%, Benzopyrenes: μείωση 71%.
- ♦ Αποβάλλει επίσης εκπομπές θείου (SO<sub>2</sub>), επειδή το βιοντίζελ δεν περιέχει θείο.
- ♦ Το βιοντίζελ μειώνει τουλάχιστον 65% τις εκπομπές στερεών σωματιδίων (μικρά μόρια των στερεών προϊόντων καύσης).

- ♦ Το βιοντίζελ παράγει περισσότερα οξείδια του αζώτου από το πετροντίζελ μέσω της χρήσης καταλυτών. Τα οχήματα που χρησιμοποιούν πετροντίζελ συνήθως δεν έχουν καταλυτικούς μετατροπείς επειδή η περιεκτικότητα σε θείο στα καύσιμα τους, τους καταστρέφει, αλλά το βιοντίζελ δεν περιέχει θείο. Η αύξηση των οξειδίων του αζώτου μπορεί επίσης να οφείλεται στην υψηλότερη περιεκτικότητα σε δεκαεξάνιο του βιοντίζελ. Οι κατάλληλα σχεδιασμένοι και ρυθμισμένοι κινητήρες μπορούν να αποτρέψουν αυτήν την αύξηση.
- ♦ Έχει υψηλότερη περιεκτικότητα δεκαεξανίων από το πετροντίζελ, και επομένως αναφλέγεται γρηγορότερα όταν ψεκάζεται στη μηχανή.

Το καθαρό βιοντίζελ (BD100 ή B100) μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιοδήποτε κινητήρα ντίζελ, αν και χρησιμοποιείται συχνότερα σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις. Σε ορισμένες περιοχές έχουν προωθήσει την ανάπτυξη πετρελαίου χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, το οποίο μειώνει το φυσικό ιξώδες και την λιπαντικότητα των καυσίμων επειδή το θείο και ορισμένα άλλα υλικά έχουν απομακρυνθεί. Απαιτούνται πρόσθετες ουσίες για καλύτερη ροή στους κινητήρες, και το βιοντίζελ είναι μια δημοφιλής εναλλακτική λύση. Περιεκτικότητες χαμηλές έως 2% (BD2 ή B2) έχει αποδειχθεί ότι αποκαθιστούν την λίπανση. Επίσης, χώρες όπως η ΗΠΑ, έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούν βιοντίζελ 5% (BD5 ή B5) στον εξοπλισμό απομάκρυνσης χιονιού καθώς και σε άλλα συστήματα.

Δεδομένου ότι το βιοντίζελ χρησιμοποιείται συχνότερα σε ένα μίγμα με το πετρέλαιο, υπάρχουν λιγότερες πληροφορίες και επίσημες μελέτες για τα αποτελέσματα της εφαρμογής του καθαρού βιοντίζελ σε μη τροποποιημένους κινητήρες και οχήματα σε πραγματικές συνθήκες χρήσης. Τα καθαρά βιοντίζελ δεν ανταποκρίνεται στα πρότυπα και τα εξαρτήματα μηχανών δεν μπορούν να αντέξουν τη μεγαλύτερη καταπόνησή του πάνω στον κινητήρα. Παρόλα αυτά έχουν αναφερθεί και περιπτώσεις, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς πρόσθετα προβλήματα αντί του πετρελαίου κίνησης.

Το σημείο πήξης του βιοντίζελ ποικίλλει ανάλογα με το ποσοστό των διαφορετικών τύπων εστέρων που περιέχει. Εντούτοις, το βιοντίζελ συμπεριλαμβανομένου αυτού που γίνεται από σογιέλαιο έχει υψηλότερο σημείο πήξης

και εξάτμισης από το πετρέλαιο. Στην πράξη αυτό απαιτεί συχνά τη θέρμανση των δεξαμενών αποθήκευσης, ειδικά σε πιο ψυχρά κλίματα

Μία ποικιλία βιολιπιδίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοντίζελ. Σε αυτά περιλαμβάνονται :

- Έλαια τροφίμων, συναπόσπορος και σογιέλαιο είναι τα συνηθέστερα, εν τούτοις άλλες καλλιέργειες όπως μουστάρδα, φοινικέλαιο, κάνναβη και ακόμα και τα άγλη υπόσχονται πολλά.
- Χρησιμοποιημένα φυτικά έλαια
- Ζωικά λίπη συμπεριλαμβανομένων ζωικού λίπους, λαρδί και κίτρινο λίπος .

Πολλοί συνηγορούν ότι τα υπολείμματα φυτικών ελαίων είναι η καλύτερη πηγή ελαίων για την παραγωγή βιοντίζελ. Εντούτοις, τα αποθέματα είναι δραστικά λιγότερα από τις ποσότητες καυσίμων βασισμένων στο πετρέλαιο που καταναλώνονται στον τομέα των μεταφορών και της θέρμανσης οικιών ανά τον κόσμο. Σύμφωνα με την υπηρεσία προστασίας του περιβάλλοντος των ΗΠΑ (EPA), τα εστιατόρια στις ΗΠΑ παράγουν περίπου 300 εκατομμύρια γαλόνια χρησιμοποιημένων μαγειρικών ελαίων ετησίως. Αν και είναι οικονομικά κερδοφόρο να χρησιμοποιούνται φυτικά έλαια για να παραγωγή βιοντίζελ, είναι ακόμα πιο κερδοφόρο να μετατραπούν τα φυτικά έλαια σε άλλα προϊόντα όπως σαπούνι. Ως εκ τούτου, τα περισσότερα φυτικά έλαια που δεν πετιούνται σε χωματερές χρησιμοποιούνται για διάφορους άλλους λόγους. Τα ζωικά λίπη είναι ομοίως περιορισμένα στον ανεφοδιασμό, και δεν θα ήταν αποδοτικό να ανατραφούν τα ζώα απλά για το λίπος τους. Εντούτοις, η παραγωγή του βιοντίζελ με το ζωικό λίπος που ειδήλλως θα είχε απορριφθεί θα μπορούσε να αντικαταστήσει ένα μικρό ποσοστό της χρήσης πετρελαίου. Μια σημαντική εναλλακτική λύση είναι δέντρο *Jatropha*, το οποίο παρέχει σημαντική ποσότητα καυσίμου στην Ινδία και βοηθάει στις προσπάθειες αποκατάστασης στην Ταϊλάνδη και το Μπαγκλαντές.

Το εκτιμώμενο καύσιμο για θέρμανση οικιών και μεταφορά που χρησιμοποιείται στις Ηνωμένες Πολιτείες ανέρχεται σε 230.000 εκατομμύριο γαλόνια (Briggs, 2004). Τα απόβλητα φυτικών ελαίων και τα ζωικά λίπη δεν θα ήταν αρκετά να ικανοποιήσουν

αυτήν την ζήτηση. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, η κατ' εκτίμηση παραγωγή του φυτικού ελαίου για όλες τις χρήσεις είναι περίπου 23.600 εκατομμύρια λίβρες (12.000.000 ts) ή 3.000 εκατομμύρια αμερικανικά γαλόνια (11.000.000 m<sup>3</sup>), και η κατ' εκτίμηση παραγωγή του ζωικού λίπους είναι 11.638 εκατομμύρια λίβρες (5.000.000 ts) (Van Gerpen, 2004).

Για μία πραγματικά ανανεώσιμη πηγή ελαίων, συγκομιδές ή άλλες παρόμοιες καλλιεργήσιμες πηγές θα έπρεπε να ληφθούν υπόψη. Τα φυτά χρησιμοποιούν τη φωτοσύνθεση για τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε χημική. Είναι αυτή η χημική ενέργεια που το βιοντίζελ αποθηκεύει και απελευθερώνει όταν καίγεται. Επομένως τα φυτά προσφέρουν μια βιώσιμη πηγή φυτικών ελαίων για την παραγωγή βιοντίζελ. Τα διάφορα φυτά παράγουν φυτικά έλαια σε διαφορετικές ποσότητες.

Η παραγωγή άλγης για την παραγωγή ελαίων για βιοντίζελ δεν έχει αναπτυχθεί σε μια εμπορική κλίμακα, αλλά οι μελέτες σκοπιμότητας εργασίας έχουν πραγματοποιηθεί για να βελτιστοποιήσουν τις αποδόσεις. Οι ειδικά βελτιωμένες ποικιλίες μουςτάρδας μπορούν να παράγουν υψηλές παραγωγές ελαίων, και να έχουν το προστιθέμενο όφελος από τα υπολείμματα που απομένουν αφότου έχει εξαχθεί το έλαιο, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αποτελεσματικά και βιοδιασπάσιμα φυτοφάρμακα. Υπάρχει σε εξέλιξη έρευνα για την εύρεση καταλληλότερων συγκομιδών και τη βελτίωση της παραγωγής ελαίων. Μεγάλες εκτάσεις θα έπρεπε να δεσμευθούν για την παραγωγή ικανοποιητικής ποσότητας ελαίων για να αντικαταστήσουν εντελώς τη χρήση ορυκτών καυσίμων.

Τα σογιέλαια δεν είναι μια πολύ αποδοτική συγκομιδή για την παραγωγή βιοντίζελ, αλλά η ευρεία χρήση τους στις Ηνωμένες Πολιτείες στα τρόφιμα έχει οδηγήσει το σογιέλαιο να αποτελεί την κύρια πηγή για βιοντίζελ στη χώρα αυτή. Οι παραγωγοί σόγιας πιέζουν για την αύξηση της αποδοχής του βιοντίζελ παραγόμενο από σογιέλαιο επεκτείνοντας την αγορά για το προϊόν. Στην Ευρώπη, ο συναπόσπορος είναι τα πιο διαδεδομένο έλαιο για την παραγωγή βιοντίζελ. [  
[www.nationmaster.com/encyclopedia/biodiesel.htm](http://www.nationmaster.com/encyclopedia/biodiesel.htm)]

## 2.7 ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

Οι εξελίξεις στην Ευρώπη τα τελευταία χρόνια οδήγησαν πολλές ευρωπαϊκές χώρες στην εφαρμογή διαφόρων τύπων βιοκαυσίμων στον τομέα των μεταφορών. Η αιθανόλη πρωτοεισήχθη στη Γαλλία, σαν καύσιμο κίνησης αναμεμιγμένο σε περιορισμένες ποσότητες με βενζίνη. Σήμερα συναντάμε συνεχώς αυξανόμενη τη χρήση της με τη μορφή ETBE σε ανάμιξη με το πετρέλαιο. Επιπλέον στη Σουηδία γίνεται προσπάθεια μετατροπής των λεωφορείων με σκοπό να χρησιμοποιούν ως καύσιμο κίνησης την αιθανόλη, ενώ το μέτρο προωθείται και σε άλλες κατηγορίες οχημάτων όπως βαρέα οχήματα μεταφορών και οχήματα ιδιωτικής χρήσης.

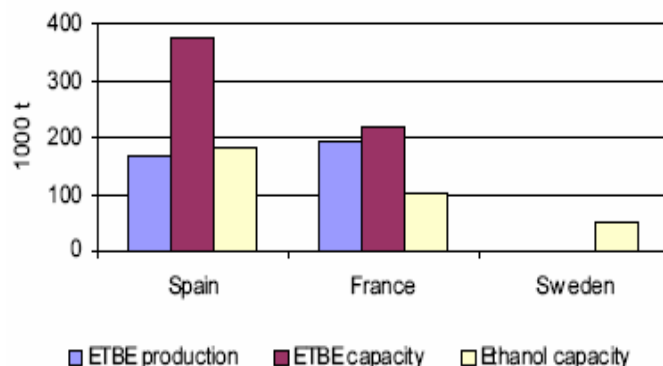
Όσον αφορά τον τομέα της παραγωγής, η Γαλλία κυριαρχεί με 90.000 ts αιθανόλης, που αντιπροσωπεύει παραγωγή 192.500 ts ETBE το 2002. Ωστόσο η Ισπανία δεν απέχει πολύ με την παραγωγή 80.000 ts αιθανόλης. Επιπλέον η Ισπανία αύξησε τη παραγωγική ικανότητα αιθανόλης και ETBE με την κατασκευή μιας καινούργιας μονάδας παραγωγής αιθανόλης και δύο μονάδων παραγωγής ETBE. Η παραγωγή της Σουηδίας ανέρχεται σε 45.000 ts αιθανόλης.

Χώρα	Παραγωγή αιθανόλης	Παραγωγή ETBE	Δυνατότητα παραγωγής αιθανόλης	Δυνατότητα παραγωγής ETBE	Αριθμός μονάδων αιθανόλης	Αριθμός μονάδων ETBE	Σχεδιαζόμενη επέκταση
Γαλλία	90.500	192.500	102.940	219.000	13	3	73.000+82.000 (2 ETBE μονάδες)
Ισπανία	80.000	170.000	180.000	375.000	2	5	160.000t αιθανόλης
Σουηδία	50.000	-	60.000	-	1	-	1 μονάδα αιθανόλης
Συνολικά	220.500	362.500	342.940	594.000	16	8	

**Πίνακας 1:** Παραγωγή βιοαιθανόλης και ETBE με βάση το σιτάρι, το κριθάρι και το ζαχαρότευτλο στην Ευρώπη το έτος 2002 (σε ts/yr). (ADEME, 2003)



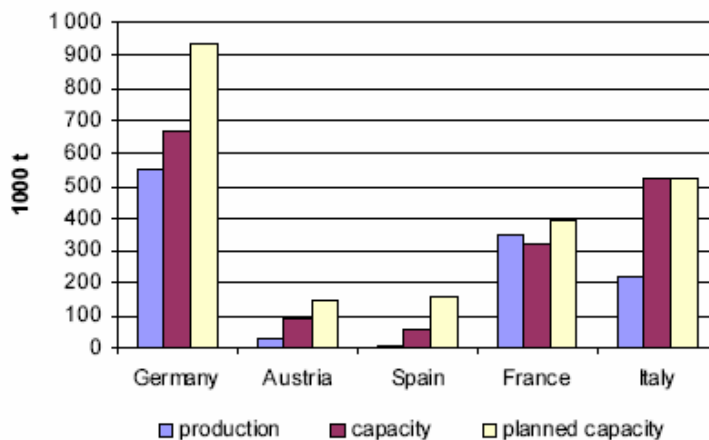
Η Γαλλία χάρη σε δύο νέα προγράμματα θα αυξήσει την παραγωγή της κατά 155.000 tn ETBE, ενώ στην Ισπανία κατασκευάζεται η μεγαλύτερη μονάδα παραγωγής αιθανόλης στην Ευρώπη παραγωγικής ικανότητας 340.000 ts/yr.



**Πίνακας 5:** Παραγωγή βιοαιθανόλης και ETBE στις ευρωπαϊκές χώρες το έτος 2002 και η συνολική παραγωγική ικανότητα αυτών (ADEME, 2003)

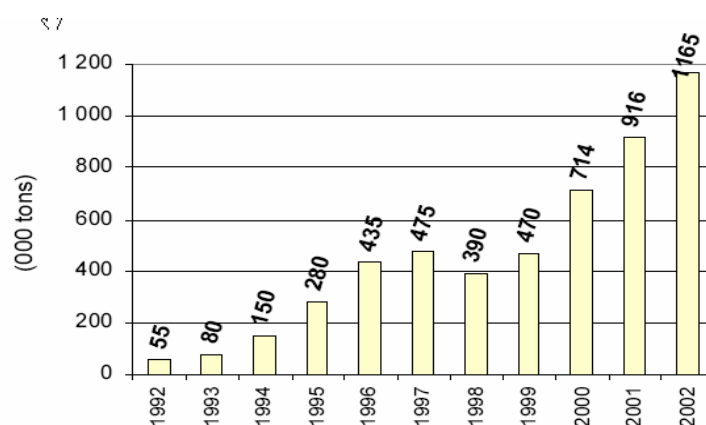
Η Γερμανία και η Αυστρία είναι οι μόνες χώρες που έχουν επιλέξει τη χρήση του βιοντίζελ ως καθαρό καύσιμο. Το βιοντίζελ χρησιμοποιείται επίσης για την παραγωγή θερμικής ενέργειας και η Ιταλία καταναλώνει το 90% της παραγωγής.

Από το 1992, η παραγωγή του βιοντίζελ βάση του συναπόσπορου και του ηλίανθου αυξήθηκε κατακόρυφα. Ενώ στις αρχές το βιοντίζελ συνδεόταν μόνο με γεωργικές εφαρμογές, τα τελευταία χρόνια λόγω της επικράτησης περιβαλλοντικών και ενεργειακών ανησυχιών άρχισε να χρησιμοποιείται και σε άλλους τομείς. Η εκτίμηση για τη συνολική παραγωγή στην Ευρώπη το έτος 2002 ανερχόταν σε 1,1 εκατομμύρια ts.



**Πίνακας 2:** Παραγωγή βιοντίζελ στις ευρωπαϊκές χώρες το έτος 2002 και μελλοντική προβλεπόμενη εξέλιξη (ADEME, 2003)

Η Γερμανία κατέχει την πρώτη θέση στην παραγωγή βιοντίζελ με ποσοστό 50% και ακολουθούν, η Γαλλία με ποσοστό με 30%, η Ιταλία με 20% ενώ η Αυστρία και η Ισπανία εισήλθαν μόλις τα τελευταία χρόνια στην ομάδα των ευρωπαίων παραγωγών βιοντίζελ. Στο Βέλγιο εφαρμοζόταν επίσης η παραγωγή βιοντίζελ, αλλά τα τελευταία χρόνια ανεστάλλει κυρίως λόγω οικονομικών προβλημάτων. Παρόλα αυτά διατηρεί ακόμα παραγωγική ικανότητα μερικών χιλιάδων τόννων ανά έτος, χωρίς ωστόσο να προβλέπονται νέες επενδύσεις.



**Πίνακας 3:** Εξέλιξη παραγωγής βιοντίζελ στην Ευρώπη από το 1992 (ADEME, 2003)

Σε σχέση με τις εγκαταστάσεις παραγωγής βιοντίζελ, υπάρχουν 39 μονάδες παραγωγής στις πέντε χώρες που αναφέρθηκαν παραπάνω και μία επιπλέον στη Σουηδία. Η συνολική δυνατότητα παραγωγής βιοντίζελ εκτιμάται στο 1,8 εκατομμύρια ts το χρόνο. Επιπλέον, πρέπει να αναφερθεί ότι η Τσέχικη Δημοκρατία παράγει 50.000 ts/yr βιοντίζελ με βάση το συναπόσπορο.

Υπάρχει γενικά μια αυξητική τάση στον τομέα της παραγωγής, με την κατασκευή νέων εγκαταστάσεων. Στη Γερμανία οι νέες εγκαταστάσεις που βρίσκονται υπό κατασκευή αντιπροσωπεύουν μία αύξηση της παραγωγικής ικανότητας, της τάξης των 270.000 ts/yr. Μια ανάλογη αύξηση αναμένεται στη Γαλλία, της τάξης των 70.000 ts/yr, ενώ στην Ιταλία προωθείται τριετές πρόγραμμα βελτίωσης παραγωγής που θα επιτρέψει την αύξηση της παραγωγής από 125.000 ts/yr σε 300.000 ts/yr. Τέλος στην Ισπανία ανακοινώθηκαν τέσσερα νέα προγράμματα παραγωγής βιοντίζελ χρησιμοποιώντας ως πρώτη ύλη το συναπόσπορο και χρησιμοποιημένα έλαια. [ADEME, 2003]

Χώρα	Παραγωγή	Δυνατότητα παραγωγής	Αριθμός μονάδων	Σχεδιαζόμενη επέκταση
Αυστρία	30.000	95.000	8	25.000
Βέλγιο	0	100.000	2	-
Γαλλία	350.000	320.000	4	70.000
Γερμανία	550.000	670.000	14	270.000
Ιταλία	220.000	520.000	8	-
Ισπανία	5.000	55.000	2	105.000
Σουηδία	10.000	30.000	1	
Συνολικά	1.165.000	1.790.000	39	470.000

**Πίνακας 4:** Παραγωγή βιοντίζελ από συναπόσπορο και ηλίανθο στην Ευρώπη το 2002 (ts/yr) (ADEME, 2003)

## 2.8 ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η Οδηγία 2003/30/EK της Ευρωπαϊκής Επιτροπής στοχεύει στην προαγωγή της χρήσης βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων προς αντικατάσταση του πετρελαίου ντίζελ ή της βενζίνης στις μεταφορές σε κάθε κράτος μέλος. Η Οδηγία καθορίζει τιμή αναφοράς για τους στόχους αυτούς έως τις 31/12/2005 το 2% βάση του

ενεργειακού περιεχομένου επί του συνόλου της βενζίνης και του πετρελαίου ντίζελ που διατίθενται προς χρήση στις μεταφορές. Έως τις 31/12/2010 το ποσοστό αυτό θα πρέπει να έχει ανέλθει σε 5,75%. [Εθνική έκθεση για βιοκαύσιμα, 2004]

Ενδεικτικές ποσότητες καυσίμων που καταναλώνονται στην Ευρώπη σήμερα και το 2010 καθώς και οι αντίστοιχες ποσότητες βιοκαυσίμων που υποχρεούται το κάθε Κράτος Μέλος να καταναλώνει φαίνονται στον πίνακα 5 που ακολουθεί :

	2005		2010	
	Συνολικά	2%	Συνολικά	5,75%
Ολικά καύσιμα	40.317	806	44.514	2.560
Ντίζελ	19.773	395	24.877	1.430
Βενζίνη	20.545	411	19.636	1.129

**Πίνακας 5:** Εκτιμώμενη κατανάλωση καυσίμων για το 2005 και 2010 και στόχοι της Ε.Ε για την αντικατάσταση αυτών από βιοκαύσιμα (σε χιλιάδες τόνους - kts).

Με σκοπό την ενσωμάτωση της εν λόγω Οδηγίας στο εθνικό δίκαιο μέχρι τις 31/12/2004, έτσι ώστε τα βιοκαύσιμα ή άλλα ανανεώσιμα καύσιμα να εισαχθούν στην ελληνική αγορά καυσίμων μεταφορών, η αρμόδια διεύθυνση ανανεώσιμων πηγών και εξοικονόμησης ενέργειας του Υπουργείου Ανάπτυξης συνεπικουρούμενη από το εργαστήριο καυσίμων και λιπαντικών του Εθνικού Μετσόβειου Πολυτεχνείου και το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας ξεκίνησε σειρά επαφών με όλους τους εγχώρια εμπλεκόμενους στον τομέα καυσίμων/βιοκαυσίμων, καθώς και τη Γενική Διεύθυνση Ενέργειας και Μεταφορών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, αλλά και ειδικούς στον τομέα βιοκαυσίμων από διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες.

Τα κύρια σημεία που προέκυψαν από τη παραπάνω διαδικασία είναι ότι μεταξύ των πιθανών βιοκαυσίμων που απαριθμούνται στην Οδηγία, τα προσφορότερα για την Ελλάδα είναι το βιοντίζελ και η βιοαιθανόλη. Πιο συγκεκριμένα το βιοντίζελ δεν παρουσιάζει τεχνικές δυσχέρειες κατά την διαχείρισή του, οπότε μπορεί να διατεθεί χωρίς προβλήματα μέσω της υπάρχουσας υποδομής της αγοράς ντίζελ κίνησης. Σε πρώτη φάση θα αναμιγνύεται στα διύλιστήρια με το ντίζελ κίνησης σε ποσοστό μέχρι 5%

κατ' όγκο (όπως προβλέπει ο υπό θέσπιση τεχνικός κανονισμός EM 590:2004) και θα διατίθεται από το υπάρχον κανάλι διανομής ντίζελ κίνησης.

Αντίθετα η βιοαιθανόλη παρουσιάζει τεχνικές δυσχέρειες όταν αναμιγνύεται με βενζίνη, οι σημαντικότερες των οποίων είναι ο διαχωρισμός παρουσία νερού υπό ψυχρές συνθήκες και η υψηλή τάση ατμών ειδικά στις βενζίνες θερινών προδιαγραφών. Για το λόγο αυτό προκρίνεται η μετατροπή εντός των διύλιστηρίων της βιοαιθανόλης σε ETBE (Ethyl Tertiary Butyl Ether) και η χρήση του τελευταίου ως συστατικό ανάμιξης στις βενζίνες. Το ποσοστό ανάμιξης ETBE σε βενζίνη μπορεί να ανέλθει μέχρι 15% κατ' όγκο, ενώ για την βιοαιθανόλη το ποσοστό αυτό ανέρχεται μέχρι 5% κατ' όγκο.

Η μετατροπή βιοαιθανόλης σε ETBE μπορεί να πραγματοποιηθεί και στις υπάρχουσες μονάδες παραγωγής των διύλιστηρίων μετά από ελάχιστες τροποποιήσεις αυτών. Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται ευρέως σε Ισπανία, Ιταλία, Γαλλία και άλλες Ευρωπαϊκές χώρες.

Οι καταναλώσεις καυσίμων κίνησης στην Ελλάδα για το έτος 2002 ανήλθαν σε 1.925.000 ts για το ντίζελ κίνησης και 3.492.000 ts για τη βενζίνη. Από την ανάλυση παλινδρόμησης εκτιμήθηκαν οι καταναλώσεις ντίζελ κίνησης για την περίοδο 2005 - 2010, με βάση τις οποίες προέκυψε ότι η ποσότητα βιοντίζελ που απαιτείται για να καλύψει τον ενδεικτικό στόχο του 2% για το έτος 2005 ανέρχεται σε 47.000 ts, ενώ για τον ενδεικτικό στόχο 5.75% η αντίστοιχη ποσότητα ανέρχεται σε 148.000 ts. Αντίστοιχα οι καταναλώσεις βενζίνης για την ίδια περίοδο, με βάση της οποίας προέκυψε η ποσότητα βιοαιθανόλης που απαιτείται για την Ελλάδα για το έτος 2005 ανέρχεται σε 120.000 ts, ενώ για το έτος 2010 ανέρχεται σε 390.000 ts.

Δύο εργοστάσια παραγωγής βιοντίζελ κατασκευάζονται στη χώρα, από τα οποία το ένα από την εταιρεία ΕΛΒΥ.Α.Ε. στο Κιλκίς με ετήσια δυναμικότητα 40.000 ts και το δεύτερο από την εταιρεία ΕΛΙΝΟΙΑ Α.Ε. στο Βόλο με ίδια ετήσια δυναμικότητα.

Επίσης τρεις ακόμα εταιρείες έχουν εκφράσει, μέχρι στιγμής, ενδιαφέρον για την κατασκευή μονάδων παραγωγής βιοντίζελ χαμηλής - μέσης ετήσιας δυναμικότητας (10.000-30.000 ts) σε διάφορα σημεία της χώρας. Επιπροσθέτως, αναμένεται να γίνει και εισαγωγή μικρών ποσοτήτων βιοντίζελ (μέχρι 10.000 ts το 2005).

Μέχρι στιγμής δεν υπάρχει παραγωγή ή εισαγωγή για την παρασκευή βιοαιθανόλης για χρήση ως καυσίμου μεταφορών, παρά μόνο για την παρασκευή αλκοολούχων ποτών.

Για να αποφευχθούν απόπειρες νόθευσης της (κατά πάσα πιθανότητα αφορολόγητης) βιοαιθανόλης κίνησης με τη φθηνότερη χημικά παραγόμενη αιθανόλη, η διαφορά των οποίων είναι πολύ δύσκολο να ανιχνευθεί ειδικά σε μίγματα με βενζίνη, προκρίνεται η λύση της ιχνηθέτησης της βιοαιθανόλης με ETBE εντός των μονάδων παραγωγής της όπως εφαρμόζεται στις υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες.

Αναφορικά με την παραγωγική διαδικασία σημειώνεται ότι το βιοντίζελ παράγεται μέσω εστεροποίησης από πρώτες ύλες φυτικά έλαια (αλλά και ζωικά λίπη) και μεθανόλη, από όπου παράγεται και γλυκερίνη ως παραπροϊόν ενώ η βιοαιθανόλη μέσω ζύμωσης από πρώτες ύλες σε υδατάνθρακες. Μεγάλο μέρος των πρώτων υλών που χρησιμοποιούν οι δύο υπό κατασκευή μονάδες παραγωγής βιοντίζελ είναι εισαγόμενα λάδια (κυρίως κραμβέλαιο και σογιέλαιο), ενώ τα εγχώρια λάδια (κυρίως βαμβακέλαιο και χρησιμοποιημένα τηγανέλαια) έχουν μικρότερη συνεισφορά.

Επισημαίνεται ότι στην Ελλάδα σήμερα υπάρχει σημαντικό δυναμικό καλλιεργειών που μπορούν να διατεθούν για την παραγωγή βιοντίζελ όπου σημαντικό ρόλο αναμένεται να παίξουν το ηλιέλαιο και το βαμβακέλαιο καθώς και το κραμβέλαιο (όταν υπάρξει συστηματική εγχώρια καλλιέργεια της ελαιοκράμβης), ενώ το καπνέλαιο και το ντοματέλαιο αποτελούν πολλά υποσχόμενες εναλλακτικές πρώτες ύλες. Για τη βιοαιθανόλη σημαντικό ρόλο αναμένεται να παίξει ο γλυκός σόργος που έχει υψηλότερη στρεμματική απόδοση σε βιοαιθανόλη από το ζαχαρότευτλο και από δοκιμαστικές καλλιέργειες δείχνει να ευδοκιμεί σε όλη τη χώρα.

Για την προώθηση της χρήσης των βιοκαυσίμων, είναι απαραίτητη, σε πρώτη φάση, η αφορολόγησή τους, ώστε να καταστούν ανταγωνιστικά έναντι των ορυκτών καυσίμων δεδομένο ότι έχουμε διπλάσια τιμή ex factory (χωρίς να περιλαμβάνονται φόροι). Κατά συνέπεια διάφορα σενάρια μερικής ή ολικής αφορολόγησης των βιοκαυσίμων πρέπει να εξεταστούν σε συνεργασία με το Υπουργείο Οικονομίας και Οικονομικών, βάσει των κατευθύνσεων της Οδηγίας 2003/30/EK, λαμβανομένης υπόψη και της τελικής τιμής καταναλωτή. Είναι αυτονόητο ότι στην οριστική υιοθέτηση της πολιτικής αφορολόγησης των βιοκαυσίμων πρέπει να συνυπολογιστούν και οι

περιβαλλοντικές, τεχνικοοικονομικές, κοινωνικές και άλλες επιπτώσεις από την εφαρμογή των βιοκαυσίμων στη χώρα.[ Εθνική έκθεση για βιοκαύσιμα, 2004]

## **2.9 ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ**

### **2.9.1 ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ**

Για την παραγωγή βιοντίζελ στην Ελλάδα, εκτός από υπολείμματα ελαίων και συμβατικές καλλιέργειες όπως ηλίανθοι, έχουν δοκιμαστεί και άλλων ειδών καλλιέργειες, όσον αφορά την προσαρμοστικότητα και την παραγωγικότητά τους. [Πανούτσου Κ., 2003]

Πιο συγκεκριμένα, την τελευταία τετραετία, έχουν διεξαχθεί πειράματα σε ποικιλίες της ελαιοκράμβης (*Brassica napus*) και της Βρασικής η Αιθιοπία (*Brassica carinata*). Επιπλέον έχουν εξεταστεί διαφορετικές πρακτικές στην καλλιέργεια, όπως διαφορετική πυκνότητα φυτών, διαφορετικές ημερομηνίες σποράς, σε τρεις περιοχές της Ελλάδας - στην βόρεια Ελλάδα, Κομοτηνή, κεντρικά στην Κωπαΐδα και νότια στην Κρήτη. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων μέχρι τώρα είναι ενθαρρυντικά, αφού και οι δύο ποικιλίες παρουσίασαν καλή προσαρμοστικότητα στις κλιματολογικές και εδαφικές συνθήκες του ελλαδικού χώρου και απέδωσαν υψηλές παραγωγικότητες.

Σε μια προσπάθεια να ερευνηθεί η δυνατότητα παραγωγής βιοντίζελ από πρώτες ύλες που αφθονούν στην Νότια Ευρώπη, αυτή η μελέτη περιελάμβανε δοκιμές στον στόλο της Αθήνας καταναλώνοντας μίγμα από το συμβατικό πετρέλαιο ντίζελ με βιοντίζελ προερχόμενο από ηλιέλαιο, καλαμποκέλαιο, ελαιόλαδο και χρησιμοποιημένα τηγανισμένα λάδια. Από αυτή την έρευνα επιτεύχθηκε για πρώτη φορά η χρήση του βιοντίζελ στην Ελλάδα και κατάφερε να αποδείξει την ελκυστικότητα του καυσίμου σε καθημερινή χρήση ,σε διαφορετικούς τύπους οχημάτων.

Για τον σκοπό του παραπάνω πειράματος, χρησιμοποιήθηκαν εννέα πετρελαιοκίνητα οχήματα: τέσσερα ταξί, δύο φορτηγάκια, ένα mini-bus και ένα επιβατικό όχημα. Κατά τη διάρκεια των δοκιμών όλα τα οχήματα κινήθηκαν στην

ευρύτερη περιοχή των Αθηνών, εκτελώντας τα τυπικά τους δρομολόγια. Τροφοδοτούνταν είτε με το συμβατικό ελληνικό πετρέλαιο, είτε με μίγμα του συμβατικού ελληνικού πετρελαίου με 10% ή 20% βιοντίζελ κατ' όγκο. Το πείραμα περιελάμβανε μετρήσεις κατανάλωσης και μέτρηση των εκπομπών HC, CO, CO<sub>2</sub>, NO και NO<sub>x</sub> σε στασιμότητα και στη μέγιστη ταχύτητα καθώς επίσης και τη μέτρηση της θολότητας καπνού. Σε κάποια οχήματα μετρήθηκε επίσης η επίδραση του βιοντίζελ στον κινητήρα, η επιδείνωση που επιφέρουν τα λιπαντικά μέσω της ανάλυσης αυτών καθώς και οι ιδιότητες καυσίμων.

Η προσθήκη του βιοντίζελ στο κοινό πετρέλαιο κίνησης δεν επηρεάζει την απόδοση των συμβατικών πετρελαιοκινητήρων. Οι τέσσερις τύποι βιοντίζελ που εξετάστηκαν απέδωσαν παρόμοια αποτελέσματα: μειώθηκε η εξαγωγή μαύρου καπνού από την εξάτμιση των οχημάτων, επιλύθηκε ως ένα βαθμό η εκπομπή οξειδίων του αζώτου, δεν επηρέασε σημαντικά το κύκλο ζωής του λιπαντικού του οχήματος και πιθανώς αύξησε ελαφρώς τη φθορά του κινητήρα από τα λιπαντικά έλαια. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι οδηγοί των οχημάτων εξέφρασαν τον ενθουσιασμό τους για το νέο καύσιμο. Δεν αντιλήφθηκαν κάποια αρνητική παρενέργεια στην απόδοση του οχήματος και τόνισαν ότι παρατήρησαν μείωση στις εκπομπές μαύρου καπνού από το όχημα, το οποίο είναι σημαντικό μειονέκτημα για τα πετρελαιοκίνητα οχήματα, ειδικά σε πυκνοκατοικημένες περιοχές όπως η Αθήνα.

Σε ένα άλλο πείραμα οι τέσσερις τύποι βιοντίζελ δοκιμάστηκαν σε ένα σταθμό πάνω σε ένα μονοκύλινδρο κινητήρα. Ο κινητήρας τροφοδοτήθηκε με διάφορα μίγματα αποτελούμενα από τους τέσσερις τύπους βιοντίζελ σε ποσοστό έως και 100%. Και οι τέσσερις τύποι βιοντίζελ δοκιμάστηκαν σε παρόμοιες συνθήκες και αποδείχθηκε η ικανότητά τους στη μείωση των στερεών καταλοίπων από τα καυσαέρια του κινητήρα, σε αντίθεση με το πετρέλαιο κίνησης.

Τέλος, τα αποτελέσματα της σύγκρισης σε καθορισμένους τομείς από δύο τύπους βιοντίζελ ελέγχθηκαν μέσω πειραμάτων πάνω σε οχήματα καθώς επίσης και στον κινητήρα.

Στο πλαίσιο του προγράμματος ALTENER (XVII/AL/130/96/GR) πραγματοποιήθηκε μια μικρή οικονομική ανάλυση κόστους για την παραγωγή βιοντίζελ



από ζωικά λίπη, τηγανέλαια και άλλα κατάλοιπα ελαίων, από την Επιτροπή Ενέργειας του Κιλκίς.

Τα αποτελέσματα δίνονται στους ακόλουθους πίνακες :

	€/ 1 προϊόντος
Κόστος πρώτων υλών	0,08
Χημικά	0,03
Διοικητική μέριμνα	0,02
Χρηματοοικονομική Διοίκηση	0,01
Κόστος πειραμάτων	0,03
Ενέργεια, ατμός κ.α	0,03
Άλλα κόστη	0,08
Συνολικό	0,28

**Πίνακας 6:** Περιληπτική ανάλυση κόστους για την παραγωγή βιοντίζελ προερχόμενο από υπολείμματα ελαίων (ADEME, 2003)

	€/ 1 προϊόντος
Κόστος πρώτων υλών	0,12
Χημικά	0,06
Διοικητική μέριμνα	0,03
Χρηματοοικονομική Διοίκηση	0,01
Κόστος πειραμάτων	0,05
Ενέργεια, ατμός κ.α	0,07
Άλλα κόστη	0,05
Συνολικό	0,39

**Πίνακας 7:** Περιληπτική ανάλυση κόστους για την παραγωγή βιοντίζελ προερχόμενο από έλαια λιπαρών οξέων (ADEME, 2003)

Ένα τρίτο πείραμα χρηματοδοτούμενο από το έργο ALTENER 2 με τίτλο : «Μια συνολική στρατηγική προσέγγιση για την εισαγωγή του βιοντίζελ στην ελληνική αγορά καυσίμων », πάνω σε μίγματα καυσίμων τα οποία περιέχουν έως 7% βιοντίζελ προερχόμενο από συναπόσπορο, το οποίο παράχθηκε στην Αυστρία, και το οποίο διανέμεται ήδη από επιλεγμένους σταθμούς ανεφοδιασμού μιας συντηρητικής πετρελαϊκής εταιρείας σε καταναλωτές στην περιφέρεια της Θράκης. Τα αποτελέσματα της μελέτης απέδειξαν ότι τα μίγματα βιοντίζελ και ντίζελ είναι ιδιαίτερος αποδεκτά.

Ένα τέταρτο πείραμα του προγράμματος ALTENER με τίτλο : «Εφαρμογή του βιοντίζελ σε εγκατάσταση στη βόρεια Ελλάδα» βρίσκεται σε εξέλιξη και έχει στόχο να εξετάσει την τεχνοοικονομική βιωσιμότητα ενός εργοστασίου παραγωγής βιοκαυσίμων στην βόρεια Ελλάδα. Ο στόχος αυτός αναλύεται περαιτέρω στους παρακάτω επιμέρους στόχους :

- ♦ Αξιολόγηση της κατάλληλης αλυσίδας παραγωγής βιοντίζελ από οικονομικής και ποιοτικής απόψεως,
- ♦ Ανάπτυξη μεθοδολογίας για την εφαρμογή παρόμοιων επενδύσεων στην Ελλάδα

Το πρόγραμμα αυτό αποτελεί συνέχεια ενός προηγούμενου προγράμματος, στο οποίο η ΕΛΙΝΟΙΑ διένειμε μικρές ποσότητες βιοντίζελ, εισαγόμενες από την Αυστρία, στην προσπάθεια της να δει την αποδοχή των καταναλωτών. Παρόλα αυτά η εμπειρία από προηγούμενα προγράμματα ALTENER απέδειξε ότι το εμπορικό ενδιαφέρον για εισαγόμενο βιοντίζελ είναι χαμηλό, ακόμα και χωρίς φορολόγηση εξαιτίας της υψηλής τιμής του προϊόντος. Συμπερασματικά η μόνη λύση για να γίνει επικερδής και να προσελκύσει τους καταναλωτές είναι να παραχθεί στον ελλαδικό χώρο. [Πανούτσου Κ., 2003]

## 2.9.2 ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ

Κατά τη διάρκεια των δέκα τελευταίων χρόνων το ΚΑΠΕ σε συνεργασία με διάφορα τοπικά γεωργικά ερευνητικά κέντρα, πραγματοποίησε πειράματα σε εφτά διαφορετικές περιοχές της Ελλάδας ελέγχοντας την ικανότητα παραγωγής και το ενεργειακό περιεχόμενο του ζαχαρότευτλου, το οποίο καλλιεργήθηκε με διάφορες μεθόδους. Τα πιο σημαντικά συμπεράσματα αυτής της έρευνας ήταν :

- ♦ Η παραγωγή βιομάζας κυμαίνεται μεταξύ 100 με 120 ts/ha, εξαρτώμενη από την περιοχή και την εξεταζόμενη ποικιλία, με μια απόδοση 85 - 90% επί του καθαρού βάρους, ενώ οι διαφοροποιήσεις σε άρδευση και λίπανση με αζωτούχα λιπάσματα δεν έδειξαν εμφανείς διαφοροποιήσεις.

- ♦ Η περιεκτικότητα των ζαχαρότευτλων σε σάκχαρο κυμάνθηκε από 10 - 12% κατά βάρος.
- ♦ Η περίοδος συγκομιδής μπορεί να επιμηκυνθεί από τις αρχές Σεπτεμβρίου έως τα τέλη Νοεμβρίου χωρίς σημαντικές απώλειες στη περιεκτικότητα σε σάκχαρο.
- ♦ Η παραγωγή βιοαιθανόλης κυμάνθηκε από 6.500 - 8.000 lt/hr στην περίπτωση της ζύμωσης της ζάχαρης και ξεπέρασε σε μερικές περιπτώσεις τα 10.000 lt/hr, με τη ζύμωση των σακχάρων και της κυτταρίνης σε μια ταυτόχρονη ζύμωση.
- ♦ Η βαγιάση ( τα στερεά υπολείμματα που απομένουν μετά τη ζύμωση) μπορούν να παράγουν ενέργεια 0,5 - 0,8, ικανή όχι μόνο να καλύψει τις συνολικές απαιτήσεις σε ενέργεια για την παραγωγή βιοαιθανόλης, αλλά να παράγει ακόμα και επιπλέον ηλεκτρισμό που να πωλείται στο εθνικό δίκτυο.

Η εφαρμογή της βιοαιθανόλης ως καύσιμα μεταφοράς έχει επίσης μελετηθεί από τα Ελληνικά Διυλιστήρια Ασπροπύργου. Πιο συγκεκριμένα, αφορά τη δυνατότητα ανάμιξης της βενζίνης με βιοαιθανόλη μέχρι 20%, σαν ενισχυτικό οκτανίων. Μετρήθηκε έτσι η εκτίμηση μίγματος οκτανίων , RON (Research Octane Numbers) και MON (Motor Octane Numbers) για καθαρή βενζίνη και μίγματα με άνυδρη βιοαιθανόλη (G/E – gasoline/ethanol) σε 5% και 10% κατ' όγκο.

Τα πιο σημαντικά συμπεράσματα από αυτή τη μελέτη ήταν τα ακόλουθα:

- ♦ Αν και η θερμοαντική αξία της βιοαιθανόλης είναι χαμηλότερη από αυτή της βενζίνης, ένα μίγμα G/E=90/10, με 3% λιγότερη θερμοαντική αξία από αυτή της καθαρής βενζίνης, έδωσε την ίδια απόδοση (km/lt) με αυτή της βενζίνης.
- ♦ Οι εκπομπές του μίγματος περιέχουν μικρότερες ποσότητες CO.
- ♦ Σε όλα τα μίγματα ο αριθμός οκτανίων ήταν αυξημένος, από 1,6 έως 10,3 για το RON και 0,5 έως 9,9 για το MON, εξαρτώμενο από την συγκέντρωση της βιοαιθανόλης και τον τύπο της βενζίνης.
- ♦ Τα μίγματα είχαν υψηλότερη πίεση ατμών (από 0,4 έως 1,7 PSI), ένα πλεονέκτημα για την εκκίνηση το χειμώνα, αλλά μειονέκτημα για το

καλοκαίρι. Αυτή η τελευταία επίδραση μπορεί εύκολα να αντιμετωπιστεί αναμιγνύοντας τη βενζίνη με χαμηλότερη πίεση ατμών.

Η προσθήκη της βιοαιθανόλης (5 - 10% κατ' όγκο) κατά τη διάρκεια της απόσταξης, μειώνει το σημείο απόσταξης του μίγματος βενζίνης/αιθανόλης χωρίς να προκαλεί κάποιο σημαντικό πρόβλημα.

Επίσης μια οικονομική εκτίμηση της βιοαιθανόλης από καλαμπόκι στην Ελλάδα, πραγματοποιήθηκε το 2001. Τα αποτελέσματα δίνονται στον ακόλουθο πίνακα (όλες οι τιμές υπολογίζονται σε ευρώ) :

Κόστος σπόρου / kg	47	47
Ετήσια παραγωγή αιθανόλης	35.000	70.000
Αρχική επένδυση	38.190.880	56.503.720
Ετήσιο σταθερό κόστος	1.018.945 (6%)	1.175.465 (4%)
Ετήσιο μεταβλητό κόστος	13.771.660 (82%)	27.543.320 (87%)
Ετήσια απόσβεση	1.909.544 (11%)	2.825.186 (9%)
Συνολικό ετήσιο κόστος	16.700.149 (100%)	31.543.972 (100%)
Κόστος αιθανόλης / tn	0,477	0,45
Κόστος αιθανόλης / l	0,396	0,374

**Πίνακας 8:** Οικονομική εκτίμηση της παραγωγής βιοαιθανόλης στην Ελλάδα (ADEME, 2003)

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### 3

---

## *ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ*

### **3.1 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ**

Ο σκοπός και το αντικείμενο της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας είναι η εκτίμηση της ανάλυσης κύκλου ζωής των βιοκαυσίμων σε σχέση με τα συμβατικά, ως καύσιμα μεταφοράς. Η εργασία επικεντρώνεται σε δύο στάδια του κύκλου ζωής : την παραγωγή του καυσίμου και την κατανάλωσή του κατά την αυτοκίνηση. Στόχος της εργασίας είναι η ανάλυση διαθέσιμων δεδομένων σχετικών με τη χρήση ενέργειας και τις εκπομπές κατά την παραγωγή και την χρήση καυσίμων της αυτοκίνησης. Οι πηγές των δεδομένων είναι δευτερογενείς. Προέρχονται από αναφορές και άλλες δημοσιευμένες πηγές καθώς επίσης και από τη βάση δεδομένων του προγράμματος που χρησιμοποιήθηκε.

### **3.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ**

Η μελέτη της ΑΚΖ είναι ένα σύνολο συστηματικών διεργασιών με σκοπό τη συλλογή και εξέταση των στοιχείων εισόδου και εξόδου των ενεργειακών ισοζυγίων μάζας και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται με αυτά και προσδιορίζονται απευθείας μέσω της λειτουργίας του προϊόντος ή του συστήματος εξυπηρέτησης κατά την διάρκεια του κύκλου ζωής.

Πρόκειται δηλαδή για ένα εργαλείο περιβαλλοντικής διαχείρισης και λήψης αποφάσεων που σκοπό έχει να αποτιμήσει τις επιδράσεις από την χρήση ενέργειας και την επεξεργασία υλικών, συμπεριλαμβανομένης της απόρριψης αποβλήτων στο περιβάλλον και να εκτιμήσει τις δυνατότητες επίτευξης περιβαλλοντικών βελτιώσεων σε συνδυασμό με την ορθολογική χρήση πρώτων υλών και ενέργειας.

Το πολύ ισχυρό αυτό εργαλείο μπορεί να συμβάλλει στη διαμόρφωση περιβαλλοντικών νόμων, να βοηθήσει τους κατασκευαστές να αναλύσουν τις διεργασίες τους και να βελτιώσουν τα προϊόντα τους καθώς επίσης και να διευκολύνει τους καταναλωτές παρέχοντάς τους τις πληροφορίες που χρειάζονται όταν πρόκειται να επιλέξουν μεταξύ διαφορετικών προϊόντων.

Η AKZ ως εργαλείο αναπτύχθηκε την τελευταία δεκαετία. Στην Ευρώπη η ανάπτυξη της συνδυάστηκε με την εξάπλωση της οικολογικής σήμανσης (Κανονισμός ΕΟΚ 880/92): Η θέσπιση κριτηρίων για την απονομή οικολογικού σήματος σε ένα προϊόν προϋποθέτει την διενέργεια Ανάλυσης Κύκλου Ζωής του προϊόντος. Μέχρι σήμερα το Ευρωπαϊκό οικολογικό σήμα έχει απονεμηθεί σε 192 προϊόντα. Σε διεθνές επίπεδο αναμένεται ακόμη μεγαλύτερη εξάπλωση της AKZ μέσω της ένταξής της στη σειρά προτύπων ISO 14000. Το ISO 14040 είναι το πρότυπο που αναφέρεται στην AKZ ως εργαλείο περιβαλλοντικής διαχείρισης και αναπτύσσεται ιδιαίτερα τον τελευταίο καιρό σε παγκόσμια κλίμακα. [Μουσιόπουλος και Μπούρα, 1998]

### 3.2.1 Στάδια κύκλου ζωής

Η ανάλυση περιλαμβάνει ολόκληρο τον κύκλο ζωής του προϊόντος από την αρχή της δημιουργίας του έως το τέλος της ζωής του: απόκτηση πρώτων υλών, κατασκευή, συσκευασία / τυποποίηση, μεταφορά / διανομή, χρήση / επαναχρησιμοποίηση / συντήρηση, ανακύκλωση / ανάκτηση αποβλήτων και τελική διάθεση / απόρριψη. [Μουσιόπουλος και Μπούρα, 1998]

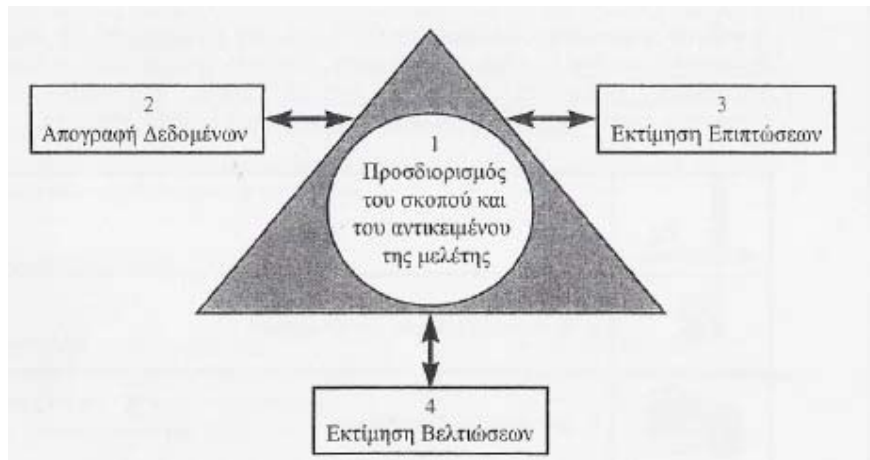
	• Απόκτηση πρώτων υλών
	• Κατασκευή (υλικών και προϊόντων)
	• Συσκευασία / Τυποποίηση
	• Μεταφορά/ Διανομή
	• Χρήση/ Επαναχρησιμοποίηση/ Συντήρηση
	• Ανακύκλωση/ Ανάκτηση αποβλήτων
	• Τελική διάθεση/ Απόρριψη

Εικόνα 9: Τα στάδια κύκλου ζωής ( Μουσιόπουλος και Μπούρα, 1998)

### 3.2.2 Μεθοδολογία

Το πλαίσιο μεθοδολογίας της ΑΚΖ που προτείνεται από τον SETAC (Society of Environmental Toxicology and Applied Chemistry) αποτελείται από τέσσερα βασικά στάδια :

- i. Προσδιορισμός του σκοπού και του αντικειμένου της μελέτης
- ii. Απογραφή δεδομένων
- iii. Εκτίμηση επιπτώσεων
- iv. Εκτίμηση βελτιώσεων



**Εικόνα 10 :** Τα στάδια της μεθοδολογίας κατά SETAC (Μουσιόπουλος και Μπούρα, 1998)

### Ορισμός ΑΚΖ κατά SETAC

‘Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής είναι μια τεχνική εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων που συνδέονται με κάποιο προϊόν, διεργασία ή δραστηριότητα προσδιορίζοντας και ποσοτικοποιώντας την ενέργεια και τα υλικά που χρησιμοποιούνται, καθώς και τα απόβλητα που απελευθερώνονται στο περιβάλλον, εκτιμώντας τις επιπτώσεις από τη χρήση της ενέργειας και των υλικών καθώς και των αποβλήτων και αναγνωρίζοντας και εκτιμώντας τις δυνατότητες περιβαλλοντικών βελτιώσεων. Η ανάλυση περιλαμβάνει ολόκληρο τον κύκλο ζωής του προϊόντος, της διεργασίας ή της δραστηριότητας : εξαγωγή και επεξεργασία πρώτων υλών, κατασκευή, μεταφορά και διανομή, χρήση, επαναχρησιμοποίηση, συντήρηση , ανακύκλωση και τελική απόρριψη.’ [Μουσιόπουλος και Μπούρα, 1998]

### **3.3 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ**

Οι τεχνολογίες ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα πολυπλοκότητας, από την απλή, παραδοσιακή, κάυση του ξύλου μέχρι τις σύνθετες διαδικασίες παραγωγής βιοντίζελ. Εντούτοις, μεγάλο μερίδιο στην έρευνα έχει και η ανάπτυξη υπολογιστικών μοντέλων και λογισμικών για την εκτίμηση και αξιολόγηση των δυνατοτήτων της εφαρμογής συστημάτων βιομάζας σε τεχνικό και επενδυτικό επίπεδο, αλλά και τις επιπτώσεις - ωφέλειες των κοινωνικών και μακροοικονομικών διαστάσεων που μπορεί να λάβει η ευρεία χρήση της βιομάζας σε



μία χώρα ή περιοχή. Ακολουθεί στη συνέχεια μια συνοπτική περιγραφή αντιπροσωπευτικών μοντέλων ΑΚΖ βιομάζας, των οποίων η ανάπτυξη έχει ξεκινήσει εδώ και τρεις δεκαετίες και εντείνεται τα τελευταία χρόνια.

- ♦ **ExternE** (Externalities of Energy). Σκοπεύει στην εκτίμηση του εξωτερικού κόστους ενός ευρέως φάσματος διαφορετικών κύκλων καυσίμων παρέχοντας στους αποφασίζοντες σύνθετη πληροφόρηση σε μια ευρεία ποικιλία επιδράσεων, ώστε να βοηθήσει στη λήψη της βέλτιστης απόφασης. Το μοντέλο απαιτεί δεδομένα για όλο τον κύκλο ζωής του καυσίμου που περιλαμβάνουν δεδομένα για τις εκπομπές καυσαερίων, περιβαλλοντικά, οικολογικά και δημογραφικά δεδομένα καθώς και οικονομικές εκτιμήσεις. [[www.externe.jrc.es](http://www.externe.jrc.es)]
  
- ♦ **INSPIRE** (Integrated Spatial Potential Initiative for Renewables in Europe). Στόχος του προγράμματος είναι να συνδέσει τη χαρτογράφηση των ανανεώσιμων πόρων ενέργειας με οικονομικά μοντέλα και μοντέλα ανάλυσης κύκλου ζωής (βασισμένη σε ΓΣΠ - Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών). Η μεθοδολογία χρησιμοποιεί την βασική αγρονομική στατιστική (παρούσα χρήση γης και δεδομένα για τα εισοδήματα του αγροκτήματος) για να προσδιορίσει τα υπάρχοντα εισοδήματα από την γεωργία. Παράλληλα υπολογίζονται και μια σειρά από πιθανά ωφέλη από δραστηριότητες που σχετίζονται με τη χρήση βιομάζας χρησιμοποιώντας ένα από τα οικονομικά μοντέλα που συνοδεύουν το πρόγραμμα. [[www.etsu.com/INSPIRE/](http://www.etsu.com/INSPIRE/)]
  
- ♦ **GEMIS** (Global Emission Model for Integrated Systems). Στοχεύει στην εκτίμηση των συνολικών επιδράσεων του κύκλου ζωής διαφόρων διεργασιών που αφορούν ενέργεια, μεταφορές και υλικά. Προσφέρει περιβαλλοντικά δεδομένα και δεδομένα κόστους για ενέργειες, υλικά και μεταφορικά συστήματα, καθώς επίσης περιλαμβάνεται και ο κύκλος ζωής τους. Τα περιβαλλοντικά δεδομένα καλύπτουν ατμοσφαιρικούς ρύπους, αέρια του θερμοκηπίου, υγρά και στερεά απόβλητα και τέλος χρήση γης. Τα δεδομένα κόστους αφορούν το επενδυτικό, το μεταβλητό και το σταθερό ετήσιο κόστος. [[www.oeko.de/service/gemis](http://www.oeko.de/service/gemis)]
  
- ♦ **BIOMITRE**. Το λογισμικό αυτό πρόγραμμα προσφέρει τρεις κύριους στόχους. Αυτοί είναι, τα διαγράμματα ροής, τα οποία συνοψίζουν τα κύρια χαρακτηριστικά

των υπό εξέταση τεχνολογιών της βιομάζας, ο υπολογισμός του ισοζυγίου των αερίων του θερμοκηπίου και μ'αυτό τον τρόπο καθορίζονται οι συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που συνδέονται με την τεχνολογία της βιομάζας και τέλος καθορίζει τις καθαρές δαπάνες ενός δεδομένου ποσού εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου με την εφαρμογή της τεχνολογίας της βιομάζας. [IEA Bioenergy Task 38 – Software tools]

- ♦ **GaBi 4.** Στοχεύει στην αξιολόγηση του κύκλου ζωής, δηλαδή στην ποσοτικοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων διαφόρων προϊόντων και διεργασιών, τον καθορισμό οικονομικών και τεχνικών πτυχών καθώς επίσης και στον υπολογισμό των αερίων του θερμοκηπίου. [www.environmental-expert.com/software/pr\_eng/pr\_eng.htm]
  
- ♦ **Fair 2.0.** Το πρόγραμμα αυτό αποτελείται από τρία συνδεδεμένα μοντέλα. Το μοντέλο κλίματος, το οποίο υπολογίζει την επίδραση του κλίματος από τις εκπομπές. Το μοντέλο εκπομπών, το οποίο υπολογίζει τις εκπομπές και την απαιτούμενη ποσότητα μείωσης τους, ανάλογα με το κλίμα και τις μελλοντικές απαιτήσεις. Και τέλος το μοντέλο κόστους, το οποίο υπολογίζει το κόστος για την μείωση των εκπομπών για κάθε περιοχή. [IEA Bioenergy Task 38 – Software tools]
  
- ♦ **RETScreen.** Το πρόγραμμα στοχεύει στην εκτίμηση της παραγωγής ενέργειας, του κόστους του κύκλου ζωής και της μείωσης εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου για διάφορες τεχνολογίες ανανεώσιμων μορφών ενέργειας. [www.retscreen.net]
  
- ♦ **REFUGE 2.** Αναπτύχθηκε για τον υπολογισμό των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα καθώς και για την αξιολόγηση εθνικών και διεθνών εκπομπών. [IEA Bioenergy Task 38 – Software tools]

Η AKZ για τα προϊόντα που μελετάμε, δηλαδή της βιοαιθανόλης και του βιοντίζελ, θα γίνει με βάση το πρόγραμμα GEMIS το οποίο περιγράφεται λεπτομερώς παρακάτω. Το GEMIS επιλέχτηκε ανάμεσα στα υπόλοιπα λόγω της απλότητας και φιλικότητας του περιβάλλοντός του ως προς το χρήστη, τα δεδομένα και τις διεργασίες που διαθέτει ως προς τα υγρά βιοκαύσιμα που μελετάμε, για την εμπειρία και χρησιμοποίησή του από αρκετές ομάδες μελετητών διεθνώς και τέλος για το

μηδενικό κόστος. Στον πίνακα 9 που ακολουθεί, αξιολογούνται τα παραπάνω προγράμματα βάση διαφόρων κριτηρίων.

Προγράμματα / Software	Ευχρηστότητα	Ποικιλία Δεδομένων ως προς τα βιοκαύσιμα	Αντικείμενο προγράμματος	Διαθεσιμότητα στο κοινό
ExternE	Αρκετά	Μεγάλη	Εξωτερικό κόστος	Ναι
INSPIRE	Μικρή	Καθόλου	Εισοδήματα από τη γεωργία, Χρήση βιομάζας	Ναι
GEMIS	Πολύ καλή	Πολύ μεγάλη	AKZ	Ναι
BIOMITRE	Πολύ καλή	Μεγάλη	AKZ	Όχι
Gabi 4	Πολύ καλή	Πολύ μεγάλη	AKZ	Όχι (μόνο demo)
RETScreen	Πολύ καλή	Μεγάλη	Κυρίως οικονομικές εκτιμήσεις	Ναι
FAIR 2.0	Αρκετά	Μεγάλη	Εκτίμηση εκπομπών, αλλαγών κλίματος και κόστους	Όχι (μόνο demo)
REFUGE 2	Μικρή	Καθόλου	Εκτίμηση GHG	Ναι

**Πίνακας 9:** Συγκριτικός πίνακας προγραμμάτων

### 3.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ GEMIS

#### 3.4.1 Εισαγωγή

Για την ανάλυση κύκλου ζωής των υγρών βιοκαυσίμων χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο Gemis. Το μοντέλο αυτό προέρχεται από τα αρχικά του τίτλου 'Global Emission Model for Integrated Systems'. Μπορεί να εκτελέσει πλήρης υπολογισμούς ανάλυσης κύκλου ζωής ποικίλων εκπομπών και μπορεί να καθορίσει την χρήση πόρων (CER, CEC, CMR, χρήση γής).

Το μοντέλο αναλύει το κόστος - τα αντίστοιχα δεδομένα από τα καύσιμα καθώς και τις αντίστοιχες δαπάνες από τις διεργασίες ενέργειας και μεταφοράς συμπεριλαμβάνονται στη βάση δεδομένων. Επιτρέπει επίσης την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των περιβαλλοντικών αναλύσεων και των αναλύσεων κόστους με την συνάθροιση των εκπομπών που αποκαλούνται 'ισοδύναμο CO<sub>2</sub>', 'ισοδύναμο SO<sub>2</sub>' και δείκτης δυνατότητας τροποσφαιρικού όζοντος (TOPP) καθώς επίσης με τον υπολογισμό των εξωτερικών δαπανών αντίστοιχα.

Στο Gemis 4.2 που χρησιμοποιήθηκε, τα πρότυπα εκπομπών συμπεριλαμβάνονται στη βάση δεδομένων, έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου στο αν οι διαδικασίες καύσης συμμορφώνονται με τα εθνικά και διεθνή πρότυπα εκπομπών. Η βάση δεδομένων του μοντέλου προσφέρει πληροφορίες για τους ενεργειακούς μεταφορείς (αλυσίδες διεργασιών και δεδομένα καυσίμων) καθώς και τις διαφορετικές τεχνολογίες για την θερμότητα και για την ηλεκτρική παραγωγή. Εκτός από τους απολιθωμένους ενεργειακούς μεταφορείς (σκληρός άνθρακας, λιγνίτης, πετρέλαιο, φυσικό αέριο), ανανεώσιμες μορφές ενέργειας, οικιακά απόβλητα, ουράνιο, βιομάζα και το υδρογόνο καλύπτονται από το μοντέλο. Δεδομένα από ποικίλες αλυσίδες διεργασίας υλικών (κυρίως για δομικά υλικά), και διεργασίες για τις μεταφορές δηλαδή αυτοκίνητα (βενζίνη, diesel, ηλεκτρική ενέργεια, βιοκαύσιμα), δημόσιες συγκοινωνίες (λεωφορεία, τραίνα), αεροπλάνα καθώς και διεργασίες για τη μεταφορά εμπορευμάτων (φορτηγά, LDVs, τραίνα, πλοία και σωληνώσεις) είναι διαθέσιμα στη βάση δεδομένων.

Μια καινοτομία είναι οι διεργασίες για την επεξεργασία αποβλήτων (διάθεση), και νομισματικές διαδικασίες που αντιπροσωπεύουν τα αθροισμένα στοιχεία για τους τομείς της οικονομίας. Επιπλέον τα δεδομένα διεργασιών δίνονται για πολλές και διαφορετικές χώρες και ένα ειδικό σύνολο δεδομένων αποκαλούμενα ‘Generic’ αναφέρονται στην κατάσταση των αναπτυσσόμενων χωρών.

Ο κάθε χρήστης μπορεί να ρυθμίσει κάθε στοιχείο σύμφωνα με τις ανάγκες του ή να δουλέψει με την βάση δεδομένων που καλύπτει πάνω από 7.000 διεργασίες σε πάνω από 20 χώρες.[1.27]

### 3.4.2 Υπόβαθρο

Εδώ και δεκαετίες τώρα η σύνδεση ενέργειας και περιβάλλοντος είναι θέμα περιβαλλοντικών ερευνών και συζητήσεων. Η κεντρική ερώτηση ‘Ποιο είδος περιβαλλοντικών επιπτώσεων προκύπτει από τα ενεργειακά συστήματα’ παρουσιάζει ιδιαίτερη πολυπλοκότητα, εάν συμπεριλάβουμε την ποικιλία των ενεργειακών τεχνολογιών καθώς και την ποικιλομορφία των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Από τα καύσιμα στην υλική ροή :

Μελέτες από τις αρχές της δεκαετίας του '70 ερευνούσαν τις εκπομπές ατμοσφαιρικού αέρα διαφορετικών ενεργειακών μεταφορών (καυσίμων) για την

παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Στη δεκαετία του '80, εκτός από συγκεκριμένες πυρηνικές περιβαλλοντικές επιδράσεις, η προσοχή εστιάστηκε στις συγκεντρώσεις SO<sub>2</sub> και NO<sub>x</sub>. Επίσης ερευνήθηκαν τα συστήματα θέρμανσης. Από το τέλος της δεκαετίας του '80 η προσοχή στράφηκε στην απελευθέρωση των αερίων του θερμοκηπίου και στον τομέα των μεταφορών. Η αρχή της δεκαετίας του '90 χαρακτηρίστηκε από περαιτέρω επέκταση της συζήτησης: Μέχρι τώρα όχι μόνο οι άμεσες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τα ενεργειακά συστήματα έχουν μελετηθεί, αλλά επιπλέον και οι 'προς τα πάνω διαδικασίες'. Από δω και στο εξής τα υλικά για την κατασκευή των διεργασιών εξετάζονται κάτω από τους όρους της AKZ. Αυτός ο ενσωματωμένος τρόπος εξέτασης της ροής ενέργειας και υλικών διαμορφώνει υψηλά πρότυπα τόσο για τη βάση δεδομένων όσο και για το υπολογιστικό μοντέλο και ακυρώνει τη διάκριση μεταξύ της 'αναφερόμενης ενέργειας' της περιβαλλοντικής αξιολόγησης και της ενέργειας σε άλλους τομείς (πχ.καταναλωτικά αγαθά, μετακινήσεις).[1.27]

### 3.4.3 Η ανάλυση κύκλου ζωής στο GEMIS

Οι AKZ στο GEMIS περιλαμβάνουν όλες τις σχετικές φυσικο-χημικές δραστηριότητες οι οποίες συνδέονται με την παροχή ενέργειας-υπηρεσίας ή και προϊόντων. Όλες οι σχετικές μεταφορές καθώς επίσης η παραγωγή των υλικών και των βοηθητικών προϊόντων εξετάζονται. Επίσης εξετάζονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την παροχή ενός ενεργειακού μεταφορέα ή τα αποτελέσματα ενός υλικού από όλες τις σχετικές διαδικασίες. Όπως επίσης και οι βοηθητικές ενέργειες και οι διεργασίες που τις παρέχουν έχουν περιβαλλοντικές συνέπειες – ως έμμεσες επιδράσεις που προκύπτουν μερικώς από τους βρόχους και άλλες από τις αλυσίδες διεργασίας – οι AKZ δεν μπορούν να είναι απλά γραμμικά υπολογισμένα. Το ίδιο πράγμα ισχύει και για το γεγονός όπου η προκαταρκτική εργασία των υλικών περιλαμβάνεται στις AKZ, το οποίο επεκτείνει τις ερωτήσεις για τα δεδομένα και το υπολογιστικό μοντέλο. Εκτός από τη ροή ενέργειας, εξετάζεται και η ροή υλικών καθώς επίσης και η σύνδεση μεταξύ των δύο. Πρέπει να δοθεί προσοχή επίσης στη σύνδεση των εξαγωγών, μεταφορών, μετατροπών κτλ. (με συγκεκριμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις) με τις αλυσίδες διεργασιών των υλικών.

### 3.4.4 Όρια του Gemis

Παρά τις βελτιώσεις και τις επεκτάσεις του προγράμματος, παραμένει ένα εργαλείο. Οι υπολογιστές επιτρέπουν την εύκολη συλλογή και την αλλαγή των δεδομένων, αλλά το λογισμικό που χρησιμοποιείται δεν επιτρέπει την παροχή χρησιμοποιήσεων ‘ειδικών’ συστημάτων στο επίπεδο ενός υπολογιστή.

Αφενός, το συγκεκριμένο πρόγραμμα περιέχει πολλές συνδέσεις δεδομένων και αλγορίθμων, αφετέρου αυτοί παραμένουν απλοί και ακολουθούν κυρίως γραμμικές εξισώσεις. Αυτό γίνεται χωρίς προβλήματα όταν χρησιμοποιείται ο πυρήνας των δεδομένων, καθώς αυτά είναι χρήσιμα σε ένα ευρύ φάσμα των εφαρμογών.

Η δύναμη του μοντέλου να επιτρέπει την προσαρμογή χρηστών είναι επίσης ένας κίνδυνος: Κατά τη ρύθμιση των δεδομένων, το μοντέλο ελέγχει την ακρίβεια των δομών της αλυσίδας, το περιεχόμενο της ρύθμισης των δεδομένων δεν μπορεί να ελεγχθεί από το Gemis (μόνη εξαίρεση: αλλαγή στα δεδομένα των καυσίμων). Επιπλέον το πρόγραμμα μπορεί να ρυθμίσει αυτόματα τα δεδομένα για τα υλικά κατασκευής των διεργασιών, τη χρήση γης και το κόστος όταν ο χρήστης ρυθμίσει τα δεδομένα ικανότητας των διεργασιών. Το ίδιο ισχύει και για την επιλογή τεχνολογίας ελέγχου εκπομπών, όπου το μοντέλο ρυθμίζει αυτόματα την ικανότητα και το κόστος. Από τη στιγμή που εισαχθούν καινούργια δεδομένα, χωρίς την εντολή ‘Copy-Paste’, τότε ο χρήστης είναι ελεύθερος - το μοντέλο δεν έχει ‘τεχνητή νοημοσύνη’, δεν ξέρει ούτε τους κανόνες για την προσαρμογή των σύνθετων δομών δεδομένων, ούτε υποστηρίζεται σχετικά με το περιεχόμενο των νέων δεδομένων.

Όσο τα καθορισμένα από το χρήστη στοιχεία περιγράφουν μια κατάσταση σωστά, το GEMIS θα είναι ένα χρήσιμο εργαλείο - καθορίζοντας τα ισοζύγια εκπομπής με έναν επαρκή τρόπο, απεικονίζοντας τα αποτελέσματα κλπ. Το φορτίο της συνεπούς ρύθμισης στοιχείων εξαρτάται από τον χρήστη. Αυτός έχει την τελική ευθύνη. [Fritsche Uwe R., Schmidt, 2004]

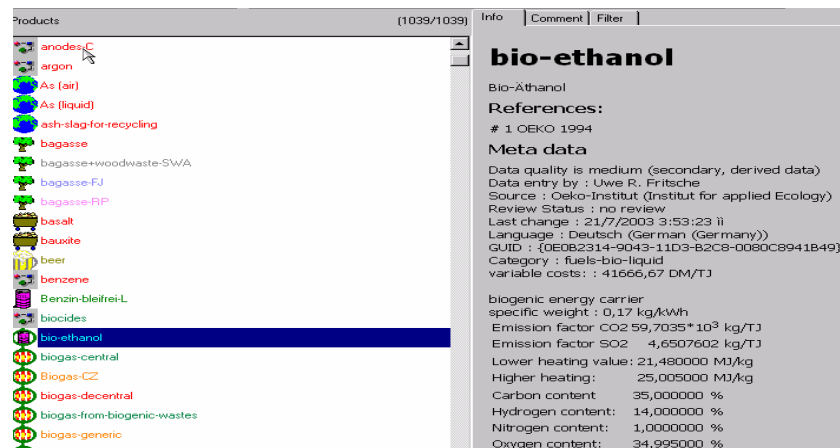
### 3.4.5 Περιγραφή του προγράμματος Gemis

Το Gemis αποτελείται από πέντε κύρια παράθυρα, τα οποία επιτρέπουν την εύκολη πρόσβαση στη βάση δεδομένων. Αυτά είναι τα: Products (Προϊόντα), Processes (Διεργασίες), Scenarios (Σενάρια), References (Αναφορές) και Standards (Πρότυπα).

### (i) Προϊόντα

Τα προϊόντα αντιπροσωπεύουν στο μοντέλο τις εισαγωγές καθώς επίσης και τα αποτελέσματα των διεργασιών. Σημαντικά προϊόντα είναι οι ενεργειακοί μεταφορείς και τα υλικά που χρησιμεύουν στη σύνδεση των διαδικασιών. Μια σημαντική υποκατηγορία των ενεργειακών μεταφορέων είναι τα καύσιμα (πχ. άνθρακας, πετρέλαιο, βιοαέριο). Τα προϊόντα έχουν δεδομένα τα οποία χρησιμεύουν στον υπολογισμό του κόστους και των εκπομπών.

Στο παράθυρο των προϊόντων (Εικόνα 11), στο αριστερό μέρος της κάρτας παρουσιάζεται η διαθέσιμη λίστα προϊόντων αλφαβητικά. Οι εικόνες πριν από τα ονόματα των προϊόντων δείχνουν σε ποια κατηγορία ανήκει το προϊόν. Στο δεξί μέρος του παραθύρου, φαίνονται σχετικές πληροφορίες σε σχέση με το μαρκαρισμένο προϊόν.



**Εικόνα 11:** Παράθυρο προϊόντων

Για κάθε προϊόν έχουμε την κάρτα 'Data' (Εικόνα 12). Η κάρτα αυτή παρουσιάζει διαφορετικά δεδομένα για τους ενεργειακούς μεταφορείς, για τα υγρά και στερεά καύσιμα, για τα αέρια καύσιμα, για τα υλικά, για τις πηγές και για τα υπολείμματα / απόβλητα / εκπομπές.

The screenshot shows a software window titled "solid fuel Temporary copy of 'bio-ethanol'". It has three tabs: "Meta data", "Comment", and "Data". The "Data" tab is selected. The interface contains several input fields and sections:

- Mass share as received:** C: 35%, H: 14%, S: 0,005%, O: 34,995%, N: 1%, Cl: 0%, F: 0%. There is a checked box for "CO2 neutral fuel".
- Ash content as received:** 0%.
- Water content fuel as received:** 15%.
- Costs:** 150E-3 DM/kWh (LHV), 129 E-3 DM/kWh (HHV), 895 E-3 DM/kg.
- Lower heating value:** 21,48 MJ/kg.
- calculated values:** Higher heati25,00500 MJ/kg, Lower heatir21,22086 MJ/kg.

Εικόνα 12: Κάρτα 'Data'

## (ii) Διεργασίες

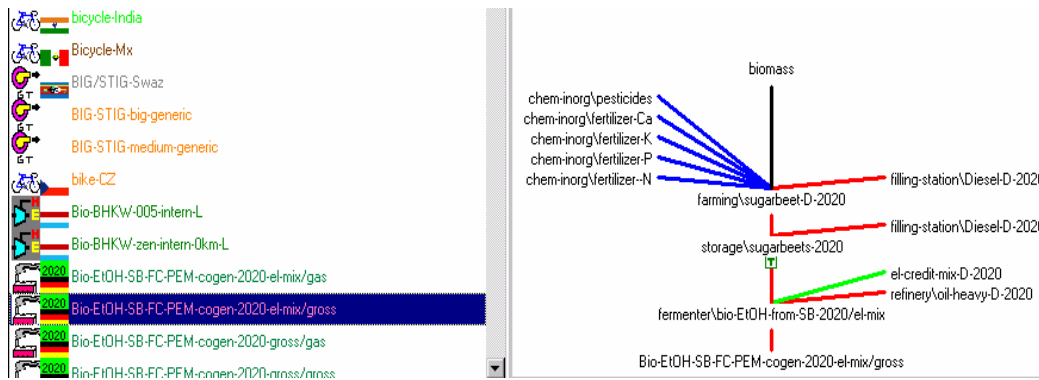
Μια διεργασία στο GEMIS είναι μια συγκεκριμένη δραστηριότητα για την μετατροπή μιας δεδομένης ενέργειας ή ενός υλικού που εισάγεται σε μια άλλη ενέργεια ή υλική παραγωγή ή μια διαδικασία μεταφοράς. Τα παραδείγματα για αυτούς τους τύπους διαδικασιών είναι:

- Μετατροπή καυσίμων σε ηλεκτρική ενέργεια
- Εγκαταστάσεις απόσταξης που μετατρέπουν ένα καύσιμο σε άλλο
- Χαλυβουργικές εργασίες που μετατρέπουν τον ακατέργαστο χυτοσίδηρο (εισαγωγή) σε χάλυβα (παραγωγή)
- Αυτοκίνητα που παρέχουν μεταφορές

Μια διαδικασία μπορεί να έχει δευτεροβάθμια αποτελέσματα όπως τις εκπομπές, τα υπολείμματα κ.λπ. Επιπλέον, πρόσθετες εισαγωγές μπορούν να είναι απαραίτητες (βοηθητικές ενέργειες, βοηθητικά υλικά) καθώς επίσης και υλικά που 'χτίζουν' την ίδια.

Στο παράθυρο των διεργασιών (Εικόνα 13), στο αριστερό μέρος παρουσιάζεται η διαθέσιμη λίστα των διεργασιών αλφαβητικά. Οι εικόνες πριν από τις διεργασίες δείχνουν σε ποια κατηγορία ανήκουν. Στο δεξί μέρος του παραθύρου, φαίνεται γραφικά η αλυσίδα διαδικασιών κάθε διεργασίας.





Εικόνα 13: Παράθυρο διεργασιών

Κάθε διεργασία περιλαμβάνει και άλλες πληροφορίες. Η κάρτα ‘Metadata’ δίνει στοιχεία για το υπόβαθρο της διεργασίας, η ‘Data’ καθορίζει τα ενεργειακά και υλικά δεδομένα της διεργασίας (Εικόνα 14), ενώ πατώντας στην ‘Design data’ μπορείς να δώσεις σχεδιαστικά χαρακτηριστικά, όπως χρόνο λειτουργίας, αποδοτικότητα κτ. Στην κάρτα ‘auxiliaries’ δίνονται βοηθητικές ενέργειες και βοηθητικά υλικά, ενώ στις κάρτες ‘Emissions’ και ‘Residues’ παρουσιάζονται οι εκπομπές και τα υπολείμματα από τη διεργασία αντίστοιχα. Τέλος η κάρτα ‘Costs’ καθορίζει τα οικονομικά δεδομένα.

Output list	Product	Amount	Unit
Direct output	electricity	1	kWh/kWh
Coupled product 1	credit-heat-cogen (bio)-2020	1,25	kWh/kWh

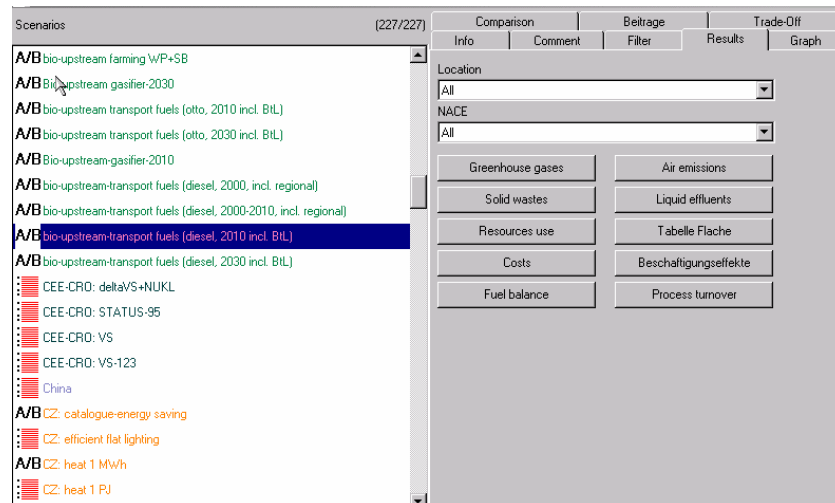
Εικόνα 14: Κάρτα ‘Data’ των διεργασιών

### (iii) Σενάρια

Ένα σενάριο στο GEMIS είναι μια επιλογή διεργασιών (τουλάχιστον μία) που να ικανοποιούν μια συγκεκριμένη απαίτηση για ενέργεια, υλικά, καθώς επίσης και

μεταφορές (πρόσωπα, φορτίο), και αν χρειάζεται και για την επεξεργασία αποβλήτων. Κάθε ενιαίος συνδυασμός διεργασιών αντιπροσωπεύει μια επιλογή σεναρίου. Εάν ένα σενάριο εφαρμόστηκε, το GEMIS θα υπολογίσει τις περιβαλλοντικές πτυχές και τις δαπάνες από τις διαφορετικές επιλογές σεναρίου, τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε πίνακες και γραφικές παραστάσεις. Σε περίπτωση καθαρών ενεργειακών σεναρίων η απαίτηση μπορεί να περιλάβει επίσης αναγκαία ενέργεια (ηλεκτρική, θερμική), οι διαδικασίες παροχής μπορούν να προστεθούν, και ο λειτουργών χρόνος τους μπορεί να είναι καθορισμένος ανεξάρτητα. Επιπλέον, τα συστήματα διανομής (ηλεκτρική ενέργεια ή πλέγμα θερμότητας περιοχής) μπορεί να περιληφθεί στα ενεργειακά-σενάρια. Η απαίτηση αυξάνεται αυτόματα από απώλειες μεταφορών, εάν τα μήκη μεταφορών δίνονται.

Στο παράθυρο των σεναρίων (Εικόνα 15), στο αριστερό μέρος παρουσιάζεται η διαθέσιμη λίστα των σεναρίων αλφαβητικά. Οι εικόνες πριν από τα σενάρια δείχνουν σε ποια κατηγορία ανήκουν, αν ανήκουν στα ενεργειακά έχουν το σύμβολο :≡, ενώ αν ανήκουν στα σενάρια με πολλαπλές επιλογές έχουν το σύμβολο A/B. Στο δεξί μέρος του παραθύρου, φαίνονται οι κάρτες ‘Results’, ‘Graph’, ‘Comparison’, ‘Contribution’, και ‘Trade off’ από τις οποίες μπορούμε να εξάγουμε αποτελέσματα, γραφικά ή σε πινακοειδή μορφή, μετά από τους απαιτούμενους υπολογισμούς.



Εικόνα 15: Παράθυρο σεναρίων

Επίσης κάθε σενάριο αποτελείται από έξι υπο-κάρτες οι οποίες αφορούν τις ενεργειακές απαιτήσεις, τις υλικές απαιτήσεις, απαιτήσεις μεταφοράς προσωπικού,

απαιτήσεις μεταφοράς αγαθών, την επεξεργασία αποβλήτων και τέλος τις οικονομικές απαιτήσεις.

Energy	Materials	Persons	Guter	Residue	Money
Energy source					[kwh]
filling-station/rapeseed-oil-2010/soymeal					2,77778E+5
Sum					2,77778E+5

Εικόνα 16: Κάρτα σεναρίων

#### (iv) Αναφορές

Το παράθυρο αναφορών στο μοντέλο (Εικόνα 17) είναι αρχείο δεδομένων, το οποίο περιέχει πληροφορίες από μια πηγή δεδομένων (εκθέσεις, μελέτες, μετρήσεις, προσωπική επικοινωνία κτλ). Μία αναφορά αποτελείται από ένα όνομα (συγγραφέας και έτος) και ένα κείμενο το οποίο περιγράφει την αναφορά λεπτομερώς. Αυτές μπορούν να συνδεθούν με όλα τα αρχεία δεδομένων στο μοντέλο (προϊόντα, διεργασίες, σενάρια, πρότυπα, κόστοι, εξωτερικά κόστοι, δυνατότητα παγκόσμιας αύξησης του φαινομένου του θερμοκηπίου).

References	Info	Comment	Filter
A.F.E.R. o.J.	Deutsch A.F.E.R. o.J.		
Aachen 2000	A.F.E.R.; Herr Kirschbaum		
ABB 1995			
ABB 1998			
ABF Heat Pumps, 2003			
Abfallwirtschaft 1990			
ABH 1984			
AGFw 2002	English (United States): A.F.E.R. o.J.		
Altenfelder 1999	A.F.E.R.; Herr Kirschbaum		
Altenpohl 1994			
APME 1994			
APME 1994a			
APME 1994b			

Εικόνα 17: Παράθυρο αναφορών

## ( ν ) Πρότυπα

Τα πρότυπα στο μοντέλο (βλέπε σχήμα 10) είναι κανόνες για τα νομικά όρια εκπομπής με τα οποία το πρόγραμμα μπορεί να ελέγξει εάν οι διαδικασίες καύσης συμμορφώνονται με τα πρότυπα.

The screenshot shows a software interface with a list of standards on the left and detailed information for 'EU-emissions' on the right. The list of standards includes: CZ-emissions, CZ-emissions 2002, EU-emissions (highlighted), Germany-emissions, India-emissions, Maroc (proposal existing plants), Maroc (proposal new plants), Philippines-emissions, US New Source Standards, and World Bank - emissions. The right panel, titled 'EU-emissions', contains the following information:

- EU-Emissionen
- References: # 1 CEC 1988
- Meta data:
  - Data quality: is very good (validated data)
  - Data entry by: Öko-Institut
  - Source: Öko-Institut (Institut for applied Ecology)
  - Review Status: no review
  - Last change: 6/4/2000 12:16:11 ii
  - Language: Deutsch (German (Germany))
  - GUID: {B11C6E08-A584-11D3-B42D-FED95173DC12}
- Regulations:
  - coal - 5-100, boilers
  - Power from: 5 Power to 100 MW
  - Technology: : heat-boiler
  - Fuel: : fuels-fossil-coal

Εικόνα 18: Ισχύοντα πρότυπα εκπομπής

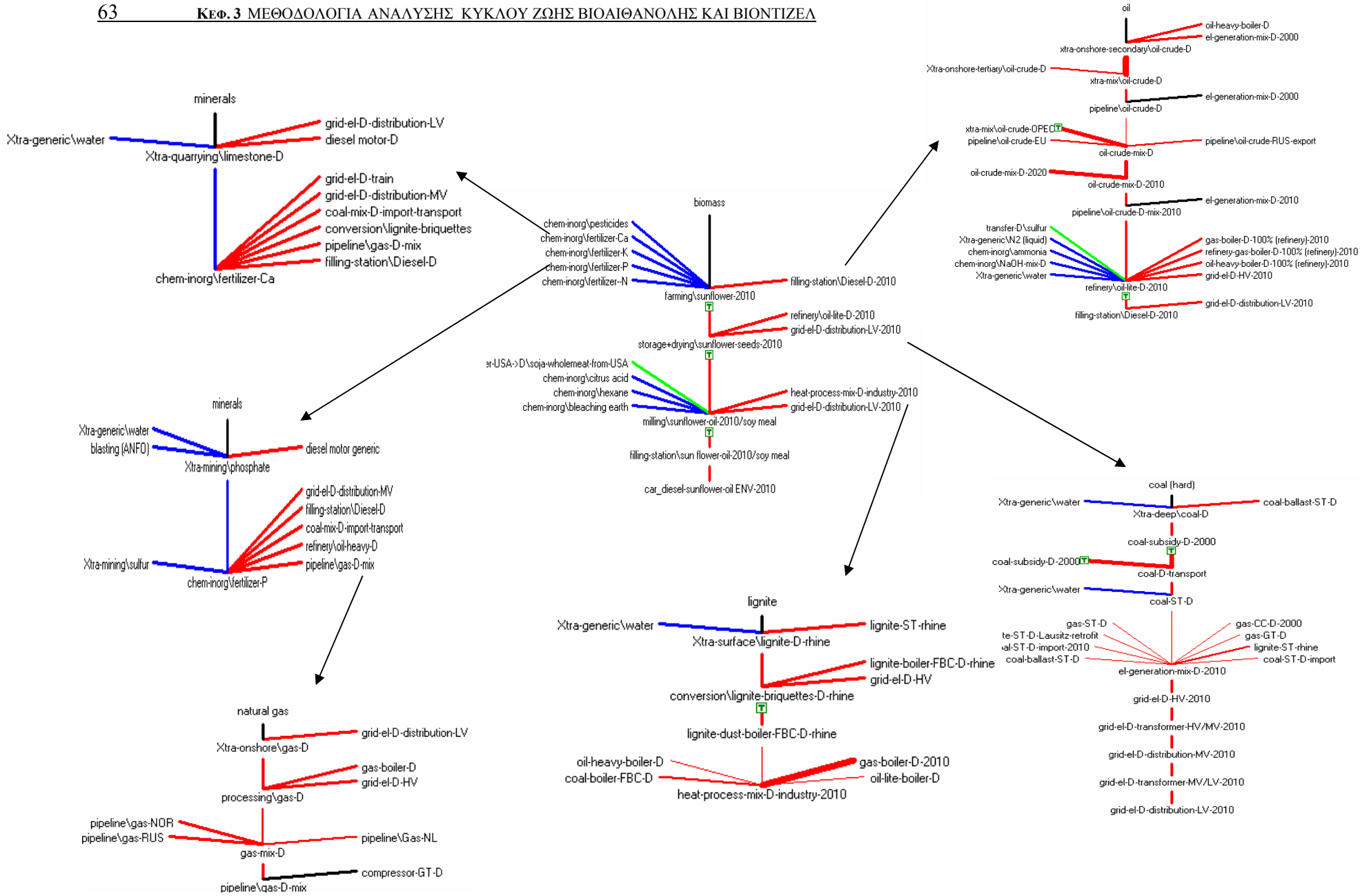
### 3.4.6 Πολυπλοκότητα προγράμματος

Η πολυπλοκότητα του συγκεκριμένου προγράμματος έγκειται στην επιλογή της καταλληλότερης διεργασίας από τις 7200 διαθέσιμες, για κάθε στάδιο της AKZ καθώς και στην προσαρμογή της κάθε μίας από τις προς μελέτη διεργασίες στα ελληνικά δεδομένα. Ακολουθεί παράδειγμα (Εικόνα 19) για την επιλογή της κατάλληλης διεργασίας παραγωγής βιοαιθανόλης.

	2020	car_diesel-RME REF-2020
	2030	car_diesel-RME REF-2030
	2010	car_diesel-RME-organic ENV-2010
	2020	car_diesel-RME-organic ENV-2020
	2030	car_diesel-RME-organic ENV-2030
	2010	car_diesel-SME ENV-2010
	2020	car_diesel-SME ENV-2020
	2030	car_diesel-SME ENV-2030
	2010	car_diesel-SME-organic ENV-2010
	2020	car_diesel-SME-organic ENV-2020

Εικόνα 19: Διεργασίες παραγωγής βιοαιθανόλης

Επίσης ο αυξημένος αριθμός ανάλυσης κύριων και δευτερευουσών διεργασιών για κάθε ΑΚΖ, οδηγεί αυτομάτως σε αυξημένο αριθμό δεδομένων εισαγωγής. Ακολουθεί παράδειγμα με την ΑΚΖ της παραγής βιοντίζελ με πρώτη ύλη τον ηλίανθο στην Γερμανία. (διεργασία στο κέντρο).



### 3.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ

Η ανάλυση κύκλου ζωής θα γίνει σύμφωνα με το πρόγραμμα GEMIS που παρουσιάστηκε παραπάνω. Η AKZ ξεκινάει από την πρώτη ύλη για την παραγωγή αυτών των καυσίμων και τελειώνει με τη χρήση του καυσίμου από το όχημα, δηλαδή μελετάμε την εφοδιαστική αλυσίδα του καυσίμου. Ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαιθανόλης θα χρησιμοποιηθεί το σιτάρι και το ζαχαρότευτλο, ενώ για την παραγωγή βιοντίζελ θα χρησιμοποιηθεί συναπόσπορος και ηλίανθος. Λόγω του ότι η AKZ των μιγμάτων βενζίνης και βιοαιθανόλης μελετήθηκε μέχρι το σημείο της ανάμιξής τους, η σύγκριση αυτών θα γίνει ξεχωριστά.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται συνοπτικά τα στάδια μελέτης για την παραγωγή βιοκαυσίμων και συμβατικών καυσίμων. Αναλυτικότερα στον πίνακα 10 παρουσιάζονται τα στάδια για την παραγωγή ντίζελ και βενζίνης. Η διαφορά τους παρουσιάζεται στο σημείο της απόσταξης. Στον πίνακα 11 έχουμε τα στάδια για την παραγωγή βιοντίζελ προερχόμενο από συναπόσπορο ή ηλίανθο. Τέλος στους πίνακες 12 και 13 παρουσιάζονται τα στάδια παραγωγής της βιοαιθανόλης με πρώτη ύλη το σιτάρι και το ζαχαρότευτλο αντίστοιχα.

A/A	ΣΕΝΑΡΙΟ	ΣΤΑΔΙΑ			ΣΧΟΛΙΟ
1 / 2	Ντίζελ/Βενζίνη	Κύριες Διεργασίες	Δευτερεύουσες Διεργασίες	Προϊόντα	
		Εξόρυξη αργού πετρελαίου	Ηλεκτρική ενέργεια Ισχύς-μηχανική		Δευτερεύουσες διεργασίες: γεώτρηση
			Θερμότητα	Αργό πετρέλαιο	
		Μίξη αργού πετρελαίου			50% πρωτοβάθμιας εξαγωγής & 50% δευτεροβάθμιας εξαγωγής
		Μεταφορά πετρελαίου μέσω σωληνώσεων στην Ε.Ε	Μίγμα ηλεκτρικής ενέργειας από χώρες τις Ε.Ε		
		Μίξη αργού πετρελαίου από διάφορες πηγές στην Ελλάδα	Αργό πετρέλαιο από Ελλάδα, Ευρώπη, Ρωσία, Χώρες ΟΡΕC		Τάνκερ
		Μεταφορά πετρελαίου μέσω σωληνώσεων στην Ελλάδα	Ηλεκτρική ενέργεια		
		Απόσταση	Ηλεκτρική ενέργεια	Ντίζελ/Βενζίνη	
			Θερμότητα		
		Σταθμοί ανεφοδιασμού	Ηλεκτρική ενέργεια		Φορητό
		Χρήση καυσίμου από το όχημα			

**Πίνακας 10:** Συνοπτικός πίνακας διεργασιών του ντίζελ και της βενζίνης

A/A	ΣΕΝΑΡΙΟ	ΣΤΑΔΙΑ		Μεταφορές
		Κύριες Διεργασίες	Δευτερεύουσες Διεργασίες	
3 / 4	Βιοντίζελ	Καλλιέργεια	Λιπάσματα, Φυτοφάρμακα	
			Ντίζελ για τις μεταφορικές ανάγκες	
		Αποθήκευση & Ξήρανση	Καύσιμο	Τρακτέρ
			Ηλεκτρική ενέργεια	
		Άλεση	Βοηθητικά υλικά	Φορητό
			Θερμότητα	
			Ηλεκτρική ενέργεια	
		Σταθμοί ανεφοδιασμού		Φορητό
		Χρήση καυσίμου από το όχημα		

**Πίνακας 11:** Συνοπτικός πίνακας διεργασιών του βιοντίζελ παραγόμενο από συναπόσπορο ή ηλιάνθο



A/A	ΣΕΝΑΡΙΟ	ΣΤΑΔΙΑ		
5	Βιοαιθανόλη από σίτο	<b>Κύριες Διεργασίες</b>	<b>Δευτερεύουσες Διεργασίες</b>	<b>Μεταφορές</b>
		Καλλιέργεια	Λιπάσματα, Φυτοφάρμακα	
			Ντίζελ για τις μεταφορικές ανάγκες	
		Αποθήκευση & Ξήρανση	Καύσιμο	Τρακτέρ
			Ηλεκτρική ενέργεια	
		Ζύμωση	Καύσιμο	Φορτηγό
		Σταθμοί ανεφοδιασμού	Ηλεκτρική ενέργεια	
		Χρήση καυσίμου από το όχημα		

**Πίνακας 12:** Συνοπτικός πίνακας διεργασιών της βιοαιθανόλης παραγόμενης από σιτάρι.

A/A	ΣΕΝΑΡΙΟ	ΣΤΑΔΙΑ		
6	Βιοαιθανόλη από ζαχαρότευτλο	<b>Κύριες Διεργασίες</b>	<b>Δευτερεύουσες Διεργασίες</b>	<b>Μεταφορές</b>
		Καλλιέργεια	Λιπάσματα, Φυτοφάρμακα	
			Ντίζελ για τις μεταφορικές ανάγκες	
		Αποθήκευση	Καύσιμο	
		Ζύμωση	Καύσιμο	Φορτηγό
		Σταθμοί ανεφοδιασμού	Ηλεκτρική ενέργεια	
		Χρήση καυσίμου από το όχημα		

**Πίνακας 13:** Συνοπτικός πίνακας διεργασιών της βιοαιθανόλης παραγόμενη από ζαχαρότευτλο

Καθώς επίσης, για τους λόγους που αναφέραμε παραπάνω, θα γίνει σύγκριση ανάμεσα στα παρακάτω μίγματα βενζίνης και βιοαιθανόλης. Οι διεργασίες για την παραγωγή αυτών περιγράφηκαν στους παραπάνω πίνακες.

1. Μίγμα που αποτελείται από 95% βενζίνη και 5% βιοαιθανόλη παραγόμενο από σιτάρι
2. Μίγμα που αποτελείται από 95% βενζίνη και 5% βιοαιθανόλη παραγόμενο από ζαχαρότευτλο

### 3.5.1 Βασικές έννοιες

- ♦ **Χρόνος λειτουργίας** είναι το ποσό των ωρών λειτουργίας ετησίως (h/yr) κατά τη διάρκεια των οποίων έχουμε μέγιστη λειτουργία της διαδικασίας. Αυτό είναι ισοδύναμο με το αποκαλούμενο συντελεστή φορτίου, που δίνεται σε ποσοστό επί τις εκατό (%) ( $=100 \cdot \text{χρόνος λειτουργίας} / 8760$ ). Από το χρόνο λειτουργίας και την εγκατεστημένη δυνατότητα, το πρόγραμμα υπολογίζει την ετήσια παραγωγή, από την οποία εξάγονται συμπεράσματα για τις ετήσιες εκπομπές και -χρησιμοποιώντας τον χρόνο ζωής- τις ετήσιες δαπάνες, τη χρήση γης και τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή.
- ♦ **Ελάχιστη θερμαντική αξία (LHV)** είναι το ενεργειακό περιεχόμενο του καυσίμου ως αποτέλεσμα της πλήρους οξείδωσης (καύση) αυτού, αποκλείοντας την ενέργεια που καταναλώθηκε για την εξάτμιση της υγρασίας κατά τη διαδικασία της καύσης. Θεωρείται λοιπόν ότι οι υδρατμοί που παρήχθησαν κατά τη καύση εξέρχονται μαζί με τα καυσαέρια στο περιβάλλον χωρίς να επαναυγροποιηθούν οπότε και η θερμότητα που απορρόφησαν δεν ανακτάται.
- ♦ **Μέγιστη θερμαντική αξία (HHV)** είναι το θεωρητικό ενεργειακό περιεχόμενο του καυσίμου ως αποτέλεσμα της πλήρους οξείδωσης (καύση) αυτού, περιλαμβάνοντας και την ενέργεια που καταναλώθηκε για την εξάτμιση της υγρασίας κατά τη διαδικασία της καύσης. Θεωρείται δηλαδή ότι οι υδρατμοί που παρήχθησαν κατά τη καύση επαναυγροποιούνται πλήρως οπότε αποδίδουν το ποσό θερμότητας που απορρόφησαν κατά την αεριοποίησή τους. Οι διαφορές μεταξύ της LHV και HHV εξαρτώνται από τον τύπο του καυσίμου. Κυμαίνονται μεταξύ 5 - 20%. Σε διεθνής κύκλους και ιδιαίτερα στην Αμερική, τα δεδομένα για την αποδοτικότητα, το κόστος και τους συντελεστές εκπομπών βασίζονται στη HHV, ενώ στην Ευρώπη και τις περισσότερες άλλες χώρες αναφέρονται κυρίως στο LHV.
- ♦ **Συντελεστής εκπομπής** είναι το συγκεκριμένο ποσό εκπομπών ανά μονάδα δραστηριότητας. Οι συντελεστές εκπομπής στο συγκεκριμένο πρόγραμμα αναφέρονται στο προϊόν της διεργασίας

- για ενεργειακές διεργασίες έχουμε πχ. kg/MWh ηλεκτρισμού ή θερμότητας
  - για συστήματα μεταφοράς έχουμε πχ. kg/t\*km ή kg/P\*km
  - για υλικές διεργασίες έχουμε πχ. kg/kg του προϊόντος
- ♦ **Οι περιβαλλοντικοί δείκτες** είναι κατηγορίες που περιγράφουν ποσοτικά τα περιβαλλοντικά φορτία. Το GEMIS καλύπτει τους ακόλουθους περιβαλλοντικούς δείκτες
- **πρόδρομοι όξινης απόθεσης** : SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HCl, HF, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S
  - **πρόδρομοι όζοντος** : CO, CH<sub>4</sub>, NMVOC, NO<sub>x</sub>
  - **αέρια του θερμοκηπίου** : CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, SF<sub>6</sub>, PFC, HFC
  - **ευτροφισμός** : N, P, COD
  - **στερεά απόβλητα** : υπερφορτίο, τέφρα, λάσπη επεξεργασίας λυμάτων, απόβλητα παραγωγής, FGD υπολείμματα
  - **υγρά απόβλητα** : AOX, BOD, COD, N,P, ανόργανα άλατα
  - **πόροι** : χρήση γης, CEC, CER (primary energy), CMR (raw materials)
- ♦ **CEC (Cumulated Energy Consumption)** είναι η συσσωρευμένη κατανάλωση ενέργειας και είναι ένα κριτήριο για τις ολικές δαπάνες των ενεργειακών πόρων (αρχική ενέργεια) για την παροχή ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας. Το CEC μπορεί να διαχωριστεί σε ανανεώσιμες και μη-ανανεώσιμες αρχικές ενέργειες.
- ♦ **CER (Cumulated Energy Requirement)** είναι η συσσωρευμένη απαιτούμενη ενέργεια, ένα κριτήριο για την ολική ποσότητα των ενεργειακών πόρων που απαιτείται για την παράδοση ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας. Η CEC διαφέρει από την CER στο γεγονός ότι καλύπτει ενεργειακές δαπάνες για την παροχή των απαραίτητων υλικών χωρίς να λαμβάνει την αξία θερμότητας.
- ♦ **CMR (Cumulated Material Requirement)** είναι ένα ποσοτικό μέτρο για την ολική ποσότητα των πρώτων υλών που χρειάζονται για την παράδοση ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας.

- ♦ **Ισοδύναμο CO<sub>2</sub>**, αντιστοιχεί στο αποτέλεσμα της συνάθροισης των αερίων του θερμοκηπίου, που λαμβάνουν υπόψη την αντίστοιχη δυνατότητα αύξησης της θερμοκρασίας της γης.
- ♦ **Ισοδύναμο SO<sub>2</sub>**, είναι η ποσοτική έκφραση της δυνατότητας δημιουργίας όξινης απόθεσης, βασιζόμενη στην σχετική οξύτητα του SO<sub>2</sub>. Στο ισοδύναμο SO<sub>2</sub> περιλαμβάνονται επίσης και οι ατμοσφαιρικές εκπομπές NO<sub>x</sub>, HCl, HF, NH<sub>3</sub> και H<sub>2</sub>S.
- ♦ **TOPP (Tropospheric Ozone Precursor Potential)**, ορίζεται η δυνατότητα δημιουργίας πρόδρομων τροποσφαιρικού όζοντος και είναι το ισοδύναμο μάζας του ρυθμού σχηματισμού όζοντος από πρόδρομα μόρια. Το TOPP αντιπροσωπεύει τον ενδεχόμενο σχηματισμό όζοντος κοντά στο έδαφος το οποίο μπορεί να προκαλέσει αιθαλομίχλη.
- ♦ **Δευτερογενείς πόροι** χαρακτηρίζονται στο πρόγραμμα τα απόβλητα (υπολείμματα) που έχουν τη δυνατότητα να επαναχρησιμοποιηθούν με τη μορφή υλικών ή ενέργειας. Στα αποτελέσματα που παρουσιάζονται παρακάτω για το CER, περιλαμβάνονται στην κατηγορία 'other'.
- ♦ **Οι πόροι** στο πρόγραμμα GEMIS είναι προϊόντα που αντιπροσωπεύουν το απόθεμα των αρχικών ενεργειών και των πρώτων υλών. Οι πόροι είναι τα δεδομένα εισαγωγής για τις διαδικασίες εξαγωγής και επομένως η αρχή στις αλυσίδες διεργασιών.
- ♦ **Πρώτες ύλες** είναι οι πόροι οι οποίοι μετατρέπονται σε χρήσιμα αρχικά υλικά. Παραδείγματως χάριν είναι τα μεταλλεύματα (μέταλλα, αμμοχάλικος, άμμος, πέτρες), ο αέρας και το νερό καθώς επίσης το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο, ο άνθρακας (κάρβουνο) και η βιομάζα.
- ♦ **Αρχικές ενέργειες** είναι οι ενεργειακοί πόροι, συμπεριλαμβανομένων ορυκτών και πυρηνικών ενεργειακών μεταφορέων (μη-ανανεώσιμοι), ανανεώσιμες ενέργειες (βιομάζα, γεωθερμική, υδροηλεκτρική, ηλιακή, αιολική), αλλά όχι απόβλητα που περιλαμβάνονται όπως προαναφέρθηκε

στους δευτερογενείς πόρους. Το άθροισμα όλων των αρχικών ενεργειών που χρειάζεται για να παραδοθεί ένα προϊόν ή μια υπηρεσία αποτελούν το CER.

- ♦ **Ενεργειακοί μεταφορείς** είναι τα καύσιμα (π.χ βενζίνη, κάρβουνο, H<sub>2</sub>, ξύλο), ο ηλεκτρισμός, η θερμότητα καθώς επίσης και το ουράνιο.
- ♦ **Εξωτερικό κόστος** είναι το περιβαλλοντικό κόστος των εκπομπών. Αυτές οι δαπάνες αντιπροσωπεύουν την νομισματική αξία των εκπομπών ή την αποφυγή των εκπομπών και υπολειμμάτων. Το εξωτερικό κόστος δεν είναι μέρος των συνηθισμένων οικονομικών υπολογισμών. Το κοινωνικό κόστος από τις εκπομπές και τα υπολείμματα είναι πέρα από το πεδίο της ιδιωτικής οικονομικής εκτίμησης, αν και από κοινωνική άποψη, οι εξωτερικές δαπάνες πρέπει να ληφθούν στις αποφάσεις σχετικά με τις επενδύσεις και την προμήθεια. Η βάση δεδομένων του μοντέλου για το εξωτερικό κόστος, δίνει τις τιμές για τους ατμοσφαιρικούς ρύπους και για τα αέρια του θερμοκηπίου που αντιστοιχούν στο κόστος της αποφυγής ή του ελέγχου αυτών.
- ♦ **Αποδοτικότητα** είναι η ποσοτική αναλογία ανάμεσα στο τελικό προϊόν της διεργασίας και στο αρχικό εισαγόμενο προϊόν, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη βοηθητικές ενέργειες και υλικά.
- ♦ **Εκπομπές** είναι τα προϊόντα που σχετίζονται με τη λειτουργία της διεργασίας. Στο πρόγραμμα GEMIS, οι εκπομπές αποτελούνται από τους ατμοσφαιρικούς ρύπους, τα αέρια του θερμοκηπίου, τα στερεά και υγρά απόβλητα.
  - ο **ατμοσφαιρικοί ρύποι** περιλαμβάνουν κυρίως το SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HCl, HF, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S από τα οποία το GEMIS καθορίζει τη δυνατότητα δημιουργίας όξινης απόθεσης και CO, NMVOC, NO<sub>x</sub> από τα οποία καθορίζει τη δυνατότητα δημιουργίας πρόδρομων αερίων του όζοντος..
  - ο **αέρια του θερμοκηπίου** περιλαμβάνει κυρίως τα CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, SF<sub>6</sub>, PFC και HFC.
  - ο **στερεά απόβλητα** περιλαμβάνει κυρίως το υπερφορτίο, την τέφρα, επεξεργασία λυμάτων λάσπης, FGD (flue – gas - desulfurization,

emission control technology) υπολείμματα και απόβλητα παραγωγής.

- ο **υγρά απόβλητα** περιλαμβάνει κυρίως τους περιβαλλοντικούς δείκτες AOX, BOD, COD, N, P και ανόργανα άλατα.
- ♦ **Ισχύς** είναι η ικανότητα μιας διεργασίας, κατά την οποία μπορεί να παράγει προϊόντα, δηλαδή ποσότητα προϊόντων στη μονάδα χρόνου. Ανάλογα με την διεργασία, η δυναμικότητα μπορεί να αφορά ενέργεια (πχ. MW ηλεκτρισμού), ή υλικά (πχ. tn/hr), ή μέσα μεταφοράς (πχ. miles/yr).

### 3.5.2 Υποθέσεις

1. Η μελέτη γίνεται βάση δεδομένων του 2000.
2. Για τον υπολογισμό της AKZ για όλες τις διεργασίες παραγωγής χρησιμοποιήθηκε ο LHV.
3. Λόγω του ότι δεν υπάρχει ακόμα πρακτική εμπειρία στην Ελλάδα γύρω από την καλλιέργεια των πρώτων υλών των βιοκαυσίμων και την επεξεργασία αυτών, οι τιμές στις κύριες διεργασίες είναι υποθετικές βάση αποτελεσμάτων της Γερμανίας και όσο το δυνατόν προσαρμοσμένες στα ελληνικά δεδομένα.
4. Οι μεμονωμένες εκπομπές από κάθε διεργασία, λόγω της δύσκολης εύρεσης τους, ελήφθησαν από τη βάση δεδομένων του μοντέλου.
5. Η παραγωγή προϊόντων με βάση το αργό πετρέλαιο στην Ελλάδα, όπως ντίζελ και βενζίνη, έγινε με βάση την παρακάτω αλυσίδα διεργασιών :
  - i. Πρωτοβάθμια παράκτια εξαγωγή αργού πετρελαίου στην Ε.Ε (Βόρεια Θάλασσα)

Για τη γεώτρηση χρειάστηκε ηλεκτρική ενέργεια ( $1 \cdot 10^{-3}$  kWh/kWh), ισχύς-μηχανική ( $2 \cdot 10^{-3}$  kWh/kWh) καθώς και θερμότητα ( $2,3 \cdot 10^{-3}$  kWh/kWh).
  - ii. Μίγμα πετρελαίου πρωτοβάθμιας (50%) και δευτεροβάθμιας (50%) εξαγωγής στην Ε.Ε
  - iii. Μεταφορά του αργού πετρελαίου μέσω σωληνώσεων στην Ε.Ε. Ως βοηθητική ενέργεια χρησιμοποιείται το μίγμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τις χώρες τις Ε.Ε

- iv. Μίξη αργού πετρελαίου διαφόρων προμηθευτών στην Ελλάδα. Το αργό πετρέλαιο προμηθεύεται κατά 15% από την Ε.Ε, κατά 13% από την Ελλάδα, κατά 22% από τη Ρωσία και τέλος 50% εισάγεται από τις χώρες ΟΡΕC. Η μεταφορά από τις χώρες ΟΡΕC γίνεται με τάνκερ.
  - v. Μεταφορά του μίγματος αργού πετρελαίου μέσω σωληνώσεων στην Ελλάδα. Ως βοηθητική ενέργεια χρησιμοποιείται η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται στην Ελλάδα και περιγράφεται παρακάτω.
  - vi. Απόσταξη του μίγματος
  - vii. Παραγωγή επιθυμητού προϊόντος
  - viii. Σταθμοί ανεφοδιασμού καυσίμου
  - ix. Χρήση από το όχημα
6. Η παραγωγή ενέργειας για ηλεκτρισμό στην Ελλάδα, έγινε βάση δεδομένων του 2000 και αποτελείται από τις εξής πηγές ενέργειας (Πίνακας ):

Πηγή	Προϊόν	Ποσότητα [%]
Λιγνίτης	ηλεκτρισμός	64,21
Βαρύ πετρέλαιο	ηλεκτρισμός	16,65
Φυσικό αέριο	ηλεκτρισμός	11,1
Απόβλητα - Υπολείμματα	ηλεκτρισμός	0,30
Υδροηλεκτρική ενέργεια	ηλεκτρισμός	6,90
Αιολική ενέργεια	ηλεκτρισμός	0,84
Σύνολο		100

**Πίνακας 14:** Πηγές ενέργειας για την ηλεκτροπαραγωγή στην Ελλάδα

Το κόστος για τις παραπάνω διεργασίες είναι :

Πηγή	Κόστος	
Λιγνίτης	$87,895 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh
Βαρύ πετρέλαιο	$48,780 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh
Φυσικό αέριο	$47,619 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh
Απόβλητα - Υπολείμματα	7,5942852	€ / kWh
Υδροηλεκτρική ενέργεια	0	€ / kWh
Αιολική ενέργεια	$265,56 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh
Σύνολο	$94,858 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh

**Πίνακας 15:** Κόστος διεργασιών ηλεκτροπαραγωγής.

### 3.5.3 Περιγραφή της παραγωγής βιοντίζελ με πρώτη ύλη το συναπόσπορο.

Θα γίνει σε αυτό το σημείο μια αναλυτική περιγραφή της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για την ΑΚΖ του βιοντίζελ προερχόμενο από συναπόσπορο και των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, λόγω της πολυπλοκότητας του συστήματος δεν ήταν δυνατό να περιγραφούν με λεπτομέρεια όλα τα στάδια της ΑΚΖ. Έτσι η περιγραφή περιορίστηκε στις κύριες διεργασίες, στις άμεσα εξαρτώμενες δευτερεύουσες διεργασίες και στα μεταφορικά μέσα που χρησιμοποιήθηκαν.

#### (i) Κύριες Διεργασίες

##### 1. Καλλιέργεια του συναπόσπορου

Τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης είναι τα ακόλουθα :

Χρόνος λειτουργίας	8760	h/yr
Ισχύς	3,2896	kW
Αποδοτικότητα	100%	%
Χρόνος ζωής	1	yr
Περιοχή	$3,0399 \cdot 10^3$	m <sup>2</sup> /kW
Απασχόληση	$5 \cdot 10^{-3}$	persons

**Πίνακας 16:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά εγκατάστασης

Τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά της περιοχής στην οποία βασίζεται η παραγωγή είναι τα ακόλουθα :

Ετήσια παραγωγή	$28,8167 \cdot 10^3$	kWh/yr
Περιοχή	$10 \cdot 10^3$	m <sup>2</sup>
Χρόνος ζωής	1	yr
Απασχόληση	$5 \cdot 10^{-3}$	persons

**Πίνακας 17:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά περιοχής



Το προϊόν από αυτή τη διεργασία είναι σπόροι συναπόσπορου (rape seeds) με τα παρακάτω χαρακτηριστικά :

Ειδικό βάρος	0,16	kg/kWh
Συντελεστής εκπομπής CO <sub>2</sub>	88,3140*10 <sup>3</sup>	kg/TJ
Συντελεστής εκπομπής SO <sub>2</sub>	82,3337	kg/TJ
LHV	21,84	MJ/kg
HHV	23,569	MJ/kg
Μεταβλητό κόστος	0,05	€/kWh
Κόστος	48,309*10 <sup>-3</sup>	€/kWh

**Πίνακας 18:** Χαρακτηριστικά των σπόρων συναπόσπορου

Σύσταση του προϊόντος κατά την παραλαβή.

Περιεκτικότητα σε άνθρακα	52,64%
Περιεκτικότητα σε υδρογόνο	6,24%
Περιεκτικότητα σε άζωτο	3,43%
Περιεκτικότητα σε οξυγόνο	20,7%
Περιεκτικότητα σε θείο	0,09%
Περιεκτικότητα σε χλώριο	0%
Περιεκτικότητα σε φθόριο	0%
Περιεκτικότητα σε νερό	13%
Περιεκτικότητα σε στάχτη	3,9%

**Πίνακας 19:** Χαρακτηριστικά του προϊόντος

Εκπομπές της διεργασίας σύμφωνα με τη βάση δεδομένων του μοντέλου.

Εκπομπές	[kg/TJ]	Αέρια θερμοκηπίου	[kg/TJ]
SO <sub>2</sub>	3,36E-01	CO <sub>2</sub>	1,78E+03
NO <sub>x</sub>	19,182572	CH <sub>4</sub>	7,87E-02
HCl	5,76E-04	N <sub>2</sub> O	41,34663582
HF	0	HFC-23	0
Σωματίδια	1,6676306	HFC-32	0
CO	5,6583767	HFC-43-10mee	0
NMVOC	3,2003085	HFC-125	0
H <sub>2</sub> S	0	HFC-134	0
NH <sub>3</sub>	83,874687	HFC-134a	0
As (air)	0	HFC-152a	0
Cd (air)	0	HFC-143	0
Cr (air)	0	HFC-143a	0
Hg (air)	0	HFC-227	0
Ni (air)	0	HFC-236	0
Pb (air)	0	HFC-245	0
PAH (air)	0	SF <sub>6</sub>	0
PCDD/F (air)	0	Perfluoromethane	0
		Perfluoroethane	0
		Perfluorocyclobutane	0
		Perfluorohexane	0
		Perfluoropropane	0
		Perfluorobutane	0
		Perfluoropentane	0

**Πίνακας 20:** Εκπομπές κατά την καλλιέργεια του συναπόσπορου

Κόστος της διεργασίας :

Κόστος βοηθητικής ενέργειας και υλικών	120,47369	€/ yr	4,1807*10 <sup>-3</sup>	€/ kWh
Σύνολο (άθροισμα)	120,47369	€/ yr	4,1807*10 <sup>-3</sup>	€/ kWh
Συνδεδεμένο κόστος προϊόντων	48,309*10 <sup>-3</sup>	€/ kWh		

**Πίνακας 21:** Κόστος καλλιέργειας

## 2. Αποθήκευση και ξήρανση του προϊόντος

Τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης είναι τα ακόλουθα :

Χρόνος λειτουργίας	2000	h/yr
Ισχύς	$1,93 \cdot 10^3$	kW
Αποδοτικότητα	100,259%	%
Χρόνος ζωής	15	yr
Περιοχή	$68,91 \cdot 10^{-3}$	m <sup>3</sup> /kW
Απασχόληση	$5 \cdot 10^{-3}$	persons
Χρήση γης	133	m <sup>2</sup>

**Πίνακας 22:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης

Το προϊόν από αυτή τη διεργασία είναι ξηραμένοι σπόροι συναπόσπορου (rape seeds dried) με τα παρακάτω χαρακτηριστικά :

Ειδικό βάρος	0,16	kg/kWh
Συντελεστής εκπομπής CO <sub>2</sub>	$87,8259 \cdot 10^3$	kg/TJ
Συντελεστής εκπομπής SO <sub>2</sub>	77,641188	kg/TJ
LHV	23,16	MJ/kg
HHV	24.8469	MJ/kg
Μεταβλητό κόστος	0,05	€/kWh
Κόστος	$47,9178 \cdot 10^{-3}$	€/kWh

**Πίνακας 22:** Χαρακτηριστικά ξηραμένων σπόρων συναπόσπορου μετά την ξήρανση

Σύσταση του προϊόντος κατά την παραλαβή.

Περιεκτικότητα σε άνθρακα	55,51%
Περιεκτικότητα σε υδρογόνο	6,58%
Περιεκτικότητα σε άζωτο	3,61%
Περιεκτικότητα σε οξυγόνο	21,83%
Περιεκτικότητα σε θείο	0,09%
Περιεκτικότητα σε χλώριο	0%
Περιεκτικότητα σε φθόριο	0%
Περιεκτικότητα σε νερό	8,27%
Περιεκτικότητα σε στάχτη	4,12%

**Πίνακας 23:** Χαρακτηριστικά του προϊόντος μετά την ξήρανση

Εκπομπές και απόβλητα της διεργασίας σύμφωνα με τη βάση δεδομένων του μοντέλου.

Εκπομπές	[kg/TJ]	Αέρια θερμοκηπίου	[kg/TJ]
SO <sub>2</sub>	2,14E-01	CO <sub>2</sub>	755,6131261
NO <sub>x</sub>	3,05E-01	CH <sub>4</sub>	7,12E-02
HCl	0	N <sub>2</sub> O	1,04E-02
HF	0	HFC-23	0
Σωματίδια	1,02E-03	HFC-32	0
CO	3,05E-01	HFC-43-10mee	0
NM VOC	5,09E-02	HFC-125	0
H <sub>2</sub> S	0	HFC-134	0
NH <sub>3</sub>	0	HFC-134a	0
PAH (air)	3,05E-07	HFC-152a	0
PCDD/F (air)	1,59E-11	HFC-143	0
		HFC-143a	0
		HFC-227	0
		HFC-236	0
		HFC-245	0
		SF <sub>6</sub>	0
		Perfluoromethane	0
		Perfluoroethane	0
		Perfluorocyclobutane	0
		Perfluorohexane	0
		Perfluoropropane	0
		Perfluorobutane	0
		Perfluoropentane	0

**Πίνακας 24:** Εκπομπές κατά την αποθήκευση και ξήρανση του προϊόντος

Κόστος της διεργασίας :

Κόστος μεταφοράς	261,55166	€/ yr	67,759*10 <sup>-6</sup>	€/ kWh
Κόστος καυσίμου/input (συναπόσπορος)	185,991*10 <sup>3</sup>	€/ yr	48,184*10 <sup>-3</sup>	€/ kWh
Κόστος βοηθητικής ενέργειας και υλικών	1,7700*10 <sup>3</sup>	€/ yr	458,55*10 <sup>-6</sup>	€/ kWh
Σύνολο (άθροισμα)	188,023*10 <sup>3</sup>	€/ yr	48,711*10 <sup>-3</sup>	€/ kWh
Συνδεδεμένο κόστος προϊόντων	47,918*10 <sup>-3</sup>	€/ kWh		

**Πίνακας 25:** Κόστος αποθήκευσης και ξήρανσης του προϊόντος

## 3. Άλεση του προϊόντος

Τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης είναι τα ακόλουθα :

Χρόνος λειτουργίας	8000	h/yr
Ισχύς	$12,5 \cdot 10^3$	kW
Αποδοτικότητα	66,22%	%
Χρόνος ζωής	20	yr
Περιοχή	560	m <sup>2</sup> /kW
Απασχόληση	4	persons
Χρήση γης	$7 \cdot 10^6$	m <sup>2</sup>

**Πίνακας 26:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης

Το προϊόν από αυτή τη διεργασία είναι βιοντίζελ από συναπόσπορο (rape seeds oil) με τα παρακάτω χαρακτηριστικά :

Ειδικό βάρος	0,10	kg/kWh
Συντελεστής εκπομπής CO <sub>2</sub>	$76,3283 \cdot 10^3$	kg/TJ
Συντελεστής εκπομπής HCl	1,382299	kg/TJ
LHV	37,2	MJ/kg
HHV	39,8125	MJ/kg
Μεταβλητό κόστος	0,08	€/kWh
Κόστος	$79.79 \cdot 10^{-3}$	€/kWh

**Πίνακας 27:** Χαρακτηριστικά του βιοντίζελ μετά την άλεση

Σύσταση του προϊόντος κατά την παραλαβή.

Περιεκτικότητα σε άνθρακα	77,493%
Περιεκτικότητα σε υδρογόνο	11.6%
Περιεκτικότητα σε άζωτο	0,001%
Περιεκτικότητα σε οξυγόνο	10,8%
Περιεκτικότητα σε θείο	0%
Περιεκτικότητα σε χλώριο	0,005%
Περιεκτικότητα σε φθόριο	0%
Περιεκτικότητα σε νερό	0,1%
Περιεκτικότητα σε στάχτη	0,001%

**Πίνακας 28:** Σύσταση του βιοντίζελ μετά την άλεση

Εκπομπές και απόβλητα της διεργασίας σύμφωνα με τη βάση δεδομένων του μοντέλου.

Εκπομπές	[kg/TJ]	Αέρια θερμοκηπίου	[kg/TJ]
SO <sub>2</sub>	0	CO <sub>2</sub>	0
NO <sub>x</sub>	0	CH <sub>4</sub>	0
HCl	0	N <sub>2</sub> O	0
HF	0	HFC-23	0
Σωματίδια	0	HFC-32	0
CO	0	HFC-43-10mee	0
NM VOC	1,98387E-2	HFC-125	0
H <sub>2</sub> S	0	HFC-134	0
NH <sub>3</sub>	0	HFC-134a	0
PAH (air)	0	HFC-152a	0
PCDD/F (air)	0	HFC-143	0
		HFC-143a	0
		HFC-227	0
		HFC-236	0
		HFC-245	0
		SF <sub>6</sub>	0
		Perfluoromethane	0
		Perfluoroethane	0
		Perfluorocyclobutane	0
		Perfluorohexane	0
		Perfluoropropane	0
		Perfluorobutane	0
		Perfluoropentane	0

**Πίνακας 29:** Εκπομπές από την άλεση του προϊόντος

Κόστος της διεργασίας :

Κόστος μεταφοράς	125,055*10 <sup>3</sup>	€/ yr	1,2505*10 <sup>-3</sup>	€/ kWh
Κόστος καυσίμου/input (rape-seeds dried)	7,23565*10 <sup>6</sup>	€/ yr	72,357*10 <sup>-3</sup>	€/ kWh
Κόστος δευτερογενών προϊόντων	736,574*10 <sup>3</sup>	€/ yr	7,3657*10 <sup>-3</sup>	€/ kWh
Σύνολο (άθροισμα)	6,62414*10 <sup>6</sup>	€/ yr	66,241*10 <sup>-3</sup>	€/ kWh
Συνδεδεμένο κόστος προϊόντων	79,798*10 <sup>-3</sup>	€/ kWh		

**Πίνακας 30:** Κόστος της άλεσης του προϊόντος

4. Σταθμός ανεφοδιασμού βιοντίζελ

Τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης είναι τα ακόλουθα :

Χρόνος λειτουργίας	2000	h/yr
Δυναμικότητα	$1 \cdot 10^3$	kW
Αποδοτικότητα	100%	%
Χρόνος ζωής	10	yr
Περιοχή	0	m <sup>2</sup> /kW
Απασχόληση	0	persons
Χρήση γης	0	m <sup>2</sup>

**Πίνακας 31:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά εγκατάστασης

Δεν υπάρχουν εκπομπές στην παραπάνω διεργασία.

Κόστος της διεργασίας :

Κόστος μεταφοράς	$1,35970 \cdot 10^3$	€ / yr	$679,85 \cdot 10^{-6}$	€ / kWh
Κόστος καυσίμου/input (rapeseed oil)	$159,596 \cdot 10^3$	€ / yr	$79,798 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh
Σύνολο (άθροισμα)	$160,955 \cdot 10^3$	€ / yr	$80,478 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh
Συνδεδεμένο κόστος προϊόντων	$79,798 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh		

**Πίνακας 32:** Κόστος ανεφοδιασμού καυσίμου

5. Χρήση καυσίμου από τα οχήματα

Τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης είναι τα ακόλουθα :

Ειδική κατανάλωση	$638,9 \cdot 10^{-3}$ ( $61,828 \cdot 10^{-3}$ )	kWh/km (kg/km)
Χωρητικότητα	1,42	persons
Διανυόμενη Απόσταση	$15 \cdot 10^3$	km/yr
Χρόνος ζωής	10	yr

**Πίνακας 33:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά εγκατάστασης

Εκπομπές της διεργασίας σύμφωνα με τη βάση δεδομένων του μοντέλου.

Εκπομπές	[kg/km]	Αέρια θερμοκηπίου	[kg/km]
SO <sub>2</sub>	0	CO <sub>2</sub>	0
NO <sub>x</sub>	2,50E-04	CH <sub>4</sub>	9,57E-07
HCl	3,18E-06	N <sub>2</sub> O	8,00E-06
HF	0	HFC-23	0
Σωματίδια	8,82E-06	HFC-32	0
CO	2,49E-04	HFC-43-10mee	0
NMVOC	3,89E-05	HFC-125	0
H <sub>2</sub> S	0	HFC-134	0
NH <sub>3</sub>	1,00E-06	HFC-134a	0
PAH (air)	4,22E-10	HFC-152a	0
PCDD/F (air)	0	HFC-143	0
		HFC-143a	0
		HFC-227	0
		HFC-236	0
		HFC-245	0
		SF <sub>6</sub>	0
		Perfluoromethane	0
		Perfluoroethane	0
		Perfluorocyclobutane	0
		Perfluorohexane	0
		Perfluoropropane	0
		Perfluorobutane	0
		Perfluoropentane	0

**Πίνακας 34:** Εκπομπές από τη χρήση του καυσίμου από τα οχήματα

Κόστος της διεργασίας :

Κόστος καυσίμου/input (rapeseed oil)	764,72953	€/yr	50,982*10 <sup>-3</sup> (35,903*10 <sup>-3</sup> )	€/km (€/P*km)
--------------------------------------	-----------	------	-------------------------------------------------------	------------------

**Πίνακας 35:** Κόστος της χρήσης καυσίμου από τα οχήματα

## (ii) Μεταφορές

### 1. Τρακτέρ

Η μεταφορά του προϊόντος από τα καλλιεργήσιμα εδάφη στον χώρο αποθήκευσης και ξήρανσης (ξηραντήρας) γίνεται με τρακτέρ μεσαίου μεγέθους, με χαρακτηριστικά που περιγράφονται παρακάτω. Η υπόθεση που γίνεται είναι ότι κατά την μεταφορά του φορτίου έχουμε 100% πλήρωση, ενώ στην επιστροφή είναι εντελώς άδειο.



Ειδική κατανάλωση	4,170833 (352,46*10 <sup>-3</sup> )	kWh/km (kg/km)
Χωρητικότητα	6,5	tn
Διανυόμενη Απόσταση	8*10 <sup>3</sup>	km/yr
Χρόνος ζωής	12	yr
Χρήση γης	22,5	m <sup>2</sup>
Υποθετική απόσταση μεταφοράς	4	km

**Πίνακας 36:** Χαρακτηριστικά τρακτέρ

Εκπομπές της διεργασίας σύμφωνα με τη βάση δεδομένων του μοντέλου.

Εκπομπές	[kg/km]	Αέρια θερμοκηπίου	[kg/km]
SO2	1,16E-03	CO2	1,11705106
NOx	7,74E-03	CH4	8,71E-05
HCl	0	N2O	1,16E-04
HF	0	HFC-23	0
Particulates	1,76E-03	HFC-32	0
CO	6,57E-03	HFC-43-10mee	0
NMVOG	3,56E-03	HFC-125	0
H2S	0	HFC-134	0
NH3	7,02E-06	HFC-134a	0
PAH (air)	2,87E-09	HFC-152a	0
PCDD/F (air)	2,11E-14	HFC-143	0
		HFC-143a	0
		HFC-227	0
		HFC-236	0
		HFC-245	0
		SF6	0
		Perfluoromethane	0
		Perfluoroethane	0
		Perfluorocyclobutane	0
		Perfluorohexane	0
		Perfluoropropane	0
		Perfluorobutane	0
		Perfluoropentane	0

**Πίνακας 37:** Εκπομπές από το τρακτέρ

Κόστος της διεργασίας :

Κόστος καυσίμου/input (diesel)	5,35781*10 <sup>3</sup>	€/yr	669,73*10 <sup>-3</sup> (103,03*10 <sup>-3</sup> )	€/km (€/t*km)
--------------------------------	-------------------------	------	-------------------------------------------------------	------------------

**Πίνακας 38:** Κόστος της μεταφοράς με τρακτέρ

## 2. Φορτηγό

Η μεταφορά του προϊόντος από τους χώρους αποθήκευσης και ξήρανσής του προς τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας όπου θα πραγματοποιείται η άλεση, γίνεται με φορτηγό. Η υποθετική διανυόμενη απόσταση είναι 30 km. Με χαρακτηριστικά :

Ειδική κατανάλωση	4,0833 (345,07*10 <sup>-3</sup> )	kWh/km (kg/km)
Χωρητικότητα	14	tn
Διανυόμενη Απόσταση	160*10 <sup>3</sup>	Km/yr
Χρόνος ζωής	8	yr

**Πίνακας 39:** Χαρακτηριστικά του φορτηγού

Εκπομπές της διεργασίας σύμφωνα με τη βάση δεδομένων του μοντέλου.

Εκπομπές	[kg/km]	Αέρια θερμοκήπιου	[kg/km]
SO2	1,14E-03	CO2	1,093616
NOx	9,80E-03	CH4	1,76E-05
HCl	0	N2O	3,30E-05
HF	0	HFC-23	0
Particulates	2,70E-04	HFC-32	0
CO	1,03E-03	HFC-43-10mee	0
NMVOC	7,20E-04	HFC-125	0
H2S	0	HFC-134	0
NH3	5,00E-06	HFC-134a	0
PAH (air)	2,30E-09	HFC-152a	0
PCDD/F (air)	2,04E-14	HFC-143	0
		HFC-143a	0
		HFC-227	0
		HFC-236	0
		HFC-245	0
		SF6	0
		Perfluoromethane	0
		Perfluoroethane	0
		Perfluorocyclobutane	0
		Perfluorohexane	0
		Perfluoropropane	0
		Perfluorobutane	0
		Perfluoropentane	0

**Πίνακας 40:** Εκπομπές από το φορτηγό

Το κόστος ανέρχεται σε :

Κόστος καυσίμου/input (diesel)	104,908*10 <sup>3</sup>	€/yr	655,68*10 <sup>-3</sup> (46,834*10 <sup>-3</sup> )	€/km (€/t*Km)
--------------------------------	-------------------------	------	-------------------------------------------------------	------------------

**Πίνακας 41:** Κόστος από τη μεταφορά με φορτηγό

## 3. Φορτηγό

Η μεταφορά του προϊόντος από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας στους σταθμούς ανεφοδιασμού του καυσίμου γίνεται πάλι με φορτηγό, με χαρακτηριστικά που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Η υποθετική απόσταση είναι 100km. Η υπόθεση που γίνεται είναι ότι κατά την μεταφορά του φορτίου έχουμε 50% πλήρωση.

## (iii) Δευτερεύουσες διεργασίες

## 1. Βοηθητικά υλικά καλλιέργειας

Για την καλλιέργεια του συναπόσπορου χρησιμοποιήθηκαν λιπάσματα και φυτοφάρμακα στις εξής ποσότητες :

Διεργασία διανομής βοηθητικών υλικών	Βοηθητικό υλικό	Ποσότητα [kg/kWh]
chem-inorg\fertilizer--N	fertilizer-N	$7,57*10^{-3}$
chem-inorg\fertilizer-P	fertilizer-P	$2,86*10^{-3}$
chem-inorg\fertilizer-K	fertilizer-K	$1,56*10^{-3}$
chem-inorg\fertilizer-Ca	fertilizer-Ca	$1,04*10^{-3}$
chem-inorg\pesticides	herbi-pesticides	$4,26*10^{-5}$
Sum		$1,31*10^{-2}$

**Πίνακας 42:** Ποσότητες λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων

- ♦ Αναλυτικότερα το λίπασμα αζώτου παράγει τους εξής ρύπους :

Εκπομπές	[kg/kg]	Αέρια θερμοκηπίου	[kg/kg]
SO <sub>2</sub>	4,03E-03	CO <sub>2</sub>	2,47
NO <sub>x</sub>	1,47E-02	CH <sub>4</sub>	2,40E-04
HCl	5,97E-05	N <sub>2</sub> O	1,51E-02
HF	0		
Particulates	2,34E-03		
CO	2,50E-03		
NM VOC	2,94E-04		
H <sub>2</sub> S	0		
NH <sub>3</sub>	6,69E-03		
PAH (air)	6,17E-10		
PCDD/F (air)	1,17E-12		

**Πίνακας 43:** Εκπομπές από το λίπασμα αζώτου

Ενώ το κόστος ανέρχεται σε  $133,517*10^6$  €/yr ή  $423,38*10^{-3}$  €/kg

- ♦ Το λίπασμα φωσφόρου παράγει του εξής ρύπους :

Εκπομπές	[kg/kg]	Αέρια θερμοκηπίου	[kg/kg]
SO <sub>2</sub>	1,09E-02	CO <sub>2</sub>	6,92E-01
NO <sub>x</sub>	7,74E-03	CH <sub>4</sub>	2,44E-05
HCl	6,76E-06	N <sub>2</sub> O	2,83E-05
HF	0		
Particulates	1,54E-03		
CO	1,26E-03		
NM VOC	3,81E-04		
H <sub>2</sub> S	0		
NH <sub>3</sub>	1,22E-05		
PAH (air)	8,57E-10		
PCDD/F (air)	1,76E-13		

**Πίνακας 44:** Εκπομπές από το λίπασμα φωσφόρου

Ενώ το κόστος ανέρχεται σε  $12,03 \cdot 10^6 \text{ €/yr}$  ή  $152,63 \cdot 10^{-3} \text{ €/kg}$

- ♦ Το λίπασμα καλίου παράγει τους εξής ρύπους :

Εκπομπές	[kg/kg]	Αέρια θερμοκηπίου	[kg/kg]
SO <sub>2</sub>	1,15E-04	CO <sub>2</sub>	4,79E-01
NO <sub>x</sub>	8,87E-04	CH <sub>4</sub>	1,89E-05
HCl	6,79E-05	N <sub>2</sub> O	4,39E-05
HF	0		
Particulates	1,27E-03		
CO	3,37E-04		
NM VOC	1,03E-04		
H <sub>2</sub> S	0		
NH <sub>3</sub>	1,82E-06		
PAH (air)	1,62E-10		
PCDD/F (air)	2,11E-13		

**Πίνακας 45:** Εκπομπές από το λίπασμα καλίου

Ενώ το κόστος ανέρχεται σε  $30,08 \cdot 10^6 \text{ €/yr}$  ή  $95,395 \cdot 10^{-3} \text{ €/kg}$

- ♦ Το λίπασμα ασβεστίου παράγει τους εξής ρύπους :

Εκπομπές	[kg/kg]	Αέρια θερμοκηπίου	[kg/kg]
SO <sub>2</sub>	1,58E-05	CO <sub>2</sub>	1,92E-01
NO <sub>x</sub>	4,15E-04	CH <sub>4</sub>	4,45E-06
HCl	8,04E-06	N <sub>2</sub> O	1,60E-05
HF	0		
Particulates	9,68E-04		
CO	2,98E-03		
NM <sub>VOC</sub>	4,31E-05		
H <sub>2</sub> S	0		
NH <sub>3</sub>	8,78E-07		
PAH (air)	5,83E-11		
PCDD/F (air)	2,22E-14		

**Πίνακας 46:** Εκπομπές από το λίπασμα ασβεστίου

Ενώ το κόστος ανέρχεται σε  $7,2366 \cdot 10^6$  €/yr ή  $22,947 \cdot 10^{-3}$  €/kg

- ♦ Τα φυτοφάρμακα παράγουν τους εξής ρύπους :

Εκπομπές	[kg/kg]	Αέρια θερμοκηπίου	[kg/kg]
SO <sub>2</sub>	1,74E-02	CO <sub>2</sub>	4,92
NO <sub>x</sub>	6,92E-03	CH <sub>4</sub>	1,81E-04
HCl	2,14E-04	N <sub>2</sub> O	1,51E-03
HF	0		
Σωματίδια	9,79E-04		
CO	2,66E-03		
NM <sub>VOC</sub>	2,88E-04		
H <sub>2</sub> S	0		
NH <sub>3</sub>	1,62E-04		
PAH (air)	1,53E-10		
PCDD/F (air)	2,04E-12		

**Πίνακας 47:** Εκπομπές φυτοφαρμάκων

Ενώ το κόστος ανέρχεται σε  $74,0583 \cdot 10^9$  €/yr ή  $14,8117 \cdot 10^{-3}$  €/kg

### 2. Ενέργεια για την κάλυψη των μεταφορικών αναγκών

Ως καύσιμο για το τρακτέρ χρησιμοποιείται ντίζελ. Η μεταφορά του ντίζελ μέχρι το σημείο ανεφοδιασμού γίνεται με φορτηγό, το οποίο διανύει απόσταση 100km. Η απαιτούμενη ποσότητα είναι  $2,40987 \cdot 10^{-2}$  kWh/kWh και το κόστος είναι :

Κόστος μεταφοράς	$3,0629 \cdot 10^3$	€ / yr	$612,58 \cdot 10^{-6}$	€ / kWh
Κόστος καυσίμου/input (diesel)	$867,411 \cdot 10^3$	€ / yr	$173,48 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh
Σύνολο(άθροισμα)	$870,474 \cdot 10^3$	€ / yr	$174,09 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh
Συνδεδεμένο κόστος προϊόντων	$173,48 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh		

**Πίνακας 48:** Κόστος για την κάλυψη ενέργειας μεταφορικών αναγκών

### 3. Ενεργειακές ανάγκες για τη λειτουργία του ξηραντήρα

Ως καύσιμο στον ξηραντήρα χρησιμοποιείται πετρέλαιο. Η απαιτούμενη ποσότητα είναι  $1,01899 \cdot 10^{-2}$  kWh/kWh. Έχουμε άμεσες εκπομπές SO<sub>2</sub> (2,06kg/TJ) από τη μονάδα ανάκτησης θείου (μονάδα Claus) και διάχυτες εκπομπές CH<sub>4</sub> ( $2,4 \cdot 10^{-1}$ kg/TJ) και NMVOC (7,76kg/TJ) από τις πρότυπες εγκαταστάσεις απόσταξης (πχ.απώλειες βαλβίδων, απώλειες κατά την αποθήκευση κ.α).

Το κόστος ανέρχεται σε :

Κόστος καυσίμου/input (αργό πετρέλαιο)	$246,231 \cdot 10^6$	€ / yr	$17,588 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh
Κόστος δευτερογενών προϊόντων	$7,21401 \cdot 10^3$	€ / yr	$515,29 \cdot 10^{-9}$	€ / kWh
Σύνολο (άθροισμα)	$246,224 \cdot 10^6$	€ / yr	$17,587 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh
Συνδεδεμένο κόστος προϊόντων	1,35	€ / kWh		

**Πίνακας 49:** Κόστος ξήρανσης

#### 4. Ενεργειακές ανάγκες για την κάλυψη ηλεκτρικών αναγκών στην διεργασία της ξήρανσης

Για την παραγωγή της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας κατά την διεργασία της ξήρανσης, απαιτούνται  $2,81347 \cdot 10^{-3}$  kWh για την παραγωγή μιας kWh καυσίμου. Το κόστος ανέρχεται στα  $42,8570 \cdot 10^3$  €/yr ή  $85,714 \cdot 10^{-3}$  €/kWh

Έχουμε τα εξής χαρακτηριστικά για τη διανομή ηλεκτρικού ρεύματος :

Λειτουργία	5000	h/yr
Ισχύς	100	kW
Χρόνος ζωής	50	yr
Απώλειες	600	%/100km
Πλάτος	0,4	m
Μήκος	$200 \cdot 10^{-3}$	km

**Πίνακας 50:** Χαρακτηριστικά διανομής ηλεκτρικού ρεύματος

#### 5. Βοηθητικά υλικά άλεσης

Διεργασία διανομής βοηθητικών υλικών	Βοηθητικό υλικό	Ποσότητα [kg/kWh]
chem-inorg\hexane	hexane	$1,25 \cdot 10^{-4}$
chem-inorg\bleaching earth	bleaching earth	$6,05 \cdot 10^{-4}$
chem-inorg\citrus acid	citrus acid	$4,84 \cdot 10^{-5}$
Sum		$7,78 \cdot 10^{-4}$

**Πίνακας 51:** Ποσότητες βοηθητικών υλικών άλεσης

#### 6. Ενεργειακές ανάγκες για την κάλυψη ηλεκτρικών και θερμικών αναγκών στην διεργασία της άλεσης

Για την παραγωγή της απαιτούμενης ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας κατά την διεκπεραίωση της διεργασίας της άλεσης, απαιτούνται  $9,06774 \cdot 10^{-3}$  kWh/kWh καυσίμου και  $4,83871 \cdot 10^{-2}$  kWh/kWh καυσίμου αντίστοιχα .

Η ίδια διαδικασία ακολουθείται για την AKZ και των υπόλοιπων διεργασιών παραγωγής των υγρών βιοκαυσίμων. Συνοπτική περιγραφή ακολουθεί παρακάτω, ενώ αναλυτικότερη περιγραφή παρουσιάζεται στο Παράρτημα.

### 3.5.4 Συνοπτική περιγραφή της παραγωγής βιοντίζελ με πρώτη ύλη τον ηλιάνθο.

#### ( i ) Κύριες Διεργασίες

1. Καλλιέργεια του ηλιάνθου
2. Αποθήκευση και ξήρανση του προϊόντος
3. Άλεση του προϊόντος
4. Σταθμός ανεφοδιασμού βιοντίζελ
5. Χρήση καυσίμου από τα οχήματα

#### ( ii ) Μεταφορές

1. Τρακτέρ για τη μεταφορά του προϊόντος από την καλλιέργεια στους χώρους αποθήκευσης και ξήρανσης.
2. Φορητό για τη μεταφορά του προϊόντος από τους χώρους αποθήκευσης στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας ώστε να γίνει η άλεση
3. Φορητό για τη μεταφορά του προϊόντος από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας στους σταθμούς ανεφοδιασμού του καυσίμου

#### ( iii ) Δευτερεύουσες διεργασίες

1. Βοηθητικά υλικά καλλιέργειας
2. Ενέργεια για την κάλυψη των μεταφορικών αναγκών
3. Ενεργειακές ανάγκες για τη λειτουργία του ξηραντήρα
4. Ενεργειακές ανάγκες για την κάλυψη ηλεκτρικών αναγκών στην διεργασία της ξήρανσης
5. Βοηθητικά υλικά άλεσης
6. Ενεργειακές ανάγκες για την κάλυψη ηλεκτρικών και θερμικών αναγκών στην διεργασία της άλεσης



### 3.5.5 Συνοπτική περιγραφή της παραγωγής βιοαιθανόλης με πρώτη ύλη το σιτάρι.

#### ( i ) Κύριες Διεργασίες

1. Καλλιέργεια του σίτου
2. Αποθήκευση και ξήρανση του προϊόντος
3. Ζύμωση του προϊόντος
4. Σταθμός ανεφοδιασμού βιοαιθανόλης
5. Χρήση καυσίμου από τα οχήματα

#### ( ii ) Μεταφορές

1. Τρακτέρ για τη μεταφορά του προϊόντος από την καλλιέργεια στους χώρους αποθήκευσης και ξήρανσης.
2. Φορητό για τη μεταφορά του προϊόντος από τους χώρους αποθήκευσης στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας ώστε να γίνει η ζύμωση

#### ( iii ) Δευτερεύουσες διεργασίες

1. Βοηθητικά υλικά καλλιέργειας
2. Ενέργεια για την κάλυψη των μεταφορικών αναγκών
3. Ενεργειακές ανάγκες για τη λειτουργία του ξηραντήρα
4. Ενεργειακές ανάγκες για την κάλυψη ηλεκτρικών αναγκών στην διεργασία της ξήρανσης
5. Ενεργειακές ανάγκες για την διεργασία της ζύμωσης
6. Ενεργειακές ανάγκες για την κάλυψη ηλεκτρικών αναγκών στον σταθμό ανεφοδιασμού

### 3.5.6 Συνοπτική περιγραφή της παραγωγής βιοαιθανόλης με πρώτη ύλη το ζαχαρότευτλο.

#### ( i ) Κύριες Διεργασίες

1. Καλλιέργεια του ζαχαρότευτλου
2. Αποθήκευση του προϊόντος
3. Ζύμωση του προϊόντος
4. Σταθμός ανεφοδιασμού βιοαιθανόλης
5. Χρήση καυσίμου από τα οχήματα

#### ( ii ) Μεταφορές

1. Φορτηγό για τη μεταφορά του προϊόντος από τους χώρους αποθήκευσης στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας ώστε να γίνει η ζύμωση

#### ( iii ) Δευτερεύουσες διεργασίες

1. Βοηθητικά υλικά καλλιέργειας
2. Ενέργεια για την κάλυψη των μεταφορικών αναγκών
3. Ενεργειακές ανάγκες για την διεργασία της αποθήκευσης
4. Ενεργειακές ανάγκες για την διεργασία της ζύμωσης
5. Ενεργειακές ανάγκες για την κάλυψη ηλεκτρικών αναγκών στον σταθμό ανεφοδιασμού

### 3.5.7 Συνοπτική περιγραφή της παραγωγής μίγματος που αποτελείται από 95% βενζίνη και 5% βιοαιθανόλη προερχόμενη από σιτάρι ή ζαχαρότευτλο.

Η παραγωγή της βιοαιθανόλης από σιτάρι και ζαχαρότευτλο περιγράφηκε παραπάνω. Τα στάδια παραμένουν ίδια μέχρι το σημείο της ζύμωσης. Μετά ακολουθεί η ανάμιξη με την βενζίνη. Οι διεργασίες για την παραγωγή βενζίνης περιγράφονται συνοπτικά παρακάτω. Αναλυτικότερα τα στάδια δίνονται στο παράρτημα.

**( i ) Συνοπτικά Οι Διεργασίες Για Την Παραγωγή Βενζίνης**

1. Πρωτοβάθμια παράκτια εξόρυξη αργού πετρελαίου στην Ε.Ε (Βόρεια Θάλασσα).  
Για τη γεώτρηση χρειάστηκε ηλεκτρική ενέργεια ( $1 \cdot 10^{-3}$  kWh/kWh), ισχύς-μηχανική ( $2 \cdot 10^{-3}$  kWh/kWh) καθώς και θερμότητα ( $2,3 \cdot 10^{-3}$  kWh/kWh),
2. Μίγμα πρωτοβάθμιας (50%) και δευτεροβάθμιας (50%) εξαγωγής πετρελαίου στην Ε.Ε
3. Μεταφορά του αργού πετρελαίου μέσω σωληνώσεων στην ΕΕ. Ως βοηθητική ενέργεια χρησιμοποιείται το μίγμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην ΕΕ
4. Μίξη αργού πετρελαίου διαφόρων προμηθευτών στην Ελλάδα. Το αργό πετρέλαιο προμηθεύεται κατά 15% από την Ε.Ε, κατά 13% από την Ελλάδα, κατά 22% από τη Ρωσία και τέλος 50% εισάγεται από τις χώρες ΟΡΕC. Η μεταφορά από τις χώρες ΟΡΕC γίνεται με τάνκερ.
5. Μεταφορά του μίγματος αργού πετρελαίου μέσω σωληνώσεων στην Ελλάδα. Ως βοηθητική ενέργεια χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια
6. Απόσταξη του μίγματος

Ακολουθεί η ανάμιξη του μίγματος κατά 95% με βενζίνη και 5% βιοαιθανόλη.

### 3.6 Διαμόρφωση τελικών σεναρίων

Έχοντας ολοκληρώσει τον κύκλο ζωής του βιοντίζελ και της βιοαιθανόλης όπως περιγράφηκαν παραπάνω, καθώς και των συμβατικών καυσίμων, δημιουργούμε τα έξι σεναρία. Τα μίγματα της βενζίνης με την βιοαιθανόλη, όπως έχουμε ήδη αναφέρει, θα μελετηθούν ξεχωριστά λόγω του ότι η AKZ για αυτά τα δύο έγινε μέχρι το σημείο της ανάμιξής τους. Έπειτα μεταβαίνουμε στην επιλογή Scenarios του προγράμματος και βάζουμε όλες τις παραπάνω επιλογές. Η κάρτα σεναρίων διαμορφώνεται ως εξής :

A/A	Επιλογές	Μεταφορική υπηρεσία ανα επιβάτη [P.km]
1	Ντίζελ	1
2	Ντίζελ παραγόμενο από συναπόσπορο	1
3	Ντίζελ παραγόμενο από ηλίανθο	1
4	Βενζίνη	1
5	Βιοαιθανόλη παραγόμενη από σιτάρι	1
6	Βιοαιθανόλη παραγόμενη από ζαχαρότευτλο	1

**Πίνακας 52:** Κάρτα σεναρίων

A/A	Επιλογές	Παραγωγή ενέργειας [kWh]
1	E5-μίγμα από σιτάρι	1
2	E5-μίγμα από ζαχαρότευτλο	1

**Πίνακας 53:** Κάρτα σεναρίων για τα μίγματα βενζίνης και βιοαιθανόλης

Κάνοντας χρήση του μοντέλου λαμβάνουμε τα ακόλουθα αποτελέσματα.

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### 4

---

## *ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ*

### **4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

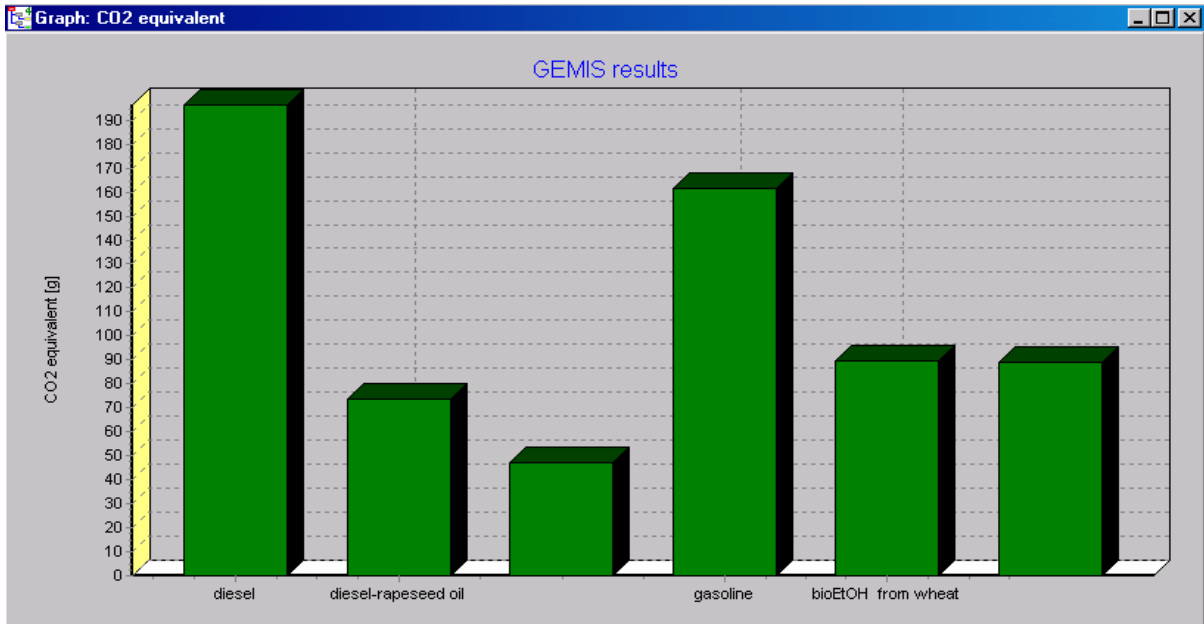
Έχοντας ολοκληρώσει την ΑΚΖ της βιοαιθανόλης προερχόμενη από σίτο και ζαχαρότευτλο, του βιοντίζελ προερχόμενο από συναπόσπορο και ηλίανθο, την ΑΚΖ του ντίζελ και της βενζίνης καθώς επίσης και την ΑΚΖ των μιγμάτων βενζίνης και βιοαιθανόλης, προκύπτουν τα αποτελέσματα γύρω από τις εκπομπές της κάθε διεργασίας, τον ενεργειακό παράγοντα, τη χρήση γης και το κόστος. Αντιστοιχούν σε ένα διανυόμενο χιλιόμετρο από τα οχήματα και αναφέρονται σε όλο τον κύκλο ζωής των βιοκαυσίμων και των συμβατικών.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα αυτά, μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα τόσο για τις επιπτώσεις όσο και τα ωφέλη του κάθε προϊόντος τόσο στο περιβάλλον όσο και στην οικονομία. Επίσης τα παρακάτω αποτελέσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλείο για την λήψη αποφάσεων που αφορούν την προώθηση αυτών των καυσίμων ή θέματα σχετικά με αυτά.

### **4.2 ΕΚΠΟΜΠΕΣ**

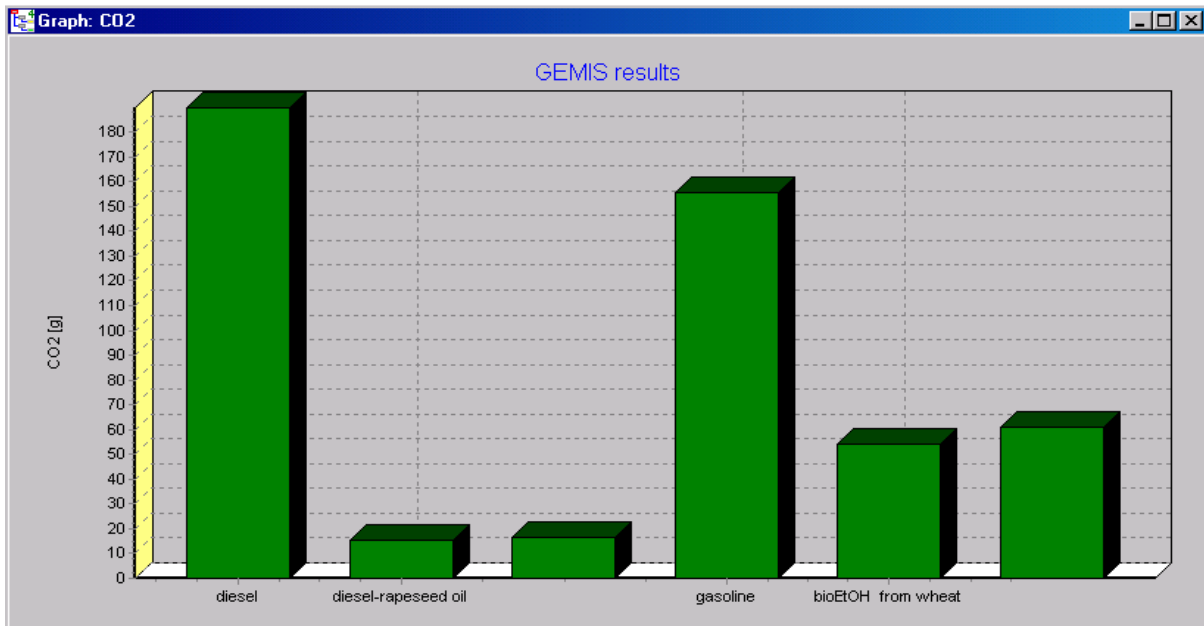
#### **4.2.1 Αέρια του θερμοκηπίου**

Η γραφική παράσταση ως προς το ισοδύναμο CO<sub>2</sub> για τις διεργασίες που περιγράψαμε είναι:



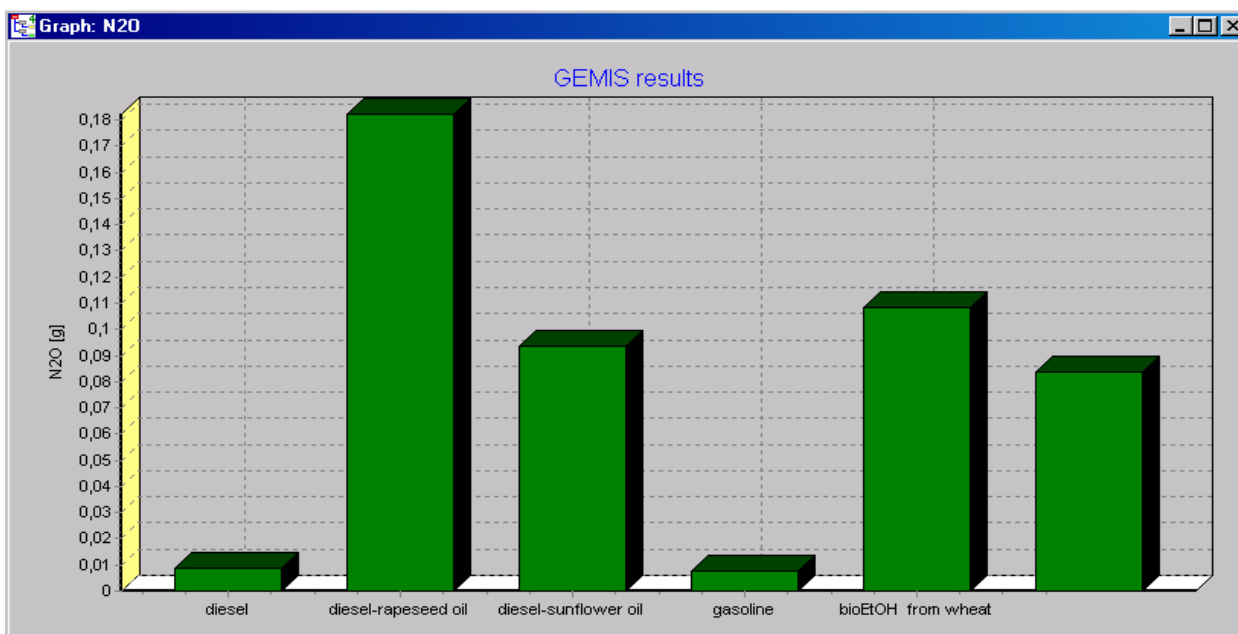
Διάγραμμα 1: Γραφική παράσταση ως προς το ισοδύναμο CO<sub>2</sub>

Η γραφική παράσταση ως προς το CO<sub>2</sub> είναι :



Διάγραμμα 2: Γραφική παράσταση ως προς το CO<sub>2</sub>

Η γραφική παράσταση ως προς το N<sub>2</sub>O είναι :



**Διάγραμμα 3:** Γραφική παράσταση ως προς το ισοδύναμο N<sub>2</sub>O

Αναλυτικότερα οι τιμές που διαμορφώνονται για τα αέρια του θερμοκηπίου είναι οι παρακάτω:

Option [g]	CO2 equivalent	CO2	CH4	N2O
diesel	196,32	189,77	1,83E-01	8,74E-03
diesel-rapeseed oil	73,67	15,633	7,36E-02	1,82E-01
diesel-sunflower oil	46,90	16,756	5,35E-02	9,36E-02
gasoline	161,26	155,63	1,52E-01	7,86E-03
bioEtOH from wheat	89,52	54,016	9,28E-02	1,08E-01
bioEtOH from sugarbeet	88,91	61,107	8,67E-02	8,38E-02

**Πίνακας 56:** Τιμές αερίων του θερμοκηπίου

Τα υπόλοιπα στοιχεία που συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου όπως SF<sub>6</sub>, HFC είναι μηδενικά, ενώ τα στοιχεία Perfluoromethane και Perfluoroethane βρίσκονται σε πολύ μικρές ποσότητες.

#### 4.2.2 Επεξήγηση τιμών των αερίων του θερμοκηπίου

Σύμφωνα με τις παρακάτω παρατηρήσεις μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα σε σχέση με ποιές διεργασίες της AKZ κάθε καυσίμου είναι περισσότερο ρυπογόνες.

- ♦ Το ισοδύναμο CO<sub>2</sub> υπολογίζεται από τη συνάθροιση του CO<sub>2</sub> με συντελεστή 1, του CH<sub>4</sub> με συντελεστή 23, του N<sub>2</sub>O με συντελεστή 296 και τέλος των Perfluoromethane και Perfluoroethane με συντελεστή  $5,7 \cdot 10^3$  και  $11,9 \cdot 10^3$  αντίστοιχα.

- ♦ Οι τιμές του CO<sub>2</sub> από την AKZ του ντίζελ προέρχονται κατά 85% από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από τα οχήματα, ενώ ένα ποσοστό 5% προέρχεται από τις διεργασίες απόσταξης του ντίζελ. Οι υπόλοιπες διεργασίες συμμετέχουν σε πολύ μικρό ποσοστό.

- ♦ Οι τιμές του CO<sub>2</sub> από την AKZ του βιοντίζελ παραγόμενο από συναπόσπορο, προέρχονται κατά 80% από το λίπασμα του αζώτου που χρησιμοποιείται ως βοηθητικό υλικό στην καλλιέργεια, ενώ ένα ποσοστό 36% προέρχεται από τον λιγνίτη που χρησιμοποιείται για την ηλεκτροπαραγωγή. Ένα ποσοστό 27% προέρχεται από την καλλιέργεια του συναπόσπορου, ενώ ποσοστό 11% προέρχεται από την διεργασία της αποθήκευσης και την ξήρανσης και ποσοστό 3% προέρχεται από το φορτηγό που μεταφέρει το προϊόν.

- ♦ Οι τιμές του CO<sub>2</sub> από την AKZ του βιοντίζελ παραγόμενο από ηλίανθο, προέρχονται κατά 37% από το λίπασμα του αζώτου που χρησιμοποιείται ως βοηθητικό υλικό στην καλλιέργεια, ενώ ένα ποσοστό 28% προέρχεται από τον λιγνίτη που χρησιμοποιείται για την ηλεκτροπαραγωγή. Ένα ποσοστό 31% προέρχεται από την καλλιέργεια του συναπόσπορου, ενώ ποσοστό 17% προέρχεται από την διεργασία της αποθήκευσης και την ξήρανσης και ποσοστό 3% προέρχεται από το φορτηγό που μεταφέρει το προϊόν.

- ♦ Οι τιμές του CO<sub>2</sub> από την AKZ της βενζίνης προέρχονται κατά 82% από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από τα οχήματα, ενώ ένα ποσοστό 8%



προέρχεται από τις διεργασίες απόσταξης του αργού πετρελαίου. Οι υπόλοιπες διεργασίες συμμετέχουν σε πολύ μικρό ποσοστό.

- ♦ Οι τιμές CO<sub>2</sub> από την AKZ της βιοαιθανόλης παραγόμενη από σιτάρι, προέρχονται κατά 51% από την κύρια διεργασία της ζύμωσης, ένα ποσοστό 13% από το λίπασμα αζώτου που χρησιμοποιείται ως βοηθητικό υλικό της καλλιέργειας, ένα ποσοστό 7% από το λιγνίτη που χρησιμοποιείται για την ηλεκτροπαραγωγή, 4% από την καλλιέργεια και 3% από την αποθήκευση και ξήρανση του προϊόντος.

- ♦ Οι τιμές CO<sub>2</sub> από την AKZ της βιοαιθανόλης παραγόμενη από ζαχαρότευτλο, προέρχονται κατά 77% από την κύρια διεργασία της ζύμωσης, ένα ποσοστό 8% από το λίπασμα αζώτου που χρησιμοποιείται ως βοηθητικό υλικό της καλλιέργειας και ένα ποσοστό 6% από την καλλιέργεια του ζαχαρότευτλου.

- ♦ Οι τιμές του πρωτοξειδίου του αζώτου (N<sub>2</sub>O) από την AKZ του ντίζελ προέρχονται κατά 91% από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από τα οχήματα.

- ♦ Οι τιμές του πρωτοξειδίου του αζώτου (N<sub>2</sub>O) από την AKZ του βιοντίζελ παραγόμενο από συναπόσπορο, προέρχονται κατά 55% από την καλλιέργεια του συναπόσπορου, κατά 42% από το λίπασμα αζώτου που χρησιμοποιείται ως βοηθητικό υλικό της καλλιέργειας και κατά 3% από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από τα οχήματα.

- ♦ Οι τιμές του πρωτοξειδίου του αζώτου (N<sub>2</sub>O) από την AKZ του βιοντίζελ παραγόμενο από ηλίανθο, προέρχονται κατά 53% από την καλλιέργεια του ηλίανθου και κατά 40% από το λίπασμα αζώτου που χρησιμοποιείται ως βοηθητικό υλικό της καλλιέργειας και κατά 6% από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από τα οχήματα.

- ♦ Οι τιμές του πρωτοξειδίου του αζώτου (N<sub>2</sub>O) από την AKZ της βενζίνης προέρχονται κατά 89% από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από τα οχήματα

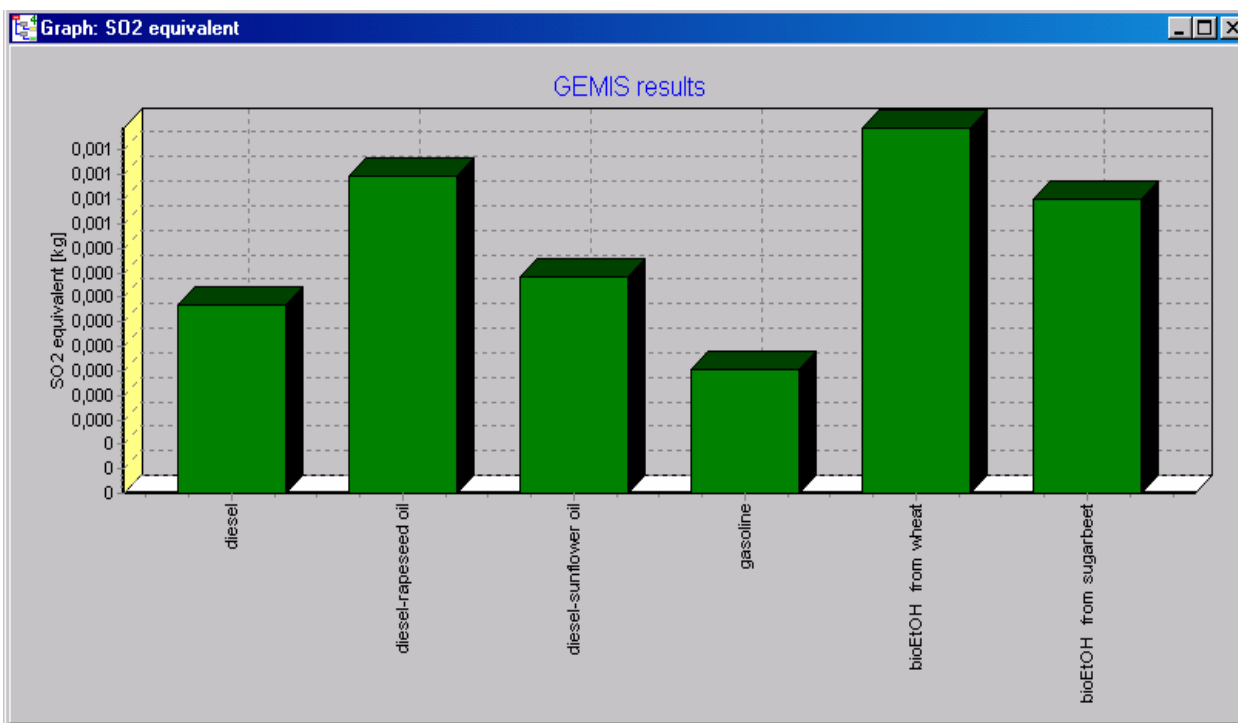
- ♦ Οι τιμές του πρωτοξειδίου του αζώτου (N<sub>2</sub>O) από την AKZ της βιοαιθανόλης παραγόμενη από σίτο, προέρχονται κατά 51% από την καλλιέργεια του ηλίανθου και κατά 39% από το λίπασμα αζώτου που χρησιμοποιείται ως βοηθητικό υλικό της

καλλιέργειας και κατά 6% από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από τα οχήματα.

♦ Οι τιμές του πρωτοξειδίου του αζώτου ( $N_2O$ ) από την AKZ της βιοαιθανόλης παραγόμενη από ζαχαρότευτλο, προέρχονται κατά 50% από την καλλιέργεια του ζαχαρότευτλου και κατά 38% από το λίπασμα αζώτου που χρησιμοποιείται ως βοηθητικό υλικό της καλλιέργειας και κατά 8% από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από τα οχήματα.

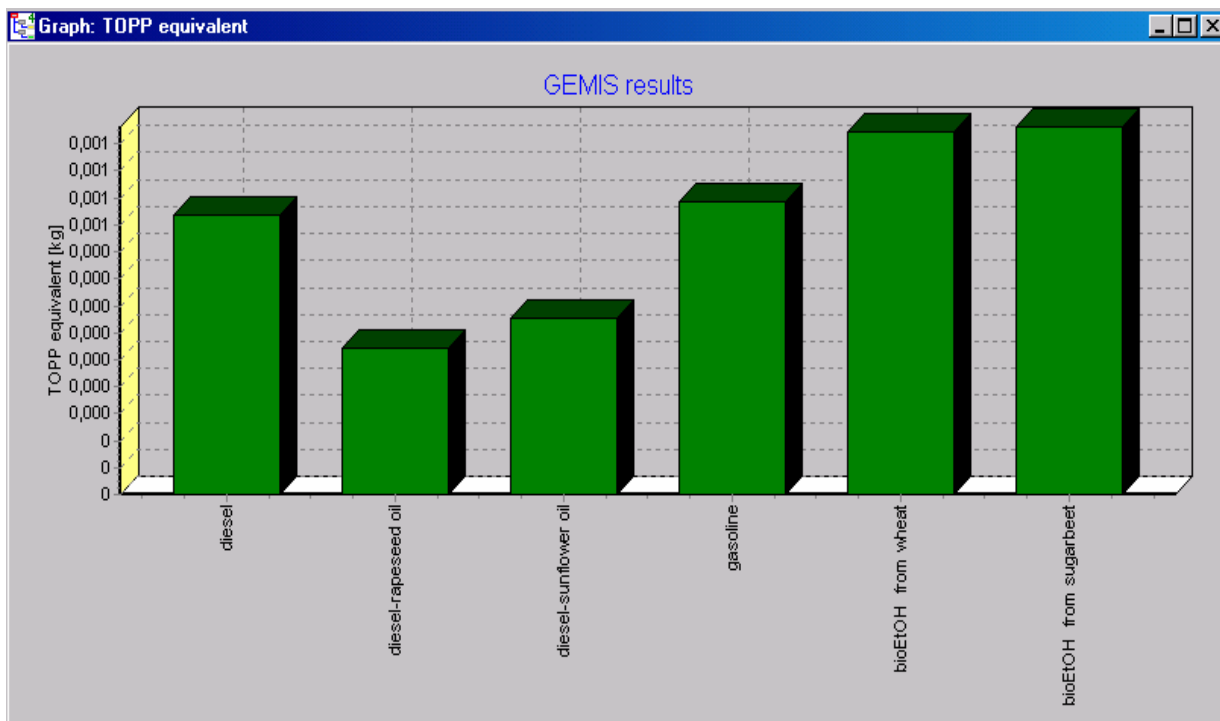
#### 4.2.3 Ατμοσφαιρικοί ρύποι

Η γραφική παράσταση ως προς το ισοδύναμο διοξείδιο του θείου ( $SO_2$  equ) για τις διεργασίες που περιγράψαμε είναι :



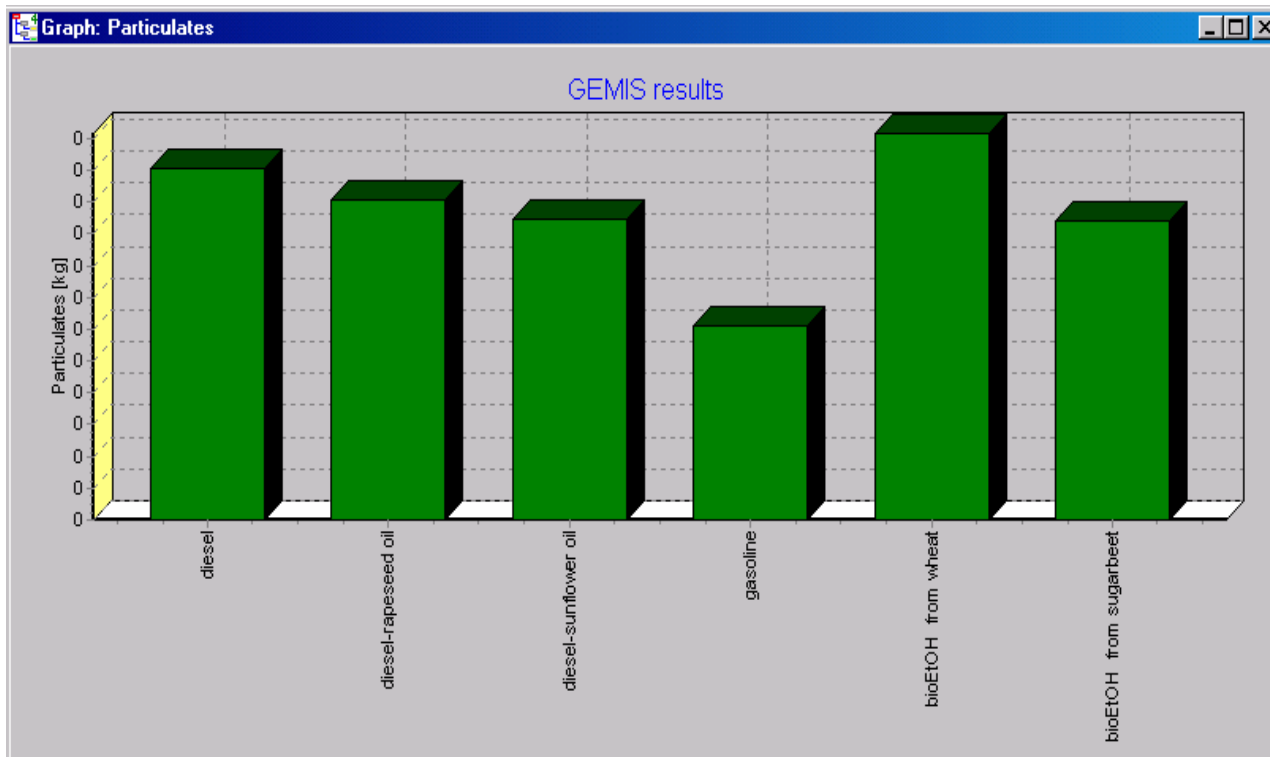
**Διάγραμμα 4:** Γραφική παράσταση ως προς το ισοδύναμο  $SO_2$

Η γραφική παράσταση ως προς το ισοδύναμο TOPP είναι :



Διάγραμμα 5: Γραφική παράσταση ως προς το ισοδύναμο TOPP

Η γραφική παράσταση ως προς τα σωματίδια είναι :



Διάγραμμα 6: Γραφική παράσταση ως προς τα σωματίδια

Πιο συγκεκριμένα οι τιμές που διαμορφώνονται για τους ατμοσφαιρικούς ρύπους είναι οι παρακάτω:

Option [g]	TOPP equivalent	SO2 equivalent	SO2	NO <sub>x</sub>
diesel	5,17E-01	3,85E-01	1,50E-01	3,34E-01
diesel-rapeseed oil	2,71E-01	6,48E-01	5,64E-02	1,96E-01
diesel-sunflower oil	3,28E-01	4,42E-01	6,73E-02	2,12E-01
gasoline	5,44E-01	2,53E-01	1,34E-01	1,50E-01
bioEtOH from wheat	6,71E-01	7,45E-01	2,97E-01	2,61E-01
bioEtOH from sugarbeet	6,82E-01	6,02E-01	2,22E-01	2,61E-01

**Πίνακας 57:** Τιμές ατμοσφαιρικών ρύπων

Επιλογές [g]	HCl	HF	Σωματίδια	CO	NM VOC	NH <sub>3</sub>
diesel	9,35E-04	1,27E-04	2,21E-02	2,81E-01	7,62E-02	7,99E-11
diesel-rapeseed oil	6,52E-03	6,15E-04	2,01E-02	1,89E-01	1,05E-02	3,69E-07
diesel-sunflower oil	3,65E-03	5,21E-04	1,89E-02	1,92E-01	4,73E-02	2,23E-07
gasoline	8,23E-04	1,16E-04	1,22E-02	7,46E-01	2,77E-01	1,74E-10
bioEtOH from wheat	2,27E-03	3,93E-04	2,43E-02	7,79E-01	2,65E-01	2,24E-07
bioEtOH from sugarbeet	-3,56E-03	-8,05E-04	1,88E-02	7,87E-01	2,75E-01	1,95E-07

**Πίνακας 58:** Τιμές ατμοσφαιρικών ρύπων

Τα υπόλοιπα στοιχεία που συμπεριλαμβάνονται στους ατμοσφαιρικούς ρύπους βρίσκονται σε πολύ μικρές ποσότητες.

#### 4.2.4 Επεξήγηση τιμών των ατμοσφαιρικών ρύπων

- ♦ Το ισοδύναμο TOPP υπολογίζεται από τη συνάθροιση των NO<sub>x</sub> με συντελεστή 1,22, του CO με συντελεστή  $110 \cdot 10^{-3}$ , του CH<sub>4</sub> με συντελεστή  $14 \cdot 10^{-3}$  και τέλος των οργανικών πτητικών ενώσεων – μη συμπεριλαμβάνοντας το μεθάνιο (NMVOC) με συντελεστή τη μονάδα.

♦ Το ισοδύναμο διοξείδιο του θείου υπολογίζεται από τη συνάθροιση των  $\text{NO}_x$  με συντελεστή  $696,25 \cdot 10^{-3}$ , του  $\text{SO}_2$  με συντελεστή 1, της  $\text{NH}_3$  με συντελεστή 1,88, του  $\text{HCl}$  με συντελεστή  $878,51 \cdot 10^{-3}$ , του  $\text{HF}$  με συντελεστή 1,6 και τέλος του  $\text{H}_2\text{S}$  με συντελεστή 1,88.

♦ Οι τιμές του  $\text{SO}_2$  από την AKZ του ντίζελ και της βενζίνης προέρχονται από την βοηθητική διεργασία παραγωγής θερμότητας για την εξαγωγή του πετρελαίου στην Ρωσία (Σιβηρία) και στις χώρες OPEC, κατά 24% και 7% αντίστοιχα, ένα ποσοστό 15% περίπου προέρχεται από το τάνκερ, ένα ποσοστό 14% από διεργασίες απόσταξης του προϊόντος και ένα ποσοστό 8% από τον λιγνίτη που χρησιμοποιείται στην ηλεκτροπαραγωγή

♦ Οι τιμές του  $\text{SO}_2$  από την AKZ του βιοντίζελ παραγόμενο από συναπόσπορο, προέρχονται κυρίως από τον λιγνίτη σε ποσοστό 147%, από το λίπασμα φωσφόρου σε ποσοστό 37%, από το λίπασμα αζώτου σε ποσοστό 36%.

♦ Οι τιμές του  $\text{SO}_2$  από την AKZ του βιοντίζελ παραγόμενο από ηλιάνθο, προέρχονται κυρίως από τον λιγνίτη σε ποσοστό 104%, από το λίπασμα φωσφόρου σε ποσοστό 23% και από το λίπασμα αζώτου σε ποσοστό 15%.

♦ Οι τιμές του  $\text{SO}_2$  από την AKZ της βιοαιθανόλης παραγόμενη από σιτάρι, προέρχονται από την κύρια διεργασία της ζύμωσης σε ποσοστό 53%, από τον λιγνίτη που χρησιμοποιείται στην ηλεκτροπαραγωγή σε ποσοστό 19% και από το λίπασμα φωσφόρου και αζώτου, που χρησιμοποιούνται ως βοηθητικά υλικά στην καλλιέργεια σε ποσοστό 3% και 3% αντίστοιχα.

♦ Οι τιμές του  $\text{SO}_2$  από την AKZ της βιοαιθανόλης παραγόμενη από ζαχαρότευτλα, προέρχονται από την κύρια διεργασία της ζύμωσης σε ποσοστό 120%, από τον λέβητα βαρύ πετρελαίου για τη θερμότητα βιομηχανικής διεργασία στην Ελλάδα και την Ρωσία, πιο συγκεκριμένα για την εξαγωγή του πετρελαίου, σε ποσοστό 16% και 5% αντίστοιχα, από την λίπασμα φωσφόρου και αζώτου, που χρησιμοποιούνται ως βοηθητικά υλικά στην καλλιέργεια σε ποσοστό 4% και 3% αντίστοιχα και από το τάνκερ σε ποσοστό 3%.

♦ Οι τιμές του  $\text{NO}_x$  από την AKZ του ντίζελ και της βενζίνης προέρχονται από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από το όχημα σε ποσοστό 74% και 49% αντίστοιχα και από το τάνκερ με ποσοστό 7% και 14% αντίστοιχα.

- ♦ Οι τιμές του NO<sub>x</sub> από την AKZ του βιοντίζελ παραγόμενο από συναπόσπορο ή ηλίανθο, προέρχονται κυρίως από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από το όχημα σε ποσοστό 85% περίπου, από το λίπασμα αζώτου σε ποσοστό κάτω του 35%, από την κύρια διεργασία της καλλιέργειας σε ποσοστό 25%, από το λιγνίτη που χρησιμοποιείται για την ηλεκτροπαραγωγή σε ποσοστό 7% και από το λίπασμα φωσφόρου σε ποσοστό 6%.

- ♦ Οι τιμές του NO<sub>x</sub> από την AKZ της βιοαιθανόλης παραγόμενη από σιτάρι ή ζαχαρότευτλο, προέρχονται κυρίως από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από το όχημα σε ποσοστό 28%, από την κύρια διεργασία της ζύμωσης σε ποσοστό περίπου 24%, από το λίπασμα αζώτου σε ποσοστό 16% και 12% αντίστοιχα, από την κύρια διεργασία της καλλιέργειας σε ποσοστό 16% και 10%, από το φορτηγό, από το τάνκερ, από το τρακτέρ και από το λίπασμα φωσφόρου σε μικρότερα ποσοστά..

- ♦ Οι τιμές του HF και του HCl για όλες τις AKZ των καυσίμων προέρχονται κυρίως από το λιγνίτη που χρησιμοποιείται στην ηλεκτροπαραγωγή.

- ♦ Οι τιμές των σωματιδίων από την AKZ του ντίζελ προέρχονται από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από το όχημα σε ποσοστό 39% και από το τάνκερ σε ποσοστό 12%.

- ♦ Οι τιμές των σωματιδίων από την AKZ του βιοντίζελ παραγόμενο από συναπόσπορο, προέρχονται από το λίπασμα αζώτου σε ποσοστό 59%, από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από το όχημα σε ποσοστό 30%, από τον λιγνίτη που χρησιμοποιείται στην ηλεκτροπαραγωγή σε ποσοστό 26%, από την καλλιέργεια σε ποσοστό 20%, και από τα λιπάσματα φωσφόρου, καλίου και ασβεστίου σε ποσοστό 14%, 6% και 3% αντίστοιχα..

- ♦ Οι τιμές των σωματιδίων από την AKZ του βιοντίζελ παραγόμενο από ηλίανθο, προέρχονται από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από το όχημα σε ποσοστό 32%, από το λίπασμα αζώτου σε ποσοστό 31%, από την καλλιέργεια σε ποσοστό 26%, από τον λιγνίτη που χρησιμοποιείται στην ηλεκτροπαραγωγή σε ποσοστό 24%, και από τα λιπάσματα, καλίου και φωσφόρου σε ποσοστό 14% και 11% αντίστοιχα.

♦ Οι τιμές των σωματιδίων από την AKZ της βενζίνης προέρχονται από το τάνκερ σε ποσοστό 17%, από διεργασίες της Ρωσίας για το πετρέλαιο σε ποσοστό 30%, από διεργασία απόσταξης του προϊόντος σε ποσοστό 13% και 6% από τον λιγνίτη που χρησιμοποιείται στην ηλεκτροπαραγωγή.

♦ Οι τιμές των σωματιδίων από την AKZ της βιοαιθανόλης παραγόμενη από σιτάρι, προέρχονται από το λίπασμα αζώτου σε ποσοστό 27%, από την κύρια διεργασία της ζύμωσης σε ποσοστό 17%, από τον λιγνίτη που χρησιμοποιείται στην ηλεκτροπαραγωγή σε ποσοστό 15%, από την καλλιέργεια σε ποσοστό 9%, και από τα λιπάσματα φωσφόρου και καλίου σε ποσοστό 6% και 4% αντίστοιχα..

♦ Οι τιμές των σωματιδίων από την AKZ της βιοαιθανόλης παραγόμενη από ζαχαρότευτλο, προέρχονται από την κύρια διεργασία της ζύμωσης σε ποσοστό 37%, από το λίπασμα αζώτου σε ποσοστό 26%, από την καλλιέργεια σε ποσοστό 20%, από τα λιπάσματα φωσφόρου και καλίου σε ποσοστό 6% και 13% αντίστοιχα και από το τρακτέρ σε ποσοστό 9%.

♦ Οι τιμές του CO από την AKZ του ντίζελ και της βενζίνης προέρχονται κυρίως από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από το όχημα .

♦ Οι τιμές του CO από την AKZ του βιοντίζελ παραγόμενο από συναπόσπορο ή ηλιάνθο, προέρχονται από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από το όχημα σε ποσοστό περίπου 91%, από την κύρια διεργασία της καλλιέργειας σε ποσοστό 7% και από το λίπασμα αζώτου σε ποσοστό 5%.

♦ Οι τιμές του CO από την AKZ της βιοαιθανόλης παραγόμενη από σιτάρι ή ζαχαρότευτλο, προέρχονται από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από το όχημα σε ποσοστό περίπου 91%, από την κύρια διεργασία της ζύμωσης σε ποσοστό 3% και από την κύρια διεργασία της καλλιέργειας σε ποσοστό 1%.

♦ Οι τιμές του NMVOC από την AKZ του ντίζελ προέρχονται από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από το όχημα σε ποσοστό 51% και από την απόσταξη του προϊόντος σε ποσοστό 22%.

♦ Οι τιμές του NMVOC από την AKZ του βιοντίζελ παραγόμενο από συναπόσπορο, προέρχονται από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από το όχημα σε ποσοστό 261%, από την κύρια διεργασία της καλλιέργειας σε ποσοστό

74%, από την απόσταξη του ντίζελ σε ποσοστό 7% και από το λίπασμα του αζώτου και φωσφόρου σε ποσοστό 14% και 7% αντίστοιχα.

- ♦ Οι τιμές του NMVOC από την AKZ του βιοντίζελ παραγόμενο από ηλίανθο, προέρχονται από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από το όχημα σε ποσοστό 57%, από την κύρια διεργασία της άλεσης σε ποσοστό 55%, από την κύρια διεργασία της καλλιέργειας σε ποσοστό 20%, από την απόσταξη του ντίζελ σε ποσοστό 2% και από το λίπασμα του αζώτου σε ποσοστό 1%.

- ♦ Οι τιμές του NMVOC από την AKZ της βενζίνης προέρχονται από την κύρια διεργασία του ανεφοδιασμού των σταθμών καυσίμων σε ποσοστό 82%, από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από το όχημα σε ποσοστό 6% και από την απόσταξη του προϊόντος σε ποσοστό 4%.

- ♦ Οι τιμές του NMVOC από την AKZ της βιοαιθανόλης παραγόμενη από σιτάρι ή ζαχαρότευτλο, προέρχονται από την κύρια διεργασία του ανεφοδιασμού των σταθμών καυσίμων σε ποσοστό περίπου 83%, από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από το όχημα σε ποσοστό 6%, από την κύρια διεργασία της καλλιέργειας σε ποσοστό 1% και από την κύρια διεργασία της ζύμωσης σε ποσοστό 1%.

- ♦ Οι τιμές του  $\text{NH}_3$  από την AKZ του ντίζελ και της βενζίνης προέρχονται κυρίως από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από το όχημα σε ποσοστό 99%.

- ♦ Οι τιμές του  $\text{NH}_3$  από την AKZ του βιοντίζελ παραγόμενο από συναπόσπορο και ηλίανθο, προέρχονται από την κύρια διεργασία της καλλιέργειας σε ποσοστό 85% και από το λίπασμα αζώτου που χρησιμοποιείται ως βοηθητικό υλικό της καλλιέργειας σε ποσοστό 14%.

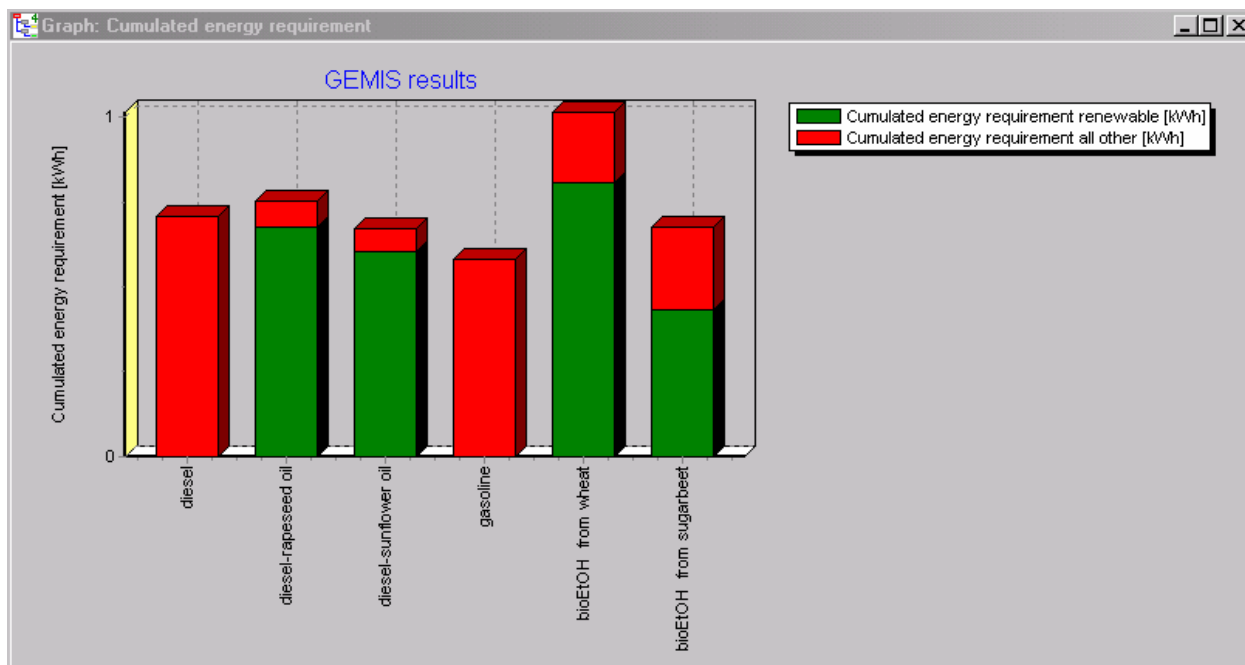
- ♦ Οι τιμές του  $\text{NH}_3$  από την AKZ της βιοαιθανόλης παραγόμενη από σιτάρι και ζαχαρότευτλο, προέρχονται από την κύρια διεργασία της καλλιέργειας σε ποσοστό 81% και 80%, από το λίπασμα αζώτου που χρησιμοποιείται ως βοηθητικό υλικό της καλλιέργειας σε ποσοστό 13% και από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από το όχημα σε ποσοστό 5% και 6% αντίστοιχα.



### 4.3 ΧΡΗΣΗ ΠΟΡΩΝ - ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Οι διαφορές μεταξύ της συσσωρευμένης απαιτούμενης ενέργειας και της συσσωρευμένης κατανάλωσης ενέργειας είναι πολύ μικρές γι' αυτό θα περιγραφεί μόνο η πρώτη εξ' αυτών.

Η γραφική παράσταση ως προς τη συσσωρευμένη απαιτούμενη ενέργεια για τις διεργασίες που περιγράψαμε είναι :



**Διάγραμμα 7:** Γραφική παράσταση ως προς τη συσσωρευμένη απαιτούμενη ενέργεια

Αναλυτικότερα οι τιμές που διαμορφώνονται για τη συσσωρευμένη απαιτούμενη ενέργεια είναι οι παρακάτω και διαχωρίζονται σε μη ανανεώσιμες, σε ανανεώσιμες και στις υπόλοιπες μορφές ενέργειας.

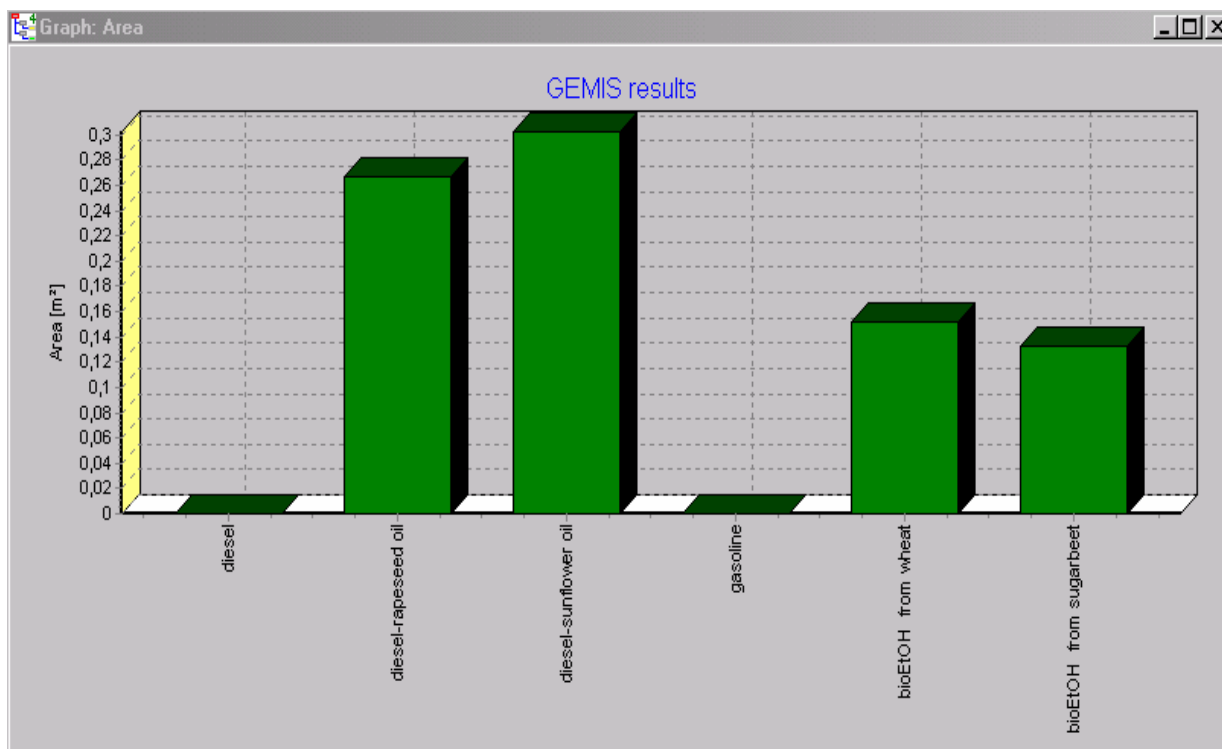
Επιλογές [kWh]	Άθροισμα	Μη ανανεώσιμες	Ανανεώσιμες	Υπόλοιπες
diesel	7,07E-01	7,06E-01	4,73E-04	3,81E-04
diesel-rapeseed oil	7,51E-01	7,33E-02	6,78E-01	-6,92E-04
diesel-sunflower oil	6,74E-01	7,21E-02	6,02E-01	-3,33E-04
gasoline	5,81E-01	5,81E-01	4,03E-04	3,17E-04
bioEtOH from wheat	1,01	2,06E-01	8,07E-01	3,57E-04
bioEtOH from sugarbeet	6,74E-01	2,41E-01	4,33E-01	-4,10E-05

**Πίνακας 59:** Τιμές συσσωρευμένης απαιτούμενης ενέργειας

- ♦ Στις μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας περιλαμβάνονται ο λιγνίτης, το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και το κάρβουνο.
- ♦ Στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας περιλαμβάνονται η βιομάζα, τα υπολείμματα βιομάζας, η ηλιακή, η αιολική, η υδροηλεκτρική και η γεωθερμική.
- ♦ Στις υπόλοιπες πηγές ενέργειας περιλαμβάνονται η δευτεροβάθμια πρώτη ύλη και τα απόβλητα.

#### 4.4 ΧΡΗΣΗ ΓΗΣ

Η γραφική παράσταση ως προς τη χρήση γης για τις διεργασίες που περιγράψαμε είναι :



**Διάγραμμα 8:** Γραφική παράσταση ως προς τη χρήση γης

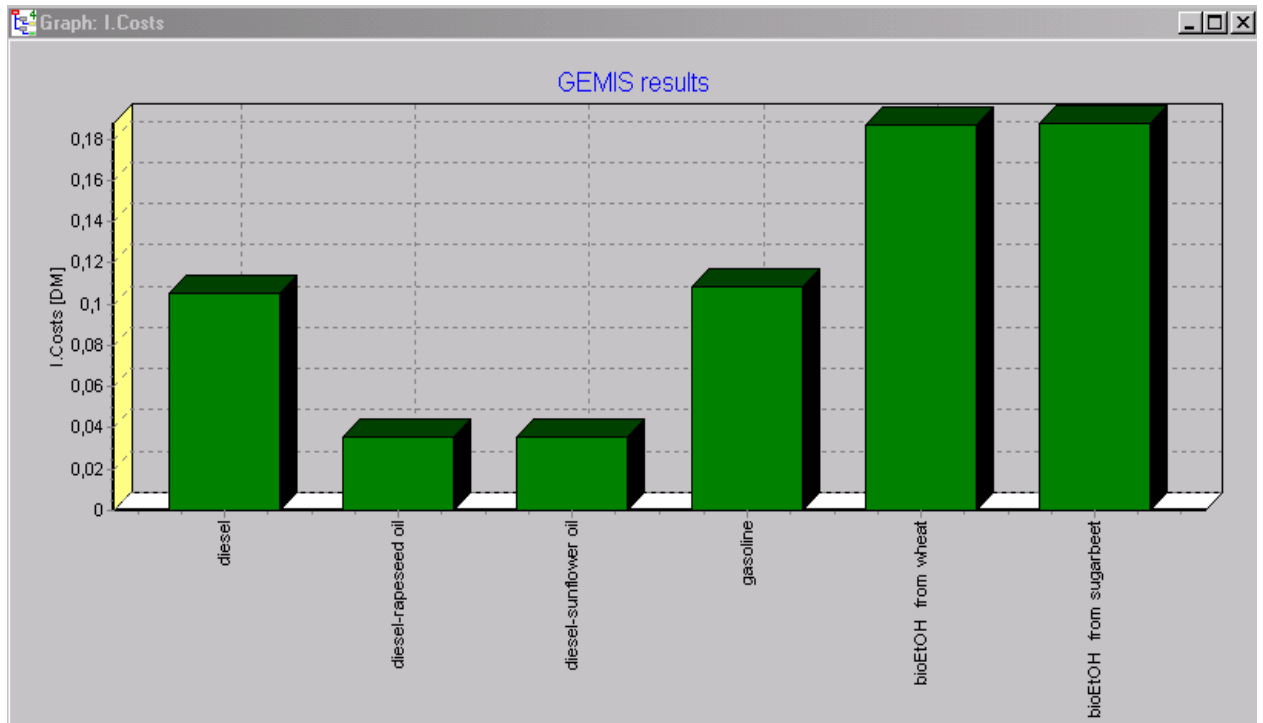
Αναλυτικότερα οι τιμές που διαμορφώνονται σε σχέση με τη χρήση γης είναι :

Επιλογές [m <sup>2</sup> ]	Συνολικά
diesel	5,68E-04
diesel-rapeseed oil	2,67E-01
diesel-sunflower oil	3,02E-01
gasoline	4,04E-04
bioEtOH from wheat	1,52E-01
bioEtOH from sugarbeet	1,33E-01

**Πίνακας 60:** Χρήση γης

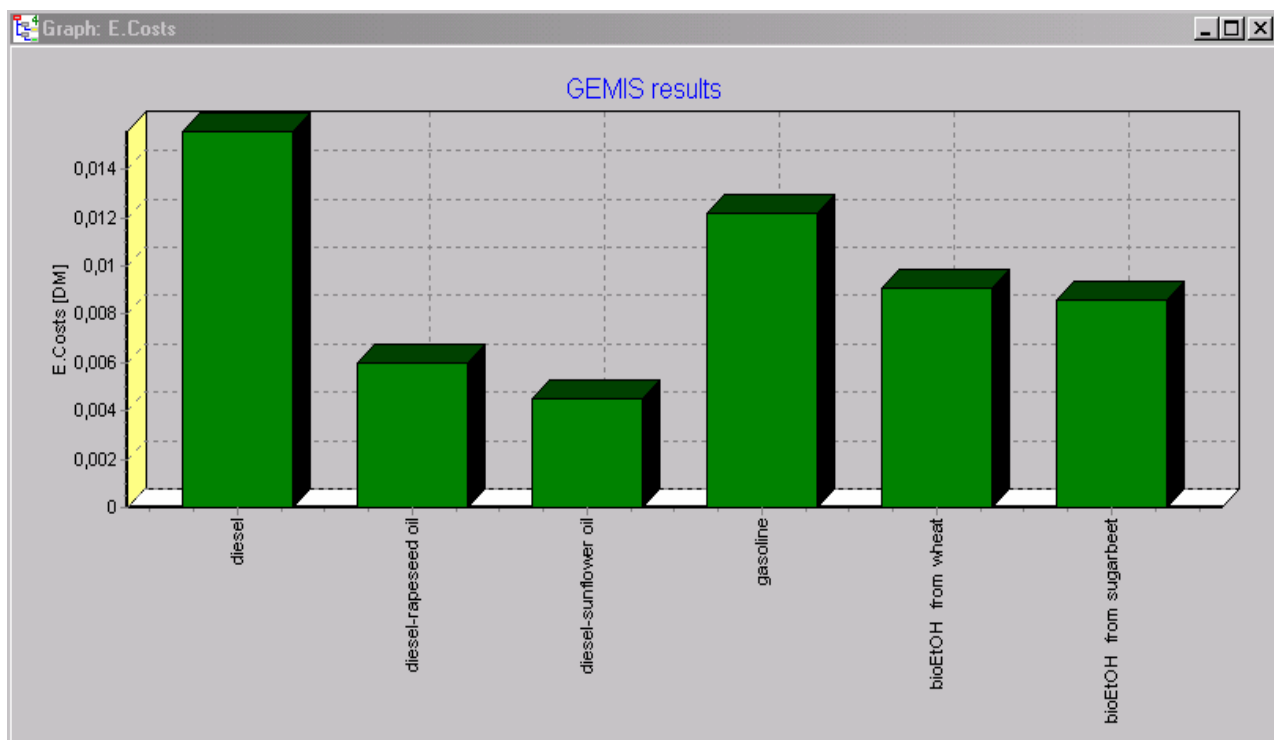
## 4.5 ΚΟΣΤΟΣ

Η γραφική παράσταση ως προς το εσωτερικό κόστος είναι :



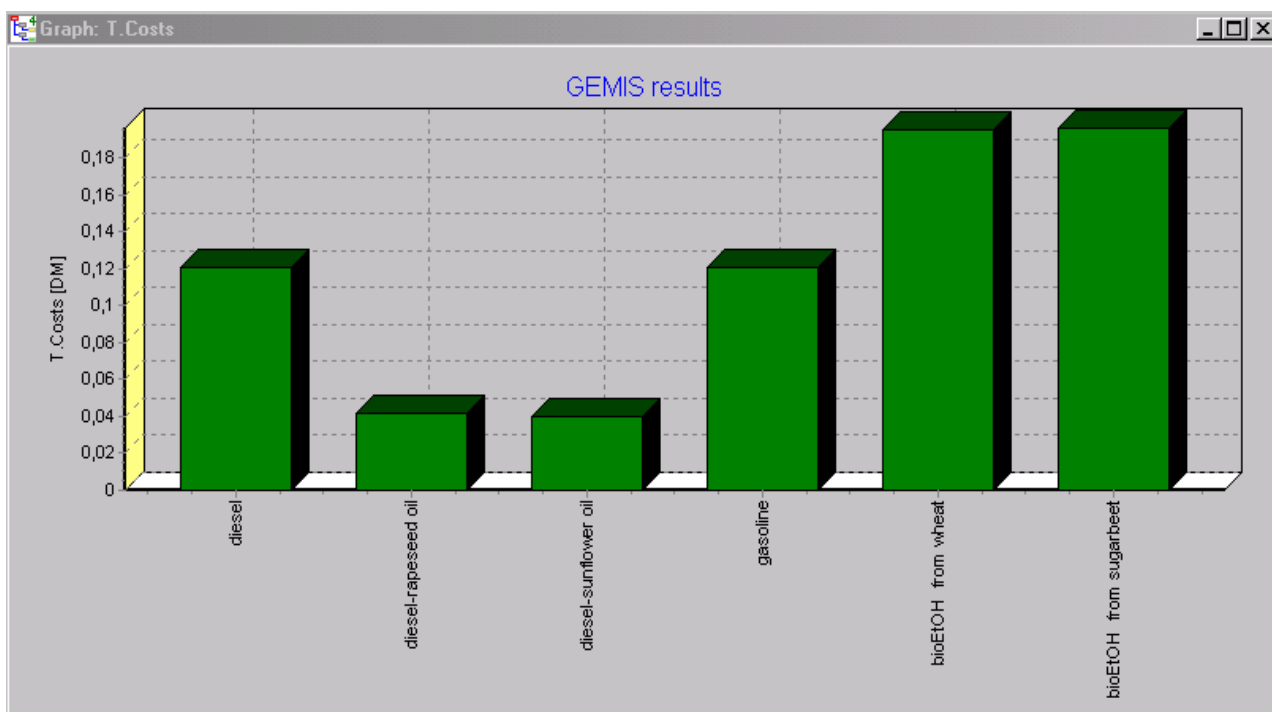
**Διάγραμμα 9:** Γραφική παράσταση ως προς το εσωτερικό κόστος

Η γραφική παράσταση ως προς το εξωτερικό κόστος είναι :



Διάγραμμα 10: Γραφική παράσταση ως προς το εξωτερικό κόστος

Η γραφική παράσταση ως προς το τελικό κόστος είναι :



Διάγραμμα 11: Γραφική παράσταση ως προς το συνολικό κόστος

Αναλυτικότερα οι τιμές ως προς το εσωτερικό, εξωτερικό και τελικό κόστος είναι :

Επιλογές [€]	Εσωτερικό κόστος	Εξωτερικό κόστος	Εσωτερικό και εξωτερικό κόστος
diesel	1,06E-01	1,56E-02	1,21E-01
diesel-rapeseed oil	3,59E-02	6,02E-03	4,19E-02
diesel-sunflower oil	3,57E-02	4,52E-03	4,03E-02
gasoline	1,09E-01	1,22E-02	1,21E-01
bioEtOH from wheat	1,87E-01	9,09E-03	1,96E-01
bioEtOH from sugarbeet	1,88E-01	8,57E-03	1,96E-01

**Πίνακας 61:** Τιμές κόστους

♦ Το εσωτερικό κόστος αναφέρεται στο κόστος του καυσίμου ανά επιβατοχιλιόμετρο. Ταυτίζεται δηλαδή με το κόστος της τελευταίας κύριας διεργασίας, της χρήσης του καυσίμου από το όχημα.

♦ Το εξωτερικό κόστος είναι το περιβαλλοντικό κόστος από τις εκπομπές του διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>), των σωματιδίων, των οξειδίων του αζώτου (NO<sub>2</sub>) και του ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub> equ).

#### 4.6 ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΜΙΓΜΑΤΟΣ ΒΕΝΖΙΝΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ

Όπως προαναφέρθηκε, η ΑΚΖ των μιγμάτων βενζίνης (95%) και βιοαιθανόλης παραγόμενη από σιτάρι (5%), καθώς επίσης και το μίγμα βενζίνης (95%) και βιοαιθανόλης παραγόμενη από ζαχαρότευτλο (5%) μελετήθηκε μέχρι το σημείο της ανάμιξης.

Οι τιμές των αερίων του θερμοκηπίου είναι :

Option [g]	CO2 equivalent	CO2	CH4	N2O
E5-mix from wheat	70,42	60,17	3,07E-01	1,22E-02
E5-mix from SB	70,34	60,90	3,06E-01	9,67E-03

**Πίνακας 62:** Τιμές αερίων του θερμοκηπίου

#### 4.6.1 Επεξήγηση τιμών των αερίων του θερμοκηπίου

♦ Οι τιμές CO<sub>2</sub> από την AKZ των μιγμάτων της βιοαιθανόλης παραγόμενη από σιτάρι ή ζαχαρότευτλο και βενζίνης, προέρχονται κατά 46% από τις δευτερεύουσες διεργασίες παραγωγής θερμότητας για την απόσταξη του αργού πετρελαίου, ένα ποσοστό 5% από το τάνκερ καθώς επίσης και από τη ζύμωση με ποσοστό 4% και 8% για την βιοαιθανόλη παραγόμενη από σιτάρι και ζαχαρότευτλο αντίστοιχα.

♦ Οι τιμές CH<sub>4</sub> από την AKZ των μιγμάτων της βιοαιθανόλης παραγόμενη από σιτάρι ή ζαχαρότευτλο και βενζίνης, προέρχονται από την εξόρυξη αργού πετρελαίου από τις χώρες OPEC, την Ρωσία, την Ελλάδα και την Ερώπη με ποσοστά 52%, 20%, 9% και 8% αντίστοιχα.

♦ Οι τιμές N<sub>2</sub>O από την AKZ των μιγμάτων της βιοαιθανόλης παραγόμενη από σιτάρι ή ζαχαρότευτλο και βενζίνης, προέρχονται από την καλλιέργεια του σίτου και του ζαχαρότευτλου με ποσοστό 48% και 46% αντίστοιχα καθώς επίσης και από το λίπασμα αζώτου που χρησιμοποιείται ως βοηθητικό υλικό στην καλλιέργεια με ποσοστό 36% και 35% αντίστοιχα.

#### 4.6.2 Ατμοσφαιρικοί ρύποι

Οι τιμές που διαμορφώνονται για τους ατμοσφαιρικούς ρύπους είναι οι παρακάτω:

Option [g]	TOPP equivalent	SO2 equivalent	SO2	NOx	HCl	HF
E5-mix from wheat	2,71E-01	4,31E-01	2,89E-01	1,63E-01	1,85E-03	2,65E-04
E5-mix from SB	2,72E-01	4,15E-01	2,81E-01	1,63E-01	1,23E-03	1,39E-04

**Πίνακας 63:** Τιμές ατμοσφαιρικών ρύπων

Επιλογές [g]	Σωματίδια	CO	NMVOC	H2S	NH3
E5-mix from wheat	2,54E-02	5,90E-02	6,22E-02	2,39E-08	1,40E-02
E5-mix from SB	2,48E-02	5,97E-02	6,31E-02	2,09E-08	1,06E-02

**Πίνακας 64:** Τιμές ατμοσφαιρικών ρύπων

Τα υπόλοιπα στοιχεία που συμπεριλαμβάνονται στους ατμοσφαιρικούς ρύπους βρίσκονται σε πολύ μικρές ποσότητες.

#### 4.6.3 Επεξήγηση τιμών των ατμοσφαιρικών ρύπων

- ♦ Οι τιμές SO<sub>2</sub> από την ΑΚΖ των μιγμάτων της βιοαιθανόλης παραγόμενη από σιτάρι ή ζαχαρότευτλο και βενζίνης, προέρχονται από την διεργασία παραγωγής θερμότητας στη Ρωσία κατά 22%, από το τάνκερ 14%, από τη διεργασία παραγωγής θερμότητας κατά την απόσταξη με ποσοστό 12% και από τη ζύμωση του σίτου και του ζαχαρότευτλου με ποσοστά 5% και 10% αντίστοιχα.

- ♦ Οι τιμές NO<sub>x</sub> από την ΑΚΖ των μιγμάτων της βιοαιθανόλης παραγόμενη από σιτάρι ή ζαχαρότευτλο και βενζίνης, προέρχονται από το τάνκερ 27%, από βοηθητική ενέργεια για την παραγωγή μηχανικής ισχύος στη Ρωσία με ποσοστό 14% και στις χώρες OPEC με ποσοστό 10%, διεργασία παραγωγής θερμότητας, από τη διεργασία παραγωγής θερμότητας κατά την απόσταξη με ποσοστό 15% και από τη ζύμωση του σίτου και του ζαχαρότευτλου με ποσοστά 3% και 4% αντίστοιχα.

- ♦ Οι τιμές HCl από την ΑΚΖ των μιγμάτων της βιοαιθανόλης παραγόμενη από σιτάρι ή ζαχαρότευτλο και βενζίνης, προέρχονται από το λιγνίτη με ποσοστό 51% και 27% αντίστοιχα και από το κάρβουνο που χρησιμοποιείται στη Ρωσία για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με ποσοστό 45% και 68% αντίστοιχα.

- ♦ Οι τιμές HF από την ΑΚΖ των μιγμάτων της βιοαιθανόλης παραγόμενη από σιτάρι ή ζαχαρότευτλο και βενζίνης, προέρχονται από το λιγνίτη με ποσοστό 73% και 49% αντίστοιχα και από το κάρβουνο που χρησιμοποιείται στη Ρωσία για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με ποσοστό 26% και 49% αντίστοιχα..

- ♦ Οι τιμές των σωματιδίων από την ΑΚΖ των μιγμάτων της βιοαιθανόλης παραγόμενη από σιτάρι ή ζαχαρότευτλο και βενζίνης προέρχονται από το τάνκερ με ποσοστό 17% από το τάνκερ, από το κάρβουνο που χρησιμοποιείται στη Ρωσία για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με ποσοστό 12% και 13% αντίστοιχα. Ένα ποσοστό 12% προέρχεται από την διεργασία παραγωγής θερμότητας κατά την απόσταξη του αργού πετρελαίου, 7% και 2% αντίστοιχα προέρχεται από τον λιγνίτη και 1% και 2% από την κύρια διεργασία της ζύμωσης.



- ♦ Οι τιμές του CO από την AKZ των μιγμάτων της βιοαιθανόλης παραγόμενη από σιτάρι ή ζαχαρότευτλο και βενζίνης προέρχονται από το τάνκερ με ποσοστό 11%, από διεργασίες παραγωγής θερμότητας κατά την απόσταξη με ποσοστό 13% και από τη ζύμωση με ποσοστό 4%.

- ♦ Οι τιμές του NMVOC προέρχονται κατά την διεργασία της απόσταξης με ποσοστό 42%, από την εξαγωγή αργού πετρελαίου στη Ρωσία με ποσοστό 26% και από την πρωτοβάθμια εξαγωγή αργού πετρελαίου στις χώρες του OPEC με ποσοστό 7%.

- ♦ Το H<sub>2</sub>S προέρχεται κυρίως από την μεταφορά του φυσικού αερίου μέσω των σωληνώσεων στη Ρωσία που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

- ♦ Το NH<sub>3</sub> προέρχεται κυρίως από την κύρια διεργασία της καλλιέργειας με ποσοστό 85% και από το λίπασμα αζώτου που χρησιμοποιείται ως βοηθητικό υλικό της καλλιέργειας με ποσοστό 14%.

#### 4.7 ΧΡΗΣΗ ΠΟΡΩΝ

Οι τιμές που διαμορφώνονται για τη συσσωρευμένη απαιτούμενη ενέργεια είναι οι παρακάτω και διαχωρίζονται σε μη ανανεώσιμες, σε ανανεώσιμες και στις υπόλοιπες μορφές ενέργειας.

Επιλογές [kWh]	Άθροισμα	Μη ανανεώσιμες	Ανανεώσιμες	Υπόλοιπες
E5-mix from wheat	1,26	1,18	8,57E-02	6,47E-04
E5-mix from SB	1,23	1,18	4,63E-02	6,05E-04

**Πίνακας 65:** Τιμές συσσωρευμένης απαιτούμενης ενέργειας

- ♦ Στις μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας περιλαμβάνονται ο λιγνίτης, το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και το κάρβουνο.

- ♦ Στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας περιλαμβάνονται η βιομάζα, τα υπολείμματα βιομάζας, η ηλιακή, η αιολική, η υδροηλεκτρική και η γεωθερμική.

- ♦ Στις υπόλοιπες πηγές ενέργειας περιλαμβάνονται η δευτεροβάθμια πρώτη ύλη και τα απόβλητα.

#### 4.8 ΧΡΗΣΗ ΓΗΣ ΜΙΓΜΑΤΟΣ BENZΙΝΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ

Οι τιμές που διαμορφώνονται σε σχέση με τη χρήση γης είναι :

Επιλογές [m <sup>2</sup> ]	Συνολικά
E5-mix from wheat	1,60E-02
E5-mix from SB	1,40E-02

**Πίνακας 66:** Χρήση γης

#### 4.9 ΚΟΣΤΟΣ ΜΙΓΜΑΤΟΣ BENZΙΝΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ

Οι τιμές ως προς το εσωτερικό, εξωτερικό και τελικό κόστος είναι :

Επιλογές [€]	Εσωτερικό κόστος	Εξωτερικό κόστος	Εσωτερικό και εξωτερικό κόστος
E5-mix from wheat	2,37E-01	7,40E-03	2,44E-01
E5-mix from SB	2,37E-01	7,35E-03	2,44E-01

**Πίνακας 67:** Κόστος

♦ Το εξωτερικό κόστος είναι το περιβαλλοντικό κόστος από τις εκπομπές του SO<sub>2</sub>, των σωματιδίων, του NO<sub>2</sub> και του CO<sub>2</sub> equ.

Τελικά οι τιμές του κάθε κριτηρίου για κάθε διεργασία διαμορφώνονται στους ακόλουθους πίνακες ως εξής :

Κριτήρια/AKZ καυσίμων	diesel	diesel-repeseed oil	diesel-sunflower oil	gasoline	bioEtOH from wheat	bioEtOH from SB
Αέρια θερμοκηπίου (CO <sub>2</sub> equ) [g]	196,32	73,67	46,90	161,26	89,52	88,91
Ατμοσφαιρικοί ρύποι (SO <sub>2</sub> equ) [g]	3,85E-01	6,48E-01	4,42E-01	2,53E-01	7,45E-01	6,02E-01
Ατμοσφαιρικοί ρύποι (TOPP equ) [g]	5,17E-01	2,71E-01	3,28E-01	5,44E-01	6,71E-01	6,82E-01
Χρήση πόρων [kWh]	7,07E-01	7,51E-01	6,74E-01	5,81E-01	1,01	6,74E-01
Χρήση γης [m <sup>2</sup> ]	5,68E-04	2,67E-01	3,02E-01	4,04E-04	1,52E-01	1,33E-01
Τελικό κόστος [€]	1,21E-01	4,19E-02	4,03E-02	1,21E-01	1,96E-01	1,96E-01

**Πίνακας 68:** Συνολικός πίνακας αποτελεσμάτων

Κριτήρια / AKZ καυσίμων	E5-mix from wheat	E5-mix from SB
Αέρια θερμοκηπίου (CO <sub>2</sub> equ) [g]	70,42	70,34
Ατμοσφαιρικοί ρύποι (SO <sub>2</sub> equ) [g]	4,31E-01	4,15E-01
Ατμοσφαιρικοί ρύποι (TOPP equ) [g]	2,71E-01	2,72E-01
Χρήση πόρων [kWh]	1,26	1,23
Χρήση γης [m <sup>2</sup> ]	1,60E-02	1,40E-02
Τελικό κόστος [€]	2,44E-01	2,44E-01

**Πίνακας 69:** Συνολικός πίνακας αποτελεσμάτων για τα μίγματα βενζίνης και βιοαιθανόλης

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### 5

---

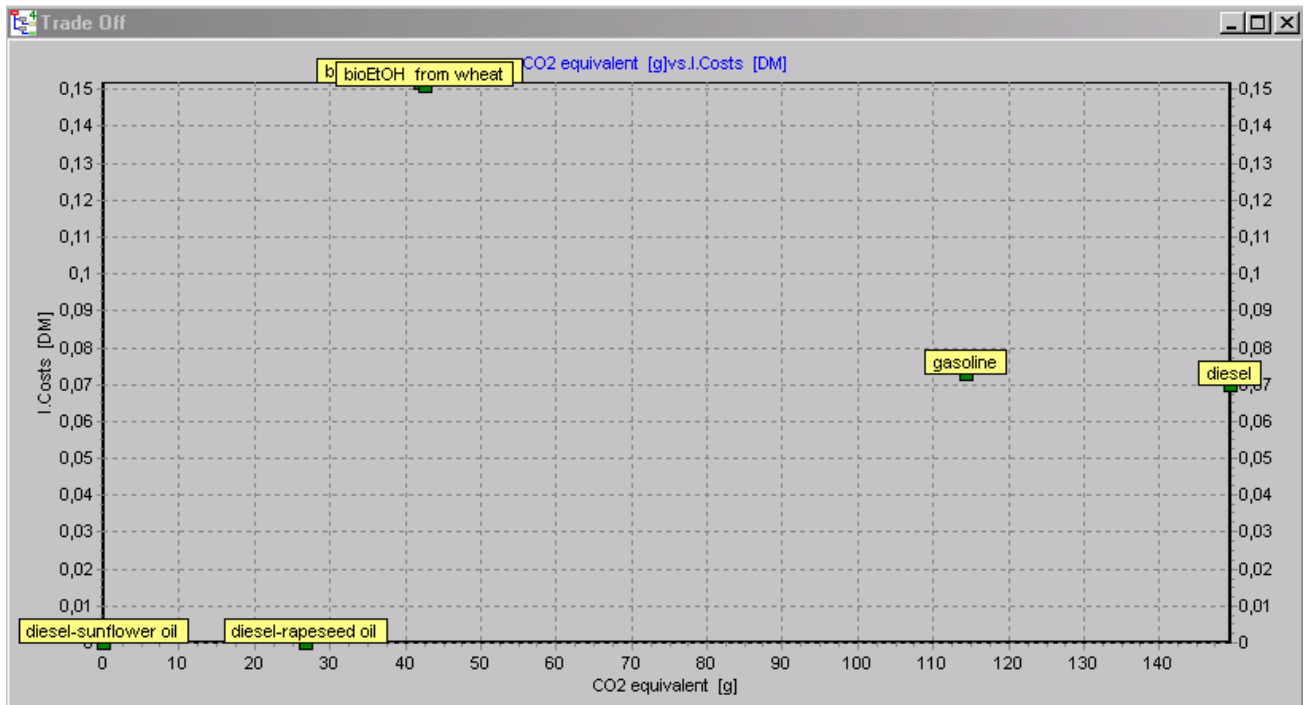
## *ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ*

### **5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

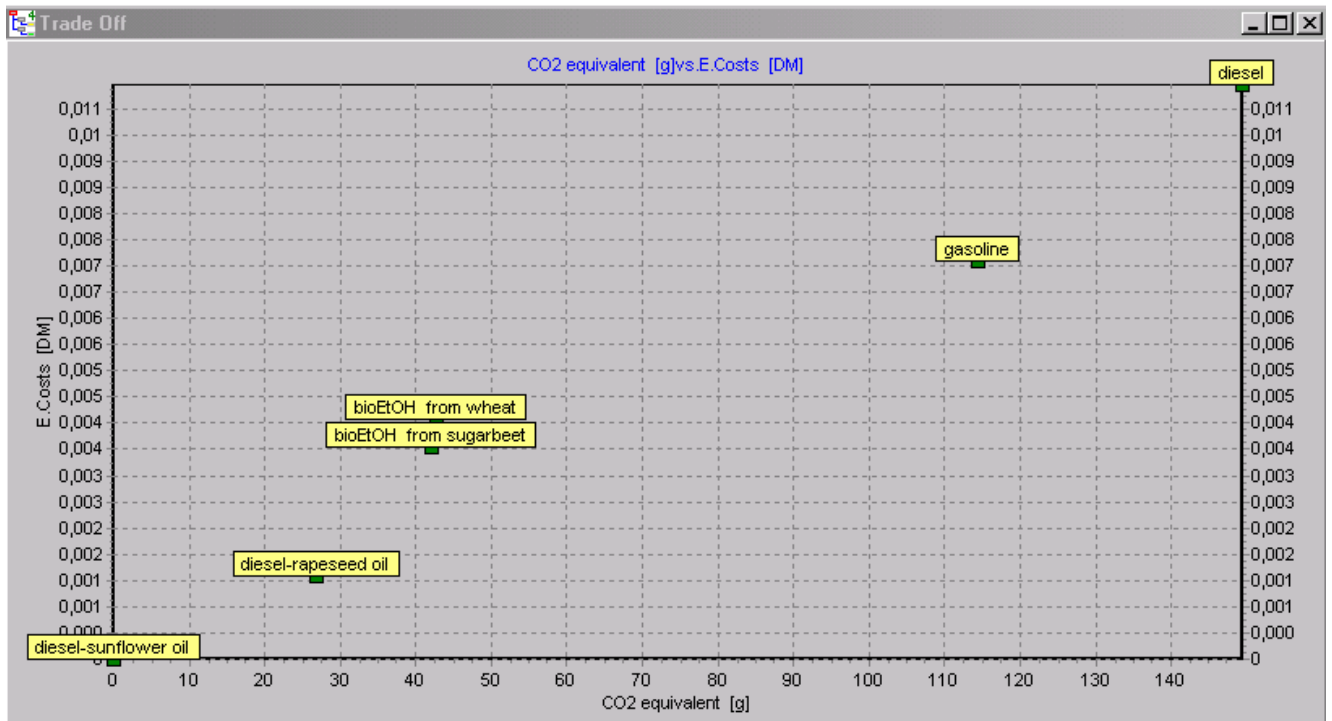
Μετά την ολοκλήρωση των αποτελεσμάτων όπως αυτά προέκυψαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, ακολουθεί σύγκριση μεταξύ των κυριότερων κριτηρίων των διεργασιών που μελετήθηκαν. Αυτές είναι οι εκπομπές, ο ενεργειακός παράγοντας και τέλος το κόστος. Λαμβάνοντας ως σημείο αναφοράς το βιοντίζελ παραγόμενο από ηλίανθο και συγκρίνοντας κάθε φορά δύο παραμέτρους μπορεί εύκολα να γίνει αντιληπτή η βέλτιστη λύση.

#### **5.1.1 Σύγκριση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και κόστους**

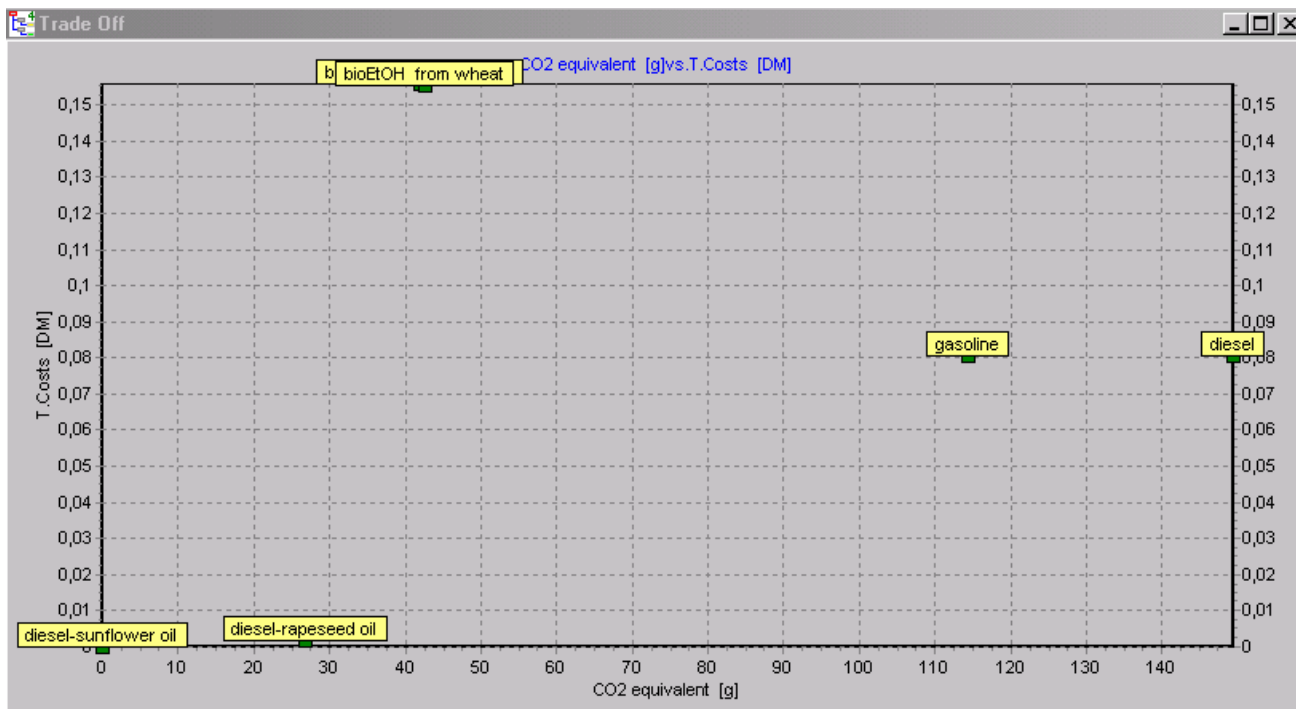
Στα παρακάτω διαγράμματα έχουμε σύγκριση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με το εσωτερικό, το εξωτερικό και το ολικό κόστος με σημείο αναφοράς το βιοντίζελ παραγόμενο από ηλίανθο (diesel-sunflower oil). Σαν αποτέλεσμα αυτού, στα παρακάτω διαγράμματα θα εμφανίζεται στο σημείο ( 0 , 0 ).



Διάγραμμα 12: Τιμές του ισοδύναμου CO<sub>2</sub> σε σχέση με το εσωτερικό κόστος



Διάγραμμα 13: Τιμές του ισοδύναμου CO<sub>2</sub> σε σχέση με το εξωτερικό κόστος



**Διάγραμμα 14:** Τιμές του ισοδύναμου CO<sub>2</sub> σε σχέση με το συνολικό κόστος

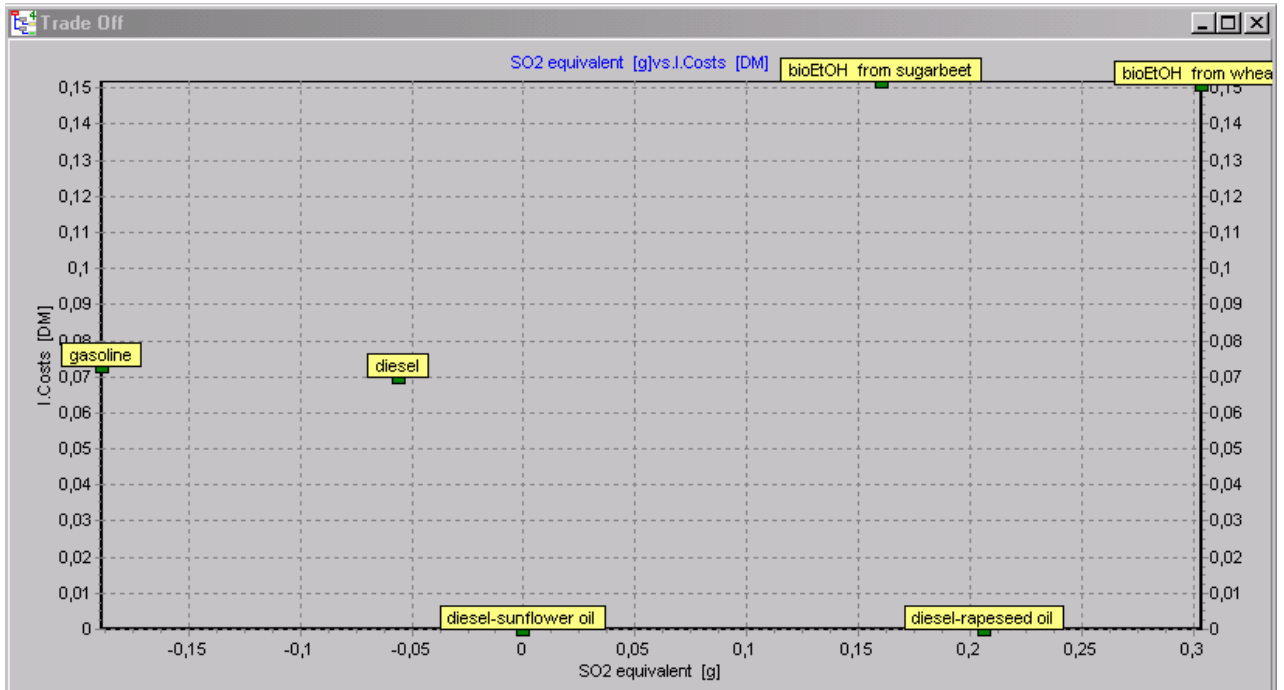
Παρατηρούμε λοιπόν ότι μεγαλύτερο εσωτερικό κόστος με μικρές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου έχει η βιοαιθανόλη, ενώ η βενζίνη και το ντίζελ παρόλο που έχουν μικρότερο εσωτερικό κόστος, έχουν αυξημένες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Σε σχέση με το εξωτερικό κόστος παρατηρούμε ότι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη βενζίνη και κυρίως από το ντίζελ είναι οι δυσμενέστερες σε σχέση με τα αέρια του θερμοκηπίου.

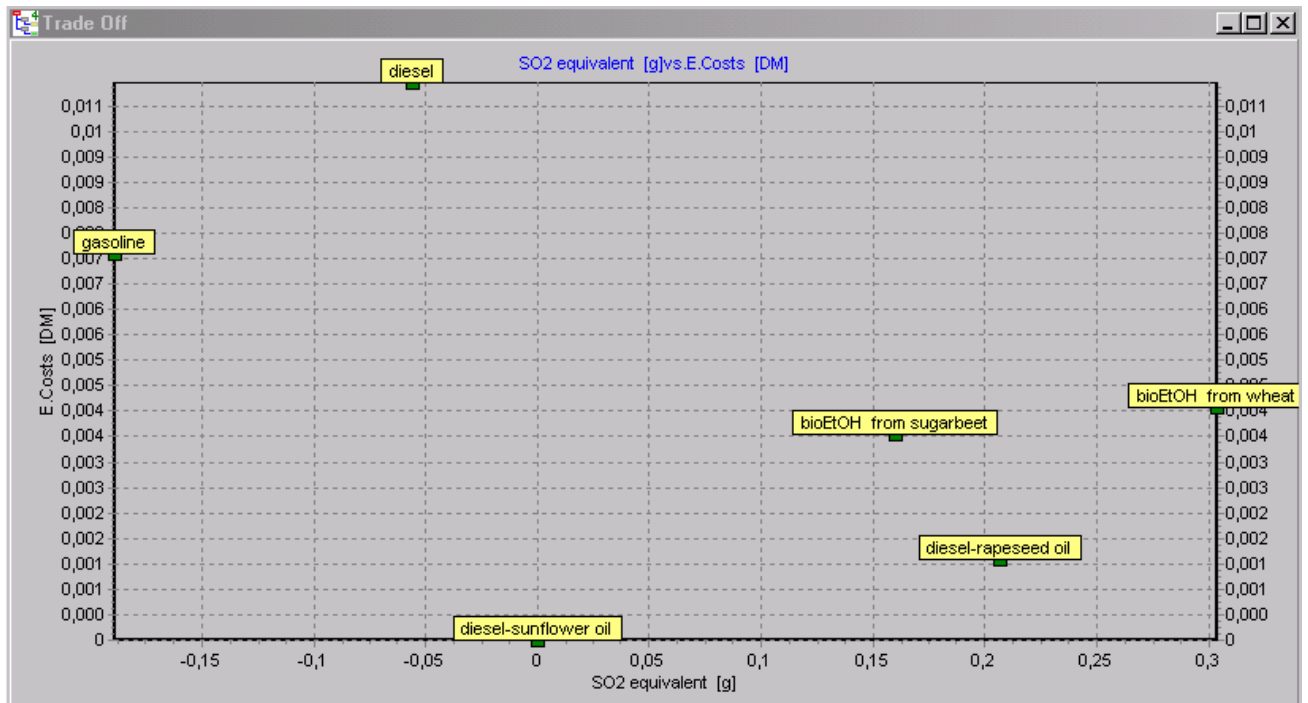
Από το διάγραμμα 14 σε σχέση με το τελικό κόστος καταλήγουμε εύκολα στο συμπέρασμα ότι το βιοντίζελ παραγόμενο από ηλίανθο είναι η βέλτιστη λύση, αφού πληρεί και τα δύο κριτήρια ως προς τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου αλλά και το τελικό κόστος. Η βιοαιθανόλη καθίσταται αρνητική ως προς το κόστος ενώ τα συμβατικά καύσιμα καθίστανται αρνητικά ως προς τις υψηλές συγκεντρώσεις αερίων του θερμοκηπίου.

### 5.1.2 Σύγκριση των εκπομπών διαφόρων ατμοσφαιρικών ρύπων και κόστους

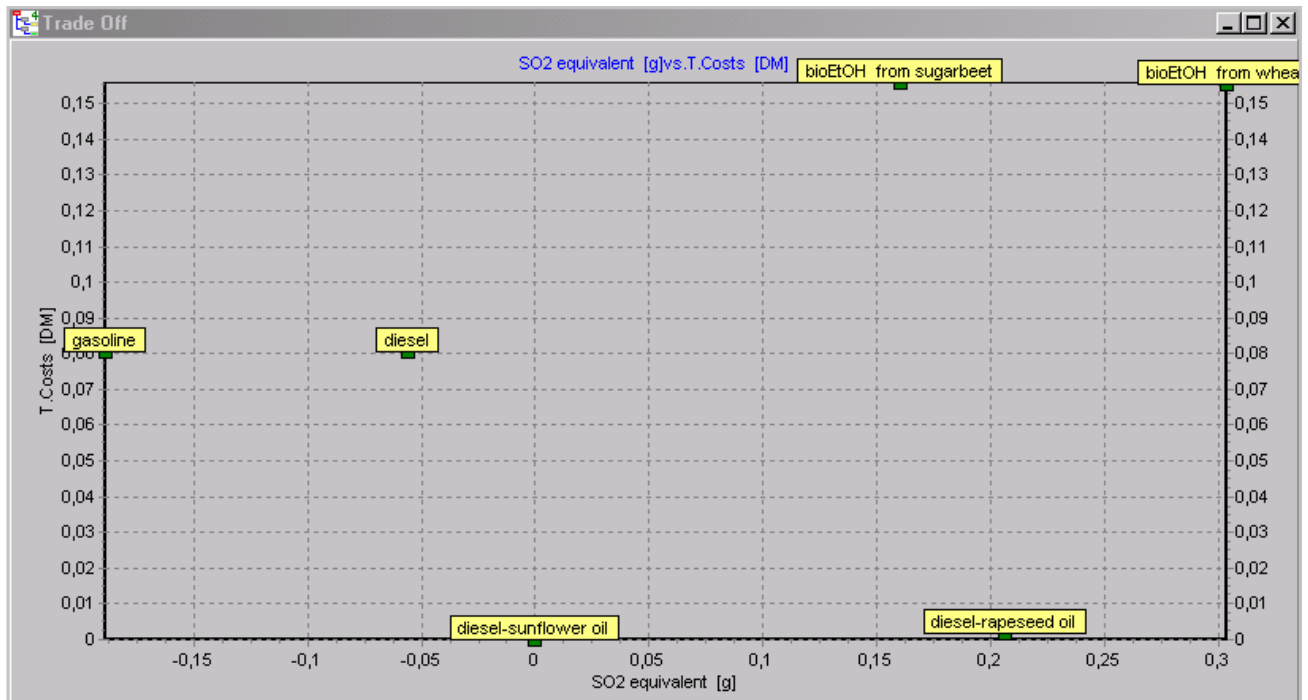
Ακολουθεί σύγκριση του ισοδύναμου  $\text{SO}_2$  με το εσωτερικό, το εξωτερικό και το ολικό κόστος με σημείο αναφοράς το βιοντίζελ παραγόμενο από ηλίανθο.



Διάγραμμα 15: Τιμές του ισοδύναμου  $\text{SO}_2$  σε σχέση με το εσωτερικό κόστος



Διάγραμμα 16: Τιμές του ισοδύναμου SO<sub>2</sub> σε σχέση με το εξωτερικό κόστος



Διάγραμμα 17: Τιμές του ισοδύναμου SO<sub>2</sub> σε σχέση με το συνολικό κόστος

Παρατηρούμε ότι τα καύσιμα με τις μικρότερες εκπομπές ισοδύναμου SO<sub>2</sub> είναι η βενζίνη και ακολουθεί το ντίζελ ενώ το καύσιμο με τις υψηλότερες συγκεντρώσεις

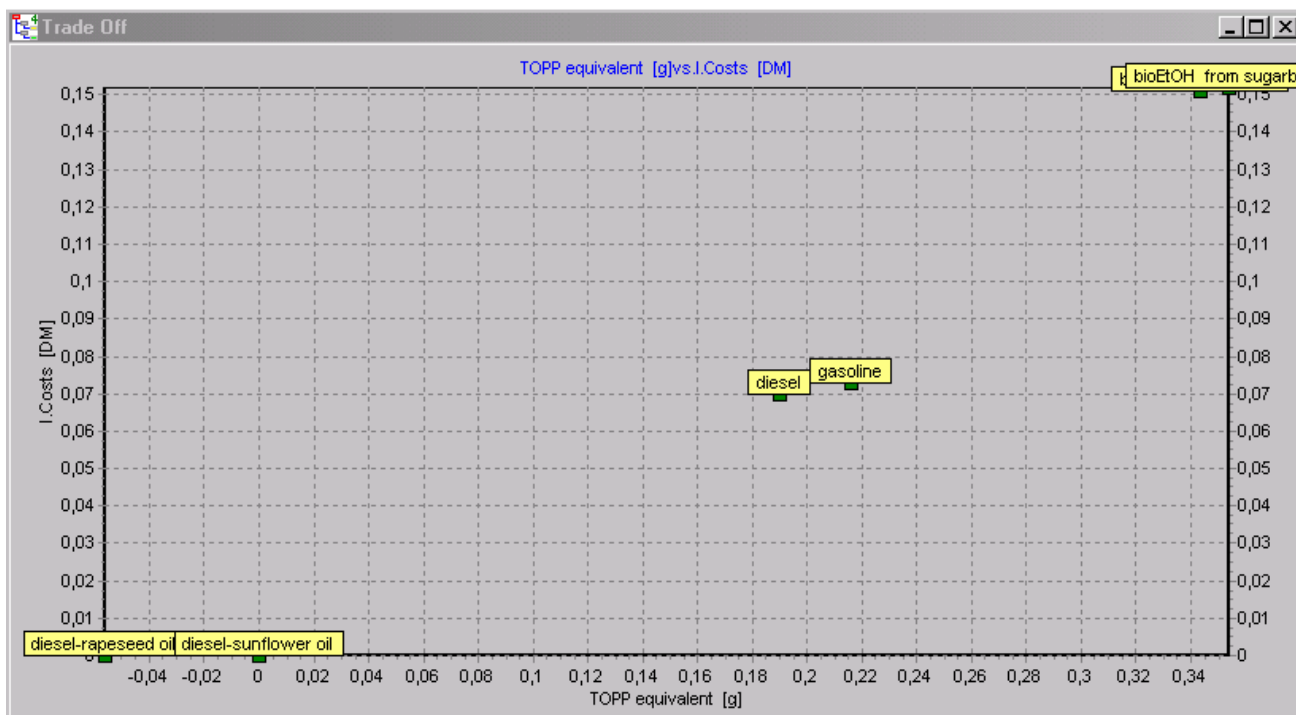


ισοδύναμου SO<sub>2</sub> και το υψηλότερο εσωτερικό κόστος είναι η βιοαιθανόλη παραγόμενη από σιτάρι.

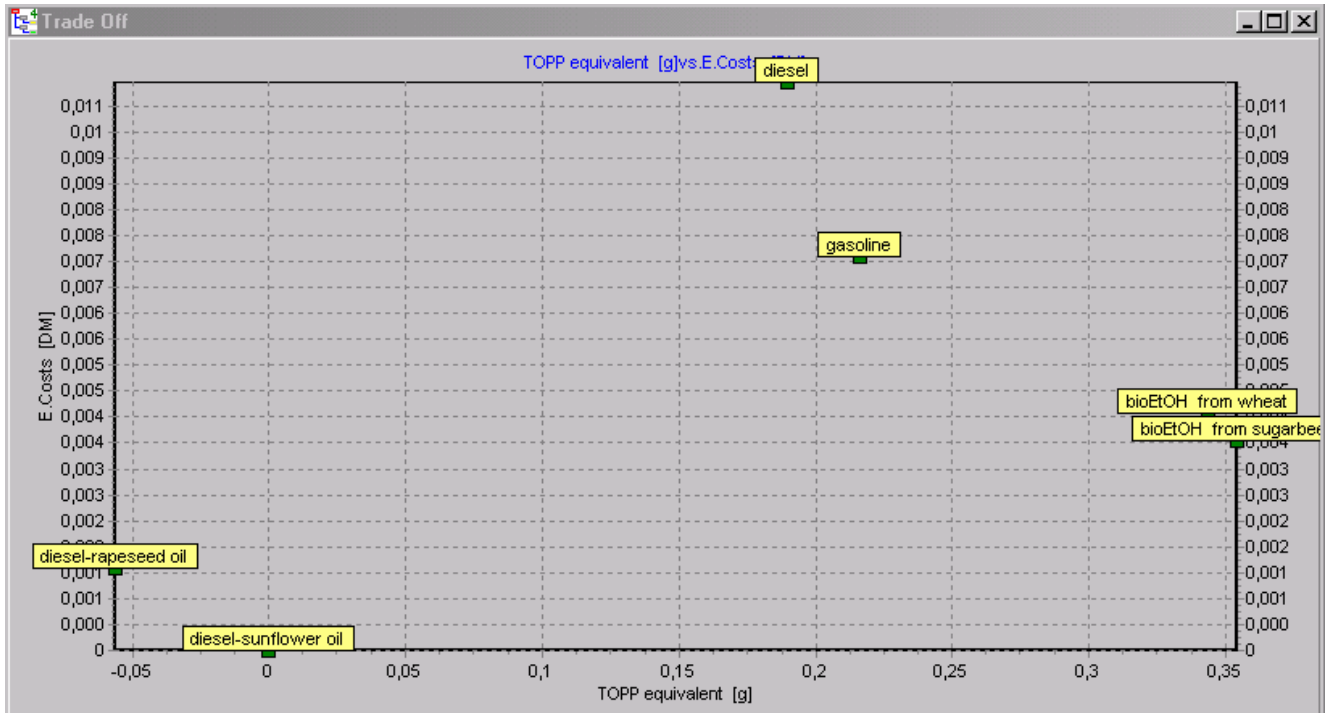
Το ντίζελ και η βενζίνη παρά τις χαμηλές εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων, έχουν το υψηλότερο εξωτερικό κόστος σε σχέση με τα βιοκαύσιμα.

Από το Διάγραμμα 17, παρατηρούμε ότι τα καύσιμα που έχουν το χαμηλότερο ολικό κόστος με τις χαμηλότερες εκπομπές είναι το βιοντίζελ παραγόμενο από ηλίανθο και συναπόσπορο, αλλά επειδή το βιοντίζελ παραγόμενο από συναπόσπορο έχει λίγο μεγαλύτερες εκπομπές ισοδύναμου SO<sub>2</sub> επιλέγουμε σαν βέλτιστη λύση το πρώτο.

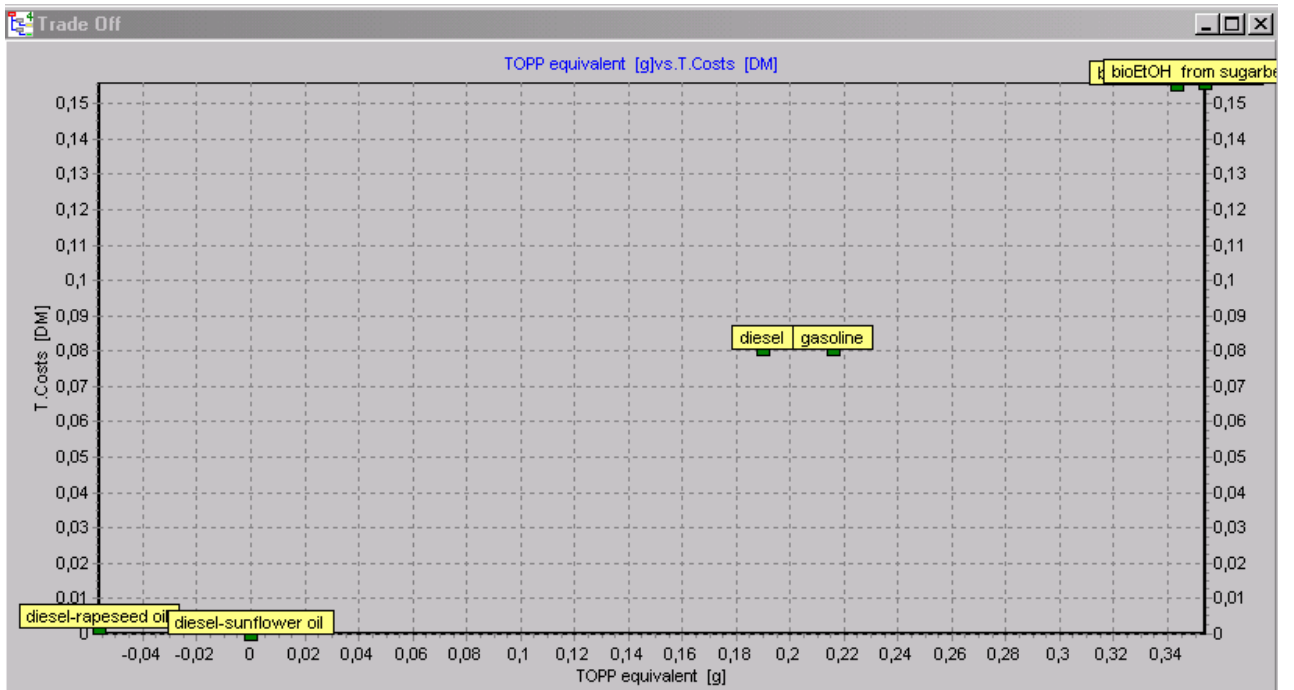
Ακολουθεί σύγκριση του ισοδύναμου TOPP με το εσωτερικό, το εξωτερικό και το ολικό κόστος με σημείο αναφοράς το βιοντίζελ παραγόμενο από ηλίανθο.



**Διάγραμμα 18:** Τιμές του ισοδύναμου TOPP σε σχέση με το εσωτερικό κόστος



Διάγραμμα 19: Τιμές του ισοδύναμου TOPP σε σχέση με το εξωτερικό κόστος



Διάγραμμα 20: Τιμές του ισοδύναμου TOPP σε σχέση με το συνολικό κόστος

Παρατηρούμε από το Διάγραμμα 18 ότι το καύσιμο με το χαμηλότερο εσωτερικό κόστος αλλά και τις χαμηλότερες εκπομπές είναι το βιοντίζελ προερχόμενο από

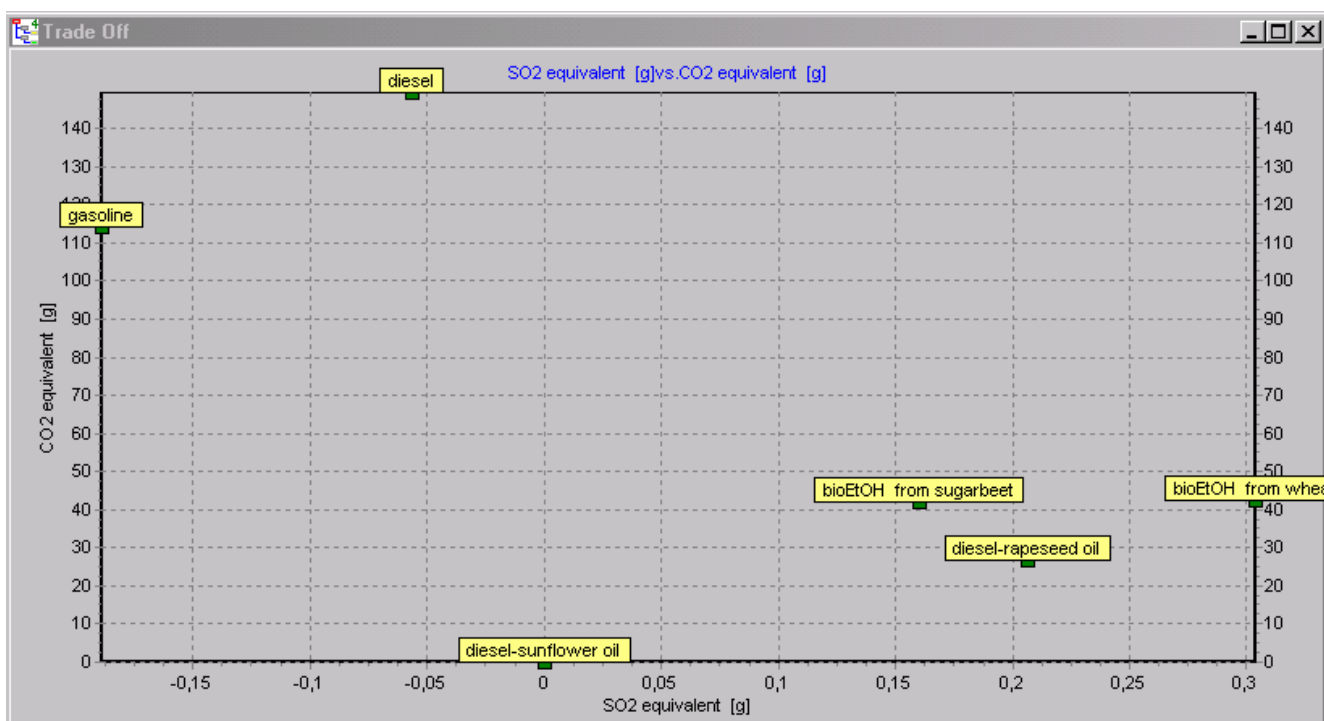
συναπόσπορο και ηλίανθο. Αντίθετα η βιοιθανόλη προερχόμενη από σίτο και ζαχαρότευτλο είναι καύσιμο με αυξημένες εκπομπές ισοδύναμου TOPP αλλά και αυξημένο εσωτερικό κόστος.

Παρόλα αυτά η βιοιθανόλη έχει μικρότερο εξωτερικό κόστος από το ντίζελ και την βενζίνη που έχουν μικρότερες εκπομπές ισοδύναμου TOPP.

Έτσι στο τελικό διάγραμμα (Διάγραμμα 20) τα αποτελέσματα διαμορφώνονται ως εξής: Η βιοιθανόλη έχει μεγάλο ολικό κόστος και υψηλές συγκεντρώσεις εκπομπών, η βενζίνη και το ντίζελ έχουν χαμηλότερο κόστος αλλά αυξημένες συγκεντρώσεις εκπομπών, ενώ το βιοντίζελ έχει και χαμηλό κόστος και μειωμένες εκπομπές ρύπων.

### 5.1.3 Σύγκριση των εκπομπών διαφόρων ατμοσφαιρικών ρύπων και των αερίων του θερμοκηπίου

Ακολουθεί σύγκριση του ισοδύναμου SO<sub>2</sub> με το ισοδύναμο CO<sub>2</sub> με σημείο αναφοράς το βιοντίζελ παραγόμενο από ηλίανθο.



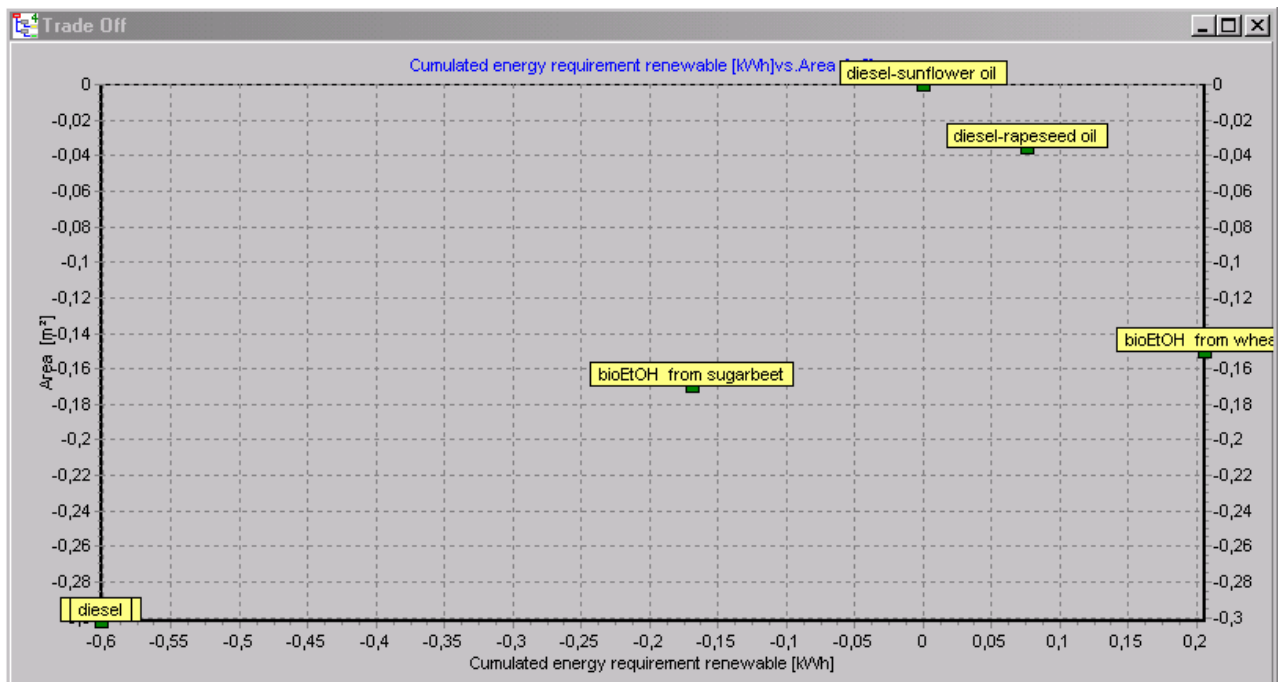
**Διάγραμμα 21:** Τιμές του ισοδύναμου SO<sub>2</sub> σε σχέση με τις τιμές ισοδύναμου CO<sub>2</sub>

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε ότι η βενζίνη έχει τις υψηλότερες συγκεντρώσεις ισοδύναμου CO<sub>2</sub> και τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις SO<sub>2</sub>. Η βιοιθανόλη

παραγόμενη από σιτάρι έχει τις υψηλότερες συγκεντρώσεις ισοδύναμου SO<sub>2</sub> με χαμηλές ωστόσο συγκεντρώσεις ισοδύναμου CO<sub>2</sub>. Προκύπτει ότι το βιοντίζελ παραγόμενο από ηλίανθο είναι η βέλτιστη λύση.

#### 5.1.4 Σύγκριση της συσσωρευμένης απαιτούμενης ανανεώσιμης ενέργειας και της χρήσης γης.

Ακολουθεί σύγκριση της συσσωρευμένης απαιτούμενης ανανεώσιμης ενέργειας με τη χρήση γης με σημείο αναφοράς το βιοντίζελ παραγόμενο από ηλίανθο



**Διάγραμμα 22:** Τιμές της συσσωρευμένης απαιτούμενης ενέργεια σε σχέση με τη χρήση γης

Παρατηρούμε ότι η βενζίνη και το ντίζελ έχουν τις μικρότερες απαιτήσεις ως προς γή και αποτελούνται από πολύ μικρά ποσά ανανεώσιμης ενέργειας. Η βιοαιθανόλη παραγόμενη από σιτάρι έχει μικρότερες απαιτήσεις γής σε σχέση με το βιοντίζελ, ενώ παράλληλα έχει αυξημένες απαιτήσεις σε ανανεώσιμη ενέργεια. Το βιοντίζελ παραγόμενο από ηλίανθο έχει τις μεγαλύτερες απαιτήσεις σε γή σε σύγκριση με τα

υπόλοιπα καύσιμα Έτσι η επιλογή της βέλτιστης λύσης γίνεται με βάση τη βαρύτητα που θέτουμε στα δύο αυτά κριτήρια.

Συνοψίζοντας προκύπτει ότι τα βιοκαύσιμα υπερτερούν των συμβατικών ως προς τις μειωμένες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ενώ υπολείπονται στις εκπομπές ισοδύναμου SO<sub>2</sub>. Επίσης το βιοντίζελ έχει τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις ισοδύναμου TOPP ενώ η βιοαιθανόλη τις υψηλότερες. Στις ενδιάμεσες συγκεντρώσεις βρίσκονται τα συμβατικά καύσιμα. Ως προς τα σωματίδια μικρότερες συγκεντρώσεις έχει η βενζίνη και ακολουθεί η βιοαιθανόλη παραγόμενη από ζαχαρότευτλο και το βιοντίζελ παραγόμενο από ηλίανθο με πολύ μικρή διαφορά. Σε σχέση με τη χρήση πόρων βέλτιστο θεωρούμε το βιοντίζελ παραγόμενο από ηλίανθο, με μικρή συνολικά απαιτούμενη ενέργεια. Αποτελείται επίσης από πολύ μικρό ποσοστό μη ανανεώσιμης ενέργειας σε σχέση με την ανανεώσιμη. Ως προς τη χρήση γης υπερτερούν τα συμβατικά καύσιμα ενώ ανάμεσα στα βιοκαύσιμα βέλτιστη λύση αποτελεί η βιοαιθανόλη παραγόμενη από ζαχαρότευτλο. Τέλος ως προς το κόστος υπερτερεί το βιοντίζελ παραγόμενο από ηλίανθο, έχοντας μικρό εσωτερικό και εξωτερικό κόστος. Από την παραπάνω σύγκριση προκύπτει ότι το πιο αειφόρο σενάριο είναι το βιοντίζελ παραγόμενο από ηλίανθο.

## **5.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΔΥΝΑΜΙΕΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ**

Οι μεθοδολογικές αδυναμίες της έρευνας έγκεινται στο γεγονός ότι υπάρχει έλλειψη πολλών δεδομένων που είναι άμεσα εξαρτώμενα με την ΑΚΖ των βιοκαυσίμων και των συμβατικών καυσίμων. Αναλυτικότερα, στην Ελλάδα, μέχρι τώρα, δεν έχει πραγματοποιηθεί ΑΚΖ των συμβατικών καυσίμων, του ντίζελ και της βενζίνης, που μελετήθηκαν σε αυτή την εργασία. Έτσι υπάρχει και έλλειψη δεδομένων, και μεγάλες αποκλίσεις σε σχέση με τις πραγματικές τιμές των χαρακτηριστικών της κάθε διεργασίας, των εκπομπών, της απαιτούμενης ενέργειας κ.α. Καθίσταται λοιπόν αναγκαία η πραγματοποίηση ΑΚΖ των συμβατικών καυσίμων όχι μόνο για την καλύτερη αξιολόγηση αυτών αλλά και των βιοκαυσίμων, αφού τα συμβατικά καύσιμα

συμμετέχουν στη δημιουργία τους, είτε άμεσα, για τη δημιουργία των μιγμάτων, είτε έμμεσα, ως βοηθητική ενέργεια.

Επιπλέον, οι μεμονωμένες εκπομπές από κάθε στάδιο των διεργασιών που μελετήθηκαν, ελήφθησαν αυτούσιες από τη βάση δεδομένων του μοντέλου, εξαιτίας του μεγάλου αριθμού αυτών των ζητούμενων, του εξειδικευμένου αντικειμένου τους, αλλά και της δύσκολης έως αδύνατης εύρεσής τους για τα ελληνικά δεδομένα. Η διερεύνηση για το κατά πόσο ισχύουν τα δεδομένα αυτά των εκπομπών που χρησιμοποιήθηκαν, θα οδηγούσε σε μια πιο αξιόπιστη προσέγγιση των αποτελεσμάτων.

Επίσης, η μελέτη παρουσιάζει σφάλματα στα αποτελέσματα, αφού πραγματοποιήθηκε με βάση δεδομένα του 2000, οπότε οι μεταβολές αυτών την τελευταία πενταετία δεν ελήφθησαν υπόψιν.

Γενικότερα η δημιουργία ελληνικής βάσης δεδομένων που να είναι διαθέσιμη στο κοινό, θα ήταν εξαιρετικά χρήσιμη για την εκπόνηση πολλών μελετών.

Επιπλέον η εκπόνηση ΑΚΖ των μιγμάτων βενζίνης και βιοαιθανόλης έως τη χρήση του καυσίμου από το όχημα, καθίσταται απαραίτητη για μια πιο εμπειριστατωμένη μελέτη των βιοκαυσίμων.

Τέλος, για μία σφαιρικότερη άποψη σε σχέση με την καθαρότητα των βιοκαυσίμων, θα πρέπει να γίνει και ΑΚΖ ως προς τους περιβαλλοντικούς δείκτες που αφορούν τον ευτροφισμό, την εκπομπή αερίων που δημιουργούν όξινη απόθεση καθώς επίσης και ως προς την ενεργειακή απόδοση των βιοκαυσίμων σε σχέση με την ενέργεια που καταναλώνεται για την παραγωγή τους.

Λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω αδυναμίες, μπορεί να γίνει περαιτέρω βελτίωση της μελέτης, προσεγγίζοντας με μεγαλύτερη ακρίβεια τα αποτελέσματα της ΑΚΖ των συμβατικών καυσίμων και των βιοκαυσίμων στην Ελλάδα, αποκτώντας παράλληλα ένα εργαλείο για την προώθηση μέτρων και τη λήψη αποφάσεων.

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### 6

---

#### *ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ*

Η υψηλή και διαρκώς μεταβαλλόμενη τιμή του πετρελαίου, σε συνδυασμό με την αβεβαιότητα γύρω από το μέγεθος των αξιοποιήσιμων αποθεμάτων του και την εντεινόμενη ανησυχία για την όξυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου, έχουν επαναφέρει τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στο προσκήνιο, όχι μόνο σε ερευνητικό επίπεδο αλλά και στο πεδίο των εμπορικών εφαρμογών.

Στην παρούσα εργασία τα συμπεράσματα προσανατολίζονται αφενός στην αξιολόγηση της ‘καθαρότητας’ των καυσίμων, αφετέρου στην επιλογή του βέλτιστου αειφόρου σεναρίου μεταξύ αυτών που μελετήθηκαν.

Χρησιμοποιώντας το υπολογιστικό εργαλείο GEMIS για την εκτίμηση της ΑΚΖ των συμβατικών καυσίμων και των βιοκαυσίμων καταλήξαμε στα ακόλουθα συμπεράσματα που αφορούν τα βιοκαύσιμα :

- ♦ Υπερτερούν σημαντικά έναντι των συμβατικών καυσίμων εμφανίζοντας μειωμένες εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου, συμβάλλοντας με αυτό τον τρόπο στη μείωση της επίδρασης του φαινομένου και στην βελτίωση της ποιότητας του αέρα.
- ♦ Εμφανίζουν αυξημένες εκπομπές ορισμένων ατμοσφαιρικών ρύπων όπως NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, HCl, HF και H<sub>2</sub>S που μπορεί να οδηγήσει στην δημιουργία όξινης απόθεσης. Το βιοντίζελ σε αντίθεση με τη βιοαιθανόλη εμφανίζει πολύ μικρές συγκεντρώσεις CO, NMVOC.
- ♦ Εμφανίζουν αυξημένες συγκεντρώσεις σωματιδίων.
- ♦ Η συνολική απαιτούμενη ενέργεια των βιοκαυσίμων και πιο συγκεκριμένα του βιοντίζελ είναι περίπου ίση με την απαιτούμενη ενέργεια παραγωγής του ντίζελ. Παρόλα αυτά η διαφορά έγκειται στο ότι το βιοντίζελ προέρχεται κυρίως από

- ανανεώσιμη ενέργεια, ενώ το ντίζελ από μη ανανεώσιμη, συμβάλλοντας με αυτό τον τρόπο και στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα.
- ♦ Τα βιοκαύσιμα απαιτούν μεγάλες εκτάσεις γης για την καλλιέργεια της πρώτης ύλης.
  - ♦ Τέλος η μεταβλητή του κόστους, λαμβάνοντας υπόψη το εσωτερικό και το εξωτερικό κόστος, καθορίζεται από το είδος του βιοκαυσίμου που θα επιλεγεί. Πιο συγκεκριμένα η ΑΚΖ έδειξε ότι το καύσιμο με το ελάχιστο συνολικό κόστος είναι το βιοντίζελ, ενώ το μέγιστο παρουσιάζει η βιοιθανόλη.
  - ♦ Τα αποτελέσματα της μελέτης ταυτίζονται με άλλες μελέτες που έχουν γίνει γύρω από τα βιοκαύσιμα.

Σύμφωνα με τα παραπάνω τα βιοκαύσιμα δεν μπορούν να θεωρηθούν ως ‘καθαρά’ καύσιμα, αφού και ατμοσφαιρικούς ρύπους εκπέμπουν όπως αναφέρθηκε παραπάνω και υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις έχουν για την παραγωγή τους. Παρ’ όλα αυτά υπερτερούν σε σύγκριση με τα συμβατικά καύσιμα. τόσο ως προς την μείωση των αερίων του θερμοκηπίου, όσο και ως προς το ότι προέρχονται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Επίσης υπερτερούν και ως προς το κόστος, έχοντας συμπεριλάβει υπόψη και το εξωτερικό κόστος που είναι σημαντική παράμετρος για μια πιο σφαιρική αξιολόγηση των επιπτώσεων από τις εκπομπές αυτών. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι τα βιοκαύσιμα δεν είναι ‘καθαρά’ καύσιμα, παρόλα αυτά σε σύγκριση με τα συμβατικά έχουν αρκετά πλεονεκτήματα.

Από τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 4 καθώς και τη συζήτηση που έγινε γύρω από αυτά στο Κεφάλαιο 5, συμπεραίνουμε ότι η παραγωγή βιοντίζελ με πρώτη ύλη τον ηλίανθο εμφανίζεται ως το πιο αειφόρο σενάριο.

### *ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ*

- ♦ Ως αποτέλεσμα των τεχνολογικών εξελίξεων, προσφέρεται ήδη η δυνατότητα χρήσης καθαρών βιοκαυσίμων σε στόλους οχημάτων. Αυτό μπορεί να συμβάλλει στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα στις αστικές περιοχές. Θα μπορούσε συνεπώς να γίνει περαιτέρω προώθηση της χρήσης των βιοκαυσίμων στα



- δημόσια μέσα μεταφοράς, μειώνοντας έτσι τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.
- ♦ Η βιοαιθανόλη και το βιοντίζελ θα είναι σε θέση να διεισδύσουν στην αγορά, μόνο εάν είναι ευρέως διαθέσιμα και ανταγωνιστικά. Για να μπορέσουν τα βιοκαύσιμα να είναι ανταγωνιστικά ως προς το κόστος θα πρέπει είτε να γίνει πλήρη άρση των φόρων σε αυτά, είτε να υπάρχουν φορολογικές ελαφρύνσεις.
  - ♦ Η προώθηση της παραγωγής και χρήσης βιοκαυσίμων θα μπορούσε να συμβάλλει στη μείωση της εξάρτησης από τα εισαγόμενα καύσιμα. Η απεξάρτηση αυτή θα βοηθούσε στην κάλυψη ενεργειακών αναγκών καθώς και στην εξοικονόμηση συναλλάγματος.
  - ♦ Η βέλτιστη μέθοδος αύξησης των βιοκαυσίμων έγκειται στην προώθηση αυτών από τις εθνικές και κοινοτικές πολιτικές και από τις φορολογικές ρυθμίσεις.
  - ♦ Η γεωγραφική θέση της χώρας μας παρέχει άφθονες δυνατότητες αξιοποίησης βιομάζας λόγω της δυνατότητας παραγωγής των πρώτων υλών αφού το 69% της συνολικής έκτασης αποτελείται από καλλιεργήσιμες εκτάσεις και βοσκοτόπια.
  - ♦ Η χρήση βιομάζας θα δημιουργούσε ευκαιρίες απασχόλησης στις αγροτικές αλλά και στις βιομηχανίες περιοχές.
  - ♦ Οι ενεργειακές καλλιέργειες θα δημιουργήσουν εναλλακτικές αγορές για τις συμβατικές καλλιέργειες.
  - ♦ Ανάπτυξη νέων φίλτρων κυρίως για τα οχήματα κίνησης τα οποία θα στοχεύουν στον περιορισμό των επιβλαβών εκπομπών.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [1.1] Barnwal, B. K., Sharma, M.P., 2004. “Prospects of biodiesel production from vegetable oils in India”, Renewable and sustainable energy reviews 9, 363 - 364
- [1.2] Freire F., Malca J., Rozakis S. , 2004, “Integrated economic and environmental life cycle optimization : an application to biofuel production in France”
- [1.3] [www.greenpeace.gr/shown.asp?id=279](http://www.greenpeace.gr/shown.asp?id=279)
- [1.4] Hall D.O., 1997, “Biomass energy in industrialized countries – a view of the future”, Forest ecology and management 91, 18 - 19
- [1.5] Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2003, Επίσημη εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, Οδηγία 2003/30/EK, L123/42
- [1.6] Γουσουριώτης Η., 2005, “Αξιολόγηση επενδυτικών σχεδίων ανάπτυξης συστημάτων θέρμανσης με στερεά βιομάζα”, 12 – 13
- [1.7] Πανούτσου Κ., 2003, “Greek biofuel situation.”, General liquid biofuels situation, 23-27
- [1.8] Jungmeier G., Könighofer K. , Varela M., Lago C., 2005, “Environmental Aspects of Biofuels for Transportation in Europe - Results from the VIEWLS Review”.
- [1.9] Riley C., 2002, “Bioethanol : a renewable transportation fuel from biomass”.
- [1.10] Calzoni J., et al., 2000, “Bioenergy for Europe : which ones fit best?”.
- [1.11] [www.cres.gr/kape/energia\\_politis.htm](http://www.cres.gr/kape/energia_politis.htm)
- [1.12] Κ.Α.Π.Ε , 1998, Εγχειρίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας- Ενέργεια από Βιομάζα
- [1.13] Στοϊμενίδης Α., Κωτσόπουλος Θ., Μαρτζόπουλος Γ., 2005, “Βιομάζα: Εναλλακτική πηγή ενέργειας για την μείωση του κόστους παραγωγής αγροτικών προϊόντων”
- [1.14] Κουλουμπής Β., 2004, “Οικονομική και περιβαλλοντική αξιοποίηση των

βιοκαυσίμων – θέρμανση με βιομάζα”, 5 – 9.

- [1.15] [www.nationmaster.com/encyclopedia/ethanol.htm](http://www.nationmaster.com/encyclopedia/ethanol.htm)
- [1.16] [www.nationmaster.com/encyclopedia/biodiesel.htm](http://www.nationmaster.com/encyclopedia/biodiesel.htm)
- [1.17] ADEME, 2003, “Liquid biofuels network – activity report”, 6 - 10
- [1.18] Υπουργείο Ανάπτυξης, Γενική Διεύθυνση Ενέργειας, Διεύθυνση Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας, 2004, Εκτεταμένη περίληψη 1<sup>ης</sup> Εθνικής Έκθεσης για βιοκαύσιμα
- [1.19] Μουσιόπουλος Ν., Μπούρα Α., 1998, Ανάλυση κύκλου ζωής, 1 – 6
- [1.20] European Commission, 1995, Externalities of fuel cycles ‘ExternE’ Project, 1 – 6, [www.externe.jrc.es](http://www.externe.jrc.es)
- [1.21] [www.etsu.com/INSPIRE/](http://www.etsu.com/INSPIRE/)
- [1.22] [www.oeko.de/service/gemis](http://www.oeko.de/service/gemis)
- [1.23] IEA Bioenergy Task 38 – Software tools, [www.joanneum.ac.at/iea-bioenergy-task38/softwaretools/softwaretools.htm](http://www.joanneum.ac.at/iea-bioenergy-task38/softwaretools/softwaretools.htm)
- [1.24] [www.envorontal-expert.com/software/pr\\_eng/pr\\_eng.htm](http://www.envorontal-expert.com/software/pr_eng/pr_eng.htm)
- [1.25] [www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)
- [1.26] Fritsche Uwe R., Schimidt, 2004, Global emission model of integrated systems (GEMIS), Manual, 8 – 10, 13 – 26
- [1.27] IEA Bioenergy Task 38 – Software tools, [www.joanneum.ac.at/iea-bioenergy-task38/softwaretools/softwaretools.htm](http://www.joanneum.ac.at/iea-bioenergy-task38/softwaretools/softwaretools.htm)
- [1.28] Τσούτσος Θ., 2004, Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

**Πίνακας 1:** Παραγωγή βιοαιθανόλης και ΕΤΒΕ με βάση το σιτάρι, το κριθάρι και το ζαχαρότευτλο στην Ευρώπη το έτος 2002

**Πίνακας 2:** Παραγωγή βιοαιθανόλης και ΕΤΒΕ στις ευρωπαϊκές χώρες το έτος 2002 και η συνολική παραγωγική ικανότητα αυτών (ADEME, 2003)

**Πίνακας 3:** Παραγωγή βιοντίζελ σε ευρωπαϊκές χώρες το έτος 2002 και μελλοντική προβλεπόμενη εξέλιξη

**Πίνακας 4:** Εξέλιξη παραγωγής βιοντίζελ στην Ευρώπη από το 1992

**Πίνακας 5:** Παραγωγή βιοντίζελ από συναπόσπορο και ηλίανθο στην Ευρώπη το 2002

**Πίνακας 6:** Εκτιμώμενη κατανάλωση καυσίμων για το έτος 2005 και 2010 και στόχοι της Ε.Ε για την αντικατάσταση αυτών από βιοκαύσιμα

**Πίνακας 7:** Περιληπτική ανάλυση κόστους για την παραγωγή βιοντίζελ προερχόμενο από υπολείμματα ελαίων

**Πίνακας 8:** Περιληπτική ανάλυση κόστους για την παραγωγή βιοντίζελ προερχόμενο από έλαια λιπαρών οξέων

**Πίνακας 9:** Οικονομική εκτίμηση της παραγωγής βιοαιθανόλης στην Ελλάδα

**Πίνακας 10:** Συγκριτικός πίνακας προγραμμάτων

**Πίνακας 11:** Συνοπτικός πίνακας διεργασιών του ντίζελ και της βενζίνης

**Πίνακας 12:** Συνοπτικός πίνακας διεργασιών του βιοντίζελ παραγόμενο από συναπόσπορο ή ηλίανθο

**Πίνακας 13:** Συνοπτικός πίνακας διεργασιών της βιοαιθανόλης παραγόμενη από σιτάρι

**Πίνακας 14:** Συνοπτικός πίνακας διεργασιών της βιοαιθανόλης παραγόμενη από ζαχαρότευτλο

**Πίνακας 15:** Πηγές ενέργειας για την ηλεκτροπαραγωγή στην Ελλάδα

**Πίνακας 16:** Κόστος διεργασιών ηλεκτροπαραγωγής

**Πίνακας 17:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά εγκατάστασης

**Πίνακας 18:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά καλλιεργήσιμης περιοχής

- Πίνακας 19:** Χαρακτηριστικά των σπόρων συναπόσπορου
- Πίνακας 20:** Χαρακτηριστικά του προϊόντος
- Πίνακας 21:** Εκπομπές κατά την καλλιέργεια του συναπόσπορου
- Πίνακας 22:** Κόστος καλλιέργειας
- Πίνακας 23:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης
- Πίνακας 24:** Χαρακτηριστικά ξηραμένων σπόρων συναπόσπορου μετά την ξήρανση
- Πίνακας 25:** Χαρακτηριστικά του προϊόντος μετά την ξήρανση
- Πίνακας 26:** Εκπομπές κατά την αποθήκευση και ξήρανση του προϊόντος
- Πίνακας 27:** Κόστος αποθήκευσης και ξήρανσης του προϊόντος
- Πίνακας 28:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης
- Πίνακας 29:** Χαρακτηριστικά του βιοντίζελ μετά την άλεση
- Πίνακας 30 :** Σύσταση του βιοντίζελ μετά την άλεση
- Πίνακας 31:** Εκπομπές από την άλεση του προϊόντος
- Πίνακας 32:** Κόστος της άλεσης του προϊόντος
- Πίνακας 33:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά εγκατάστασης
- Πίνακας 34:** Κόστος ανεφοδιασμού καυσίμου
- Πίνακας 35:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης
- Πίνακας 36:** Εκπομπές από τη χρήση καυσίμου από τα οχήματα
- Πίνακας 37:** Κόστος της χρήσης καυσίμου από τα οχήματα
- Πίνακας 38:** Χαρακτηριστικά τρακτέρ
- Πίνακας 39:** Εκπομπές από το τρακτέρ
- Πίνακας 40:** Κόστος της μεταφοράς με τρακτέρ
- Πίνακας 41:** Χαρακτηριστικά του φορτηγού
- Πίνακας 42:** Εκπομπές από το φορτηγό
- Πίνακας 43:** Κόστος από τη μεταφορά με φορτηγό
- Πίνακας 44:** Ποσότητες λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων
- Πίνακας 45:** Εκπομπές από το λίπασμα αζώτου
- Πίνακας 46:** Εκπομπές από το λίπασμα φωσφόρου
- Πίνακας 47:** Εκπομπές από το λίπασμα καλίου
- Πίνακας 48:** Εκπομπές από το λίπασμα ασβεστίου
- Πίνακας 49:** Εκπομπές φυτοφαρμάκων

- Πίνακας 50:** Κόστος για την κάλυψη ενέργειας μεταφορικών αναγκών
- Πίνακας 51:** Κόστος ξήρασης
- Πίνακας 52:** Χαρακτηριστικά διανομής ηλεκτρικού ρεύματος
- Πίνακας 53:** Ποσότητες βοηθητικών υλικών άλεσης
- Πίνακας 54:** Κάρτα σεναρίων
- Πίνακας 55:** Κάρτα σεναρίων για τα μίγματα βενζίνης και βιοαιθανόλης
- Πίνακας 56:** Τιμές αερίων του θερμοκηπίου
- Πίνακας 57:** Τιμές ατμοσφαιρικών ρύπων
- Πίνακας 58:** Τιμές ατμοσφαιρικών ρύπων
- Πίνακας 59:** Τιμές συσσωρευμένης απαιτούμενης ενέργειας
- Πίνακας 60:** Χρήση γης
- Πίνακας 61:** Τιμές κόστους
- Πίνακας 62:** Τιμές αερίων του θερμοκηπίου
- Πίνακας 63:** Τιμές ατμοσφαιρικών ρύπων
- Πίνακας 64:** Τιμές ατμοσφαιρικών ρύπων
- Πίνακας 65:** Τιμές συσσωρευμένης απαιτούμενης ενέργειας
- Πίνακας 66:** Χρήση γης
- Πίνακας 67:** Κόστος μιγμάτων
- Πίνακας 68:** Συνολικός πίνακας αποτελεσμάτων
- Πίνακας 69:** Συνολικός πίνακας αποτελεσμάτων για τα μίγματα βενζίνης και βιοαιθανόλης

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

- Διάγραμμα 1:** Γραφική παράσταση ως προς το ισοδύναμο CO<sub>2</sub>
- Διάγραμμα 2:** Γραφική παράσταση ως προς το CO<sub>2</sub>
- Διάγραμμα 3:** Γραφική παράσταση ως προς το ισοδύναμο N<sub>2</sub>O
- Διάγραμμα 4:** Γραφική παράσταση ως προς το ισοδύναμο SO<sub>2</sub>
- Διάγραμμα 5:** Γραφική παράσταση ως προς το ισοδύναμο TOPP
- Διάγραμμα 6:** Γραφική παράσταση ως προς τα σωματίδια
- Διάγραμμα 7:** Γραφική παράσταση ως προς τη συσσωρευμένη απαιτούμενη ενέργεια
- Διάγραμμα 8:** Γραφική παράσταση ως προς τη χρήση γης
- Διάγραμμα 9:** Γραφική παράσταση ως προς το εσωτερικό κόστος
- Διάγραμμα 10:** Γραφική παράσταση ως προς το εξωτερικό κόστος
- Διάγραμμα 11:** Γραφική παράσταση ως προς το συνολικό κόστος
- Διάγραμμα 12:** Τιμές του ισοδύναμου CO<sub>2</sub> σε σχέση με το εσωτερικό κόστος
- Διάγραμμα 13:** Τιμές του ισοδύναμου CO<sub>2</sub> σε σχέση με το εξωτερικό κόστος
- Διάγραμμα 14:** Τιμές του ισοδύναμου CO<sub>2</sub> σε σχέση με το συνολικό κόστος
- Διάγραμμα 15:** Τιμές του ισοδύναμου SO<sub>2</sub> σε σχέση με το εσωτερικό κόστος
- Διάγραμμα 16:** Τιμές του ισοδύναμου SO<sub>2</sub> σε σχέση με το εξωτερικό κόστος
- Διάγραμμα 17:** Τιμές του ισοδύναμου SO<sub>2</sub> σε σχέση με το συνολικό κόστος
- Διάγραμμα 18:** Τιμές του ισοδύναμου TOPP σε σχέση με το εσωτερικό κόστος
- Διάγραμμα 19:** Τιμές του ισοδύναμου TOPP σε σχέση με το εξωτερικό κόστος
- Διάγραμμα 20:** Τιμές του ισοδύναμου TOPP σε σχέση με το συνολικό κόστος
- Διάγραμμα 21:** Τιμές του ισοδύναμου SO<sub>2</sub> σε σχέση με τις τιμές του ισοδύναμου CO<sub>2</sub>
- Διάγραμμα 22:** Τιμές της συσσωρευμένης απαιτούμενης ενέργειας σε σχέση με τη χρήση γης





## ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

- 1) AKZ : Ανάλυση Κύκλου Ζωής
- 2) Btu : British Thermal Units
- 3) EPA : Environmental Protection Agency
- 4) LCA : Life Cycle Assessment
- 5) Toe : Tons of oil Equivalent
- 6) RON : Research Octane Numbers
- 7) MON : Motor Octane Numbers
- 8) ΚΑΠΕ : Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
- 9) ALTENER : Alternative Energy. Πρόγραμμα της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις εναλλακτικές μορφές ενέργειας.
- 10) ΕΛΚΕΠΑ : Ελληνικό Κέντρο Παραγωγικότητας
- 11) ETBE : Ethyl Tertiary Boutyl Ether
- 12) RME : Rapeseed oil Methyl Ester
- 13) PME : Plant Methyl Ester
- 14) FME : Fat Methyl Ester
- 15) LHV : Lower Heating Value
- 16) HHV : Higher Heating Value
- 17) SB : Sugarbeet
- 18) E5 : Ethanol 5% - Gasoline 95%
- 19) E85 : Ethanol 85% - Gasoline 15%
- 20) GEMIS : Global Emission Model for Integrated Systems
- 21) OPEC : Organization of Oil-Exporting Countries – Χώρες που εξάγουν πέτρελαιο
- 22) SETAC : Society of Environmental Toxicology and Applied Chemistry
- 23) GHG : Green House Gases – Αέρια υπεύθυνα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

# 1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΜΕ ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ ΤΟΝ ΗΛΙΑΝΘΟ

## 1.1 Κύριες διεργασίες

### Καλλιέργεια του ηλίανθου

Χρόνος λειτουργίας	8760	h/yr
Ισχύς	2,2744	kW
Αποδοτικότητα	100%	%
Χρόνος ζωής	1	yr
Περιοχή	$4,39 \cdot 10^3$	m <sup>2</sup> /kW
Απασχόληση	$5 \cdot 10^{-3}$	persons

**Πίνακας 1:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά εγκατάστασης

Ετήσια παραγωγή	$28,8167 \cdot 10^3$	kWh/yr
Περιοχή	$10 \cdot 10^3$	m <sup>2</sup>
Χρόνος ζωής	1	yr
Απασχόληση	$5 \cdot 10^{-3}$	persons

**Πίνακας 2:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά περιοχής

Το προϊόν από αυτή τη διεργασία είναι σπόροι ηλίανθου (sunflower seeds) με τα παρακάτω χαρακτηριστικά :

Ειδικό βάρος	0,16	kg/kWh
Συντελεστής εκπομπής CO <sub>2</sub>	$88,3140 \cdot 10^3$	kg/TJ
Συντελεστής εκπομπής SO <sub>2</sub>	82,3337	kg/TJ
LHV	21,84	MJ/kg
HHV	23,569	MJ/kg
Μεταβλητό κόστος	0,05	€/kWh
Κόστος	$48,309 \cdot 10^{-3}$	€/kWh

**Πίνακας 3:** Χαρακτηριστικά των σπόρων ηλίανθου

Περιεκτικότητα επί τοις εκατό (%) του προϊόντος κατά την παραλαβή.

Περιεκτικότητα σε άνθρακα	52,64%
Περιεκτικότητα σε υδρογόνο	6,24%
Περιεκτικότητα σε άζωτο	3,43%
Περιεκτικότητα σε οξυγόνο	20,7%
Περιεκτικότητα σε θείο	0,09%
Περιεκτικότητα σε χλώριο	0%
Περιεκτικότητα σε φθόριο	0%
Περιεκτικότητα σε νερό	13%
Περιεκτικότητα σε στάχτη	3,9%

**Πίνακας 4:** Χαρακτηριστικά του προϊόντος κατά την παραλαβή

Εκπομπές	[kg/TJ]	Αέρια του θερμοκηπίου	[kg/TJ]
SO2	4,67E-01	CO2	2,47E+03
NOx	26,62877	CH4	1,09E-01
HCl	8,00E-04	N2O	23,26184
HF	0	HFC-23	0
Particulates	2,314333	HFC-32	0
CO	7,863156	HFC-43-10mee	0
NMVOOC	4,447423	HFC-125	0
H2S	0	HFC-134	0
NH3	46,85995	HFC-134a	0
As (air)	0	HFC-152a	0
Cd (air)	0	HFC-143	0
Cr (air)	0	HFC-143a	0
Hg (air)	0	HFC-227	0
Ni (air)	0	HFC-236	0
Pb (air)	0	HFC-245	0
PAH (air)	0	SF6	0
PCDD/F (air)	0	Perfluoromethane	0
		Perfluoroethane	0
		Perfluorocyclobutane	0
		Perfluorohexane	0
		Perfluoropropane	0
		Perfluorobutane	0
		Perfluoropentane	0

**Πίνακας 5:** Εκπομπές από την καλλιέργεια ηλίανθου

Κόστος βοηθητικής ενέργειας και υλικών	340	€ / yr	$17,065 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh
Σύνολο (άθροισμα)	340	€ / yr	$17,065 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh
Κόστος συνδεδεμένων προϊόντων	$48,309 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh		

**Πίνακας 6:** Κόστος καλλιέργειας

### Αποθήκευση και ξήρανση του προϊόντος

Τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης είναι τα ακόλουθα :

Χρόνος λειτουργίας	2000	h/yr
Ισχύς	$1,93 \cdot 10^3$	kW
Αποδοτικότητα	97,087%	%
Χρόνος ζωής	15	yr
Περιοχή	$20,725 \cdot 10^{-3}$	m <sup>3</sup> /kW
Απασχόληση	$5 \cdot 10^{-3}$	persons
Χρήση γης	133	m <sup>2</sup>

**Πίνακας 7:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης

Το προϊόν από αυτή τη διεργασία είναι ξηραμένοι σπόροι ηλίανθου (sunflower seeds dried) με τα παρακάτω χαρακτηριστικά :

Ειδικό βάρος	0,16	kg/kWh
Συντελεστής εκπομπής CO <sub>2</sub>	$87,8259 \cdot 10^3$	kg/TJ
Συντελεστής εκπομπής SO <sub>2</sub>	77,641188	kg/TJ
LHV	23,16	MJ/kg
HHV	24.8469	MJ/kg
Μεταβλητό κόστος	0,05	€/kWh
Κόστος	$47,9178 \cdot 10^{-3}$	€/kWh

**Πίνακας 8:** Χαρακτηριστικά ξηραμένων σπόρων ηλίανθου

Περιεκτικότητα επί τοις εκατό (%) του προϊόντος κατά την παραλαβή.

Περιεκτικότητα σε άνθρακα	55,51%
Περιεκτικότητα σε υδρογόνο	6,58%
Περιεκτικότητα σε άζωτο	3,61%
Περιεκτικότητα σε οξυγόνο	21,83%
Περιεκτικότητα σε θείο	0,09%
Περιεκτικότητα σε χλώριο	0%
Περιεκτικότητα σε φθόριο	0%
Περιεκτικότητα σε νερό	8,27%
Περιεκτικότητα σε στάχτη	4,12%

**Πίνακας 9:** Χαρακτηριστικά του προϊόντος κατά την παραλαβή

Εκπομπές	[kg/TJ]	Αέρια του θερμοκηπίου	[kg/TJ]
SO2	3,92E-01	CO2	1,39E+03
NOx	5,58E-01	CH4	1,31E-01
HCl	0	N2O	1,86E-02
HF	0	HFC-23	0
Particulates	1,86E-03	HFC-32	0
CO	5,58E-01	HFC-43-10mee	0
NMVOC	9,33E-02	HFC-125	0
H2S	0	HFC-134	0
NH3	0	HFC-134a	0
PAH (air)	5,58E-07	HFC-152a	0
PCDD/F (air)	2,92E-11	HFC-143	0
		HFC-143a	0
		HFC-227	0
		HFC-236	0
		HFC-245	0
		SF6	0
		Perfluoromethane	0
		Perfluoroethane	0
		Perfluorocyclobutane	0
		Perfluorohexane	0
		Perfluoropropane	0
		Perfluorobutane	0
		Perfluoropentane	0

**Πίνακας 10 :** Εκπομπές από την αποθήκευση και ξήρανση του προϊόντος

Κόστος της διεργασίας :

Κόστος μεταφοράς	270,09598	€/ yr	69,973*10 <sup>-6</sup>	€/ kWh
Κόστος καυσίμου/input (ηλίανθος)	92,067*10 <sup>3</sup>	€/ yr	49,758*10 <sup>-3</sup>	€/ kWh
Κόστος βοηθητικής ενέργειας και υλικών	96,9246*10 <sup>3</sup>	€/ yr	25,11*10 <sup>-6</sup>	€/ kWh
Σύνολο (άθροισμα)	289,262*10 <sup>3</sup>	€/ yr	74,983*10 <sup>-3</sup>	€/ kWh
Κόστος συνδεδεμένων προϊόντων	47,918*10 <sup>-3</sup>	€/ kWh		

**Πίνακας 11:** Κόστος της αποθήκευσης και ξήρανσης του προϊόντος

## Άλεση του προϊόντος

Τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης είναι τα ακόλουθα :

Χρόνος λειτουργίας	8000	h/yr
Ισχύς	$128,819 \cdot 10^3$	kW
Αποδοτικότητα	77,014%	%
Χρόνος ζωής	20	yr
Περιοχή	$54,34 \cdot 10^{-3}$	m <sup>2</sup> /kW
Απασχόληση	30	persons
Χρήση γης	$7 \cdot 10^3$	m <sup>2</sup>

**Πίνακας 12:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης

Το προϊόν από αυτή τη διεργασία είναι βιοντίζελ ηλίανθου (sunflowerseed oil) με τα παρακάτω χαρακτηριστικά :

Ειδικό βάρος	0,10	kg/kWh
Συντελεστής εκπομπής CO <sub>2</sub>	$76,383 \cdot 10^3$	kg/TJ
Συντελεστής εκπομπής SO <sub>2</sub>	5,3853546	kg/TJ
LHV	37,1	MJ/kg
HHV	39,676	MJ/kg
Μεταβλητό κόστος	0,08	€/kWh
Κόστος	$79,407 \cdot 10^{-3}$	€/kWh

**Πίνακας 13:** Χαρακτηριστικά βιοντίζελ ηλίανθου

Περιεκτικότητα επί τοις εκατό (%) του προϊόντος κατά την παραλαβή.

Περιεκτικότητα σε άνθρακα	79,406%
Περιεκτικότητα σε υδρογόνο	11.45%
Περιεκτικότητα σε άζωτο	0,1%
Περιεκτικότητα σε οξυγόνο	11.1%
Περιεκτικότητα σε θείο	0,01%
Περιεκτικότητα σε χλώριο	0%
Περιεκτικότητα σε φθόριο	0%
Περιεκτικότητα σε νερό	0%
Περιεκτικότητα σε στάχτη	0%

**Πίνακας 14:** Σύσταση του βιοντίζελ ηλίανθου κατά την παραλαβή

Έχουμε μόνο εκπομπές NMVOC 16,1186 kg/TJ

Κόστος της διεργασίας :

Κόστος μεταφοράς	$292,244 \cdot 10^3$	€ / yr	$283,58 \cdot 10^{-6}$	€ / kWh
Κόστος καυσίμου/input (ξηραμένοι σπόροι ηλίανθου)	$64,1205 \cdot 10^6$	€ / yr	$62,219 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh
Credits	$5,207 \cdot 10^3$	€ / yr	$5,0533 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh
Σύνολο(άθροισμα)	$59,205 \cdot 10^6$	€ / yr	$57,450 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh
Κόστος συνδεδεμένων προϊόντων	$79,407 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh		

**Πίνακας 15:** Κόστος της άλεσης του προϊόντος

Σταθμός ανεφοδιασμού βιοντίζελ

Τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης είναι τα ακόλουθα :

Χρόνος λειτουργίας	2000	h/yr
Δυναμικότητα	$1 \cdot 10^3$	kW
Αποδοτικότητα	100%	%
Χρόνος ζωής	10	yr
Περιοχή	0	m <sup>2</sup> /kW
Απασχόληση	0	persons
Χρήση γης	0	m <sup>2</sup>

**Πίνακας 16:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά εγκατάστασης

Δεν υπάρχουν εκπομπές στην παραπάνω διεργασία.

Κόστος της διεργασίας :

Κόστος μεταφοράς	908,90741	€ / yr	$457,45 \cdot 10^{-6}$	€ / kWh
Κόστος καυσίμου/input (βιοντίζελ ηλίανθου)	$158,813 \cdot 10^3$	€ / yr	$79,407 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh
Σύνολο (άθροισμα)	$159,722 \cdot 10^3$	€ / yr	$79,861 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh
Κόστος συνδεδεμένων προϊόντων	$79,407 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh		

**Πίνακας 17:** Κόστος ανεφοδιασμού καυσίμου

Χρήση καυσίμου από τα οχήματα

Τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης είναι τα ακόλουθα :



Ειδική κατανάλωση	$638,9 \cdot 10^{-3}$ ( $61,828 \cdot 10^{-3}$ )	kWh/km (kg/km)
Χωρητικότητα	1,42	persons
Διανυόμενη Απόσταση	$15 \cdot 10^3$	km/yr
Χρόνος ζωής	10	yr
Χρήση γης	8	m <sup>2</sup>

**Πίνακας 18:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά εγκατάστασης

Εκπομπές	[kg/km]	Αέρια του θερμοκηπίου	[kg/km]
SO2	1,24E-05	CO2	0
NOx	2,50E-04	CH4	9,57E-07
HCl	0	N2O	8,00E-06
HF	0	HFC-23	0
Particulates	8,82E-06	HFC-32	0
CO	2,49E-04	HFC-43-10mee	0
NMVOC	3,89E-05	HFC-125	0
H2S	0	HFC-134	0
NH3	1,00E-06	HFC-134a	0
PAH (air)	4,22E-10	HFC-152a	0
PCDD/F (air)	0	HFC-143	0
		HFC-143a	0
		HFC-227	0
		HFC-236	0
		HFC-245	0
		SF6	0
		Perfluoromethane	0
		Perfluoroethane	0
		Perfluorocyclobutane	0
		Perfluorohexane	0
		Perfluoropropane	0
		Perfluorobutane	0
		Perfluoropentane	0

**Πίνακας 19:** Εκπομπές από τη χρήση καυσίμου από τα οχήματα

Κόστος της διεργασίας :

Κόστος καυσίμου/input (βιοντίζελ ηλίανθου)	760,98	€/yr	$50,732 \cdot 10^{-3}$ ( $35,727 \cdot 10^{-3}$ )	€/km (€/P*km)
--------------------------------------------	--------	------	------------------------------------------------------	------------------

**Πίνακας 20:** Κόστος της χρήσης καυσίμου από τα οχήματα

Οι μεταφορές που πραγματοποιούνται σε αυτή τη διεργασία είναι ίδιες με τις μεταφορές για την παραγωγή βιοντίζελ από συναπόσπορο όπως αυτές περιγράφησαν στο κεφάλαιο 3.

## 1.2 Δευτερεύουσες διεργασίες

### Βοηθητικά υλικά καλλιέργειας

Για την παραγωγή του οργανικού προϊόντος κατά την καλλιέργεια του συναπόσπορου χρησιμοποιήθηκαν λιπάσματα και φυτοφάρμακα στις εξής ποσότητες :

Διεργασία διανομής βοηθητικών υλικών	Βοηθητικό υλικό	Ποσότητα [kg/kWh]
chem-inorg\fertilizer--N	fertilizer-N	4,22E-03
chem-inorg\fertilizer-P	fertilizer-P	2,41E-03
chem-inorg\fertilizer-K	fertilizer-K	3,61E-03
chem-inorg\fertilizer-Ca	fertilizer-Ca	3,01E-04
chem-inorg\pesticides	herbi-pesticides	1,20E-04
Sum		1,07E-02

**Πίνακας 21:** Ποσότητες λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων

Οι εκπομπές των λιπασμάτων περιγράφησαν στο κεφάλαιο 3.

Το κόστος για το λίπασμα αζώτου ανέρχεται σε  $179,799 \cdot 10^6 \text{ €/yr}$  ή  $570,14 \cdot 10^{-3} \text{ €/kg}$ .

Το κόστος για το λίπασμα φωσφόρου ανέρχεται σε  $24,2673 \cdot 10^6 \text{ €/yr}$  ή  $307,8 \cdot 10^{-3} \text{ €/kg}$

Το κόστος για το λίπασμα καλίου ανέρχεται σε  $49,864 \cdot 10^6 \text{ €/yr}$  ή  $158,12 \cdot 10^{-3} \text{ €/kg}$

Το κόστος για το λίπασμα ασβεστίου ανέρχεται σε  $16,758 \cdot 10^6 \text{ €/yr}$  ή  $53,140 \cdot 10^{-3} \text{ €/kg}$

Το κόστος των φυτοφαρμάκων ανέρχεται σε  $74,0855 \cdot 10^6 \text{ €/yr}$  ή  $14,8171 \cdot 10^3 \text{ €/kg}$

### Ενέργεια για την κάλυψη των μεταφορικών αναγκών

Ως καύσιμο για το τρακτέρ χρησιμοποιείται ντίζελ. Η μεταφορά του μέχρι το σημείο ανεφοδιασμού γίνεται με φορτηγό, το οποίο διανύει απόσταση 100km. Η απαιτούμενη ποσότητα είναι  $3,34602 \cdot 10^{-2} \text{ kWh/kWh}$  και το κόστος περιγράφηκε στο κεφάλαιο 3.

### Ενεργειακές ανάγκες για τη λειτουργία του ξηραντήρα

Ως καύσιμο στον ξηραντήρα χρησιμοποιείται πετρέλαιο. Η απαιτούμενη ποσότητα είναι  $1,86 \cdot 10^{-2}$  kWh/kWh.

Ενεργειακές ανάγκες για την κάλυψη ηλεκτρικών αναγκών στην διεργασία της ξήρανσης

Για την παραγωγή της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας κατά την διεκπεραίωση της διεργασίας της ξήρανσης, απαιτούνται  $2,81347 \cdot 10^{-3}$  kWh/ kWh. Το κόστος ανέρχεται στα  $42,8570 \cdot 10^3$  €/yr ή  $85,714 \cdot 10^{-3}$  €/kWh.

Βοηθητικά υλικά άλεσης

Διεργασία διανομής βοηθητικών υλικών	Βοηθητικό υλικό	Ποσότητα [kg/kWh]
chem-inorg\hexane	hexane	6,06E-04
chem-inorg\bleaching earth	bleaching earth	1,01E-04
chem-inorg\citrus acid	citrus acid	4,85E-05
Sum		7,56E-04

**Πίνακας 22:** Ποσότητες βοηθητικών υλικών άλεσης

Ενεργειακές ανάγκες για την κάλυψη ηλεκτρικών και θερμικών αναγκών στην διεργασία της άλεσης

Για την παραγωγή της απαιτούμενης ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας κατά την διεκπεραίωση της διεργασίας της άλεσης, απαιτούνται  $7,47 \cdot 10^{-3}$  kWh/kWh και  $4,07 \cdot 10^{-2}$  kWh/kWh αντίστοιχα .

## 2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΜΕ ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ ΤΟ ΖΑΧΑΡΟΤΕΥΤΛΟ

### 2.1 Κύριες διεργασίες

Καλλιέργεια του ζαχαρότευτλου

Χρόνος λειτουργίας	8760	h/yr
Ισχύς	3,7233	kW
Αποδοτικότητα	100%	%
Χρόνος ζωής	1	yr
Περιοχή	$2,6857 \cdot 10^3$	m <sup>2</sup> /kW
Απασχόληση	$5 \cdot 10^{-3}$	persons

**Πίνακας 23:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά εγκατάστασης

Ετήσια παραγωγή	$32,62 \cdot 10^3$	kWh/yr
Περιοχή	$10 \cdot 10^3$	m <sup>2</sup>
Χρόνος ζωής	1	yr
Απασχόληση	$5 \cdot 10^{-3}$	persons

**Πίνακας 24:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά περιοχής

Το προϊόν από αυτή τη διεργασία είναι ζαχαρότευτλο με τα παρακάτω χαρακτηριστικά

Ειδικό βάρος	1,89	kg/kWh
Συντελεστής εκπομπής CO <sub>2</sub>	$231,416 \cdot 10^3$	kg/TJ
LHV	1,9	MJ/kg
HHV	3,98	MJ/kg
Μεταβλητό κόστος	0,2	€/kWh
Κόστος	$203,8 \cdot 10^{-3}$	€/kWh

**Πίνακας 25:** Χαρακτηριστικά του ζαχαρότευτλου

Περιεκτικότητα επί τοις εκατό (%) του προϊόντος κατά την παραλαβή.

Περιεκτικότητα σε άνθρακα	12%
Περιεκτικότητα σε υδρογόνο	0,75%
Περιεκτικότητα σε άζωτο	0,3%
Περιεκτικότητα σε οξυγόνο	10,25%
Περιεκτικότητα σε θείο	0%
Περιεκτικότητα σε χλώριο	0%
Περιεκτικότητα σε φθόριο	0%
Περιεκτικότητα σε νερό	76,5%
Περιεκτικότητα σε στάχτη	0,2%

**Πίνακας 26:** Χαρακτηριστικά του προϊόντος κατά την παραλαβή

Εκπομπές	[kg/TJ]	Αέρια του θερμοκηπίου	[kg/TJ]
SO2	4,88E-01	CO2	2,58E+03
NOx	27,84875	CH4	1,14E-01
HCl	8,35E-04	N2O	27,35139
HF	0	HFC-23	0
Particulates	2,418668	HFC-32	0
CO	8,201329	HFC-43-10mee	0
NMVOOC	4,641458	HFC-125	0
H2S	0	HFC-134	0
NH3	55,20278	HFC-134a	0
As (air)	0	HFC-152a	0
Cd (air)	0	HFC-143	0
Cr (air)	0	HFC-143a	0
Hg (air)	0	HFC-227	0
Ni (air)	0	HFC-236	0
Pb (air)	0	HFC-245	0
PAH (air)	0	SF6	0
PCDD/F (air)	0	Perfluoromethane	0
		Perfluoroethane	0
		Perfluorocyclobutane	0
		Perfluorohexane	0
		Perfluoropropane	0
		Perfluorobutane	0
		Perfluoropentane	0

**Πίνακας 27:** Εκπομπές από την καλλιέργεια ζαχαρότευτλου

Κόστος της διεργασίας :

Κόστος βοηθητικής ενέργειας και υλικών	580,83	€/ yr	$17,808 \cdot 10^{-3}$	€/ kWh
Σύνολο (άθροισμα)	580,83	€/ yr	$17,808 \cdot 10^{-3}$	€/ kWh
Κόστος συνδεδεμένων προϊόντων	$203,8 \cdot 10^{-3}$	€/ kWh		

**Πίνακας 28:** Κόστος καλλιέργειας

Αποθήκευση του προϊόντος

Χρόνος λειτουργίας	2000	h/yr
Ισχύς	63,33*10 <sup>3</sup>	kW
Αποδοτικότητα	100%	%
Χρόνος ζωής	10	yr
Περιοχή	0	m <sup>3</sup> /kW
Απασχόληση	100*10 <sup>-3</sup>	persons

**Πίνακας 29:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης

Το προϊόν παραμένει το ίδιο με την προηγούμενη διεργασία.

Εκπομπές	[kg/TJ]	Αέρια του θερμοκηπίου	[kg/TJ]
SO2	4,23E-02	CO2	223,6842
NOx	2,415789	CH4	9,89E-03
HCl	7,26E-05	N2O	2,34E-02
HF	0	HFC-23	0
Particulates	2,09E-01	HFC-32	0
CO	7,11E-01	HFC-43-10mee	0
NMVOC	4,02E-01	HFC-125	0
H2S	0	HFC-134	0
NH3	1,41E-03	HFC-134a	0
PAH (air)	5,47E-07	HFC-152a	0
PCDD/F (air)	4,24E-12	HFC-143	0
		HFC-143a	0
		HFC-227	0
		HFC-236	0
		HFC-245	0
		SF6	0
		Perfluoromethane	0
		Perfluoroethane	0
		Perfluorocyclobutane	0
		Perfluorohexane	0
		Perfluoropropane	0
		Perfluorobutane	0
		Perfluoropentane	0

**Πίνακας 30:** Εκπομπές από την αποθήκευση του προϊόντος

Κόστος της διεργασίας :

Κόστος καυσίμου/input (ζαχαρότευτλο)	25,8143*10 <sup>3</sup>	€/ yr	203,8*10 <sup>-3</sup>	€/ kWh
Κόστος βοηθητικής ενέργειας και υλικών	195,84*10 <sup>3</sup>	€/ yr	1,546*10 <sup>-3</sup>	€/ kWh
Σύνολο (άθροισμα)	26,01*10 <sup>6</sup>	€/ yr	205,34*10 <sup>-3</sup>	€/ kWh
Κόστος συνδεδεμένων προϊόντων	203,8*10 <sup>-3</sup>	€/ kWh		

**Πίνακας 31:** Κόστος της αποθήκευσης και ξήρανσης του προϊόντος

### Ζύμωση του προϊόντος

Χρόνος λειτουργίας	2000	h/yr
Ισχύς	$14,9 \cdot 10^3$	kW
Αποδοτικότητα	109,6%	%
Χρόνος ζωής	15	yr
Περιοχή	$33,58 \cdot 10^{-3}$	m <sup>2</sup> /kW
Απασχόληση	3	persons

Το προϊόν από αυτή τη διεργασία είναι βιοαιθανόλη με τα παρακάτω χαρακτηριστικά :

Ειδικό βάρος	0,13	kg/kWh
Συντελεστής εκπομπής CO <sub>2</sub>	$71,2994 \cdot 10^3$	kg/TJ
LHV	26,8	MJ/kg
HHV	29,75	MJ/kg
Κόστος	0	€/kWh

**Πίνακας 32:** Χαρακτηριστικά βιοαιθανόλης

Περιεκτικότητα επί τοις εκατό (%) του προϊόντος κατά την παραλαβή.

Περιεκτικότητα σε άνθρακα	52,15%
Περιεκτικότητα σε υδρογόνο	13,1%
Περιεκτικότητα σε άζωτο	0%
Περιεκτικότητα σε οξυγόνο	34,7%
Περιεκτικότητα σε θείο	0%
Περιεκτικότητα σε χλώριο	0%
Περιεκτικότητα σε φθόριο	0%
Περιεκτικότητα σε νερό	0,05%
Περιεκτικότητα σε στάχτη	0%

**Πίνακας 33:** Σύσταση της βιοαιθανόλης

Εκπομπές	[kg/TJ]	Αέρια του θερμοκηπίου	[kg/TJ]
SO2	156,3433	CO2	2,76E+04
NOx	41,04478	CH4	1,070896
HCl	0	N2O	7,13E-01
HF	0	HFC-23	0
Particulates	4,104478	HFC-32	0
CO	15,33582	HFC-43-10mee	0
NMVOG	1,070896	HFC-125	0
H2S	0	HFC-134	0
NH3	0	HFC-134a	0
PAH (air)	1,07E-05	HFC-152a	0
PCDD/F (air)	5,60E-10	HFC-143	0
		HFC-143a	0
		HFC-227	0
		HFC-236	0
		HFC-245	0
		SF6	0
		Perfluoromethane	0
		Perfluoroethane	0
		Perfluorocyclobutane	0
		Perfluorohexane	0
		Perfluoropropane	0
		Perfluorobutane	0
		Perfluoropentane	0

**Πίνακας 34:** Εκπομπές από τη ζύμωση του προϊόντος

Κόστος της διεργασίας :

Κόστος μεταφοράς	91,963*10 <sup>3</sup>	€/ yr	3,0883*10 <sup>-3</sup>	€/ kWh
Μεταβλητό κόστος	6,02256*10 <sup>6</sup>	€/ yr	202,25*10 <sup>-3</sup>	€/ kWh
Κόστος καυσίμου/input (ζαχαρότευτλο)	5,53718*10 <sup>6</sup>	€/ yr	185,95*10 <sup>-3</sup>	€/ kWh
Βοηθητικές ενέργειες και υλικά	212,937*10 <sup>3</sup>	€/ yr	7,1509*10 <sup>-3</sup>	€/ kWh
Credits	115,472*10 <sup>3</sup>	€/ yr	3,8778*10 <sup>-3</sup>	€/ kWh
Σύνολο(άθροισμα)	11,7492*10 <sup>6</sup>	€/ yr	394,56*10 <sup>-3</sup>	€/ kWh

**Πίνακας 35:** Κόστος της ζύμωσης του προϊόντος

Σταθμός ανεφοδιασμού βιοαιθανόλης

Τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης είναι τα ακόλουθα :



Χρόνος λειτουργίας	5000	h/yr
Δυναμικότητα	$1 \cdot 10^3$	kW
Αποδοτικότητα	100%	%
Χρόνος ζωής	20	yr
Περιοχή	0	m <sup>2</sup> /kW
Απασχόληση	0	persons
Χρήση γης	0	m <sup>2</sup>

**Πίνακας 36:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά εγκατάστασης

Εκπέμπονται  $1,33 \cdot 10^2$  NMVOC στην παραπάνω διεργασία.

Κόστος της διεργασίας :

Κόστος καυσίμου/input (βιοαιθανόλη)	$1,9728 \cdot 10^6$	€ / yr	$394,56 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh
----------------------------------------	---------------------	--------	------------------------	---------

**Πίνακας 37:** Κόστος του ανεφοδιασμού καυσίμου

Χρήση καυσίμου από τα οχήματα

Τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης είναι τα ακόλουθα :

Ειδική κατανάλωση	$675 \cdot 10^{-3}$ ( $90,672 \cdot 10^{-3}$ )	kWh/km (kg/km)
Χωρητικότητα	1,42	persons
Διανυόμενη Απόσταση	$15 \cdot 10^3$	km/yr
Χρόνος ζωής	10	yr
Περιοχή	8	m <sup>2</sup>

**Πίνακας 38:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά εγκατάστασης

Εκπομπές	[kg/km]	Αέρια του θερμοκηπίου	[kg/km]
SO2	0	CO2	0
NOx	1,05E-04	CH4	3,43E-06
HCl	0	N2O	1,00E-05
HF	0	HFC-23	0
Particulates	6,62E-07	HFC-32	0
CO	1,02E-03	HFC-43-10mee	0
NMVOG	2,61E-05	HFC-125	0
H2S	0	HFC-134	0
NH3	1,00E-05	HFC-134a	0
PAH (air)	2,77E-11	HFC-152a	0
PCDD/F (air)	0	HFC-143	0
		HFC-143a	0
		HFC-227	0
		HFC-236	0
		HFC-245	0
		SF6	0
		Perfluoromethane	0
		Perfluoroethane	0
		Perfluorocyclobutane	0
		Perfluorohexane	0
		Perfluoropropane	0
		Perfluorobutane	0
		Perfluoropentane	0

**Πίνακας 39:** Εκπομπές από τη χρήση καυσίμου από τα οχήματα

Κόστος της διεργασίας :

Κόστος καυσίμου/input(βιοαιθανόλη)	$3,9949 \cdot 10^3$	€/yr	$266,33 \cdot 10^{-3}$ ( $187,56 \cdot 10^{-3}$ )	€/km (€/P*km)
------------------------------------	---------------------	------	------------------------------------------------------	------------------

**Πίνακας 35:** Κόστος της χρήσης καυσίμου από τα οχήματα

Η μεταφορά από τους χώρους αποθήκευσης στις εγκαταστάσεις για τη ζύμωση γίνεται με φορτηγό, όπως αυτό περιγράφηκε στο κεφάλαιο 3.

## 2.2 Δευτερεύουσες διεργασίες

### Βοηθητικά υλικά καλλιέργειας

Κατά την καλλιέργεια του ζαχαρότευτλου χρησιμοποιήθηκαν λιπάσματα και φυτοφάρμακα στις εξής ποσότητες :

Διεργασία διανομής βοηθητικών υλικών	Βοηθητικό υλικό	Ποσότητα [kg/kWh]
chem-inorg\fertilizer--N	fertilizer-N	4,97E-03
chem-inorg\fertilizer-P	fertilizer-P	1,89E-03
chem-inorg\fertilizer-K	fertilizer-K	4,75E-03
chem-inorg\fertilizer-Ca	fertilizer-Ca	1,29E-03
chem-inorg\pesticides	herbi-pesticides	9,63E-05
Sum		1,30E-02

**Πίνακας 42:** Ποσότητες λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων

Ενέργεια για την κάλυψη των μεταφορικών αναγκών

Ως καύσιμο για το φορτηγό χρησιμοποιείται ντίζελ. Η μεταφορά του μέχρι το σημείο ανεφοδιασμού γίνεται με φορτηγό, το οποίο διανύει απόσταση 100km. Η απαιτούμενη ποσότητα είναι  $3,4917 \cdot 10^{-2}$  kWh/kWh και το κόστος περιγράφηκε στο κεφάλαιο 3.

Ενεργειακές ανάγκες για την κάλυψη αναγκών στην διεργασία της ζύμωσης

Στην διεργασία της ζύμωσης χρησιμοποιείται καύσιμο σε ποσότητα  $3,57 \cdot 10^{-1}$  kWh/kWh

Ενεργειακές ανάγκες για την κάλυψη ηλεκτρικών αναγκών στους σταθμούς ανεφοδιασμού του οχήματος

Χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια  $1 \cdot 10^{-4}$  kWh/kWh.

### 3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΜΕ ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ ΤΟ ΣΙΤΑΡΙ

#### 3.2 Κύριες διεργασίες

Καλλιέργεια του σίτου

Χρόνος λειτουργίας	8760	h/yr
Ισχύς	6,08	kW
Αποδοτικότητα	100%	%
Χρόνος ζωής	1	yr
Περιοχή	$1,6446 \cdot 10^3$	m <sup>2</sup> /kW
Απασχόληση	$6 \cdot 10^{-3}$	persons

**Πίνακας 43:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά εγκατάστασης

Τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά της περιοχής στην οποία βασίζεται η παραγωγή είναι τα ακόλουθα :

Ετήσια παραγωγή	$53,26 \cdot 10^3$	kWh/yr
Περιοχή	$10 \cdot 10^3$	m <sup>2</sup>
Χρόνος ζωής	1	yr
Απασχόληση	$6 \cdot 10^{-3}$	persons

**Πίνακας 44:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά περιοχής

Το προϊόν από αυτή τη διεργασία είναι σπόροι σιταριού (wheat seeds) με τα παρακάτω χαρακτηριστικά :

Ειδικό βάρος	0,27	kg/kWh
Συντελεστής εκπομπής CO <sub>2</sub>	$99,3422 \cdot 10^3$	kg/TJ
Συντελεστής εκπομπής SO <sub>2</sub>	149,66	kg/TJ
Συντελεστής εκπομπής HCl	26,96	kg/TJ
LHV	13,35	MJ/kg
HHV	14,99	MJ/kg
Μεταβλητό κόστος	0,07	€/kWh
Κόστος	$66,69 \cdot 10^{-3}$	€/kWh

**Πίνακας 45:** Χαρακτηριστικά των σπόρων σιταριού

Περιεκτικότητα επί τοις εκατό (%) του προϊόντος κατά την παραλαβή.

Περιεκτικότητα σε άνθρακα	36,195%
Περιεκτικότητα σε υδρογόνο	5,41%
Περιεκτικότητα σε άζωτο	1,89%
Περιεκτικότητα σε οξυγόνο	37,26%
Περιεκτικότητα σε θείο	0,1%
Περιεκτικότητα σε χλώριο	0,35%
Περιεκτικότητα σε φθόριο	0%
Περιεκτικότητα σε νερό	17%
Περιεκτικότητα σε στάχτη	2,11%

**Πίνακας 46:** Χαρακτηριστικά του προϊόντος κατά την παραλαβή

Εκπομπές	[kg/TJ]	Αέρια του θερμοκηπίου	[kg/TJ]
SO2	1,60E-01	CO2	850,0421
NOx	9,126219	CH4	3,74E-02
HCl	2,75E-04	N2O	19,33194
HF	0	HFC-23	0
Particulates	7,93E-01	HFC-32	0
CO	2,696146	HFC-43-10mee	0
NMVOOC	1,522775	HFC-125	0
H2S	0	HFC-134	0
NH3	39,22199	HFC-134a	0
As (air)	0	HFC-152a	0
Cd (air)	0	HFC-143	0
Cr (air)	0	HFC-143a	0
Hg (air)	0	HFC-227	0
Ni (air)	0	HFC-236	0
Pb (air)	0	HFC-245	0
PAH (air)	0	SF6	0
PCDD/F (air)	0	Perfluoromethane	0
		Perfluoroethane	0
		Perfluorocyclobutane	0
		Perfluorohexane	0
		Perfluoropropane	0
		Perfluorobutane	0
		Perfluoropentane	0

**Πίνακας 47:** Εκπομπές από την καλλιέργεια σιταριού

Κόστος της διεργασίας :

Κόστος βοηθητικής ενέργειας και υλικών	311,667	€ / yr	$5,8512 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh
Σύνολο (άθροισμα)	311,667	€ / yr	$5,8512 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh
Κόστος συνδεδεμένων προϊόντων	$66,694 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh		

Αποθήκευση και ξήρανση του προϊόντος

Τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης είναι τα ακόλουθα :

Χρόνος λειτουργίας	2000	h/yr
Ισχύς	$1,15 \cdot 10^3$	kW
Αποδοτικότητα	103,259%	%
Χρόνος ζωής	15	yr
Περιοχή	$34,65 \cdot 10^{-3}$	m <sup>3</sup> /kW
Απασχόληση	$5 \cdot 10^{-3}$	persons

**Πίνακας 48:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης

Το προϊόν από αυτή τη διεργασία είναι ξηραμένοι σπόροι σιταριού (wheat seeds dried)  
με τα παρακάτω χαρακτηριστικά :

Ειδικό βάρος	0,27	kg/kWh
Συντελεστής εκπομπής CO <sub>2</sub>	98,789*10 <sup>3</sup>	kg/TJ
Συντελεστής εκπομπής SO <sub>2</sub>	148,91	kg/TJ
Συντελεστής εκπομπής HCl	26.7	kg/TJ
LHV	13,82	MJ/kg
HHV	15,436	MJ/kg
Μεταβλητό κόστος	0,08	€/kWh
Κόστος	77,25*10 <sup>-3</sup>	€/kWh

**Πίνακας 49:** Χαρακτηριστικά ξηραμένων σπόρων σιταριού

Περιεκτικότητα επί τοις εκατό (%) του προϊόντος κατά την παραλαβή.

Περιεκτικότητα σε άνθρακα	37,261%
Περιεκτικότητα σε υδρογόνο	5,57%
Περιεκτικότητα σε άζωτο	0,103%
Περιεκτικότητα σε οξυγόνο	38,38%
Περιεκτικότητα σε θείο	1,95%
Περιεκτικότητα σε χλώριο	0,036%
Περιεκτικότητα σε φθόριο	0%
Περιεκτικότητα σε νερό	14,53%
Περιεκτικότητα σε στάχτη	2,17%

**Πίνακας 50:** Χαρακτηριστικά του προϊόντος κατά την παραλαβή

Εκπομπές	[kg/TJ]	Αέρια του θερμοκηπίου	[kg/TJ]
SO2	1,95E-01	CO2	688,8567
NOx	2,78E-01	CH4	6,48E-02
HCl	0	N2O	9,26E-03
HF	0	HFC-23	0
Particulates	9,26E-04	HFC-32	0
CO	2,78E-01	HFC-43-10mee	0
NMVOOC	4,63E-02	HFC-125	0
H2S	0	HFC-134	0
NH3	0	HFC-134a	0
PAH (air)	2,78E-07	HFC-152a	0
PCDD/F (air)	1,45E-11	HFC-143	0
		HFC-143a	0
		HFC-227	0
		HFC-236	0
		HFC-245	0
		SF6	0
		Perfluoromethane	0
		Perfluoroethane	0
		Perfluorocyclobutane	0
		Perfluorohexane	0
		Perfluoropropane	0
		Perfluorobutane	0
		Perfluoropentane	0

**Πίνακας 51:** Εκπομπές από την αποθήκευση και ξήρανση του προϊόντος

Κόστος της διεργασίας :

Κόστος μεταφοράς	309,104	€/ yr	$134,20 \cdot 10^{-6}$	€/ kWh
Κόστος καυσίμου/input (σιτάρι)	$148,394 \cdot 10^3$	€/ yr	$64,426 \cdot 10^{-3}$	€/ kWh
Κόστος βοηθητικής ενέργειας και υλικών	$28,8 \cdot 10^3$	€/ yr	$12,504 \cdot 10^{-3}$	€/ kWh
Σύνολο (άθροισμα)	$177,503 \cdot 10^3$	€/ yr	$77,063 \cdot 10^{-3}$	€/ kWh
Κόστος συνδεδεμένων προϊόντων	$77,255 \cdot 10^{-3}$	€/ kWh		

**Πίνακας 52:** Κόστος της αποθήκευσης και ξήρανσης του προϊόντος

Ζύμωση του προϊόντος

Χρόνος λειτουργίας	7500	h/yr
Ισχύς	$3,72 \cdot 10^3$	kW
Αποδοτικότητα	56,92%	%
Χρόνος ζωής	15	yr
Περιοχή	$134,32 \cdot 10^{-3}$	m <sup>2</sup> /kW
Απασχόληση	1	persons

**Πίνακας 53:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης

Το προϊόν από αυτή τη διεργασία είναι βιοαιθανόλη με χαρακτηριστικά που παρουσιάστηκαν παραπάνω.

Εκπομπές	[kg/TJ]	Αέρια του θερμοκηπίου	[kg/TJ]
SO <sub>2</sub>	92,16418	CO <sub>2</sub>	1,62E+04
NO <sub>x</sub>	35,59701	CH <sub>4</sub>	1,660448
HCl	0	N <sub>2</sub> O	8,32E-01
HF	0	HFC-23	0
Particulates	2,451493	HFC-32	0
CO	14,81343	HFC-43-10mee	0
NM VOC	1,660448	HFC-125	0
H <sub>2</sub> S	0	HFC-134	0
NH <sub>3</sub>	0	HFC-134a	0
PAH (air)	7,16E-06	HFC-152a	0
PCDD/F (air)	7,99E-10	HFC-143	0
		HFC-143a	0
		HFC-227	0
		HFC-236	0
		HFC-245	0
		SF <sub>6</sub>	0
		Perfluoromethane	0
		Perfluoroethane	0
		Perfluorocyclobutane	0
		Perfluorohexane	0
		Perfluoropropane	0
		Perfluorobutane	0
		Perfluoropentane	0

**Πίνακας 54:** Εκπομπές από την ζύμωση του προϊόντος



Κόστος της διεργασίας :

Κόστος μεταφοράς	$17,9517 \cdot 10^3$	€ / yr	$643,05 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh
Μεταβλητό κόστος	$7,034 \cdot 10^6$	€ / yr	$251,97 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh
Κόστος καυσίμου/input (ξηραμένοι σπόροι σιταριού)	$3,789 \cdot 10^6$	€ / yr	$135,74 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh
Βοηθητικές ενέργειες και υλικά	$117,083 \cdot 10^3$	€ / yr	$4,194 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh
Σύνολο(άθροισμα)	$10,9586 \cdot 10^6$	€ / yr	$392,55 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh

**Πίνακας 55:** Κόστος της ζύμωσης του προϊόντος

Σταθμός ανεφοδιασμού βιοαιθανόλης

Τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης είναι τα ακόλουθα :

Χρόνος λειτουργίας	5000	h/yr
Δυναμικότητα	$1 \cdot 10^3$	kW
Αποδοτικότητα	100%	%
Χρόνος ζωής	20	yr
Περιοχή	0	m <sup>2</sup> /kW
Απασχόληση	0	persons
Χρήση γης	0	m <sup>2</sup>

**Πίνακας 56:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά εγκατάστασης

Εκπέμπονται  $1,33 \cdot 10^2$  NMVOC στην παραπάνω διεργασία.

Κόστος της διεργασίας :

Κόστος καυσίμου/input (βιοαιθανόλη)	$1,96273 \cdot 10^6$	€ / yr	$392,55 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh
----------------------------------------	----------------------	--------	------------------------	---------

**Πίνακας 57:** Κόστος ανεφοδιασμού καυσίμου

Χρήση καυσίμου από τα οχήματα

Τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης είναι τα ακόλουθα :

Ειδική κατανάλωση	$675 \cdot 10^{-3}$ ( $90,672 \cdot 10^{-3}$ )	kWh/km (kg/km)
Χωρητικότητα	1,42	persons
Διανυόμενη Απόσταση	$15 \cdot 10^3$	km/yr
Χρόνος ζωής	10	yr
Περιοχή	8	m <sup>2</sup>

**Πίνακας 58:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά εγκατάστασης

Εκπομπές	[kg/km]	Αέρια του θερμοκηπίου	[kg/km]
SO2	0	CO2	0
NOx	1,05E-04	CH4	3,43E-06
HCl	0	N2O	1,00E-05
HF	0	HFC-23	0
Particulates	6,62E-07	HFC-32	0
CO	1,02E-03	HFC-43-10mee	0
NM VOC	2,61E-05	HFC-125	0
H2S	0	HFC-134	0
NH3	1,00E-05	HFC-134a	0
PAH (air)	2,77E-11	HFC-152a	0
PCDD/F (air)	0	HFC-143	0
		HFC-143a	0
		HFC-227	0
		HFC-236	0
		HFC-245	0
		SF6	0
		Perfluoromethane	0
		Perfluoroethane	0
		Perfluorocyclobutane	0
		Perfluorohexane	0
		Perfluoropropane	0
		Perfluorobutane	0
		Perfluoropentane	0

**Πίνακας 59:** Εκπομπές από τη χρήση καυσίμου από τα οχήματα

Κόστος της διεργασίας :

Κόστος καυσίμου/input(βιοαιθανόλη)	$3,9745 \cdot 10^3$	€/yr	$264,97 \cdot 10^{-3}$ ( $186,60 \cdot 10^{-3}$ )	€/km (€/P*km)
------------------------------------	---------------------	------	------------------------------------------------------	------------------

**Πίνακας 60:** Κόστος της χρήσης καυσίμου από τα οχήματα

Η μεταφορά από την περιοχή της καλλιέργειας στους χώρους αποθήκευσης και ξήρανσης γίνεται με τρακτέρ, ενώ η μεταφορά από τους χώρους αποθήκευσης στις

εγκαταστάσεις που πραγματοποιείται η ζύμωση, γίνεται με φορτηγό, όπως αυτό περιγράφηκε στο κεφάλαιο 3.

## 2.2 Δευτερεύουσες διεργασίες

### Βοηθητικά υλικά καλλιέργειας

Κατά την καλλιέργεια του ζαχαρότευτλου χρησιμοποιήθηκαν λιπάσματα και φυτοφάρμακα στις εξής ποσότητες :

Διεργασία διανομής βοηθητικών υλικών	Βοηθητικό υλικό	Ποσότητα [kg/kWh]
chem-inorg\fertilizer--N	fertilizer-N	3,53E-03
chem-inorg\fertilizer-P	fertilizer-P	1,28E-03
chem-inorg\fertilizer-K	fertilizer-K	9,57E-04
chem-inorg\fertilizer-Ca	fertilizer-Ca	1,60E-04
chem-inorg\pesticides	herbi-pesticides	8,45E-05
Sum		6,01E-03

**Πίνακας 61:** Ποσότητες λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων

### Ενέργεια για την κάλυψη των μεταφορικών αναγκών

Ως καύσιμο για το φορτηγό χρησιμοποιείται ντίζελ. Η μεταφορά του μέχρι το σημείο ανεφοδιασμού γίνεται με φορτηγό, το οποίο διανύει απόσταση 100km. Η απαιτούμενη ποσότητα είναι  $1,14729 \cdot 10^{-2}$  kWh/kWh και το κόστος περιγράφηκε στο κεφάλαιο 3.

### Ενεργειακές ανάγκες για την κάλυψη ηλεκτρικών και θερμικών αναγκών στην διεργασία της αποθήκευσης και ξήρανσης

Χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια  $4,0376 \cdot 10^{-3}$  kWh/kWh και ενέργεια για την παραγωγή θερμότητας  $9,26194 \cdot 10^{-3}$  kWh/kWh.

### Ενεργειακές ανάγκες για την κάλυψη αναγκών στην διεργασία της ζύμωσης

Στην διεργασία της ζύμωσης χρησιμοποιείται καύσιμο σε ποσότητα  $2,09701 \cdot 10^{-1}$  kWh/kWh

### Ενεργειακές ανάγκες για την κάλυψη ηλεκτρικών αναγκών στους σταθμούς ανεφοδιασμού του οχήματος

Χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια  $1 \cdot 10^{-4}$  kWh/kWh.

#### 4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΝΤΙΖΕΛ

##### 4.1 Κύριες διεργασίες

###### Πρωτοβάθμια εξαγωγή αργού πετρελαίου

Χρόνος λειτουργίας	7000	h/yr
Ισχύς	$2 \cdot 10^6$	kW
Αποδοτικότητα	100%	%
Χρόνος ζωής	1	yr
Περιοχή	0	m <sup>2</sup> /kW
Απασχόληση	0	persons

**Πίνακας 62:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά εγκατάστασης

Ετήσια παραγωγή	$17,59 \cdot 10^9$	kWh/yr
Περιοχή	0	m <sup>2</sup>
Χρόνος ζωής	25	yr
Απασχόληση	0	persons

**Πίνακας 63:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά περιοχής

Το προϊόν από αυτή τη διεργασία είναι αργό πετρέλαιο με τα παρακάτω χαρακτηριστικά :

Ειδικό βάρος	0,09	kg/kWh
Συντελεστής εκπομπής CO <sub>2</sub>	$78,32 \cdot 10^3$	kg/TJ
Συντελεστής εκπομπής SO <sub>2</sub>	499,49	kg/TJ
LHV	40	MJ/kg
HHV	42,387	MJ/kg
Μεταβλητό κόστος	0,02	€/kWh
Κόστος	$17,5 \cdot 10^{-3}$	€/kWh

**Πίνακας 64:** Χαρακτηριστικά του αργού πετρελαίου

Περιεκτικότητα επί τοις εκατό (%) του προϊόντος κατά την παραλαβή.

Περιεκτικότητα σε άνθρακα	85,5%
Περιεκτικότητα σε υδρογόνο	10,5%
Περιεκτικότητα σε άζωτο	1%
Περιεκτικότητα σε οξυγόνο	1%
Περιεκτικότητα σε θείο	1%
Περιεκτικότητα σε χλώριο	0%
Περιεκτικότητα σε φθόριο	0%
Περιεκτικότητα σε νερό	1%
Περιεκτικότητα σε στάχτη	0%

**Πίνακας 65:** Χαρακτηριστικά του προϊόντος κατά την παραλαβή

Για τη γεώτρηση χρησιμοποιήθηκαν βοηθητικές ενέργειες παρέχοντας έτσι ηλεκτρισμό, μηχανική ισχύς και θερμότητα. με τιμές  $1 \cdot 10^{-3}$  kWh/kWh,  $2 \cdot 10^{-3}$  kWh/kWh και  $2,3 \cdot 10^{-3}$  kWh/kWh αντίστοιχα.

Έχουμε εκπομπές NMVOC, CO<sub>2</sub> και CH<sub>4</sub> με τιμές 1,2 kg/TJ,  $2,6 \cdot 10^2$  kg/TJ και 50 kg/TJ αντίστοιχα. Το κόστος συνδεδεμένου προϊόντος είναι  $17,5 \cdot 10^{-3}$  €/kWh.

Μίξη αργού πετρελαίου από πρωτοβάθμια(50%) και δευτεροβάθμια(50%) εξαγωγή πετρελαίου

Μεταφορά αργού μέσω σωληνώσεων

Λειτουργία	7500	h/yr
Ισχύς	$37 \cdot 10^6$	kW
Χρόνος ζωής	15	yr
Απώλειες	0	%/100km
Πλάτος	0	m
Μήκος	500	km
Απαιτήσεις σε μεταφορές	$70 \cdot 10^{-3}$	MJ/t*Km

**Πίνακας 66:** Χαρακτηριστικά μεταφοράς αργού πετρελαίου

Χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια ως βοηθητική ενέργεια για την μεταφορά του αργού πετρελαίου

Κόστος μεταφοράς	$41,2365 \cdot 10^6$	€ / yr	$148,6 \cdot 10^{-6}$	€ / kWh
Κόστος καυσίμου/input (αργό πετρέλαιο)	$4,85625 \cdot 10^9$	€ / yr	$17,5 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh
Σύνολο (άθροισμα)	$4,89749 \cdot 10^3$	€ / yr	$17,649 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh
Κόστος συνδεδεμένων προϊόντων	$17,5 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh		

**Πίνακας 67:** Κόστος από τη μεταφορά του αργού πετρελαίου

Μίξη αργού πετρελαίου από διάφορες πηγές

Προμηθευτές	Προϊόν	Ποσότητα[%]	Μεταφορικό σύστημα	Διανυόμενη απόσταση [km]
Ευρώπη	Αργό πετρέλαιο	15		0
Ελλάδα	Αργό πετρέλαιο	13		0
Ρωσία	Αργό πετρέλαιο	22		0
Χώρες OPEC	Αργό πετρέλαιο	50	τάνκερ	$8,80 \cdot 10^3$
Sum		100		

**Πίνακας 68:** Προμηθευτές αργού πετρελαίου για την Ελλάδα

Μεταφορά αργού πετρελαίου μέσω σωληνώσεων στην Ελλάδα

Λειτουργία	7500	h/yr
Ισχύς	$37 \cdot 10^6$	kW
Χρόνος ζωής	15	yr
Απώλειες	0	%/100km
Πλάτος	0	m
Μήκος	500	km
Απαιτήσεις σε μεταφορές	$70 \cdot 10^{-3}$	MJ/t*Km

**Πίνακας 68:** Χαρακτηριστικά μεταφοράς αργού πετρελαίου στην Ελλάδα

Χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια ως βοηθητική ενέργεια για την μεταφορά του αργού πετρελαίου.

Κόστος μεταφοράς	$20,1240 \cdot 10^6$	€ / yr	$72,843 \cdot 10^{-6}$	€ / kWh
Κόστος καυσίμου/input (αργό πετρέλαιο)	$4,85625 \cdot 10^9$	€ / yr	$17,5 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh
Σύνολο (άθροισμα)	$4,8749 \cdot 10^3$	€ / yr	$17,573 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh
Κόστος συνδεδεμένων προϊόντων	$17,5 \cdot 10^{-3}$	€ / kWh		

**Πίνακας 69:** Κόστος από τη μεταφορά του αργού πετρελαίου

Απόσταξη αργού πετρελαίου

Έχουμε εκπομπές NMVOC, SO<sub>2</sub> και CH<sub>4</sub> με τιμές 7,76 kg/TJ, 2,06 kg/TJ και  $2.4 \cdot 10^{-1}$  kg/TJ αντίστοιχα. Το κόστος συνδεδεμένου προϊόντος είναι  $17,5 \cdot 10^{-3}$  €/kWh.

Κόστος καυσίμου(αργό πετρέλαιο)	246,231*10 <sup>6</sup>	€ / yr	72,843*10 <sup>-6</sup>	€ / kWh
Credits	7,214*10 <sup>3</sup>	€ / yr	17,5*10 <sup>-3</sup>	€ / kWh
Σύνολο (άθροισμα)	246,224*10 <sup>6</sup>	€ / yr	17,573*10 <sup>-3</sup>	€ / kWh
Κόστος συνδεδεμένων προϊόντων	1,35	€ / kWh		

**Πίνακας 70:** Κόστος από την απόσταξη του αργού πετρελαίου

Για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών ως προς ηλεκτρισμό και θερμότητα χρησιμοποιείται συνολικά 7,64\*10<sup>-2</sup> kWh/kWh.

Τα βοηθητικά υλικά που χρησιμοποιούνται κατά την απόσταξη είναι :

Βοηθητικό υλικό	Ποσότητα [kg/kWh]
Νερό (material)	1,58E-01
NaOH	4,21E-06
Αμμωνία	1,80E-07
N <sub>2</sub> (υγρό)	7,60E-06

**Πίνακας 70:** Βοηθητικά υλικά στην διεργασία της απόσταξης

Σταθμός ανεφοδιασμού βιοαιθανόλης

Τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης είναι τα ακόλουθα :

Χρόνος λειτουργίας	5000	h/yr
Δυναμικότητα	1*10 <sup>3</sup>	kW
Αποδοτικότητα	100%	%
Χρόνος ζωής	20	yr
Περιοχή	0	m <sup>2</sup> /kW
Απασχόληση	0	persons
Χρήση γης	0	m <sup>2</sup>

**Πίνακας 71:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά εγκατάστασης

Χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια 1\*10<sup>4</sup> kWh/kWh για την κάλυψη ενεργειακών εκπομπών.

Κόστος μεταφοράς	3,06291*10 <sup>3</sup>	€ / yr	612,58*10 <sup>-6</sup>	€ / kWh
Κόστος καυσίμου/input (ντίζελ)	867,411*10 <sup>3</sup>	€ / yr	173,48*10 <sup>-3</sup>	€ / kWh
Σύνολο (άθροισμα)	870,474*10 <sup>3</sup>	€ / yr	174,09*10 <sup>-3</sup>	€ / kWh
Κόστος συνδεδεμένων προϊόντων	173,48*10 <sup>-3</sup>	€ / kWh		

**Πίνακας 72:** Κόστος ανεφοδιασμού καυσίμου

Χρήση καυσίμου από τα οχήματα

Τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης είναι τα ακόλουθα :

Ειδική κατανάλωση	$608,33 \cdot 10^{-3}$ ( $51,396 \cdot 10^{-3}$ )	kWh/km (kg/km)
Χωρητικότητα	1	persons
Διανύμενη Απόσταση	$15 \cdot 10^3$	km/yr
Χρόνος ζωής	10	yr
Περιοχή	8	m <sup>2</sup>

**Πίνακας 73:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά εγκατάστασης

Εκπομπές	[kg/km]	Αέρια του θερμοκηπίου	[kg/km]
SO2	4,11E-06	CO2	1,63E-01
NOx	2,50E-04	CH4	9,57E-07
HCl	0	N2O	8,00E-06
HF	0	HFC-23	0
Particulates	8,82E-06	HFC-32	0
CO	2,49E-04	HFC-43-10mee	0
NMVOC	3,89E-05	HFC-125	0
H2S	0	HFC-134	0
NH3	1,00E-06	HFC-134a	0
PAH (air)	4,22E-10	HFC-152a	0
PCDD/F (air)	0	HFC-143	0
		HFC-143a	0
		HFC-227	0
		HFC-236	0
		HFC-245	0
		SF6	0
		Perfluoromethane	0
		Perfluoroethane	0
		Perfluorocyclobutane	0
		Perfluorohexane	0
		Perfluoropropane	0
		Perfluorobutane	0
		Perfluoropentane	0

**Πίνακας 74:** Εκπομπές από τη χρήση του καυσίμου από τα οχήματα

Κόστος καυσίμου/input (ντίτζελ)	$1,583 \cdot 10^3$ € / yr	$105,53 \cdot 10^{-3}$ ( $105,53 \cdot 10^{-3}$ )	€ / km (€ / P*km)
---------------------------------	---------------------------	------------------------------------------------------	----------------------

**Πίνακας 75:** Κόστος της χρήσης καυσίμου από τα οχήματα



#### 4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΕΝΖΙΝΗΣ

Η περιγραφή ξεκινάει από το σημείο της απόσταξης αφού μέχρι τότε οι διεργασίες είναι ίδιες με αυτές για την παραγωγή ντίζελ.

Έχουμε εκπομπές NMVOC, SO<sub>2</sub> και CH<sub>4</sub> με τιμές 7,76 kg/TJ, 2,06 kg/TJ και 2.4\*10<sup>-1</sup> kg/TJ αντίστοιχα. Το κόστος συνδεδεμένου προϊόντος είναι 17,5\*10<sup>-3</sup> €/kWh.

Κόστος καυσίμου(αργό πετρέλαιο)	246,231*10 <sup>6</sup>	€/ yr	17,588*10 <sup>-3</sup>	€/ kWh
Credits	7,214*10 <sup>3</sup>	€/ yr	515,29*10 <sup>-9</sup>	€/ kWh
Σύνολο (άθροισμα)	246,224*10 <sup>6</sup>	€/ yr	17,587*10 <sup>-3</sup>	€/ kWh
Κόστος συνδεδεμένων προϊόντων	228,44*10 <sup>3</sup>	€/ kWh		

**Πίνακας 76:** Κόστος από την απόσταξη του αργού πετρελαίου

Για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών ως προς ηλεκτρισμό και θερμότητα χρησιμοποιείται συνολικά 1,296\*10<sup>-1</sup> kWh/kWh.

Τα βοηθητικά υλικά που χρησιμοποιούνται κατά την απόσταξη είναι :

Βοηθητικό υλικό	Ποσότητα [kg/kWh]
Νερό (material)	1,58E-01
NaOH	4,21E-06
Αμμωνία	1,80E-07
N <sub>2</sub> (υγρό)	7,60E-06

**Πίνακας 77:** Βοηθητικά υλικά στην διεργασία της απόσταξης

#### Σταθμός ανεφοδιασμού βιοαιθανόλης

Τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης είναι τα ακόλουθα :

Χρόνος λειτουργίας	5000	h/yr
Δυναμικότητα	1*10 <sup>3</sup>	kW
Αποδοτικότητα	100%	%
Χρόνος ζωής	20	yr
Περιοχή	0	m <sup>2</sup> /kW
Απασχόληση	0	persons
Χρήση γης	0	m <sup>2</sup>

**Πίνακας 78:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά εγκατάστασης

Έχουμε εκπομπές NMVOC 1,33\*10<sup>2</sup> kg/TJ και χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια 1\*10<sup>4</sup> kWh/kWh για την κάλυψη ενεργειακών εκπομπών.

Κόστος μεταφοράς	2,72857*10 <sup>3</sup>	€/ yr	545,71*10 <sup>-6</sup>	€/ kWh
------------------	-------------------------	-------	-------------------------	--------

Κόστος καυσίμου/input (βενζίνη)	1,1422*10 <sup>6</sup>	€/ yr	228,44*10 <sup>-3</sup>	€/ kWh
Σύνολο (άθροισμα)	1,14493*10 <sup>6</sup>	€/ yr	228,99*10 <sup>-3</sup>	€/ kWh
Κόστος συνδεδεμένων προϊόντων	228,44*10 <sup>-3</sup>	€/ kWh		

**Πίνακας 79:** Κόστος ανεφοδιασμού καυσίμου

### Χρήση καυσίμου από τα οχήματα

Τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης είναι τα ακόλουθα :

Ειδική κατανάλωση	675*10 <sup>-3</sup> (57,244*10 <sup>-3</sup> )	kWh/km (kg/km)
Χωρητικότητα	1,42	persons
Διανύμενη Απόσταση	15*10 <sup>3</sup>	km/yr
Χρόνος ζωής	10	yr
Περιοχή	8	m <sup>2</sup>

**Πίνακας 80:** Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά εγκατάστασης

Εκπομπές	[kg/km]	Αέρια του θερμοκηπίου	[kg/km]
SO2	5,15E-06	CO2	1,81E-01
NOx	1,05E-04	CH4	3,43E-06
HCl	0	N2O	1,00E-05
HF	0	HFC-23	0
Particulates	6,62E-07	HFC-32	0
CO	1,02E-03	HFC-43-10mee	0
NM VOC	2,61E-05	HFC-125	0
H2S	0	HFC-134	0
NH3	1,00E-05	HFC-134a	0
PAH (air)	2,77E-11	HFC-152a	0
PCDD/F (air)	0	HFC-143	0
		HFC-143a	0
		HFC-227	0
		HFC-236	0
		HFC-245	0
		SF6	0
		Perfluoromethane	0
		Perfluoroethane	0
		Perfluorocyclobutane	0
		Perfluorohexane	0
		Perfluoropropane	0
		Perfluorobutane	0
		Perfluoropentane	0

**Πίνακας 81:** Εκπομπές από τη χρήση του καυσίμου από τα οχήματα

Κόστος καυσίμου/input (βενζίνη)	$2,313 \cdot 10^3$	€ / yr	$154,20 \cdot 10^{-3}$ ( $108,59 \cdot 10^{-3}$ )	€ / km (€ / P*km)
---------------------------------------	--------------------	--------	------------------------------------------------------	----------------------

**Πίνακας 82:** Κόστος της χρήσης καυσίμου από τα οχήματα