



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ**

***ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ***

**ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ  
ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ**



**Σπυρίδων Κ. Κορδώνης**  
Α.Μ. 7208

**Εισηγητής: Παντελής Κρασιώτης**

**ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2012**



## Πρόλογος - Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία στα πλαίσια των σπουδών μου στο Τμήμα Μηχανολογίας & Υδάτινων Πόρων του Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου. Η εκπόνησή της έγινε υπό την επίβλεψη του διδάσκοντος κ. Παντελή Κρανιώτη. Με την ευκαιρία της ολοκλήρωσης της εργασίας, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου προς τον κ. Κρανιώτη για την συνεργασία μας, καθώς επίσης και για την δυνατότητα που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον και αμφιλεγόμενο θέμα, όπως είναι οι ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή βιοκαυσίμων.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή κ. Νίκο Χονδρό που μου υπέβαλε την ιδέα και την πρόταση για την πρακτική μου άσκηση στο ΚΑΠΕ, τους διδάσκοντες κ. Χρήστο Μπισδούνη και Αθανάσιο Κουλόπουλο, οι οποίοι μέσω των ερεθισμάτων που μου παρείχαν με εισηγάγαν στον επιστημονικό τρόπο σκέψης. Επιπλέον, οφείλω τις ευχαριστίες μου προς τα στελέχη του τμήματος Βιομάζας του ΚΑΠΕ, και ειδικότερα στην υπεύθυνη της πρακτικής μου άσκησης, κα Αλεξοπούλου Έφη, την προϊσταμένη του τμήματος κα. Μυρσίνη Χρήστου αλλά και την τέως προϊσταμένη του τμήματος, κα. Καλλιόπη Πανούτσου, τον υπεύθυνο των εργαστηρίων Βιομάζας κ. Κωνσταντίνο Τσιώτα, όπως και τους συνεργάτες και -για μικρό χρονικό διάστημα συναδέλφους μου- κα. Ιωάννα Παπαμιχαήλ, κα. Ειρήνη Νάματοβ, και κ. Ιωάννη Ελευθεριάδη, για την ευκαιρία που μου παρείχαν, ώστε να έρθω σε επαφή με το ερευνητικό περιβάλλον.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την σύντροφό μου Κατερίνα για την αμέριστη συμπαράστασή της, την υπομονή και την επιμονή που επέδειξε κατά την διάρκεια εκπόνησης της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Η παρούσα πτυχιακή αφιερώνεται στους γονείς μου.

## Περιεχόμενα

Κατάλογος Πινάκων.....	vi
Κατάλογος Σχημάτων .....	vi
Κατάλογος Εικόνων: .....	vii
Περίληψη.....	viii
<b>Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή.....</b>	<b>- 1 -</b>
<b>1.1. Η σημασία της Ενέργειας.....</b>	<b>- 1 -</b>
<b>1.2. Πηγές της ενέργειας.....</b>	<b>- 1 -</b>
1.2.1. Συμβατικές ή Μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας .....	- 2 -
1.2.2. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ).....	- 3 -
<b>1.3. Αναγκαιότητα χρήσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.....</b>	<b>- 3 -</b>
<b>1.4. Ενέργεια από την βιομάζα.....</b>	<b>- 4 -</b>
<b>Κεφάλαιο 2. Βιομάζα .....</b>	<b>- 6 -</b>
<b>2.1. Τι είναι βιομάζα.....</b>	<b>- 6 -</b>
<b>2.2. Διεργασίες για την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.....</b>	<b>- 6 -</b>
2.2.1. Καύση της βιομάζας.....	- 7 -
2.2.2. Ανθρακοποίηση βιομάζας.....	- 7 -
2.2.3. Αεριοποίηση βιομάζας.....	- 8 -
2.2.4. Πυρόλυση βιομάζας.....	- 8 -
2.2.5. Παραγωγή αερίου με αναερόβια χώνευση βιομάζας .....	- 9 -
2.2.6. Παραγωγή αιθανόλης από βιομάζα.....	- 10 -
2.2.7. Παραγωγή φυτικών ελαίων από βιομάζα.....	- 11 -
<b>2.3. Εφαρμογές της βιομάζας.....</b>	<b>- 11 -</b>
<b>2.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της βιομάζας.....</b>	<b>- 13 -</b>
<b>Κεφάλαιο 3. Ενεργειακές καλλιέργειες.....</b>	<b>- 15 -</b>
<b>3.1. Τι είναι ενεργειακές καλλιέργειες.....</b>	<b>- 15 -</b>
<b>3.2. Ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή βιοκαυσίμων .....</b>	<b>- 18 -</b>
3.2.1. Ελαιοκράμβη.....	- 18 -
3.2.2. Ηλίανθος .....	- 20 -
3.2.3. Γλυκό σόργο .....	- 21 -
3.2.4. Σιτάρι – Κριθάρι .....	- 22 -
3.2.5. Ζαχαρότευτλα .....	- 23 -
3.2.6. Αραβόσιτος .....	- 24 -
<b>3.3. Ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων .....</b>	<b>- 25 -</b>
3.3.1. Ευκάλυπτος.....	- 26 -
3.3.2. Ψευδακακία.....	- 27 -
3.3.3. Καλάμι .....	- 28 -
3.3.4. Μίσχανθος.....	- 29 -
3.3.5. Αγριοαγκινάρα.....	- 30 -
3.3.6. Switchgrass .....	- 32 -
3.3.7. Κυτταρινούχο Σόργο.....	- 33 -
3.3.8. Κενάφ.....	- 34 -
<b>3.4. Περιβαλλοντικά και κοινωνικό-οικονομικά οφέλη .....</b>	<b>- 35 -</b>
<b>3.5. Μειονεκτήματα των ενεργειακών καλλιεργειών.....</b>	<b>- 36 -</b>
<b>3.6. Εγκατάσταση και διαχείριση βιομάζας από ενεργειακές καλλιέργειες.....</b>	<b>- 37 -</b>
3.6.1. Αξιολόγηση της περιοχής εγκατάστασης.....	- 37 -
3.6.2. Σχεδιασμός καλλιέργειας.....	- 38 -

3.6.3. Προετοιμασία εδάφους .....	- 39 -
3.6.4. Εγκατάσταση .....	- 39 -
3.6.5. Συγκομιδή .....	- 39 -
3.6.6. Αποθήκευση.....	- 40 -
3.6.7. Μεταφορά .....	- 41 -
<b>Κεφάλαιο 4. Βιοκαύσιμα.....</b>	<b>- 42 -</b>
4.1. Τι είναι τα βιοκαύσιμα .....	- 42 -
4.2. Βιοντίζελ.....	- 44 -
4.2.1. Ορισμός.....	- 44 -
4.2.2. Πρώτες ύλες.....	- 44 -
4.2.3. Μέθοδοι εξαγωγής ελαίου από τους σπόρους.....	- 46 -
4.2.4. Παραγωγική διαδικασία.....	- 47 -
4.2.5. Πλήρης εφοδιαστική αλυσίδα βιοντίζελ.....	- 51 -
4.2.6. Ιδιότητες καυσίμου βιοντίζελ.....	- 54 -
4.2.7. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα βιοντίζελ.....	- 57 -
4.3. Βιοαιθανόλη .....	- 58 -
4.3.1. Ορισμός.....	- 58 -
4.3.2. Πρώτες ύλες.....	- 59 -
4.3.3. Παραγωγική διαδικασία.....	- 61 -
4.3.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα βιοαιθανόλης .....	- 66 -
4.4. Κύκλος ζωής βιοκαυσίμων - κριτήρια βιωσιμότητας.....	- 67 -
4.4.1. Κύκλος ζωής βιοκαυσίμων .....	- 67 -
4.4.2. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης των βιοκαυσίμων - κριτήρια βιωσιμότητας.....	- 69 -
<b>Κεφάλαιο 5. Ευρωπαϊκό και ελληνικό θεσμικό πλαίσιο.....</b>	<b>- 72 -</b>
5.1. Το πρωτόκολλο του Κιότο .....	- 72 -
5.2. Ευρωπαϊκή πολιτική και νομοθεσία.....	- 73 -
5.3. Θεσμικό ελληνικό πλαίσιο .....	- 78 -
5.4. Βιοντίζελ.....	- 82 -
5.5. Βιοαιθανόλη .....	- 83 -
5.6. Πρώτες ύλες - Εθνικό Δυναμικό.....	- 84 -
5.7. Εθνικός Στόχος για τα Βιοκαύσιμα.....	- 84 -
<b>Κεφάλαιο 6. Μελέτες και εκτιμήσεις για την αξιοποίηση των ενεργειακών καλλιεργειών και βιοκαυσίμων στην Ελλάδα .....</b>	<b>- 86 -</b>
6.1. Εισαγωγή.....	- 86 -
6.2. Μελέτη Ι.ΝΑ.ΣΟ (Ινστιτούτο Αγροτικής και Συνεταιριστικής Οικονομίας) .....	- 86 -
6.2.1. Σκοπός - Στόχοι - Μεθοδολογία της μελέτης.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
6.2.2. Κύρια τεχνικοοικονομικά συμπεράσματα της μελέτης.....	- 89 -
6.2.3. Βασικές κατευθύνσεις ενός βραχυμεσοπρόθεσμου σχεδίου δράσης για την προώθηση της ενεργειακής γεωργίας στην Ελλάδα.....	- 95 -
<b>Κεφάλαιο 7. Συμπεράσματα .....</b>	<b>- 101 -</b>
Επίλογος .....	- 107 -
Βιβλιογραφία.....	- 108 -

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1.	Θετικές και οι αρνητικές πλευρές της χρήσης των διάφορων πηγών ενέργειας	σελ. 5
Πίνακας 2.	Τα παραγόμενα βιοκαύσιμα από διάφορα φυτά και οι αποδόσεις ανά στρέμμα σε σπόρο και σε καύσιμο	σελ. 18
Πίνακας 3.	Στρεμματικές αποδόσεις ενεργειακών καλλιεργειών για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων και το ενεργειακό τους περιεχόμενο	σελ. 25
Πίνακας 4.	Περιβαλλοντικά οφέλη σχετικά με την ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών	σελ. 35-36
Πίνακας 5.	Κοινωνικό-οικονομικά οφέλη για την ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών	σελ. 36
Πίνακας 6.	Εκτίμηση του ποσοστού της απαιτούμενης έκτασης για τη λειτουργία μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας 10, 20 και 30 MW, για διάφορες ακτίνες μεταφοράς του συγκομιζόμενου υλικού και διάφορες αποδόσεις σε ξηρή ουσία	σελ. 39
Πίνακας 7.	Απόδοση ενεργειακών καλλιεργειών για παραγωγή βιοντίζελ	σελ. 46
Πίνακας 8.	Τυπική σύσταση διαφόρων ελαίων και λιπών	σελ. 48
Πίνακας 9.	Χαρακτηριστικά όξινης και βασικής κατάλυσης της αντίδρασης της μετεστεροποίησης	σελ. 50
Πίνακας 10.	Ιδιότητες καυσίμου για το ντίζελ και το βιοντίζελ.	σελ. 54
Πίνακας 11.	Ενεργειακό περιεχόμενο ντίζελ και βιοντίζελ.	σελ. 54
Πίνακας 12.	Σύγκριση χαρακτηριστικών βιοαιθανόλης με βενζίνη	σελ. 65
Πίνακας 13.	Στόχος Ε.Ε. για τα κράτη μέλη αναφορικά με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. (20-20-20)	σελ. 76
Πίνακας 14.	Σύγκριση παραγωγής και κατανάλωσης βιοαιθανόλης τα έτη 2008-2009, σε Ελλάδα, Ιταλία, Ισπανία, ΕΕ των 27	σελ. 80
Πίνακας 15.	Δεδομένα παραγωγής βιοαιθανόλης στην Ευρώπη	σελ. 80
Πίνακας 16.	Παραγωγή βιοντίζελ στην Ευρωπαϊκή Ένωση για τα έτη 2009 και 2010	σελ. 81
Πίνακας 17.	Διανομή βιοντίζελ στην Ελλάδα 2011	σελ. 82-83
Πίνακας 18.	Αποδόσεις σε βιοέλαιο από φυτικές πρώτες ύλες στην Ελλάδα	σελ. 98
Πίνακας 19.	Κοστολόγηση καλλιεργειών για την παραγωγή βιοντίζελ στην Ελλάδα	σελ. 99
Πίνακας 20.	Αποδόσεις σε βιοαιθανόλη από φυτικές πρώτες ύλες στην Ελλάδα	σελ. 99
Πίνακας 21.	Κοστολόγηση καλλιεργειών για την παραγωγή βιοαιθανόλης στην Ελλάδα.	σελ. 100

## Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1.	Οι εφαρμογές της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας	σελ. 13
Σχήμα 2.	Διαχωρισμός ενεργειακών καλλιεργειών ανάλογα με το είδος και τον κύκλο ανάπτυξης	σελ. 16
Σχήμα 3.	Διαχωρισμός ενεργειακών καλλιεργειών ανάλογα με την τελική χρήση	σελ. 17
Σχήμα 4.	Ενδεικτικό χρονοδιάγραμμα συγκομιδής πολυετών καλλιεργειών για παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας ή πυρολυτικού ελαίου	σελ. 40
Σχήμα 5.	Διάκριση βιοκαυσίμων ανάλογα με την πρώτη ύλη παραγωγής	σελ. 43
Σχήμα 6.	Βασικές κατηγορίες και παραδείγματα πρώτων υλών για την παραγωγή βιοντίζελ	σελ. 45
Σχήμα 7.	Γενικό διάγραμμα παραγωγής βιοντίζελ με πρώτη ύλη τους ελαιούχους σπόρους	σελ. 51

Σχήμα 8.	Πλήρης εφοδιαστική αλυσίδα παραγωγή βιοντήζελ από ενεργειακές καλλιέργειες	σελ. 53
Σχήμα 9.	Βασικές κατηγορίες και παραδείγματα πρώτων υλών για την παραγωγή βιοαιθανόλης	σελ. 60
Σχήμα 10.	Παραγωγή βιοαιθανόλης από διαφορετικούς τύπους βιομάζας	σελ. 64

### **Κατάλογος Εικόνων:**

Εικόνα 1.	Ελαιοκράμβη	σελ. 18
Εικόνα 2.	Ηλίανθος	σελ. 20
Εικόνα 3.	Γλυκό Σόργο	σελ. 21
Εικόνα 4.	Σιτάρι - Κριθάρι	σελ. 22
Εικόνα 5.	Σακχαρότευτλα	σελ. 23
Εικόνα 6.	Αραβόσιτος	σελ. 24
Εικόνα 7.	Ευκάλυπτος	σελ. 26
Εικόνα 8.	Ψευδακακία	σελ. 27
Εικόνα 9.	Καλάμι	σελ. 28
Εικόνα 10.	Μίσχανθος	σελ. 29
Εικόνα 11.	Αγριαγκινάρα	σελ. 30
Εικόνα 12.	Switchgrass	σελ. 32
Εικόνα 13.	Κυτταρινούχο Σόργο	σελ. 33
Εικόνα 14.	Κενάφ	σελ. 34
Εικόνα 15.	Αντίδραση Μετεστεροποίησης Τριγλυκεριδίου	σελ. 48
Εικόνα 16.	Υδρόλυση εστέρων και σαπωνοποίησή τους	σελ. 49
Εικόνα 17.	Μετεστεροποίηση ελεύθερων λιπαρών οξέων	σελ. 49

## Περίληψη

Στην παρούσα πτυχιακή αποπειρόμαστε να πραγματευτούμε το αμφιλεγόμενο ζήτημα της ανάπτυξης των ενεργειακών καλλιεργειών για την παραγωγή βιοκαυσίμων πρώτης γενιάς (βιοντίζελ, βιοαιθανόλη). Η εργασία χωρίζεται στις εξής ενότητες:

Στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο γίνεται εισαγωγική αναφορά στις πηγές ενέργειας και στα διάφορα είδη τους.

Στο 2<sup>ο</sup> δίδεται ο ορισμός της βιομάζας και παρουσιάζονται τα είδη της. Στην συνέχεια, παρατίθενται οι διεργασίες της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας και οι εφαρμογές της, καθώς και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της.

Τα δύο επόμενα κεφάλαια αποτελούν τον πυρήνα της εργασίας. Το 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο περιλαμβάνει τον ορισμό των ενεργειακών καλλιεργειών και επιχειρεί μια συνοπτική περιγραφή των πιο σημαντικών ενεργειακών φυτών που έχουν δοκιμαστεί και δοκιμάζονται σε πειραματικό επίπεδο στην Ελλάδα αλλά και την Ευρωπαϊκή Ένωση. Για κάθε ένα από αυτά λαμβάνονται υπόψιν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και ιδιότητες, οι οποίες είναι οι εξής: το είδος του φυτού, ο κύκλος ανάπτυξης του και η τελική ενεργειακή χρήση για την οποία προορίζεται δυνητικά. Αμέσως μετά, επιχειρούμε να αποτιμήσουμε τα πλεονεκτήματά τους, τα οποία κατά κύριο λόγο απορρέουν από τα περιβαλλοντικά και κοινωνικό-οικονομικά οφέλη τους, την ίδια στιγμή όμως επισημαίνουμε και ορισμένα σημαντικά μειονεκτήματά τους. Τέλος, στην ενότητα αυτή αναλύεται η μεθοδολογία της εγκατάστασης και της διαχείρισης της παραγόμενης από τις ενεργειακές καλλιέργειες βιομάζας.

Το 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο πραγματεύεται το ζήτημα των βιοκαυσίμων αναφορικά τόσο με τις ιδιότητές τους όσο και με τις τεχνικές παραγωγής τους. Έτσι, αφού αρχικά δοθεί ένας γενικός ορισμός τους και απαριθμηθούν ονομαστικά τα διάφορα είδη τους, το ειδικό ενδιαφέρον εστιάζει στα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς, το βιοντίζελ και την βιοαιθανόλη. Εν συνεχεία, γίνεται αναλυτική περιγραφή της πλήρους παραγωγικής διαδικασίας του κάθε ενός εκ των δύο βιοκαυσίμων. Επιπρόσθετα παρατίθενται οι ιδιότητες καυσίμου σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα του κάθε ενός αντίστοιχα. Ακολουθεί η έκθεση των ειδικών πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων εκάστου. Στο τέλος του κεφαλαίου επιχειρούμε την συνολική επισκόπηση των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων των βιοκαυσίμων, του κύκλου ζωής τους και των απαιτούμενων κριτηρίων βιωσιμότητας, ώστε να επιτευχθεί ο στόχος της ουσιαστικής συμβολής τους στον κύκλο της αειφόρου ενέργειας.

Το 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζει ευσύννοπτα τον ρόλο που καλούνται να διαδραματίσουν οι ενεργειακές καλλιέργειες και τα βιοκαύσιμα ως προς την επίλυση του περιβαλλοντικού ζητήματος, όπως αυτός προκρίνεται από το Πρωτόκολλο του Κιότο, την Ευρωπαϊκή πολιτική και νομοθεσία και την αντίστοιχη ελληνική.

Στο 6<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρατίθεται η ενδελεχής μελέτη του ΙΝΑΣΟ για λογαριασμό της ΠΑΣΕΓΕΣ, η οποία εξετάζει ποιες ενεργειακές καλλιέργειες μπορούν να καταστούν ελκυστικές για τους αγρότες



και την αγορά, κάτω από ποιες συνθήκες θα αποδώσουν τα βέλτιστα αποτελέσματα, καθώς και τον επιβεβλημένο βαθμό εμπλοκής όλων των αρμόδιων φορέων στην προσπάθεια αυτή, στα πλαίσια των διεθνών και ευρωπαϊκών υποχρεώσεων της Ελλάδας. Η μελέτη αυτή αντιπαραβάλλεται συγκριτικά με την αντίστοιχη των Λόη - Αναστόπουλου (ΕΜΠ).

Το τελευταίο κεφάλαιο συνοψίζει τα συμπεράσματα, όπως αυτά προκύπτουν από την συνολική αξιοποίηση και εκτίμηση των στοιχείων που συγκεντρώνονται στην εργασία αυτή.

## **Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή<sup>1</sup>**

### **1.1. Η σημασία της Ενέργειας.**

Η έννοια της ενέργειας απετέλεσε έναν από τους νευραλγικότερους άξονες του της φιλοσοφίας ενός ανθρώπου που επρόκειτο να σημαδέψει μια για πάντα τον τρόπο σκέψης του δυτικού κόσμου. Ο Αριστοτέλης στην προσπάθειά του να συστηματοποιήσει όλα τα φαινόμενα του αισθητού και του νοητού γύρω του, με την ενέργεια αντιλαμβανόταν εκείνη την πράξη, η οποία περιείχε μέσα της την μεταμορφωτική δύναμη της δημιουργίας, σε μία διαδικασία αέναης εξέλιξης και κίνησης προς την τελειοποίηση των ειδών. Εν ολίγοις, διέβλεπε σε αυτήν την ζωογόνο βούληση για την ύπαρξη και την συνέχεια αυτής. Η σύγχρονη πολυσημία της λέξης, που αναφέρεται τόσο στον αφηρημένο όσο και τον φυσικό κόσμο, επαληθεύει τον φιλόσοφο. Και τον καθιστά περισσότερο επίκαιρο από ποτέ, εφόσον το ζήτημα της εξασφάλισης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχει πλέον ταυτιστεί, με τραγικό σχεδόν πια τρόπο, με το διακύβευμα της επιβίωσης του ανθρώπινου είδους. Το πρόβλημα είναι διττό: αφενός μεν είμαστε αντιμέτωποι με την αδιάψευστη διαπίστωση ότι οι ‘παραδοσιακές’ πηγές ενέργειας εξαντλούνται με γρήγορους ρυθμούς, αφετέρου δε η εντατικοποίηση της άντλησής τους καταστρέφει το φυσικό περιβάλλον μέσα στο οποίο είναι η μοίρα του ανθρώπου να υπάρχει. Προκειμένου να διαψευστούν τα πιο δυσοίωνα σενάρια, είναι υποχρέωσή μας να περιώσουμε ό,τι έχει απομείνει ακέραιο. Οι ενεργειακές καλλιέργειες και τα βιοκαύσιμα αποτελούν μια πρόταση, όχι την πανάκεια. Ωστόσο, αξίζει να δαπανήσουμε τον χρόνο και τις ικανότητές μας, προκειμένου να διερευνήσουμε και να αξιοποιήσουμε τα υπαρκτά οφέλη τους, σε μια συντονισμένη προσπάθεια αντιμετώπισης του ζωτικού προβλήματος της εξασφάλισης καθαρής αειφόρου ενέργειας.

### **1.2. Πηγές της ενέργειας.**

Οι ‘αποθήκες’ ενέργειας ονομάζονται «Πηγές Ενέργειας» και διακρίνονται σε:

- «Αυτογενείς», όπως οι πυρήνες των ατόμων, ο ήλιος, οι γαιάνθρακες ή το πετρέλαιο.

---

<sup>1</sup> Βουρδούμπας 2006, Mc Graw-Hill 2003, Freris - Infield 2008, 1-20, Pimentel 2008, 1-18, Kreith - Goswami 2007, ch.1.1-1.24, Klass 1998, 1-27

Οι αυτογενείς ή πρωταρχικές πηγές ενέργειας είναι αποθηκευμένες ή υπάρχουν στη φύση. Ο ήλιος είναι η πρωταρχική και η βασική πηγή ενέργειας της γης. Η ενέργειά του είναι αποθηκευμένη και σε άλλες πρωταρχικές πηγές, όπως στο κάρβουνο, στο πετρέλαιο, στο φυσικό αέριο, στη βιομάζα και προκαλεί τον υδρολογικό κύκλο και την ενέργεια του ανέμου. Άλλες πρωταρχικές πηγές ενέργειας που υπάρχουν στη γη είναι η πυρηνική ενέργεια των ραδιενεργών στοιχείων, η θερμική ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στο εσωτερικό της γης και βέβαια η δυναμική ενέργεια.

- «Τεχνητές», σαν τους ταμειυτήρες, τους ηλεκτρικούς συσσωρευτές κ.α.
- «Πρωτογενείς» πηγές, που περιλαμβάνουν τη δυναμική ενέργεια των πυρήνων
- «Δευτερογενείς.» που είναι όλες οι άλλες μορφές / πηγές ενέργειας

Όσον αφορά όμως τα αποθέματα ενέργειας, το Ενεργειακό Δυναμικό δηλαδή, οι πηγές ενέργειας διακρίνονται σε

- «Συμβατικές» ή «Μη Ανανεώσιμες» πηγές ενέργειας
- «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας»

Για να είναι χρήσιμη μια πηγή ενέργειας είναι αναγκαίες ορισμένες προϋποθέσεις:

- η ενέργεια αυτή να είναι άφθονη και η πρόσβαση στην ενεργειακή πηγή εύκολη
- να μετατρέπεται χωρίς δυσκολία σε μορφή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα σύγχρονα μηχανήματα
- να μεταφέρεται εύκολα
- να αποθηκεύεται εύκολα
- να διατίθεται και να εγκαθίσταται με τα αντίστοιχα μέσα ικανής τεχνολογίας

### **1.2.1. Συμβατικές ή Μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.**

Αποκαλούνται έτσι γιατί δεν είναι δυνατό να ανανεώσουν σε εύλογο, για τον άνθρωπο, χρονικό διάστημα την αποθηκευμένη τους ενέργεια. Η διαδικασία σχηματισμού τους διήρκεσε εκατομμύρια χρόνια. Οι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας περιλαμβάνουν:

- τα στερεά καύσιμα των γαιανθράκων, όπως τον λιγνίτη, τον ανθρακίτη, την τύρφη.
- τα υγρά καύσιμα που παίρνουμε κατόπιν κατεργασίας, όπως το μαζούτ, το πετρέλαιο, την βενζίνη, την κηροζίνη κλπ.
- τα αέρια καύσιμα, όπως το φυσικό αέριο, το υγραέριο κλπ.
- την πυρηνική ενέργεια που παράγεται από την σχάση ραδιενεργών υλικών.

Οι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι αυτές που χρησιμοποιούνται κυρίως τα τελευταία χρόνια και έχουν οδηγήσει σε ενεργειακές κρίσεις, αλλά και στη δημιουργία μιας σειράς προβλημάτων, με αποτέλεσμα την επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Οι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συμ-

βάλλουν στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών κατά 93%, ενώ οι ανανεώσιμες πηγές καλύπτουν μόνο το 7% με βασικότερη την βιομάζα.

### **1.2.2. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ).**

Ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), χαρακτηρίζονται οι πηγές που εξασφαλίζουν αέναη παροχή ενέργειας και τροφοδοτούνται συνεχώς με ενέργεια από τον ήλιο.

Αυτές είναι:

- ο ίδιος ο ήλιος (ηλιακή ενέργεια)
- ο άνεμος (αιολική ενέργεια)
- οι υδατοπτώσεις (υδροηλεκτρική ενέργεια)
- ο ενέργεια των κυμάτων, των ρευμάτων, των ωκεανών
- η ενέργεια της βιομάζας και των παραγώγων της (βιοκαυσίμων)
- η γεωθερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και σχετίζεται με την ηφαιστειότητα και τις ειδικότερες γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες της κάθε περιοχής.

Η χρήση των ανανεώσιμων ή εναλλακτικών πηγών ενέργειας είναι ακόμη περιορισμένη σε παγκόσμια κλίμακα, παρ' όλο που στοχεύουν στην προστασία του περιβάλλοντος, όντας «καθαρές» και φιλικές προς αυτό.

### **1.3. Αναγκαιότητα χρήσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.**

Η εντατική χρήση των ορυκτών καυσίμων (γαιάνθρακες, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) και της πυρηνικής ενέργειας τα τελευταία χρόνια, ευθύνεται σε μεγάλο βαθμό για τα σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα που αντιμετωπίζει ο πλανήτης μας και τα οποία έχουν άμεσο αντίκτυπο στις κλιματικές συνθήκες και γενικά στις συνθήκες ζωής. Είναι φανερό ότι οι ενεργειακές ανάγκες συνεχώς θα αυξάνονται, αφού ο πληθυσμός της γης διογκώνεται με γοργούς ρυθμούς αλλά και η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου του ανθρώπου πολλαπλασιάζει τις δραστηριότητές του, οι οποίες τελικά απαιτούν την κατανάλωση όλο και περισσότερης ενέργειας. Η ανθρωπότητα καλείται να απαντήσει στο βασικό ερώτημα, αν θα συνεχίσει να καλύπτει τις ενεργειακές της ανάγκες με τα ορυκτά καύσιμα, επιβαρύνοντας περαιτέρω το περιβάλλον, μέχρι αυτά να εξαντληθούν, ή θα αναζητήσει σύντομα άλλες λύσεις. Οι παγκόσμιες συνδιασκέψεις του Ρίο, του Κιότο και της Κοπεγχάγης δυστυχώς δεν κατάφεραν να δώσουν ουσιαστική απάντηση στο πρόβλημα αυτό.

Η μόνη λύση η οποία προς το παρόν διαφαίνεται ότι θα περιορίσει δραστικά τα περιβαλλοντικά προβλήματα είναι η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε). Αν και η τεχνολογία έχει κάνει σημαντικά βήματα προς τον τομέα αυτό, η εφαρμογή των Α.Π.Ε βρίσκεται σε αρχικό ακόμη

στάδιο. Η εκμετάλλευση του ήλιου, του ανέμου, του νερού, της γεωθερμίας και της βιομάζας μπορεί και πρέπει να γίνει οικονομικά βιώσιμη, ώστε οι μορφές αυτές ενέργειας να συμβάλουν στην αειφόρο ανάπτυξη, εφόσον είναι ανανεώσιμες και ρυπαίνουν ελάχιστα ή καθόλου.

#### **1.4. Ενέργεια από την βιομάζα<sup>2</sup>.**

Βιομάζα είναι η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Περιλαμβάνει οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από τον ζωικό ή τον φυτικό κόσμο, όπως είναι οι φυτικές ύλες από φυσικά οικοσυστήματα (π.χ. δάση) ή από ενεργειακές καλλιέργειες (φυτείες που προορίζονται για παραγωγή ενέργειας), τα υποπροϊόντα και τα κατάλοιπα της δασικής, αγροτικής (γεωργία και κτηνοτροφία) και αλιευτικής παραγωγής, αλλά και το βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων και απορριμμάτων.

Η ενέργεια της βιομάζας αποτελεί την αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία δεσμεύεται αρχικά από τα φυτά μέσω της φωτοσύνθεσης και στην συνέχεια μετατρέπεται σε χημική ενέργεια, η οποία αποταμιεύεται στις νεογέννητες οργανικές ουσίες και μέσα στους ιστούς των φυτών. Με την ενεργειακή αξιοποίηση των φυτών και την σύγχρονη τεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως:

- καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας.
- πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαερίου, το οποίο αποτελεί άριστη καύσιμη ύλη για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας.
- πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαιθανόλης και βιοντίζελ.

Επιπλέον, η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο CO<sub>2</sub> -δεν επιτείνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου- επειδή οι ποσότητες του CO<sub>2</sub> που απελευθερώνονται κατά την καύση της έχουν ήδη δεσμευτεί από την ατμόσφαιρα για τη δημιουργία της βιομάζας.

Η επί χιλιάδες χρόνια καύση της ξυλείας για μαγείρεμα και θέρμανση, καθώς και των ζωικών και φυτικών λιπών και ελαίων για φωτισμό, εκσυγχρονίζεται με την καύση της βιομάζας για παραγωγή θερμότητας (τηλεθέρμανση), ηλεκτρισμού και βιοαερίου. Οι χωματερές και οι μονάδες επεξεργασίας αστικών αποβλήτων παράγουν βιοαέριο, το οποίο μπορεί να συλλεχθεί και να χρησιμοποιηθεί για ηλεκτροπαραγωγή. Στην χώρα μας τέτοιες μονάδες είναι εγκατεστημένες στη Θεσσαλονίκη, το Ηράκλειο, τα Χανιά και την Ψυτάλλεια Αττικής, με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 8000 KW, ενώ το 12% της παγκόσμιας παραγωγής ενέργειας έχει ως πηγή την βιομάζα.

Στα μειονεκτήματα της παραγωγής ενέργειας από βιομάζα συγκαταλέγονται το κόστος συλλογής και επεξεργασίας των υλικών, καθώς και το μικρό ενεργειακό περιεχόμενο σε σχέση με ίση μά-

---

<sup>2</sup> Χαραλαμπίδης 3-8, Βουρδούμπας 2002, 1-5.

ζα ορυκτών καυσίμων. Συνοπτικά οι θετικές και οι αρνητικές πλευρές της χρήσης των διάφορων πηγών ενέργειας, ανανεώσιμων και συμβατικών, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

<u>Πηγή ενέργειας</u>	<u>Θετικές πλευρές</u>	<u>Αρνητικές πλευρές</u>
Ήλιος	Μηδενικές εκπομπές, Ανανεωσιμότητα, Επάρκεια.	Αστάθεια, Ακριβή τεχνολογία, (εκτός από την θέρμανση).
Άνεμος	Μηδενικές εκπομπές, Ανανεωσιμότητα, Επάρκεια.	Δεσμεύει εκτεταμένες περιοχές, Προβλήματα συντήρησης.
Βιομάζα - Βιοκαύσιμα	Ελάχιστες εκπομπές, Ανανεωσιμότητα.	Μεταφορά βιομάζας, Χρήση νερού στην παραγωγή βιο- μάζας, Πιθανές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα.
Υδατοπτώσεις	Μηδέν εκπομπές, Δωρεάν πρώτη ύλη.	Χαμηλό λειτουργικό κόστος, Υψηλό κόστος κατασκευής, Επιπτώσεις στα οικοσυστήματα. Επιπτώσεις στο τοπίο
Άνθρακας	Σταθερότητα, Επάρκεια στην αγορά.	Υψηλές εκπομπές CO <sub>2</sub> και SO <sub>2</sub> , Μη ανανεώσιμη πηγή, Συσσώρευση υπολειμμάτων.
Πετρέλαιο	Αναπτυγμένη τεχνολογία, Εξαιρετικά ευέλικτο καύσιμο.	Περιορισμένη διαθεσιμότητα, Κό- στος μεταφοράς ιδιαίτερα όταν με- ταφέρεται σε μεγάλες αποστάσεις. Μη ανανεώσιμη πηγή. Εύφλεκτο. Υψηλές εκπομπές CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub>
Φυσικό αέριο	"Σχετικά" φιλικό προς το περιβάλ- λον, Καύσιμο υψηλής ενεργειακής αξίας με εύκολο χειρισμό.	Περιορισμένη διαθεσιμότητα. Σχε- τική ρύπανση. Μη ανανεώσιμη πη- γή. Εκτεταμένο δίκτυο διανομής. Εκπομπές CO <sub>2</sub>
Πυρηνική ενέργεια	Αφθονία πρώτης ύλης. Μεταφορά πρώτων υλών.	Απόβλητα. Κίνδυνος εξάπλωσης πυρηνικών όπλων. Ραδιενέργεια από λειτουργία και ατυχήματα

Πίνακας 1. Θετικές και οι αρνητικές πλευρές της χρήσης των διάφορων πηγών ενέργειας. (Πηγή: Παπαδημητρίου, 40)

## Κεφάλαιο 2. Βιομάζα

### 2.1. Τι είναι βιομάζα<sup>3</sup>.

Βιομάζα είναι το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των προϊόντων αποβλήτων και υπολειμμάτων που προέρχονται από την γεωργία (συμπεριλαμβανομένων των φυτικών και των ζωικών ουσιών), την δασοκομία και τις συναφείς βιομηχανίες, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων. Ειδικότερα, η βιομάζα περιλαμβάνει κάθε τύπο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή στερεών, υγρών και αερίων καυσίμων. Η βιομάζα αποτελεί ανανεώσιμο φυσικό πόρο με την έννοια ότι μετασχηματίζεται, καταστρέφεται και αναπαράγεται. Στην πράξη υπάρχουν δύο είδη βιομάζας.

**α) υπολειμματικές μορφές:** είναι τα κάθε είδους φυτικά υπολείμματα, τα δασικά υπολείμματα, τα ζωικά απόβλητα (κοπριά, άχρηστα αλιεύματα) και τα απορρίμματα. Οι υπολειμματικές μορφές βιομάζας διακρίνονται σε τρεις κύριες κατηγορίες:

1. υπολείμματα που παραμένουν στον αγρό ή το δάσος μετά την συγκομιδή του κύριου προϊόντος. Τέτοιου είδους είναι τα άχυρα, τα βαμβακοστελέχη, τα κλαδοδέματα, τα καυσόξυλα κ.α.
2. υπολείμματα δασικών και γεωργικών βιομηχανιών, όπως οι ελαιοπυρήνες, τα κουκούτσια, τα υπολείμματα εκκοκκισμού, τα πριονίδια κ.α.
3. απορρίμματα, βιομηχανικά και αστικά απόβλητα (το οργανικό τμήμα τους).

**β) ενεργειακές καλλιέργειες:** είναι καλλιεργούμενα ή αυτοφυή είδη, παραδοσιακά ή νέα, μονοετή ή πολυετή, τα οποία παράγουν βιομάζα ως κύριο προϊόν, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοκαυσίμων, θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας.

### 2.2. Διεργασίες για την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας<sup>4</sup>.

Οι διεργασίες οι οποίες είναι διαθέσιμες για την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: τις θερμοχημικές, τις βιοχημικές και τις χημικές. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει την καύση, την αεριοποίηση και την πυρόλυση. Η δεύτερη την αναερόβια χώνευση και την αλκοολική ζύμωση. Η τρίτη την μετεστεροποίηση. Από τις παραπάνω διεργασίες, οι πιο ώριμες τεχνολογικά για ηλεκτροπαραγωγή, γι' αυτό και οι συχνότερα χρησιμοποιούμενες, είναι η καύση στερεής βιομάζας και η αξιοποίηση (καύση) του βιοαερίου που προκύπτει από την αναερόβια χώνευση.

<sup>3</sup> Υ.Π.Ε.Κ.Α 2010, ΚΑΠΕ 2006, 7, Βουρδούμπας 2002, 1, Βουρδούμπας 2006, Seveda et al. 2011, 326-327.

<sup>4</sup> Χαραλαμπόπουλος 8-12, Sørensen 2007, 187-223, Kaltschmitt 2007, 511-516, Klass 1998, Hayes et al. 1984, ch.19, Seveda et al. 2011, 327-337, Rosillo-Calle 2007, 1-26.

### **2.2.1. Καύση της βιομάζας<sup>5</sup>.**

Η απευθείας καύση της βιομάζας για την παραγωγή θερμότητας είναι ο απλούστερος τρόπος για την ενεργειακή αξιοποίησή της. Για την επίτευξη καλύτερων βαθμών απόδοσης στην καύση είναι επιθυμητό η περιεκτικότητα της βιομάζας σε υγρασία να είναι χαμηλή, συνήθως κάτω του 20%. Πολλές φορές απαιτείται τεμαχισμός της βιομάζας σε μικρά κομμάτια, για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες συσκευές και φούρνους για καύση. Όταν η βιομάζα βρίσκεται υπό μορφή πολύ μικρών κόκκων, είναι επιθυμητό πολλές φορές να μετατραπεί σε μπριγκέτες. Αυτό επιτυγχάνεται με την μορφοποίησή της σε κατάλληλα μηχανήματα με υψηλή πίεση. Για την παραγωγή ατμού η βιομάζα καίγεται σε κατάλληλους καυστήρες και βραστήρες με ειδικούς εναλλάκτες θερμότητας.

Κατά τον σχεδιασμό ενός συστήματος καύσης της βιομάζας πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η καύση απαιτεί τρεις παράγοντες, για να αρχίσει και να συνεχίσει να υπάρχει, καύσιμο, οξυγόνο και θερμότητα. Ο έλεγχος της καύσης γίνεται με τον έλεγχο των τριών αυτών παραγόντων.

Με την καύση του ξύλου παράγονται πτητικά αέρια που καίγονται, δημιουργώντας το κάρβουνο, το οποίο καίγεται με την σειρά του. Θα πρέπει να μεταφερθεί οξυγόνο στην ζώνη καύσης από το περιβάλλον. Το μέγεθος, η πυκνότητα και η τοποθέτηση του ξύλου στην εστία καύσης επηρεάζουν την ταχύτητα και την πληρότητα της καύσης.

Οι απώλειες θερμότητας προς το περιβάλλον μπορούν να ελαχιστοποιηθούν κατά την καύση της βιομάζας, εφόσον η εστία καύσης περικλείεται σε στεγανοποιημένα τοιχώματα. Έτσι ελαχιστοποιούνται οι απώλειες θερμότητας με την μεταφορά. Ταυτόχρονα, τα τοιχώματα θα πρέπει να απορροφούν την ακτινοβολούμενη θερμότητα, μέρος της οποίας ακτινοβολείται εκ νέου.

Η θερμότητα που χάνεται με τα αέρια καύσης μπορεί να ανακτηθεί σε σημαντικό βαθμό, εφόσον χρησιμοποιηθεί κατάλληλος εναλλάκτης θερμότητας. Σήμερα υπάρχουν σόμπες και τζάκια που επιτυγχάνουν βαθμούς απόδοσης από 20% έως 80%, ανάλογα με τον βαθμό που εξοικονομούν θερμότητα.

### **2.2.2. Ανθρακοποίηση βιομάζας<sup>6</sup>.**

Το κάρβουνο, το οποίο χρησιμοποιείται ευρύτατα στις αναπτυσσόμενες χώρες ως καύσιμο παράγεται με την ανθρακοποίηση της βιομάζας. Η ανθρακοποίηση είναι μία διεργασία κατά την οποία το ξύλο θερμαίνεται παρουσία αέρα σε αναλογία μικρότερη από την στοιχειομετρική, και ως προϊόν παράγεται το κάρβουνο, καθώς και υγρά και αέρια παραπροϊόντα.

Η διεργασία της ανθρακοποίησης γίνεται σε 4 στάδια. Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει την ξήρανση του ξύλου που πρόκειται να ανθρακοποιηθεί και καταναλώνει ενέργεια. Η θερμοκρασία εί-

<sup>5</sup> Βουρδούμπας 2006, 8-13.

<sup>6</sup> Βουρδούμπας 2006, 14-16.



ναι περίπου 200° C. Το δεύτερο στάδιο περιλαμβάνει την φάση της προ-ανθρακοποίησης και πραγματοποιείται σε θερμοκρασίες 170-300° C, ενώ παράγονται υγρά και αέρια προϊόντα. Το στάδιο αυτό απαιτεί επίσης την κατανάλωση ενέργειας. Το τρίτο στάδιο, στο οποίο παράγεται ενέργεια, γίνεται σε θερμοκρασίες 250-300° C. Στο στάδιο αυτό εκλύονται υγρά και αέρια παραπροϊόντα, ενώ το ξύλο ανθρακοποιείται πλήρως. Στο τέταρτο στάδιο, σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 300°C, απομακρύνονται όλες οι πτητικές ουσίες από το κάρβουνο και το προϊόν είναι τώρα έτοιμο. Μετά το πέρας της ανθρακοποίησης το κάρβουνο ψύχεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η πυκνότητά του κυμαίνεται περίπου 250-300 kg/m<sup>3</sup>, ενώ η θερμιδική του αξία είναι 25 MJ/kg σε σύγκριση με τα 15 MJ/kg του ξύλου. Ο τελικός όγκος του παραγόμενου κάρβουνου είναι περίπου το μισό του αρχικού όγκου του ανθρακοποιημένου ξύλου.

Υπάρχουν διάφορα συστήματα για την ανθρακοποίηση της βιομάζας, τα οποία είναι συνήθως απλής κατασκευής. Η διάρκεια της διαδικασίας ανθρακοποίησης είναι συνήθως 2-20 ημέρες, ενώ η απόδοση κυμαίνεται σε 15-25%.

### **2.2.3. Αεριοποίηση βιομάζας<sup>7</sup>.**

Η αεριοποίηση της βιομάζας περιλαμβάνει την μερική καύση της (με αναλογία αέρα μικρότερη από την στοιχειομετρική) σε κατάλληλους αντιδραστήρες. Οι θερμοκρασίες για την αεριοποίηση της βιομάζας είναι υψηλότερες από 900° C και για την βελτίωση της θερμιδικής αξίας του παραγόμενου αερίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί οξυγόνο αντί για αέρα.

Για την παραγωγή της μεθανόλης απαιτείται βιομάζα με υψηλή περιεκτικότητα σε κυτταρίνη. Η τεχνολογία παραγωγής μεθανόλης είναι τελείως διαφορετική από τις βιολογικές διεργασίες που οδηγούν στην παραγωγή αιθανόλης. Η μετατροπή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο η βιομάζα αεριοποιείται και το μίγμα των αερίων που λαμβάνεται πρέπει να είναι κατάλληλο για την σύνθεση της μεθανόλης. Η παραγωγή της μεθανόλης από βιομάζα, για να είναι οικονομικά βιώσιμη, απαιτεί εγκαταστάσεις πολύ μεγάλης κλίμακας, σε αντίθεση με την παραγωγή αιθανόλης και βιοαερίου που μπορούν να γίνουν και σε μικρή κλίμακα.

### **2.2.4. Πυρόλυση βιομάζας<sup>8</sup>.**

Κατά τη διάρκεια της πυρόλυσης, η βιομάζα αποσυντίθεται απουσία αέρα και τα παραγόμενα προϊόντα από την θερμοχημική αυτή μετατροπή είναι α) αέρια, β) πυρολιγνικά υγρά και γ) βιοάνθρακας (κάρβουνο).

---

<sup>7</sup> Βουρδούμπας 2006, 16-20.

<sup>8</sup> Βουρδούμπας 2006, 22-25.

Η πυρόλυση γίνεται σε κλειστά δοχεία απουσία αέρα σε θερμοκρασίες 500-600° C. Κατά την διάρκεια της πυρόλυσης δεν απαιτείται παρά η παροχή μικρών ποσοτήτων θερμότητας. Η θερμαντική αξία του βιοάνθρακα, που προκύπτει από την πυρόλυση κλαδοδεμάτων ελιάς, είναι 6644 kJ/kg. Η θερμαντική αξία του βιοελαίου που προκύπτει από την πυρόλυση κλαδοδεμάτων ελιάς είναι 8263 kcal/kg. Η θερμαντική αξία του αερίου που παράγεται κατά την πυρόλυση της βιομάζας κυμαίνεται στα 3200-4500 Btu/lb.

### **2.2.5. Παραγωγή αερίου με αναερόβια χώνευση βιομάζας<sup>9</sup>.**

Το βιοαέριο παράγεται με την διεργασία της αναερόβιας χώνευσης της βιομάζας. Η αναερόβια χώνευση της βιομάζας περιλαμβάνει την μικροβιακή αποδόμηση σύνθετων οργανικών μορίων προς απλούστερα μόρια και γίνεται σε τρεις φάσεις: α) την φάση της υδρόλυσης, β) την όξινη φάση και γ) την φάση της μεθανοποίησης.

Κατά την διεργασία της αναερόβιας χώνευσης και οι τρεις φάσεις συμβαίνουν ταυτόχρονα και εάν κάποια φάση επικρατήσει, τότε η παραγωγή μεθανίου διαταράσσεται σοβαρά. Η θερμιδική αξία του βιοαερίου είναι περίπου 5000 kcal/Nm<sup>3</sup>. Πολλές φορές σε κρύα κλίματα μέρος του παραγόμενου βιοαερίου χρησιμοποιείται για την θέρμανση του βιοαντιδραστήρα και την διατήρηση της επιθυμητής θερμοκρασίας εντός αυτού. Η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης της βιομάζας ευνοείται από υγρό, θερμό και σκοτεινό περιβάλλον.

Οι βιοαντιδραστήρες χώνευσης της βιομάζας μπορεί να είναι συνεχούς ή διαλείποντος έργου. Για την διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας είναι απαραίτητη η μόνωση και πιθανώς η θέρμανση του βιοαντιδραστήρα. Το βιοαέριο που παράγεται μπορεί να αποθηκευθεί. Εφόσον αποθηκευθεί υπό συνήθη πίεση, απαιτούνται μεγάλοι αποθηκευτικοί χώροι, αλλά εάν συμπιεσθεί και υγροποιηθεί, απαιτούνται υψηλές πιέσεις. Έτσι, για οικονομικούς λόγους προτιμάται η άμεση καύση του είτε για την παραγωγή θερμότητας είτε για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα υγρά απόβλητα που απομένουν έχουν χαμηλότερο ρυπαντικό φορτίο από τα αρχικά απόβλητα και είναι σχετικά σταθεροποιημένα. Έχει μειωθεί η δυσοσμία τους, περιέχουν όμως παθογόνους μικροοργανισμούς. Ενδείκνυται η διάθεσή τους με προσοχή στους αγρούς για λίπανση λόγω της υψηλής λιπασματικής τους αξίας. Συνήθως όμως απαιτούνται αποθηκευτικοί χώροι που η κατασκευή τους κοστίζει αρκετά.

---

<sup>9</sup> Βουρδούμπας 2006, 25-30.

## 2.2.6. Παραγωγή αιθανόλης από βιομάζα<sup>10</sup>.

Αιθανόλη μπορεί να παραχθεί από διάφορους τύπους βιομάζας με χημικές και βιολογικές διεργασίες, ενώ η παραγόμενη αιθανόλη αποτελεί άριστο καύσιμο. Τρεις τύποι βιομάζας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον σκοπό αυτό: οι σακχαρούχες ύλες, οι αμυλούχες ύλες και οι κυτταρινούχες ύλες.

Οι σακχαρούχες ύλες είναι οι πιο ελκυστικές για την παραγωγή αιθανόλης, καθώς περιέχουν σάκχαρα ζυμώσιμα σε αλκοόλη. Σήμερα το σακχαροκάλαμο αποτελεί την κύρια πρώτη ύλη για την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων αιθανόλης παγκοσμίως. Επί παραδείγματι, στη Βραζιλία το γεωργικό αυτό προϊόν χρησιμοποιείται εδώ και δεκαετίες για την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων αιθανόλης, η οποία με την σειρά της αξιοποιείται για την κίνηση εκατομμυρίων αυτοκινήτων.

Αμυλούχες πρώτες ύλες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή αιθανόλης, αφού πρώτα υδρολυθεί το άμυλο σε σάκχαρα και στη συνέχεια ζυμωθούν τα σάκχαρα. Η υδρόλυση του αμύλου μπορεί να είναι είτε ενζυματική, παρουσία κατάλληλων μικροοργανισμών, είτε όξινη σε pH 1,5 και στις 2 atm. Κυτταρινούχες πρώτες ύλες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή αιθανόλης, αφού πρώτα υδρολυθεί η κυτταρίνη σε σάκχαρα. Η υδρόλυση μπορεί να είναι όξινη ή ενζυματική, όπως στην περίπτωση του αμύλου, είναι όμως πιο δύσκολη και πιο δαπανηρή. Κατά την ζύμωση των σακχάρων το pH πρέπει να είναι περίπου 4-5 και η θερμοκρασία 30-32° C. Η αλκοολική ζύμωση μπορεί να είναι διαλείπωντος έργου, ημισυνεχούς ή συνεχούς.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο αριθμός οκτανίων της καθαρής αιθανόλης, όταν χρησιμοποιείται σαν καύσιμο οχημάτων, είναι 106 σε σύγκριση με 90-92 της απλής βενζίνης και 97-99 της σούπερ. Ωστόσο, η παραγωγή αιθανόλης από σακχαρούχες γεωργικές πρώτες ύλες συνεπάγεται την δέσμευση σημαντικών εκτάσεων γης, που διαφορετικά θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή τροφίμων.

Σημαντικό πρόβλημα ρύπανσης παρουσιάζουν τα απόβλητα της ζύμωσης και της απόσταξης. Έχουν υψηλό ρυπαντικό φορτίο και είναι δύσκολα επεξεργάσιμα. Στη Βραζιλία έχουν υιοθετηθεί δύο πρακτικές για την επεξεργασία των αποβλήτων της επεξεργασίας του σακχαροκάλαμου για την παραγωγή αιθανόλης. Η πρώτη μέθοδος αφορά την συλλογή τους σε δεξαμενές και την εξάτμιση του νερού. Η δεύτερη αφορά την διασπορά τους υπό μορφή σπρέι σε καλλιέργειες σακχαροκάλαμου.

Ανάμιξη της αιθανόλης με βενζίνη σε ποσοστό μέχρι 20% δεν συνεπάγεται αλλαγές στον κινητήρα του αυτοκινήτου. Εφόσον, όμως, αναμιχθεί η αιθανόλη σε μεγαλύτερο ποσοστό ή χρησιμοποιηθεί καθαρή αιθανόλη, απαιτούνται μικρές αλλαγές στον κινητήρα του αυτοκινήτου. Η χρήση

---

<sup>10</sup> Βουρδούμπας 2006, 30-37.

της αιθανόλης ως καυσίμου στα οχήματα μειώνει τις αέριες εκπομπές υδρογονανθράκων και οξειδίων του αζώτου.

### **2.2.7. Παραγωγή φυτικών ελαίων από βιομάζα<sup>11</sup>.**

Υπάρχουν διάφορα δένδρα, οι καρποί των οποίων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ελαίων. Οι περισσότερες γεωργικές φυτείες έχουν παραγωγικότητα 30-80 χλγ. ελαίου/στρέμμα. Υπάρχουν όμως δένδρα, όπως ο φοίνικας της Αφρικής, που έχουν αποδόσεις 300 περίπου χλγ. ελαίου/στρέμμα. Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται για τη λήψη ελαίου από τους καρπούς είναι η ίδια, είτε το λάδι χρησιμοποιείται ως βρώσιμο είτε ως καύσιμο.

Για την λήψη των ελαίων από τους καρπούς χρησιμοποιούνται δύο είδη τεχνολογιών. Η πρώτη αφορά την μηχανική συμπίεση των καρπών για την λήψη των ελαίων, η οποία μπορεί να γίνει σε δύο στάδια για την επίτευξη καλύτερων αποδόσεων. Πάντως μικρές ποσότητες λαδιού παραμένουν στο υπόλειμμα τα οποία είναι δυνατόν να ληφθούν με εκχύλιση. Οι μονάδες παραγωγής λαδιού με συμπίεση μπορεί να είναι σχετικά μικρής δυναμικότητας και είναι απλής τεχνολογίας.

Η δεύτερη αφορά την εκχύλιση του ελαίου από τους καρπούς με κάποιο διαλύτη συνήθως εξάνιο. Προηγουμένως έχει αφαιρεθεί η υγρασία από τους καρπούς και το υπόλειμμα που παραμένει περιέχει πολύ μικρές ποσότητες ελαίων. Η εφαρμογή της τεχνολογίας αυτής απαιτεί μονάδες με μεγαλύτερη δυναμικότητα από αυτές όπου το έλαιο λαμβάνεται με συμπίεση, ενώ η χρησιμοποιούμενη τεχνολογία είναι πιο πολύπλοκη. Τα φυτικά έλαια μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα σε οχήματα που χρησιμοποιούν πετρέλαιο ντίζελ, όμως λόγω κάποιων σοβαρών μειονεκτημάτων που παρουσιάζουν στις ιδιότητες του καυσίμου, εφόσον χρησιμοποιούνται αυτούσια, ενδείκνυται αντίδραση μετεστεροποίησης των τριγλυκεριδίων των ελαίων σε αλκυλεστέρες λιπαρών οξέων (βιοντίζελ) για βέλτιστα αποτελέσματα. Χρησιμοποιούνται είτε αυτούσια (B100) είτε σε μίγματα με ντίζελ (B10, B15, B20).

### **2.3. Εφαρμογές της βιομάζας<sup>12</sup>.**

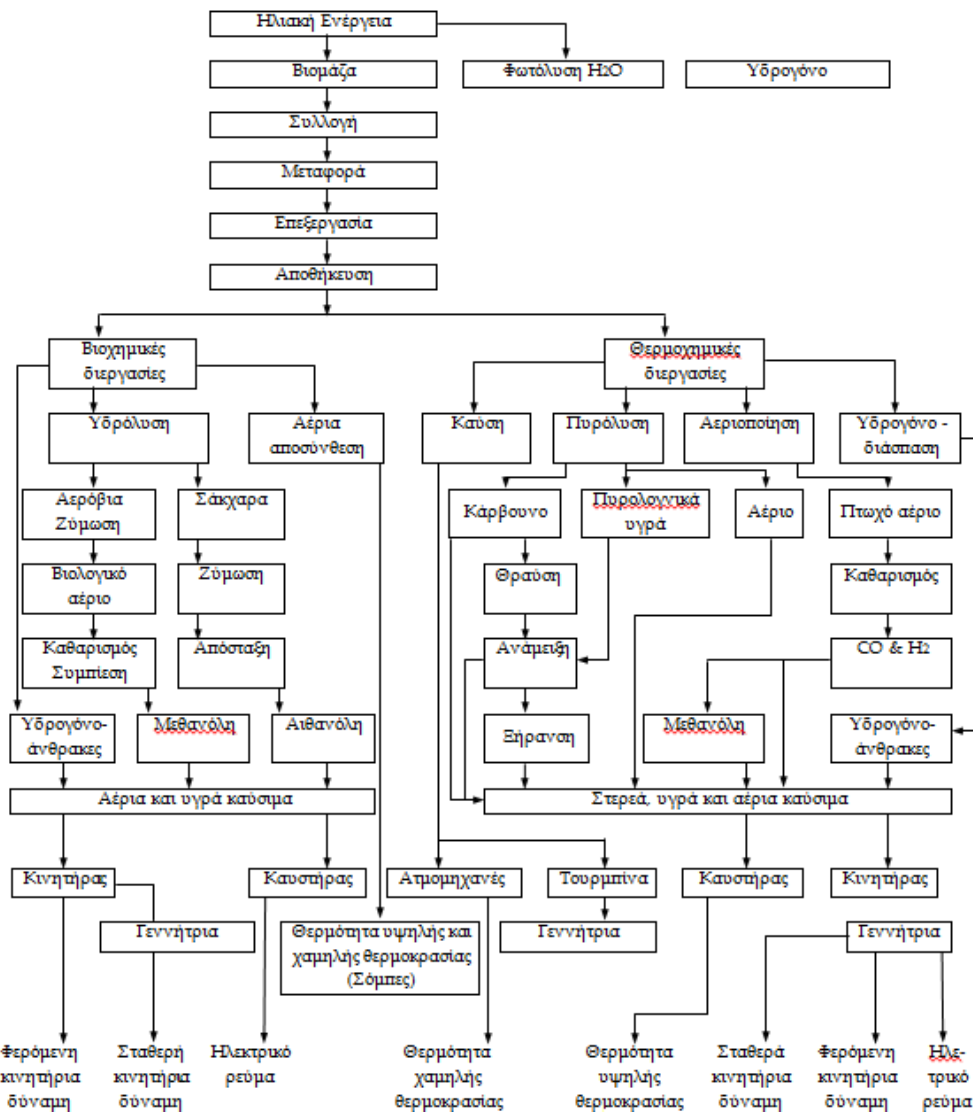
Οι εφαρμογές της βιομάζας είναι εξαιρετικά ποικίλες και παρουσιάζονται κάτωθι

- θέρμανση θερμοκηπίων: σε περιοχές της χώρας, όπου υπάρχουν μεγάλες ποσότητες διαθέσιμης βιομάζας, χρησιμοποιείται ως καύσιμο (π.χ. ελαιοπυρηνόξυλο) σε κατάλληλους λέβητες για την θέρμανση θερμοκηπίων.

<sup>11</sup> Βουρδούμπας 2006, 37-42.

<sup>12</sup> ΚΑΠΕ 2010, Βουρδούμπας 2002, 42-64, Seveda et al. 2011, 337-340, Klass 1998, 51-88.

- θέρμανση κτηρίων: με καύση βιομάζας σε ατομικούς-κεντρικούς λέβητες. Σε ορισμένες περιοχές της Ελλάδας χρησιμοποιούνται για την θέρμανση κτηρίων ατομικοί-κεντρικοί λέβητες πυρηνόξυλου.
- παραγωγή ενέργειας σε γεωργικές βιομηχανίες: η βιομάζα χρησιμοποιείται από γεωργικές βιομηχανίες για την παραγωγή ενέργειας, εφόσον προκύπτει ως υπόλειμμα της παραγωγικής διαδικασίας: εκκοκκιστήρια, πυρηνελαιουργία, βιομηχανίες ρυζιού, καθώς και βιοτεχνίες κονσερβοποίησης καίνε τα υπολείμματά τους, για να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα.
- Συμπαραγωγή ηλεκτρισμού - θερμότητας: 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.
- παραγωγή ενέργειας σε βιομηχανίες ξύλου: τα υπολείμματα βιομηχανιών επεξεργασίας ξύλου (πριονίδι, πούδρα, ξακρίδια κλπ.) χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των θερμικών αναγκών της διεργασίας καθώς και κτηρίων.
- τηλεθέρμανση: είναι η προμήθεια θέρμανσης χώρων και θερμού νερού χρήσης σε ένα σύνολο κτηρίων, έναν οικισμό, ένα χωριό ή μια πόλη από έναν κεντρικό σταθμό παραγωγής θερμότητας. Στην περίπτωση αυτή παράγεται θερμό νερό σε ένα κεντρικό καυστήρα με την καύση της βιομάζας, το οποίο μεταφέρεται με έναν καλά μονωμένο υπόγειο σωλήνα στην περιοχή χρήσης του. Ενδεικτικά παραδείγματα τηλεθέρμανσης στην Ελλάδα αποτελούν η Μονή Ιβήρων στο Άγιο Όρος, και η περιοχή των Ορμυλίων.
- παραγωγή ενέργειας (βιοαερίου) σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού και χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ): το βιοαέριο που παράγεται από την αναερόβια χώνευση των υγρών αποβλήτων σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού και των υπολειμμάτων σε ΧΥΤΑ καίγεται σε μηχανές εσωτερικής καύσης, για να παραχθεί η ηλεκτρική ενέργεια.
- δημιουργία ενεργειακών καλλιέργειών για την παραγωγή βιοκαυσίμων: με τον όρο ενεργειακή καλλιέργεια γίνεται αντιληπτή η καλλιέργεια εκείνη στην οποία αξιοποιείται η βιομάζα για την παραγωγή ενέργειας. Οι ενεργειακές καλλιέργειες αφορούν καλλιέργειες των οποίων τα παραγόμενα προϊόντα **α**) περιέχουν άμυλο ή σάκχαρο, τα οποία μπορούν να μετατραπούν σε βιοαιθανόλη, **β**) καλλιέργειες των οποίων τα παραγόμενα προϊόντα περιέχουν έλαια κατάλληλα για την παραγωγή βιοντίζελ, **γ**) δασικές και γεωργικές καλλιέργειες των οποίων η παραγόμενη βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή θερμότητας ή ηλεκτρισμού είτε με καύση είτε με κάποια άλλη θερμοχημική διεργασία. Οι εφαρμογές της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας παρουσιάζονται συνοπτικά στο κάτωθι σχήμα:



Σχήμα 1. Οι εφαρμογές της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας (Πηγή: Αποστολάκης κ.α. 1987)

## 2.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της βιομάζας<sup>13</sup>.

### Πλεονεκτήματα βιομάζας

- Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Δεν επιτείνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου, επειδή οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για την δημιουργία της.
- Η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στην βιομάζα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό του διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή.

<sup>13</sup> Ινστιτούτο Τεχνολογιών και Εφαρμογών Καυσίμων 2010, Χαραλαμπόπουλος 14, Βουρδούμπας 2002, 66-67.

- Εφόσον η βιομάζα αποτελεί εγχώρια πηγή ενέργειας, η αξιοποίησή της για ενεργειακούς σκοπούς συμβάλλει σημαντικά στην μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα και την βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου, στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και στην εξοικονόμηση του συναλλάγματος.
- Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας αυξάνει την απασχόληση στις αγροτικές περιοχές, με την χρήση εναλλακτικών καλλιεργειών και την συγκράτηση του πληθυσμού στις εστίες του, συμβάλλοντας έτσι στην κοινωνικό-οικονομική ανάπτυξη της εκάστοτε περιοχής.
- Το κόστος των απαραίτητων εγκαταστάσεων για την επεξεργασία της βιομάζας αποσβέννεται σε σύντομο χρονικό διάστημα.
- Επιλύει το πρόβλημα των απορριμμάτων στις μεγαλουπόλεις με την αξιοποίησή τους, μετατρέποντας τα μάλιστα σε προσοδοφόρο επένδυση.

#### Μειονεκτήματα βιομάζας:

- ο αυξημένος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα δυσχεραίνει την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.
- η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της βιομάζας δυσκολεύουν την συνεχή τροφοδοσία των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησής της με πρώτη ύλη.
- βάσει των παραπάνω, παρουσιάζονται δυσκολίες κατά την συλλογή, την μεταφορά και την αποθήκευση της βιομάζας, οι οποίες αυξάνουν το κόστος της ενεργειακής αξιοποίησης.
- οι σύγχρονες και βελτιωμένες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού συγκρινόμενες με αυτό των συμβατικών καυσίμων.

## Κεφάλαιο 3. Ενεργειακές καλλιέργειες<sup>14</sup>

### 3.1. Τι είναι ενεργειακές καλλιέργειες<sup>15</sup>.

Οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι καλλιεργούμενα ή αυτοφυή είδη, παραδοσιακά ή νέα, τα οποία παράγουν ως κύριο προϊόν βιομάζα, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους ενεργειακούς σκοπούς, όπως για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, υγρών βιοκαυσίμων κ.α.

Οι παραδοσιακές καλλιέργειες των οποίων το τελικό προϊόν θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας και βιοκαυσίμων θεωρούνται επίσης ενεργειακές καλλιέργειες. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν το σιτάρι, το κριθάρι, ο αραβόσιτος, τα ζαχαρότευτλα κι ο ηλίανθος, όταν χρησιμοποιούνται για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων (βιοαιθανόλη και βιοντίζελ).

Οι «νέες» ενεργειακές καλλιέργειες είναι είδη με υψηλή παραγωγικότητα σε βιομάζα ανά μονάδα γης κι αναφέρονται σε δύο κύριες κατηγορίες, τις γεωργικές και τις δασικές. Οι γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες διακρίνονται περαιτέρω σε ετήσιες και πολυετείς.

#### Δασικές ενεργειακές καλλιέργειες:

- Δύο είδη ευκαλύπτων (*Eucalyptus globulus* Labill., *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.)
- Ψευδακακία (*Robinia pseudoacacia* L.)

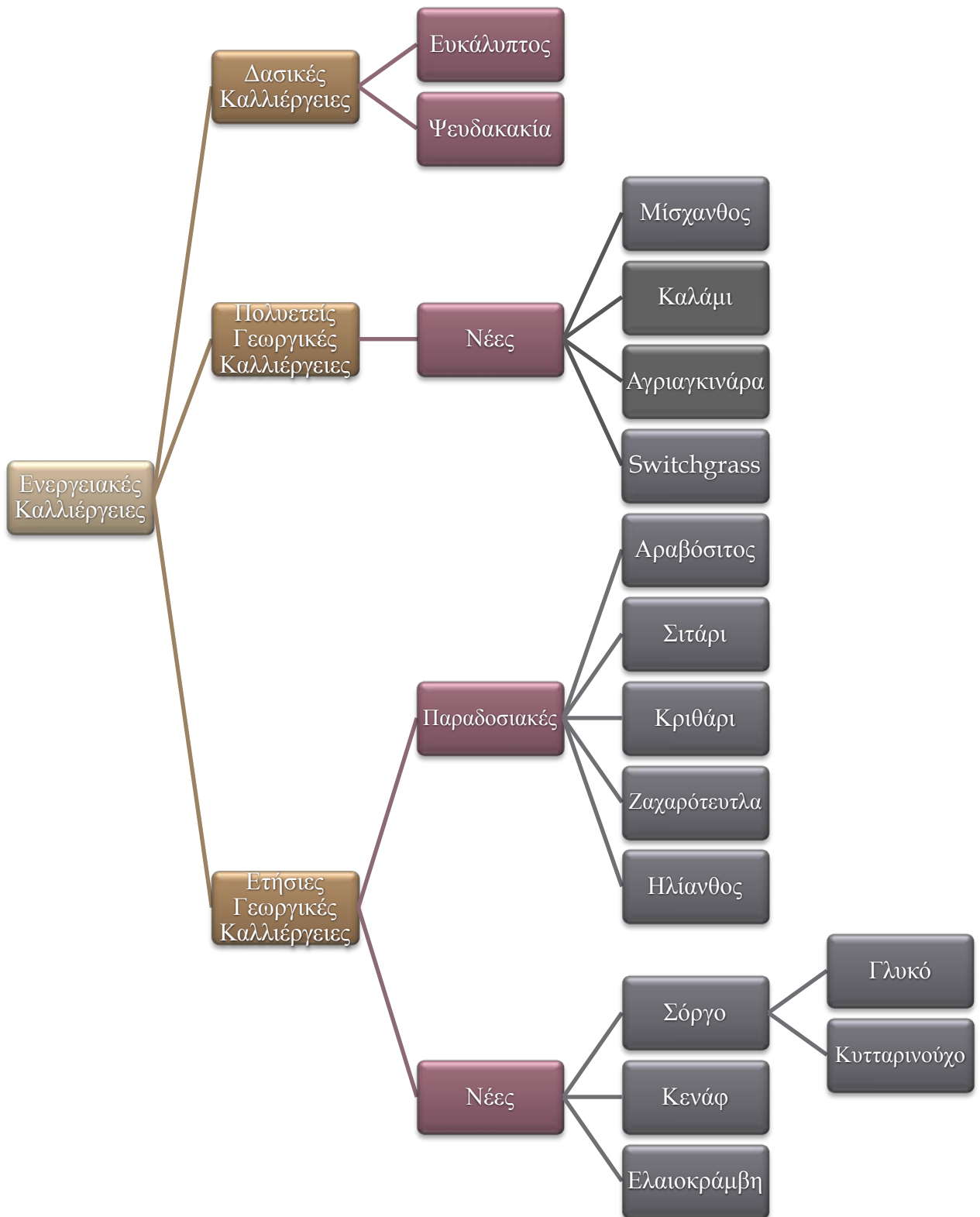
#### Γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες:

- Πολυετείς →
  - Καλάμι (*Arundo donax* L.)
  - Μίσχανθος (*Miscanthus x giganteus* GREEF et DEU)
  - Αγριαγκινάρα (*Cynara cardunculus* L.)
  - Switchgrass (*Panicum virgatum* L.)
- Ετήσιες →
  - Γλυκό και κυτταρινούχο σόργο (*Sorghum bicolor* L.)
  - Κενάφ (*Hibiscus cannabinus* L.)
  - Ελαιοκράμβη (*Brassica napus*, *Brassica carinata*)
  - Ηλίανθος (*Helianthus annuus* L.)
  - Σιτάρι (*Triticum aestivum* L.)
  - Ζαχαρότευτλα (*Beta vulgaris* L.)
  - Αραβόσιτος (*Zea mays* L.)
  - Κριθάρι (*Hordeum sativum/Vulgare* L.)

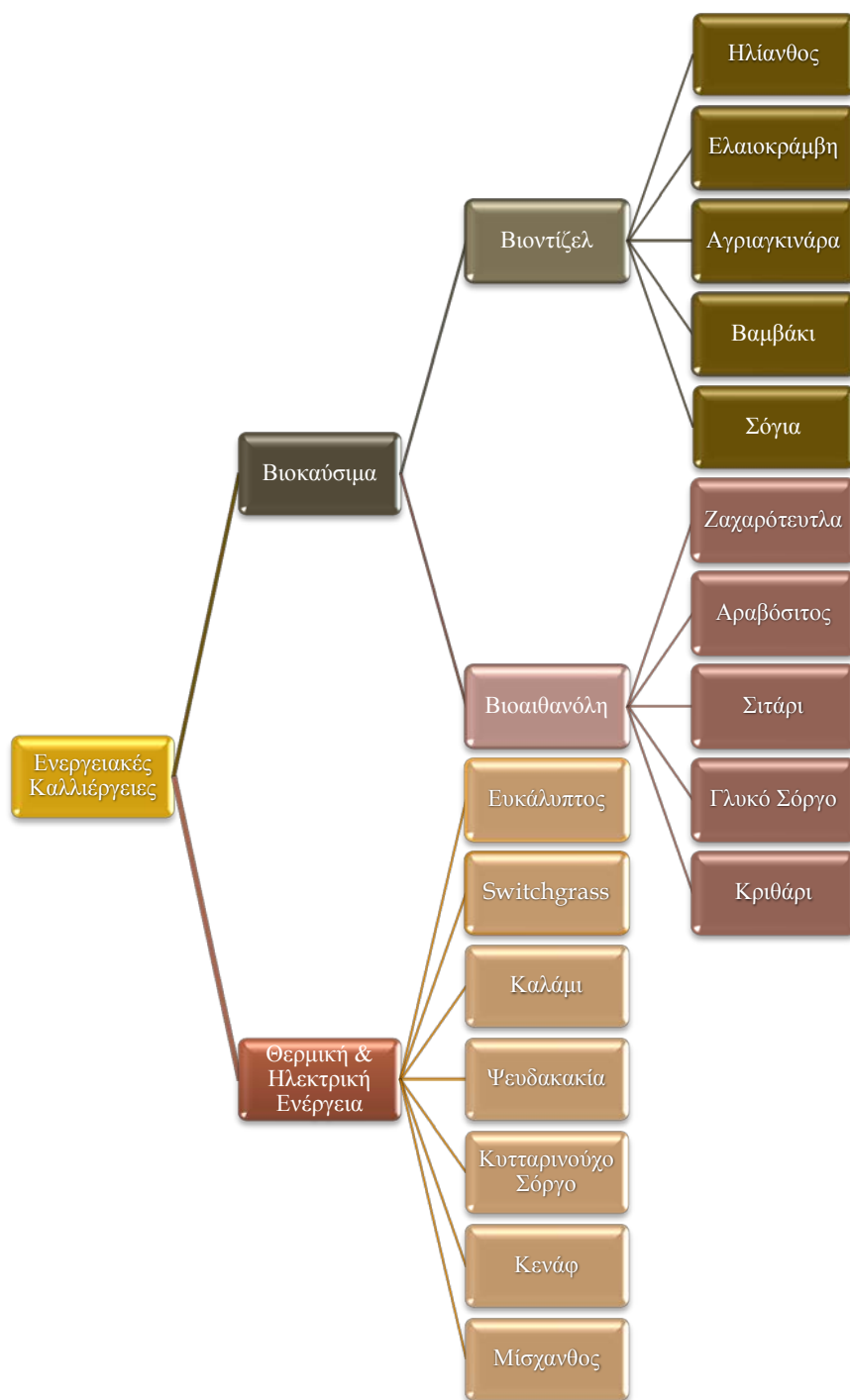
<sup>14</sup> ΚΑΠΕ 2006, Gomiero - Pauleti 2008, 425-464, Rutz - Janssen 2008, 40-47, Drapcho et al. 2008, 80-88, Βουρδούμπας 2006, 18-22, Klass 1998, 91-136.

<sup>15</sup> ΚΑΠΕ 2006, 7.





Σχήμα 2. Διαχωρισμός ενεργειακών καλλιεργειών ανάλογα με το είδος και τον κύκλο ανάπτυξης.



Σχήμα 3. Διαχωρισμός ενεργειακών καλλιεργειών ανάλογα με την τελική χρήση.

### 3.2. Ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή βιοκαυσίμων<sup>16</sup>.

Οι καλλιέργειες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην Ελλάδα για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων είναι ο ηλίανθος και η ελαιοκράμβη για βιοντίζελ και για βιοαιθανόλη το σιτάρι, το κριθάρι, ο αραβόσιτος, τα τεύτλα και το γλυκό σόργο.

Βιοκαύσιμο	Πρώτη Ύλη	Απόδοση (κιλά/ στρ)	Απόδοση σε βιοκαύσιμο (κιλά/ στρ.)	Απόδοση σε βιοκαύσιμο (λίτρα/ στρέμμα)
Βιοντίζελ	Ηλίανθος - Ελαιοκράμβη	150 - 300	50 - 100	58 - 116
	Αγριαγκινάρα	100 - 150	24 - 36	28 - 41
	Βαμβάκι	120 - 160	17 - 23	20 - 27
	Σόγια	160 - 240	27 - 41	32 - 48
Βιοαιθανόλη	Σιτάρι	150 - 800	36 - 192	46 - 243
	Αραβόσιτος	80 - 1200	189 - 284	240 - 360
	Τεύτλα	5500 - 7000	435 - 554	550 - 700
	Γλυκό σόργο	7000 - 9000	553 - 711	700 - 900

Πίνακας 2: Τα παραγόμενα βιοκαύσιμα από διάφορα φυτά και οι αποδόσεις ανά στρέμμα σε σπόρο και σε καύσιμο (Πηγή: ΚΑΠΕ 2006, 16).

#### 3.2.1. Ελαιοκράμβη<sup>17</sup>.



Εικόνα 1. Επιστημονικό όνομα: (*Brassica napus* L.) και (*Brassica carinata* L. Braun)

• Σύντομη περιγραφή του φυτού: η ελαιοκράμβη (*Brassica* spp.) είναι ετήσιο φυτό και ανήκει στην οικογένεια των Σταυρανθών ή Βρασσικίδων (*Cruciferae* or *Brassicaceae*). Πολλαπλασιάζεται με σπόρο και καλλιεργείται κυρίως ως πρώτη ύλη για την παραγωγή ελαίου και σε μικρότερη έ-

<sup>16</sup> ΚΑΠΕ 2006, 17, 20-25.

<sup>17</sup> Ραμνιώτης 2008, 57-68

κταση για τα φύλλα της (κυρίως για ανθρώπινη κατανάλωση, ζωοτροφή και λίπανση). Μετά την εξαγωγή του ελαίου, τα υπολείμματά της (η λεγόμενη πίτα) χρησιμοποιούνται στην κτηνοτροφία καθώς αυτά έχουν πλούσια περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη. Η ελαιοκράμβη θεωρείται παγκοσμίως ως το τρίτο σημαντικότερο ελαιοπαραγωγό φυτό, μετά την σόγια και το φοινικέλαιο. Ο μικρός στρογγυλός σπόρος της έχει κατά μέσο όρο μεγάλη περιεκτικότητα σε λάδι (30-50%) και η πίτα της είναι πολύ πλούσια σε πρωτεΐνη (10-45%). Οι καλλιεργητικές τεχνικές είναι όμοιες με εκείνες των χειμερινών σιτηρών.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην εφαρμογή ζιζανιοκτόνων (προ και μεταφυτρωτικών), καθώς το φυτό είναι πολύ ευαίσθητο στα ζιζάνια κατά τα πρώτα στάδια της ανάπτυξής του. Προσοχή πρέπει επίσης να δοθεί κατά την συγκομιδή, ώστε η υγρασία του σπόρου να κυμαίνεται από 9-12%. Έχει πολύ μεγάλη σημασία ο χρόνος συγκομιδής της ελαιοκράμβης, για την αποφυγή της απώλειας του σπόρου από τις υψηλές θερμοκρασίες, που συνοδεύονται από τα ξηρά και θερμά ρεύματα.

Η *Brassica napus* L. είναι πρώιμη, κυρίως διαδεδομένη στα εύκρατα δροσερά κλίματα. Υπάρχει σε δύο τύπους καλλιέργειας, την χειμερινή και την ανοιξιιάτικη. Η *Brassica carinata* L. Braun είναι φυτό αιθιοπικής προέλευσης, ψηλό, με μεγάλη φυλλική επιφάνεια, συγγενές της ελαιοκράμβης (*Brassica napus* L.) και βάσει των πειραμάτων παρουσιάζει πολύ καλή προσαρμοστικότητα και ικανοποιητική παραγωγικότητα στις μεσογειακές εδαφοκλιματικές συνθήκες. Καλλιεργείται και ως χειμερινή σε περιοχές με ήπιο χειμώνα, ενώ σ' αυτές με βαρύ χειμώνα προτείνεται μόνο ως ανοιξιιάτικη καλλιέργεια.

- Αποδόσεις σε πειραματικό στάδιο: από πειράματα, που πραγματοποιήθηκαν τα τελευταία χρόνια στις μεσογειακές περιοχές και πιο συγκεκριμένα, στην Ελλάδα, την Ιταλία και στην Ισπανία (Ευρωπαϊκό Δίκτυο για την ελαιοκράμβη: FAIR CT98 - 1946) προκύπτουν θετικά αποτελέσματα, όσον αφορά στην προσαρμοστικότητα και παραγωγικότητα της καλλιέργειας στις παραπάνω εδαφοκλιματικές συνθήκες. Συγκεκριμένα οι αποδόσεις σε σπόρο καθώς και σε ξηρή βιομάζα, ανάλογα με την ποικιλία, τις καλλιεργητικές τεχνικές και τις επικρατούσες εδαφοκλιματικές συνθήκες, κυμάνθηκαν από 150 έως 300 κιλά / στρέμμα και 300 έως 800 κιλά / στρέμμα αντίστοιχα.

- Ενεργειακές εκτιμήσεις: από ένα στρέμμα ελαιοκράμβης παράγονται κατά μέσο 150-300 κιλά / σπόρος με αντίστοιχη παραγωγή 60-115 λίτρα βιοντίζελ.

### 3.2.2. Ηλιάνθος<sup>18</sup>.



Εικόνα 2. *Επιστημονικό όνομα: Helianthus annuus L.*

- Σύντομη περιγραφή του φυτού: ο ηλιάνθος, είναι ετήσιο φυτό το οποίο ανήκει στην οικογένεια Compositae. Σύμφωνα με τον FAO, η συνολική παγκόσμια παραγωγή έφθασε στους 31 εκατομμυρίων τόνων το 2005, καλλιεργούμενη σε 234 εκατομμύρια στρέμματα. Από αυτά, περισσότερα από 20 εκατομμύρια στρέμματα καλλιεργήθηκαν στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Στην Ελλάδα η καλλιέργεια του ηλιάνθου έχει μειωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Η παραγωγή του συγκεντρώνεται κυρίως στο βορειοανατολικό μέρος της χώρας. Καλλιεργείται κυρίως ως πηγή φυτικού ελαίου διατροφής. Η συνολική καλλιεργημένη έκταση στην χώρα το 2005 ήταν 80.000 στρέμματα, με αντίστοιχη παραγωγή 16.000 τόνων σε σπόρο.
- Εναλλακτική Χρήση: ο ηλιάνθος μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, που είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός βιοντίζελ σε παγκόσμιο επίπεδο, περισσότερο από 10% της παραγωγής προέρχεται από τον ηλιάνθο. Η Ιταλία, που είναι η τέταρτη παραγωγός βιοντίζελ στην Ευρωπαϊκή Ένωση, χρησιμοποιεί σαν πρώτη ύλη κυρίως τον ηλιάνθο.
- Ενεργειακές εκτιμήσεις: από 1 στρέμμα ηλιάνθο παράγονται κατά μέσο όρο 150-300 κιλά σπόρου με αντίστοιχη παραγωγή 60-115 λίτρα βιοντίζελ.

<sup>18</sup> Καλαβριώτου 2005, 12-22, Δαναλάτος - Αρχοντούλης 2008, 31-45.

### 3.2.3. Γλυκό σόργο<sup>19</sup>.



Εικόνα 3. *Επιστημονικό όνομα: Sorghum bicolor L Moench.*

- Σύντομη περιγραφή φυτού: το γλυκό σόργο είναι ένα C<sub>4</sub> μονοετές φυτό, με μεγάλη φωτοσυνθετική ικανότητα, υψηλές αποδόσεις σε βιομάζα, υψηλό ποσοστό σε διαλυτά σάκχαρα και κυτταρίνες και σχετικά χαμηλές απαιτήσεις σε άρδευση και λίπανση. Προσαρμόζεται εύκολα σε διάφορα είδη εδαφών και σε ποικίλες κλιματικές συνθήκες.

- Αποδόσεις βιομάζας σε πειραματικό στάδιο: στην Ευρώπη, έχουν εξεταστεί πολλές ποικιλίες (Keller, Wray, Mm1500, κ.α.). Οι αποδόσεις τους ποικίλουν, ανάλογα με την περιοχή, τις κλιματικές συνθήκες, τη γονιμότητα του εδάφους και τις καλλιεργητικές τεχνικές, που εφαρμόζονται. Το χλωρό βάρος κυμαίνεται από 8-10 τόνους / στρέμμα στη Γερμανία, σε 9 τόνους / στρέμμα στην Ισπανία και μπορεί να φτάσει τους 14 τόνους / στρέμμα στην Ελλάδα. Το σόργο καλλιεργήθηκε στην Ελλάδα επί σειρά ετών, με σκοπό τη μελέτη της παραγωγικότητάς του σε διάφορους τύπους εδαφών (περιθωριακά και γόνιμα), καθώς και την επίδραση διαφόρων καλλιεργητικών τεχνικών στις τελικές αποδόσεις.

Το γλυκό σόργο μπορεί να καλλιεργηθεί από τις βορειότερες ως τις νοτιότερες περιοχές της Ελλάδας, σε εύφορα αλλά και υποβαθμισμένα εδάφη. Από τους παράγοντες που εξετάστηκαν, η άρδευση αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων, ενώ η αζωτούχος λίπανση δεν έδειξε να επηρεάζει καθοριστικά τις αποδόσεις.

- Αποδόσεις σε σάκχαρα και παραγωγή αιθανόλης: η αναλογία σε σάκχαρα, ποικίλει από 9-13,2% επί του χλωρού βάρους των στελεχών, οι δε αποδόσεις με βάση την παραγωγή φτάνουν τους 1,2 τόνους / στρέμμα. Πρέπει να σημειωθεί ότι η προαναφερθείσα ποσότητα σακχάρων επιτυγχάνεται στις αρχές του Σεπτεμβρίου για τις πρώιμες ποικιλίες, και περίπου δεκαπέντε μέρες αργότερα για τις όψιμες. Σύμφωνα με πειραματικά δεδομένα, που βασίζονται στο χλωρό βάρος των στελεχών και στην περιεκτικότητά τους σε σάκχαρα, μπορεί θεωρητικά να εξασφαλιστεί μέση παραγωγή 700-

<sup>19</sup> Δαναλάτος - Αρχοντούλης 2008, 51-56, Sweetanol 2011, 21-35.

900 λίτρων αιθανόλης / στρέμμα. Επιπλέον, μετά την επεξεργασία της πρώτης ύλης, μένουν μεγάλες ποσότητες υπολείμματος (βαγάσση) υψηλής θερμογόνου δύναμης, οι οποίες μπορούν να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες, τόσο της παραγωγής, όσο και της μετατροπής του σόργου σε αλκοόλη.

- Πιθανές χρήσεις: στην Ευρωπαϊκή Ένωση πραγματοποιούνται έρευνες με σκοπό τη διερεύνηση της δυνατότητας αξιοποίησης του γλυκού σόργου για την παραγωγή βιοαιθανόλης ως καυσίμου μεταφορών.

### 3.2.4. Σιτάρι – Κριθάρι.



Εικόνα 4. *Επιστημονικό όνομα: σιτάρι (Triticum aestivum L.), κριθάρι (Hordeum sativum / Vulgare L.)*

- Σύντομη περιγραφή φυτών: το σιτάρι και το κριθάρι είναι ετήσια φυτά, τα οποία ανήκουν στην οικογένεια των δημητριακών (Graminae). Το σιτάρι θεωρείται παγκοσμίως ως το σημαντικότερο φυτό μεταξύ των άλλων δημητριακών, με συνολική παραγωγή 628 εκατομμυρίων τόνων το 2005, ενώ η αντίστοιχη παραγωγή για την Ευρωπαϊκή Ένωση ήταν 124 εκατομμύρια τόνοι. Το κριθάρι, χρησιμοποιείται κυρίως σαν ζωοτροφή και στην παραγωγή αλκοολούχων ποτών. Η συνολική παγκόσμια παραγωγή του κριθαριού έφθασε στους 137 εκατομμύρια τόνους το 2005 ενώ η ευρωπαϊκή παραγωγή ανήλθε σε 53 εκατομμύρια τόνους.

Στην Ελλάδα, το σιτάρι (σκληρό και μαλακό) είναι το πιο διαδεδομένο ετήσιο φυτό και η καλλιέργειά του είναι εκτεταμένη σε όλη τη χώρα. Η συνολική καλλιεργούμενη έκταση το 2005 (σκληρό και μαλακό) ήταν 8,5 εκατομμύρια στρέμματα με παραγωγή 1,8 εκατομμύρια τόνους. Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Σιτηρών Θεσσαλονίκης, οι ελληνικές μέσες αποδόσεις σκληρού σιταριού κυμαίνονται από 150-800 κιλά/στρέμμα, κι οι αντίστοιχες του μαλακού σιταριού από 200-900 κιλά/στρέμμα. Οι αποδόσεις σε σπόρο επί τοις εκατό του συνολικού βάρους του υπέργειου τμήματος του φυτού (δείκτης συγκομιδής) και των δύο τύπων κυμαίνονται από 30-56%.

Η καλλιέργεια του κριθαριού είναι διάσπαρτη σε όλη την χώρα. Η συνολική καλλιεργούμενη έκταση ήταν 980.000 εκατομμύρια στρέμματα το 2005, με ετήσια παραγωγή 220 χιλιάδων τόνων.

Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Σιτηρών Θεσσαλονίκης, οι ελληνικές μέσες αποδόσεις κριθαριού κυμαίνονται από 150-700 κιλά/στρέμμα και οι αποδόσεις σε σπόρο επί τοις εκατό του συνολικού βάρους του υπέργειου τμήματος του φυτού (δείκτης συγκομιδής) κυμαίνονται από 23-54%.

- Εναλλακτική χρήση: τα τελευταία πέντε χρόνια, υπάρχει έντονη δραστηριότητα στη χρήση του σιταριού και του κριθαριού ως πρώτων υλών για παραγωγή βιοαιθανόλης. Η Ισπανία σημαντικότερη ενεργοποίηση στον τομέα της βιοαιθανόλης. Το 2004 η παραγωγή βιοαιθανόλης ανήλθε σε 194.000 τόνους (ETBE), ενώ για το 2006 εκτιμάται ότι θα υπάρξει επιπλέον παραγωγή 160.000 τόνων. Στη Γαλλία (2002) τα σιτηρά για παραγωγή βιοαιθανόλης αντιπροσώπευαν το 20% (56.600 τόνους). Αξίζει να σημειωθεί ότι τα τελευταία χρόνια, η καλλιεργούμενη έκταση με σιτάρι για βιοαιθανόλη στη Γαλλία σχεδόν τριπλασιάστηκε (από 4.600 εκτάρια το 1993 σε 11.990 εκτάρια το 1999).

- Ενεργειακές εκτιμήσεις: από ένα στρέμμα σιτάρι παράγονται κατά μέσο όρο 150-800 κιλά σπόρου με αντίστοιχη παραγωγή 45-240 λίτρα βιοαιθανόλης.

### 3.2.5. Ζαχαρότευτλα.



Εικόνα 5. Επιστημονικό όνομα: *Beta vulgaris L.*

- Σύντομη περιγραφή του φυτού: τα ζαχαρότευτλα είναι ένας διετής τύπος τεύτλου, που καλλιεργείται εμπορικά λόγω της υψηλής περιεκτικότητας των ριζών του σε σάκχαρα. Οι ρίζες των τεύτλων περιέχουν μέχρι 20% σάκχαρα (επί χλωρού βάρους), κάνοντάς το την δεύτερη πιο σημαντική πηγή σακχάρων μετά από το ζαχαροκάλαμο. Σύμφωνα με τον FAO, η συνολική παγκόσμια παραγωγή έφθασε τους 242 εκατ. τόνους το 2005, καλλιεργούμενη σε περισσότερα από 55 εκατομμύρια στρέμματα. Από αυτά, 5 εκατομμύρια στρέμματα καλλιεργήθηκαν στις Η.Π.Α. και 22 εκατομμύρια στρέμματα στην Ευρώπη.



Στην Ελλάδα, η καλλιέργεια των ζαχαρότευτλων είναι διάσπαρτη σε όλη τη χώρα. Σύμφωνα με στοιχεία του FAO, έχουμε μείωση της καλλιεργούμενης έκτασης από 480.000 στρέμματα σε 420.000 το 2005, ενώ η αντίστοιχη παραγωγή μειώθηκε από 3 εκατομμύρια τόνους σε 2,4 εκατομμύρια τόνους. Μάλιστα προβλέπεται μεγαλύτερη μείωση από το 2006 και μετά λόγω της νέας ΚΑΠ. Οι μέσες αποδόσεις ζαχαρότευτλων στην Ελλάδα ανέρχονται σε 6.000 κιλά/στρέμμα. Αξίζει να αναφερθεί ότι αυτές οι αποδόσεις είναι από τις υψηλότερες που παρατηρούνται στις ευρωπαϊκές χώρες. Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής ζαχαρότευτλων στην Ελλάδα χρησιμοποιείται για ανθρώπινη κατανάλωση καθώς και για ζωοτροφή.

- Εναλλακτική χρήση: τα τελευταία χρόνια, τα ζαχαρότευτλα χρησιμοποιούνται και ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαιθανόλης. Η Γαλλία είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός βιοαιθανόλης από ζαχαρότευτλα στον κόσμο. Εκτιμάται ότι το 2003 το 80% (62.000 τόνοι) της παραγόμενης βιοαιθανόλης στην Γαλλία προήλθε από ζαχαρότευτλα, και το υπόλοιπο από άλλα δημητριακά φυτά.

- Ενεργειακές εκτιμήσεις: από 1 στρέμμα ζαχαρότευτλα παράγονται κατά μέσο όρο 550-700 λίτρα βιοαιθανόλης.

### 3.2.6. Αραβόσιτος.



Εικόνα 6. *Επιστημονικό όνομα: Zea mays L.*

- Σύντομη περιγραφή του φυτού: σύμφωνα με τον FAO, η παγκόσμια παραγωγή αραβοσίτου έφθασε στους 695 εκατομμύρια τόνους το 2005, καλλιεργούμενη σε 1.471 εκατομμύρια στρέμματα. Από αυτά, πάνω από 300 εκατομμύρια στρέμματα καλλιεργήθηκαν στις Η.Π.Α. και 60 εκατομμύρια στρέμματα στην Ευρώπη (2,4 εκατομμύρια στρέμματα στην Ελλάδα).

Στην Ελλάδα, ο αραβόσιτος θεωρείται σημαντικό φυτό κι η καλλιέργειά του είναι εκτεταμένη σε όλη την χώρα. Η συνολική καλλιεργούμενη έκταση παρουσίασε μια μικρή αύξηση την τελευταία δεκαετία (2,1 εκατομμύρια στρέμματα το 1996 και 2,4 εκατομμύρια στρέμματα το 2005), με ετήσια παραγωγή 2,1 και 2,3 εκατομμύρια τόνους αντίστοιχα. Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Σιτηρών Θεσσαλονίκης, οι ελληνικές μέσες αποδόσεις αραβοσίτου κυμαίνονται από 600-1.800 κιλά/στρέμμα. Οι

αντίστοιχες αποδόσεις σε σπόρο επί τοις εκατό του συνολικού βάρους του υπέργειου τμήματος του φυτού (δείκτης συγκομιδής) κυμαίνονται από 35-50%.

- Εναλλακτική χρήση: τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια, ο αραβόσιτος χρησιμοποιείται κι ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαιθανόλης, με κυριότερη παραγωγό χώρα τις Η.Π.Α. Η παραγωγή βιοαιθανόλης τα τελευταία χρόνια έχει υπερτριπλασιαστεί και από 8 εκατομμύρια τόνους το 1989 έφτασε στους 28 εκατομμύρια τόνους το 2003. Σήμερα, λειτουργούν 73 αμερικανικά εργοστάσια παραγωγής βιοαιθανόλης, ενώ άλλα 16 είναι υπό κατασκευή. Το 2001, η αντίστοιχη βιομηχανία βιοαιθανόλης των Η.Π.Α. απασχολούσε περισσότερα από 200.000 άτομα (άμεσα και έμμεσα) στην χώρα, εξοικονομώντας έτσι 2 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως από την άποψη των εισαγωγών πετρελαίου. Τα συνολικά οφέλη της βιοαιθανόλης για την αντίστοιχη γεωργική οικονομία είναι μεγαλύτερα -περίπου από 4,5 δισεκατομμύρια δολάρια. Υπολογίζεται ότι 2001 περίπου 12% της βενζίνης που διατέθηκε στις Η.Π.Α. περιείχε βιοαιθανόλη ως προσθετικό καυσίμου.

- Ενεργειακές εκτιμήσεις: από 1 στρέμμα αραβόσιτο παράγονται κατά μέσο όρο 240-360 λίτρα βιοαιθανόλης.

### 3.3. Ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων<sup>20</sup>.

Οι ενεργειακές καλλιέργειες που έχουν διερευνηθεί τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια από το Κ.Α.Π.Ε. για την παραγωγή βιοκαυσίμων είναι ο ευκάλυπτος, η ψευδακακία, το καλάμι, ο μίσχανθος, η αγριαγκινάρα, το switchgrass (είδος κεχριού), το κυτταρινούχο σόργο και το κενάφ.

Είδος	Προϊόν	Θερμογόνος Δύναμη (MJ/κιλό )	Μέση Απόδοση σε Ξηρή Βιομάζα (τόνοι/στρ./ έτος)	Απόδοση σε Ενέργεια (GJ/στρ./ έτος)
Πολυετείς Καλλιέργειες	Καλάμι	18,00	1,0 - 2,0	18,0 - 26,0
	Αγριαγκινάρα	18,00	1,0 - 1,5	18,0 - 27,0
	Switchgrass	18,00	1,0 - 2,0	18,0 - 36,0
	Μίσχανθος	18,00	1,0 - 1,5	18,0 - 27,0
Ετήσιες Καλλιέργειες	Κενάφ	18,6	0,8 - 1,8	14,9 - 33,4
	Κυτταρινούχο Σόργο	18,00	2,0 - 3,5	36,0 - 63,0
Δασικές Καλλιέργειες	Ευκάλυπτος	19,4	1,8 - 3,0	34,8 - 58,0
	Ψευδακακία	17,8	0,8 - 1,3	14,3 - 23,2

Πίνακας 3: Στρεμματικές αποδόσεις ενεργειακών καλλιεργειών για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων και το ενεργειακό τους περιεχόμενο (Πηγή: ΚΑΠΕ 2006, 18).

<sup>20</sup> ΚΑΠΕ 2006, 18, 26-33.

### 3.3.1. Ευκάλυπτος.



Εικόνα 7. *Επιστημονικό όνομα: Eucalyptus globulus Labill, Eucalyptus camaldulensis Dehnh.*

- Σύντομη περιγραφή του φυτού: οι φυτείες ευκαλύπτων χαρακτηρίζονται από γρήγορους ρυθμούς ανάπτυξης μετά την συγκομιδή. Τα δύο σημαντικότερα είδη ευκαλύπτων για τις μεσογειακές χώρες είναι οι *Eucalyptus globulus* Labill και *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

- Αποδόσεις σε πειραματικό στάδιο: στην χώρα μας, βάσει της έρευνας προσαρμοστικότητας, που έχει προηγηθεί, φαίνεται ότι το καταλληλότερο είδος ευκαλύπτου, που πληροί τις προδιαγραφές των ενεργειακών καλλιεργειών είναι ο *E. camaldulensis* (Ευκάλυπτος η ρυγχωτή), καθόσον παρουσιάζει: α) μεγαλύτερη ικανότητα προσαρμογής σε διάφορα μικροπεριβάλλοντα σε σχέση με τα άλλα είδη ευκαλύπτου, β) ταχυσυζεία, γ) εύκολη πρεμνοβλάστηση μετά από κοπή, οποιαδήποτε εποχή του έτους και δ) μεγάλη παραγωγικότητα σε βιομάζα. Οι αποδόσεις σε βιομάζα κυμαίνονται ανάλογα με το είδος, το γενετικό υλικό, το περιβάλλον και την ποιότητα του εδάφους. Σε παλαιότερες έρευνες κυμάνθηκαν από 0,4-2 χιλιάδες τόνους/ έτος/ στρέμμα σε ξηρή ουσία.

Και τα δύο είδη πάντως επέδειξαν ευρωστία και υψηλή παραγωγικότητα σε όξινα εδάφη, η δε ανάπτυξή τους συνεχιζόταν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Σε πειραματικές εφαρμογές αρδευόμενου *E. camaldulensis*, διαχειριζόμενου με διετή περίτροπο χρόνο, απέδωσε κατά μέσο όρο τριών διαδοχικών περιτρόπων 64 τόνους/εκτάριο/έτος και 28 τόνους/εκτάριο/ έτος χλωρής βιομάζας και ξηρής ουσίας αντίστοιχα. Παρατηρήθηκε αύξηση των αποδόσεων ξηρής ουσίας κατά την συγκομιδή του τρίτου περίτροπου χρόνου κατά 46% σε σχέση με το δεύτερο περίτροπο χρόνο. Η πυκνότητα φύτευσης ήταν 1.000 και 2.000 φυτά ανά στρέμμα. Στο τέλος του τρίτου διετούς περίτροπου χρόνου οι αποδόσεις σε χλωρή βιομάζα και ξηρά ουσία κατέγραψαν υψηλές τιμές 25 και 4 τόνων / στρέμμα / έτος αντίστοιχα.

Όσον αφορά στις επεμβάσεις άρδευσης και λίπανσης, παρότι το είδος φυόμενο σε γόνιμο γεωργικό έδαφος ανταποκρίνεται θετικά, η επίδραση τόσο της άρδευσης όσο και της λίπανσης επί των αποδόσεων ξηρής ουσίας δεν ήταν στατιστικά σημαντική.

- Ενεργειακές εκτιμήσεις: με βάση τις αποδόσεις του ευκαλύπτου σε ξηρή βιομάζα και την αντίστοιχη θερμογόνο δύναμη, το εκτιμώμενο ενεργειακό δυναμικό κυμαίνεται μεταξύ 35 και 58 GJ στρέμμα/έτος.
- Πιθανές χρήσεις: παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας κι αξιόλογη πρώτη ύλη για παραγωγή χαρτοπολτού.

### 3.3.2. Ψευδακακία.



Εικόνα 8. *Επιστημονικό όνομα Robinia pseudacacia L. Πρόκειται για φυτό, που χρησιμοποιείται σαν μικρού περιόδου χρόνου.*

- Σύντομη περιγραφή του φυτού: η ψευδακακία είναι φυτό ψυχανθές, πολυετές, δενδρώδες, που χαρακτηρίζεται από ταχύτατη ανάπτυξη του υπέργειου μέρους, σημαντική παραγωγή βιομάζας κι εξαιρετική αναβλάστηση μετά την κοπή. Το ενδιαφέρον για την ψευδακακία αυξάνει τόσο στην Ευρώπη, όσο και στην Ασία. Στη διάρκεια μίας εικοσαετίας, οι αναδασωμένες με ψευδακακία εκτάσεις στις δύο αυτές περιοχές αυξήθηκαν από 3.370.000 στρέμματα σε 18.900.000, χωρίς να περιλαμβάνεται η Κίνα. Η ψευδακακία εξαιτίας του ταχύτατου ρυθμού ανάπτυξης, της υψηλής πυκνότητας του ξύλου και της χαμηλής περιεκτικότητας σε υγρασία, σε σχέση με άλλα είδη, θεωρείται πολύ παραγωγικό φυτό σε βιομάζα.

- Αποδόσεις σε πειραματικό στάδιο: στην Ελλάδα πραγματοποιήθηκαν πειράματα, των οποίων το αντικείμενο μελέτης ήταν η προσαρμοστικότητα και παραγωγικότητα του φυτού σε διάφορες κλιματικές και εδαφικές συνθήκες. Εξετάστηκε επίσης η επίδραση διαφορετικών επιπέδων λίπανσης, άρδευσης και πυκνοτήτων φύτευσης στις αποδόσεις του φυτού σε βιομάζα.

Από πειραματικές καλλιέργειες του ΚΑΠΕ ελήφθησαν αποδόσεις ξηρής ουσίας κατά τον πρώτο περίτροπο χρόνο 0,5 και 0,8 τόνοι/στρέμμα/έτος σε άγονο και γόνιμο έδαφος αντίστοιχα. Στον δεύτερο περίτροπο οι αποδόσεις αυξήθηκαν στο γόνιμο έδαφος, ενώ μειώθηκαν στο άγονο. Στον τρίτο περίτροπο ο μέσος όρος των αποδόσεων στο γόνιμο έδαφος έφθασε τους 1,7 τόνους ξηρής ουσίας /

στρέμμα/έτος. Η πυκνότητα φύτευσης ήταν 1.000 και 2.000 φυτά/στρέμμα κατά την εγκατάσταση, ο δε περίτροπος χρόνος 2 έτη. Επίσης, την περίοδο 1993-1996 σε πειραματικές καλλιέργειες στην περιοχή της Ορεστιάδας (γόνιμα εδάφη) και Σουφλίου (άγονα), με φυτευτικό σύνδεσμο 1×0,5 μέτρα, οι αποδόσεις έφτασαν τα 1.105 κιλά/στρέμμα/έτος (τρίτος περίτροπος χρόνος) και 163 κιλά/στρέμμα/έτος (δεύτερος περίτροπος χρόνος) ξηρής ουσίας αντίστοιχα.

- Ενεργειακές εκτιμήσεις: το ενεργειακό δυναμικό της ψευδακακίας είναι τυπικό των πλατύφυλλων φυτών της εύκρατης ζώνης και κυμαίνεται για το ξύλο της γύρω στα 17,8 MJ/kg αντίστοιχη απόδοση που κυμαίνεται μεταξύ 14 και 23 GJ/στρέμμα/έτος.

- Πιθανές χρήσεις: παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας.

### 3.3.3. Καλάμι.



Εικόνα 9. *Επιστημονικό όνομα: Arundo donax L.*

- Σύντομη περιγραφή φυτού: το καλάμι ανήκει στα αγρωστώδη πολυετή φυτά με C<sub>3</sub> φωτοσυνθετικό μηχανισμό. Συναντάται συνήθως κοντά σε ποτάμια και λίμνες, γενικά σε αγρούς με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία, ωστόσο μπορεί να καλλιεργηθεί σε ευρεία κλίμακα εδαφικών και κλιματικών συνθηκών. Θεωρείται ένα πολύ δυναμικό φυτό και πολλαπλασιάζεται κυρίως με ριζώματα, μπορεί όμως να πολλαπλασιαστεί και με μοσχεύματα.

- Αποδόσεις βιομάζας σε πειραματικό στάδιο: από την βιβλιογραφία αναφέρονται αποδόσεις 2,0 - 2,5 τόνων/στρέμμα ξηρού βάρους στη νότια Γαλλία, ενώ στη νότια Ιταλία περίπου 3.5 τόνων/στρέμμα. Σε πρόσφατες μελέτες, ορισμένες από τις οποίες έχουν διεξαχθεί στην Ελλάδα, έχει επιβεβαιωθεί η δυνατότητα του φυτού να παράγει αξιόλογες ποσότητες βιομάζας. Οι αποδόσεις που καταγράφηκαν στο σύνολο των πειραματικών αγρών (στις ελληνικές εδαφοκλιματικές συνθήκες) κυμάνθηκαν από 0,5 έως και 3 τόνους/στρέμμα σε ξηρή ουσία.

Σημαντική διακύμανση στις αποδόσεις παρατηρήθηκε για τα διαφορετικά επίπεδα άρδευσης που εφαρμόστηκαν. Είναι προφανές ότι τα υψηλά επίπεδα άρδευσης οδήγησαν στην επίτευξη των υψηλότερων αποδόσεων. Είναι ενδεικτικό ότι η αζωτούχος λίπανση δεν διαφοροποίησε σημαντικά τις

αποδόσεις. Η καταλληλότερη εποχή συγκομιδής για το καλάμι βρίσκεται σε άμεση συνάρτηση με τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά κάθε περιοχής και εντοπίζεται στο διάστημα από τα τέλη του φθινοπώρου έως τα τέλη του χειμώνα.

- Ενεργειακές εκτιμήσεις: η μέση θερμογόνος αξία του φυτού ανέρχεται σε 18 MJ/kg ξηρής ουσίας και η περιεκτικότητα σε τέφρα 6,9% σε ξηρή βάση. Με βάση αυτές τις εκτιμήσεις και τις αποδόσεις σε ξηρό βάρος που έχουν επιτευχθεί μέχρι σήμερα, εκτιμάται ότι, κατά μέσο όρο, το ενεργειακό δυναμικό του καλάμιού μπορεί να φτάσει τα 18-36 GJ /στρέμμα/έτος. Από τις αναλύσεις του καυσίμου και κυρίως από τα επίπεδα του καλίου, του νατρίου και του χλωρίου προέκυψε ότι οι ιδιότητές του προσομοιάζουν με εκείνες του άχυρου και επομένως οι τεχνολογίες θερμοχημικής μετατροπής του άχυρου είναι οι πλέον κατάλληλες για το φυτό αυτό.

- Πιθανές χρήσεις: ως πιθανές χρήσεις του φυτού εξετάζονται η παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας, χαρτοπολτού και δομικών υλικών.

### 3.3.4. Μίσχανθος.



Εικόνα 10. *Επιστημονικό όνομα: Miscanthus x giganteus CREEF et DEU.*

- Σύντομη περιγραφή του φυτού: ο μίσχανθος είναι ένα αγρωστώδες, πολυετές, ριζωματώδες φυτό, που προέρχεται από τις χώρες της νοτιοανατολικής Ασίας και καλλιεργείται στην Ευρώπη εδώ και πολλά χρόνια ως καλλωπιστικό φυτό. Χαρακτηρίζεται από σχετικά υψηλές αποδόσεις σε χλωρή και ξηρή ουσία, χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία και ανθεκτικότητα σε ασθένειες και παθογόνα. Επιπλέον, παρουσιάζει υψηλή αποτελεσματικότητα χρήσης νερού και νιτρικών. Στη νότια Ευρώπη κι ειδικότερα στην Ελλάδα, παρουσιάζει πολύ καλή προσαρμοστικότητα σε αρδευόμενες εκτάσεις, έχει καλές αποδόσεις και η περιεκτικότητά του σε υγρασία είναι σχετικά χαμηλή.

- Αποδόσεις βιομάζας σε πειραματικό στάδιο: οι αποδόσεις του μίσχανθου διαφοροποιούνται ανάλογα με την περιοχή και τις κλιματικές συνθήκες. Μία γενική εκτίμηση είναι ότι οι αποδόσεις αυξάνουν σημαντικά από το δεύτερο έτος μετά την εγκατάσταση. Στην Ελλάδα, από τα μέχρι τώρα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τα σχετικά πειράματα, προέκυψε ότι ο μέσος όρος του ύψους της

φυτείας μπορεί να φτάσει τα 3 μέτρα και η παραγωγή ξηρής ουσίας κυμαίνεται από 0,8 έως 3 τόνους/στρέμμα/έτος.

Η άρδευση αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την επίτευξη της μέγιστης παραγωγής. Η εφαρμογή αζωτούχου λιπάνσεως στην αρχή της καλλιεργητικής περιόδου δεν επηρέασε την ανάπτυξη του φυτού και την παραγωγή βιομάζας, αν και σχετικά καλύτερα αποτελέσματα παρατηρήθηκαν με υψηλά επίπεδα λίπανσης. Στις κλιματικές συνθήκες της Ελλάδας, όταν η καλλιέργεια δεν αρδεύεται, η ανάπτυξη των φυτών επιβραδύνεται και οι αποδόσεις μειώνονται σημαντικά. Ευνοϊκή περίοδος για την συγκομιδή του μίσχανθου θεωρείται το διάστημα από τέλη Νοεμβρίου έως και τέλη Φεβρουαρίου, όταν το φυτό ξηραίνεται με φυσικό τρόπο στον αγρό.

- Ενεργειακές εκτιμήσεις: σύμφωνα με αναλύσεις δειγμάτων μίσχανθου, τα στελέχη έχουν υψηλή θερμιδική αξία (μέση τιμή 18 MJ/kg ξηρού βάρους). Η περιεκτικότητα σε τέφρα των στελεχών (μέση τιμή 1,64 % επί του ξηρού βάρους) είναι σχετικά χαμηλή, αυξάνοντας την θερμιδική τους αξία. Τα φύλλα είναι κατώτερης ποιότητας καύσιμο λόγω της μεγαλύτερης περιεκτικότητάς τους σε τέφρα (μέση τιμή 7,66% επί του ξηρού βάρους). Όσον αφορά στην απόδοση σε ενέργεια, το εκτιμώμενο εύρος βάσει των αποδόσεων κυμαίνεται από 17 έως 27 GJ/στρέμμα/έτος.

- Πιθανές χρήσεις: τα τελευταία χρόνια εξετάζεται η πιθανότητα χρησιμοποίησής του ως ενεργειακής καλλιέργειας, αλλά και για κατασκευή δομικών υλικών.

### 3.3.5. Αγριαγκινάρα<sup>21</sup>.



Εικόνα 11. **Επιστημονικό όνομα: *Cynara cardunculus* L.**

- Σύντομη περιγραφή του φυτού: η αγριαγκινάρα, είναι ένα πολυτελές είδος, που καλλιεργείται παραδοσιακά σε κάποιες περιοχές της μεσογειακής ζώνης.

Είναι πολύ καλά προσαρμοσμένη στο ξηρό κλίμα των μεσογειακών χωρών, επειδή δε είναι χειμερινό φυτό, δίνει το μέγιστο των αποδόσεων ακόμη και χωρίς άρδευση, καθώς φτάνει στο μέγιστο της παραγωγής βιομάζας, εκμεταλλευόμενη τις βροχοπτώσεις του φθινοπώρου και του χειμώνα.

<sup>21</sup> Δαναλάτος - Αρχοντούλης 2008, 7-28.

Επιπλέον, λόγω του εύρωστου ριζικού συστήματος που διαθέτει προστατεύει από την διάβρωση τα επικλινή και άγονα εδάφη.

Η ζιζανιοκτονία είναι απαραίτητη μόνο κατά το έτος εγκατάστασης της φυτείας. Στην συνέχεια, η μεγάλη φυλλική επιφάνεια της φυτείας δεν επιτρέπει στα ζιζάνια να αναπτυχθούν. Η καταλληλότερη εποχή συγκομιδής της αγριαγκινάρας στην Ελλάδα εντοπίζεται στο διάστημα από τέλη Ιουλίου ως τις αρχές Αυγούστου.

Μετά την συγκομιδή, ο νέος κύκλος αρχίζει με την έναρξη των βροχών και την βλάστηση των υπογείων οφθαλμών. Το φυτό παίρνει το σχήμα ρόδακα έως την επόμενη άνοιξη που αναπτύσσονται τα στελέχη. Αργότερα αναπτύσσονται διακλαδώσεις στην κορυφή του φυτού και σχηματίζονται αρκετές κεφαλές ανά βλαστό. Το καλοκαίρι τα υπέργεια μέρη του φυτού ξηραίνονται, ενώ τα υπόγεια, οι ρίζες και οι οφθαλμοί στη βάση του βλαστού, διατηρούνται ζωντανά.

- Αποδόσεις βιομάζας σε πειραματικό στάδιο: από πειράματα, που έχουν πραγματοποιηθεί τα τελευταία χρόνια, τόσο στην Ισπανία, όσο και στην Ελλάδα, αποδεικνύεται ότι η αγριαγκινάρα είναι ένα φυτό με πολύ καλή προσαρμοστικότητα και υψηλές αποδόσεις. Σε πειράματα που διεξήχθησαν στην Ελλάδα, το τελικό ύψος του φυτού έφτασε τα 2,6 μέτρα. Η παραγωγή ξηράς ουσίας, ανάλογα με την πυκνότητα φύτευσης επί των γραμμών, κυμάνθηκε από 1,7 έως 3,3 τόνους/στρέμμα, ενώ σε αντίστοιχα πειράματα στην Ισπανία, οι αποδόσεις κυμάνθηκαν από 0,4 έως 1,5 τόνους/στρέμμα. Επίσης, έχει εκτιμηθεί ότι από ένα στρέμμα αγριαγκινάρας μπορούν να παραχθούν 28-30 λίτρα βιοντίζελ.

- Ενεργειακές εκτιμήσεις: η θερμογόνο δύναμη, για τα διάφορα μέρη του φυτού της αγριαγκινάρας, κυμαίνεται από 3474 Kcal/kg ξηρού βάρους, για φύλλα και τα βράκτια φύλλα και σε 5912 Kcal/kg για τους σπόρους. Αυτό συμβαίνει λόγω της υψηλής περιεκτικότητας των σπόρων σε έλαια. Ανάμεσα στα διάφορα μέρη του φυτού παρουσιάζονται σημαντικές διαφορές στην θερμογόνο δύναμη. Τα φύλλα, τα οποία έχουν μικρή θερμογόνο δύναμη, παρουσιάζουν μεγάλη περιεκτικότητα σε τέφρα, περίπου 14%. Στα υπόλοιπα φυτικά μέρη το ποσοστό της τέφρας κυμαίνεται από 3,3% ως 5,3%. Με βάση την θερμογόνο δύναμη των διάφορων φυτικών τμημάτων και τις αντίστοιχες αποδόσεις σε ξηρή βιομάζα, το ενεργειακό δυναμικό της καλλιέργειας, ανάλογα με τις καλλιεργητικές τεχνικές, ποικίλει από 18 έως 27 GJ/ στρέμμα / έτος.

- Πιθανές χρήσεις: παραγωγή θερμικής κι ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και βιοελαίου.



### 3.3.6. Switchgrass.



Εικόνα 12. **Επιστημονικό όνομα:** *Panicum virgatum L.*

- Σύντομη περιγραφή του φυτού: είναι ένα πολυετές C<sub>4</sub>, αγρωστώδες φυτό. Συναντάται, κυρίως, στην βόρειο και κεντρική Αμερική αλλά επίσης έχει βρεθεί στη νότιο Αμερική και την Αφρική. Το ριζικό του σύστημα μπορεί να ξεπεράσει τα 3 μέτρα σε βάθος. Σχηματίζει λεπτά ριζώματα και από τους οφθαλμούς τους εκπύσσονται νωρίς την άνοιξη αρκετά λεπτά στελέχη διαμέτρου 10 χιλιοστών. Κάτω από κατάλληλες συνθήκες μπορεί να φτάσει σε ύψος 2,5 μέτρων. Η εγκατάσταση του φυτού γίνεται με σπόρο και στην Ελλάδα λαμβάνει χώρα τον Μάιο, όταν η θερμοκρασία εδάφους ξεπεράσει τους 10-15°C. Η σπορά δε πρέπει να γίνει σε βάθος μεγαλύτερο του 1 cm και η συνιστώμενη πυκνότητα της φυτείας είναι 200-300 φυτά ανά m<sup>2</sup>.

Η αναβλάστηση νέων στελεχών από τους οφθαλμούς των ριζωμάτων γίνεται το δεύτερο δεκαπενθήμερο του Μαρτίου κάθε έτους. Οι νεαροί βλαστοί είναι ευαίσθητοι στους παγετούς αλλά το φυτό έχει την ικανότητα να αναβλαστάνει ακόμα και μετά από σημαντικές νεκρώσεις βλαστών λόγω χαμηλών θερμοκρασιών. Παρουσιάζει ταχύ ρυθμό ανάπτυξης που μπορεί να ξεπεράσει τα 15 mm την ημέρα σε ύψος. Η άνθιση λαμβάνει χώρα μεταξύ τέλους Ιουλίου και αρχών Αυγούστου. Παράγει πολύ μικρούς σπόρους με βάρος 1.000 σπόρων μεταξύ 0,7 έως 2,0 g. Στην συνέχεια παρατηρείται μείωση της υγρασίας των φυτικών ιστών και μέχρι τον Ιανουάριο έχει κατέλθει στο 25% περίπου. Επομένως, κατάλληλη εποχή συγκομιδής είναι το χρονικό διάστημα από τέλη Νοεμβρίου ως και τον Ιανουάριο.

Η καλλιέργεια του Switchgrass παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα, αφού μπορούν να παραχθούν σημαντικές ποσότητες βιομάζας ακόμη και σε συνθήκες μειωμένων εισροών (λίπανση, ζιζανιοκτονία). Οι αρδευτικές ανάγκες του Switchgrass είναι χαμηλές, αφού χαρακτηρίζεται από αποδοτική χρήση του νερού. Πειράματα που έχουν εκτελεστεί έδειξαν ότι αρδεύσεις συνολικού ύψους 400mm είναι αρκετές για ικανοποιητική παραγωγή.

- Αποδόσεις σε πειραματικό στάδιο: η λίπανση καθώς και η άρδευση έχουν σημαντική επίδραση στην παραγωγικότητα, η οποία κυμαίνεται μεταξύ 1-2 τόνους ξηρής βιομάζας ανά στρέμμα.

- Ενεργειακές εκτιμήσεις: με μέσο ενεργειακό περιεχόμενο της τάξεως των 18 MJ/kg ξηρής ουσίας η απόδοση σε ενέργεια ανέρχεται στα 18-36 GJ/στρέμμα/έτος.
- Πιθανές χρήσεις: παραγωγή βιοκαυσίμων ή βιομηχανικών πρώτων υλών.

### 3.3.7. Κυτταρινούχο Σόργο.



Εικόνα 13. *Επιστημονικό όνομα: Sorghum bicolor L.*

- Σύντομη περιγραφή του φυτού: το κυτταρινούχο σόργο είναι ετήσιο C<sub>4</sub> φυτό με υψηλές αποδόσεις σε βιομάζα. Τα υβρίδια κυτταρινούχου σόργου που έχουν εξετασθεί είναι διασταυρώσεις του καρποδοτικού σόργου με το σόργο σαρωθροποιίας. Αντίθετα με το γλυκό, το κυτταρινούχο σόργο έχει σχετικά χαμηλή περιεκτικότητα σε διαλυτά σάκχαρα και το ενεργειακό δυναμικό του βασίζεται κυρίως στην υψηλή περιεκτικότητά του σε λιγνοκυτταρινούχα συστατικά.

- Αποδόσεις βιομάζας σε πειραματικό στάδιο: στην Ιταλία αναφέρεται ότι η περιεκτικότητα σε σάκχαρα του γλυκού σόργου (Wray) ήταν 41 % του ξηρού βάρους των στελεχών (0,9 τόνοι/στρέμμα ζυμώσιμα σάκχαρα), ενώ στα υβρίδια κυτταρινούχου σόργου ποικίλει από 9-12% επί του ξηρού βάρους (0,2 τόνοι/στρέμμα ζυμώσιμα σάκχαρα) και το μεγαλύτερο μέρος του ξηρού βάρους των στελεχών αποτελείται από λιγνοκυτταρινούχες ουσίες (2,0 τόνοι/στρέμμα). Στην Ελλάδα, οι αποδόσεις σε ξηρό βάρος φτάνουν τους 3,5 τόνους/στρέμμα.

Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι το κυτταρινούχο σόργο παρουσιάζει μεγάλη αντοχή στο πλάγιασμα, το οποίο αποτελεί φαινόμενο που επιφέρει σημαντικά προβλήματα στην καλλιέργεια του γλυκού σόργου.

- Ενεργειακές εκτιμήσεις: λαμβάνοντας υπόψιν τις προαναφερθείσες αποδόσεις σε ξηρή ουσία, η εκτιμώμενη ενεργειακή απόδοση του φυτού μπορεί να κυμανθεί από 36-63 GJ/στρέμμα/έτος.

- Πιθανές χρήσεις: διάφορα υβρίδια καλλιεργούνται στην Γαλλία, την Ιταλία και την Ελλάδα, με διαφορετικές καλλιεργητικές τεχνικές με σκοπό την αξιολόγηση της παραγωγικότητας και της πιθανότητας χρήσης τους, ως πρώτης ύλης, για την παραγωγή χαρτοπολτού και για ενεργειακούς σκοπούς, καθώς και για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας.

### 3.3.8. Κενάφ<sup>22</sup>.



Εικόνα 14. *Επιστημονικό όνομα: Hibiscus cannabinus L.*

• Σύντομη περιγραφή του φυτού: το κενάφ είναι ένα ετήσιο φυτό μικρής ημέρας, με κυτταρίνες υψηλής ποιότητας. Τα στελέχη αποτελούνται από ένα κεντρικό δακτύλιο με ίνες μικρού μήκους και τον φλοιό με ίνες μεγάλου μήκους. Από τις τελευταίες μπορεί να παραχθεί χαρτί ανώτερης ποιότητας. Είναι φυτό των τροπικών και υποτροπικών κλιμάτων που ευδοκιμεί σε εδάφη αμμοπηλώδη, ουδέτερης αντίδρασης, καλά στραγγιζόμενα, με οργανική ουσία καλής ποιότητας. Μπορεί ωστόσο να προσαρμοστεί σε ένα μεγάλο εύρος εδαφοκλιματικών συνθηκών.

• Αποδόσεις βιομάζας σε πειραματικό στάδιο: στην Ελλάδα το κενάφ μελετάται από το 1994 από το ΚΑΠΕ σε μικρούς πειραματικούς αγρούς (έως 3 στρέμματα) σε διάφορες περιοχές. Αντικείμενο της έρευνας αποτελούν η προσαρμοστικότητα του φυτού στις ελληνικές κλιματολογικές συνθήκες, καθώς και η επίδραση διαφόρων πυκνοτήτων φυτών στην ανάπτυξη και τις τελικές αποδόσεις, όπως επίσης και η δυνατότητα χρήσης του φυτού ως στερεού καυσίμου και βιομηχανικού προϊόντος (χαρτοπολτός, μοριοσανίδες, κ.λπ.).

Οι αποδόσεις σε ξηρή βιομάζα κυμάνθηκαν από 0,7 έως 2,4 τόνοι/στρέμμα. Οι υψηλότερες αποδόσεις αφορούν όψιμες ποικιλίες, υψηλής πυκνότητας φύτευσης (30.000/στρέμμα). Η παραγωγή σπόρου ήταν δυνατή μόνο στις πρώιμες ποικιλίες (άνθιση στο τέλος του Ιουλίου). Στις όψιμες ποικιλίες τα φυτά άνθισαν στο τέλος του Σεπτεμβρίου και οι σπόροι δεν είχαν αρκετό χρόνο για να ωριμάσουν, με αποτέλεσμα η σποροπαραγωγή να είναι αδύνατη. Στην Ελλάδα η συγκομιδή του κενάφ εντοπίζεται στο διάστημα από το Νοέμβριο έως και τον Ιανουάριο, ανάλογα με την τελική χρήση. Τότε τα στελέχη δεν έχουν φύλλα (δεδομένου ότι τα φύλλα πέφτουν μετά από έναν παγετό) και η συγκομιδή μπορεί να γίνει με μία συμβατική συλλεκτική μηχανή.

• Ενεργειακές εκτιμήσεις: η μέση θερμογόνο δύναμη του κενάφ είναι 18, 6 MJ/kg ξηρής ουσίας. Η απόδοση σε ενέργεια, βάσει του συγκεκριμένου ενεργειακού περιεχομένου είναι 15-33 GJ/στρέμμα/έτος.

• Πιθανές χρήσεις: διάφορα υβρίδια καλλιεργούνται στην Γαλλία, την Ιταλία και την Ελλάδα, με διαφορετικές καλλιεργητικές τεχνικές με σκοπό την αξιολόγηση της παραγωγικότητας και της πι-

<sup>22</sup> Καλαβριώτου 2005, 22-29.

θανότητας χρήσης τους ως πρώτης ύλης για την παραγωγή χαρτοπολτού και για ενεργειακούς σκοπούς, καθώς και για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας.

### 3.4. Περιβαλλοντικά και κοινωνικό-οικονομικά οφέλη<sup>23</sup>.

Η αξιοποίηση της βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα καθώς είναι υλικό ανεξάντλητο, όντας η ίδια μια «αποθήκη» ηλιακής ενέργειας. Ακόμη, θεωρείται καύσιμο «CO<sub>2</sub> – ουδέτερο» αφού το CO<sub>2</sub> που παράγεται κατά την καύση της δεσμεύεται και πάλι από τα φυτά με τη φωτοσύνθεση, ενώ συμμετέχει πολλαπλά στο ισοζύγιο του CO<sub>2</sub> δίνοντας τη δυνατότητα δέσμευσης του άνθρακα σε οργανική μορφή (στα φυτά και τους άλλους οργανισμούς) και εξοικονόμησης ισοδύναμου ποσού CO<sub>2</sub>.

Θετική συνεισφορά σχετικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου	Η αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων με βιομάζα που είναι ουδέτερη σε εκπομπές CO <sub>2</sub> καθώς η ποσότητα του CO <sub>2</sub> που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα μετά την καύση της, αφομοιώνεται από το φυτό κατά την φωτοσύνθεση.
Προστασία έναντι της διάβρωσης του εδάφους	Το πλούσιο υπέργειο τμήμα και το ριζικό σύστημα των ενεργειακών καλλιεργειών (ειδικά των πολυετών), ελαχιστοποιεί τις δυσμενείς επιπτώσεις της διάβρωσης του εδάφους και βελτιώνει τη δομή του.
Διαχείριση νερού	Στο πλαίσιο της ενεργειακής γεωργίας δίνεται η ευκαιρία να επιλεγούν είδη που αξιοποιούν το νερό αποδοτικά, ή και σε πολλές περιπτώσεις είδη που αξιοποιούν τις χειμερινές βροχοπτώσεις για την ανάπτυξή τους και δεν απαιτούν επιπλέον άρδευση, παρουσιάζοντας ικανοποιητική ανάπτυξη και παραγωγικότητα σε βιομάζα. Η αγρι-αγκινάρα μπορεί να καλλιεργηθεί ξηρικά και να αντικαταστήσει τα χειμερινά σιτηρά όπως το σιτάρι και το κριθάρι. Άλλα φυτά, όπως ο ευκάλυπτος και το καλάμι, μπορούν να αναπτυχθούν ικανοποιητικά χωρίς άρδευση, αν και όταν αρδεύονται η παραγωγή τους σε βιομάζα είναι υψηλότερη. Θα πρέπει να τονίσουμε ότι όλες οι ενεργειακές καλλιέργειες (που παρουσιάζονται στην εργασία) έχουν μέτρια έως υψηλή αποτελεσματικότητα χρήσης νερού.
Χαμηλές εισροές σε λιπάσματα	Οι ενεργειακές καλλιέργειες απαιτούν χαμηλότερα επίπεδα λίπανσης σε σχέση με τα ετήσια φυτά που προορίζονται για τροφή και μπορούν να συντελέσουν στην προστασία του περιβάλλοντος με μείωση της χρήσης λιπασμάτων.
Μείωση της χρήσης φυτοφαρμάκων	Οι ενεργειακές καλλιέργειες παρουσιάζουν υψηλή φυτοκάλυψη και με την εγκατάστασή τους στον αγρό περιορίζουν την ανάπτυξη ζιζανίων. Επιπροσθέτως, δεν προσβάλλονται από σοβαρές ασθένειες και έντομα, και ως εκ τούτου, η χρήση μυκητοκτόνων και εντομοκτόνων είναι πολύ μικρή.

<sup>23</sup> ΚΑΠΕ 2006, 9-10

Εκμετάλλευση εδαφών χαμηλής γονιμότητας	Οι ενεργειακές καλλιέργειες μπορούν να αποτελέσουν εναλλακτικές λύσεις σε εγκαταλειμμένες περιοχές χαμηλής γονιμότητας καθώς προσαρμόζονται εύκολα και αποδίδουν ικανοποιητικά σε μεγάλο εύρος εδαφών.
---	--

Πίνακας 4: Περιβαλλοντικά οφέλη σχετικά με την ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών (Πηγή: ΚΑΠΕ 2006, 9).

Προσφορά εναλλακτικών καλλιεργητικών λύσεων	Οι ενεργειακές καλλιέργειες μπορούν να προσφέρουν εναλλακτικές λύσεις για τους αγρότες, λαμβάνοντας υπόψη ότι ήδη υπάρχουν κάποια είδη επιδοτήσεων.
Ενδυνάμωση του γεωργικού χώρου	Με την ανάπτυξη καλλιεργειών για ενέργεια, θα δημιουργηθεί η ανάγκη για προμήθεια νέων ποικιλιών, βελτίωση καλλιεργητικών μεθόδων και εξοπλισμού, που θα υποστηρίζουν την παραγωγή και αποθήκευση των νέων φυτών. Αυτό θα δώσει ώθηση στη φθίνουσα γεωργική οικονομία και θα οδηγήσει στην ανάπτυξη της εγχώριας γεωργικής βιομηχανίας.
Αύξηση του γεωργικού εισοδήματος	Η διείσδυση των ενεργειακών καλλιεργειών στην εσωτερική αγορά μπορεί να εξασφαλίσει ικανοποιητικό αγροτικό εισόδημα σε σχέση με ορισμένες συμβατικές καλλιέργειες και να ενισχύσει τη διαφοροποίηση των δραστηριοτήτων των γεωργών.
Μείωση των περιφερειακών ανισοτήτων και αναζωογόνηση των λιγότερο ανεπτυγμένων γεωργικών οικονομιών	Η παραγωγή και η εκμετάλλευση των ενεργειακών καλλιεργειών θα συντελεστεί στις αγροτικές περιοχές. Η εισροή, επομένως, νέων εισοδημάτων θα βελτιώσει τη ζωή των τοπικών κοινωνιών και θα στηρίξει την ανάπτυξη σε λιγότερο ανεπτυγμένες περιοχές της χώρας
Εξασφάλιση αιεφόρου περιφερειακής ανάπτυξης	Η δημιουργία αγοράς για παραγωγή βιοκαυσίμων, θερμότητας και ηλεκτρισμού στην περιφέρεια, θα συμβάλει στην παραμονή του πληθυσμού στις αγροτικές περιοχές, με τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και την εξασφάλιση πρόσθετων εισοδημάτων στην τοπική κοινωνία.
Μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο	Η χρήση καλλιεργειών για ενεργειακούς σκοπούς οδηγεί στην ανάπτυξη στρατηγικών εθνικών προϊόντων και ελαττώνει την εξάρτηση από τις εισαγωγές πετρελαίου.

Πίνακας 5: Κοινωνικό-οικονομικά οφέλη για την ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών (Πηγή: ΚΑΠΕ 2006, 10).

### 3.5. Μειονεκτήματα των ενεργειακών καλλιεργειών<sup>24</sup>.

Η ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών ελλοχεύει ορισμένους σοβαρούς κινδύνους, που προκύπτουν από όλη την παραγωγική διαδικασία της εγκατάστασης και της διαχείρισής τους. Αυτοί θα

<sup>24</sup> Χαλμιούρδας 2008, 103-116.

εξεταστούν διεξοδικότερα στο υποκεφάλαιο 4.4.2, ενώ στο παρόν κεφάλαιο αναφέρονται συνοπτικά:

- κατανάλωση ορυκτών καυσίμων και κατά συνέπεια εκπομπή CO<sub>2</sub> και NO<sub>x</sub> κατά την διάρκεια των καλλιεργητικών φροντίδων, της συγκομιδής και τη μεταφοράς
- επικράτηση μονοκαλλιέργειας
- υποβάθμιση των χρήσεων γης
- επιπτώσεις στην παροχή νερού και στην ποιότητα του εδάφους
- επιβάρυνση στη βιοποικιλότητα
- αύξηση οξύτητας του εδάφους και των νερών, και πρόκληση συνθηκών ευτροφισμού
- ενδεχόμενοι κίνδυνοι από την προώθηση των μεταλλαγμένων ενεργειακών φυτών
- περιορισμός των εκτάσεων παραγωγής τροφίμων στις αναπτυσσόμενες χώρες λόγω της αυξανόμενης ζήτησης βιοκαυσίμων
- αύξηση των τιμών των αγροτικών και των εδάδιμων καταναλωτικών προϊόντων
- εκτεταμένη αποψίλωση τροπικών δασών και καταστροφή οικοσυστημάτων (Αμαζόνιος, Ινδοκίνα)
- υψηλό κόστος καλλιέργειας

### **3.6. Εγκατάσταση και διαχείριση βιομάζας από ενεργειακές καλλιέργειες<sup>25</sup>.**

Τα νέα είδη ενεργειακών καλλιεργειών που παρουσιάζονται σε αυτή την εργασία βρίσκονται ακόμη σε πειραματικό και επιδεικτικό στάδιο στην Ελλάδα. Δεν υπάρχει μέχρι σήμερα αντίστοιχη καλλιέργεια σε εμπορική κλίμακα στη χώρα. Ωστόσο κρίνεται σκόπιμο να παρουσιαστούν στοιχεία που θα ληφθούν υπόψη στον σχεδιασμό, την εγκατάσταση και τη διαχείριση παρόμοιων καλλιεργειών στο μέλλον, έτσι ώστε να γνωρίζουν οι ενδιαφερόμενοι τις κυριότερες παραμέτρους που επηρεάζουν ένα ανάλογο σύστημα.

#### **3.6.1. Αξιολόγηση της περιοχής εγκατάστασης.**

Από τη στιγμή που ο επενδυτής θα αποφασίσει για το είδος του φυτού που θα ήθελε να καλλιεργήσει, θα πρέπει να πραγματοποιηθεί συστηματική αξιολόγηση της περιοχής. Η αξιολόγηση θα πρέπει να διερευνά:

- Προσφορά και ζήτηση: Ο παραγωγός ή ο επενδυτής θα πρέπει να βεβαιωθεί ότι η υφίσταται επιχειρηματικό ενδιαφέρον για βιομάζα από ενεργειακές καλλιέργειες που θα επιλέξει.

---

<sup>25</sup> ΚΑΠΕ 2006, 34-41.

- Καθορισμός περιοχής: η περιοχή εγκατάστασης της ενεργειακής καλλιέργειας θα πρέπει να βρίσκεται κοντά στη μονάδα αξιοποίησης της βιομάζας. Ο επενδυτής θα πρέπει να επιβεβαιώσει ότι η μεταφορά της βιομάζας στην μονάδα, π.χ. σε μονάδα παραγωγής βιοκαυσίμου, θα είναι οικονομική.
- Επιδράσεις στο τοπίο: μια αλλαγή στα καλλιεργούμενα φυτά θα επηρεάσει την εικόνα του τοπίου. Για παράδειγμα πολλές ενεργειακές καλλιέργειες είναι υψηλότερες από τις αροτραίες καλλιέργειες και συνεπώς πιο ορατές. Ο παραγωγός θα πρέπει να εξετάσει κατά πόσον η εξέλιξη της ανάπτυξης των προτεινόμενων ενεργειακών καλλιεργειών θα επηρεάσει τον χαρακτήρα του οικείου τοπίου.
- Ισορροπία μεταξύ βροχόπτωσης και αποστράγγισης: η επίδραση της νέας καλλιέργειας στην διαθεσιμότητα του νερού πρέπει να συνεκτιμηθεί με βάση τους άλλους παραγωγούς και τις αντίστοιχες συμβατικές καλλιέργειες.
- Φυτικοί εχθροί και ασθένειες: το είδος και η φύση των τοπικών φυτικών εχθρών και ασθενειών θα επηρεάσουν την επιλογή του καλλιεργήσιμου φυτού.
- Κλίση εδάφους: συνίσταται να αποφεύγονται περιοχές δύσβατες με έντονες κλίσεις όπου η εγκατάσταση και η συγκομιδή θα είναι δύσκολες.

### **3.6.2. Σχεδιασμός καλλιέργειας.**

Ο σχεδιασμός της καλλιέργειας εξαρτάται από το καλλιεργούμενο είδος. Μια καλοσχεδιασμένη παραγωγή είναι συνισταμένη πολλών παραγόντων. Η τοπογραφία μιας περιοχής διαμορφώνεται από τις προτιμήσεις των ανθρώπων που ζουν και εργάζονται εκεί, ως εκ τούτου κάθε περιφέρεια έχει τον δικό της χαρακτήρα. Συνεπώς, οι νέες φυτείες θα πρέπει να εναρμονίζονται με την οικεία γεωργική κουλτούρα και το αντίστοιχο περιβάλλον. Μια ακόμη σημαντική παράμετρος είναι η ευχέρεια συγκομιδής. Η χωροθέτηση του φυτού, η απόσταση μεταξύ των γραμμών και η προσβασιμότητα του αγρού είναι κρίσιμοι παράγοντες. Υπάρχουν διαθέσιμες πληροφορίες για την καλύτερη πρακτική συγκομιδής για κάθε φυτό. Με δεδομένο ότι πολλά από τα φυτά είναι καινούρια για την ελληνική γεωργία, οι πληροφορίες αυτές πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψιν. Τέλος, ο παραγωγός δεν θα πρέπει μέσω νομικής ή άλλης οδού να παρακωλύει την δημόσια πρόσβαση στον αγρό. Αντιθέτως, στα πλαίσια της διάδοσης μιας εναλλακτικής περιβαλλοντικής κουλτούρας, μια ανάλογη προσπάθεια ανάπτυξης καινοτόμων δράσεων θα πρέπει να ευνοεί την πρόσβαση σε μια περιοχή με εισόδους, σήματα και πινακίδες πληροφοριών.

### 3.6.3. Προετοιμασία εδάφους.

Για την επιτυχία μιας νέας καλλιέργειας ο παραγωγός θα πρέπει να προετοιμάσει την γη προσεκτικά. Όλα τα φυτά χρειάζονται ζιζανιοκτόνα στην φάση της εγκατάστασης. Οι πολυετείς καλλιέργειες μετά τον πρώτο χρόνο εγκατάστασής τους μπορούν να επιβιώσουν χωρίς την χρήση ζιζανιοκτόνων, συγκριτικά με την καλλιέργεια ετήσιων φυτών, που απαιτούν μεγαλύτερη χρήση τους.

### 3.6.4. Εγκατάσταση.

Όπως σε όλες τις συμβατικές καλλιέργειες, η επιλογή της περιοχής εγκατάστασης γίνεται μόνο όταν υπάρχει διαθέσιμη αγορά και έχει επιβεβαιωθεί η οικονομική βιωσιμότητα των καλλιεργειών. Επίσης πρέπει να υπογραμμιστεί ότι η εισαγωγή ενεργειακών καλλιεργειών σε μια συγκεκριμένη περιοχή, θα καταλάβει ένα μικρό ποσοστό των διαθέσιμων γαιών. Για παράδειγμα, η απαιτούμενη έκταση για την λειτουργία μιας μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με δεδομένη παραγωγή ξηρής ουσίας από 2 έως 3 τόνους/στρέμμα, δίνεται στον παρακάτω πίνακα:

		Ακτίνα 20 χλμ. (1.200.000 στρ.)	Ακτίνα 30 χλμ. (2.700.000 στρ.)	Ακτίνα 40 χλμ. (4.800.000 στρ.)
Μονάδα 10 MW <sup>26</sup>				
Απόδοση	2 τον/στρ	2,5%	1,11%	0,63%
	3 τον/στρ	1,67%	0,74%	0,42%
Μονάδα 20 MW				
Απόδοση	2 τον/στρ	5%	2,2%	1,25%
	3 τον/στρ	3,3%	1,48%	0,83%
Μονάδα 30 MW				
Απόδοση	2 τον/στρ	7,5%	3,33%	1,88%
	3 τον/στρ	5%	2,2%	1,25%

Πίνακας 6: Εκτίμηση του ποσοστού της απαιτούμενης έκτασης για τη λειτουργία μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας 10, 20 και 30 MW, για διάφορες ακτίνες μεταφοράς του συγκομιζόμενου υλικού και διάφορες αποδόσεις σε ξηρή ουσία (Πηγή: ΚΑΠΕ 2006, 37).

### 3.6.5. Συγκομιδή.

Η συγκομιδή των ενεργειακών καλλιεργειών διαφέρει αρκετά από εκείνη των συμβατικών. Μερικές από τις σημαντικότερες διαφορές είναι οι ακόλουθες:

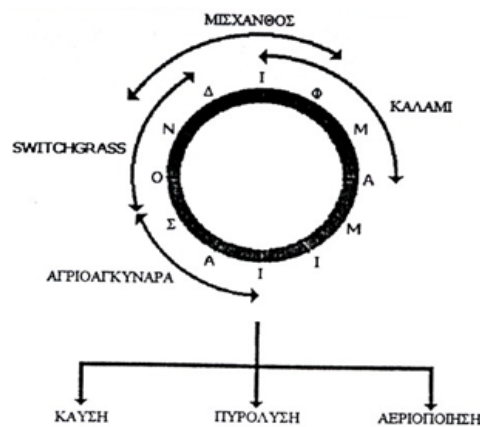
<sup>26</sup> Για την παραγωγή 1 MW απαιτούνται περίπου 6.000 τόνοι ξηρής βιομάζας



- Ο χρόνος συγκομιδής των πολυετών φυτών
- Οι μέθοδοι συγκομιδής
- Ο απαιτούμενος εξοπλισμός

Η σταθερή παροχή πρώτης ύλης κατά την διάρκεια όλου του χρόνου λειτουργίας της μονάδας παραγωγής βιοενέργειας και / ή βιοκαυσίμων θεωρείται κρίσιμος παράγοντας για την βιωσιμότητά τους. Η επιλογή του σωστού συνδυασμού των ενεργειακών καλλιεργειών μπορεί να βοηθήσει σε αυτό με ανάλογη κλιμάκωση του χρόνου συγκομιδής και ταυτόχρονη μείωση των αναγκών σε αποθηκευτικό χώρο. Μεταξύ των προαναφερόμενων πολυετών ενεργειακών φυτών μόνο η αγριαγκινάρα συγκομίζεται το καλοκαίρι. Το καλάμι, ο μίσχανθος και η ψευδακακία συλλέγονται τον χειμώνα από το Νοέμβριο ως τον Μάρτιο. Η χειμερινή συγκομιδή των ενεργειακών καλλιεργειών δίνει την δυνατότητα χρησιμοποίησης εργατικού προσωπικού και μηχανημάτων σε μια περίοδο που οι γεωργικές εργασίες είναι περιορισμένες.

Η συγκομιδή της αγριαγκινάρας γίνεται το καλοκαίρι (Ιούλιο έως Σεπτέμβριο), όταν ξηραθεί πλήρως και πάντοτε πριν τη διασπορά των σπόρων. Καθώς η υγρασία της φυτείας είναι πολύ χαμηλή αυτή την εποχή του έτους, είναι φρόνιμο η συγκομιδή να γίνεται το νωρίτερο δυνατό ώστε να αποφεύγεται ο κίνδυνος πυρκαγιάς. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται ενδεικτικό χρονοδιάγραμμα συγκομιδής πολυετών καλλιεργειών.



Σχήμα 4: Ενδεικτικό χρονοδιάγραμμα συγκομιδής πολυετών καλλιεργειών για παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας και / ή πυρολυτικού ελαίου (Πηγή: ΚΑΠΕ 2006, 39).

### 3.6.6. Αποθήκευση.

Η αποθήκευση της βιομάζας των ενεργειακών καλλιεργειών είναι απαραίτητη για την εξασφάλιση υλικού σε όλη την διάρκεια του χρόνου, καθώς ο χρόνος συγκομιδής δεν ταυτίζεται με τον χρόνο χρήσης του προϊόντος. Η αποθήκευση του υλικού μπορεί να γίνει είτε στην ίδια την φυτεία, ή σε κάποιο άλλο σημείο του αγροκτήματος είτε σε κάποιο ενδιάμεσο σημείο ή και στη μονάδα παραγωγής ενέργειας. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης, οι ο-

ποιές σχετίζονται με την ποσότητα του υλικού, τον τύπο αποθήκευσης (εσωτερικά ή εξωτερικά) και την πρόσβαση των οχημάτων.

Η βιομάζα μπορεί να αποθηκευτεί σε μορφή ψιλοτεμαχισμένου υλικού (διαφόρων διαστάσεων) μπάλας, δεματιού ή συσσωματώματος (pellets). Τα δεμάτια συνήθως αποθηκεύονται σε απλές εσωτερικές εγκαταστάσεις, οι οποίες είτε σκεπάζονται με κάποιο πλαστικό υλικό είτε όχι. Γενικά συνίσταται η κάλυψη με αδιάβροχο πλαστικό υλικό, για να αποφευχθούν αυξομειώσεις της υγρασίας. Το ψιλοτεμαχισμένο και συμπιεσμένο υλικό καθώς και οι μπάλες αποθηκεύονται αποτελεσματικότερα σε στεγασμένες εγκαταστάσεις, πλην όμως μπορούν να αποθηκεύονται και στο ύπαιθρο. Σπάνια αποθηκεύονται σε ειδικές εγκαταστάσεις, όπως είναι τα σιλό διαφόρων τύπων.

Οι συνθήκες αποθήκευσης και ειδικά η υγρασία του υλικού καθορίζουν την ποιότητά του. Αν η θρυμματισμένη βιομάζα είναι ιδιαίτερα υγρή, υπάρχει κίνδυνος η θερμοκρασία της να ανέβει ταχύτατα (λόγω έντονης ανάπτυξης μικροβιακής δραστηριότητας) και να αποσυντεθεί. Αυτό οδηγεί σε απώλεια ξηρής ουσίας, απώλεια ενεργειακού περιεχομένου, κίνδυνο για την δημόσια υγεία με τη διασπορά σπορίων διάφορων μικροοργανισμών και σε κίνδυνο πυρκαγιάς.

Για τους παραπάνω λόγους, γίνονται προσπάθειες είτε να μειωθεί ο χρόνος αποθήκευσης είτε να βελτιωθούν οι συνθήκες αποθήκευσης, ώστε να περιοριστούν τα προβλήματα που προαναφέραμε.

### **3.6.7. Μεταφορά.**

Το μέγεθος της μονάδας παραγωγής βιοκαυσίμων και / ή βιοενέργειας και η απόσταση από τον τόπο παραγωγής της βιομάζας καθορίζουν τον αριθμό των φορτηγών που απαιτούνται κάθε μέρα. Μια μέση ακτίνα 20-40 χιλιομέτρων θεωρείται ικανοποιητική, ώστε να περιοριστεί το κόστος μεταφοράς και τα κυκλοφοριακά προβλήματα. Μονάδες μικρού μεγέθους που βρίσκονται κοντά στις φυτείες μπορούν να εξυπηρετηθούν με απλούς ελκυστήρες και πλατφόρμες. Ωστόσο, σε μεγαλύτερες μονάδες θα πρέπει να γίνει εποχιακή χρήση φορτηγών, ώστε να εξασφαλιστεί η συνεχής τροφοδοσία της μονάδας.

Σημαντική είναι επίσης η μορφή με την οποία θα μεταφερθεί η βιομάζα. Κρίνεται σκόπιμο η βιομάζα να μεταφέρεται σε εξευγενισμένη μορφή (δέματα, pellets, κ.ά.), έτσι ώστε να διευκολύνονται οι συνθήκες μεταφοράς. Παρόλα αυτά η τελική επιλογή θα εξαρτηθεί από το πού είναι ευκολότερο να πραγματοποιηθεί ο εξευγενισμός της βιομάζας: στο πεδίο συγκομιδής / συλλογής ή κοντά στη μονάδα ενεργειακής επεξεργασίας.

## Κεφάλαιο 4. Βιοκαύσιμα<sup>27</sup>

### 4.1. Τι είναι τα βιοκαύσιμα<sup>28</sup>.

Βιοκαύσιμα είναι τα υγρά ή αέρια καύσιμα κίνησης τα οποία παράγονται από βιομάζα, όπως ορίζει η Οδηγία 2009/28/ΕΚ. Ειδικότερα, όπως ορίζει ο Νόμος 3468/2006, βιοκαύσιμα θεωρούνται και τα ακόλουθα καύσιμα:

- βιοντίζελ (πετρέλαιο βιολογικής προέλευσης): είναι οι μεθυλεστέρες λιπαρών οξέων (ΜΛΟ - FAME) που παράγονται από φυτικά ή ζωικά έλαια και λίπη και είναι ποιότητας πετρελαίου ντίζελ, για χρήση ως βιοκαύσιμο.
- βιοαιθανόλη: είναι η αιθανόλη που παράγεται από βιομάζα ή από βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα αποβλήτων για χρήση ως βιοκαύσιμο.
- βιοαέριο: είναι το καύσιμο αέριο που παράγεται από βιομάζα ή το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων, το οποίο μπορεί να καθαριστεί και να αναβαθμιστεί σε ποιότητα φυσικού αερίου για χρήση ως βιοκαύσιμο, ή το ξυλαέριο.
- βιομεθανόλη: είναι η μεθανόλη που παράγεται από βιομάζα για χρήση ως βιοκαύσιμο.
- βιο-ETBE: είναι ο αιθυλο-τριτοταγής-βουτυλαιθέρας (ETBE) που παράγεται από βιοαιθανόλη για χρήση ως βιοκαύσιμο. Το κατ' όγκο ποσοστό Βιο-ETBE που υπολογίζεται ως βιοκαύσιμο είναι 47% επί του συνόλου του.
- βιο-MTBE: είναι ο μεθυλο-τριτοταγής-βουτυλαιθέρας (MTBE) που παράγεται από μεθανόλη, για χρήση ως βιοκαύσιμο. Το κατ' όγκο ποσοστό Βιο-MTBE που υπολογίζεται ως βιοκαύσιμο είναι 36% επί του συνόλου του.
- «συνθετικά βιοκαύσιμα»: είναι συνθετικοί υδρογονάνθρακες ή μείγματα συνθετικών υδρογονανθρακών που έχουν παραχθεί από βιομάζα.
- «βιοϋδρογόνο»: υδρογόνο το οποίο παράγεται από βιομάζα ή/και από το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα αποβλήτων για χρήση ως βιοκαύσιμο.
- «καθαρά φυτικά έλαια»: έλαια από ελαιούχα φυτά, παραγόμενα με συμπίεση, έκθλιψη ή ανάλογες μεθόδους, φυσικά ή εξευγενισμένα αλλά μη χημικώς τροποποιημένα, όταν είναι συμβατά με τον τύπο του οικείου κινητήρα και τις αντίστοιχες προϋποθέσεις όσον αφορά τις εκπομπές.

Όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα τα βιοκαύσιμα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με την πρώτη ύλη παραγωγής.

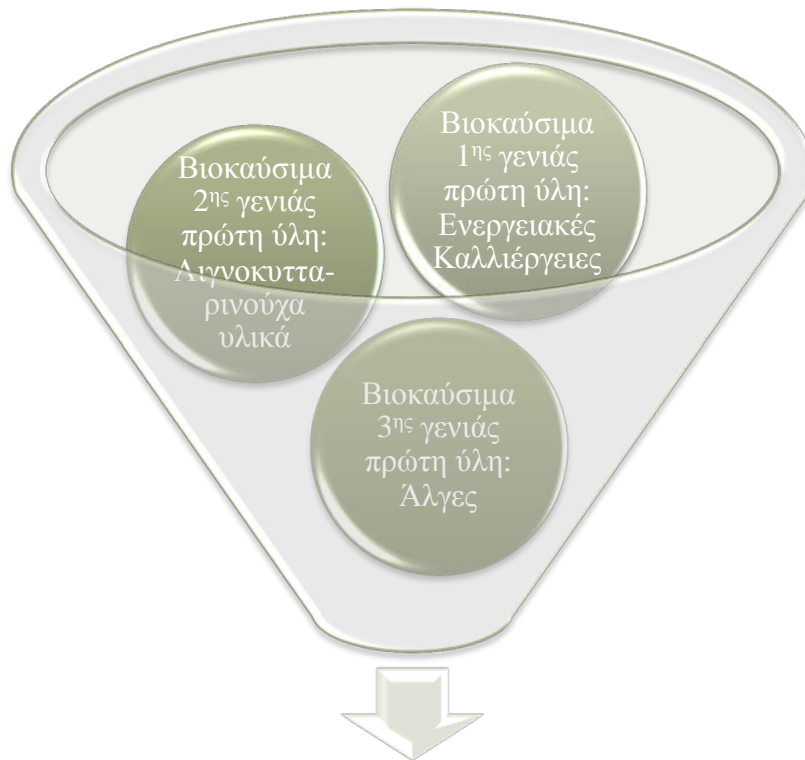
- βιοκαύσιμα 1<sup>ης</sup> γενιάς, πρώτη ύλη: Ενεργειακές Καλλιέργειες
- βιοκαύσιμα 2<sup>ης</sup> γενιάς πρώτη ύλη: Λιγνοκυτταρινούχα υλικά

<sup>27</sup> McGraw-Hill 2003, Brown et al. 2007, ch.25.3.

<sup>28</sup> ΥΠΕΚΑ (<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=292&language=el-GR>), Rutz - Janssen 2008, 38-39, Maczulak 2010, 51-58.

- βιοκαύσιμα 3<sup>ης</sup> γενιάς πρώτη ύλη: Άλγες

Στη παρούσα πτυχιακή θα ασχοληθούμε με τα βιοκαύσιμα 1<sup>ης</sup> γενιάς, δηλαδή το βιοντίζελ και την βιοαιθανόλη.



Σχήμα 5. Διάκριση βιοκαυσίμων ανάλογα με την πρώτη ύλη παραγωγής.

## 4.2. Βιοντίζελ<sup>29</sup>.

### 4.2.1. Ορισμός<sup>30</sup>.

- Βιοντίζελ: είναι ένα καύσιμο που αποτελείται από αλκυλεστέρες λιπαρών οξέων που προέρχονται από φυσικά έλαια ή ζωικά λίπη, συμβολίζεται με B100 και πληροί τις προδιαγραφές κατά ASTM D 6751.
- Μίγμα βιοντίζελ: είναι ένα μίγμα από βιοντίζελ και ορυκτού ντίζελ που πληροί τις προδιαγραφές κατά ASTM D 6751. Συμβολίζεται με BXX, όπου XX αναπαριστά τον ποσοστιαίο όγκο του βιοντίζελ στο μίγμα. Για παράδειγμα τα B2, B5, B20, B100 είναι καύσιμα με συγκεντρώσεις 2%, 5%, 20%, και 100% βιοντίζελ αντίστοιχα.

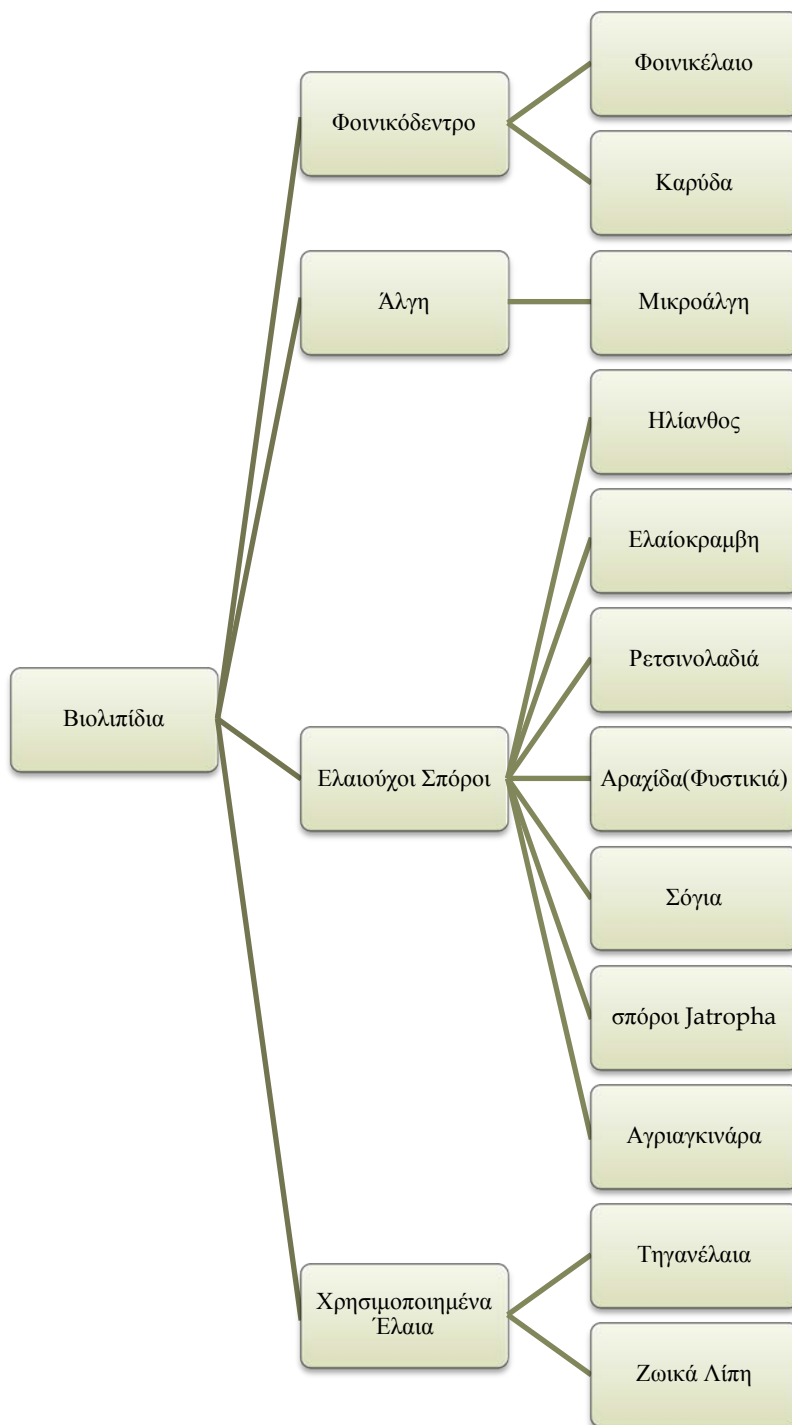
### 4.2.2. Πρώτες ύλες<sup>31</sup>.

Ως κύρια πηγή πρώτης ύλης για τη παραγωγή του βιοντίζελ είναι τα έλαια-λίπη και συγκεκριμένα τα καθαρά φυτικά έλαια, τα χρησιμοποιημένα φυτικά έλαια και τα ζωικά λίπη. Τα καθαρά φυτικά έλαια θεωρούνται η πιο σημαντική πηγή, με το κραιβέλαιο να έχει το πλεονέκτημα, διότι, η κοινοτική προδιαγραφή παραγωγής βιοντίζελ είναι προσαρμοσμένη σε αυτό, καθώς η ελαιοκράμβη μελετάται και καλλιεργείται ευρέως στην επικράτεια της Ε.Ε.. Άλλα φυτά που προσφέρουν σημαντικές ποσότητες σε λάδι είναι ο ηλίανθος, το βαμβάκι, ο καπνός, η αγριαγκινάρα, η σόγια, ο φοίνικας και θεωρητικά οποιοδήποτε άλλο ελαιοδοτικό φυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη. Όμως είναι προφανές, δεδομένης της υψηλής θερμιδικής αξίας των ελαίων και συνεπώς της υψηλής διατροφικής και οικονομικής τους αξίας, ότι πολλά εδάδιμα φυτικά έλαια, όπως είναι το ελαιόλαδο, δεν ενδείκνυται να χρησιμοποιούνται για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων.

<sup>29</sup> Rapiet 2008, 153-172, Knothe 2005, ch.1.

<sup>30</sup> Ζέρβας 2006, 89-90, Ortiz et al. 2011, 395-397, Ραμνιώτης 2008, 43

<sup>31</sup> Rutz - Janssen 2008, 74-84, Drapcho 2008, 80-88, Ραμνιώτης 2008, 44.



Σχήμα 6. Βασικές κατηγορίες και παραδείγματα πρώτων υλών για την παραγωγή βιοντίζελ (Πηγή: Rutz - Janssen 2008, 75).

ΑΠΟΔΟΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ								
ΕΙΔΟΣ Α' ΥΛΗΣ	(κιλά σπόρου/ /στρέμμα)		(κιλά καυσίμου/ /στρέμμα)		(λίτρα καυσίμου/ /στρέμμα)		(κιλά καυσίμου/ /κιλό σπόρου)	(λίτρα καυσίμου/ /κιλό σπόρου)
	min	max	min	max	min	max		
Ηλίανθος	180	350	60	116	70	135	0,33	0,39
Ελαιοκράμβη	180	350	60	116	70	135	0,33	0,39
Βαμβάκι	120	160	17	23	20	27	0,14	0,17
Σόγια	160	240	27	41	32	48	0,17	0,20

Πίνακας 7. Απόδοση ενεργειακών καλλιεργειών για παραγωγή βιοντίζελ [Σημείωση: οι ελάχιστες (min) και οι μέγιστες (max) των στρεμματικών αποδόσεων του πινάκα αφορούν ακραίες περιπτώσεις άγονων μη ποτιστικών & εύφορων ποτιστικών αγροτεμαχίων. Ποσότητα 1000 lt βιοντίζελ ζυγίζει 860 κιλά. (Το ειδικό βάρος του βιοντίζελ λαμβάνεται : 0.86 kg/lt)]

(Πηγή: <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=R3sICEku81U%3d&tabid=292>).

#### 4.2.3. Μέθοδοι εξαγωγής ελαίου από τους σπόρους<sup>32</sup>.

Η εξαγωγή ενός φυτικού ελαίου είναι μια σχετικά απλή διαδικασία σε μικρή κλίμακα, δεν απαιτεί μεγάλη ποσότητα ενέργειας και νερού, απαιτεί ωστόσο μια κατάλληλη προετοιμασία. Η διεργασία εξαγωγής ποικίλει ανάλογα με τον σπόρο καθώς και το επίπεδο της παραγωγής που επιθυμείται. Πιο συγκεκριμένα, για σπόρους με χαμηλή περιεκτικότητα σε λάδι χρησιμοποιείται η χημική εξαγωγή, ενώ για τους σπόρους με υψηλή περιεκτικότητα σε λάδι η χημική εξαγωγή μπορεί να επακολουθήσει της μηχανικής (θερμή ή ψυχρή πίεση) για αύξηση της απόδοσης. Για σχέδια εμπορικής χρήσης χρησιμοποιείται κυρίως η εκχύλιση με διαλύτη (συνήθως εξάνιο). Σε επίπεδο μικρής αγροτικής επιχείρησης ή και έρευνας χρησιμοποιείται συνηθέστερα η μηχανική εξαγωγή. Η εξαγωγή με την χρήση διαλύτη έχει μεγαλύτερη απόδοση, καθώς μπορεί να αφαιρεθεί σχεδόν το 99% της περιεκτικότητας σε λάδι, ωστόσο, έχει μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας από την χρήση πρέσας.

➤ **Μηχανική εξαγωγή:** η διαδικασία της εξαγωγής του ελαίου περιλαμβάνει τα παρακάτω βασικά βήματα:

1. **καθαρισμός:** με στόχο την επιθυμητή καλή ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος και την αποφυγή της φθοράς του μηχανισμού του πιεστηρίου, απομακρύνονται τα ξένα στοιχεία (πέτρες, άμμος, μέταλλα).

2. **ξηρανση:** το ποσοστό υγρασίας του κάθε σπόρου πρέπει να μειώνεται σε συγκεκριμένο εύρος (7% για την ελαιοκράμβη, 8.5% για τον ηλίανθο, 13% για τη σόγια). Το τελικό ποσοστό υγρασίας αποτελεί σημαντική προϋπόθεση για την αποθήκευση του σπόρου για πολλούς μήνες και ιδιαίτερα για την ιδανική του συμπίεση.

<sup>32</sup> Rutz - Janssen 2008, 85-87, Drapcho 2008, 219-223, Ραμινιώτης 2008, 25-28.

3. ξεφλούδισμα: η διεργασία αυτή χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση της φλούδας, η οποία δεν περιέχει λάδι και έχει γενικά χαμηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη.
  4. ρύθμιση υγρασίας: η υγρασία ρυθμίζεται, για να επιταχυνθεί η διαδικασία εξαγωγής του ελαίου, να βελτιωθεί η αποστράγγιση της πρωτεϊνούχου μάζας και να διευκολυνθεί η διαδικασία ψιλοτεμαχισμού.
  5. ψιλοτεμαχισμός: με την διαδικασία αυτή επιτυγχάνεται η μείωση του μεγέθους των σπόρων, όποτε βέβαια χρειάζεται αυτό.
  6. συμπίεση: Η μηχανική πρέσα συμπιέζει τον σπόρο και το λάδι παράγεται σε ένα δοχείο, ενώ η πίτα (υπολείμματα) σε ένα άλλο.
- Χημική εξαγωγή: στην μέθοδο αυτή απαιτείται η ίδια προεργασία που περιγράφηκε προηγουμένως για την μηχανική εξαγωγή. Απαιτείται ακόμα ένα πτητικό υγρό, στο οποίο το ανά περιστασια λάδι πρέπει να είναι πλήρως διαλυτό. Η εκχύλιση γίνεται σε στήλες όπου το λάδι αποσπάται από τον αλεσμένο σπόρο ή τον καρπό μέσω του διαλύτη. Στην συνέχεια ο διαλύτης αποστάζεται και ανακτάται, ενώ το λάδι συλλέγεται προς χρήση. Ο πιο συνήθης διαλύτης είναι το εξάνιο, ενώ άλλοι διαλύτες είναι τα: τριγλωροαιθάνιο, δισουλφίδιο άνθρακα, διαλύτης βενζίνης. Αρνητικό σημείο της διαδικασίας αυτής είναι ότι αναπόφευκτα παραμένει στο λάδι ποσότητα διαλύτη. Για τον λόγο αυτό το λάδι αυτό θεωρείται κατώτερης ποιότητας από αυτό που προκύπτει από πίεση σε πρέσες. Αξίζει να αναφερθεί για το ελαιόλαδο πως η πούλπα που προκύπτει από το άλεσμα ολόκληρου του καρπού μπορεί να περιέχει ανάλογα με το στάδιο ωρίμανσης του καρπού 50-60% νερό, 15-30% λιπαρές ουσίες, 2-5% αζωτούχες ουσίες, 2-4% σάκχαρα, 3-6% κυτταρίνη και 1-2% τέφρα.

#### 4.2.4. Παραγωγική διαδικασία<sup>33</sup>.

Η μέθοδος παραγωγής βιοντίζελ που εφαρμόζεται παγκόσμια σε βιομηχανικό επίπεδο συνίσταται στην αντίδραση (μετεστεροποίηση) των τριγλυκεριδίων με κάποια αλκοόλη μικρού μοριακού βάρους. Τα τριγλυκερίδια είναι τριεστέρες της γλυκερόλης, δηλ. της 1,2,3-προπανοτριόλης, με λιπαρά οξέα (μονοκαρβοξυλικά οξέα μεγάλης ανθρακικής αλυσίδας) και αποτελούν το κύριο συστατικό (σε ποσοστό μέχρι και 98% κ.β.) των φυτικών ελαίων και ζωικών λιπών. Στον Πίνακα 8 δίνεται η σύσταση των τριγλυκεριδίων ορισμένων γνωστών φυτικών ελαίων και ζωικών λιπών:

---

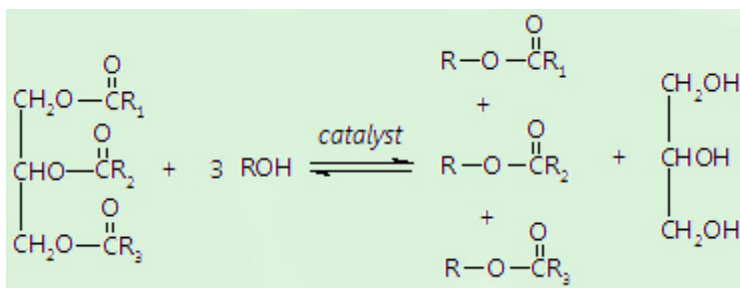
<sup>33</sup> Rutz - Janssen 2008, 89-92, Drapcho et al. 2008, 239-250, [www.biofuels.gr](http://www.biofuels.gr), Knothe et al. 2005, ch.4, Bacovsky et al. 2007, 12-16, Ραμνιώτης 2008, 33-35, [www.journeytoforever.org/biodiesel.html](http://www.journeytoforever.org/biodiesel.html)



Έλαια και Λίπη	14:0	16:0	18:0	18:1	18:2	18:3	20:0	22:1
Σογιέλαιο	-	6-10	2-5	20-30	50-60	5-11	-	-
Καλαμποκέλαιο	1-2	8-12	2-5	19-49	34-62	ίχνη	-	-
Φυστικέλαιο	-	8-9	2-3	50-65	20-30	-	-	-
Ελαιόλαδο	-	9-10	2-3	73-84	10-12	ίχνη	-	-
Βαμβακέλαιο	0-2	20-25	1-2	23-35	40-50	ίχνη	-	-
Ηλιέλαιο (1)	-	5.9	1.5	8.8	83.8	-	-	-
Ηλιέλαιο (2)	-	4.8	1.4	74.1	19.7	-	-	-
Κραμβέλαιο(2)	-	4.3	1.3	59.9	21.1	13.2	-	-
Κραμβέλαιο(3)	-	3.0	0.8	13.1	14.1	9.7	7.4	50.7
Βούτυρο	7-10	24-26	10-13	28-31	1-2.5	2-5	-	-
Λαρδί	1-2	28-30	12-18	40-50	7-13	0-1	-	-
Ζωικό Λίπος	3-6	24-32	20-25	37-43	2-3	-	-	-
Λινέλαιο	-	4-7	2-4	25-40	35-40	25-60	-	-
Κίτρινο Λίπος	2.43	23.24	12.96	44.32	6.97	0.67	-	-

Πίνακας 8. Τυπική σύσταση διαφόρων ελαίων και λιπών. (Πηγή: [www.biofuel.gr](http://www.biofuel.gr))

Ως αλκοόλη χρησιμοποιείται συνήθως η μεθανόλη λόγω του χαμηλού κόστους και των φυσικών και χημικών πλεονεκτημάτων της. Ειδικοί καταλύτες (βάσεις, οξέα και ένζυμα) βοηθούν την αντίδραση, η οποία πραγματοποιείται σε χαμηλές ή υψηλές θερμοκρασίες. Κατά την διάρκεια της αντίδρασης μετεστεροποίησης τα λιπαρά τμήματα του τριγλυκεριδίου αντικαθίστανται από το υδροξύλιο της αλκοόλης, οπότε παράγονται αλκυλεστέρες λιπαρών οξέων και ως ενδιάμεσα διγλυκερίδια και μονογλυκερίδια, τα οποία με την σειρά τους δίνουν νέους αλκυλεστέρες. Στο τέλος της αντίδρασης έχουν παραχθεί οι αλκυλεστέρες των λιπαρών οξέων (μεθυλεστέρες, εφόσον ως αλκοόλη έχει χρησιμοποιηθεί η μεθανόλη), οι οποίοι αποτελούν το βιοντίζελ, και γλυκερίνη ως παραπροϊόν. Ακολουθεί κατάλληλος διαχωρισμός των προϊόντων και καθαρισμός του παραγόμενου βιοντίζελ. Στην Εικόνα 15 φαίνεται συνοπτικά η αντίδραση μετεστεροποίησης τριγλυκεριδίου με αλκοόλη.

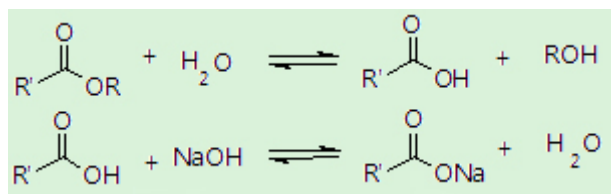


Εικόνα 15: Αντίδραση Μετεστεροποίησης Τριγλυκεριδίου, όπου:  $\text{C}_v\text{H}_{2v+1} = \text{R}$   
(Πηγή: [www.biofuel.gr](http://www.biofuel.gr))

- Κατάλυση μετεστεροποίησης: το είδος του καταλύτη που χρησιμοποιείται στην αντίδραση μετεστεροποίησης είναι σημαντικός παράγοντας σε συνδυασμό την ποιότητα των πρώτων υλών. Οι συνθήκες της αντίδρασης (θερμοκρασία, πίεση και αναλογίες των ποσοτήτων των αντιδραστηρίων) καθώς και τα στάδια διαχωρισμού των προϊόντων επίσης καθορίζονται από την ποιότητα των πρώτων υλών σε συνδυασμό με το είδος του καταλύτη. Οι διεργασίες στις οποίες βασίζεται η έως τώρα ανάπτυξη των μονάδων παραγωγής βιοντίζελ πρώτης γενιάς σε ολόκληρο τον κόσμο χρησιμοποιούν ως καταλύτες κυρίως ισχυρές βάσεις (NaOH ή KOH, CH<sub>3</sub>ONa κ.ά.), οι οποίες διαλύονται στη μεθανόλη, σπανίως δε ισχυρά οξέα (πυκνό H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

- Μηχανισμοί της βασικής και της όξινης ομογενούς κατάλυσης: στην περίπτωση των υδροξειδίων η αντίδραση γίνεται κοντά στο σημείο ζέσης της μεθανόλης σε θερμοκρασίες 60° έως 64°C, οπότε η πίεση στον χώρο της αντίδρασης δεν υπερβαίνει το 1 bar , ο χρόνος που απαιτείται είναι περίπου μία (1) ώρα, ενώ η μοριακή αναλογία μεθανόλης / λαδιού που προτείνεται είναι ίση με 6/1. Ένα αδύνατο σημείο της διεργασίας αυτής είναι η παρουσία των καταλυτών στο μίγμα. Η έκπλυση κατά την διάρκεια των δύο φάσεων αυξάνει το κόστος παραγωγής και δημιουργεί απόβλητα. Ακόμα, το παραπροϊόν της γλυκερίνης αποκτά σκούρο καστανό χρώμα και απαιτείται περαιτέρω επεξεργασία για την παραγωγή διαυγούς γλυκερίνης υψηλής αξίας.

Ένα επιπλέον πρόβλημα σχετικό με την χρήση των υδροξειδίων αποτελεί η αντίδραση του καταλύτη με τα ελεύθερα οργανικά (λιπαρά) οξέα (FFAs) τα οποία περιέχονται κυρίως σε έλαια χαμηλής ποιότητας (όπως είναι τα απόβλητα έλαια βιομηχανιών ραφινάρισματος λαδιών και τα τηγανέλαια) ή δημιουργούνται από την υδρόλυση των τριγλυκεριδίων λόγω του νερού που περιέχεται στα έλαια αυτά, με αποτέλεσμα να παράγονται σάπωνες. Η παραγωγή σαπώνων προκαλεί τον σχηματισμό τζελ, αύξηση του ιξώδους του προϊόντος και σημαντική αύξηση του κόστους διαχωρισμού και καθαρισμού.



Εικόνα 16: Υδρόλυση εστέρων και σαπωνοποίησή τους (Πηγή: [www.biofuel.gr](http://www.biofuel.gr))

Έτσι απαιτείται προεπεξεργασία των ελαίων αυτών με σκοπό την απομάκρυνση της περιεχόμενης υγρασίας και την όξινη εστεροποίηση των ελεύθερων λιπαρών οξέων, πριν οδηγηθούν στη βασική μέθοδο παραγωγής βιοντίζελ.



Εικόνα 17: Μετεστεροποίηση ελεύθερων λιπαρών οξέων (Πηγή: [www.biofuel.gr](http://www.biofuel.gr))

Συνεπώς, η χρήση ισχυρών ομογενών βάσεων απαιτεί σχετικά καθαρή πρώτη ύλη, δηλ. λάδι με πάρα πολύ χαμηλή οξύτητα (περιεκτικότητα σε ελεύθερα λιπαρά οξέα μικρότερη από 0,5% κ.β.) και απαλλαγμένο από υγρασία, η οποία πρέπει συνολικά (δηλ. στο αντιδρών μίγμα) να βρίσκεται σε ποσοστό μικρότερο του 0,1-0,3% κ.β., όχι μόνο στο λάδι αλλά και στον καταλύτη και στην χρησιμοποιούμενη αλκοόλη, κάτι που αυξάνει σημαντικά το κόστος του παραγόμενου βιοντίζελ. Στην περίπτωση αυτή το κόστος οφείλεται κατά 70% περίπου στο κόστος της πρώτης ύλης (ραφιναρσιμένα ή στη χειρότερη περίπτωση εξουδετερωμένα έλαια). Στην περίπτωση των ισχυρών οξέων δεν εμφανίζεται το πρόβλημα της παραγωγής σαπώνων, η αντίδραση γίνεται στους 60° έως 64°C , αλλά απαιτεί περίπου 50 ώρες για να ολοκληρωθεί, ενώ χρειάζεται μοριακή αναλογία μεθανόλης / λαδιού ίση με 30/1.

Μέθοδος	Θερμοκρασία	FFAs*	Χρόνος αντίδρασης	Μοριακή αναλογία Μεθανόλης / ελαίου
Βασική	60 - 65 °C	>0.5%κ.β.	1 - 1.5h	6 / 1
Όξινη	60 - 65 °C	<0.5%κ.β.	40 - 50h	30 / 1

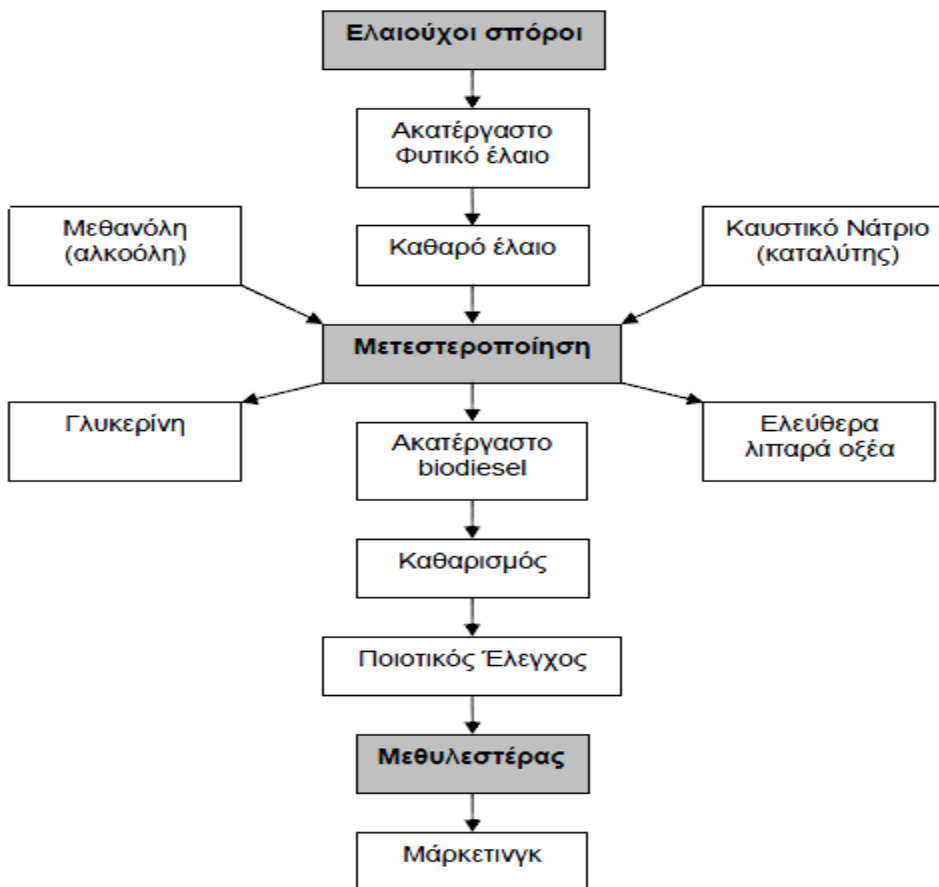
\*FFAs : Free Fatty Acids (Ελεύθερα Λιπαρά Οξέα)

Πίνακας 9. Χαρακτηριστικά όξινης και βασικής κατάλυσης της αντίδρασης της μετεστεροποίησης (Πηγή: [www.biofuel.gr](http://www.biofuel.gr))

Παρόλο, λοιπόν, που οι συμβατικές διεργασίες απαιτούν χαμηλές θερμοκρασίες για την αντίδραση, η συνεχής κατανάλωση του καταλύτη επιβαρύνει οικονομικά την διεργασία και επιτείνει την περιβαλλοντική ρύπανση. Ταυτόχρονα, η απαίτηση για συνεχή καθαρισμό του ρεύματος παραγωγής και οι χαμηλές αποδόσεις προϊόντων, όταν χρησιμοποιούνται όξινα έλαια, αποτελούν μειονεκτήματα. Έτσι, οδήγησαν την έρευνα στην ανεύρεση νέων, οικονομικά αποδοτικών και ευέλικτων διεργασιών παραγωγής βιοντίζελ, οι οποίες χρησιμοποιούν στερεούς ετερογενείς καταλύτες για την μετεστεροποίηση, δημιουργώντας μια νέα εποχή για την τεχνολογία παραγωγής βιοντίζελ. Συνοπτικά, η μετεστεροποίηση των φυτικών ελαίων για την παραγωγή βιοντίζελ λαμβάνει χώρα στα εξής στάδια:

- ανάμιξη της αλκοόλης και του καταλύτη (συνήθως μεθανόλης και KOH η NaOH ).
- το φυτικό έλαιο προστίθεται στην δεξαμενή όπου περιέχεται το μίγμα της αλκοόλης και του καταλύτη. Εκεί με θέρμανση στους 70°C επιταχύνεται η αντίδραση, η οποία διαρκεί από 1 έως 8 ώρες. Επιπλέον, αλκοόλη προστίθεται σε περίσσεια για να ολοκληρωθεί πλήρως η αντίδραση.
- το βιοντίζελ και η γλυκερίνη που προκύπτουν διαχωρίζονται, καθώς η γλυκερίνη είναι βαρύτερη και συγκεντρώνεται στον πυθμένα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί φυγοκέντρηση για ταχύτερο διαχωρισμό.

- η πλεονάζουσα αλκοόλη διαχωρίζεται και από την φάση της γλυκερίνης αλλά και από του βιοντίζελ με ταχεία εξάτμιση ή απόσταξη. Η πλεονάζουσα αλκοόλη μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί.
- ο μη καταναλωθείς καταλύτης στην γλυκερίνη ουδετεροποιείται με προσθήκη οξέος. Το άλας που προκύπτει, ανακτάται και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα.
- οι αλκυλεστέρες (βιοντήζελ) καθαρίζονται με πλύσιμο σε ζεστό νερό για την απομάκρυνση σαπώνων και υπολειμμάτων του καταλύτη.



Σχήμα 7 . Γενικό διάγραμμα παραγωγής βιοντίζελ με πρώτη ύλη τους ελαιούχους σπόρους (Πηγή: Demirbas 2006).

#### 4.2.5. Πλήρης εφοδιαστική αλυσίδα βιοντίζελ<sup>34</sup>.

Ο πλήρης κύκλος παραγωγής του βιοντίζελ αποτελείται από τις ακόλουθες παραγωγικές μονάδες:

1. Σπορελαιουργείο, για την απόληψη του λαδιού από τους ελαιούχους σπόρους
2. Ραφιναρία, για τον εξευγενισμό των σπορελαίων

<sup>34</sup> Maczulak 2010, 86-89, Μπαράκος κ.α. 2007, Drapcho et al. 2008, 236-238

3. Κυρίως μονάδα παραγωγής βιοντίζελ, για την χημική μετατροπή των τριγλυκεριδίων των σπορελαίων σε μεθυλεστέρες

- Στάδιο παραγωγής σπορελαιουργείο: μετά την παραλαβή και την αποθήκευση του ελαιούχου σπόρου ακολουθεί ο καθαρισμός του από ξένες ύλες με κοσκίνιση, το σπάσιμο, το ψήσιμο και η νιφαδοποίησή του. Κατόπιν ο σπόρος πιέζεται σε πρέσες για την μερική απόληψη του λαδιού το οποίο στην συνέχεια φιλτράρεται και αποθηκεύεται. Ακολουθεί η εκχύλιση της πίτας που προέρχεται από τις πρέσες με χημικό διαλύτη, η απόσταξη και απομάκρυνση του διαλύτη από το λάδι της εκχύλισης, όπως και η απόσταξη και απομάκρυνση του διαλύτη από το άλευρο που λαμβάνεται μετά την εκχύλιση του λαδιού. Ολοκληρώνεται με το ψήσιμο, τη ξήρανση, την ψύξη και την άλεση του αλεύρου.

- Στάδιο παραγωγής ραφιναρίας: μετά την αποκόμιση των ελαίων για την απομάκρυνση των φωσφατιδίων γίνεται η εξουδετέρωση του λαδιού με σκοπό την απομάκρυνση των λιπαρών οξέων, η αποκήρωση στην περίπτωση του ηλιέλαιου και η απόσμηξη του λαδιού με στήλη απογύμνωσης. Τελικό στάδιο είναι ο αποχρωματισμός του λαδιού για απομάκρυνση χρωστικών ουσιών, μετάλλων, φωσφόρου, σαπώνων κ.α.

- Στάδιο παραγωγής βιοντίζελ: εφόσον έχει ολοκληρωθεί η ξήρανση των ελαίων, ακολουθεί η αντίδραση μετεστεροποίησης σε δυο στάδια και ο διαχωρισμό βιοντίζελ - γλυκερίνης μέσω βαρύτητας, η πλύση του βιοντίζελ με νερό και διάλυμα οργανικού οξέος, η αφύγρανση και η ανάκτηση μεθανόλης, βιοντίζελ σε δυο στάδια και τέλος η απόσταξη της ανακτημένης μεθανόλης .

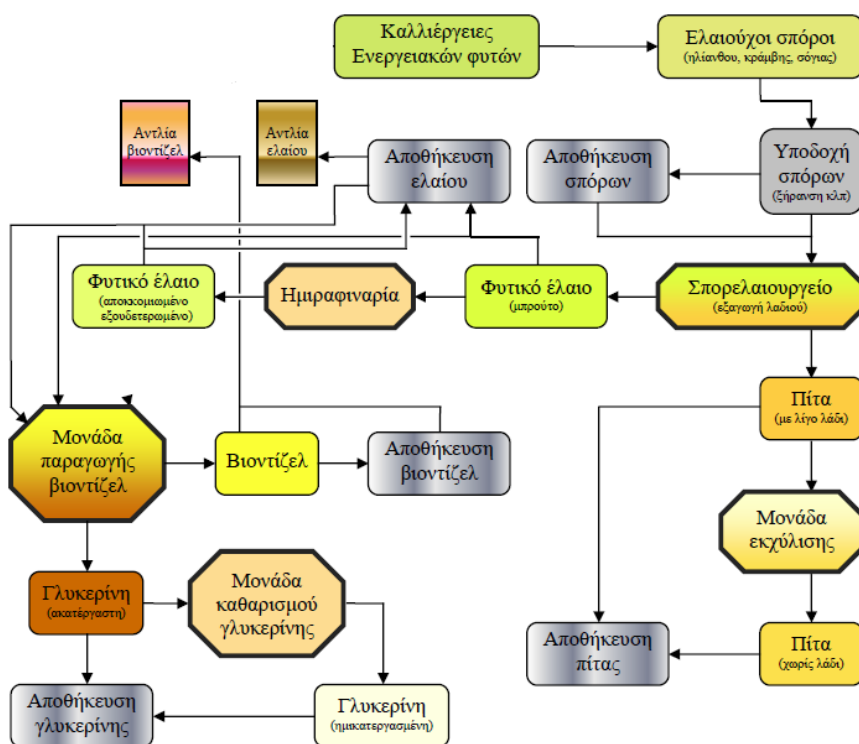
- Επεξεργασία ακατέργαστης γλυκερίνης: μετά την ανάκτηση της μεθανόλης έρχεται η όξυνση με διάλυμα υδροχλωρικού οξέος και η παραγωγή λιπαρών οξέων. Ακολουθεί ο διαχωρισμός των λιπαρών οξέων και της οξινισμένης γλυκερίνης, κατόπιν η συλλογή των λιπαρών οξέων και είτε η εμπορία είτε όξινη εστεροποίηση τους για παραγωγή γλυκερίνης. Έπειτα γίνεται η εξουδετέρωση της οξινισμένης γλυκερίνης με διάλυμα καυστικής σόδας και στη συνέχεια η αφύγρανση και η ανάκτηση μεθανόλης της ουδέτερης γλυκερίνης σε δυο στάδια. Η διαδικασία ολοκληρώνεται με την αποθήκευση της κατεργασμένης γλυκερίνης.

Τα παραπροϊόντα του πλήρους κύκλου παραγωγής του βιοντίζελ είναι τα εξής:

- Οι πλακούντες και τα άλευρα εκχύλισης: είναι το υπόλειμμα που απομένει μετά την παραλαβή του μεγαλύτερου τμήματος του ελαίου των ελαιούχων σπόρων. Το υπόλειμμα της κατεργασίας αυτής περιέχει έλαιο από 15 έως και κάτω του 1%, ανάλογα με την τεχνολογία λήψης, και τον διαλύτη (συμπύηση ή εκχύλιση αντίστοιχα). Μετά την απομάκρυνση του διαλύτη με θέρμανση, το υποπροϊόν μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην βιομηχανία παραγωγής ζωοτροφών, καθώς είναι πλούσιο σε πρωτεΐνη και υψηλής θρεπτικής αξίας για τα αγροτικά ζώα. Επιπλέον βρίσκει εφαρμογή και στην

βιομηχανία οργανικών λιπασμάτων. Εκτός των άλλων, το υπόλειμμα της ενεργειακής καλλιέργειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως στερεό καύσιμο σε κατάλληλους καυστήρες για την παραγωγή βιοαερίου και η στάχτη της εφαρμογής αυτής να αξιοποιηθεί ως μέσο λίπανσης, καθώς είναι πλούσια σε θρεπτικά στοιχεία (P K).

• Η γλυκερίνη: αποτελεί παραπροϊόν της παραγωγικής διαδικασίας του βιοντίζελ και με τον κατάλληλο εξευγενισμό της μπορεί να διατεθεί στο εμπόριο ως πρώτη ύλη για την παραγωγή καλλυντικών και φαρμάκων. Ο εξευγενισμός γλυκερίνης επιτυγχάνεται με την προσθήκη θεικού οξέος σε δοχείο οξίνισης και με την φυγοκέντρωση τριών φάσεων. Με την επεξεργασία αυτή λαμβάνονται, εκτός από την γλυκερίνη, δύο ακόμη υποπροϊόντα, τα λιπαρά οξέα τα οποία πωλούνται σε βιομηχανίες παραγωγής ζωοτροφών ή εναλλακτικά ως καύσιμη ύλη (αντί μαζούτ-καύση σε αντιδραστήρα) και το θειικό κάλιο για παραγωγή λιπασμάτων. Στην γλυκερίνη, πριν οδηγηθεί στο εμπόριο, θα γίνουν ίδιες διεργασίες ξήρανσης και ανάκτησης μεθανόλης, όπως συμβαίνει και με τους αλκυλεστέρες, στους οποίους αναφερθήκαμε προηγουμένως.



Σχήμα 8. Πλήρης εφοδιαστική αλυσίδα παραγωγή βιοντίζελ από ενεργειακές καλλιέργειες. (Πηγή: Μπαράκος κ.α. 2007)

#### 4.2.6. Ιδιότητες καυσίμου βιοντίζελ<sup>35</sup>.

Ιδιότητες καυσίμου	Ντίζελ	Βιοντίζελ
Πρότυπο	ASTM D975	ASTM PS 121
Σύνθεση καυσίμου	C10 - C21 HC	C12 - C22 FAME
Ελάχιστη θερμοαντική αξία (Btu/gal)	131.295	117.093
Κινηματικό Ιξώδες σε 40° C	1,3 - 4,1	1,9 - 6
Ειδικό βάρος σε 60° F (kg/l)	0,85	0,88
Πυκνότητα σε 15° C (lb/gal)	7,079	7,328
Νερό (ppm κ.β.)	161	0,05% max
Ανθρακας (C) % κ.β.	87	77
Υδρογόνο (H <sub>2</sub> ) % κ.β.	13	12
Οξυγόνο (O <sub>2</sub> ) % κ.β.	0	11
Θείο (S <sub>2</sub> ) % κ.β.	0,05 max	0,0 - 0,0024
Σημείο ανάφλεξης °C	60 - 80	100 - 170
Σημείο ζέσης °C	188 - 343	182 - 338
Σημείο θόλωσης °C	-15 έως 5	-3 έως 12
Σημείο απόχυσης °C	-35 έως -15	-15 έως 10
Αριθμός Κετανίου	40 - 55	48 - 65
Στοιχειομετρική αναλογία αέρα/ καύσιμου κ.β.	15	13,8

Πίνακας 10. Ιδιότητες καυσίμου για το ντίζελ και το βιοντίζελ. (Πηγή: Shaine -Tyson 2001).

Ντίζελ πετρελαίου	129.400 Btu/gal	Ντίζελ πετρελαίου	129.500 Btu/gal
Βιοντίζελ από ζωικά λίπη	115.720 Btu/gal	Βιοντίζελ από φυτικά λίπη	119.216 Btu/gal
Διάφορα	-10,6%	Διάφορα	-7,9%

Πίνακας 11. Ενεργειακό περιεχόμενο ντίζελ και βιοντίζελ. (Πηγή: EPA 2002).

Οι πλέον βασικές ιδιότητες καυσίμου των φυτικών ελαίων είναι οι εξής:

- η θερμογόνος δύναμη (MJ/Kg): η θερμότητα καύσης είναι ένας γενικός δείκτης της απόδοσης του καυσίμου. Η θερμογόνος δύναμη μετριέται σε MJ/Kg.

<sup>35</sup> Knothe 2005, ch. 6, Bacovsky et al. 2007, 88, Ραμνιώτης 2008, 22-24, www.biofules.gr.

- το κινηματικό ιξώδες ( $\text{mm}^2/\text{s}$ ): το ιξώδες ενός ρευστού δείχνει την αντίσταση του στην ροή. Όσο αυξάνει το ιξώδες τόσο αυξάνει και η αντίσταση στην ροή. Το χαρακτηριστικό μεγάλο ιξώδες των φυτικών ελαίων έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της πίεσης στην αντλία έγχυσης, κάτι που θα ξεπερνούσε τα σχεδιαστικά όρια της. Ακόμη, ένα υγρό υψηλού ιξώδους δεν διαμερίζεται (ψεκάζεται) εύκολα, με αποτέλεσμα να ανακύπτουν προβλήματα κατά την εκκίνηση, ο κώνος ψεκασμού να γίνεται σφιχτότερος και το καύσιμο να εκτοξεύεται γρήγορα. Το κινηματικό ιξώδες των φυτικών ελαίων συμπεριλαμβανομένου και του κραμβελαίου είναι 10-20 φορές μεγαλύτερο από αυτό του ντίζελ ( $2,7 \text{ mm}^2/\text{s}$ ).

- η πυκνότητα ( $\text{kg/L}$ ): η πυκνότητα μπορεί να δώσει χρήσιμες ενδείξεις σχετικά με τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του κινητήρα, όπως είναι η ποιότητα ανάφλεξης, η οικονομία, και η τάση για σχηματισμό καπνού.

- αριθμός κετανίου: είναι ένας δείκτης που συσχετίζεται με την πίεση στην οποία το μίγμα καυσίμου - αέρα αυτοαναφλέγεται. Όσο υψηλότερος είναι ο αριθμός κετανίου, τόσο ευκολότερη είναι η ανάφλεξη. Για τα φυτικά έλαια είναι περίπου 35-45, για τους εστέρες (βιοντίζελ) 46-70 και για το ντίζελ 47-55.

- σημείο ανάφλεξης ( $^{\circ}\text{C}$ ): το σημείο ανάφλεξης (flash point) είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία αναφλέγονται οι ατμοί του καυσίμου με προσαγωγή, όταν αυτό θερμαίνεται κάτω από πρότυπες συνθήκες. Το σημείο ανάφλεξης αποτελεί μία προδιαγραφή ασφαλείας για τις συνθήκες αποθήκευσης και μεταφοράς. Το σημείο ανάφλεξης των φυτικών ελαίων είναι πολύ υψηλό ( $>200^{\circ}\text{C}$ ) ενώ των βιοντίζελ και ντίζελ περίπου  $130^{\circ}\text{C}$  και περίπου  $76^{\circ}\text{C}$  αντίστοιχα.

- σημείο θόλωσης - σημείο ροής - σημείο απόφραξης ψυχρού φίλτρου ( $^{\circ}\text{C}$ ): οι ιδιότητες αυτές είναι σημαντικές, καθώς μας δείχνουν την συμπεριφορά του καυσίμου σε χαμηλή θερμοκρασία. Σημείο θόλωσης είναι η θερμοκρασία στην οποία παρατηρούνται μικροί στερεοί κρύσταλλοι, καθώς το καύσιμο ψύχεται. Περισσότερο καύσιμο μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς προβλήματα κάτω από το σημείο θόλωσης αλλά πάνω από το σημείο απόφραξης ψυχρού φίλτρου. Το σημείο θόλωσης των φυτικών ελαίων και του βιοντίζελ είναι τυπικά μεγαλύτερο από αυτό του συμβατικού ντίζελ. Σημείο ροής είναι η θερμοκρασία στην οποία το καύσιμο περιέχει τόσοσυσσωρευμένους κρυστάλλους, ώστε να μοιάζει με τζελ και να μην ρέει κανονικά. Σημείο απόφραξης ψυχρού φίλτρου είναι η θερμοκρασία στην οποία οι κρύσταλλοι έχουν συσσωρευτεί σε σημαντικό επίπεδο, προκαλώντας απόφραξη του φίλτρου.

- θειό (% κατά βάρος): το θείο είναι ανεπιθύμητο στο καύσιμο τόσο για περιβαλλοντικούς λόγους όσο και για την καλύτερη συντήρηση του κινητήρα. Η περιεκτικότητα των φυτικών ελαίων και των εστέρων τους σε θείο είναι σαφώς μικρότερη από την αντίστοιχη τιμή του πετρελαϊκού ντίζελ, καθώς τις περισσότερες φορές είναι σχεδόν μηδενική.



• τέφρα (%): η τέφρα προέρχεται από τα στερεά σωματίδια των καυσίμων ή από τις υδροδιαλυτές μεταλλικές ενώσεις. Οι τέφρες μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα αποθέσεων στο σύστημα ψεκασμού του καυσίμου, καθώς και φθορά στο έμβολο ή τα ελατήρια. Εκφράζεται ως ποσοστό επί τοις εκατό στην συνολική μάζα του καυσίμου.

• ανθρακούχο υπόλειμμα ή δείκτης Conradson: αναφέρεται στο ποσό ανθρακούχων αποθέσεων στο θάλαμο καύσης.

• καμπύλη απόσταξης (°C): αναφέρεται στην πτητικότητα του καυσίμου και συσχετίζεται με το μηχανισμό μίξης αέρα-καυσίμου και την κανονική διανομή στο θάλαμο καύσης. Για τα φυτικά έλαια ξεκινάει από τους 310-360°C και φθάνει στους 880-890°C.

• αριθμός σαπωνοποίησης (mg KOH /g λαδιού): είναι αριθμός ισοδύναμος με τα χιλιοστόγραμμα του υδροξειδίου του καλίου που απαιτούνται για να σαπωνοποιήσουν ένα γραμμάριο λίπους ή ελαίου. Σαν όρος εκφράζει την υδρόλυση ενός εστέρα σε οξύ ή άλας. Ο αριθμός σαπωνοποίησης καθορίζει στην ουσία το περιεχόμενο σε ελεύθερα λιπαρά οξέα και βοηθά στον καθορισμό της προέλευσης του λαδιού.

• αριθμός ιωδίου (gI/100g λαδιού): ο αριθμός ιωδίου δείχνει τον αριθμό των διπλών δεσμών (βαθμός ακορεστότητας) και είναι ο αριθμός των γραμμαρίων ιωδίου που απορροφούνται από 100 γραμμάρια ακόρεστου λιπαρού οξέος. Περιγράφει την τάση μιας λεπτής στρώσης ελαίου να σχηματίζει πέτσα. Η ύπαρξη ακόρεστων δεσμών είναι θετική από την άποψη της ικανότητας για διήθηση και του σημείου πήξης, αλλά αρνητική από την άποψη της σταθερότητας έναντι της οξειδωσης.

• σημείο στερεοποίησης (°C): η θερμοκρασία στην οποία το φυτικό έλαιο μετατρέπεται σε στερεό και έτσι σταματά να ρέει.

Τα χαρακτηριστικά καυσίμου του βιοντίζελ σε σχέση με το ντίζελ δίνονται στον παραπάνω Πίνακα 10.

Κάποιες ειδικές παρατηρήσεις που μπορούν να γίνουν είναι:

- τα σημεία ροής και θόλωσης του βιοντίζελ είναι αρκετά υψηλότερα του ντίζελ με αποτέλεσμα το βιοντίζελ να δείχνει πιο επιρρεπές σε χαμηλές θερμοκρασίες.
- τα σημεία ανάφλεξης είναι υψηλότερα κάνοντας το βιοντίζελ πιο ασφαλές στον χειρισμό σε σύγκριση με το συμβατικό ντίζελ.
- η μετεστεροποίηση αυξάνει τον αριθμό κετανίου σε επίπεδα ίδια ή και υψηλότερα του ντίζελ.
- η ανώτερη θερμογόνο δύναμη των αλκυλεστέρων είναι περίπου 11% μικρότερη του ντίζελ.
- το βιοντίζελ είναι καλύτερο του ντίζελ σε ότι αφορά την περιεκτικότητα σε θείο, το αρωματικό περιεχόμενο και την βιοαποικοδομησιμότητα.

#### 4.2.7. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα βιοντίζελ<sup>36</sup>.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα του βιοντίζελ με κυριότερο ίσως την συμβολή του στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης αναφέρονται συνοπτικά παρακάτω:

- Είναι πιο εύκολο στον χειρισμό παρουσιάζοντας χαμηλή τοξικότητα.
- Είναι βιοαποικοδομήσιμο (το βιοντίζελ διασπάται περίπου 4 φορές ταχύτερα από το πετρέλαιο).
- Η χρήση του μπορεί να μειώσει σημαντικά τις εκπομπές CO<sub>2</sub>.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς τροποποίηση των MEK των οχημάτων.
- Έχει την δυνατότητα να συνδυάζεται σε οποιαδήποτε αναλογία με τα καύσιμα ντίζελ.
- Μειώνει την εξάρτηση από το πετρέλαιο. Δημιουργούνται νέες προοπτικές απασχόλησης στον γεωργικό τομέα, καθώς ανοίγει ο δρόμος για τις ενεργειακές καλλιέργειες, όπως της ελαιοκράμβης κ.ά. Παράγεται εύκολα ακόμα και σε οικογενειακή κλίμακα.
- Έχει μεγαλύτερη απόδοση καύσης και μειώνει την ανάγκη συντήρησης, καθώς έχει υψηλή φυσική λιπαντικότητα. Το οξυγόνο που περιέχει το βιοντίζελ, βελτιώνει τη διεργασία της καύσης (πιο ομογενές το μίγμα οξυγόνου καυσίμου) και μειώνει την τάση οξειδωσης.
- Παρουσιάζει υψηλό αριθμό κετανίου και μεγαλύτερο σημείο ανάφλεξης. Αυτό συνεπάγεται χαμηλό θόρυβο του κινητήρα, ευκολία μεταφοράς, αποθήκευσης και ανάφλεξης του καυσίμου.
- Η καύση του βιοντίζελ παράγει μειωμένες εκπομπές καυσαερίων (μονοξειδίου του άνθρακα CO, άκαυστων υδρογονανθράκων (HC), μικροσωματιδίων, πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων (PAHs), σε σχέση πάντα με το ντίζελ.
- Έχει πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο (< 2 ppm).
- Είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, αφού προέρχεται από την βιομάζα.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα του βιοντίζελ αναφέρονται συνοπτικά παρακάτω:

- υψηλότερες εκπομπές NO<sub>x</sub> (οξειδία του αζώτου).
- αυξημένο κόστος επένδυσης και παραγωγής.
- τάση σχηματισμού συσσωματωμάτων βαρέων υδρογονανθράκων. Το βιοντίζελ έχει υψηλότερο σημείο θόλωσης και ροής από το ορυκτό ντίζελ (επιρρεπές σε προβλήματα εκκίνησης, όταν έχει χαμηλές θερμοκρασίες), λόγω των μεγαλομορίων που περιλαμβάνει. Αυτό σημαίνει ότι στερεοποιείται σε υψηλότερες θερμοκρασίες και ιδιαίτερα όταν αποθηκεύεται για μεγάλα διαστήματα. Στην πράξη, το όριο ροής βελτιώνεται με τη χρήση προσθέτων. Τέτοιου είδους συσσωματώματα μπορούν να οδηγήσουν σε φραγή του φίλτρου καυσίμου και φραγή των συστημάτων υψηλής πίεσης.
- η παρουσία οξυγόνου και άλλων ενώσεων καθιστούν το βιοντίζελ μη συμβατό με ορισμένα ελα-

<sup>36</sup> Rutz - Janssen 2008, 98-105, Ραμνιώτης 2008, 48-50, www.biofuels.gr.

στομερή και το φυσικό καουτσούκ. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ταχύτερη φθορά σωληνώσεων, τσιμουχών ή ελαστικών συνδέσμων. Τα σύγχρονα ελαστικά υλικά είναι συμβατά.

- 10-12 % μικρότερο ενεργειακό περιεχόμενο από το ντίζελ (αύξηση της κατανάλωσης, μείωση της μέγιστης απόδοσης ισχύος).
- υψηλό κινηματικό ιξώδες (δυσκολία άντλησης και μεταφοράς).
- έχει διαλυτική δράση για επικαθίσεις στον κινητήρα και στην δεξαμενή καυσίμου και για το λιπαντικό. Αλλαγή μετά από μακρόχρονη χρήση ορυκτού ντίζελ σε βιοντίζελ μπορεί να οδηγήσει σε φραγή του φίλτρου καυσίμου λόγω αποκόλλησης των επικαθίσεων. Επίσης, συνίσταται γενικά συχνότερη αλλαγή του λιπαντικού.
- Διάβρωση των χάλκινων μέρων του κινητήρα.

### 4.3. Βιοαιθανόλη<sup>37</sup>.

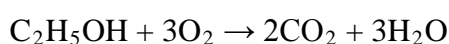
#### 4.3.1. Ορισμός<sup>38</sup>.

- Βιοαιθανόλη: είναι η αιθανόλη (οινόπνευμα) που προέρχεται από την αλκοολική ζύμωση σακχάρων ή υδρολυμένων πολυσακχαριτών (π.χ. άμυλο, κυτταρίνη) και πληροί τις προδιαγραφές του EN15376. Κατά την διαδικασία παραγωγής βιοαιθανόλης, η γλυκόζη μαζί με το νερό μετατρέπεται σε αιθανόλη, διοξείδιο του άνθρακα και νερό.
- Μίγμα βιοαιθανόλης: είναι ένα μίγμα από βιοαιθανόλη και βενζίνη που πληροί τις προδιαγραφές κατά EN15376. Συμβολίζεται με EXX, όπου XX αναπαριστά τον ποσοστιαίο όγκο του βιοντίζελ στο μίγμα. Για παράδειγμα το E5, E10, E85, E100 είναι καύσιμα με συγκεντρώσεις 5%, 10%, 85% και 100% βιοαιθανόλης αντίστοιχα.

Η χρήση της ως καυσίμου πραγματοποιείται με εξώθερμη αντίδραση καύσης, παράγοντας διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Οι απλοποιημένες χημικές αντιδράσεις των σακχάρων σε αιθανόλη και της καύσης της αιθανόλης, αντίστοιχα, περιγράφονται παρακάτω ως εξής:



αλκοολική ζύμωση παραγωγής βιοαιθανόλης,



καύση βιοαιθανόλης ως καύσιμο.

<sup>37</sup> [www.journeytoforever.org/bioethanol.html](http://www.journeytoforever.org/bioethanol.html), Ζέρβας 2006, 85-88, Ortiz et al. 2011, 369-392.

<sup>38</sup> Sweethanol 2011, 9.

#### 4.3.2. Πρώτες ύλες<sup>39</sup>.

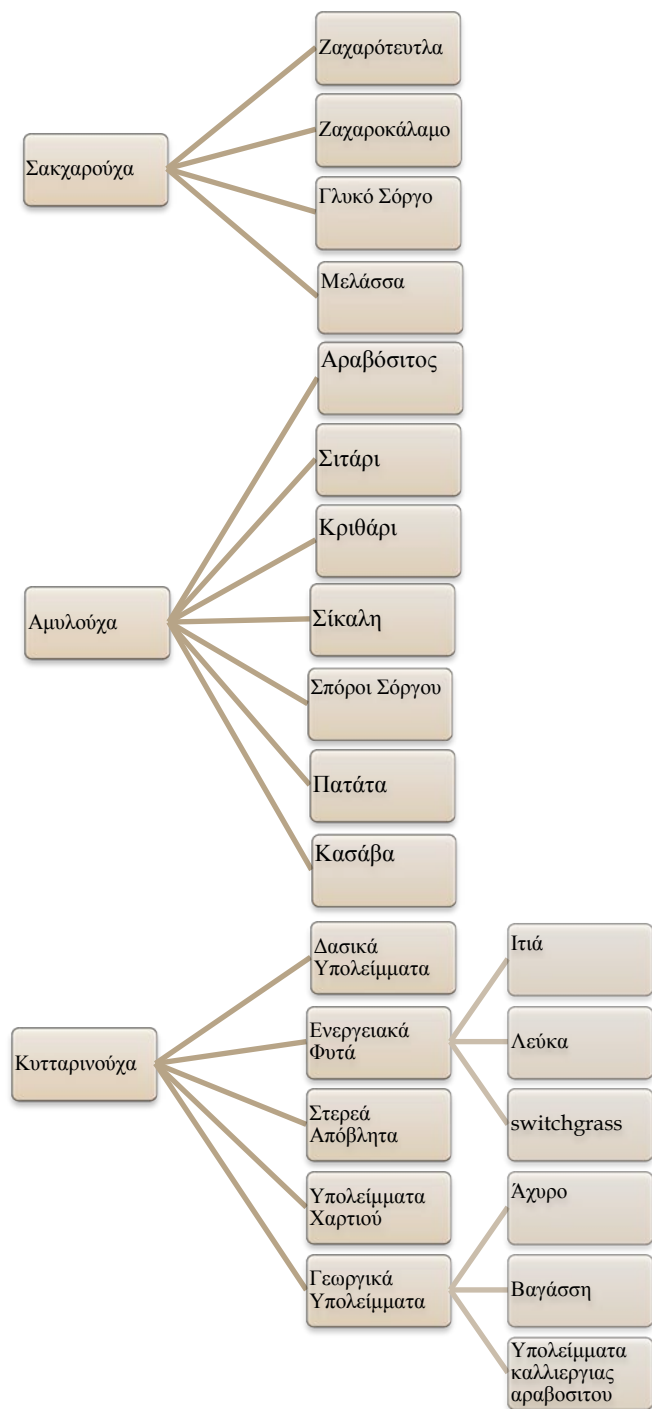
Για την παραγωγή βιοαιθανόλης μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαφορετικές πρώτες ύλες. Το ποια θα επιλεγεί πρακτικά καθορίζεται από την αποδοτικότητα στην παραγωγή βιοαιθανόλης και τις σχετικές δαπάνες.

Ορίζονται τρεις τύποι πρώτων υλών για την παραγωγή βιοαιθανόλης :

- καλλιέργειες που περιέχουν άμεσα ζυμώσιμες σακχαρούχες ουσίες (όπως ο χυμός του γλυκού σόργου, του ζαχαροκάλαμου).
- καλλιέργειες που περιέχουν το άμυλο ως πηγή υδατανθράκων (όπως το καλαμπόκι, ο σίτος, το κριθάρι).
- καλλιέργειες και υποπροϊόντα που περιέχουν κυτταρίνη και ημικυτταρίνη ως πηγή υδατανθράκων (όπως το καλάμι, ο μίσχανθος, η λεύκα, αλλά προ πάντων τα γεωργικά υπολείμματα και τα απόβλητα).

---

<sup>39</sup> Sweethanol 2011, 13, Rutz - Janssen 2008, 40-52, Drapcho et al. 2008, 69-84.



Σχήμα 9. Βασικές κατηγορίες και παραδείγματα πρώτων υλών για την παραγωγή βιοαιθανόλης (Πηγή: EPA 2002, Rutz - Janssen 2008, 41).

### 4.3.3. Παραγωγική διαδικασία<sup>40</sup>.

Η διαδικασία παραγωγής βιοαιθανόλης είναι βασισμένη στην αλκοολική ζύμωση και αποτελείται από τα εξής στάδια: προεπεξεργασία των πρώτων υλών, φάση υδρόλυσης πολυσακχαριτών ή εξαγωγής σακχάρων, συμπύκνωση χυμού για την παραγωγή σιροπιού, ζύμωση, απόσταξη και αφυδάτωση. Η παραλλαγή ανά πρώτη ύλη αφορά τροποποιήσεις στις πρώτες φάσεις της διαδικασίας, όπως η επεξεργασία της πρώτης ύλης, η υδρόλυση των πολυσακχαριτών, η εξαγωγή των σακχάρων και η συμπύκνωση του χυμού, ενώ τα υπόλοιπα βήματα μπορούν να θεωρηθούν κοινά για όλες τις περιπτώσεις.

➤ 1. **Προεπεξεργασία πρώτων υλών:** αυτό το στάδιο περιλαμβάνει την προετοιμασία των πρώτων υλών, η οποία είναι απαραίτητη για να καταστούν διαθέσιμα τα ζυμώσιμα σάκχαρα. Ανάλογα με τον τύπο πρώτης ύλης αυτή η προγενέστερη επεξεργασία μπορεί να ποικίλει. Παραδείγματος χάριν, στην περίπτωση του σακχαρότευτλου, μετά από την συγκομιδή τα καθαρισμένα τεύτλα υποβάλλονται σε επεξεργασία σε μηχανές κοπής, για να ληφθούν λεπτές φέτες (cossettes) και στη συνέχεια υποβάλλονται σε σύνθλιψη για την εξαγωγή των σακχάρων.

Στην περίπτωση των δημητριακών, μετά από μια προκαταρκτική αποθήκευση στα σιλό η προεπεξεργασία περιλαμβάνει την διαδικασία της σύνθλιψης σε σφυρόμυλους για τη λήψη μιας σκόνης, που θα υποβληθεί σε επεξεργασία στο στάδιο της υδρόλυσης. Η ξηρή άλεση είναι η ευρύτετα χρησιμοποιημένη διαδικασία για τα δημητριακά, αν και είναι δυνατό να γίνει και υγρή άλεση με έναν μεγάλο αριθμό ενδιάμεσων σταδίων. Αν και με αυτήν την τεχνική θα μπορούσαν να ληφθούν περισσότερα υποπροϊόντα, το κόστος και η πολυπλοκότητα της δεν μπορούν να επεκταθούν στον τομέα της παραγωγής βιοαιθανόλης.

➤ 2. **Υδρόλυση:** Η διαδικασία της υδρόλυσης εφαρμόζεται, όταν οι πρώτες ύλες δεν περιέχουν άμεσα ζυμώσιμα σάκχαρα, αλλά πολυσακχαρίτες (π.χ. άμυλο, ινουλίνη, κυτταρίνη, ημικυτταρίνη). Η διαδικασία της υδρόλυσης εξαρτάται από τον τύπο των πολυσακχαριτών που υδρολύονται και από την πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται.

- **Υδρόλυση αμύλου:** η υδρόλυση του αμύλου εκτελείται με την προσθήκη των ενζύμων α-αμυλάση και γλυκοαμυλάση. Κατά συνέπεια, η διαδικασία διαιρείται στο στάδιο της ρευστοποίησης, όπου τα αλεσμένα σιτηρά διαλύονται σε νερό και τα πρώτα ένζυμα προστίθενται για να μειώσουν το ιξώδες. Το δεύτερο στάδιο είναι το «μαγείρεμα», όπου ο τύπος ενζύμου που χρησιμοποιείται είναι α-αμυλάση. Το τελευταίο στάδιο είναι η σακχαροποίηση, όπου το ένζυμο που προστίθεται είναι η γλυκοαμυλάση. Σε αυτό το στάδιο, η δεξτράνη που λαμβάνεται από την πρώτη υδρόλυση διαιρείται σε μονομερή μόρια γλυκόζης. Αυτή η διαδικασία μπορεί να πραγμα-

<sup>40</sup> Sweethanol 2011, 14-18, Rutz - Janssen 2008, 50-55, Drapcho et al. 2008, 105-111, Παπανικολάου 2006, 9-18.

τοποιηθεί σε μια θερμοκρασία μεταξύ 70 και 90 °C αν και σήμερα υπάρχουν ανθεκτικά στη θερμότητα ένζυμα και χρειάζονται θερμοκρασίες πάνω από 125-130 °C.

- Υδρόλυση ινουλίνης: η ινουλίνη, που συναντάται στην αγκινάρα της Ιερουσαλήμ, είναι ένας μακρομοριακός φρούτο-ολιγοσακχαρίτης που διαμορφώνει μία γλυκόζη και μια αλυσίδα φρουκτόζης. Αυτό το σάκχαρο υδρολύεται ενζυματικά ή με θερμική επεξεργασία σε όξινο pH. Στην περίπτωση της ενζυματικής υδρόλυσης της ινουλίνης, οι τύποι των χρησιμοποιούμενων ενζύμων, είναι η έξω-ινουλινάση και η ενδοινουλινάση. Η ενδοινουλινάση διαιρεί την αλυσίδα σε ενδιάμεσα σημεία. Ο συνδυασμός και των δύο ενζύμων εκτελεί την επιθυμητή διαδικασία. Η όξινη υδρόλυση μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν εναλλακτική λύση της ενζυματικής υδρόλυσης. Συγκεκριμένα, η όξινη υδρόλυση πραγματοποιείται με ένα pH 3 ή 4, περισσότερο όξινο από την ενζυματική διαδικασία. Εκτός από το pH, η θερμοκρασία του χυμού θα αυξηθεί από 130 έως 180°C. Ανάλογα με τη θερμοκρασία και το pH, ο χρόνος που απαιτείται για την υδρόλυση μπορεί να ποικίλει μεταξύ 3-4 λεπτών και 2 ωρών. Η όξινη υδρόλυση είναι μια διαδικασία γρηγορότερη από την ενζυματική υδρόλυση αλλά απαιτεί υψηλότερη θερμοκρασία και μπορεί να παράγει τοξικούς δευτεροβάθμιους μεταβολίτες (HMF) που έχουν επιπτώσεις στις διαδικασίες ζύμωσης.

- Υδρόλυση κυτταρινικών ενώσεων: στην περίπτωση της υδρόλυσης των κυτταρινικών ενώσεων, η απαραίτητη διαδικασία συνδυάζει διαφορετικούς τύπους υδρολύσεων, συμπεριλαμβανομένης μιας αρχικής χημικής (π.χ. με οξύ) ή φυσικό-χημικής υδρόλυσης (π.χ. έκρηξη ατμού, AFEX) και μια δευτεροβάθμιας ενζυματικής υδρόλυσης (δηλ. την ενδοκυτταρίνη, την εξωκυτταρίνη, την ημικυτταρίνη) για να παραγάγει τα επιθυμητά αποτελέσματα. Η πρώτη φάση υδρόλυσης, η οποία γίνεται σε υψηλή θερμοκρασία και πίεση, πραγματοποιεί μια μερική ρήξη της δομής των κυττάρων που επιτρέπει την περαιτέρω πρόσβαση των κυτταρολυτικών ενζύμων κατά την διάρκεια της ενζυματικής υδρόλυσης.

➤ 3. Εξαγωγή χυμού σακχάρων: Η εξαγωγή εφαρμόζεται όταν οι πρώτες ύλες περιέχουν άμεσα ζυμώσιμα σάκχαρα. Η διαδικασία εξαγωγής μπορεί να ποικίλει ανάλογα με τις πρώτες ύλες και την εφαρμοζόμενη τεχνολογία. Γενικά, η εξαγωγή μπορεί να πραγματοποιηθεί από άμεση σύνθλιψη με την χρήση κυλιόμενων μύλων (τεχνική που εφαρμόζεται στη βιομηχανία του ζαχαροκάλαμου και του γλυκού σόργου). Σε αυτή τη διαδικασία, η εξαγωγή γίνεται χρησιμοποιώντας ζεστό νερό, ελέγχοντας την θερμοκρασία (75-85°C), το pH (μεταξύ 6 και 7), την αναλογία πρώτης ύλης/ποσότητας νερού (1:0.3 -1:1) και τον χρόνο επεξεργασίας (45 έως 65 λεπτά). Κατά συνέπεια, η απόδοση της εξαγωγής μπορεί να είναι περίπου 93-98%.

➤ 4. Ζύμωση σακχάρων: Η ζύμωση των σακχάρων θα γίνει χρησιμοποιώντας ενεργές ζύμες σε ιδανικές συνθήκες. Στην περίπτωση της παραγωγής βιοαιθανόλης, ο στόχος της διαδικασίας είναι να επιτευχθεί υψηλή παραγωγικότητα σε ένα μικρό χρονικό διάστημα, προκειμένου να καταστεί

δυνατή η ελαχιστοποίηση της κυτταρικής ανάπτυξης και κυτταροδιαίρεσης, στην οποία δεν παράγεται αιθανόλη, ενώ τα σάκχαρα καταναλώνονται για να αυξήσουν την πυκνότητα των ζυμών ανά κυβικό μέτρο.

- Προετοιμασία των ζυμών: Η διαδικασία αρχίζει με την προετοιμασία των ζυμών και περαιτέρω προετοιμασία των κύριων δεξαμενών. Οι κύριες δεξαμενές χρησιμοποιούνται για να διανείμουν τις ζύμες στις δεξαμενές ζύμωσης. Η διαδικασία προετοιμασίας των ζυμών γίνεται με ένα διάλυμα πλούσιο σε σάκχαρα, γλυκόζη, φρουκτόζη ή σακχαρόζη σε μια μέση θερμοκρασία περί τους 35 °C με την προσθήκη ενός βακτηριδιοκτόνου και οξυγόνου. Το οξυγόνο μπορεί να συμπληρωθεί με την προσθήκη εργοστερόλης. Μόλις προετοιμαστούν και προσαρμοστούν οι ζύμες, η διαδικασία ζύμωσης μπορεί να γίνει είτε με ασυνεχή είτε με συνεχή διαδικασία. Πέρα απ' αυτά η επανάκτηση των ζυμών μετά από τη διαδικασία της ζύμωσης μπορεί να αυξήσει τη βιωσιμότητα, γεγονός που μειώνει τις δαπάνες συνολικής παραγωγής.

- Αλκοολική Ζύμωση: Συνεχείς και ασυνεχείς διαδικασίες που εφαρμόζονται.

- α) Συνεχής διαδικασία ζύμωσης: Η συνεχής διαδικασία γίνεται τοποθετώντας το χυμό σακχάρων μόνο στην πρώτη δεξαμενή, όπου συγχρόνως προστίθεται το διάλυμα με τις ζύμες. Από την πρώτη δεξαμενή ο χυμός, ο οποίος έχει ζυμωθεί σε ένα χαμηλό ποσοστό, περνά στην επόμενη δεξαμενή και η ζύμωση συνεχίζεται διαρκώς έως και την τελευταία δεξαμενή, οπότε και ο χυμός ζυμώνεται πλήρως. Το κύριο πρόβλημα με αυτό το σύστημα είναι ο κίνδυνος μόλυνσης. Εάν μια από τις συνεχείς δεξαμενές είναι μολυσμένη με βακτηρίδια, μπορεί να μολυνθεί όλο το σύστημα.

- β) Ασυνεχής διαδικασία ζύμωσης: Είναι μια διαδικασία που πραγματοποιείται σε ανεξάρτητους αντιδραστήρες χωρίς την άμεση επικοινωνία μεταξύ τους. Σε αυτήν την περίπτωση, αν και η παραγωγή προϊόντων της ζύμωσης μπορεί να είναι χαμηλότερη από την συνεχή ζύμωση, ο έλεγχος των μολύνσεων είναι καλύτερος και η ασφάλεια είναι υψηλότερη, καθώς αυτό το σύστημα επιτρέπει την εύκολη απομόνωση της μολυσμένης δεξαμενής, αποτρέποντας έτσι την επέκταση της μόλυνσης σε όλο το σύστημα.

- Επανάκτηση ζύμης: Μετά από την διαδικασία της ζύμωσης, οι χρησιμοποιούμενες ζύμες ανακτώνται με φυγοκέντρηση, διαδικασία που βελτιώνει την γενική απόδοση και πραγματοποιεί εξοικονόμηση των ζυμών κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, μειώνοντας έτσι τις δαπάνες παραγωγής.

➤ 5. Απόσταξη: Η συγκέντρωση της βιοαιθανόλης στο προϊόν της ζύμωσης είναι 9-14% v/v και ο στόχος της απόσταξης, είναι να ληφθεί αιθανόλη με μια καθαρότητα της τάξης του 95-96%. Για αυτόν το λόγο, ο χυμός της ζύμωσης περνά από διάφορες στήλες απόσταξης, όπου το νερό και η αιθανόλη διαχωρίζονται καθώς αναρριχώνται στον πύργο.



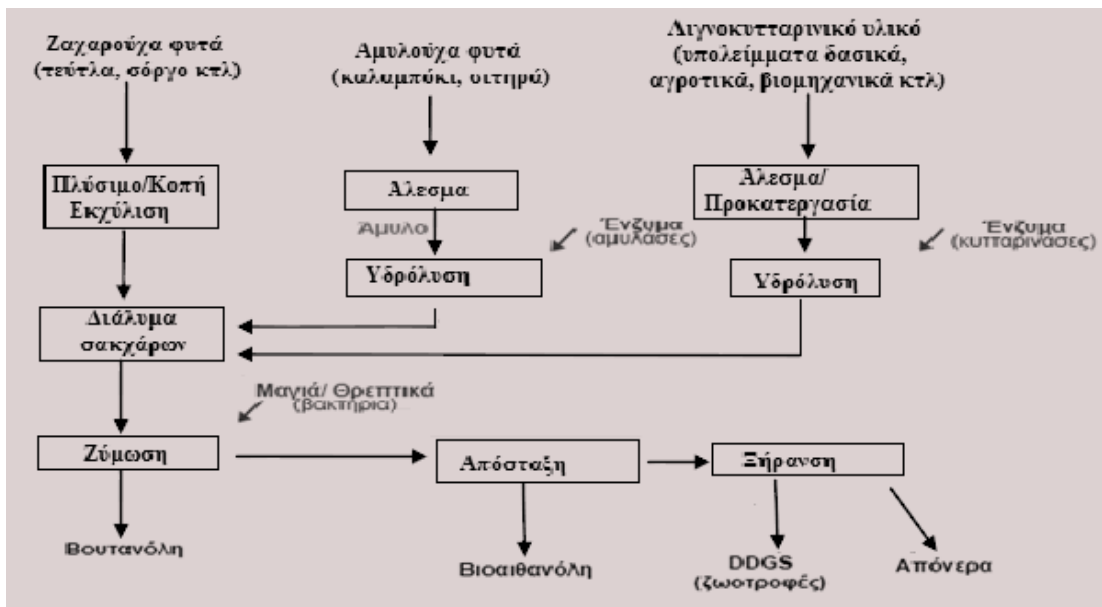
Η κατανάλωση ενέργειας σε αυτό το στάδιο είναι κρίσιμη. Για αυτό τον λόγο, συνηθίζεται ο συνδυασμός με βήματα αλλαγής της συγκέντρωσης, εναλλαγή δηλαδή ζωνών υψηλού κενού με ζώνες ατμοσφαιρικής πίεσης, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η συνολική τελική κατανάλωση της διαδικασίας.

➤ 6. **Αφυδάτωση:** Η διαδικασία της αφυδάτωσης είναι απαραίτητη για την παραγωγή αιθανόλης καθαρότητας 99,8%, που ονομάζεται άνυδρη αιθανόλη. Αυτός ο τύπος αιθανόλης είναι η πρώτη ύλη για την παραγωγή ETBE και μπορεί να συνδυαστεί άμεσα με τη βενζίνη.

Η διαδικασία της αφυδάτωσης πραγματοποιείται μετά από την απόσταξη του προϊόντος της ζύμωσης. Η αιθανόλη μετά από την εξάτμιση φιλτράρεται σε ένα «μοριακό» κόσκινο από ζεόλιθους. Αυτός ο τύπος «μοριακού» φίλτρου συγκρατεί επιλεκτικά τα μόρια νερού, αυξάνοντας το ποσοστό της αιθανόλης πέρα από το αζεοτροπικό σημείο.

Μετά την διαδικασία της αφυδάτωσης η αιθανόλη πρέπει να απομονωθεί, χωρίς οποιαδήποτε επαφή μεταξύ αυτής και της ατμόσφαιρας. Η άνυδρη αιθανόλη είναι σε θέση να απορροφήσει την περιβαλλοντική υγρασία. Για αυτόν τον λόγο, μόλις αφυδατωθεί, η αποθήκευση και η μεταφορά πρέπει να πραγματοποιούνται σε μια ατμόσφαιρα χωρίς αέρα, από άζωτο και CO<sub>2</sub>.

➤ 7. **Συγκέντρωση παραπροϊόντος:** Σχεδόν το 90% του προϊόντος της απόσταξης θα μετατραπεί σε ένα παραπροϊόν μηδενικής περιεκτικότητας σε αλκοόλ, το οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί με διάφορους τρόπους. Η πιο συνηθισμένη χρήση του είναι η συγκέντρωσή του και η ξήρανση για χρήση σε ζωοτροφές. Η συγκέντρωση αυτή πραγματοποιείται ταυτόχρονα με την διαδικασία της απόσταξης, υπό πίεση κενού, ώστε να μειωθεί το ενεργειακό κόστος που συνδέεται με αυτή τη διαδικασία.



Σχήμα 10. Παραγωγή βιοαιθανόλης από διαφορετικούς τύπους βιομάζας (Πηγή: Rutz - Janssen 2008, 53)

#### 4.3.4. Σύγκριση της βιοαιθανόλης με την βενζίνη<sup>41</sup>

	Πυκνότητα [kg/l]	Ιξώδες [mm <sup>2</sup> /s]	Σημείο ανάφλεξης [°C]	Ενεργειακό περιεχόμενο στους 20°C [MJ/kg]	Ενεργειακό περιεχόμενο [MJ/l]	Αριθμός Οκτανίου [RON]	Ισοδύναμο καυσίμου [l]
βιοαιθανόλη	0.79	1.5	< 21	26.8	21.17	> 100	0.65
βενζίνη	0.76	0.6	< 21	42.7	32.45	92	1

Πίνακας 12. Σύγκριση χαρακτηριστικών βιοαιθανόλης με βενζίνη. (Πηγή: Rutz and Janssen 2008, 56).

Η βιοαιθανόλη είναι ένα εύφλεκτο άχρωμο διαυγές βιοαποικοδομήσιμο χαμηλής τοξικότητας υγρό. Είναι καύσιμο υψηλού αριθμού οκτανίων (115 οκτάνια) σε σχέση με τον αριθμό οκτανίων της βενζίνης. Ο αριθμός οκτανίου είναι ένα μετρό ποιότητας καυσίμου για μηχανές εσωτερικής καύσης. Δείχνει το βαθμό αντικρουστικής ικανότητας ενός καυσίμου. Όσο μεγαλύτερος ο αριθμός οκτανίου τόσο μεγαλύτερη η επιτρεπόμενη σχέση συμπίεσεως αρά και η ενεργειακή απόδοση του κινητήρα. Από την άλλη πλευρά, η ενεργειακή απόδοση της βιοαιθανόλης είναι περίπου κατά ένα τρίτο χαμηλότερη από αυτήν της βενζίνης. Ένα λίτρο βιοαιθανόλης υποκαθιστά μόνο 0,65 λίτρα βενζίνης. Αυτό οφείλεται στο διαφορετικό ενεργειακό περιεχόμενο βενζίνης και βιοαιθανόλης.

Μια άλλη ιδιότητα της βιοαιθανόλης είναι χαμηλή πίεση των ατμών. Όταν αποθηκεύεται ως καθαρό καύσιμο (ή ακόμα και ως μίγμα), έχει χαμηλότερη πίεση ατμών από τη βενζίνη, και έτσι λιγότερες εκπομπές καυσαερίων. Ωστόσο, σε ψυχρότερα κλίματα η χαμηλή πίεση ατμού καθαρής βιοαιθανόλης μπορεί να προκαλέσει προβλήματα εκκίνησης. Συνεπώς, σε ψυχρά κλίματα συνιστώνται μίγματα βιοαιθανόλης - βενζίνης (E85).

Αντίθετα με τα παραπάνω, το χαμηλότερο επίπεδο μιγμάτων βιοαιθανόλης με βενζίνη τείνει να αύξηση την τάση ατμών της βενζίνης βάσης, στην οποία προστίθεται η βιοαιθανόλη. Όταν η τελευταία αναμειγνύεται μέχρι περίπου 40% με την βενζίνη, τα δύο καύσιμα σε συνδυασμό έχουν υψηλότερες εκπομπές καυσαερίων από ό, τι το καθένα ξεχωριστά.

Επίσης η βιοαιθανόλη τελευταία χρησιμοποιείται και ως προσθετό καύσης και για τον εμπλουτισμό του καυσίμου μίγματος της βενζίνης σε οξυγόνο, με αποτέλεσμα την καλύτερη καύση και λιγότερες εκπομπές ρύπων.

<sup>41</sup> Rutz - Janssen 2008, 56.

#### 4.3.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα βιοαιθανόλης<sup>42</sup>.

• Πλεονεκτήματα της βιοαιθανόλης: Η βιοαιθανόλη ως καύσιμο έχει πολλά πλεονεκτήματα έναντι των συμβατικών καυσίμων, με κυριότερο ίσως την συμβολή της στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Πιο συγκεκριμένα, τα πλεονεκτήματα της είναι:

- Είναι μη ορυκτό καύσιμο του οποίου η παρασκευή και η καύση δεν επιτείνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- Είναι βιοαποικοδομήσιμη, χαμηλής τοξικότητας και διαλυτή στο νερό, με αποτέλεσμα να μην προκαλεί αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον σε περίπτωση διαρροής.
- Η χρήση της μπορεί να μειώσει σημαντικά τις εκπομπές CO<sub>2</sub>, αφού η παραγωγή της μέσω της ζύμωσης της βιομάζας αποτελεί μέρος του κύκλου του άνθρακα.
- Η υψηλή περιεκτικότητα της σε οξυγόνο μειώνει τα επίπεδα του μονοξειδίου του άνθρακα και μάλιστα σε μεγαλύτερο ποσοστό από οποιοδήποτε άλλον οξυγονοποιητή. Εκτιμάται πως η μείωση είναι της τάξεως του 25-30 %.
- Με την χρήση μιγμάτων βιοαιθανόλης μειώνονται δραστικά οι εκπομπές υδρογονανθράκων, οι οποίοι αποτελούν μία από τις κύριες αιτίες για την μείωση του στρώματος του όζοντος.
- Τα μίγματα υψηλής συγκέντρωσης βιοαιθανόλης μειώνουν τις εκπομπές μονοξειδίου του αζώτου σε ποσοστό μεγαλύτερο του 20%.
- Τα μίγματα υψηλής συγκέντρωσης βιοαιθανόλης μπορούν να μειώσουν κατά 30% τις εκπομπές των πτητικών οργανικών συστατικών (Volatile Organic Compounds-VOCs).
- Ως ενισχυτής των αριθμών οκτανίων μπορεί να μειώσει κατά 50% ή και περισσότερο τις εκπομπές του βενζενίου και του βουταδιενίου, τα οποία είναι καρκινογόνα.
- Μειώνει επίσης σημαντικά τις εκπομπές του διοξειδίου του θείου αλλά και της σωματιδιακής ουσίας (Particulate matter), καθώς η περιεκτικότητά της σε θείο είναι χαμηλή έως μηδενική.
- Σαν ενισχυτής του αριθμού οκτανίων αντικαθιστά άλλα επιβλαβή πρόσθετα, όπως τον μόλυβδο.
- Σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα των οποίων τα αποθέματα είναι πεπερασμένα, η βιοαιθανόλη είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, αφού προέρχεται από τη βιομάζα.
- Αυξάνει τον αριθμό των οκτανίων της βενζίνης με μικρό κόστος. Η μηχανή αποδίδει καλύτερα, γίνεται υψηλότερη συμπίεση και το σύστημα καύσης είναι καθαρότερο.
- Μειώνεται η εξάρτηση από το πετρέλαιο. Δημιουργούνται νέες προοπτικές απασχόλησης στον γεωργικό τομέα, καθώς ανοίγει ο δρόμος για τις ενεργειακές καλλιέργειες όπως του ζαχαροκάλαμου, του σόργου κ.ά. Παράγεται εύκολα ακόμα και σε οικογενειακή κλίμακα και αποδίδει 34% περισσότερη ενέργεια από αυτή που απαιτείται για την παραγωγή της.

<sup>42</sup> Rutz - Janssen 2008, 64-71, Παπανικολάου 2006, 7-9, Drapcho et al. 2008, 258-259

• Μειονεκτήματα της βιοαιθανόλης: Αν και η χρήση της καύσιμης βιοαιθανόλης συγκεντρώνει σημαντικά πλεονεκτήματα, υπάρχει και η αντίθετη άποψη που θεωρεί πως η χρήση της δεν θα λειτουργήσει θετικά. Πιο συγκεκριμένα:

- Διατυπώνεται η άποψη ότι είναι πιο σημαντικό να χρησιμοποιηθεί η βιομάζα ως τροφή για να αντιμετωπιστεί η παγκόσμια πείνα, παρά να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαιθανόλης.
- Το ενεργειακό περιεχόμενο της βιοαιθανόλης ισοδυναμεί με τα 2/3 του αντίστοιχου της βενζίνης. Συνεπώς χρειάζεται περισσότερη βιοαιθανόλη για να καλυφθεί η ίδια απόσταση από ένα όχημα.
- Υψηλό κόστος παραγωγής.
- Η αιθανόλη μπορεί να μπλοκάρει ή ακόμη και να καταστρέψει τμήματα του συστήματος καυσίμων σε ορισμένα οχήματα και να σταματήσει την ροή του μείγματος καυσίμου, ειδικότερα σε ζεστές καιρικές συνθήκες.
- Πιστεύεται πως η μείωση των εκπομπών δεν είναι σημαντική και ελάχιστα συνεισφέρει στην βελτίωση της κατάστασης του περιβάλλοντος.
- Οι παραγωγοί των υπόλοιπων καυσίμων εναντιώνονται στην παροχή ιδιαίτερων κινήτρων στην βιομηχανία της βιοαιθανόλης.
- Απαιτείται κρατική στήριξη και ενίσχυση, ενημέρωση του κοινού και απεμπλοκή από την πολιτική χρήσης ορυκτών καυσίμων.

#### **4.4. Κύκλος ζωής βιοκαυσίμων - κριτήρια βιωσιμότητας<sup>43</sup>.**

##### **4.4.1. Κύκλος ζωής βιοκαυσίμων<sup>44</sup>.**

Ο συνολικός κύκλος ζωής ενός προϊόντος και οι επιπτώσεις του είναι εξαιρετικά σημαντικό κριτήριο για την αξιολόγησή του. Τα βιοκαύσιμα δεν είναι ούτε καλά ούτε κακά. Μεταμορφώνονται ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής επεξεργασίας και χρήσης τους. Δυστυχώς ο παρών τρόπος αντιμετώπισής τους εμπνέει ακόμη ανησυχίες. Στην πράξη απαιτείται υψηλός βαθμός ευελιξίας για την πλήρη αξιοποίηση πλεοναζόντων ποσοτήτων προϊόντων που βασικά προορίζονται για διατροφή, όπως είναι για παράδειγμα οι πλεονασματικές ποσότητες ζαχαρούχων ή αμυλούχων προϊόντων, ή κρασιών, ή φρούτων κ.λπ. Οι επιστήμονες φοβούνται έναν ανταγωνισμό εδαφών για τα τέσσερα

<sup>43</sup> Rabl - Spadaro 2007, ch.4, Rapier 2008, 153-173, Kessler 2008, 259-255, Hamelinck et al. 2008, 90-134, Ortiz et al. 2011, 381-393, Χατζηαντωνίου-Μαρούλη - Δαβόρας, 1-11, Χαλιμούρδας 2008, 100-128.

<sup>44</sup> Rutz - Janssen 2008, 24-36.

F: food (τρόφιμα), feed (ζωοτροφές), fiber (υφάσματα), fuel (καύσιμα). Τα βιοκαύσιμα αντιπροσωπεύουν λιγότερο του 1% της παραγόμενης ενέργειας στον κόσμο και η επιρροή τους στις τιμές των αγροτικών προϊόντων ήδη γίνεται αισθητή.

Ανακύπτει συνεπώς ένας σημαντικός αριθμός κοινωνικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών αβεβαιοτήτων. Υπάρχουν μια σειρά από θέματα βιωσιμότητας που θα πρέπει να επιλυθούν. Οι ερωτήσεις που συχνά μπαίνουν επικεντρώνονται στα εξής:

- Πόση γη απαιτείται για την ικανοποίηση των τρεχόντων στόχων;
- Ποιός όγκος βιοκαυσίμων μπορεί να παραχθεί σε παγκόσμιο, σε περιφερειακό και σε εθνικό επίπεδο;
- Τι επιπτώσεις θα έχει η χρήση γης για βιοκαύσιμα στις τοπικές κοινωνίες;

Ακριβείς απαντήσεις στα ερωτήματα αυτά είναι δύσκολες, επειδή εξαρτώνται από μια σειρά επιστημονικών, κοινωνικών, περιβαλλοντικών και οικονομικών παραγόντων, όπως είναι η απόδοση της γης σε πρώτη ύλη, η αποδοτικότητα της μετατροπής, η γεωγραφική θέση για τον τελικό χρήστη, και το είδος της τελικής χρήσης. Πολλές πληροφορίες είναι απαραίτητες για την μείωση των αβεβαιοτήτων σε αυτές τις αξιολογήσεις. Είναι επίσης ζωτικής σημασίας η καθιέρωση διεθνών πλαισίων για την αξιολόγηση της αειφορικής διαχείρισης, όπως και οι προσπάθειες διεθνούς εναρμόνισης των μεθοδολογιών για την μέτρηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και τις επιπτώσεις των βιοκαυσίμων σε παγκόσμιο επίπεδο. Τα βιοκαύσιμα επίσης στην προσπάθεια αύξησης των αποδόσεων δημιουργούν ορισμένες ανησυχίες, όσον αφορά στην χρήση γενετικά τροποποιημένων φυτών και διασποράς αυτών των καλλιεργειών στην τροφική αλυσίδα. Είναι σημαντικό, ως εκ τούτου, να προωθηθεί μια επαναληπτική διαδικασία διαλόγου με το κοινό και τα ενδιαφερόμενα μέρη της κοινωνίας, για να εδραιωθεί το κατάλληλο πλαίσιο ανάπτυξης των βιοκαυσίμων. Πέρα απ' αυτό υπάρχουν κι αρκετές άλλες προτάσεις υποστηρικτικές στην όλη προσπάθεια, όπως για παράδειγμα:

- Η εφαρμογή της πιστοποίησης για τη βιωσιμότητα των βιοκαυσίμων που παράγονται με βάση αντικειμενικά κριτήρια αειφορίας.
- Η δημιουργία μηχανισμών για την διευκόλυνση της αποτελεσματικής μεταφοράς τεχνολογίας προς και μεταξύ των αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς επίσης και για την παραγωγή βιοκαυσίμων εκεί όπου υπάρχει το πρόβλημα της αποκατάστασης των υποβαθμισμένων εδαφών σε προβληματικές λεκάνες απορροής.
- Η εφαρμογή πολιτικών και κινήτρων που θα ενθαρρύνουν περαιτέρω την έρευνα, την ανάπτυξη και την καινοτομία για την βελτίωση των αποδόσεων, την μείωση κόστους και την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Αυτά πρέπει να καλύπτουν το σύνολο των δράσεων, από την πρώτη ύλη για την παραγωγή, μέχρι και την τελική χρήση.

- Διατύπωση των πολιτικών που στοχεύουν στο σύνολο του ζητήματος, για να διασφαλισθεί ότι η ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών και η παραγωγή και χρήση των βιοκαυσίμων είναι αποτέλεσμα ολοκληρωμένης κατάρτισης και σχεδιασμού, με στόχο την άμβλυνση της κλιματικής αλλαγής, την αντιμετώπιση του προβλήματος της ενεργειακής ασφάλειας, την οικονομική ανάπτυξη και την κοινωνική δικαιοσύνη με στόχο την αειφορία.

#### **4.4.2. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης των βιοκαυσίμων - κριτήρια βιωσιμότητας<sup>45</sup>.**

##### **▣ Τα πλεονεκτήματα της χρήσης των βιοκαυσίμων:**

- το κυριότερο πλεονέκτημα των βιοκαυσίμων είναι ότι θεωρούνται φιλικά προς το περιβάλλον. Η χρήση τους, δηλαδή η καύση τους στους κινητήρες, γίνεται σε έναν κλειστό κύκλο άνθρακα, αφού η εκπεμπόμενη ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) είναι η ίδια που απορροφήθηκε κατά την ανάπτυξη των φυτών από τα οποία παράγονται τα βιοκαύσιμα.
- επιπλέον, λόγω της πολύ χαμηλής ή μηδενικής περιεκτικότητάς τους σε θείο οι εκπομπές διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>) είναι μηδενικές ή πολύ χαμηλές σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα.
- δεν περιέχουν αρωματικούς υδρογονάνθρακες.
- έχουν χαμηλές εκπομπές οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>), ειδικά η βιοαιθανόλη, μονοξειδίου του άνθρακα (CO), άκαυστων υδρογονανθράκων και αιθάλης (αιωρούμενα σωματίδια).
- έχουν καλύτερο ενεργειακό ισοζύγιο, δημιουργώντας καλύτερο ισοζύγιο έναντι των αερίων του θερμοκηπίου.
- είναι βιοαποικοδομήσιμα.
- συμβάλλουν στη διατήρηση των φυσικών πόρων.

##### **▣ Τα μειονεκτήματα της χρήσης των βιοκαυσίμων:**

- Η παραγωγή των βιοκαυσίμων, κατά την επεξεργασία της πρώτης ύλης, χρειάζεται ενέργεια που λαμβάνεται από ορυκτά καύσιμα. Επίσης, στην παραγωγή/ καλλιέργεια της πρώτης ύλης, στη συγκομιδή και την μεταφορά της, καθώς και στην μεταφορά και διανομή των βιοκαυσίμων, χρησιμοποιούνται, τουλάχιστον προς το παρόν, μηχανήματα και οχήματα που κινούνται με ορυκτά καύσιμα και κατά συνέπεια εκπέμπουν διοξείδιο του άνθρακα. Για ορισμένους, αυτό ανατρέπει την άποψη ότι τα βιοκαύσιμα είναι ουδέτερα σε εκπομπές άνθρακα.
- Η ευρεία και εντατική καλλιέργεια ενεργειακών φυτών οδηγεί σε μονοκαλλιέργεια, υποβάθμιση των χρήσεων γης και σημαντικές επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα (απομάκρυνση πουλιών και εντό-

<sup>45</sup> McCormick et al. 2005, ch.7, Αγερίδης - Χρήστου 2006, 2-5.

μων), στην παροχή του νερού (λόγω αυξημένων απαιτήσεων στην άρδευση των ενεργειακών καλλιεργειών) και στην ποιότητα του εδάφους.

- Η χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, που βασίζονται σε ενώσεις του αζώτου, του θείου και της αμμωνίας, αυξάνει την οξύτητα του εδάφους και των νερών, δημιουργώντας παράλληλα σε αυτό συνθήκες ευτροφισμού.
- Οι κινητήρες που καίνε βιοντίζελ εκπέμπουν περισσότερα οξείδια του αζώτου ( $\text{NO}_x$ ) σε σύγκριση με την καύση πετρελαίου κίνησης.
- Η παραγωγή των βιοκαυσίμων μπορεί να είναι περισσότερο δαπανηρή από άλλους τρόπους μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.
- Σε μια παγκοσμιοποιημένη αγορά πρώτων υλών και καυσίμων και σε ένα παγκοσμιοποιημένο σύστημα μεταφοράς και υπολογισμού εκπομπών και δικαιωμάτων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, που τείνει να διαμορφωθεί, είναι πολύ πιθανό τα οφέλη από τη χρήση των βιοκαυσίμων να τα καρπωθούν οι αναπτυγμένες χώρες, μειώνοντας τις εκπομπές του κλάδου των μεταφορών, ενώ τα μειονεκτήματα από την καλλιέργεια των φυτών και την παραγωγή της πρώτης ύλης, να βλάψουν τις χώρες του Τρίτου Κόσμου που θα διαθέσουν μεγάλες εκτάσεις για ενεργειακές καλλιέργειες. Έτσι, οι αναπτυγμένες χώρες μπορεί να φαίνονται ότι επιτυγχάνουν τους στόχους τους ως προς το Πρωτόκολλο του Κιότο, ενώ ταυτόχρονα οι αναπτυσσόμενες χώρες να παρουσιάζονται με αυξημένες εκπομπές, λόγω αυξημένης χρήσης λιπασμάτων, διάβρωσης του εδάφους και επεξεργασίας της πρώτης ύλης για την παραγωγή «καθαρών» βιοκαυσίμων.
- Μεγάλο πρόβλημα μπορεί να θεωρηθεί η προώθηση των μεταλλαγμένων ενεργειακών φυτών όπως π.χ. της γενετικά τροποποιημένης ελαιοκράμβης. Αυτά θα αποτελέσουν μάλλον τον δούρειο ίππο της προώθησης των μεταλλαγμένων στις χώρες όπου απαγορεύονται.
- Τέλος, η αυξανόμενη ζήτηση καυσίμων μπορεί να οδηγήσει φτωχές, αναπτυσσόμενες τροπικές και υποτροπικές χώρες, όπου ευνοείται η καλλιέργεια πολύ αποδοτικών (μέχρι και δέκα φορές περισσότερο από τις αντίστοιχες καλλιέργειες σε εύκρατες περιοχές) ενεργειακών φυτών, στον περιορισμό των εκτάσεων που παράγουν τρόφιμα για την παραγωγή βιοκαυσίμων. Ωστόσο, μια τέτοια πρακτική θα έχει ολέθριες συνέπειες στους κατοίκους των περιοχών αυτών, αφού η παραγωγή βιοκαυσίμων ελάχιστα ή και καθόλου δεν θα βελτιώσει τα έσοδα και το βιοτικό τους επίπεδο, ενώ ταυτόχρονα θα στερηθούν τα λίγα αλλά απαραίτητα για την επιβίωσή τους τρόφιμα.

Η πραγματικότητα λοιπόν είναι πολύπλοκη. Γι' αυτό στη χρήση βιοκαυσίμων πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο συνολικός κύκλος με χρήση κριτηρίων βιωσιμότητας όπως:

- Το ενεργειακό ισοζύγιο. Όπως έχει ήδη αναλυθεί, σύμφωνα με αρκετές μελέτες πολλά βιοκαύσιμα παράγουν λιγότερη ενέργεια από όση καταναλώνεται κατά την διαδικασία παραγωγής, επεξεργασίας και μεταφοράς τους. Αυτά σίγουρα θα πρέπει να εξαιρεθούν από την παραγωγή και χρήση τους και είναι εντελώς παράλογο να παρουσιάζονται ως μέρος της λύσης.
- Η πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται: είναι κρίσιμο το ζήτημα αν πρόκειται για αναγκαίο διατροφικό σπόρο ή για μη διατροφικό φυτό, ή δασικό- αγροτικό υπόλειμμα. Τα υπολείμματα που πετιόνται, στις περιπτώσεις που είναι αποδοτικά, πρέπει να έχουν προτεραιότητα. Πρέπει επίσης να έχουν προτεραιότητα στην χρηματοδότηση της έρευνας.
- Αν καταστρέφονται δάση για δημιουργία αγροτικής γης, κάτι που δυστυχώς επιτείνει το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής.
- Αν χρησιμοποιείται αγροτική γη υψηλής ή χαμηλής ή περιθωριακής παραγωγικότητας.
- Σε ποιο βαθμό επιβαρύνεται το περιβάλλον και ο υδροφόρος ορίζοντας με τοξικές ουσίες από λιπάσματα και φυτοφάρμακα και γενικά η συνολική περιβαλλοντική επιβάρυνση από την καλλιέργεια των φυτών και την παραγωγή των καυσίμων.
- Αν η παραγωγή και η επεξεργασία τους γίνεται με νέες τεχνολογίες και μεθόδους, όπως η χρήση αλγών (φύκια) που αναπτύσσονται σε ελεγχόμενες δεξαμενές.
- Η ποιότητα του εδάφους και οι απαιτήσεις σε λιπάσματα και φυτοφάρμακα, καθώς και οι ανάγκες σε άρδευση και η προέλευση του νερού.
- Το κόστος παραγωγής, επεξεργασίας, μεταφοράς, διανομής και χρήσης των βιοκαυσίμων.

Τα βιοκαύσιμα δεν μπορούν από μόνα τους να είναι «η λύση» στα προβλήματα του περιβάλλοντος. Μπορούν μόνο να είναι μέρος της λύσης.



## Κεφάλαιο 5. Ευρωπαϊκό και ελληνικό θεσμικό πλαίσιο<sup>46</sup>

### 5.1. Το πρωτόκολλο του Κιότο.

Σε μια προσπάθεια αντιμετώπισης των κλιματικών αλλαγών η διεθνής κοινότητα συμφώνησε στην μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, υπογράφοντας την σύμβαση-πλαίσιο για την κλιματική αλλαγή γνωστό ως το πρωτόκολλο του Κιότο. Η συμφωνία αυτή επικυρώθηκε από περισσότερες των 100 χωρών στο Κιότο της Ιαπωνίας το 1997. Εκεί οι ανεπτυγμένες χώρες δεσμεύτηκαν να μειώσουν συνολικά τις εκπομπές των 6 κύριων αερίων του θερμοκηπίου (διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, υποξείδιο του αζώτου και διάφορα βιομηχανικά φθοριούχα αέρια κατά 5,2% με βάση τις εκπομπές του 1990 ως το 2012).

Το πρωτόκολλο είναι ένα θετικό βήμα αλλά ατελές για την σωτηρία του πλανήτη και για την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς αποτελεί την πρώτη συμφωνία που έθεσε συγκεκριμένο στόχο μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου και αναγνώρισε την κοινή αλλά διαφοροποιημένη ευθύνη των διαφόρων χωρών. Ο κοινός στόχος είναι η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 5,2%, αλλά η ευθύνη κάθε κράτους είναι διαφοροποιημένη με βάση τις ανάγκες ανάπτυξής τους και την ιστορική ευθύνη στη δημιουργία του φαινομένου.

Μαζί με το πρωτόκολλο του Κιότο γεννήθηκε μια σειρά πολύπλοκων εννοιών. Οι έννοιες αυτές ονομάζονται «ευέλκτοι μηχανισμοί», οι οποίοι στην πραγματικότητα απετέλεσαν έμμεσους τρόπους για την αποφυγή της πραγματικής μείωσης των εκπομπών. Οι ευέλκτοι αυτοί μηχανισμοί παρέχουν το δικαίωμα στις ανεπτυγμένες χώρες να πωλούν και να αγοράζουν πιστώσεις ρύπων μεταξύ τους. Εν ολίγοις, όταν μια χώρα έχει καταφέρει να μειώσει σε μεγαλύτερο ποσοστό τα αέρια του θερμοκηπίου από αυτό για το οποίο δεσμεύτηκε, έχει τη δυνατότητα να εμπορευτεί την επιπλέον αυτή ποσότητα με κάποια χώρα η οποία δεν κατάφερε να φτάσει στο στόχο της.

Συνεπώς, τα περιθώρια που προσφέρει το πρωτόκολλο του Κιότο στην ανάπτυξη της αγοράς του διοξειδίου του άνθρακα το καθιστά ανεπαρκές για την προστασία του κλίματος. Όμως οι περιβαλλοντικές οργανώσεις, οι φορείς τοπικής αυτοδιοίκησης, αλλά και ορισμένες κυβερνήσεις πιέζουν για νέους πιο φιλόδοξους αλλά αναγκαίους στόχους, για σοβαρότερη προσπάθεια μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

---

<sup>46</sup> Υ.ΠΕ.Κ.Α, 6<sup>η</sup> Εθνική Έκθεση 2010, 2-21

## 5.2. Ευρωπαϊκή πολιτική και νομοθεσία<sup>47</sup>.

Η ευρωπαϊκή αγορά βιοκαυσίμων έχει επωφεληθεί από την αμέριστη υποστήριξη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής μέσω της συμφωνίας του Κιότο, καθώς επίσης και των Οδηγιών 2003/30/EC και 2003/96/EK, οι οποίες στοχεύουν ειδικά στο να προωθήσουν την αύξηση της χρήσης βιοκαυσίμων και να θέσουν ενδεικτικούς στόχους για την χρήση τους στον τομέα των μεταφορών.

Οι λόγοι που λαμβάνονται τα μέτρα αυτά είναι κυρίως περιβαλλοντικοί και γεωπολιτικοί και δευτερευόντως οικονομικοί και κοινωνικοί:

- Οι περιβαλλοντικοί λόγοι αποσκοπούν στην μείωση των εκπομπών από τον κλάδο των μεταφορών, στην συμβολή επίτευξης των εθνικών στόχων (υποχρεώσεων) του Πρωτοκόλλου του Κιότο και στην αναμενόμενη επιβολή περιορισμών στις εκπομπές ρύπων από τα καυσαέρια των κινητήρων των αυτοκινήτων.
- Με κριτήρια γεωπολιτικά επιδιώκεται η εξασφάλιση του εφοδιασμού των εναλλακτικών καυσίμων, η μείωση των εισαγωγών και της εξάρτησης της Ευρώπης από τις πετρελαιοπαραγωγές χώρες.
- Οι οικονομικοί λόγοι σχετίζονται με την δημιουργία νέων πεδίων επιχειρηματικής και εμπορικής δραστηριότητας σε έναν τομέα με μεγάλο κύκλο εργασιών, τον τομέα των καυσίμων, και την ανάπτυξή τους σε χώρες και περιοχές που μέχρι σήμερα δεν σχετίζονται με την εξόρυξη πετρελαίου.
- Τέλος, οι κοινωνικοί λόγοι αποβλέπουν στην δυνατότητα χάραξης νέας αγροτικής πολιτικής και εξασφάλισης νέων αγροτικών δραστηριοτήτων σε εθνικό αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο, δημιουργώντας θέσεις εργασίας και αξιοποιώντας αγροτικές εκτάσεις με περισσότερο αποδοτικό τρόπο.

Όλοι οι λόγοι αυτοί ήταν γνωστοί από χρόνια. Δύο παράγοντες, όμως, ώθησαν στην λήψη μέτρων για την αύξηση της παραγωγής και της χρήσης των βιοκαυσίμων:

- η συνειδητοποίηση της σοβαρότητας των περιβαλλοντικών προβλημάτων και της διαφαινόμενης κλιματικής αλλαγής
- η μεγάλη αύξηση των τιμών του πετρελαίου που κάνει τις εναλλακτικές λύσεις βιώσιμες οικονομικά και το κόστος των νέων καυσίμων ανταγωνιστικό στα παράγωγα του πετρελαίου.

Η Οδηγία 2003/30/EK της 8ης Μαΐου 2003 («Προώθηση της χρήσης των βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για τις μεταφορές») θέτει τα θεμέλια για την προώθηση των εναλλακτικών καυσίμων στην Ε.Ε. Διευκρινίζει συγκεκριμένα ότι τα κράτη μέλη πρέπει να εξασφαλίσουν ότι ένα συγκεκριμένο μερίδιο της αγοράς καυσίμων θα καλυφθεί από βιοκαύσιμα και άλλα ανανεώσιμα καύσιμα και να θέσουν εθνικούς ενδεικτικούς στόχους για την επίτευξη αυτού του σκοπού.

<sup>47</sup> Αγερίδης - Χρήστου 2006, 1-2, Sweethanol 2011, 9-12.

Οι τιμές αναφοράς αυτών των στόχων ήταν:

- η αντικατάσταση του 2% της βενζίνης και του πετρελαίου που καταναλώνονται στον τομέα των μεταφορών μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 2005.
- η αντικατάσταση του 5,75% της βενζίνης και του πετρελαίου που καταναλώνονται στον τομέα των μεταφορών μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 2010.
- η αύξηση του μεριδίου της ανανεώσιμης ενέργειας στον τομέα των μεταφορών και η μείωση των εκπομπών του CO<sub>2</sub>, του CO, των NO<sub>x</sub>, των VOC και άλλων μορίων επιβλαβών για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον.

Σύμφωνα με την Οδηγία, τα κυριότερα βιοκαύσιμα είναι: η βιοιθανόλη, το βιοντίζελ (ντίζελ-μεθυλικός εστέρας- που παράγεται από βιομάζα ή χρησιμοποιημένα φυτικά έλαια και που αξιοποιείται ως βιοκαύσιμο), το βιοαέριο (αέριο καύσιμο που παράγεται από βιομάζα ή/και υποπροϊόντα της αναερόβιας ζύμωσης, τα μετά από επεξεργασία ανάγονται σε φυσικό αέριο), η βιομεθανόλη, ο βιο-διμεθυλικός-αιθέρας, το βιο-ETBE, το βιο-MTBE, τα συνθετικά βιοκαύσιμα (συνθετικοί υδρογονάνθρακες ή μίγματα συνθετικών υδρογονανθράκων που παράγονται από βιομάζα), το βιοϋδρογόνο.

Τα βιοκαύσιμα είναι διαθέσιμα σε οποιοσδήποτε από τις ακόλουθες μορφές:

- ως καθαρά βιοκαύσιμα ή σε υψηλή συγκέντρωση σε παράγωγα του πετρελαίου, σύμφωνα με τα σχετικά ποιοτικά πρότυπα.
- αναμειγμένα με παράγωγα του ορυκτού πετρελαίου, σύμφωνα με τους ευρωπαϊκούς κανόνες που περιγράφουν τις τεχνικές προδιαγραφές για τα καύσιμα μεταφορών (το EN 228 και το EN 590).
- ως υγρά που προέρχονται από βιοκαύσιμα, όπως ETBE (αντίστοιχα MTBE) όπου το ποσοστό των βιοκαυσίμων είναι 47% κατ' όγκο (αντίστοιχα 36% v/v).

Η Οδηγία 2003/96/EK της 27<sup>ης</sup> Οκτωβρίου 2003 εστιάζει κυρίως στην φορολογία που εφαρμόζεται για τα βιοκαύσιμα. Αυτή η Οδηγία τροποποιεί τον Κοινοτικό φόρο στην ενέργεια και τα ενεργειακά προϊόντα. Σε αυτήν την Οδηγία επίσης εισήχθησαν οι ακόλουθες διατάξεις:

- αρθ. 16.1: τα κράτη μέλη μπορούν να εφαρμόσουν φορολογική απαλλαγή ή μειωμένο φόρο στα βιοκαύσιμα.
- αρθ. 16.3: η απαλλαγή ή η μείωση του φόρου μπορεί να διαμορφωθεί σύμφωνα με την εξέλιξη της τιμής των πρώτων υλών.
- αρθ. 16.5: η περίοδος προσαρμογής είναι έξι έτη, αν και αυτή η περίοδος μπορεί να διευρυνθεί έως τις 31/12/2012.
- αρθ. 28.2: απαλλαγή ή την μείωση του φόρου επιτρέπεται από την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2003

Τον Ιανουάριο του 2007 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξέδωσε ανακοίνωση (COM 2007), προτείνοντας μια ενεργειακή πολιτική για την Ευρώπη με στόχο την καταπολέμηση της αλλαγής του κλίματος και την ενίσχυση της ενεργειακής ασφάλειας και της ανταγωνιστικότητας της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Στην ανακοίνωση περιγράφεται η ανάγκη για την Ε.Ε. να καταρτίσει μια ενεργειακή πορεία προς μια ασφαλέστερη, αειφόρο και χαμηλών εκπομπών σε διοξείδιο του άνθρακα οικονομία. Με βάση την πρόταση αυτή τον Μάρτιο του 2007 το Συμβούλιο ενέκρινε τους ακόλουθους στόχους:

- μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον κατά 20% (σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990) μέχρι το 2020.
- αύξηση της ενεργειακής απόδοσης κατά 20% μέχρι το 2020.
- αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην τελική κατανάλωση ενέργειας σε 20% μέχρι το 2020.
- αύξηση του επιπέδου χρήσης των βιοκαυσίμων στα καύσιμα μεταφορών στο 10% μέχρι το 2020.

Πιο συγκεκριμένα στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι στόχοι που έχει θέσει η Ε.Ε. για κάθε μια χώρα που είναι κράτος-μέλος της. Επιπλέον, παρουσιάζονται και τα ποσοστά των ΑΠΕ που συγκέντρωναν οι ίδιες χώρες για τα έτη 2006, 2007 και 2008.

<b>ΣΤΟΧΟΣ Ε.Ε. ΓΙΑ ΤΙΣ ΧΩΡΕΣ ΜΕΛΗ:</b>				
<b>ΧΩΡΕΣ</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>ΣΤΟΧΟΣ ΓΙΑ ΤΟ 2020</b>
Ηνωμένο Βασίλειο	1,50 %	1,80 %	2,20 %	15,0 %
Ιρλανδία	3,10 %	3,40 %	3,80 %	16 %
Γαλλία	9,60	10,20 %	11 %	23 %
Δανία	16,80	18,10 %	18,70 %	30 %
Ολλανδία	2,50	3 %	3,20 %	14 %
Ιταλία	5,30	5,20 %	6,60 %	17 %
Λετονία	31,30	29,70 %	29,80 %	40 %
<b>Ελλάδα</b>	<b>7,20</b>	<b>8,10 %</b>	<b>7,90 %</b>	<b>18 %</b>
Σλοβενία	15,50	15,60 %	15,10 %	25%
Μάλτα	0,10	0,20 %	0,20 %	10 %
Βέλγιο	2,70	3 %	3,30 %	13 %
Ισπανία	9,10	9,50 %	10,70 %	20 %
Γερμανία	6,90	9 %	8,90 %	18 %

Κύπρος	2,50	3,10 %	4,10 %	13 %
Λουξεμβούργο	0,90	2 %	2,10 %	11 %
Λιθουανία	14,70	14,20 %	14,90 %	23 %
Πορτογαλία	20,50	22,20 %	23 %	31 %
Φινλανδία	29,20	28,90 %	3,50 %	38 %
Πολωνία	7,40	7,30 %	7,80 %	15 %
Βουλγαρία	9,30	9,10 %	9,30 %	16 %
Ουγγαρία	5,10	6 %	6,60 %	13 %
Εσθονία	16,10	17,10 %	18,90 %	25 %
Τσεχία	6,40	7,30 %	7,20 %	13 %
Σλοβακία	6,20	7,40 %	8,30 %	14 %
Αυστρία	24,80	26,60 %	28,30 %	34 %
Σουηδία	42,70	44,20 %	44,40 %	49 %
Ρουμανία	17,50	18,70 %	20,30 %	24 %
ΕΕ27	8,80	9,70 %	10,30 %	20 %

Πίνακας 13. Στόχος Ε.Ε. για τα κράτη μέλη αναφορικά με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. (20-20-20) (Πηγή: [www.energy.eu](http://www.energy.eu))

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε πως ο στόχος για την Ελλάδα το 2020 είναι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας να προέρχεται από ΑΠΕ σε ποσοστό 18%, ποσοστό μεγάλο σχετικά με αυτό του 2008 και των δύο προηγούμενων ετών.

Η οδηγία 2009/28/ΕΚ της 23<sup>ης</sup> Απριλίου 2009 (οδηγία ΑΠΕ) εισάγει έναν νέο στόχο για την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στον τομέα των μεταφορών:

- 10% της τελικής κατανάλωσης πρέπει να καλυφθεί από ΑΠΕ ως το 2020.

Επιπλέον η οδηγία εισάγει για πρώτη φορά τον στόχο της μείωσης για τις εκπομπές αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου από τα καύσιμα.

- η μείωση εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου λόγω της χρήσης των βιοκαυσίμων θα είναι τουλάχιστον 35%.
- από την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2017, η μείωση εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου από τη χρήση των βιοκαυσίμων θα είναι τουλάχιστον 50%.
- από την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2018, η μείωση εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 60% για βιοκαύσιμα παραχθέντα σε εγκαταστάσεις στις οποίες η παραγωγή θα αρχίσει την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2017 ή μετά από αυτήν.

Επιπλέον αυτή η οδηγία δείχνει ότι η ανάπτυξη των ΑΠΕ πρέπει να συνδυαστεί με την βελτίωση της ενεργητικής αποδοτικότητας, σε μια συνολική προσπάθεια μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην Ε.Ε.

Άλλοι στόχοι και εφαρμογές της οδηγίας είναι οι ακόλουθοι:

- να θεσπιστεί κοινό πλαίσιο για την προώθηση της παραγόμενης από ΑΠΕ ενέργειας.
- να καθορίσει τους υποχρεωτικούς εθνικούς στόχους που σχετίζονται με την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ για την τελική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, αλλά και τους στόχους για τις μεταφορές σχετικούς με την ανανεώσιμη ενέργεια.
- να θεσπίσει τα πρότυπα για τις στατιστικές σχετικές με τις μεταφορές για τα κράτη μέλη, τα κοινά προγράμματα μεταξύ των κρατών μελών με τις εξωτερικές χώρες, τις εγγυήσεις προέλευσης, τις διαδικασίες διοίκησης, τις πληροφορίες, την πρόσβαση στο δίκτυο ισχύος για την παραγόμενη ανανεώσιμη ενέργεια.

Η οδηγία 2009/30/EK της 23<sup>ης</sup> Απριλίου 2009 στοχεύει στην βελτίωση της ατμοσφαιρικής ποιότητας και την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, μέσω περιβαλλοντικών προτύπων για τα καύσιμα. Διευκολύνει επίσης τον ήδη διαδεδομένο συνδυασμό βιοκαυσίμων στη βενζίνη και το πετρέλαιο και για να αποφύγει τις αρνητικές συνέπειες, θέτει φιλόδοξα κριτήρια για τα βιοκαύσιμα.

Η αναθεωρημένη οδηγία δείχνει ότι ως το 2020 οι προμηθευτές καυσίμων πρέπει να μειώσουν κατά 6% τις βλαβερές για το κλίμα εκπομπές, κατά την διάρκεια ολόκληρου του κύκλου ζωής των προϊόντων τους. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί συγκεκριμένα με την πρόσμιξη των βιοκαυσίμων στη βενζίνη και το πετρέλαιο, καθώς επίσης και με την βελτίωση της τεχνολογίας παραγωγής στις εγκαταστάσεις διυλιστηρίων.

Για να γίνουν εφικτές αυτές οι περικοπές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, η βενζίνη πρέπει να έχει υψηλότερη περιεκτικότητα σε βιοκαύσιμα. Από το 2011, η βενζίνη θα μπορεί να περιέχει βιοαιθανόλη έως και 10% (v/v). Προκειμένου όμως να αποφευχθεί η ζημία στα παλαιά αυτοκίνητα, καύσιμα με περιεκτικότητα σε βιοαιθανόλη 5% (v/v), θα συνεχίσουν να είναι διαθέσιμα μέχρι το 2013, με την δυνατότητα τα κράτη μέλη να επεκτείνουν αυτή την περίοδο.

Η οδηγία ενσωματώνει επίσης τα ίδια κριτήρια σχετικά με το περιβάλλον και την βιώσιμη ανάπτυξη, που αφορούν τα βιοκαύσιμα, όπως αυτά θεσπίστηκαν στην οδηγία 2009/28/EK, επιβάλλει όρια στο περιεχόμενο του θείου και των μεταλλικών πρόσθετων ουσιών στα καύσιμα μηχανών και τέλος, ορίζει αυστηρά την μέγιστη πίεση ατμού των καυσίμων, προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι εκπομπές πτητικών ατμοσφαιρικών ρύπων. Τα αναθεωρημένα περιβαλλοντικά ποιοτικά πρότυπα καθώς επίσης και τα κριτήρια βιώσιμης ανάπτυξης για τα βιοκαύσιμα θα ισχύσουν από το 2011.

Τα κράτη-μέλη όφειλαν να εναρμονίσουν την Οδηγία με την εθνική τους νομοθεσία ως τα τέλη του 2010.

### 5.3. Θεσμικό ελληνικό πλαίσιο<sup>48</sup>.

Το 2005, ακολουθώντας την οδηγία 2003/30/EK, η Ελληνική Κυβέρνηση ενέκρινε το νόμο 3423/2005 για την «εισαγωγή των βιοκαυσίμων και άλλων ανανεώσιμων καυσίμων στην ελληνική αγορά». Το Δεκέμβριο του 2005, καθαρό βιοντίζελ διανεμήθηκε στα διυλιστήρια της χώρας και στις εγκαταστάσεις εταιρειών διανομής που εφοδιάζουν τα πρατήρια με πετρέλαιο κίνησης, σε ένα ποσοστό μέχρι 5% v/v (σύμφωνα με το πρότυπο EN 590:2004).

Ο νόμος αποσκοπούσε στην αύξηση του μεριδίου των βιοκαυσίμων και άλλων ανανεώσιμων καυσίμων στην ελληνική αγορά σε ποσοστό 5,75% του συνόλου της βενζίνης και του ντίζελ, που καταναλώνεται στον τομέα των μεταφορών, έως τις 31 Δεκεμβρίου 2010.

Η διανομή του βιοντίζελ στην ελληνική αγορά εφαρμόζεται μέσω ενός ετήσιου συστήματος ποσόστωσης, το οποίο καθορίζει τις υποχρεώσεις ανάμειξης πετρελαίου στα διυλιστήρια και στις επιχειρήσεις διανομής. Το βιοντίζελ στην Ελλάδα παράγεται σύμφωνα με τον κανονισμό της Ελληνικής Οργάνωσης Τυποποίησης, ΕΛΟΤ το EN 14214 που υιοθετήθηκε με την Ελληνική Κοινή Υπουργική Απόφαση 334/2004.

Η εθνική στρατηγική βιοκαυσίμων περιελάμβανε οικονομικά και νομικά κίνητρα που αφορούσαν την υποστήριξη των ενεργειακών καλλιεργειών για την παραγωγή βιοκαυσίμων, την ενίσχυση των επενδύσεων για την δημιουργία μονάδων παραγωγής βιοκαυσίμων, την υποχρεωτική χρήση όλου του βιοντίζελ που παράγεται στα πλαίσια του «ετήσιου προγράμματος διανομής βιοκαυσίμων». Για να ενεργοποιηθεί η ανάπτυξη της εθνικής παραγωγής πρώτων υλών, το βιοντίζελ που παράγεται στα πλαίσια συμφωνιών μεταξύ αγροτών και επιχειρήσεων, εντάσσεται με προτεραιότητα στο ετήσιο αυτό πρόγραμμα διανομής. Πιο συγκεκριμένα, με το νόμο 3423/2005:

- δόθηκε στους αγρότες επιχορήγηση 4,5 €/στρέμμα ενεργειακής καλλιέργειας.
- προσφέρθηκε επιχορήγηση 6 €/στρέμμα καλλιέργειας στις μονάδες παραγωγής βιοντίζελ που διαθέτουν επίσης καλλιέργειες.
- τα βιοκαύσιμα δεν υπόκειντο στο φόρο ορυκτού καυσίμου.
- τα διυλιστήρια υποχρεώθηκαν να χρησιμοποιήσουν όλο το βιοντίζελ.
- ενθάρρυνε τη σύναψη συμφωνιών μεταξύ των αγροτών και των μονάδων παραγωγής, καθώς για να ενταχθεί η παραγωγή μιας μονάδας βιοκαυσίμων στα αφορολόγητα καύσιμα, έπρεπε το

---

<sup>48</sup> Sweethanol, 2011, 18-20.

30% των πρώτων υλών που επεξεργάζεται να καλυφθεί από μια σύμβαση μεταξύ της μονάδας παραγωγής βιοκαυσίμων και των αγροτών.

Το 2008 προωθήθηκε ο νόμος 3653/2008, με τον οποίο η φορολογική απαλλαγή και οι επιχορηγήσεις για τα βιοκαύσιμα καταργήθηκαν και εισήχθηκε μια νέα μεθοδολογία για την διανομή της ετήσιας διαθέσιμης ποσότητας του βιοντίζελ (άρθρο 55). Επιπλέον, δημιουργήθηκε το πλάνο εισαγωγής της βιοαιθανόλης στην ελληνική αγορά μεταφορών για την περίοδο 2010-2016 (νόμος 3653/2008, άρθρο 56).

Το 2009, προκειμένου να προωθήσει περαιτέρω την διανομή μιγμάτων με υψηλότερα ποσοστά βιοντίζελ στο ντίζελ και βιοαιθανόλης στη βενζίνη, ο νόμος 3769/2009 επέτρεψε τη διανομή μιγμάτων υψηλότερης ποσότητας από τα μίγματα που έθεσε το Ανώτατο Χημικό Συμβούλιο (ΑΧΣ), με την προϋπόθεση ότι τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά των μιγμάτων πληρούν τις προδιαγραφές που έχει καθορίσει το ΑΧΣ για τα βιοκαύσιμα ή για άλλα ανανεώσιμα και ορυκτά καύσιμα, ενώ πλέον τοποθετείται ειδική σήμανση στους σταθμούς καυσίμων.

Στο πλαίσιο της εθνικής στρατηγικής για την προώθηση των βιοκαυσίμων, κάθε επένδυση στον τομέα επιδοτήθηκε στα πλαίσια του Εθνικού Αναπτυξιακού Νόμου για την προώθηση των επενδύσεων (Ν. 3299/04, όπως τροποποιήθηκε με τον νόμο 3522/2006). Επιδοτήσεις έως 35% χορηγήθηκαν ανάλογα με την περιοχή και το είδος της επιχείρησης (στην περίπτωση των ΜΜΜ χορηγήθηκε ένα επιπλέον ποσοστό 10-20%). Ο Νέος Εθνικός Αναπτυξιακός Νόμος έπρεπε να ανακοινωθεί στα τέλη Ιανουαρίου 2011. Επιπλέον, το Ελληνικό Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα» για την περίοδο 2007-2013 υποστηρίζει τις επενδύσεις για την παραγωγή βιοκαυσίμων, προσφέροντας επιδοτήσεις ποσοστού μεταξύ 25-50%.

Το 2010 εγκρίθηκε το πρότυπο EN 590:2009, το οποίο επιτρέπει την ανάμειξη βιοντίζελ σε ντίζελ για τις μεταφορές με ένα ποσοστό 7% v/v. Ωστόσο, το ευρωπαϊκό τεχνικό πρότυπο για την βιοαιθανόλη (EN15376) δεν έχει εγκριθεί ακόμα στην ελληνική νομοθεσία. Επιπλέον, στο σημείο αυτό αξίζει να τονιστεί και να επισημανθεί ότι μέχρι στιγμής δεν υπάρχει κάποιο νομικό ή θεσμικό πλαίσιο όσον αφορά γενικότερα την βιώσιμη διαχείριση και την ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών στη χώρα μας, παρά τις επί μέρους προσπάθειες.

Στην Ελλάδα η κατ' εκτίμηση κατανάλωση για το έτος 2009, σύμφωνα με τη 6η Ελληνική Εθνική Έκθεση της βενζίνης και του πετρελαίου ήταν 4.376.240 και 2.375.000 ΤΠΠ αντίστοιχα. Στην Ελλάδα υπάρχουν δεκατρείς εγκαταστάσεις βιοντίζελ που παρήγαγαν το 2009 περίπου 116.832 ΤΠΠ βιοντίζελ και τρεις επιχειρήσεις βιοντίζελ, που εισήγαγαν 14.705 ΤΠΠ βιοντίζελ κατά τη διάρκεια του ίδιου χρόνου. Μέχρι τώρα δεν υπάρχει καμία εγκατάσταση παραγωγής βιοαιθανόλης στη χώρα.



Χώρα	Παραγωγή 2008	Κατανάλωση 2008	Παραγωγή 2009	Κατανάλωση 2009
Ελλάδα	0	0	0	0
Ιταλία	30,471	58,040	36,566	118,014
Ισπανία	189,431	93,179	221,934	152,193
ΕΕ των 27	1,148,265	1,773,788	1,865,766	2,339,241

Πίνακας 14: Σύγκριση παραγωγής και κατανάλωσης βιοαιθανόλης τα έτη 2008-2009, σε Ελλάδα, Ιταλία, Ισπανία, ΕΕ των 27 (σε ΤΠΠ)3 (Πηγή: Sweethanol 2011,18).

Χώρα	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Αυστρία	-	-	-	15	89	180
Βέλγιο	-	-	-	-	-	143
Τσεχία	-	-	15	33	76	112
Φιλανδία	3	13	-	-	50	4
Γαλλία	101	144	293	539	1,000	1,250
Γερμανία	25	165	431	394	568	750
Ουγγαρία	-	35	34	30	150	150
Ιρλανδία	-	-	-	7	10	2
Ιταλία	-	8	128	60	60	72
Λετονία	12	12	12	18	20	15
Λιθουανία	-	8	18	20	20	30
Ολλανδία	14	8	15	14	9	-
Πολωνία	48	64	120	155	200	166
Σλοβακία	-	-	-	30	94	118
Ισπανία	254	303	402	348	317	465
Σουηδία	71	153	140	120	78	175
Ηνωμένο Βασίλειο	-	-	-	20	75	70
ΣΥΝΟΛΟ	528	913	1,608	1,803	2,816	3,702

Πίνακας 15: Δεδομένα παραγωγής βιοαιθανόλης στην Ευρώπη (σε εκατομμύρια λίτρα) (Πηγή: Sweethanol 2011, 11).

Χώρα	2009	2010*
Γερμανία	2539	2861
Γαλλία	1959	1910
Ισπανία	859	925
Ιταλία	737	706
Βέλγιο	416	435
Πολωνία	332	370
Ολλανδία	323	368
Αυστρία	310	289
Πορτογαλία	250	289
Φινλανδία**	220	288
Δανία/ Σουηδία	233	246
Τσεχία	164	181
Ουγγαρία	133	149
Ηνωμένο Βασίλειο	137	145
Σλοβακία	101	88
Λιθουανία	98	85
Ρουμανία	29	70
Λετονία	44	43
Ελλάδα	77	33
Βουλγαρία	25	30
Ιρλανδία**	17	28
Σλοβενία	9	22
Κύπρος	9	6
Εσθονία	24	3
Μάλτα	1	0
Λουξεμβούργο	0	0
<b>Σύνολο 27 Ε.Ε.</b>	<b>9.046</b>	<b>9.570</b>
<p>* Εκτιμήσεις.. ** Οι αριθμοί για την Φινλανδία και την Ιρλανδία περιλαμβάνουν παραγωγή καυσίμου υδρογόνου. Υπόκεινται σε ένα 5% περιθώριο λάθους  Σημείωση: 1 τ. βιοντίζελ αντιστοιχεί σε 0.8837 toe  <b>Πηγή: EBB 2011</b></p>		

Πίνακας 16. Παραγωγή βιοντίζελ στην Ευρωπαϊκή Ένωση για τα έτη 2009 και 2010 (σε χιλιάδες τόνους).

## 5.4. Βιοντίζελ.

Το αυτούσιο βιοντίζελ αναμειγνύεται με το ντίζελ κίνησης έως και 5% κατ' όγκο σύμφωνα με το πρότυπο EN 590:2004, το οποίο ήταν σε ισχύ έως τον Ιανουάριο 2010, ενώ διατίθεται από το υπάρχον δίκτυο διανομής πετρελαίου κίνησης σε όλη τη εγχώρια αγορά. Εντός του έτους 2008 στη χώρα διατέθηκαν 76.255 MT αυτούσιου βιοντίζελ, έναντι υποχρέωσης 112.117 MT, όπως προκύπτει από την απόφαση κατανομής για το έτος 2008 και την απόφαση ανακατανομής για το έτος 2007. Εντός του έτους 2011 δραστηριοποιήθηκαν οι ακόλουθες ελληνικές εταιρείες παραγωγής βιοντίζελ. Με βάση τις διατάξεις του άρθρου 15Α του ν. 3054/2002 όπως ισχύει, κατανέμεται συνολική ποσότητα 132.000 χιλιοδolitρων αυτούσιου βιοντίζελ για το έτος 2011 στους κατωτέρω δικαιούχους, σύμφωνα με την τέταρτη στήλη του κατωτέρω πίνακα:

α/α	Δικαιούχος	Προέλευση κατανεμόμενης ποσότητας αυτούσιου βιοντίζελ	Συνολική ετήσια κατανεμόμενη ποσότητα αυτούσιου βιοντίζελ (σε χιλιοδolitρα)	Προσφερόμενο Μέγιστο υπερτίμημα (premium) (σε €/χλιτ)
0	<b>ΕΚΚΟΚΙΣΤΗΡΙΑ – ΚΛΩΣΤΗΡΙΑ ΒΟΡΕΙΟΥ ΕΛΛΑΔΟΣ Α.Ε.</b> Έδρα: Μερραρχίας Σερρών 50, 691 00, ΚΟΜΟΤΗΝΗ ΑΦΜ: 099761674, ΔΟΥ: ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ	Μον. παραγωγής στο Κουτσό, Δ. Βιστωνίδας, Νομού Ξάνθης	<b>4.447,79</b>	850
1	<b>ΠΕΤΣΑΣ Α.Ε. – ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΕΣΩ-ΡΟΥΧΩΝ</b> Έδρα: Μερραρχίας Σερρών 50, 691 00, ΚΟΜΟΤΗΝΗ ΑΦΜ: 094085605 ΔΟΥ: ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ	Μον. παραγωγής δικαιούχου Μερ. Σερρών 50, Κομοτηνή	<b>1.457,59</b>	480
2	<b>ΒΙΟΝΤΗΖΕΛ Ε.Π.Ε.</b> Έδρα: Ασσηρος 572 00 ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ ΑΦΜ: 800178559, ΔΟΥ: ΛΑΓΚΑΔΑ	Μον. παραγωγής δικαιούχου στο Δήμο Δρυμού Νομού Θεσσαλονίκης	<b>7.071,21</b>	600
3	<b>ΚΑΤΟΪΑ Α.Ε.Β.Ε.</b> Έδρα: Δαμασκηνού 72, 201 00, ΚΟΡΙΝΘΟΣ ΑΦΜ: 998586931, ΔΟΥ: ΚΟΡΙΝΘΟΥ	Εισαγωγή από: EUROBIOFUELS AG (Αυστρία) OXEM S.p.A. (Ιταλία)	<b>2.836,63</b>	685
4	<b>STAFF COLOUR –ENERGY Α.Β.Ε.Ε.</b> Έδρα: ΒΙ.ΠΕ. Λάρισας, 410 04 ΛΑΡΙΣΑ ΑΦΜ: 999085488, ΔΟΥ: Β' ΛΑΡΙΣΗΣ	Μον. παραγωγής δικαιούχου στη ΒΙ.ΠΕ. Λάρισας, Νομού Λάρισας	<b>2.796,20</b>	825
5	<b>AGROINVEST SA</b> Έδρα: Λ. Βουλιαγιμένης 517, 163 41, ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ ΑΦΜ: 094385687, ΑΦΜ: 094385687	Μον. Παραγωγής δικαιούχου στο Αχλάδι Πελασγίας, Νομού Φθιώτιδας	<b>15.323,11</b>	410
6	<b>ΜΟΤΟΡ ΟΪΛ (ΕΛΛΑΣ) ΔΙΎΛΙΣΤΗΡΙΑ ΚΟΡΙΝΘΟΥ Α.Ε.</b> Έδρα: Ηρώδου Αττικού 12Α, 151 24, ΜΑΡΟΥΣΙ ΑΦΜ: 094027509, ΑΦΜ: 094027509	Εισαγωγή από: ASTRA BIOPLANT LTD (Βουλγαρία)	<b>1.897,79</b>	595
7	<b>ΠΑΥΛΟΣ Ν. ΠΕΤΤΑΣ Α.Β.Ε.Ε.</b> Έδρα: Ρ. Φεραίου 131, 262 21 ΠΑΤΡΑ ΑΦΜ: 094112060 ΔΟΥ: Β' ΠΑΤΡΩΝ	Μον. παραγωγής δικαιούχου στο Ο.Τ.28, ΒΙ.ΠΕ. Πατρών, Νομού Αχαΐας	<b>27.891,61</b>	980
8	<b>ΦΥΤΟΕΝΕΡΓΕΙΑ Α.Ε.</b> Έδρα: Παραλίμνιο 612 00 ΣΕΡΡΕΣ ΑΦΜ: 998977390, ΔΟΥ: Β' ΣΕΡΡΩΝ	Μον. παραγωγής δικαιούχου στο Παραλίμνιο Σερρών, Νομού Σερρών	<b>12.586,50</b>	833
9	<b>ΕΛΙΝ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ Α.Ε.</b> Έδρα: Πηγών 33, 145 64 ΚΗΦΙΣΙΑ ΑΦΜ: 999081902, ΦΑΒΕ ΑΘΗΝΩΝ	Μον. παραγωγής δικαιούχου, Β' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου, Βελεστίνο, Νομού Μαγνησίας	<b>10.707,12</b>	1000
10	<b>BIODIESEL Α.Ε</b> Έδρα: 15° χλιμ Λεωφ. Πάρνηθος, 136 71 ΑΧΑΡΝΑΙ ΑΦΜ: 998940149, ΔΟΥ: ΦΑΕΕ ΑΘΗΝΩΝ	Εισαγωγή από: 1. ITAL BI OIL (Ιταλία), 2. ITAL GREEN OIL (Ιταλία), 3. AMBROSIA OILS	<b>7.551,73</b>	450

		(1976) LtD (Κύπρος)		
11	<b>GF ENERGY A.B.E.E.</b> Έδρα: Κηφισίας 56, 151 25, ΜΑΡΟΥΣΙ ΑΦΜ: 998806410, ΔΟΥ: ΦΑΒΕ ΑΘΗΝΩΝ	Μον. παραγωγής δικαιούχου στο Σουσάκι Αγ. Θεοδώρων, Νομού Κορινθίας	<b>17.893,65</b>	795
12	<b>Mil Oil Hellas A.E.</b> Έδρα: Ι. Τσαλονχίδη 4, 542 48 ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ ΑΦΜ: 099770843, ΔΟΥ: ΦΑΕ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	Μον. παραγωγής δικαιούχου στη ΒΙ.ΠΕ. Λευκώνα Σερρών, Νομού Σερρών	<b>3.419,56</b>	815
13	<b>ΜΑΝΟΣ Α.Ε.</b> Έδρα: Πειραιώς 9 – 11, 183 46 ΜΟΞΧΑΤΟ ΑΦΜ: 094016716, ΔΟΥ: ΦΑΕ ΠΕΙΡΑΙΑ	Μον. παραγωγής δικαιούχου Β' ΒΙ.ΠΕ. Βόλου, Βελεστίνο, Νομού Μαγνησίας	<b>11.483,45</b>	850
14	<b>ΕΛ.ΒΙ. - ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΒΙΟΠΕΤΡΕΛΑΙΑ Α.Β.Ε.Ε.</b> Έδρα: Σταυροχώρι 611 00 ΚΙΑΚΙΣ ΑΦΜ: 094539619, ΔΟΥ: ΚΙΑΚΙΣ	Μον. παραγωγής δικαιούχου στο Σταυροχώρι Κιλκίς	<b>32.148,15</b>	990
15	<b>OIL.B S.R.L.</b> Έδρα: V.Mazizini 104,21058, Solbiate Olona, Varese ΑΦΜ: 03116930169	Εισαγωγή από εργοστάσιό της στο Varese (Ιταλία)	<b>4.487,91</b>	450
		<b>ΣΥΝΟΛΟ:</b>	<b>164.000,00</b>	

Πίνακας 17. Διανομή βιοντίζελ στην Ελλάδα 2011. (Πηγή: Υ.ΠΕ.Κ.Α).

Στην τελευταία στήλη του ανωτέρω πίνακα αναγράφεται το προσφερόμενο από τους δικαιούχους μέγιστο υπερτίμημα, σε ευρώ ανά χιλιόλιτρο, του άρθρου 15Α παρ. 5 εδάφιο (δ) του ν. 3054/2002 όπως ισχύει, το οποίο είναι δεσμευτικό για τις πωλήσεις της δικαιούχου εταιρείας καθ' όλη την διάρκεια της κατανομής έτους 2011 και για όλη την κατανεμόμενη σε αυτήν ποσότητα αυτούσιου βιοντίζελ. Οι ανωτέρω συνολικές ετήσιες ποσότητες ανά δικαιούχο της τέταρτης στήλης του πίνακα κατανέμονται ανά μήνα για την περίοδο Ιουλίου 2011-Ιουνίου 2012.

## 5.5. Βιοιθανόλη.

Αντίθετα με το βιοντίζελ, η βιοιθανόλη παρουσιάζει τεχνικές δυσχέρειες για τον ελλαδικό χώρο, όταν αναμιγνύεται με βενζίνη, οι σημαντικότερες των οποίων είναι ο διαχωρισμός παρουσία νερού υπό ψυχρές συνθήκες και η υψηλή τάση ατμών (RVP) ειδικά στις βενζίνες θερινών προδιαγραφών. Για το λόγο αυτό προκρίνεται η μετατροπή της βιοιθανόλης σε ETBE (Ethyl Tertiary Butyl Ether / Αιθυλο-τριτοταγής-βουτυλαιθέρας) και χρήση του τελευταίου ως συστατικό ανάμιξης στις βενζίνες, σε αντικατάσταση του MTBE (Methyl Tertiary Butyl Ether / Μεθυλο-τριτοταγής-βουτυλαιθέρας) που χρησιμοποιείται τώρα. Το ποσοστό ανάμιξης ETBE (και MTBE) σε βενζίνη μπορεί να ανέλθει μέχρι 15% κατ' όγκο, ενώ για τη βιοιθανόλη το ποσοστό αυτό ανέρχεται μόνο μέχρι 5% κατ' όγκο, όπως προβλέπει το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 228:2004.

Περί τα τέλη του 2006, η εταιρία «ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΖΑΧΑΡΗΣ Α.Ε.» ανακοίνωσε την απόφαση του διοικητικού Συμβουλίου της να μετατρέψει δύο από τα πέντε εργοστάσια παραγωγής ζάχαρης που κατέχει στην Λάρισα και την Ξάνθη, σε μονάδες παραγωγής βιοιθανόλης (καθώς και ζωοτροφών υψηλής θρεπτικής αξίας και ταυτόχρονη συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας), ετήσιας δυναμικότητας 150.000 m<sup>3</sup> βιοιθανόλης έκαστο, με πρώτες ύλες ζαχαρότευτλα, καλαμπόκι και σιτηρά που ήδη καλλιεργούνται, με χρονικό ορίζοντα ολοκλήρωσης και έ-

ναρξης παραγωγής 18-24 μήνες από την έναρξη εργασιών, δηλαδή περί τα τέλη του 2009 ή αρχές του 2010 και χρηματοδότηση από επιδότηση της απόσυρσης ποσόστωσης παραγωγής ζάχαρης από την Ε.Ε., σύμφωνα με την νέα Κ.Ο.Α. ζάχαρης. Ο διεθνής διαγωνισμός για την εξεύρεση Στρατηγικού Επενδυτή για το εν λόγω έργο τερματίστηκε το Νοέμβριο 2008 χωρίς να ολοκληρωθεί. Μέχρι στιγμής δεν υπάρχει παραγωγή ή εισαγωγή βιοαιθανόλης για την χρήση της ως καυσίμου μεταφορών, παρά μόνο για την παρασκευή αλκοολούχων ποτών και φαρμάκων.

## **5.6. Πρώτες ύλες - Εθνικό Δυναμικό.**

Για την εγχώρια παραγωγή βιοντίζελ σημαντικό ρόλο έχουν το ηλιέλαιο, το κραμβέλαιο και το βαμβάκελαιο. Από τα παραπάνω, το βαμβάκι καλλιεργείται συστηματικά σε πολλές περιοχές της χώρας, ενώ ο ηλιάνθος και η ελαιοκράμβη άρχισαν να καλλιεργούνται συστηματικά σε αρκετές περιοχές της χώρας εντός του 2007, με κυρίαρχες την Θράκη και την Μακεδονία, ενώ η σόγια εισάγεται. Επίσης τα χρησιμοποιημένα μαγειρικά έλαια, τα τηγανέλαια, αλλά και τα ζωικά λίπη μπορούν να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικά ως πρώτες ύλες σε κάποιο ποσοστό για την παραγωγή βιοντίζελ, βοηθώντας παράλληλα στην μείωση της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος από τα εν λόγω απόβλητα.

## **5.7. Εθνικός Στόχος για τα βιοκαύσιμα.**

Ο Εθνικός Στόχος Βιοκαυσίμων, σύμφωνα με την Οδηγία 2003/30/EK, υπολογίζεται βάσει του ενεργειακού περιεχομένου επί του συνόλου της βενζίνης και του πετρελαίου κίνησης που διατίθενται την ίδια περίοδο προς χρήση στις μεταφορές. Σύμφωνα με τον Εθνικό Ενδεικτικό Στόχο για το έτος 2010, ο αναλυτικός υπολογισμός του ποσοστού βιοκαυσίμων, βάσει του ενεργειακού περιεχομένου επί του συνόλου της βενζίνης και του πετρελαίου κίνησης που πρόκειται να διατεθούν εντός του έτους 2010 προς χρήση στις μεταφορές, υπολογίζεται ως εξής:

- Εκτίμηση Κατανάλωσης Βιοντίζελ για το 2010 = 158.000 MT (ή 180.000 χιλιόλιτρα, με ειδικό βάρος Βιοντίζελ = 0,88 kg/l)
- Εκτίμηση Κατανάλωσης Βιοαιθανόλης για το 2010 = 0 MT
- Εκτίμηση Κατανάλωσης Πετρελαίου Κίνησης για το 2010 = 2.427.000 MT
- Εκτίμηση Κατανάλωσης Βενζινών για το 2010 = 4.381.000 MT
- Ενεργειακό περιεχόμενο Βιοντίζελ = 9.050 kcal/kg
- Ενεργειακό περιεχόμενο Βιοαιθανόλης = 6.429 kcal/kg
- Ενεργειακό περιεχόμενο Πετρελαίου Κίνησης = 10.200 kcal/kg
- Ενεργειακό περιεχόμενο Βενζινών = 10.444 kcal/kg

Η εκτίμηση κατανάλωσης βιοντίζελ για το έτος 2010 έχει υπολογιστεί ως το 6,5% της εκτιμώμενης κατανάλωσης πετρελαίου κίνησης για το ίδιο έτος, σύμφωνα με το νέο πρότυπο ΑΧΣ.

Επομένως:

$$\frac{(0,065 \cdot 2.427.000.000 \text{ kg} \cdot 9.050 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}) \text{βιοντίζελ} + (0 \text{ kg} \cdot 6.429 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}) \text{βιαιθανόλη}}{(2.427.000.000 \text{ kg} \cdot 10.200 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}) \text{πετρέλαιο κίνησης} + (4.381.000.000 \text{ kg} \cdot 10.444 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}) \text{βενζίνες}}$$

$$=$$

$$\frac{(1.427.682.750.000 \text{kcal}) \text{βιοντίζελ}}{(24.755.400.000.000 \text{kcal}) \text{πετρέλαιο κίνησης} + (45.755.164.000.000 \text{kcal}) \text{βενζίνες}}$$

$$=$$

$$\frac{(1.427.682.750.000 \text{kcal}) \text{βιοντίζελ}}{(70.510.564.000.000 \text{kcal}) \text{πετρέλαιο κίνησης και βενζίνες}} = \mathbf{2.02 \%}$$

▣ Πραγματοποιηθείς Στόχος για τα βιοκαύσιμα (για το έτος 2008) →

Ο πραγματοποιηθείς Εθνικός Στόχος Βιοκαυσίμων για το έτος 2008, σύμφωνα με τους ανωτέρω υπολογισμούς, υπολογίζεται σε 1.01% βάσει του ενεργειακού περιεχομένου επί του συνόλου της βενζίνης και του πετρελαίου κίνησης που διατέθηκε την ίδια περίοδο προς χρήση στις μεταφορές, έναντι του αρχικού ενδεικτικού στόχου 1.47%, όπως κοινοποιήθηκε στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή, με την 4η Εθνική Έκθεση για τα βιοκαύσιμα.

Η απόκλιση αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι, κατά τη διάρκεια του 2008, από τους 112.117 MT (127.405 χιλιόλιτρα) βιοντίζελ που είχαν κατανεμηθεί, τελικά διατέθηκαν 76.255 MT (86.653 χιλιόλιτρα). Αυτό οφείλεται στην μη τήρηση της υποχρέωσης από ορισμένες εταιρείες καθώς και σε τυπικά, τεχνικά και πρακτικά κωλύματα που προέκυψαν κατά τη διάρκεια του έτους. Ένας επιπλέον αντικειμενικός παράγοντας για την διαφοροποίηση από τον αρχικό ενδεικτικό στόχο ήταν η καθυστέρηση της έκδοσης της απόφασης κατανομής βιοντίζελ έτους 2008, η οποία οφείλεται στην αναθεώρηση του θεσμικού πλαισίου καθώς και στην εισαγωγή κριτηρίων αξιολόγησης για την τελική κατανομή των ποσοτήτων.

## **Κεφάλαιο 6. Μελέτες και εκτιμήσεις για την αξιοποίηση των ενεργειακών καλλιεργειών και βιοκαυσίμων στην Ελλάδα**

### **6.1. Εισαγωγή.**

Ασύμφορη είναι για τους αγρότες η καλλιέργεια ενεργειακών φυτών, αν δεν ληφθούν συμπληρωματικά μέτρα ενίσχυσής τους. Αυτό είναι το βασικό συμπέρασμα της μελέτης που εκπόνησε για λογαριασμό της ΠΑΣΕΓΕΣ και παρουσίασε το Ινστιτούτο Αγροτικής και Συνεταιριστικής Οικονομίας (ΙΝΑΣΟ). Όπως τόνισε ο Τζανέτος Καραμίχας, «πρέπει ν' ανοίξει άμεσα η συζήτηση για τη διαμόρφωση εθνικού πλαισίου πολιτικής για τον τομέα».

Σύμφωνα με την ΠΑΣΕΓΕΣ, οι ενεργειακές καλλιέργειες μπορούν να καταστούν ελκυστικές για ορισμένες περιοχές που ικανοποιούν τις σχετικές απαιτήσεις και ταυτόχρονα αντιμετωπίζουν πρόβλημα από την εγκατάλειψη παραδοσιακών καλλιεργειών. Απαιτείται, όμως, εθνική πολιτική που να προβλέπει συγκεκριμένες ενισχύσεις για τους παραγωγούς, καθώς, όπως αποδεικνύει η μελέτη, για όλες τις ενεργειακές καλλιέργειες η αγορά δεν καλύπτει το κόστος παραγωγής. Υπεύθυνος της μελέτης ήταν ο Καθηγητής Μανώλης Ξανθάκης και Συντονιστές του έργου οι Δρ. Νίκος Βασιλάκος και Γιάννης Μπούκης.

### **6.2. Μελέτη Ι.ΝΑ.ΣΟ (Ινστιτούτο Αγροτικής και Συνεταιριστικής Οικονομίας)<sup>49</sup>.**

#### **■ Ανάλυση κόστους-οφέλους →**

Ο νόμος 3423/05 (ΦΕΚ 304/Α/13.12.2005) που αφορά την εισαγωγή των βιοκαυσίμων στην ελληνική αγορά, δίνει σαφή προτεραιότητα στην παραγωγή βιοκαυσίμων από εγχώριες ενεργειακές καλλιέργειες. Επίσης, η νέα Κοινή Αγροτική Πολιτική (Καν. ΕΕ 1782/2003), η οποία ισχύει για την Ελλάδα από το 2006, αποδεσμεύει την επιδότηση των καλλιεργειών από το είδος της παραγωγής, ενώ ταυτόχρονα ορίζει επιπλέον επιδότηση ενεργειακών καλλιεργειών της τάξης των 4,5 €/ στρέμμα.

Η αποδέσμευση της επιδότησης, η οποία ισχύει για την χώρα μας σε ποσοστό 100% για όλες τις επιλέξιμες καλλιέργειες, με εξαίρεση το βαμβάκι, για το οποίο το ποσοστό αποδέσμευσης ανέρχεται στο 65%, αφορά κάθε εκμετάλλευση ανεξάρτητα και βασίζεται στις καλλιέργειες κατά την τριετία 2000-2002. Η συγκεκριμένη ΚΑΠ δίνει την δυνατότητα στον παραγωγό, κάτω από συγκεκρι-

<sup>49</sup> ΙΝΑΣΟ - ΠΑΣΕΓΕΣ (περίληψη μελέτης 2007, <http://www.paseges.gr/el/news/Energeiaka-fyta:-Ean-den-epidoththoyn-den...symferoyn.-Oloklhrh-h-meleth-toy-INASO>), Κόγιου - Δρίτσας 2008, 108-131.

μένες προϋποθέσεις, να επιλέξει το προϊόν που θα παράγει, χωρίς να χάνει το δικαίωμα της οικονομικής ενίσχυσης. Η παρούσα κατάσταση δημιουργεί ένα σημαντικό πλεονέκτημα για τις ενεργειακές καλλιέργειες, οι οποίες φυσικά θεωρούνται επιλέξιμες, και εξασφαλίζουν στον παραγωγό το δικαίωμα της αποδεσμευμένης ενίσχυσης.

Απαντήσεις στα βασικά ερωτήματα για την ανάπτυξη των βιοκαυσίμων στην Ελλάδα, αλλά και την καλλιέργεια ενεργειακών φυτών και μάλιστα με αντικατάσταση παραδοσιακών προϊόντων δίδει η μελέτη στρατηγικής για την Βιομάζα και τα Βιοκαύσιμα, που υλοποίησε το ΙΝΑΣΟ το 2007.

Η ανάλυση αυτή έλαβε υπόψη τον παράγοντα της άρδευσης και τις συνέπειές της στην παραγωγικότητα των φυτών, με σκοπό να εκτιμήσει την επίδρασή του παράγοντα αυτού στην οικονομικότητα των καλλιεργειών. Οι καλλιεργητικές τεχνικές είναι παρόμοιες για όλα τα φυτά, με μικρές διαφορές στη λίπανση, την προετοιμασία εδάφους και την άρδευση.

Οι ενεργειακές καλλιέργειες που έχουν αναλυθεί είναι η ελαιοκράμβη και το γλυκό σόργο. Επίσης, έχουν μελετηθεί και παραδοσιακές καλλιέργειες, όπως ο ηλιάνθος, το σιτάρι και το καλαμπόκι, οι οποίες στην περίπτωση που καλλιεργούνται μέσω συμβολαίων για την παραγωγή βιοκαυσίμων, απολαμβάνουν και αυτές την επιδότηση των ενεργειακών καλλιεργειών. Η ανάλυση του κόστους αφορά στη Βόρεια Ελλάδα και βασίζεται σε στοιχεία του 2006. Η ανάλυση στηρίχτηκε σε στοιχεία από επιδεικτικούς αγρούς του ΚΑΠΕ, καθώς και σε στοιχεία από την καλλιέργεια 350 στρεμμάτων ελαιοκράμβης που πραγματοποιήθηκε μέσα στο 2006 στην περιοχή της Ορεστιάδας. Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία κόστους από την Ένωση Αγροτικών Συνεταιρισμών (ΕΑΣ) Ορεστιάδας.

Σύμφωνα με τους μελετητές, το κριτήριο για το ύψος στο οποίο θα κινηθεί η παραγωγή ενεργειακών φυτών τα επόμενα χρόνια είναι οι υποχρεώσεις που έχει αναλάβει η χώρα μας, τόσο για το ποσοστό βιοκαυσίμων στο σύνολο των καυσίμων που καταναλώνει, όσο και για το ποσοστό των Ανανεώσιμων Πηγών στο ενεργειακό ισοζύγιο. Με βάση τα δεδομένα αυτά και την απαιτούμενη επιδότηση ανά καλλιεργούμενο είδος, προκύπτει η ανάγκη να διοχετεύονται συνολικά περί τα 190 εκατ. ευρώ το χρόνο για την ενίσχυση του τομέα. Εάν δε αφαιρεθούν τα ποσά που δίνονται και σήμερα ως στρεμματική ενίσχυση (4,5 ευρώ ανά στρέμμα) και εκείνα που θα εξοικονομήσει η χώρα από την πληρωμή μικρότερων 'δικαιωμάτων ρύπων', το συνολικό απαιτούμενο ποσό φτάνει τα 130 εκατ. ευρώ το χρόνο.

Σύμφωνα με την ΠΑΣΕΓΕΣ, οι ενεργειακές καλλιέργειες μπορούν να καταστούν ελκυστικές σε ορισμένες περιοχές που ικανοποιούν τις σχετικές απαιτήσεις και ταυτόχρονα αντιμετωπίζουν πρόβλημα από την εγκατάλειψη παραδοσιακών καλλιεργειών.

Απαιτείται, όμως, εθνική πολιτική που να προβλέπει συγκεκριμένες ενισχύσεις για τους παραγωγούς, καθώς, όπως αποδεικνύει η μελέτη, η αγορά δεν καλύπτει το κόστος παραγωγής για όλες τις ενεργειακές καλλιέργειες.



Αναλυτικά η περίληψη της μελέτης που δόθηκε στη δημοσιότητα εστιάζει σε 3 βασικούς άξονες:

1. Σκοπός - Στόχοι - Μεθοδολογία της μελέτης Σχεδίου Δράσης για τη Βιομάζα και τα Βιοκαύσιμα στην Ελλάδα)
2. Κύρια τεχνικοοικονομικά συμπεράσματα της μελέτης
3. Βασικές κατευθύνσεις ενός βραχυμεσοπρόθεσμου σχεδίου δράσης για την προώθηση της ενεργειακής γεωργίας στην Ελλάδα.

### **6.2.1. Σκοπός - Στόχοι - Μεθοδολογία της μελέτης**

Σε αυτούς συμπεριλαμβάνονται τα εξής:

- η αναλυτική διερεύνηση των δυνατοτήτων και της βραχυμεσοπρόθεσμης (5-10 έτη) προοπτικής της ενεργειακής γεωργίας στην Ελλάδα.
- ο καθορισμός των θεσμικών, νομοθετικών, οργανωτικών και χρηματοδοτικών εκείνων δράσεων, οι οποίες πρέπει να αναληφθούν, τόσο από την πολιτεία όσο και από τους αγροτοσυνεταιριστικούς φορείς, έτσι ώστε να αναπτυχθούν οι πλέον κατάλληλες, εναλλακτικές (ενεργειακές) καλλιέργειες, στις πλέον πρόσφορες γι' αυτό περιοχές.
- οι ενεργειακές αυτές καλλιέργειες θα μπορούσαν να δώσουν ικανοποιητική διέξοδο στις έντονες πιέσεις και τα προβλήματα που ήδη δημιουργεί στον αγροτικό κόσμο η επικείμενη αναδιάρθρωση πλήθους παραδοσιακών καλλιεργειών στη χώρα μας (σιτάρι, καλαμπόκι, καπνά, βαμβάκι, τεύτλα) στα πλαίσια της τελευταίας ΚΑΠ. Οι συγκεκριμένες ενεργειακές καλλιέργειες, οι οποίες θα υποκαταστήσουν αντίστοιχες συμβατικές, θα πρέπει να διασφαλίσουν αφενός μακροπρόθεσμα εισοδήματα για τους αγρότες, εν συγκρίσει τουλάχιστον με τα σημερινά, αφετέρου επάρκεια ενεργειακών πρώτων υλών (δηλ. παραγόμενης βιομάζας), για τις ανάγκες τροφοδοσίας των μονάδων μετατροπής της βιομάζας σε τελικά ενεργειακά προϊόντα (υγρά και στερεά βιοκαύσιμα, ηλεκτρική και θερμική ενέργεια, κ.α.).

Στο πλαίσιο του βασικού της σκοπού, η μελέτη εξέτασε:

- τις τεχνολογίες ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας και του βαθμού ανάπτυξής τους, που είναι δυνατόν να εφαρμοσθούν άμεσα στις μονάδες μετατροπής των πρώτων υλών σε τελικά ενεργειακά προϊόντα (ηλεκτρική ή/και θερμική ενέργεια, υγρά και στερεά βιοκαύσιμα).
- τις νέες δυνητικές αγροτικές καλλιέργειες που μπορούν να εξασφαλίσουν στους γεωργούς ένα ικανοποιητικό εισόδημα σε μακροπρόθεσμη βάση και την μερική στροφή τους από τη «διατροφική» στην «ενεργειακή» γεωργία.

- τις διαθέσιμες ποσότητες βιομάζας (τεχνικά διαθέσιμο δυναμικό βιομάζας), τις περιοχές υψηλής συγκέντρωσης και την καταρχήν χωροθέτηση των αντίστοιχων μονάδων μετατροπής.
- το βέλτιστο μέγεθος των μονάδων μετατροπής, έτσι ώστε οι εξεταζόμενες επενδύσεις και τα συναφή οικονομικά τους στοιχεία (κεφαλαιουχικό και λειτουργικό κόστος) να είναι οικονομικά εφικτά.
- τις προϋποθέσεις, τους όρους και τις δράσεις που απαιτούνται για την οικονομική λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας των μονάδων μετατροπής, όσον αφορά τις διαθέσιμες ποσότητες βιομάζας.
- την δυνατότητα σύζευξης των γεωργικών δραστηριοτήτων ανάπτυξης και διαχείρισης των πρώτων υλών, με την βιώσιμη λειτουργία των μονάδων μετατροπής βιομάζας σε ενεργειακά προϊόντα.
- τις θεσμικές δράσεις που πρέπει να αναληφθούν, ώστε να προκύψουν βιώσιμες επενδύσεις ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας, με συγκεκριμένες πρώτες ύλες που θα μεταφέρονται από την τοπική παραγωγή στη μονάδα σε ανταγωνιστικές τιμές.

## **6.2.2. Κύρια τεχνικοοικονομικά συμπεράσματα της μελέτης.**

### **▣ Τεχνολογική και τεχνική αποτίμηση →**

Με βάση την αναλυτική επισκόπηση και τεχνικοοικονομική αξιολόγηση α) των ενεργειακών καλλιεργειών και β) των τεχνολογιών και μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης της παραγόμενης από τις καλλιέργειες αυτές βιομάζας, η μελέτη κατέληξε στους ακόλουθους συνδυασμούς, οι οποίοι εμφανίζονται ως οι πλέον κατάλληλοι και αποδοτικοί για τις ελληνικές συνθήκες:

- i) μονάδες παραγωγής βιοντίζελ, τυπικής παραγωγικής δυναμικότητας 40.000 τόνων/έτος στις περιοχές Ροδόπης - Έβρου, Κιλκίς - Θεσσαλονίκης, Λάρισας, Βοιωτίας - Φθιώτιδας, Κοζάνης - Καρδίτσας, με πρώτη ύλη τον ηλίανθο και, δευτερευόντως, την ελαιοκράμβη.
- ii) μονάδες παραγωγής βιοαιθανόλης, τυπικής παραγωγικής δυναμικότητας 150.000 τόνων/έτος, με πρώτη ύλη το γλυκό σόργο και, δευτερευόντως, τα τεύτλα, τα σιτηρά και το καλαμπόκι στις περιοχές της Λάρισας, των Σερρών και του Έβρου.
- iii) μονάδες ηλεκτροπαραγωγής, τυπικής εγκατεστημένης ισχύος 15 MW, με πρώτη ύλη το κυταρινούχο σόργο και, δευτερευόντως, το (ξηρικό) καλάμι, το κενάφ και τα υπολείμματα αγροτικής βιομάζας (κυρίως του κλάδου της ελαιοκαλλιέργειας) στην Αιτωλοακαρνανία, τη Φθιώτιδα, την Ηλεία, την Δράμα, την Ημαθία, την Πέλλα, το Κιλκίς, την Κοζάνη και τις Σέρρες,

- iv) μονάδες παραγωγής στερεών, μορφοποιημένων βιοκαυσίμων (πελεττών: μικρά κυλινδρικά τεμάχια συμπιεσμένης βιομάζας), τυπικής παραγωγικής δυναμικότητας 45.000 τόνων/έτος, με πρώτη ύλη το κυτταρινούχο σόργο,
- v) κεντρικές μονάδες αναερόβιας χώνευσης/ παραγωγής βιοαερίου και κομπόστ, τυπικής δυναμικότητας κατεργασίας 50.000 τόνων/έτος (150-200 τόνων/ημέρα), με βασικές πρώτες ύλες τα οργανικά απόβλητα αγροτοκτηνοτροφικών και αγροτοβιομηχανικών δραστηριοτήτων.

Για τους παραπάνω βέλτιστους συνδυασμούς ενεργειακών καλλιεργειών και μονάδων βιομετατροπής των παραγόμενων πρώτων υλών, η μελέτη εξέτασε τις εν δυνάμει διαθέσιμες προς ενεργειακή καλλιέργεια εκτάσεις στην ελληνική επικράτεια, καθώς και την γεωγραφική -ανά νομό- κατανομή τους, σε συνάφεια με την αντίστοιχη κατανομή των εκτάσεων που καλύπτουν σήμερα οι έξι υπό αναδιάρθρωση (υποκατάσταση) συμβατικές καλλιέργειες, δηλαδή: α) τα μη-διατροφικά, «βιομηχανικά» φυτά (τεύτλα, βαμβάκι και καπνός) και β) τα διατροφικά φυτά (μαλακό σιτάρι, σκληρό σιτάρι, καλαμπόκι).

Στους 21 γεωργικούς νομούς της χώρας, το σύνολο των εν δυνάμει διαθέσιμων εκτάσεων για ενεργειακή γεωργία εκτιμήθηκε σε 6 εκατομμύρια στρέμματα περίπου (συμπεριλαμβανομένου και μέρους των γαιών που βρίσκονται σε αγρανάπαυση). Η ποσοτική αυτή εκτίμηση προέκυψε λαμβάνοντας υπ' όψη ρεαλιστικά ποσοστά υποκατάστασης («σταθερές» υποκατάστασης) των έξι παραπάνω συμβατικών καλλιεργειών με τις επιθυμητές ενεργειακές καλλιέργειες. Το ποσοστό αυτό διαφοροποιείται ανά καλλιέργεια, ανάλογα με το βαθμό πίεσης προς υποκατάσταση που εκτιμάται ότι θα ασκήσει στο άμεσο μέλλον η νέα ΚΑΠ πάνω στη συγκεκριμένη καλλιέργεια, είναι δε το ίδιο για κάθε καλλιέργεια σε όλους τους 21 νομούς. Οι καλλιέργειες που θα δεχθούν τη μεγαλύτερη πίεση αναμένεται να είναι τα «βιομηχανικά» φυτά (καπνός, τεύτλα και βαμβάκι), για τα οποία λαμβάνεται υπόψιν ότι θα υποκατασταθούν σε ποσοστό 80%, ενώ οι διατροφικές καλλιέργειες (μαλακό και σκληρό σιτάρι, καλαμπόκι) σε ποσοστό 20%. Ως ποσοστό υποκατάστασης των εκτάσεων που βρίσκονται σε αγρανάπαυση, λαμβάνεται το 50%.

Από την συνολικά διαθέσιμη έκταση ανά την επικράτεια των περίπου 6 εκ. στρεμμάτων για ενεργειακή γεωργία, η μελέτη υπολόγισε ότι τουλάχιστον το 60% ( $\approx$  3,7 εκατ. στρέμματα) μπορεί να χρησιμοποιηθεί παραγωγικά και αποδοτικά, για να καλυφθούν οι ποσοτικοί ενεργειακοί στόχοι της χώρας μας για το 2010, όσον αφορά τα βιοκαύσιμα και την ηλεκτροπαραγωγή από βιομάζα.

Οι στόχοι αυτοί έχουν οριστεί στα πλαίσια Κοινοτικών Οδηγιών, όπως είναι η Οδηγία 2003/30/ΕΚ για τα βιοκαύσιμα (5,75% συμμετοχή των βιοκαυσίμων στο σύνολο των καυσίμων για τις μεταφορές, το 2010) και η Οδηγία 2001/77/ΕΚ για την ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ (1,2% ή  $\approx$  110 MWe συμμετοχή της βιομάζας στην ηλεκτροπαραγωγή της χώρας, το 2010). Σημαντικές πρόσθετες εκτάσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την καλλιέργεια ενεργειακών πρώτων υλών (π.χ.

κυτταρινούχου σόργου) που θα τροφοδοτήσουν μονάδες παραγωγής στερεών, μορφοποιημένων βιοκαυσίμων (πελεττών), γεωγραφικά κατανεμημένες σε όλη την επικράτεια.

Η κάλυψη των προαναφερθέντων ενεργειακών στόχων της χώρας μας για το 2010, σε συνδυασμό με την αξιοποίηση των απαιτούμενων εκτάσεων ενεργειακών καλλιέργειών ( $\approx 3,7$  εκατ. στρέμματα) για τον σκοπό αυτό, εξασφαλίζουν την υλοποίηση και την αποδοτική λειτουργία των ακόλουθων μονάδων βιομετατροπής:

- i) πέντε (5) μονάδων παραγωγής βιοντίζελ τυπικής δυναμικότητας 40.000 τόνων/έτος η κάθε μία.
- ii) τριών (3) μονάδων παραγωγής βιοαιθανόλης, τυπικής δυναμικότητας 120.000-150.000 τόνων/έτος η κάθε μία, εκ των οποίων οι δύο θα μπορούσαν να καλυφθούν από τις (τότε) σχεδιαζόμενες από την Ελληνική Βιομηχανία Ζάχαρης Α.Ε. μονάδες βιοαιθανόλης στη Λάρισα και στην Ξάνθη.
- iii) εννέα (9) μονάδων ηλεκτροπαραγωγής, τυπικής εγκατεστημένης ισχύος 15 MWe η κάθε μία.

Η μελέτη προχώρησε σε ενδεικτική χωροθέτηση των μονάδων αυτών, με βάση τις εν δυνάμει διαθέσιμες εκτάσεις ανά νομό για ενεργειακές καλλιέργειες και τις αντίστοιχες στρεμματικές τους αποδόσεις.

#### ■ Οικονομική αποτίμηση →

Στη συνέχεια, και στη βάση μίας εμπειριστατωμένης και αναλυτικής μεθοδολογίας, η μελέτη εξέτασε διεξοδικά τόσο το κόστος παραγωγής πρώτων υλών (ενεργειακών καλλιέργειών), όσο και το λειτουργικό κόστος των αντίστοιχων μονάδων βιομετατροπής, για κάθε ένα από τους τέσσερις (4) βασικούς συνδυασμούς που αναδείχθηκαν στα προηγούμενα, δηλ.

i) ηλίανθος (ελαιοκράμβη) → βιοντίζελ

ii) γλυκό σόργο (τεύτλα, σιτάρι, καλαμπόκι) → βιοαιθανόλη

iii) κυτταρινούχο σόργο (καλάμι, αγροτικά υπολείμματα) → ηλεκτροπαραγωγή

iv) κυτταρινούχο σόργο (αγροτικά υπολείμματα) → στερεά μορφοποιημένα καύσιμα (πελέττες)

Η σύζευξη των τεχνικοοικονομικών δεδομένων και των παραμέτρων βιωσιμότητας των δύο βασικών πόλων της βιοενέργειας, δηλ. αφ' ενός της ενεργειακής καλλιέργειας (αγρότες), αφ' ετέρου της μονάδας βιομετατροπής (επενδυτές), καθιστά δυνατή την δημιουργία μίας αποδοτικής εφοδιαστικής/τεχνολογικής «αλυσίδας» και μίας βιώσιμης ενεργειακής αγοράς. Επίσης, καθορίζει μία τιμή πώλησης της παραγόμενης ενεργειακής πρώτης ύλης εύλογη για όλα τα συμβαλλόμενα μέρη της αλυσίδας αυτής (γεωργούς-προμηθευτές-επενδυτές), τόσο στον αγρό, όσο και στην πόρτα της μονάδας μετατροπής της σε τελικά ενεργειακά προϊόντα.

Η μελέτη προσδιόρισε στην συνέχεια την αναγκαία επιδότηση προς τους αγρότες/παραγωγούς, για την υλοποίηση βιώσιμων επιχειρηματικών σχεδίων, με εύλογο ύψος εισοδήματος τόσο για τους ίδιους, όσο και για τους επενδυτές/ιδιοκτήτες των μονάδων βιομετατροπής.

Ειδικότερα:

- για τους αγρότες/παραγωγούς, τέθηκε ως απαίτηση να διατηρήσουν τουλάχιστον το ίδιο καθαρό εισόδημα (αναγόμενο σε €/στρέμμα) που έχουν σήμερα με την -υπό αναδιάρθρωση- συμβατική καλλιέργεια που καλλιεργούν (π.χ. βαμβάκι, καλαμπόκι, σιτηρά, καπνά ή τεύτλα), όταν θα την αντικαταστήσουν με την ενεργειακή καλλιέργεια που θα τροφοδοτεί την δεδομένη μονάδα βιομετατροπής (π.χ. γλυκό σόργο, ηλίανθο, κυτταρινούχο σόργο, κλπ.)
- για τους επενδυτές/ιδιοκτήτες, ο Βαθμός Εσωτερικής Απόδοσης (IRR) των επενδύσεών τους (υλοποίηση και λειτουργία των μονάδων βιομετατροπής) τέθηκε ίσος με  $\approx 15\%$ .

Στην περίπτωση των βιώσιμων επιχειρηματικών σχεδίων προσδιορίστηκε, ανά περίπτωση, η καθαρή εν δυνάμει πρόσοδος για τους αγρότες και εκτιμήθηκαν, κατά περίπτωση:

- το ύψος της απαιτούμενης στρεμματικής επιδότησης που αναφέρεται στην ενίσχυση προς τους παραγωγούς για την υποκατάσταση της εκάστοτε συμβατικής καλλιέργειας, με την αντίστοιχη ενεργειακή
- η διαφορική επιδότηση ανά στρέμμα για το σύνολο των εκτάσεων συμβατικών καλλιεργειών που αντικαθίστανται από ενεργειακές καλλιέργειες, για την πλήρη τροφοδοσία με πρώτη ύλη μίας «τυπικής» μονάδας βιομετατροπής.

Παρακάτω παρατίθενται οι υπολογισθείσες στρεμματικές επιδοτήσεις που απαιτούνται για τις εξεταζόμενες ενεργειακές καλλιέργειες για κάθε περίπτωση υποκατάστασης των προς αναδιάρθρωση έξι συμβατικών καλλιεργειών. Τονίζεται ότι οι επιδοτήσεις αυτές καθιστούν βιώσιμα τα επιχειρηματικά σχέδια που εξετάστηκαν (IRR=15%) και διατηρούν χωρίς απώλειες το σημερινό εισόδημα του παραγωγού.

Αναλυτικότερα, για την αντικατάσταση με κυτταρινούχο σόργο απαιτείται χορήγηση επιδότησης από 51 έως 80,15 ευρώ ανά στρέμμα κατά περίπτωση. Επίσης, για την υποκατάσταση με γλυκό σόργο απαιτείται επιδότηση από 20,47 έως 49,62 ευρώ ανά στρέμμα αντίστοιχα και κατά περίπτωση. Ομοίως, για την αντικατάσταση με ηλίανθο, απαιτείται επιδότηση από 5,82 έως 34,87 ευρώ ανά στρέμμα, ενώ για το κυτταρινούχο σόργο για παραγωγή μορφοποιημένων καυσίμων, απαιτείται επιδότηση από 29,54 έως 26,63 ευρώ ανά στρέμμα και κατά περίπτωση πάντα.

Από τα στοιχεία αυτά προκύπτει ότι:

- Σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις υποκατάστασης συμβατικών με ενεργειακές καλλιέργειες (πλην της περίπτωσης υποκατάστασης του σιταριού με κυτταρινούχο σόργο για παραγωγή πελετών) απαιτείται σημαντική (στρεμματική) επιδότηση των τελευταίων. Η επιδότηση αυτή είναι, στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων, πολύ μεγαλύτερη από την σημερινή επιδότηση των 4,50 €/στρέμμα που προβλέπεται για τις ενεργειακές καλλιέργειες, αλλά σημαντικά μικρότερη από την υφιστάμενη επιδότηση των συμβατικών καλλιεργειών.

- Το κυτταρινούχο σόργο για ηλεκτροπαραγωγή είναι η πλέον ασύμφορος από τις τέσσερις ενεργειακές καλλιέργειες που εξετάστηκαν αναλυτικά (από πλευράς απαιτούμενης επιδότησης), γεγονός που επιτείνει την ανάγκη ενίσχυσης της τιμής πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από (αγροτική και δασική) βιομάζα. Αντίθετα, το κυτταρινούχο σόργο για παραγωγή στερεών μορφοποιημένων καυσίμων (πελεττών) είναι η πλέον συμφέρουσα από πλευράς επιδότησης από τις ως άνω τέσσερις ενεργειακές καλλιέργειες. Ο ηλίανθος αποτελεί τη δεύτερη πλέον συμφέρουσα επιλογή, από τις παραπάνω καλλιέργειες σε σύγκριση με τις ενεργειακές επιδοτήσεις του κυτταρινούχου σόργου (για πελέττες).

- Το γλυκό σόργο απαιτεί, στις περιπτώσεις υποκατάστασης καπνού, βαμβακιού και καλαμποκιού, μικρότερη επιδότηση από τις συμβατικές καλλιέργειες χωρίς μείωση του σημερινού εισοδήματος του παραγωγού, στην περίπτωση δε των τεύτλων απαιτείται σχεδόν παρόμοια επιδότηση.

- Ο ηλίανθος (με αξιοποίησή του σε συζευγμένο σποροελαιουργείο με μονάδα παραγωγής βιοντίζελ) απαιτεί σε κάθε περίπτωση μικρότερη επιδότηση από τις συμβατικές καλλιέργειες χωρίς μείωση του σημερινού εισοδήματος του παραγωγού.

- Το κυτταρινούχο σόργο για παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων (πελέττες) δεν απαιτεί καθόλου επιδότηση κατά την υποκατάσταση σιταριού. Στις υπόλοιπες περιπτώσεις υποκατάστασης συμβατικών καλλιεργειών με κυτταρινούχο σόργο απαιτείται μικρότερη επιδότηση από τις συμβατικές καλλιέργειες χωρίς μείωση του σημερινού εισοδήματος του παραγωγού.

Η ανάλυση για συγκεκριμένες κρίσιμες λειτουργικές παραμέτρους κάθε επιχειρηματικού σχεδίου κατέδειξε ότι υπάρχουν επιπλέον σημαντικά περιθώρια βελτίωσής τους στο άμεσο μέλλον. Οι κυριότεροι παράμετροι, στις οποίες πρέπει να αποδοθεί ιδιαίτερο ενδιαφέρον και προσοχή είναι:

- Από την πλευρά των αγροτών/παραγωγών, η απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας (δηλ. της παραγωγής, της διακίνησης/μεταφοράς και της προεπεξεργασίας / θρυμματισμού των πρώτων υλών). Τονίζεται ότι η δυναμική της εφοδιαστικής αλυσίδας θα ήταν ακόμη μεγαλύτερη, εάν η επιδότηση δινόταν σε ευρώ/τόνο αντί της σημερινής ευρώ/στρέμμα.

- Από την πλευρά των επενδυτών/ιδιοκτητών των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας, η βελτίωση της διεργασίας βιομετατροπής (δηλ. η αύξηση του βαθμού απόδοσης). Η υιοθέτηση αποδοτικότερων τεχνολογιών απαιτεί όμως και την αύξηση της ζήτησης των τελικών ενεργειακών προϊόντων από την πλευρά της πολιτείας (βλ. παρακάτω).

- Από την πλευρά της αγοράς (εμμέσως, δηλ. της πολιτείας), η βελτίωση των συνθηκών της αγοράς βιοενέργειας (αύξηση της ζήτησης), και άρα της τιμής πώλησης των τελικών ενεργειακών προϊόντων (π.χ. μέσω της σημαντικής αύξησης του ποσοστού αποφορολογούμενων βιοκαυσίμων, της αύξησης της τιμής πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα στο Σύστημα, κλπ.).

Η μελέτη εξέτασε επίσης τα κύρια μέρη του Συμβολαίου Προμήθειας Πρώτων Υλών (ή «Συμβολαίου Καυσίμου»), στη σύνταξη του οποίου πρέπει να δίδεται μεγάλη βαρύτητα, καθώς αυτό θα

αποτελεί το κύριο δεσμευτικό έγγραφο μεταξύ των εμπλεκομένων (πωλητών/ παραγωγών και αγοραστών/ επενδυτών) σε οποιαδήποτε επενδυτική εφαρμογή ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.

Όσον αφορά την ενεργοποίηση παραγωγών/ αγροτών, για την αποτελεσματικότερη προώθηση της βιοενέργειας στη χώρα μας, τονίζεται ότι -παράλληλα με τις συνεχιζόμενες προσπάθειες για αποτροπή των (επικείμενων) μεγάλων μειώσεων στις πληρωμές αγροτικών επιδοτήσεων- πρέπει οι Αγροτικές Συνεταιριστικές Οργανώσεις (ΑΣΟ) να εξετάσουν ενδελεχώς και τα νέα αναπτυξιακά ζητήματα που προκύπτουν, σε σχέση με την συμμετοχή τους στα υπό διαμόρφωση επιχειρηματικά σχήματα υλοποίησης μονάδων βιομετατροπής, αλλά και στην ανάπτυξη ολοκληρωμένων/ καθετοποιημένων επιχειρήσεων διαχείρισης των ενεργειακών Α' υλών.

Για την βιωσιμότητα, λοιπόν, των προαναφερθέντων επιχειρηματικών σχημάτων, απαιτείται πάγια επιδότηση των αντίστοιχων μονάδων βιομετατροπής της τάξης των 300 εκ. € συνολικά, που θα στοχεύει στην ενίσχυση των απαιτούμενων μονάδων για την εκπλήρωση των στόχων της Ελλάδας για τη βιοενέργεια μέχρι το έτος 2010.

Εκτιμήθηκε, επίσης, ότι η ετήσια ποσότητα εκπομπών CO<sub>2</sub> που αποφεύγεται από την χρήση των εγχώρια παραγόμενων βιοκαυσίμων στις μεταφορές αφενός, της εγχώριας βιομάζας στην ηλεκτροπαραγωγή αφετέρου, αντιστοιχεί σε εξοικονόμηση εθνικών πόρων ύψους περίπου 50 εκ. €/έτος.

Η συνολική απαιτούμενη ετήσια επιδότηση των ενεργειακών καλλιεργειών, για να επιτευχθεί η εύλογη απόδοση των επενδύσεων βιομετατροπής και να διασφαλισθούν τα σημερινά έσοδα των αγροτών, ανέρχεται σε 197 εκ. €/έτος. Εάν από το ποσό αυτό αφαιρεθούν:

α) η επιδότηση που ήδη δίνεται για ενεργειακές καλλιέργειες, ≈17 εκ. €/έτος, δηλ. τα 4,5 €/στρέμμα

β) η ετήσια εξοικονόμηση πόρων από την αποτροπή εκπομπών CO<sub>2</sub> με τη χρήση εγχώριων παραγόμενων υγρών βιοκαυσίμων στις μεταφορές και βιομάζας στην Η/Π, συνολικά ≈50 εκ. € προκύπτει ότι η πρόσθετη ετήσια επιδότηση που απαιτείται για την συνολική βιωσιμότητα των ενεργειακών καλλιεργειών στη χώρα μας ανέρχεται σε 130 εκ. €/έτος περίπου. Το συνολικό ποσό που πρέπει να διατεθεί στην οκταετία 2007-2013 (Δ' ΚΠΣ) ανέρχεται, συνεπώς, σε 960 εκ. € και αντιστοιχεί μόνο στο 14,5% των αναμενόμενων Κοινοτικών επιδοτήσεων και του αντίστοιχου εθνικού σκέλους για την ίδια χρονική περίοδο.

### **6.2.3. Βασικές κατευθύνσεις ενός βραχυμεσοπρόθεσμου σχεδίου δράσης για την προώθηση της ενεργειακής γεωργίας στην Ελλάδα.**

Τα κύρια τεχνικοοικονομικά συμπεράσματα της μελέτης, όπως αυτά αναπτύχθηκαν παραπάνω, διαμορφώνουν ευκρινώς ένα συγκροτημένο πλαίσιο στρατηγικών κατευθύνσεων και αναγκαίων δράσεων πρώτης προτεραιότητας για την αποτελεσματική ανάπτυξη της ενεργειακής γεωργίας στη χώρα μας. Το πλαίσιο αυτό εδράζεται σε τρεις (3) βασικές κατευθύνσεις:

- i) την παροχή ικανοποιητικών οικονομικών κινήτρων για την βιοενέργεια
- ii) την συνεργασία των εμπλεκόμενων φορέων (πολιτείας - αυτοδιοίκησης - αγροτών - συνεταιρισμών), για την βελτίωση των κρίσιμων τεχνικοοικονομικών παραμέτρων της εφοδιαστικής και τεχνολογικής αλυσίδας της βιομετατροπής
- iii) το σχεδιασμό/ υλοποίηση ολοκληρωμένων προγραμμάτων ενημέρωσης, κατάρτισης και τεχνικής υποστήριξης του αγροτικού κόσμου και των φορέων του στον τομέα των ενεργειακών καλλιεργειών.

Ο σχεδιασμός, η θέσπιση και η εφαρμογή ενός ολοκληρωμένου πλέγματος οικονομικών κινήτρων για την προώθηση της βιοενέργειας στην Ελλάδα πρέπει να στοχεύσει στην αποτελεσματική στήριξη και των τριών (3) κύριων φάσεων/ διαδικασιών βιομετατροπής, δηλ.

1. την παραγωγή της ενεργειακής Α' ύλης (ενεργειακή καλλιέργεια) στον αγρό
2. την κατεργασία της στην μονάδα βιομετατροπής
3. την διοχέτευση του τελικού προϊόντος της βιομετατροπής, π.χ. του βιοκαυσίμου της ηλεκτρικής/ θερμικής ενέργειας ή των πελεττών/ μπρικεττών, στην υφιστάμενη ενεργειακή αγορά των συμβατικών καυσίμων.

Όσον αφορά στην εγχώρια παραγωγή της ενεργειακής Α' ύλης, το βασικό ποσοτικό συμπέρασμα που προέκυψε είναι ότι απαιτείται μία πρόσθετη ετήσια επιδότηση των ενεργειακών καλλιεργειών στην χώρα μας της τάξης των 180 εκ. €/έτος. Η πρόσθετη αυτή επιδότηση, πέραν δηλ. της ήδη υφιστάμενης «ενεργειακής» επιδότησης των 4,5 €/στρέμμα, είναι αναγκαία, τόσο για να διασφαλισθεί συνολικά η βιωσιμότητα των εγχώριων ενεργειακών καλλιεργειών, όσο και για να καλυφθούν πλήρως οι ανάγκες τροφοδοσίας με Α' ύλες εκείνων των μονάδων βιομετατροπής, οι οποίες θα μπορούσαν να καλύψουν τους ενεργειακούς στόχους της χώρας για το 2010, αναφορικά με τα βιοκαύσιμα και την ηλεκτροπαραγωγή από βιομάζα. Ένα σημαντικό τμήμα της ως άνω απαιτούμενης πρόσθετης επιδότησης, και συγκεκριμένα περίπου το 30% ή 50 εκατ. €/έτος, θα μπορούσε να προέλθει από περιβαλλοντικά κονδύλια του Δ' ΚΠΣ, με την αναγνώριση του γεγονότος ότι η εγχώρια παραγωγή των αναγκαίων -ενεργειακών πρώτων υλών για τα βιοκαύσιμα και την ηλεκτροπαραγωγή- θα αποφέρει στην χώρα μας εξοικονόμηση ισοδύναμων πόρων (δηλ. ≈ 50 εκ. €/έτος), από



την συμβολή των ενεργειακών καλλιεργειών στην επίτευξη των εθνικών στόχων που απορρέουν από το Πρωτόκολλο του Κιότο (μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub>).

Το υπόλοιπο τμήμα της απαιτούμενης πρόσθετης επιδότησης, και συγκεκριμένα το 70% ή περίπου 130 εκατ. €/έτος, θα ήταν δυνατόν να αντληθεί από Ευρωπαϊκά ή εθνικά κονδύλια μετά από σχετικές πρωτοβουλίες της Πολιτείας (π.χ. κονδύλια της Δ΄ Π.Π. για την αγροτική ανάπτυξη, εθνικό απόθεμα της ενιαίας ενίσχυσης στα πλαίσια της νέας ΚΑΠ, ενδεχόμενη νέα πρόσθετη επιχορήγηση των ενεργειακών καλλιεργειών από την Ε.Ε. κτλ.).

Όσον αφορά τις αναγκαίες επενδύσεις σε μονάδες βιομετατροπής, συνολικού ύψους περίπου 720 εκατ. € την 4ετία 2007-2010, είναι φανερό ότι η οικονομική τους στήριξη θα προέλθει, υπό τη μορφή επιδοτήσεων του κόστους κατασκευής των μονάδων, από σχετικά κονδύλια για επενδύσεις ΑΠΕ, τόσο στο νέο Αναπτυξιακό Νόμο, όσο και στο Δ΄ ΚΠΣ (κατ' αναλογία με αντίστοιχα μέτρα του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανταγωνιστικότητα» /ΕΠΑΝ του Γ΄ ΚΠΣ, τα οποία ήταν ειδικά στοχευμένα για επενδύσεις ΑΠΕ). Θεωρείται ότι, με το ισχύον επίπεδο τεχνολογικής ανάπτυξης και ανταγωνιστικότητας των τεχνολογιών βιομετατροπής και το προβλεπόμενο για τα αμέσως επόμενα χρόνια, ένα εύλογο (μέσο) ποσοστό δημόσιας επιχορήγησης για επενδύσεις σε μονάδες βιομετατροπής είναι το 40%.

Τέλος, όσον αφορά στην διοχέτευση του τελικού προϊόντος της βιομετατροπής, π.χ. του βιοκαυσίμου ή της ηλεκτρικής/ θερμικής ενέργειας, στην υφιστάμενη αγορά των συμβατικών καυσίμων, η υποστήριξη της πολιτείας μπορεί να κινηθεί προς δύο κύριες κατευθύνσεις:

1. Αύξηση του ποσοστού (ετήσιων ποσοτήτων) των αποφορολογούμενων βιοκαυσίμων που παράγονται από εγχώριες πρώτες ύλες, έτσι ώστε να τονωθεί η ζήτησή τους και να στηριχθεί η τιμή τους στην εγχώρια αγορά καυσίμων,
2. Σημαντική αύξηση της τιμής της kWh που καταβάλλεται από τον Διαχειριστή του Συστήματος ή του Δικτύου, για την αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας από στερεά βιομάζα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η τιμή αυτή, η οποία καθορίζεται δια νόμου (Ν. 3468/06), και η οποία θα μπορούσε να στηρίξει ουσιαστικά τις επενδύσεις ηλεκτροπαραγωγής από βιομάζα και συνεπώς τις αναγκαίες εγχώριες ενεργειακές καλλιέργειες για τις επενδύσεις αυτές, βρίσκεται σήμερα στο επίπεδο των 73 €/MWh (στο διασυνδεδεμένο σύστημα), όταν για τα -πλήρως εισαγόμενα- φωτοβολταϊκά συστήματα η τιμή αυτή έχει καθοριστεί στα 450 €/MWh (!). Η τιμή αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα θα πρέπει, συνεπώς, να αυξηθεί σημαντικά και να καθοριστεί στα επίπεδα των 150 €/MWh, κατ' ελάχιστον.

Παρακάτω παρατίθενται κάποιες πιο συγκεκριμένες ιδιαιτερότητες των φυτών, που προέκυψαν από τη μελέτη, από πλευράς οικονομικής προσέγγισης.

- Αποδόσεις: η συμπεριφορά τους εξαρτάται κυρίως από τις κλιματικές συνθήκες και την ένταση της άρδευσης αργά την άνοιξη. Οι αποδόσεις της ελαιοκράμβης, του ηλίανθου και του σκληρού

σίτου κυμαίνονται μεταξύ 175 με 180 κιλά/στρέμμα (για τα δύο πρώτα) και 300 κιλά/στρέμμα (για το σιτάρι) όσον αφορά τις ξηρικές καλλιέργειες, ενώ για τις αρδευόμενες καλλιέργειες τα αντίστοιχα στοιχεία είναι 350 με 550 κιλά/στρέμμα. Το γλυκό σόργο και ο αραβόσιτος είναι αποκλειστικά αρδευόμενα φυτά με ιδιαίτερα υψηλές αποδόσεις.

- Έδαφος: το έδαφος είναι ίσως ο σημαντικότερος παράγοντας της αγροτικής παραγωγής και συνήθως ένα υψηλό στοιχείο κόστους. Εάν υπάρχει ανταγωνιστική αγορά για τη γη, τότε η τιμή του ενοικίου είναι καθορισμένη και μπορεί να συμπεριληφθεί στο κόστος. Αντίθετα, εάν δεν υπάρχει καθορισμένη αγορά, τότε το ενοίκιο του εδάφους εκτιμάται ως το κόστος ευκαιρίας του εδάφους, το οποίο προκύπτει ως καθαρά έσοδα από την σημερινή χρήση του εδάφους. Στην περίπτωση όπου το έδαφος αποτελεί ιδιοκτησία του παραγωγού, τότε δεν θεωρείται εμφανής/ καταβαλλόμενη δαπάνη αλλά αποτελεί στοιχείο κόστους. Η ανάγκη άρδευσης επηρεάζει την επιλογή του εδάφους και το ενοίκιο του, εφόσον σε κάποιες περιπτώσεις είναι τριπλάσιο για το αρδευόμενο (30 €/στρέμμα) σε σχέση με το μη αρδευόμενο (9 €/στρέμμα). Σε αυτό το κόστος θα πρέπει να προστεθούν και τα τέλη άρδευσης, τα οποία διαφοροποιούνται βάση της καλλιέργειας και θεωρούνται καταβαλλόμενη δαπάνη.

- Εργασία και Μηχανολογικός Εξοπλισμός: στις περισσότερες περιπτώσεις, ο παραγωγός χρησιμοποιεί την δική του εργασία καθώς και τα ιδιόκτητα μηχανήματα (με εξαίρεση τη συγκομιδή, η οποία πραγματοποιείται ως εργασία τρίτων). Σε αυτή την περίπτωση ως κόστος ίδιας εργασίας θεωρείται το κόστος ευκαιρίας αυτής, ενώ το κόστος χρήσης των ιδίων μηχανημάτων βασίζεται στην ετήσια απόσβεση, τους τόκους κεφαλαίου, την συντήρηση και τα ασφάλιστρα. Τα παραπάνω αποτελούν στοιχεία κόστους αλλά όχι εμφανείς δαπάνες (με εξαίρεση το κόστος συγκομιδής, όπως αναφέρθηκε). Για την συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιήθηκε το κόστος μισθωμένης εργασίας, το οποίο περιλαμβάνει όλα τα παραπάνω στοιχεία κόστους καθώς και το κέρδος του “εργολάβου”. Εξαίρεση αποτελεί το κόστος άρδευσης όπου υπολογίστηκε το κόστος με ίδια μέσα.

- Υλικά: ως κόστος υλικών ή γεωργικών εφοδίων (όπως λιπάσματα, ζιζανιοκτόνα, εντομοκτόνα κλπ.) χρησιμοποιήθηκε η τιμή αγοράς και σε κάθε περίπτωση αποτελεί εμφανή δαπάνη.

- Τιμή πώλησης αγροτικών προϊόντων: όσον αφορά την παραγωγή του 2006, η μέση τιμή πώλησης του ηλιάνθου ήταν 160 €/τόνο (ιδιαίτερα χαμηλή σε σχέση με προηγούμενα έτη) και του αραβόσιτου 140 €/τόνο, ενώ για το γλυκό σόργο δεν υπάρχει αγορά μέχρι στιγμής στη χώρα μας. Αντίστοιχα, η ελαιοκράμβη δεν καλλιεργείται εμπορικά ακόμα αλλά σύμφωνα με στοιχεία της αγοράς η τιμή διάθεσης της για παραγωγή βιοντίζελ μπορεί να φτάσει τα 200 €/τόνο.

Είναι προφανές ότι υπάρχει διαφοροποίηση κόστους μεταξύ αρδευόμενων και μη καλλιεργειών, η οποία αποδίδεται στην σημαντική διαφορά στις αποδόσεις που προκύπτουν. Οι υψηλότερες αποδόσεις είναι ικανές να υπερκαλύψουν το αυξημένο κόστος της αρδευόμενης γης και το ίδιο το κόστος της άρδευσης, καταλήγοντας σε μειωμένο κόστος ανά τόνο παραγόμενης βιομάζας. Από τα

φυτά που προορίζονται για παραγωγή βιοντίζελ, το χαμηλότερο κόστος παρουσιάζει ο ηλίανθος (238 € ανά τόνο) όταν καλλιεργείται κάτω από αρδευόμενες συνθήκες, ενώ από τα φυτά που προορίζονται για παραγωγή βιοαιθανόλης, το γλυκό σόργο παρουσιάζει ιδιαίτερα χαμηλό κόστος παραγωγής (20 € ανά τόνο), κυρίως λόγω των πολύ υψηλών αποδόσεων του φυτού σε χλωρή μάζα. Είναι φανερό ότι σε πολλές περιπτώσεις το κόστος παραγωγής ξεπερνά την τιμή πώλησης των αγροτικών προϊόντων. Αυτό μπορεί να αιτιολογηθεί σε κάποιο βαθμό εάν παρατηρήσουμε τις εμφανείς δαπάνες.

Σε αυτή την περίπτωση, ο παραγωγός με την πώληση του προϊόντος εξασφαλίζει την κάλυψη των εξόδων του, καθώς και ένα τμήμα της αμοιβής του ιδιόκτητων εδαφών του και της ίδιας εργασίας, όπου κάτω από άλλες συνθήκες (π.χ. αγρανάπαυση) δεν θα είχε ίσως τη δυνατότητα διάθεσης τους, δηλαδή παρουσιάζουν χαμηλό κόστος ευκαιρίας.

Διαφορετικές είναι οι εκτιμήσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, σύμφωνα με τις οποίες το συναλλαγματικό όφελος από την παραγωγή βιοκαυσίμων στη χώρα μας ως το 2010 θα είχε φθάσει τα 170 εκατ. ευρώ, το κέρδος από την μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα υπολογίστηκε σε 35 εκατ. ευρώ, το κέρδος από τις νέες θέσεις εργασίας σε 4,5 εκατ. ευρώ, ενώ οι μελλοντικές επιδοτήσεις θα άγγιζαν ως και τα 22 εκατ. ευρώ. Σύμφωνα με τους ίδιους υπολογισμούς, το αγροτικό εισόδημα που θα παραχθεί από την καλλιέργεια ενεργειακών φυτών φθάνει ετησίως τα 300 εκατ. ευρώ. Λόγω των υψηλών αποδόσεων που έχουν ορισμένα ενεργειακά φυτά, τα κέρδη από τις καλλιέργειες μπορούν να φθάσουν ετησίως τις 10.000 ευρώ ανά στρέμμα.

Στους παρακάτω πίνακες υπάρχουν οι κοστολογήσεις για την παραγωγή βιοντίζελ και βιοαιθανόλης αντίστοιχα, καθώς και τα εκτιμώμενα κόστη από κάποιες ενδεικτικές πρώτες ύλες για παραγωγή βιοαιθανόλης.

Είδος φυτικής πρώτης ύλης	Απόδοση σε Έλαιο %
Καπνόςπορος	38-40
Βαμβακόσπορος	14-20
Ηλιόσπορος	30-45
Τοματόσπορος	30
Αγριαγκινάρα	15-20
Brasicca Carinata (spring rape)	35-40
Brasicca Napus L. (winter rape)	36-40

Πίνακας 18. Αποδόσεις σε βιοέλαιο από φυτικές πρώτες ύλες στην Ελλάδα. Συγκριτικά αποτελέσματα (Πηγή: Λόης - Αναστόπουλος 2006).

(€ στρ.)	Ελαιοκράμβη ποτιστική	Ελαιοκράμβη ξηρική	Ηλιάνθος
<i>Ενοίκιο εδάφους</i>	28,50	12,00	12,00
Όργανα	9,00	9,00	9,00
Προετοιμασία εδάφους	10,00	10,00	5,00
Βασική λίπανση	19,22	19,22	4,00
Σπορά	13,20	13,20	8,40
Επιφανειακή λίπανση	10,10	10,10	
Ζιζανιοκτονία	9,20	9,20	4,60
Σκαλίσματα	6,20	6,20	6,20
Άρδευση	10,00		
Συγκομιδή	9,00	9,00	9,00
Λιπές			
<i>Κόστος καλλιεργητικών επεμβάσεων</i>	95,92	85,92	46,20
<b>Συνολικό κόστος παραγωγής (€/στρ.)</b>	<b>124,42</b>	<b>97,92</b>	<b>58,20</b>
Μέση απόδοση (κιλά/στρ.)	300	180	170
Μέση τιμή (€/τόνο)	400	400	250
Επιδότησεις (€/στρ.)	4,50	4,50	4,50
<i>Ακαθάριστο εισόδημα (€/στρ.)</i>	<i>124,50</i>	<i>76,50</i>	<i>47,00</i>
Κέρδος προ φόρων και τόκων (€/στρ.)	0,08	-21,42	-11,20

Πίνακας 19. Κοστολόγηση καλλιεργειών για την παραγωγή βιοντίζελ στην Ελλάδα.

(Πηγή: Λόης - Αναστόπουλος 2006).

Καύσιμο	Πρώτη ύλη	Απόδοση (κιλά/ στρέμμα)	Απόδοση σε βιοκαύσιμο (κιλά/ στρέμμα)	Απόδοση σε βιοκαύσιμο (λίτρα/ στρέμμα)
Βιοαιθανόλη	Σιτάρι	150 - 800	36 - 190	45 - 240
	Αραβόσιτος	900	213	270
	Ζαχαρότευτλο	6,000	475	600
	Γλυκό Σόργο	7,000 - 10,000	553 - 790	675 - 900

Πίνακας 20. Αποδόσεις σε βιοαιθανόλη από φυτικές πρώτες ύλες στην Ελλάδα.

(Πηγή: Λόης - Αναστόπουλος 2006).

(€/ στρ.)	Γλυκό Σόργο	Τεύτλα	Αραβόσιτος
<i>Ενοίκιο εδάφους</i>	28,50	35,00	28,50
Όργανα	9,00	12,61	11,19
Προετοιμασία εδάφους	10,00	9,03	7,53
Βασική λίπανση	10,76	23,95	24,98
Σπορά	9,20	16,80	20,62
Επιφανειακή λίπανση		7,78	10,25
Ζιζανιοκτονία	8,10	31,96	12,81
Σκαλίσματα		53,95	20,10
Άρδευση	30,00	33,47	31,18
Συγκομιδή	17,40	46,65	17,40
Λιπές			
<i>Κόστος καλλιεργητικών επεμβάσεων</i>	<i>94,46</i>	<i>236,20</i>	<i>156,06</i>
<b>Συνολικό κόστος παραγωγής (€/στρ.)</b>	<b>122,96</b>	<b>271,20</b>	<b>184,56</b>
Μέση απόδοση (κιλά/στρ.)	7000	7,900	1172
Μέση τιμή (€/τόνο)	20	36,12	132
Επιδότησεις (€/στρ.)	4,50		56,32
<i>Ακαθάριστο εισόδημα (€/στρ.)</i>	<i>144,50</i>	<i>285,35</i>	<i>211,02</i>
Κέρδος προ φόρων και τόκων (€/στρ.)	21,54	14,15	26,46

Πίνακας 21. Κοστολόγηση Καλλιεργειών για την παραγωγή Βιοαιθανόλης στην Ελλάδα. (Πηγή: Λόης - Αναστόπουλος 2006).

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι τόσο η μελέτη του ΙΝΑΣΟ όσο και εκείνη του ΕΜΠ στηρίζονται σε στοιχεία προηγούμενων ετών (του 2007 και του 2006 αντίστοιχα), χωρίς να λαμβάνονται εύλογα υπόψη οι ραγδαίες εξελίξεις που έχουν επέλθει στο χώρο των τιμών των καυσίμων και των αγροτικών προϊόντων το τελευταίο διάστημα (π.χ. τον τελευταίο χρόνο η τιμή του πετρελαίου έχει διπλασιαστεί και συνεχώς ανεβαίνει), καθώς και την κρίση που πλήττει την παγκόσμια οικονομία από το 2008. Όλα τα παραπάνω γεγονότα μοιραία θέτουν εν αμφιβόλω τα συμπεράσματα και των δύο μελετών.

## Κεφάλαιο 7. Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα στα οποία καταλήγουμε έπειτα από την ανάλυση του θέματος των ενεργειακών καλλιεργειών για την παραγωγή βιοκαυσίμων εκτίθενται εδώ σε δύο μέρη:

- α) σε αυτά που άπτονται της καθαρά τεχνικής φύσεως του θέματος,
- β) σε αυτά στα οποία επιχειρείται μια συνολική αξιολογική αποτίμηση των στοιχείων που έχουν μελετηθεί.

⇒ Α)

■ **Βιομάζα:** η βιομάζα με την ευρύτερη έννοια του όρου περιλαμβάνει οποιοδήποτε υλικό προέρχεται από ζωντανούς οργανισμούς. Ουσιαστικά αποτελεί μία δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας, ως αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών. Χάρη σε αυτήν, η χλωροφύλλη των φυτών μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια (ορατό φάσμα) σε χημική, με μια σειρά διεργασιών, χρησιμοποιώντας ως βασικές πρώτες ύλες το διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα καθώς και νερό και ανόργανα συστατικά από το έδαφος. Ειδικότερα, η βιομάζα για ενεργειακούς σκοπούς διακρίνεται στις:

- υπολειμματικές μορφές (γεωργικά, ζωικά, δασικά υπολείμματα και αστικά απόβλητα) και
- τις ενεργειακές καλλιέργειες.

Οι διαθέσιμες διεργασίες για την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: α) τις θερμοχημικές, β) τις βιοχημικές και γ) τις χημικές. Η βιομάζα αξιοποιείται μέσα από μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών για την παράγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, καθώς και καυσίμων μεταφορών (βιοκαύσιμα).

■ **Ενεργειακές καλλιέργειες:** οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι τα καλλιεργούμενα ή αυτοφυή είδη, παραδοσιακά ή νέα, και διακρίνονται βάσει του είδους τους (γεωργικές, δασικές), του κύκλου ανάπτυξης (ετήσιες, πολυετείς) και της τελικής χρήσης της βιομάζας που παράγουν ως κύριου προϊόντος (θερμική και ηλεκτρική ενέργεια, παραγωγή βιοκαυσίμων).

Με βάση τα αποτελέσματα της εφαρμοσμένης έρευνας και επίδειξης, οι ενεργειακές καλλιέργειες που έχουν μελετηθεί μέχρι σήμερα παρουσιάζουν πολύ καλή προσαρμοστικότητα και αρκετά ικανοποιητικές αποδόσεις στις ελληνικές εδαφοκλιματικές συνθήκες. Πρέπει να τονιστεί ότι οι συγκεκριμένες καλλιέργειες έχουν μεγάλα περιθώρια αύξησης των αποδόσεών τους, αφού στο σύνολό τους πρόκειται για αβελτίωτους πληθυσμούς. Ακόμη, οι ενεργειακές καλλιέργειες πλεονεκτούν έναντι των συμβατικών στο ότι μπορούν να εκμεταλλευτούν λιγότερο γόνιμα εδάφη καθώς και χα-

μηλής ποιότητας νερό (π.χ. νερό από μονάδες βιολογικού καθαρισμού ή επεξεργασμένα απόβλητα κτηνοπτηνοτροφικών μονάδων). Τέλος, οι πολυετείς ενεργειακές καλλιέργειες με το μόνιμο εκτεταμένο ριζικό τους σύστημα, μπορούν να περιορίσουν το φαινόμενο της διάβρωσης των εδαφών και της απορροής των λιπασμάτων σε κατώτερα εδαφικά στρώματα.

■ **Βιοκαύσιμα** : τα βιοκαύσιμα είναι υγρά ή αέρια καύσιμα κίνησης, τα οποία παράγονται από βιομάζα και διακρίνονται ανάλογα με την πρώτη ύλη παραγωγής τους σε βιοκαύσιμα 1<sup>ης</sup> γενιάς, (Ενεργειακές Καλλιέργειες), βιοκαύσιμα 2<sup>ης</sup> γενιάς (Λιγνοκυτταρινούχα υλικά) και βιοκαύσιμα 3<sup>ης</sup> γενιάς (Άλγες) . Στη παρούσα πτυχιακή αναλύσαμε τα βιοκαύσιμα 1<sup>ης</sup> γενιάς, δηλαδή το βιοντίζελ και την βιοαιθανόλη.

- ✓ **Βιοντίζελ**: το βιοντίζελ είναι ένα καύσιμο που αποτελείται από αλκυλεστέρες λιπαρών οξέων, τα οποία προέρχονται από φυσικά έλαια ή ζωικά λίπη. Διατίθεται αυτούσιο (B100) ή σε μίγμα με το ορυκτό ντίζελ (B5, B10, B20). Η βασική διαδικασία της παραγωγής βιοντίζελ περιλαμβάνει τη μετεστεροποίηση των τριγλυκεριδίων με κάποια αλκοόλη μικρού μοριακού βάρους με όξινη ή βασική κατάλυση. Ο πλήρης κύκλος παραγωγής του βιοντίζελ αποτελείται από τις ακόλουθες παραγωγικές μονάδες: **α**) σπορελαιουργείο (απόληψη του λαδιού από τους ελαιούχους σπόρους), **β**) ραφιναρία (εξευγενισμός των ελαίων) και **γ**) μονάδα παραγωγής βιοντίζελ (χημική μετατροπή των τριγλυκεριδίων των ελαίων σε μεθυλεστέρες). Τα κύρια υποπροϊόντα της παραγωγικής διαδικασίας είναι οι πλακούντες, τα άλευρα εκχύλισης (αλευρόπιτα) και γλυκερίνη. Το βιοντίζελ είναι ένα καύσιμο εύκολο στο χειρισμό, βιοαποικοδομήσιμο, με χαμηλή τοξικότητα, εξαιρετική φυσική λιπαντικότητα και το οποίο χαρακτηρίζεται από ευκολία στην μεταφορά, την αποθήκευση και την ανάφλεξη.
- ✓ **Βιοαιθανόλη**: η βιοαιθανόλη είναι η αιθανόλη (οινόπνευμα) που προέρχεται από την αλκοολική ζύμωση σακχάρων ή υδρολυμένων πολυσακχαριτών, με πρώτες ύλες σακχαρούχες (γλυκό σόργο) ή αμυλούχες (αραβόσιτος) ενεργειακές καλλιέργειες ή λιγνοκυτταρινούχα υλικά (μίσχανθος). Η διαδικασία παραγωγής της βιοαιθανόλης είναι βασισμένη στην αλκοολική ζύμωση και αποτελείται από τα εξής στάδια: **α**) προεπεξεργασία των πρώτων υλών, **β**) φάση υδρόλυσης πολυσακχαριτών ή εξαγωγής σακχάρων, **γ**) συμπύκνωση χυμού για την παραγωγή σιροπιού, **γ**) ζύμωση, **δ**) απόσταξη και **ε**) αφυδάτωση. Η παραλλαγή ανά πρώτη ύλη αφορά τροποποιήσεις στις πρώτες φάσεις της διαδικασίας, όπως στην επεξεργασία της πρώτης ύλης, την υδρόλυση των πολυσακχαριτών, την εξαγωγή των σακχάρων και την συμπύκνωση του χυμού, ενώ τα υπόλοιπα βήματα μπορούν να θεωρηθούν κοινά για όλες τις περιπτώσεις. Η βιοαιθανόλη είναι ένα εύφλεκτο, άχρωμο, διαυγές, βιοαποικοδομήσιμο, χαμηλής τοξικότητας και διαλυτό στο νερό υγρό. Είναι καύσιμο υψηλού αριθμού οκτανίων (115 οκτάνια) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως προσθετό καύσης.

## ⇒ B)

- Οι ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή βιοκαυσίμων αξιολογούνται ως προς τη συμβολή τους στην απεξάρτηση από τα ορυκτά υγρά καύσιμα, τις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις, την ανταγωνιστικότητά τους ως πρώτης ύλης και τις οικονομικές επιπτώσεις από την υποκατάσταση άλλων καλλιεργειών. Από τη μελέτη του κύκλου ζωής τους προκύπτει ότι οι επιδράσεις τους στο περιβάλλον είναι περισσότερο θετικές σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα, υπό την προϋπόθεση, όμως, ότι οι τοπικές συνθήκες εδάφους, άρδευσης και κλίματος είναι ευνοϊκές.
- Ένα δυνητικό σημαντικό όφελος μιας νέας βιώσιμης αγοράς βιοκαυσίμων είναι η συμβολή τους στην δημιουργία οικονομικών συνθηκών που θα μπορούσαν να βοηθήσουν στη διασφάλιση διεθνών προτύπων αειφορίας των γεωργικών προϊόντων γενικότερα. Τα πρότυπα αειφορίας θα πρέπει να εξασφαλίζουν ότι παρέχεται στήριξη μόνο σε εκείνες τις περιπτώσεις που παρέχουν περιβαλλοντικές βελτιώσεις σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα, όχι μόνο ως προς τις μειώσεις των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, αλλά και ως προς τις ευρύτερες επιπτώσεις στο οικοσύστημα. Ελλείψει προτύπων αειφορίας, η ενθάρρυνση της χρήσης των βιοκαυσίμων θα πρέπει να δρομολογηθεί πολύ προσεκτικά με ορθές πολιτικές, και στόχευση την αύξηση της χρήσης βιώσιμων βιοκαυσίμων.
- Οι παράμετροι και τα μεγέθη που εξετάζονται σε κάθε μελέτη κύκλου ζωής βιοκαυσίμων διαφέρουν μεταξύ τους λόγω διαφοράς αρχικών δεδομένων, με αποτέλεσμα να διαφέρουν και τα τελικά αποτελέσματα της κάθε μελέτης. Οι παράμετροι και τα μεγέθη που εξετάζονται σε κάθε μελέτη κύκλου ζωής βιοκαυσίμων και διαφοροποιούν τα δεδομένα είναι:
  - η προέλευση της χρησιμοποιούμενης ενέργειας
  - η ποιότητα του εδάφους και οι απαιτήσεις σε λιπάσματα και φυτοφάρμακα
  - οι ανάγκες σε άρδευση και η προέλευση του νερού
  - ο τόπος επεξεργασίας της πρώτης ύλης για την παραγωγή των βιοκαυσίμων
  - το κόστος παραγωγής, επεξεργασίας, μεταφοράς, διανομής και χρήσης τους
  - ο τόπος χρήσης τους και ο υπολογισμός τους στο τοπικό, εθνικό ή περιφερειακό ισοζύγιο περιβαλλοντικού οφέλους. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι κάθε πρόγραμμα ανάπτυξης και παραγωγής βιοκαυσίμων πρέπει να υλοποιείται βάσει ιδιαίτερης μελέτης κύκλου ζωής, έχοντας ως βασικό κριτήριο, εκτός από την οικονομική διάσταση, και την βιωσιμότητα του περιβάλλοντος.
- Υπάρχουν υποπροϊόντα ή κατάλοιπα προϊόντων από υφιστάμενες βιομηχανικές μονάδες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βιομάζα, τα οποία μέχρι σήμερα μένουν ανεκμετάλλευτα, όπως είναι ο ελαιοπυρήνας. Επίσης, μια άλλη πηγή πρώτων υλών θα μπορούσε να προέρχεται από την συλλογή και η αξιοποίηση των χρησιμοποιημένων λαδιών από ξενοδο-



χειακές μονάδες, εστιατόρια, σπίτια, ζωικές λιπαρές ουσίες από σφαγεία, κρεαταγορές και άλλες μεγάλες μονάδες επεξεργασίας ζωικών προϊόντων. Στις μεσογειακές χώρες υπάρχουν φυτά (σταφύλια, χαρούπια και άλλα φρούτα, προϊόντα των οποίων η διάθεση τις περισσότερες φορές είναι προβληματική και μένουν ανεκμετάλλευτα ή καταστρέφονται σε χωματερές) που οι καρποί τους περιέχουν μεγάλη ποσότητα ζάχαρης και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή αλκοόλης (μεθανόλης και αιθανόλης). Η αξιοποίηση αυτών των προϊόντων θα είχε πολλαπλά οφέλη περιβαλλοντικά και οικονομικά (αποφυγή ρύπανσης, ενέργεια) για την σημερινή κοινωνία.

- Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την λειτουργία των οχημάτων είναι πράγματι πολύ υψηλότερες, όταν χρησιμοποιούνται ορυκτά καύσιμα. Αυτό μπορεί να αντισταθμίζεται σε πολλές περιπτώσεις από την ραγδαία αύξηση της ζήτησης των βιοκαυσίμων. Ακόμα κι έτσι όμως, η ευρεία και εντατική καλλιέργεια ενεργειακών φυτών για παραγωγή βιοκαυσίμων οδηγεί σε μονοκαλλιέργεια, υποβάθμιση των χρήσεων γης, σημαντικές επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα (απομάκρυνση πουλιών και εντόμων, χρήση μεταλλαγμένων σπόρων), στην αυξημένη παροχή νερού (λόγω απαιτήσεων στην άρδευση των ενεργειακών καλλιεργειών) και στην ποιότητα του εδάφους. Η χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, που βασίζονται σε ενώσεις του αζώτου, του θείου και της αμμωνίας, αυξάνει την οξύτητα του εδάφους και των νερών, δημιουργώντας παράλληλα σε αυτό συνθήκες ευτροφισμού.
- Η στήριξη προς τα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς στην Ε.Ε αξιολογείται από πολλούς ως πρόωγη, δεδομένων των σημαντικών περιβαλλοντικών κινδύνων που συνδέονται με τις σημερινές τεχνολογίες, αλλά κυρίως λόγω του ότι χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη προϊόντα της διατροφικής αλυσίδας. Συνεπώς, η επισιτιστική ασφάλεια υπεισέρχεται ως νέος σημαντικός αρνητικός παράγοντας στο πολυσύνθετο πρόβλημα της ανάπτυξη βιοκαυσίμων πρώτης γενιάς. Έχουν παρατηρηθεί σημαντικές επιδράσεις στις τιμές των τροφίμων και μάλιστα σε αναπτυσσόμενες χώρες. Μια τέτοια πρακτική θα έχει ολέθριες συνέπειες στους κατοίκους των περιοχών αυτών, αφού η ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών απειλεί την επιβίωσή τους.
- Σε μια παγκοσμιοποιημένη αγορά πρώτων υλών και καυσίμων και σε ένα παγκοσμιοποιημένο σύστημα μεταφοράς και υπολογισμού εκπομπών ρύπων και δικαιωμάτων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, που τείνει να διαμορφωθεί, είναι πολύ πιθανό τα οφέλη από τη χρήση των βιοκαυσίμων να τα καρπωθούν οι αναπτυγμένες χώρες, μειώνοντας τις εκπομπές των ρύπων τους, ενώ τα μειονεκτήματα από την καλλιέργεια των ενεργειακών φυτών και την παραγωγή της πρώτης ύλης, να βλάψουν τις αναπτυσσόμενες χώρες που θα διαθέσουν μεγάλες εκτάσεις για αυτές. Οι αναπτυγμένες χώρες φαίνεται ότι επιτυγχάνουν τους ανωτέρω στόχους τους ως προς το Πρωτόκολλο του Κιότο, ενώ ταυτόχρονα οι αναπτυσσόμενες

χώρες υφίστανται τις επιπτώσεις της εντατικής καλλιέργειας ενεργειακών φυτών με την καταστροφή ή την υποβάθμιση των οικοσυστημάτων τους, όπως των δασών (π.χ. στον Αμαζόνιο), των υδροβιότοπων και των χορτολιβαδικών εκτάσεων. Το παράδοξο είναι ότι παράλληλα οι αναπτυσσόμενες χώρες μπορεί να εμφανίζουν αυξημένες εκπομπές, καθώς δεν διαθέτουν τις υποδομές και την τεχνογνωσία για εγχώρια παραγωγή βιοκαυσίμων.

➤ Η ελληνική πραγματικότητα:

• Κομβικό σημείο στην Ελλάδα αποδεικνύεται ότι είναι οι διαλεκτικές σχέσεις μεταξύ όλων των εμπλεκόμενων φορέων. Οι παραπάνω είναι αποτέλεσμα παιδείας, εκπαίδευσης και κατάρτισης. Δεν έχουν αναπτυχθεί έννοιες όπως συμμετοχή και αυτοοργάνωση, αλληλεγγύη, συλλογικότητα, ομόνοια και ομοψυχία για το κοινό καλό, που είναι απαραίτητες για την εξασφάλιση των κοινών στόχων σε ένα τόσο πολυσυμμετοχικό και πολύπλοκο τομέα, όπως ο αγροτικός. Η δομή και η διάρθρωση της ελληνικής αγροτικής οικονομίας και της ελληνικής κοινωνίας παρουσιάζει αρκετά στοιχεία που την καθιστούν ευάλωτη σε επίπεδο παραγωγικότητας, λειτουργικότητας και ανταγωνιστικότητας, πράγμα που εύκολα κανείς διαπιστώνει τα τελευταία χρόνια.

Η προαναφερθείσα δυσλειτουργία και έλλειψη συνεργασίας των εμπλεκόμενων φορέων (πολιτειακή και πολιτική ηγεσία, επιχειρήσεις παραγωγής επεξεργασίας και διανομής καυσίμων και βιοκαυσίμων, ενώσεις αγροτικών συνεταιρισμών, ειδικευμένο γεωτεχνικό υποστηρικτικό προσωπικό, αγρότες, ερευνητικά ιδρύματα, ακαδημαϊκή κοινότητα, περιβαλλοντικές οργανώσεις και καταναλωτές) παρακωλύει τον σχεδιασμό, την ορθή προώθηση και εφαρμογή μιας αγροτικής πολιτικής, που θα στοχεύει στην ορθολογική ανάπτυξη, την αναδιάρθρωση της ελληνικής γεωργίας και κτηνοτροφίας, ώστε να εξασφαλιστούν

1. η αειφορική διαχείριση του περιβάλλοντος
  2. η αναγέννηση της γεωργίας και της κτηνοτροφίας
  3. ένα αξιοπρεπές αγροτικό εισόδημα, που δεν θα εκπορεύεται από Κ.Α.Π. μονοπωλιακού χαρακτήρα και από την λογική του υπερκέρδους
  4. τα τελικά οφέλη προς τον καταναλωτή
- Έρευνες οι οποίες έχουν διεξαχθεί (όπως η μελέτη ΙΝΑΣΟ, η μελέτη Λόη-Αναστόπουλου) παρουσιάζουν αντικρουόμενα και αντιφατικά συμπεράσματα μεταξύ τους. Όπως και αν έχει, αυτό που προκύπτει ως γενική διαπίστωση είναι η ανάγκη για ένα μακρόπνοο σχέδιο δράσης, για ενδεδειγμένη έρευνα και αποτίμηση των αποτελεσμάτων και για την υποστήριξη του όλου εγχειρήματος από την αντίστοιχη νομοθεσία, η οποία θα προσαρμόζεται στα πραγματικά ελληνικά δεδομένα και όχι στα πρότυπα μιας αποτυχημένης ΚΑΠ. Είναι απογοητευ-

τικό το γεγονός της καθολικής απουσίας νομοθεσίας για την ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών αλλά και την προτυποποίηση των βιοκαυσίμων.

- Τα βιοκαύσιμα παράγονται με ποικίλους τρόπους από διαφορετικές πρώτες ύλες με ποικίλες επιδράσεις. Είναι δύσκολο να προβούμε σε μια συνολική και βέβαιη αποτίμηση του οφέλους ή των επιπτώσεων των βιοκαυσίμων. Κατά συνέπεια, καθίσταται απαραίτητη τόσο η διεξοδική έρευνα πάνω σε αυτό το ζήτημα, όσο και η ανάπτυξη και χρήση προηγμένων τεχνολογικών μεθόδων καθώς πρόκειται για ένα νέο επιστημονικό πεδίο, χωρίς προηγούμενη πείρα, ώστε να χρήζει περαιτέρω διερεύνησης, από την στιγμή που προκύπτουν συνεχώς νέα επιστημονικά δεδομένα.

Στα πλαίσια της προσπάθειας αξιοποίησης και διεύρυνσης των Εναλλακτικών Πηγών Ενέργειας, οι ενεργειακές καλλιέργειες και η αξιοποίησή τους για την παραγωγή βιοκαυσίμων απετέλεσαν ένα νέο συναρπαστικό πεδίο έρευνας, το οποίο προσπαθεί να δώσει κάποιες, επί μέρους έστω, απαντήσεις και λύσεις. Τα αποτελέσματα των μελετών στάθηκαν ενθαρρυντικά, ωθώντας μεγάλες χώρες, όπως την Βραζιλία να τις υιοθετήσουν, προκειμένου να αντεπεξέλθουν στις ενεργειακές τους ανάγκες. Από την άλλη πλευρά, ωστόσο, ανέκυψε μια σειρά από πολύ σοβαρές ενστάσεις που σχετίζονται κυρίως με τη νοοτροπία της αξιοποίησης των ενεργειακών καλλιεργειών. Καμία τεχνικής φύσεως λύση δεν είναι επαρκής για να αντιστρέψει την υπάρχουσα κατάσταση, καμία τεχνολογία δεν μπορεί να εξαλείψει ως ράβδος δια μαγείας τις παρενέργειες της βιομηχανικής ανάπτυξης, αν δεν συνοδεύεται από την ευαισθησία και την προνοητικότητα της ανθρώπινης βούλησης. Σε ένα παγκοσμιοποιημένο περιβάλλον παγκοσμιοποιούνται και τα προβλήματα. Αν όχι σήμερα, σίγουρα τις προσεχείς δεκαετίες. Κατά συνέπεια, είναι επιτακτική η ανάγκη μιας ολιστικής προσέγγισης του ζητήματος, μιας διευρυμένης και αποφασιστικής συζήτησης, η οποία θα λαμβάνει υπόψιν της όλους τους φορείς -κράτη, οργανώσεις, οργανισμούς, ινστιτούτα και πολίτες- και τις αρχές κοινωνικής δικαιοσύνης, με τέτοιον τρόπο, ώστε να διαφυλαχθεί ο εναπομείνας φυσικός πλούτος, να υιοθετηθεί και να καθιερωθεί το όραμα της αειφόρου και βιώσιμης ανάπτυξης και να εξασφαλιστεί η ίδια η συνέχεια της ανθρώπινης ύπαρξης μέσα στο οικείο της περιβάλλον, οργανικό και αναπόσπαστο μέρος του οποίου είναι και αυτή.

## Επίλογος

Η βιομηχανική επανάσταση αποτέλεσε μέσα στην ιστορία την προνομιακή αφετηρία της σύζευξης των επιτευγμάτων της επιστήμης και της τεχνολογίας, με τέτοιον τρόπο, ώστε η ανθρωπότητα να αποκτήσει τεράστια εμπιστοσύνη στον εαυτό της και να ελπίζει στην οριστική επίλυση προβλημάτων και δεινών που απέρρεαν από τους καταναγκασμούς της φύσης. Ο νέος ανθρωπότυπος που αναδύθηκε μέσα από τον 19<sup>ο</sup> αι., λησμονώντας ότι οποιαδήποτε πρώτη ύλη προέρχεται ακριβώς από τον πλούτο των φυσικών πόρων, διαχώρισε τον εαυτό του από το φυσικό περιβάλλον, θεώρησε ότι ανυψώθηκε πάνω από αυτό, ότι το τιθάσευσε ως μια βάρβαρη και άλογη δύναμη που κυριάρχησε την ανθρωπότητα σε προηγούμενες φάσεις του πολιτισμού. Μέσα σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα η φαντασίωση αυτή διαψεύσθηκε με τον πιο καταφανή τρόπο. Οι συμβατικές πηγές ενέργειας δεν είναι ανεξάντλητες, ενώ ταυτόχρονα οι ανάγκες σε παγκόσμιο επίπεδο πολλαπλασιάζονται σε συνάρτηση με την αύξηση του πληθυσμού και την ανάδειξη νέων γιγαντιαίων βιομηχανικών δυνάμεων (Κίνα, Ινδία κ.α.). Είναι σαφές ότι το υπάρχον μοντέλο ανάπτυξης αποτελεί έναν παραλογισμό, εφόσον δεν επιλύει ες αεί το πρόβλημα της ενέργειας, ενώ ταυτόχρονα επιφέρει ανεξέλεγκτες καταστροφές σε όλο το φάσμα του φυσικού περιβάλλοντος, απειλώντας πλέον ευθέως το ίδιο το ανθρώπινο είδος. Ο νέος τύπος πρόσφυγα τον 21<sup>ο</sup> αι. θα είναι ο περιβαλλοντικός πρόσφυγας (αρχής γενομένης από το Μπαγκλαντές).

Η συζήτηση γύρω από το διφυές αυτό πρόβλημα της ενέργειας έχει ξεκινήσει εδώ και αρκετές δεκαετίες, με διάφορες προτάσεις να κατατίθενται επί τάπητος, άλλες πιο ρεαλιστικές άλλες πιο ακραίες. Από τα κινήματα «επιστροφής στην φύση» μέχρι την θεωρία της αποανάπτυξης του Τουρέν, άλλα ώτα καθίστανται ευήκοα, ενώ άλλα κωφεύουν. Το διακύβευμα αποτελεί αντικείμενο διαχείρισης των πολιτικών και οικονομικών ελίτ, οι οποίες ναι μεν το αναγνωρίζουν, αφετέρου δε οι συγκεκριμένες πρωτοβουλίες και πράξεις προς την κατεύθυνση της επίλυσής του δεν είναι αρκετές, αλλά ούτε και ικανές να προσεγγίσουν το θέμα στην ολότητα και την συνθετότητά του.

Η εποχή μας μαστίζεται από μια πρωτόγνωρη για το δυτικό κόσμο κρίση, τόσο οικονομική και περιβαλλοντική όσο και ανθρωπιστική και βαθιά υπαρξιακή για τον σύγχρονο άνθρωπο. Οι μεγάλες αφηγήσεις της ιστορίας έχουν απονοματοδοτηθεί. Η ανθρωπότητα, συνεπώς, καλείται ξανά σε αυτόν τον αέναο ρου να διατυπώσει και να ανακαλύψει εκείνες της αφηγήσεις και τα νοήματα που θα την κατευθύνουν σε μια ατραπό προς την συνολική αντιμετώπιση των προβλημάτων· προβλημάτων τα οποία πηγάζουν από την ίδια την ανθρώπινη μωρία. Η πρόκληση είναι να οδηγηθούμε τελικά σε μια εξ ολοκλήρου νέα συνιστάμενη με κριτήρια την καλλιέργεια του αλληλοσεβασμού και της παιδείας, την πεποίθηση στις αυταξίες της ισότητας, της αυτονομίας, της ισονομίας, της αλληλεγγύης και της κοινωνικής δικαιοσύνης, με τελικό στόχο την αειφορία του περιβάλλοντος και την ελευθερία της ανθρώπινης παγκόσμιας κοινωνίας.

## Βιβλιογραφία

- Βουδούμπας, Γ., 2002, *Εισαγωγή στις τεχνολογίες ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας*, Χανιά,
- Βουδούμπας, Γ., 2006, *Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και άλλες ενεργειακές τεχνολογίες, Δοκίμια για την ενέργεια*, Χανιά
- Δαναλάτος, Ν., Αρχοντούλης, Σ., 2008, *Οδηγός Καλλιεργητικών φροντίδων αγριαγκινάρας, ηλίανθου, σόργου*, Λάρισα,
- Ζέρβας, Ε., 2006, *Τεχνολογία καυσίμων και περιβάλλον. Σημειώσεις*, Ξάνθη
- ΙΝΑΣΟ-ΠΑΣΕΓΕΣ, 2007, *Σχέδιο δράσης για την βιομάζα και τα βιοκαύσιμα στην Ελλάδα*
- ΚΑΠΕ (εκδ.), 2006, 'Ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή υγρών και στερεών βιοκαυσίμων στην Ελλάδα', τμήμα Βιομάζας
- Λόης, Ε., Αναστόπουλος Γ., 2006, *Χρήση του βιοντίζελ και της βιοαιθανόλης ως υποκατάστατων του πετρελαίου κίνησης και της βενζίνης*, ΕΜΠ (Σχολή Χημικών Μηχανικών)
- Χαραλαμπίδης, Α. Δ., *Βιομάζα, Σημειώσεις*, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
- 6η Εθνική Έκθεση (έτους 2009) σχετικά με την προώθηση της χρήσης των βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για μεταφορές στην Ελλάδα την περίοδο 2005-2010 (Άρθρο 4 της Οδηγίας 2003/30/ΕΚ) Υ.ΠΕ.ΚΑ, Αθήνα, Απρίλιος 2010

### Συνέδρια & Παρουσιάσεις:

- Αγερίδης, Γ., Χρήστου Μ., 2006, 'Βιοκαύσιμα και Περιβάλλον σε Όλο τον Κύκλο Ζωής'. Δημερίδα με θέμα: *Τα βιοκαύσιμα και ο αναπτυξιακός τους ρόλος για την βιομηχανία και τον αγροτικό τομέα*, ΤΕΕ/ΤΚΜ. 3-4/11/06, Θεσσαλονίκη
- Ινστιτούτο Ενέργειας Νοτιοανατολικής Ευρώπης, 2006, 'Υγρά Βιοκαύσιμα. Συμπεράσματα Παρουσιάσεων', Ημερίδα 22/06/2006, Αθήνα
- Μπαράκος, Ν., Πασιάς, Σ., και Παπαγιαννάκος Ν., 2007, 'Μοντέλο βιώσιμης αξιοποίησης βιομάζας για την παραγωγή βιοντίζελ', 2<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Εναλλακτικών Καυσίμων και Βιοκαυσίμων 26-27/04/2007, λίμνη Πλαστήρα. (περίληψη ανακοίνωσης από agroenergy.gr)

### Διπλωματικές Εργασίες:

- Καλαβριώτου, Π., 2005, *Αύξηση και ανάπτυξη του ηλιάνθου και του κενάφ για την παραγωγή βιομάζας και βιοενέργειας στην κεντρική Ελλάδα*, ΜΠΣ: Περιβαλλοντική Πολιτική και Διαχείριση του Τμήματος Περιβάλλοντος, Μυτιλήνη

- Κόγιου, Π., Δρίτσας, Α., 2008, *Η χρήση των βιοκαυσίμων στον τομέα μεταφορών*, ΑΠΘ, ΗΜ/ΜΥ
- Παπαδημητρίου, Χ., *Διπλωματική Εργασία: οι εταιρείες E.S.Co. στην Ευρώπη και οι εφαρμογές αυτών*, τομέας Θερμότητας, Σχολή Μηχανολόγων-Μηχανικών, ΕΜΠ
- Παπανικολάου, Β., 2006, *Μέθοδοι και υλικά ακινητοποίησης βιοκαταλυτών για την παραγωγή καύσιμης και βιομηχανικής αλκοόλης σε βιοαντιδραστήρα διαλείποντος έργου*, ΜΠΣ Βιολογικής Τεχνολογίας, Τμήμα Βιολογίας, Πάτρα
- Ραμνιώτης, Γ. Ι., 2008, *Πειραματική καλλιέργεια ποικιλιών ελαιοκράμβης (brassica napus) στο νομό Λάρισας για παραγωγή βιοντίζελ*. ΜΠΣ Γεωργικής Μηχανικής και Υδατικών Πόρων, Γεωπονική Σχολή, ΑΠΘ
- Χαλιμούρδας, Ι. Γ., 2008, *Διερεύνηση και αξιολόγηση προοπτικών και κινδύνων από την προώθηση της χρήσης των βιοκαυσίμων στην Ευρώπη*. ΔΠΜΣ Περιβάλλον και Ανάπτυξη, ΕΜΠ
- Χατζηαντωνίου-Μαρούλη, Κ., Δαβόρας, Β. *Βιοκαύσιμα, Βιοαιθανόλη: Συμβάλλουν στην βιώσιμη λύση του ενεργειακού προβλήματος*, Τμήμα Χημείας, ΑΠΘ & ΔΙΧΗΝΕΤ

#### Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία:

- Bacovsky, D., Körbitz, W., Mittelbach, M. Wörgetter, M. 2007, *Biodiesel Production, Technologies and European Providers*, A Report to IEA Bioenergy Task 39
- *Biofuels Barometer*, EurObserv'ER 09 (July 2009) and EurObserv'ER 10 (July 2010)
- Demirbas, A., 2002. 'Biodiesel from vegetable oils via transesterification in supercritical methanol', *Energy Conversion and Management*, 43: 2349-56.
- \_\_\_\_\_, 2003, 'Biodiesel fuels from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical alcohol transesterifications and other methods: a survey', *Energy Conversion and Management*, 44: 2093-2109.
- \_\_\_\_\_, 2007, 'Importance of biodiesel as transportation fuel', *Energy Policy*, 35: 4661-4670
- Drapcho, M.C., Phu Nhuan, N., Walker, H. T., 2008, *Biofuels engineering process technology*, McGraw-Hill, U.S.A
- Freris, L., Infield, D., 2008, *Renewable energy in lower systems*, (Wiley) U.K.
- Hamelinck, C., Koper, M., Berndes, G., Englund, O., Diaz-Chavez, R., Kunen, E., Walden, D., 2008, *Biofuel Baseline*, Ecofys, Agra CEAS, Chalmers University, IIASA and Winrock
- Kaltschmitt, M., Streicher, W., Weise, A., (ed.), 2007, *Renewable energy technology, Economics and Environment*, Berlin

- Kaltschmitt, M., 'Energetic Use of Biomass', 511-516.
- Klass, L. D., 1998, *Biomass for Renewable energy, fuels and chemicals*, California - USA
- Knothe, G., van Gerpen, J., Krahl, J., 2005, *The biodiesel handbook*, AOCS Press
  - Knothe, G., 'Introduction', ch.1
  - Knothe, G., van Gerpen, Haas, M. J., Foglia, T. A., 'Biodiesel production', ch.4
  - Knothe, G., 'Fuel properties', ch.6
  - McCormick, R. L., Alleman, T., Krahl, J., Munack, A., Schröder O., Stein, H., Bünger, J., 'Exhaust emissions', ch.7
- Kreith, F., Goswami, D.Y., (ed.), 2007, *Handbook of Energy efficiency and renewable energy*, CRC Press
  - Kreith, F., Goswami, D.Y., 'Global Energy System', 1.1-1.24
  - Brown, C. R., Kayhanian, M., Tchobanoglous, G., 'Biomass Conversion Processes For Energy Recovery' ch.25.3
  - Rabl, A., Spadaro, V. J., 'Environmental Impacts and Costs of Energy', ch.4.
- Lowenstein, Z. M., 1984, *Energy applications of biomass*. (The Proceedings of the National meeting on Biomass R& D for Energy applications held 1-3 October 1984 at Arlington, Virginia, USA), London and New York.
  - Hayes, T. D., Chynoweth, D. P., Reddy, K. R., Schwegler, B., 'The integration of biogas production with wastewater treatment', ch.19.
- Maczulak, A., 2010, *Renewable energy sources and methods*, New York
- McGraw-Hill, 2003, *Dictionary of engineering* (2<sup>nd</sup> ed.), U.S.A
- Pimentel, D., (ed.), 2008, *Biofuels solar and wind as renewable energy systems, Benefits and risks*, Ithaca - New York
  - Pimentel, D., 'Renewable and solar energy technologies: Energy and environmental issues', 1-18
  - Rapier, R., 'Renewable diesel', 153-172.
  - Kessler, E., 'Our food and fuel future', 259-294.
  - Ugliati, S., Russi, D., Rugei, M., 'Biofuel production in Italy and Europe. Benefits and costs in the light of the present European Union biofuel policy', 465-492.
  - Gomiero, T., Pauleti, G. M., 'Organic and sustainable Agriculture and Energy conservation', 425-464.
- Rosillo-Calle, F., de Groot, P., Hemstock, L. S., Woods, J., (ed.), 2007, *The biomass assessment handbook, Bioenergy for a sustainable environment*, Padstow - Cornwall
  - Rosillo-Calle, F., 'Overview of Biomass Energy', 1-26.

- Rutz, D., Janssen, R., 2008, *Biofuel Technology Handbook*, München
- Shaine-Tyson K., 2001, *Biodiesel Handling and Use Guidelines*, (National Renewable Energy Laboratory), U.S.A
- Sheehan, J., Camobreco, V., Duffield, J., Graboski, M., Shapouri, H., 1998, *An Overview of Biodiesel and Petroleum Diesel Life Cycles*, (National Renewable Energy Laboratory), Colorado, U.S.A (30-32)
- Sørensen, B., 2007, *Renewable energy conversion, transmission and storage*, Burlington, Pergamon Press
- *Sweethanol. Διάχυση ενός ευρωπαϊκού μοντέλου για την παραγωγή βιοαιθανόλης πρώτης γενιάς σε αποκεντρωμένες μονάδες. Πρώτος οδηγός*, 2011, (supported by Intelligent Energy Europe)
- Zobaa, F. A., Bansal, R., (ed.), 2011, *Handbook of renewable energy technology*, (World Scientific Co.), Singapore
  - Seveda, M. S., Rathore, N., S., and Kumar, V., ‘Biomass as a Source of Energy’, 323-343.
  - Ortiz, A., Perez, S., Renedo, C. J., Mañana, M., Delgado, F., ‘Bioethanol’, 369-392.
  - Renedo, C. J., Ortiz, A., Perez, S., Mañana, M., Fernández, I., ‘Biodiesel’, 395-428.

#### Ηλεκτρονικές Πηγές:

<a href="http://europa.eu/index_el">http://europa.eu/index_el</a>	<a href="http://www.biodiesel.org">www.biodiesel.org</a>	<a href="http://www.ienica.net/crops/">www.ienica.net/crops/</a>
<a href="http://portal.tee.gr">http://portal.tee.gr</a>	<a href="http://www.biofuels.gr/">www.biofuels.gr/</a>	<a href="http://www.journeytoforever.org/biodiesel">www.journeytoforever.org/biodiesel</a>
<a href="http://www.cerealinstitute.gr">http://www.cerealinstitute.gr</a>	<a href="http://www.canola-cuncil.org/">www.canola-cuncil.org/</a>	<a href="http://www.journeytoforever.org/biofuel">www.journeytoforever.org/biofuel</a>
<a href="http://www.ntua.gr/">http://www.ntua.gr/</a>	<a href="http://www.cres.gr/kape">www.cres.gr/kape</a>	<a href="http://www.journeytoforever.org/ethanol">www.journeytoforever.org/ethanol</a>
<a href="http://www.oecd.org">http://www.oecd.org</a>	<a href="http://www.energy.eu">www.energy.eu</a>	<a href="http://www.minagric.gr/">www.minagric.gr/</a>
<a href="http://www.un.org/">http://www.un.org/</a>	<a href="http://www.euobserver.org/">www.euobserver.org/</a>	<a href="http://www.paseges.gr/portal/">www.paseges.gr/portal/</a>
<a href="http://www.agroenergy.gr">www.agroenergy.gr</a>	<a href="http://www.fao.org/">www.fao.org/</a>	<a href="http://www.sweethanol.eu/">www.sweethanol.eu/</a>
<a href="http://www.astm.org/">www.astm.org/</a>	<a href="http://www.iekemtee.gr">www.iekemtee.gr</a>	<a href="http://www.ypan.gr/">www.ypan.gr/</a>
<a href="http://www.aua.gr">www.aua.gr</a>	<a href="http://www.iene.gr/">www.iene.gr/</a>	