



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
(Δ.Π.Μ.Σ.) "ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ"

Τα βιοκαύσιμα ως εναλλακτική πηγή ενέργειας
Η περιβαλλοντική τους διάσταση



Δούσης Παναγιώτης

Γεωπόνος Γ.Π.Α

Διπλωματική Εργασία η οποία υποβάλλεται
για μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων
του Δ.Π.Μ.Σ. "Περιβάλλον και Ανάπτυξη"

Περιβάλλον
και
Ανάπτυξη

Τριμελής Επιτροπή:

Αν. Καθηγήτρια Αθ. Παππά (επιβλέπουσα)

Καθηγητής Σ. Τσιβιλής

Επ. Καθηγητής Ν. Πασαδάκης

Αθήνα, Φεβρουάριος 2010

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο «Τα βιοκαύσιμα ως εναλλακτική πηγή ενέργειας - Η περιβαλλοντική τους διάσταση» έγινε στα πλαίσια του διεπιστημονικού προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Περιβάλλον και Ανάπτυξη του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Η εργασία αυτή μου ανατέθηκε από την κύρια Παππά Αθηνά, αναπληρώτρια καθηγήτρια, την οποία ευχαριστώ θερμά για το γεγονός ότι μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα καθώς και για την πολύτιμη συμβολή, καθοδήγηση και υποστήριξη κατά τη διάρκεια της πραγματοποίησης της.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στα μέλη της τριμελούς επιτροπής, κύριο Τσιβιλί Σωτήρη, καθηγητή στη σχολή Χημικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π, τον κύριο Πασαδάκη Νικόλαο, επίκουρο καθηγητή στο τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης και την κυρία Παππά Αθηνά, αναπληρώτρια καθηγήτρια στη σχολή Χημικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π, που δέχτηκαν να αξιολογήσουν και να βαθμολογήσουν την παρούσα εργασία.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Μαρία Γουρνάκη, γεωπόνο για τις πηγές και χρήσιμες συμβουλές που μου έδωσε και τον καλό μου φίλο, Κώστα Παπαγεωργίου, χημικό μηχανικό, για τη συμβολή του στην εκτύπωση της παρούσας μελέτης.

Τέλος θεωρώ υποχρέωση μου να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στους ανθρώπους, η συμβολή των οποίων ήταν καθοριστική στην πραγματοποίηση της παρούσας μελέτης.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιεχόμενα	2
Περίληψη	9
Abstract	11
Εισαγωγή	13
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	17
1.1 Γενικά για τις πηγές ενέργειας	17
1.1.1 Μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	17
1.1.2 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Α.Π.Ε.).....	19
1.1.3 Είδη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	20
1.2 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα των Α.Π.Ε.	29
1.3 Αναγκαιότητα χρήσης εναλλακτικών πηγών ενέργειας–οικολογική επιβάρυνση	30
Κεφάλαιο 2. Εισαγωγή στη βιομάζα	32
2.1 Υπολειμματικές μορφές βιομάζας.....	33
2.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα βιομάζας.....	34
2.3 Μέθοδοι Ενεργειακής Μετατροπής βιομάζας	35
2.4 Εφαρμογές βιομάζας.....	39
2.4.1 Η καύση ξύλου και υπολειμμάτων	39
2.4.2 Παραγωγή βιοκαυσίμων	39
2.4.3 Παραγωγή Ηλεκτρικής – Θερμικής ενέργειας.....	39
2.5 Το δυναμικό της βιομάζας σε παγκόσμια κλίμακα	42
2.5.1 Το δυναμικό της βιομάζας στην Ελλάδα	44

2.6 Ενεργειακές καλλιέργειες - γενικά.....	45
2.7 Συστήματα παραγωγής ενεργειακών καλλιεργειών	48
2.8 Κριτήρια επιλογής φυτών για ενεργειακές καλλιέργειες	50
2.8.1 C ₃ και C ₄ φυτά.....	51
2.9 Περιβαλλοντικές και κοινωνικό-οικονομικές επιπτώσεις των ενεργειακών καλλιεργειών.....	53
2.10 Χαρακτηριστικά καυσίμων από ενεργειακές καλλιέργειες	63
2.11 Οι ενεργειακές καλλιέργειες στην Ελλάδα και στην Ευρώπη	66
Κεφάλαιο 3. Το βιοντίζελ.....	80
3.1 Η ιστορία του βιοντίζελ.....	81
3.2 Παραγωγή του βιοντίζελ.....	82
3.3 Διαδικασία παραγωγής του βιοντίζελ.....	83
3.4 Η Χημεία της παραγωγής του βιοντίζελ.....	86
3.5 Παραπροϊόντα της παραγωγής βιοντίζελ.....	87
3.6 Πλεονεκτήματα χρήσης του βιοντίζελ	88
3.7 Μειονεκτήματα χρήσης του βιοντίζελ.....	90
3.8 Ενεργειακές καλλιέργειες για παραγωγή βιοντίζελ	91
Κεφάλαιο 4. Η Βιοαιθανόλη	93
4.1 Η ιστορία της βιοαιθανόλης	94
4.2 Παραγωγή βιοαιθανόλης	95
4.3 Πλεονεκτήματα παραγωγής και χρήσης βιοαιθανόλης.....	96
4.4 Μειονεκτήματα παραγωγής και χρήσης βιοαιθανόλης	100
4.5 Ενεργειακές καλλιέργειες για παραγωγή βιοαιθανόλης.....	101

Κεφάλαιο 5. Ποιοτικός έλεγχος βιοκαυσίμων	105
5.1 Ποιοτικός έλεγχος βιοντίζελ	105
5.2 Ποιοτικός έλεγχος βιοαιθανόλης.....	111
Κεφάλαιο 6. Ανάλυση κύκλου ζωής βιοκαυσίμων	116
6.1 Στάδια κύκλου ζωής	116
6.2 Η ανάλυση κύκλου ζωής στο GEMIS	117
6.2.1 Βασικές έννοιες	118
6.2.2 Υποθέσεις.....	122
6.3 Συνοπτική περιγραφή της παραγωγής βιοντίζελ με πρώτη ύλη τον ηλίανθο	123
6.4 Συνοπτική περιγραφή της παραγωγής βιοαιθανόλης με πρώτη ύλη το ζαχαρότευτλο	124
6.5 Αποτελέσματα ανάλυσης κύκλου ζωής βιοκαυσίμων.....	125
Κεφάλαιο 7. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις βιοκαυσίμων	135
7.1 Βιοκαύσιμα και περιβάλλον.....	135
7.2 Βιοντίζελ και περιβάλλον	137
7.3 Βιοαιθανόλη και περιβάλλον	140
7.4 Άλλα περιβαλλοντικά θέματα	145
7.4.1 Επιδράσεις στους υδατικούς πόρους	146
7.4.2 Επιδράσεις στους εδαφικούς πόρους.....	149
7.4.3 Επιδράσεις στη βιοποικιλότητα	150
7.5 Σύγκρουση βιοκαυσίμων και τροφίμων	152
7.5.1 Συνεισφορά των βιοκαυσίμων στην άνοδο των τιμών των τροφίμων	152
7.6 "Αθώωση" των βιοκαυσίμων	154

Κεφάλαιο 8. Παγκόσμια ανάπτυξη παραγωγής βιοκαυσίμων	156
8.1 Υφιστάμενη κατάσταση παραγωγής βιοκαυσίμων στην Ελλάδα	157
8.2 Νομοθεσία για τα βιοκαύσιμα.....	159
8.3 Η στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα υγρά βιοκαύσιμα	161
Συμπεράσματα	162
Βιβλιογραφία	164
Παράρτημα	170

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1: Τελική ενεργειακή κατανάλωση της Ελλάδας για το έτος 2007	18
Σχήμα 2: Ισοζύγιο πηγών ενέργειας.....	20
Σχήμα 3: Κύκλος ζωής βιομάζας	32
Σχήμα 4: Διάταξη αεριοποίησης γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων	36
Σχήμα 5: Τρόποι κατεργασίας και χρήσης της βιομάζας	38
Σχήμα 6: Συμπαράγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας στο ΧΥΤΑ Άνω Λιοσίων με τη χρήση βιοαερίου	41
Σχήμα 7: Φυτά ενεργειακών καλλιεργειών, διαδικασίες μετατροπής και προϊόντα .	47
Σχήμα 8: Κύκλος του Calvin ή C ₃ κύκλος	52
Σχήμα 9: Διαδικασία παραγωγής βιοντίζελ.....	85
Σχήμα 10: Αντίδραση παραγωγής βιοντίζελ (μετεστεροποίηση).....	86
Σχήμα 11: Χημική αντίδραση ζύμωσης αιθανόλης	97
Σχήμα 12: Διάγραμμα ροής παραγωγικής διαδικασίας βιοαιθανόλης.....	98
Σχήμα 13: Μονάδα παραγωγής βιοαιθανόλης.....	102
Σχήμα 14: Στάδια κύκλου ζωής.....	117
Σχήμα 15: Ένας από τους βασικούς λοιπόν λόγους προώθησης των βιοκαυσίμων είναι η μείωση των αερίων θερμοκηπίου	137
Σχήμα 16: Σύγκριση εκπομπών CO ₂ diesel-βιοντίζελ και άλλων καυσίμων	139
Σχήμα 17: Ενεργειακό Ισοζύγιο της παραγωγής βιοαιθανόλης	143
Σχήμα 18: Κατανομή ποσοτήτων αυτούσιων βιοντίζελ κατά το έτος 2008.....	158

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Γραφική παράσταση εκπομπών συμβατικών καυσίμων και βιοκαυσίμων ως προς το CO ₂	126
Διάγραμμα 2: Γραφική παράσταση εκπομπών συμβατικών καυσίμων και βιοκαυσίμων ως προς το CO	127
Διάγραμμα 3: Γραφική παράσταση εκπομπών συμβατικών καυσίμων και βιοκαυσίμων ως προς το SO ₂	127
Διάγραμμα 4: Γραφική παράσταση εκπομπών συμβατικών καυσίμων και βιοκαυσίμων ως προς το N ₂ O	128
Διάγραμμα 5: Γραφική παράσταση εκπομπών συμβατικών καυσίμων και βιοκαυσίμων ως προς το NO _x	129
Διάγραμμα 6: Γραφική παράσταση εκπομπών συμβατικών καυσίμων και βιοκαυσίμων ως προς τα σωματίδια.....	131
Διάγραμμα 7: Γραφική παράσταση συμβατικών καυσίμων και βιοκαυσίμων ως προς τη χρήση γης	132
Διάγραμμα 8: Γραφική παράσταση συμβατικών καυσίμων και βιοκαυσίμων ως προς το τελικό κόστος	132
Διάγραμμα 9: Γραφική παράσταση συμβατικών καυσίμων και βιοκαυσίμων ως προς τη συσσωρευμένη απαιτούμενη ενέργεια	133

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά καυσίμου από ενεργειακές καλλιέργειες	64
Πίνακας 2: Χημική ανάλυση τέφρας ενεργειακών καλλιεργειών	65
Πίνακας 3: Παραγόμενα βιοκαύσιμα από διάφορα φυτά και αποδόσεις ανά στρέμμα σε σπόρο και σε καύσιμο.....	68
Πίνακας 4: Ιδιότητες Βιοντίζελ – Ντίζελ	81
Πίνακας 5: Στοιχεία αξιολόγησης επιλογής καλλιεργειών για παραγωγή αιθανόλης	104
Πίνακας 6: Εκπομπές συμβατικών καυσίμων και βιοκαυσίμων για τους ρύπους CO ₂ , CO, SO ₂ , N ₂ O και NO _x	125
Πίνακας 7: Εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων συμβατικών καυσίμων-βιοκαυσίμων και οι απαιτήσεις τους ως προς τη χρήση γης, το τελικό κόστος και την ενέργεια	130
Πίνακας 8: Σύγκριση των εκπομπών του πετρελαίου και βιοντίζελ	138
Πίνακας 9: Ποσοστά αλλαγών στον κύκλο ζωής των εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου από την αντικατάσταση του diesel από βιοντίζελ.....	139
Πίνακας 10: Αλλαγές εκπομπών αερίων θερμοκηπίου ανά χιλιόμετρο οχήματος, ως αποτέλεσμα της αντικατάστασης της βενζίνης από βιοαιθανόλη.....	142

Περίληψη

Τις τελευταίες δεκαετίες ο άνθρωπος έχει επικεντρωθεί στην ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας γιατί μπορούν να συμβάλουν στη μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο, στην εξασφάλιση της μελλοντικής ενεργειακής επάρκειας και στον περιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που έχουν τα συμβατικά καύσιμα. Τα βιοκαύσιμα δηλαδή η βιοαιθανόλη και το βιοντίζελ καθώς και η βιομάζα αυτούσια ως καύσιμο, έχουν προβληθεί ως μια λύση στο εντεινόμενο πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής και της μείωσης των αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων, ενώ ταυτόχρονα μπορούν να δώσουν διεξόδους στην αγροτική οικονομία και γι' αυτό καταβάλλονται πολλές προσπάθειες για την περαιτέρω προώθηση τους. Ωστόσο, οι έρευνες και η πρακτική δείχνουν ότι το μοντέλο παραγωγής των βιοκαυσίμων και η βιασύνη για επέκταση μαζικής κλίμακας μπορεί να επιδεινώσει την περιβαλλοντική και κοινωνική κρίση, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία προσπαθεί να διερευνήσει την περιβαλλοντική διάσταση των βιοκαυσίμων εξετάζοντας τις πρώτες ύλες από τις οποίες παράγονται δηλαδή τις ενεργειακές καλλιέργειες, τις συνέπειες κοινωνικοοικονομικές-περιβαλλοντικές που αυτές μπορούν να έχουν, καθώς και τα πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα των βιοκαυσίμων.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια σύντομη αναφορά στα είδη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας καθώς και στην αναγκαιότητα χρήσης τους. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφερόμαστε διεξοδικά στη βιομάζα, που αποτελεί την πρώτη ύλη για την παρασκευή των βιοκαυσίμων, καθώς και στις ενεργειακές καλλιέργειες, τα κριτήρια επιλογής τους, τις επιπτώσεις που μπορούν να έχουν όχι μόνο στον περιβαλλοντικό τομέα αλλά και στο κοινωνικό. Επίσης περιγράφονται τα σημαντικότερα είδη ενεργειακών καλλιεργειών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή των βιοκαυσίμων.

Στο τρίτο και τέταρτο κεφάλαιο γίνεται μια αναλυτική περιγραφή στη διαδικασία παρασκευής των δύο ειδών βιοκαυσίμων δηλαδή του βιοντίζελ και της βιοαιθανόλης καθώς στα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που παρουσιάζουν.

Ο ποιοτικός έλεγχος των βιοκαυσίμων ή αλλιώς οι παράμετροι ελέγχου που συμβάλλουν στην αξιολόγηση της ποιότητας του βιοντίζελ αλλά και της

βιοαιθανόλης που παράγονται και διατίθενται στην αγορά περιγράφονται στο πέμπτο κεφάλαιο.

Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται μια συνοπτική αναφορά στην ανάλυση κύκλου ζωής του βιοντίζελ και της βιοαιθανόλης που παράγονται από ηλίανθο και ζαχαρότευτλο αντίστοιχα συγκρινόμενα με τα συμβατικά καύσιμα.

Τέλος στο έβδομο κεφάλαιο γίνεται μια προσπάθεια διερεύνησης των ενδεχομένων περιβαλλοντικών επιπτώσεων των βιοκαυσίμων ενώ στο τελευταίο κεφάλαιο καταβάλλεται προσπάθεια προκειμένου να αποτυπωθεί η κατάσταση που επικρατεί στην παγκόσμια αλλά και στην ελληνική αγορά όσον αφορά την παραγωγή βιοκαυσίμων και την νομοθεσία (ευρωπαϊκή-ελληνική) που διέπει την αντίστοιχη αγορά.

Abstract

The last decades the human has been focused in the growth of renewable sources of energy, because they can contribute to the reduction of dependence from oil, in the guarantee of future energy sufficiency and in the restriction of environmental repercussions that has conventional fuels. Biofuels that is to say the bioethanol and a biodiesel have been appeared as a solution in the intensifying problem of climatic change and the reduction of reserves of mining fuels, while simultaneously it can give exits in the rural economy and for this they are overwhelmed a lot of efforts for their further promotion. However, the researches and the practice show that the model of production of biofuels and the hastiness for extension of mass scale can worsen the environmental and social crisis, particularly in the developing countries.

The present postgraduate work tries to investigate the environmental dimension of biofuels, examining the raw material by which they are produced that is to say the energy crops, the consequences socio-economic-environmental that these can have, as well as the advantages - disadvantages of biofuels.

In the first chapter becomes a small report in the types of renewable sources of energy as well as in their necessity of use. In the second chapter we were analytically reported in the biomass, that constitutes raw material for the production of biofuels as well as in the energy crops, the criteria of their choice, the repercussions that they can have in the environmental and in the social sector. The most important types of energy crops that are used for the production of biofuels are also described in the report.

In the third and fourth chapter is made an analytic description in the process that we use for the production of the two types of biofuels that is to say biodiesel and bioethanol as well as in the advantages and disadvantages that they appear.

The qualitative control of biofuels or else the parameters that they check in order to evaluate the quality of biodiesel and bioethanol that is produced and disposed in the market, are described in the fifth chapter.

In the sixth chapter a concise report is made in the analysis of circle of life biodiesel and bioethanol that is produced by sunflower and sugar beet respectively compared with conventional fuels.

Finally in the seventh chapter is made an effort to investigate the environmental repercussions that possibly biofuels can have whereas the last chapter refers to the situation that prevails in world but also in the Greek market with regard to the production of biofuels and the legislation (European-Greek) that governs the equivalent market.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τον όρο βιοκαύσιμα εννοούμε οποιοδήποτε προϊόν σε στερεά, υγρή, ή αέρια μορφή, το οποίο μπορεί να παράξει ενέργεια και προέρχεται από βιομάζα. Λέγοντας βιομάζα, εννοούμε οποιοδήποτε βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα προϊόντων, αποβλήτων και καταλοίπων από γεωργικές, δασοκομικές και συναφείς βιομηχανικές δραστηριότητες καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών και αστικών λυμάτων. Στην κατηγορία των βιοκαυσίμων εμπίπτουν η βιοαιθανόλη, το βιοντίζελ (μεθυλεστέρας λιπαρών οξέων), το βιοαέριο, η βιομεθανόλη, ο βιοδιμεθυλαιθέρας, ο βιο-ETBE (αιθυλοτριτοβουτυλαιθέρας), ο βιο-MTBE (μεθυλοτριτοβουτυλαιθέρας), τα συνθετικά βιοκαύσιμα (συνθετικοί υδρογονάνθρακες ή μείγματα συνθετικών υδρογονανθράκων που έχουν παραχθεί από βιομάζα), το βιοϋδρογόνο και τα καθαρά φυτικά έλαια. Τα πιο γνωστά υγρά βιοκαύσιμα στο εμπόριο είναι το βιοντίζελ, η βιοαιθανόλη και η βιομάζα ως καύσιμο αυτούσια. Η βιοαιθανόλη είναι το βιοκαύσιμο που χρησιμοποιείται για να αντικαταστήσει τη βενζίνη και το βιοντίζελ αντίστοιχα το ντίζελ.

Τα βιοκαύσιμα έχουν προβληθεί ως μια λύση στο εντεινόμενο πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής και της μείωσης των αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων. Φυτά που δεσμεύουν διοξείδιο του άνθρακα και κατόπιν μετατρέπονται σε καύσιμη ύλη της οποίας οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου θα δεσμεύονται ξανά από τα φυτά που καλλιεργούνται για βιοκαύσιμα. Μια ανανεώσιμη μορφή ενέργειας δηλαδή που θεωρητικά δεν εντείνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου και δίνει διεξόδους στην αγροτική οικονομία. Ωστόσο, οι έρευνες και η πρακτική δείχνουν ότι το μοντέλο παραγωγής των βιοκαυσίμων και η βιασύνη για επέκταση μαζικής κλίμακας ουσιαστικά θα επιδεινώσει την περιβαλλοντική και κοινωνική κρίση, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες. Τα βιοκαύσιμα ήδη περιορίζουν την παραγωγή τροφίμων και τα ζωτικά οικοσυστήματα του παγκόσμιου Νότου, ενώ τα όποια οφέλη από τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ουσιαστικά εξαλείφονται λόγω της εντατικής παραγωγής και της μετατροπής της γης σε καλλιεργούμενες εκτάσεις.

Στην Ευρώπη, τα βιοκαύσιμα, τα τελευταία χρόνια, άρχισαν να διεκδικούν μέρος της αγοράς καυσίμων στις μεταφορές. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή με την Οδηγία 2003/30 ορίζει ότι μέχρι το 2010 το 5,75% των καυσίμων κίνησης των οχημάτων πρέπει να είναι βιοκαύσιμα και τα Κράτη Μέλη πρέπει να πάρουν τα απαραίτητα

μέτρα, ώστε να εναρμονιστούν οι εθνικές νομοθεσίες και να αναπτυχθεί η παραγωγή και η χρήση τους. Επιπρόσθετα η Ευρωπαϊκή Ένωση υιοθέτησε ένα φιλόδοξο σχέδιο δράσης, με στόχο την προώθηση της αγοράς εναλλακτικών καυσίμων, έτσι ώστε το 2020 να καλύπτουν το 10% των αναγκών στις οδικές μεταφορές (www.eea.europa.eu/el).

Οι λόγοι όμως που λαμβάνονται τα μέτρα αυτά από την Ε.Ε. είναι κυρίως περιβαλλοντικοί και γεωπολιτικοί.

Οι περιβαλλοντικοί λόγοι αποσκοπούν κυρίως σε δύο στόχους:

- Στη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου (κυρίως διοξειδίου του άνθρακα) στον τομέα των μεταφορών. Η συμβολή του τομέα των μεταφορών στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι καταλυτική και για το λόγο αυτό καλούνται τα βιοκαύσιμα να αντικαταστήσουν όσο το δυνατόν μεγαλύτερο ποσοστό της βενζίνης και του ντίζελ.
- Στη συμβολή επίτευξης των εθνικών στόχων (υποχρεώσεων) του Πρωτοκόλλου του Κιότο σχετικά με τις κλιματικές αλλαγές και στην αναμενόμενη επιβολή περιορισμών στις εκπομπές ρύπων με τα καυσαέρια των κινητήρων των αυτοκινήτων.

Οι γεωπολιτικοί λόγοι αποσκοπούν στην εξασφάλιση ασφάλειας εφοδιασμού με καύσιμα και στη μείωση των εισαγωγών και της εξάρτησης από τις πετρελαιοπαραγωγές χώρες.

Ταυτόχρονα όμως με την ραγδαία εξάπλωση των βιοκαυσίμων άρχισαν να δημιουργούνται τα πρώτα ερωτήματα σχετικά με τις επιδράσεις τους στο περιβάλλον, τις κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις τους και τη συμβολή τους στην άνοδο των τιμών των τροφίμων.

Διάφορες μελέτες του ΟΟΣΑ, F.A.O (2007) έχουν εκτιμήσει ότι η ραγδαία αύξηση την βιομηχανίας των βιοκαυσίμων πιθανότατα θα κρατήσει τις τιμές των τροφίμων ανεβασμένες τουλάχιστον για την επόμενη δεκαετία. Αυτό οφείλεται από τη μία στη παγκόσμια αύξηση της τιμής των δημητριακών λόγω της εξάπλωσης των ενεργειακών καλλιεργειών κι από την άλλη στις αυξημένες τιμές πρώτων υλών όπως το καλαμπόκι, που αντί να προορίζεται για ζωοτροφή, χρησιμοποιείται πια για να παράγει βιοαιθανόλη. Επιπρόσθετα, οι μονοκαλλιέργειες που προωθούνται από τα βιοκαύσιμα, προσβάλλουν την φυσική και αγροτική βιοποικιλότητα από την οποία εξαρτώνται πολλές ζωτικές φυσικές διεργασίες όπως ο κύκλος του άνθρακα, του

αζώτου, του νερού καθώς και η γονιμότητα του εδάφους. Όλα αυτά μεγαθύνονται ακόμη περισσότερο αν αναλογιστούμε ότι η παραγωγή βιοκαυσίμων έχει καταστεί το τέλειο άλλοθι για την επέκταση των γενετικά τροποποιημένων καλλιεργειών με το αιτιολογικό της αυξημένης απόδοσης και της μη επικινδυνότητας λόγω του ότι προορίζονται για καύσιμα και όχι για τροφή (Στεργίου, 2008).

Πέρα από την αύξηση των τιμών των τροφίμων και το περιορισμό των διαθέσιμων εκτάσεων για καλλιέργεια τροφής η εξάπλωση των ενεργειακών φυτών έχει εκτοπίσει ήδη χιλιάδες αγρότες από τους τόπους τους (υπολογίζονται 1 εκατομμύριο μόνο στην Βραζιλία). Οι μεγάλες μονοκαλλιέργειες από μόνες τους μειώνουν τις θέσεις εργασίας και δημιουργούν ακραίο συγκεντρωτισμό γης και εισοδήματος. Πρόσφατα, το μόνιμο φόρουμ των Ηνωμένων Εθνών για τα θέματα ιθαγενών προειδοποίησε ότι ως και 60 εκατομμύρια αυτόχθονες κινδυνεύουν να εκδιωχθούν από τη γη τους για να δημιουργηθούν καλλιέργειες φυτών που παράγουν βιοκαύσιμα.

Σύμφωνα με τη Ι.Ε.Α (Διεθνής Υπηρεσία Ενέργειας), μια αντικατάσταση κατά 5% του ντίζελ και της βενζίνης στην ΕΕ θα απαιτήσει περίπου το 15% της διαθέσιμης αγροτικής γης για την παραγωγή ενεργειακών φυτών.

Έχει υπολογιστεί από το υπουργείο περιβάλλοντος των Η.Π.Α ότι με τις σημερινές τάσεις η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας θα αυξηθεί κατά 71% από το 2003 μέχρι το 2030. Η περισσότερη από αυτή θα προέρχεται από ορυκτά καύσιμα και μόλις 9% από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συμπεριλαμβανομένων και των βιοκαυσίμων.

Παρά τις επιφυλάξεις αυτές, η Ι.Ε.Α εκτιμά ότι μέχρι το τέλος του 21ου αιώνα τα μισά ή και παραπάνω από τα συμβατικά μεταφορικά καύσιμα παγκοσμίως θα αντικατασταθούν από βιοκαύσιμα, αν και το τι ακριβώς θα συμβεί, θα εξαρτηθεί από παράγοντες όπως οι διατροφικές ανάγκες του πληθυσμού της Γης και η παραγωγικότητα της καλλιεργήσιμης γης.

Πάντως για την επόμενη πενταετία, η Ι.Ε.Α εκτιμά ότι η χρήση των βιοκαυσίμων διεθνώς θα υπερδιπλασιασθεί, ανεβάζοντας το μερίδιο της αιθανόλης στη συνολική βενζίνη στο 4 - 5% παγκοσμίως, συνιστώντας ανταγωνισμό για τα προϊόντα της βιομηχανίας πετρελαιοειδών, για πρώτη φορά εδώ κι έναν αιώνα ουσιαστικά. (περιοδικό ΟΟΣΑ "Observer")

Σύμφωνα με το Καθηγητή Tad Patzek, (Πανεπιστήμιο Berkley, Καλιφόρνια) "Η Γη δεν πρόκειται να μας δώσει την παραπάνω βιομάζα που χρειάζεται για να συνεχίσουμε να καταναλώνουμε όπως ήδη κάνουμε. Ίσως για λίγο ακόμη θα μπορούμε να συνεχίζουμε να την κλέβουμε από τις φτωχές χώρες των τροπικών, τα

αποτελέσματα όμως είναι ήδη καταστροφικά, κι αυτό ισχύει για ολόκληρη την ανθρωπότητα".

Η παγκόσμια αλλαγή κλίματος (αύξηση της θερμοκρασίας πλανήτη λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου) δεν πρόκειται να διορθωθεί με την αυξανόμενη χρήση των βιοκαυσίμων. Γι αυτό τα βιοκαύσιμα θα πρέπει να θεωρούνται ως μέρος της λύσης και όχι η λύση του προβλήματος της αντικατάστασης των ορυκτών καυσίμων.

Τα προβλήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω είναι δυνατόν να διευθετηθούν εφόσον τα βιοκαύσιμα αναπτυχθούν προσεκτικά και με κριτήρια βιωσιμότητας, δηλαδή σωστή επιλογή ενεργειακών καλλιεργειών λαμβάνοντας υπόψη τα εδαφοκλιματικά χαρακτηριστικά των περιοχών που επιλέγησαν και ορθές γεωργικές πρακτικές για την προστασία του περιβάλλοντος. Επίσης, τα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς (παράγονται από περισσότερους τύπους βιομάζας σε σχέση με τα υπάρχοντα βιοκαύσιμα) θεωρούνται ως μία πολλά υποσχόμενη απάντηση που αναμένεται να αλλάξει το ενεργειακό αλλά και κατ' επέκταση το οικονομικό-πολιτικό τοπίο. Αναμένεται να βελτιώσουν τις επιδόσεις των βιοκαυσίμων πρώτης γενιάς αναφορικά με τους τομείς αποδοτικότητα, κόστους και συνδυασμένης μακροχρόνιας προστασίας του περιβάλλοντος και της γεωργίας, καθώς αξιοποιούν παραπροϊόντα και απόβλητα ως πρώτες ύλες.

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

1.1 Γενικά για τις πηγές ενέργειας

Ως πηγή ενέργειας ορίζεται κάθε ύλη (στάσιμη ή κινούμενη), σύστημα ή διάταξη από όπου μπορεί να αποληφθεί ενέργεια για την τελική προμήθεια θερμότητας, φωτός ή ισχύος (Γελεγένης, Αξαόπουλος, 2005). Η ενέργεια που χρησιμοποιούμε σήμερα λαμβάνεται από τις διάφορες πηγές που υπάρχουν στη φύση όπου αυτές διακρίνονται σε:

- **αυτογενείς** (πυρήνες ατόμων, ήλιος, γαιάνθρακες ή πετρέλαιο) και
- **τεχνητές** (ταμιευτήρες, ηλεκτρικοί συσσωρευτές).

Για να είναι χρήσιμη και εκμεταλλεύσιμη μια πηγή ενέργειας είναι αναγκαίες οι ακόλουθες προϋποθέσεις:

- Η ενέργεια αυτή να είναι άφθονη,
- Να υπάρχει εύκολη πρόσβαση στην ενεργειακή πηγή,
- Να μετατρέπεται χωρίς δυσκολία σε μορφή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα σύγχρονα μηχανήματα,
- Να μεταφέρεται εύκολα, και
- Να αποθηκεύεται εύκολα.

Όσον αφορά όμως τα αποθέματα ενέργειας των παραπάνω πηγών (ενεργειακό δυναμικό), αυτές διακρίνονται σε συμβατικές ή μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

1.1.1 Μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Είναι αυτές οι πηγές ενέργειας όπου δεν είναι δυνατό να ανανεώσουν σε εύλογο, για τον άνθρωπο, χρονικό διάστημα την αποθηκευμένη τους ενέργεια και αυτό γιατί η διαδικασία σχηματισμού του ενεργειακού τους δυναμικού διήρκεσε εκατομμύρια χρόνια.

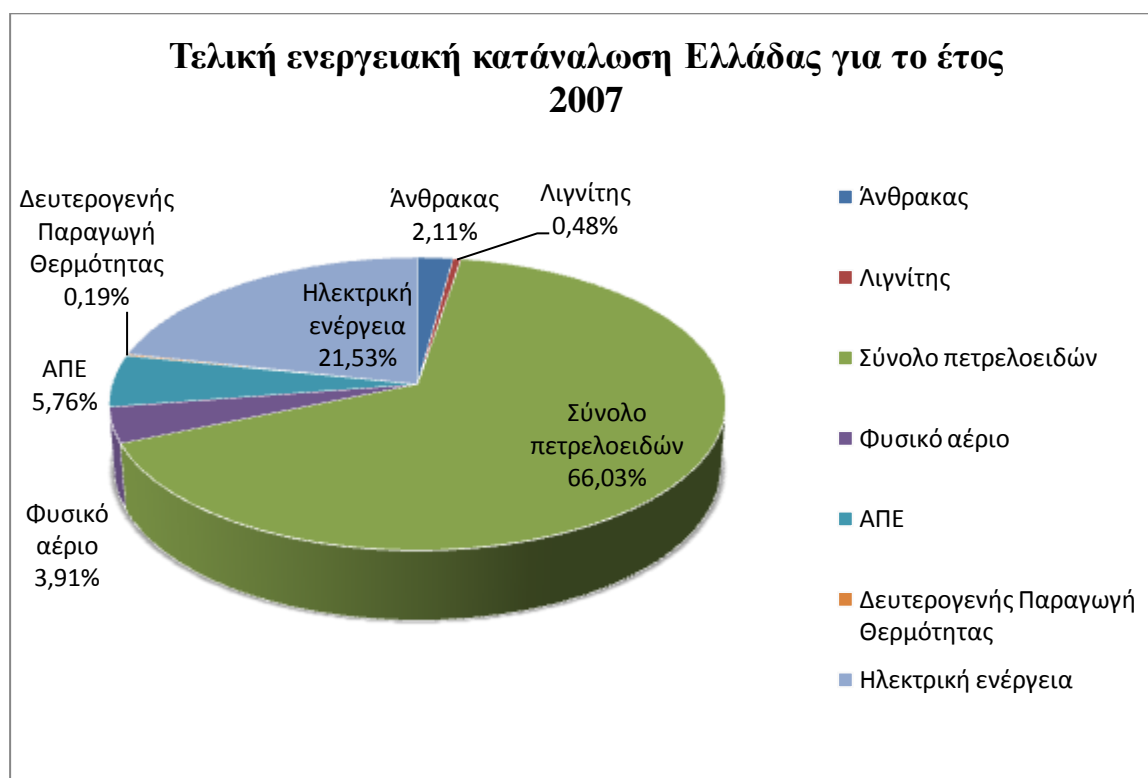
Οι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας περιλαμβάνουν:

- i. Τα στερεά καύσιμα των γαιανθράκων, όπως λιγνίτη, ανθρακίτη, τύρφη.

- ii. Τα υγρά καύσιμα που παίρνουμε με κατεργασία, όπως μαζούτ, πετρέλαιο, βενζίνη, κηροζίνη κλπ.
- iii. Τα αέρια καύσιμα όπως το φυσικό αέριο, υγραέριο κλπ., και
- iv. Την πυρηνική ενέργεια που παίρνουμε από τη σχάση ραδιενεργών υλικών.

Θα πρέπει να αναφέρουμε ότι οι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι αυτές που χρησιμοποιούνται κυρίως τα τελευταία χρόνια και που έχουν οδηγήσει σε ενεργειακές κρίσεις, αλλά και στη δημιουργία σειράς προβλημάτων, με κυριότερο αποτέλεσμα την επιβάρυνση του περιβάλλοντος τόσο με στερεούς όσο και με υγρούς και αέριους ρύπους.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 1 το έτος 2007, οι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στη τελική ενεργειακή κατανάλωση της χώρα μας συμμετείχαν στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών μας κατά 84 % περίπου, ενώ οι ανανεώσιμες πηγές κάλυπταν μόνο το 5,8 %.



Σχήμα 1: Τελική ή ολική, συνολική ενεργειακή κατανάλωση της Ελλάδας για το έτος 2007 (πηγή: υπουργείο ανάπτυξης)

1.1.2 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Α.Π.Ε.)

Ως ανανεώσιμες χαρακτηρίζονται οι πηγές ενέργειας που ανανεώνονται συνεχώς και ταχέως (συγκρινόμενες π.χ. με τους χρόνους που απαιτούνται για τη δημιουργία άνθρακα, πετρελαίου, φυσικού αερίου) επιτρέποντας τη σταθερή και αξιόπιστη χρήση τους. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συνεχίζουν να μας παρέχουν ενέργεια σε βάθος χρόνου και το ενεργειακό τους δυναμικό είναι σχεδόν ανεξάντλητο (Γελεγένης, Αξιάπουλος, 2005).

Οι κυριότερες πηγές ενέργειας αυτού του είδους είναι:

- Η ενέργεια του ήλιου (ηλιακή ενέργεια)
- Η ενέργεια των ανέμων (αιολική ενέργεια)
- Η θερμότητα που περιέχει και ελευθερώνει η γη (γεωθερμική ενέργεια)
- Η ενέργεια των υδατοπτώσεων (υδροηλεκτρική ενέργεια)
- Η ενέργεια των κυμάτων, ρευμάτων, ωκεανών καθώς και
- Η ενέργεια ζώσας ύλης (βιομάζα)

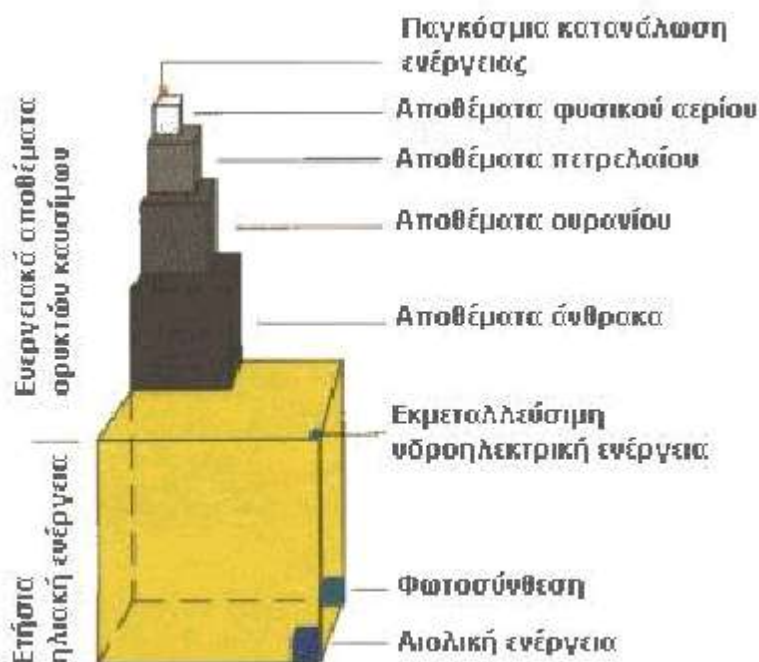
Στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θεωρούμε ότι ανήκει και η γεωθερμική ενέργεια αυτή δηλαδή η ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και σχετίζεται με την ηφαιστειότητα και τις ειδικότερες γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες της κάθε περιοχής.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα για την στροφή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι η υδροηλεκτρική ενέργεια. Από μελέτες που έχουν γίνει και με βάση το γεγονός της μείωσης των εκπομπών εκείνων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, ένας εφικτός στόχος για το έτος 2020 αποτελεί ότι το έτος αυτό θα χρησιμοποιείται κατά 50% περισσότερη υδροηλεκτρική ενέργεια στην Ε.Ε. σε σχέση με σήμερα.

Επίσης αναφέρεται ότι περισσότερο από το 80% της προβλεπόμενης αύξησης θα πρέπει να γίνει στις υπό ανάπτυξη χώρες. Παρ' όλα αυτά η συμμετοχή της υδροηλεκτρικής ενέργειας στη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας λόγω της αλόγιστης χρήσης των συμβατικών μορφών ενέργειας θα μειωθεί ελαφρώς.

Σε ότι αφορά τις λοιπές ανανεώσιμες προβλέπεται να είναι οι ταχύτερα αναπτυσσόμενες πρωτογενείς μορφές ενέργειας. Η ετήσια αύξηση αναμένεται να είναι 2,8%. Παρά τον σημαντικό αυτό ρυθμό, η συμμετοχή των ανανεώσιμων το 2020 εκτιμάται μόλις στο 3% από το σημερινό 2%. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το

ισοζύγιο των πηγών ενέργειας καθώς και τι ποσοστό αυτής περιλαμβάνει η σημερινή παγκόσμια κατανάλωση.



Σχήμα 2: Ισοζύγιο πηγών ενέργειας

(πηγή: http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/human_activities/contents)

1.1.3 Είδη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θεωρούνται σήμερα οι πιο φιλικές προς το περιβάλλον πηγές ενέργειας γιατί δίνουν στον καταναλωτή ένα εναλλακτικό τρόπο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από αυτόν με τη χρήση άνθρακα, πυρηνικής ενέργειας, φυσικού αερίου και πετρελαίου. Σήμερα οι μονάδες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος που λειτουργούν με άνθρακα παράγουν το μεγαλύτερο ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας στον κόσμο. Όμως αυτή η φτηνή μέθοδος προκαλεί τη μεγαλύτερη καταστροφή στο περιβάλλον με την εκπομπή ρύπων (αέριων και σωματιδιακών) όπως το διοξείδιο του θείου και οξείδια του αζώτου, σε συνδυασμό με το νερό της βροχής δημιουργούν την όξινη βροχή και συμβάλλουν στη αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη.

Τα είδη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι τα ακόλουθα:

➤ **Ηλιακή ενέργεια**

Ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον ήλιο. Τέτοιες είναι το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα ή θερμική ενέργεια καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας.

Η ηλιακή ενέργεια στο σύνολό της είναι πρακτικά ανεξάντλητη, αφού προέρχεται από τον ήλιο, και ως εκ τούτου δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της.

Όσον αφορά την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, θα μπορούσαμε να πούμε ότι χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες εφαρμογών: τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα στηρίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου.

Τα Παθητικά Ηλιακά Συστήματα είναι αναπόσπαστα κομμάτια – δομικά στοιχεία ενός κτιρίου που λειτουργούν χωρίς μηχανολογικά εξαρτήματα ή πρόσθετη παροχή ενέργειας και με φυσικό τρόπο θερμαίνουν, αλλά και δροσίζουν τα κτίρια. Τα Παθητικά Συστήματα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης
- Παθητικά Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Δροσισμού
- Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Φωτισμού

Προϋπόθεση για την εφαρμογή σ' ένα κτήριο παθητικών ηλιακών συστημάτων είναι η θερμομόνωσή του, ώστε να περιοριστούν οι θερμικές απώλειες (χρήση κατάλληλων υλικών και διπλών τζαμιών, στεγανοποίηση, κ.ά.). Η αρχή λειτουργίας των παθητικών συστημάτων θέρμανσης βασίζεται στο "φαινόμενο του θερμοκηπίου" ενώ τα παθητικά συστήματα δροσισμού βασίζονται στην ηλιοπροστασία του κτηρίου, δηλαδή στην παρεμπόδιση της εισόδου των ανεπιθύμητων κατά τη θερινή περίοδο ακτινών του ήλιου στο κτήριο. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση μόνιμων ή κινητών σκίαστρων (πρόβολοι, τέντες, περσίδες, κληματαριές κ.ά.) που τοποθετούνται κατάλληλα, καθώς και με τη διευκόλυνση της φυσικής κυκλοφορίας του αέρα στο εσωτερικό των κτηρίων.

Τα Ενεργητικά ηλιακά συστήματα είναι όσα συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία, και στη συνέχεια τη μεταφέρουν με τη μορφή θερμότητας σε νερό, σε αέρα ή σε

κάποιο άλλο ρευστό. Η τεχνολογία που εφαρμόζεται είναι αρκετά απλή και υπάρχουν πολλές δυνατότητες εφαρμογής της σε θερμικές χρήσεις χαμηλών θερμοκρασιών. Η πλέον διαδεδομένη εφαρμογή των συστημάτων αυτών είναι η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, οι γνωστοί σε όλους ηλιακοί θερμοσίφωνες.

Τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) συστήματα έχουν τη δυνατότητα μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Ένα τυπικό Φ/Β σύστημα αποτελείται από το Φ/Β πλαίσιο ή ηλιακή γεννήτρια ρεύματος και τα ηλεκτρονικά συστήματα που διαχειρίζονται την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τη Φ/Β συστοιχία. Για αυτόνομα συστήματα υπάρχει επίσης το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας σε μπαταρίες (<http://el.wikipedia.org/wiki>).

➤ **Αιολική ενέργεια**

Η αιολική ενέργεια δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία, γιατί η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μια περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας έτσι τους ανέμους. Είναι μια ήπια μορφή ενέργειας, φιλική προς το περιβάλλον, πρακτικά ανεξάντλητη, γι' αυτό και είναι ανανεώσιμη. Αν υπήρχε η δυνατότητα, με την σημερινή τεχνολογία, να καταστεί εκμεταλλεύσιμο το συνολικό αιολικό δυναμικό της γης, εκτιμάται ότι η παραγόμενη σε ένα χρόνο ηλεκτρική ενέργεια θα ήταν υπερδιπλάσια από τις ανάγκες της ανθρωπότητας στο ίδιο διάστημα. Υπολογίζεται ότι στο 25% της επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμοι μέσης ετήσιας ταχύτητας πάνω από 5,1m/sec, σε ύψος 10 m πάνω από το έδαφος. Όταν οι άνεμοι πνέουν με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτή την τιμή, τότε το αιολικό δυναμικό του τόπου θεωρείται εκμεταλλεύσιμο και οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες, σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα.

Τα σύγχρονα συστήματα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας αφορούν κυρίως μηχανές που μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια και ονομάζονται «ανεμογεννήτριες». Το κόστος κατασκευής των ανεμογεννητριών έχει μειωθεί σημαντικά και μπορεί να θεωρηθεί ότι η αιολική ενέργεια διανύει την πρώτη περίοδο ωριμότητας, καθώς είναι πλέον ανταγωνιστική των συμβατικών μορφών ενέργειας.

Η σημαντικότερη οικονομικά εφαρμογή των ανεμογεννητριών είναι η σύνδεσή τους στο ηλεκτρικό δίκτυο μιας χώρας. Στην περίπτωση αυτή, ένα αιολικό πάρκο, δηλαδή μία συστοιχία πολλών ανεμογεννητριών, εγκαθίσταται και λειτουργεί σε μία περιοχή

με υψηλό αιολικό δυναμικό και διοχετεύει το σύνολο της παραγωγής του στο ηλεκτρικό σύστημα. Υπάρχει βέβαια και η δυνατότητα οι ανεμογεννήτριες να λειτουργούν αυτόνομα, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε περιοχές που δεν ηλεκτροδοτούνται, μηχανικής ενέργειας για χρήση σε αντλιοστάσια, καθώς και θερμότητας. Όμως, η ισχύς που παράγεται σε εφαρμογές αυτού του είδους είναι περιορισμένη, το ίδιο και η οικονομική τους σημασία (Κ.Α.Π.Ε-Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας).

➤ Γεωθερμική ενέργεια

Γεωθερμική ενέργεια ονομάζεται η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμφανίζεται με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού. Η ενέργεια αυτή σχετίζεται με την ηφαιστειότητα και τις ειδικότερες γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Είναι μια ήπια και σχετικά ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή, που με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα μπορεί να καλύψει σημαντικές ενεργειακές ανάγκες. Οι γεωθερμικές περιοχές συχνά εντοπίζονται από τον ατμό που βγαίνει από σχισμές του φλοιού της γης ή από την παρουσία θερμών πηγών. Για να υφίσταται διαθέσιμο θερμό νερό ή ατμό σε μια περιοχή πρέπει να υπάρχει κάποιος υπόγειος ταμιευτήρας αποθήκευσης του κοντά σε ένα θερμικό κέντρο. Στην περίπτωση αυτή, το νερό του ταμιευτήρα που συνήθως είναι βρόχινο νερό που έχει διεισδύσει στους βαθύτερους ορίζοντες της γης, θερμαίνεται και ανεβαίνει προς την επιφάνεια. Τα θερμικά αυτά ρευστά εμφανίζονται στην επιφάνεια είτε με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού όπως προαναφέρθηκε είτε αντλούνται με γεώτρηση και αφού χρησιμοποιηθεί η θερμική τους ενέργεια, γίνεται επανέγχυση του ρευστού στο έδαφος με δεύτερη γεώτρηση. Έτσι ενισχύεται η μακροβιότητα του ταμιευτήρα και αποφεύγεται η θερμική ρύπανση του περιβάλλοντος.

Είναι μια ανανεώσιμη μορφή ενέργειας που πηγάζει από το εσωτερικό της γης. Η θερμότητα του εσωτερικού της γης οφείλεται στην αστρική προέλευση της γης με τη συνδρομή της ραδιενεργού μεταστοιχείωσης μερικών υλικών της. Ο πυρήνας της υπολογίζεται ότι έχει θερμοκρασία περίπου 4000°C και ο μανδύας 1200-1500°C. Από το ανώτερο τμήμα του μανδύα προέρχεται το λιωμένο πέτρωμα (μάγμα) που φθάνει μερικές φορές στην επιφάνεια της γης, δημιουργώντας τις ηφαιστειακές εκρήξεις. Το υλικό που φθάνει στην επιφάνεια έχει θερμοκρασίες μεταξύ 600-1100°C. Έτσι μεταφέρονται μεγάλες ποσότητες θερμικής ενέργειας, που σπάνια διαχέονται στην ατμόσφαιρα και την επιφάνεια, με την έκρηξη. Συνήθως εγκλωβίζονται σε μικρό

βάθος και κινητοποιούν μεγάλες ποσότητες υπεδαφικών ρευστών που θερμαίνονται ως τους 400 και πλέον °C (Κορωναίος, 2008).

Για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, ζεστό νερό σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 150°C μέχρι περισσότερο από 370°C μεταφέρεται σε γεωτρήσεις από υπόγειες δεξαμενές σε ειδικές δεξαμενές και με την απελευθέρωση της πίεσης μετατρέπεται σε ατμό. Ο ατμός διαχωρίζεται από τα ρευστά διοχετεύονται σε περιφερειακά τμήματα της δεξαμενής για να βοηθήσουν να διατηρηθεί η πίεση. Αν η δεξαμενή χρησιμοποιηθεί για άμεση χρήση της θερμότητας τα γεωθερμικά ρευστά τροφοδοτούν έναν εναλλακτήρα θερμότητας και να επιστέψουν στη γη. Το ζεστό νερό από την έξοδο του εναλλακτήρα χρησιμοποιείται για την θέρμανση κτηρίων, θερμοκηπίων κ.α.

Υπάρχουν δυο κύριες εφαρμογές της γεωθερμική ενέργειας.

- Η πρώτη αφορά τα πεδία υψηλής ενθαλπίας και βασίζεται στη χρήση της θερμότητας της γης για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος και άλλες χρήσεις (θέρμανση κτηρίων, θερμοκηπίων). Αυτή η θερμότητα μπορεί να προέρχεται από γεωθερμικά γκαίζερ που φθάνουν με φυσικό τρόπο ως την επιφάνεια της γης ή γεώτρηση στον φλοιό της γης σε περιοχές που η θερμότητα βρίσκεται αρκετά κοντά στην επιφάνεια. Αυτές οι πηγές είναι συνήθως από μερικές εκατοντάδες μέχρι 3000 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της γης.
- Η δεύτερη εφαρμογή της γεωθερμικής ενέργειας εκμεταλλεύεται τα πεδία χαμηλής ενθαλπίας όπου θερμές μάζες εδάφους ή υπογείων υδάτων χρησιμοποιούνται για να κινήσουν θερμικές αντλίες για εφαρμογές θέρμανσης και ψύξης.

Η κυριότερη θερμική χρήση της γεωθερμικής ενέργειας σήμερα, τόσο στην Ελλάδα όσο και παγκόσμια, αφορά στη θέρμανση θερμοκηπίων. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί στις υδατοκαλλιέργειες, δεδομένου ότι πολλά είδη υδροβίων οργανισμών, όπως χέλια, γαρίδες ή φύκια αναπτύσσονται γρηγορότερα σε αυξημένες θερμοκρασίες (25 έως 30°C). Άλλη διαδεδομένη χρήση της γεωθερμίας είναι η θέρμανση οικισμών. Η θερμική ενέργεια που δεσμεύεται από τη γεωθερμική πηγή διοχετεύεται προς τους χρήστες με την βοήθεια ενός δικτύου αγωγών (τηλεθέρμανση). Στις άνυδρες νησιωτικές και παραθαλάσσιες περιοχές, μια άλλη εφαρμογή μπορεί να είναι θερμική αφαλάτωση θαλασσινού νερού, ενώ στις περιπτώσεις γεωθερμικών ρευστών υψηλής θερμοκρασίας (>150°C) μπορεί να γίνει

παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος με την εκτόνωση ατμού (Κ.Α.Π.Ε-Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας).

➤ **Υδροηλεκτρική Ενέργεια**

Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι η ενέργεια η οποία στηρίζεται στην εκμετάλλευση της μηχανικής ενέργειας του νερού των ποταμών και της μετατροπής της σε ηλεκτρική ενέργεια με τη βοήθεια στροβίλων και ηλεκτρογεννητριών.

Η ενέργεια αυτή διαχέεται στη φύση από δίνες και ρεύματα, καθώς το νερό ρέει κατηφορικά σε ρυάκια, χείμαρρους και ποτάμια μέχρι να φτάσει στη θάλασσα. Όσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος του αποθηκευμένου νερού και όσο ψηλότερα βρίσκεται, τόσο περισσότερη είναι η ενέργεια που περιέχει.

Η δυνατότητα αποταμίευσης ενέργειας ως υδροδυναμικής (και όχι ως θερμικής - με τα γνωστά προβλήματα απωλειών-, ή ηλεκτρικής - σε πανάκριβους και ως εκ τούτου περιορισμένης χωρητικότητας συσσωρευτές-), καθώς επίσης η ανανεωσιμότητά της καθιστούν την υδροηλεκτρική ενέργεια σημαντική εναλλακτική / συμπληρωματική λύση στο ενεργειακό- περιβαλλοντικό πρόβλημα, δεδομένης και της "καθαρότητάς" της. Επιπλέον δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι οι υδατοπτώσεις είναι δυνατόν να χρησιμοποιούνται και για άλλες ανάγκες: ύδρευση, άρδευση, ανάσχεση χειμάρρων, διαχείριση υδάτων, συντήρηση υδροβιότοπων, αναψυχή, αθλητισμό.

Το σύνολο των έργων και εξοπλισμού μέσω των οποίων μετατρέπεται η υδραυλική ενέργεια σε μηχανική και στη συνέχεια σε ηλεκτρική, ονομάζεται Υδροηλεκτρικό έργο (ΥΗΕ). Τα Μικρής κλίμακας Υδροηλεκτρικά έργα (ΜΥΗΕ) είναι κυρίως "συνεχούς ροής", δηλαδή δεν περιλαμβάνουν σημαντική περισυλλογή νερού και επομένως δεν απαιτείται η κατασκευή μεγάλων φραγμάτων και ταμιευτήρων, αν και όπου αυτά υπάρχουν ήδη και μπορούν να χρησιμοποιηθούν εύκολα είναι επιβοηθητικά. Εξ' ορισμού δηλαδή ένας μικρός υδροηλεκτρικός σταθμός αποτελεί ένα έργο απόλυτα συμβατό με το περιβάλλον, καθώς το σύνολο των επιμέρους παρεμβάσεων του έργου μπορεί να ενταχθεί αισθητικά και λειτουργικά στα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, αξιοποιώντας τους τοπικούς πόρους.

Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι μια πρακτικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, που στηρίζεται στην εκμετάλλευση των ποταμών και των τεχνητών ή φυσικών φραγμάτων (Κορωναίος, 2008).

➤ **Ενέργεια της θάλασσας**

Η θάλασσα, η οποία αποτελεί ανεξάντλητη αλλά ταυτόχρονα ανεκμετάλλευτη πηγή ενέργειας, παρέχει τρεις τομείς ενεργειακής εκμετάλλευσης:

- α) Τη θερμική ενέργεια των ωκεανών
- β) Την ενέργεια των κυμάτων
- γ) Την ενέργεια των παλιρροιών

α) Η θερμική ενέργεια των ωκεανών μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί με την εκμετάλλευση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του θερμότερου επιφανειακού νερού και του ψυχρότερου νερού του πυθμένα. Η διαφορά αυτή πρέπει να είναι τουλάχιστον 3,5 °C.

β) Η παραγωγή ενέργειας από τα κύματα που δημιουργούνται από την επίδραση του ανέμου στην επιφάνεια της θάλασσας, έχει ως κύριο πρόβλημα την εύρεση του κατάλληλου μηχανισμού για να γίνει δυνατή η εκμετάλλευση της ενέργειας αυτής. Οι μηχανισμοί που χρησιμοποιήθηκαν μέχρι σήμερα είχαν μικρή παραγόμενη ισχύ. Οι μηχανισμοί που χρησιμοποιήθηκαν ή προτάθηκαν μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες. Στους μηχανισμούς που λειτουργούν κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας και σε αυτούς που λειτουργούν στην επιφάνεια της θάλασσας οι οποίοι παρουσιάζουν ένα σοβαρό μειονέκτημα. Είναι μόνιμα εκτεθειμένοι στις καιρικές συνθήκες, που όταν είναι άσχημες μπορούν να προξενήσουν μεγάλες υλικές καταστροφές.

γ) Η αξιοποίηση της παλιρροϊκής ενέργειας χρονολογείται από εκατοντάδες χρόνια πριν, αφού με τα νερά που δεσμεύονταν στις εκβολές ποταμών από την παλίρροια, κινούνταν νερόμυλοι. Ο τρόπος είναι απλός: Τα εισερχόμενα νερά της παλίρροιας στην ακτή κατά την πλημμυρίδα μπορούν να παγιδευτούν σε φράγματα, οπότε κατά την άμπωτη τα αποθηκευμένα νερά ελευθερώνονται και κινούν υδροστρόβιλο, όπως στα υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Τα πλέον κατάλληλα μέρη για την κατασκευή σταθμών ηλεκτροπαραγωγής είναι οι στενές εκβολές ποταμών. Οι τιμές του εύρους των παλιρροιών σε ανοικτή θάλασσα κυμαίνονται γύρω στο 1 m. Στη Μεσόγειο φτάνουν μόλις τα 60 cm κατά μέσο όρο. Στις ακτές των ωκεανών και ιδιαίτερα στο βάθος των επιμηκών κόλπων φθάνει πολλές φορές και τα 20 m (Κορωνάιος, 2008).

➤ Βιομάζα

Γενικά μετά την ενεργειακή κρίση του 1973, η βιομάζα άρχισε να παίζει όλο και σημαντικότερο ρόλο στην κάλυψη των παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών.

Σήμερα η αξιοποίηση της βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας, θεωρείται ότι είναι μία μέθοδος παραγωγής ενέργειας, η οποία είναι δυνατό να συμβάλει στην ενεργειακή επάρκεια μετά την εξάντληση των αποθεμάτων του αργού πετρελαίου, του ορυκτού άνθρακα και του φυσικού αερίου.

Ο όρος βιομάζα χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει:

- α) Τα υλικά ή καλύτερα τα υποπροϊόντα και κατάλοιπα της φυτικής, ζωικής δασικής και αλιευτικής παραγωγής.
- β) Τα προϊόντα ή τα υποπροϊόντα, τα οποία προέρχονται από τη βιομηχανική επεξεργασία των υλικών αυτών.
- γ) Τα αστικά απόβλητα, στερεά (σκουπίδια) και υγρά (λύματα).
- δ) Τις φυσικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα π.χ. αυτοφυή φυτά δάση είτε από τεχνητές φυτείες αγροτικού ή δασικού τύπου.

Σήμερα υπάρχουν αξιόλογες ποσότητες αδιάθετων γεωργικών και δασικών υποπροϊόντων που, μαζί με τα οικιακά απορρίμματα και την κτηνοτροφική κοπριά, καθώς και τις ενεργειακές καλλιέργειες επαρκούν για να καλύψουν το σύνολο των θερμικών και ενεργειακών μας αναγκών, εάν βέβαια ήταν δυνατή η αξιοποίησή τους σε όλες τις ενεργειακές απαιτήσεις.

Προφανώς, οι χώρες εκείνες που καταναλώνουν ενέργεια, που προέρχεται από βιομάζα, σε σημαντικές αναλογίες, είναι εκείνες, που βρίσκονται στο στάδιο της ανάπτυξης π.χ. στην Αφρική 65% της ενέργειας προέρχεται από βιομάζα, στην Ινδία το 50% και στη Λατινική Αμερική το 45%. Αντίθετα, στην Ελλάδα η ενέργεια αυτή χρησιμοποιείται περιορισμένα.

Η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα παρουσιάζει υψηλό κόστος συλλογής, επεξεργασίας των υλικών και έχει μικρό ενεργειακό περιεχόμενο σε σχέση με ίση μάζα οργανικού ορυκτού καύσιμου (Κορωνάιος, 2008).

1.2 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα των Α.Π.Ε.

Τα κύρια πλεονεκτήματα των Α.Π.Ε. είναι τα εξής (Κορωναίος, 2008):

- i. Είναι πρακτικά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από τους εξαντλήσιμους συμβατικούς ενεργειακούς πόρους.
- ii. Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο.
- iii. Είναι γεωγραφικά διεσπαρμένες και οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, δίνοντας τη δυνατότητα να καλύπτονται οι ενεργειακές ανάγκες σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, ανακουφίζοντας τα συστήματα υποδομής και μειώνοντας τις απώλειες μεταφοράς ενέργειας.
- iv. Δίνουν τη δυνατότητα επιλογής της κατάλληλης μορφής ενέργειας που είναι προσαρμοσμένη στις ανάγκες του χρήστη (π.χ. ηλιακή ενέργεια για θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών έως αιολική ενέργεια για ηλεκτροπαραγωγή), επιτυγχάνοντας ορθολογικότερη χρησιμοποίηση των ενεργειακών πόρων.
- v. Έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος, το οποίο επιπλέον δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.
- vi. Οι εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης των Α.Π.Ε. διατίθενται σε μικρά μεγέθη και έχουν μικρή διάρκεια κατασκευής, επιτρέποντας έτσι τη γρήγορη ανταπόκριση της προσφοράς προς τη ζήτηση ενέργειας, με επαναλαμβανόμενα συστήματα σε πολλές περιπτώσεις.
- vii. Οι επενδύσεις των Α.Π.Ε. δημιουργούν σημαντικό αριθμό νέων θέσεων εργασίας, ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο.
- viii. Μπορούν να αποτελέσουν σε πολλές περιπτώσεις πυρήνα για την αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών και πόλο για την τοπική ανάπτυξη, με την προώθηση επενδύσεων που στηρίζονται στη συμβολή των Α.Π.Ε. (π.χ. θερμοκηπιακές καλλιέργειες με γεωθερμική ενέργεια).
- ix. Είναι φιλικές προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο και η αξιοποίησή τους είναι γενικά αποδεκτή από το κοινό.

Εκτός από τα παραπάνω πλεονεκτήματα οι Α.Π.Ε. παρουσιάζουν και ορισμένα χαρακτηριστικά που δυσχεραίνουν την αξιοποίηση και ταχεία ανάπτυξή τους:

- i. Το διεσπαρμένο δυναμικό τους είναι δύσκολο να συγκεντρωθεί σε μεγάλα μεγέθη ισχύος, να μεταφερθεί και να αποθηκευθεί.
- ii. Έχουν χαμηλή πυκνότητα ισχύος και ενέργειας και συνεπώς για μεγάλες ποσότητες ισχύος απαιτούνται συχνά εκτεταμένες εγκαταστάσεις.
- iii. Παρουσιάζουν συχνά διακυμάνσεις στη διαθεσιμότητά τους που μπορεί να είναι μεγάλης διάρκειας απαιτώντας την εφεδρεία άλλων ενεργειακών πηγών ή γενικά δαπανηρές μεθόδους αποθήκευσης.
- iv. Η χαμηλή διαθεσιμότητά τους συνήθως οδηγεί σε χαμηλό συντελεστή χρησιμοποίησης των εγκαταστάσεων εκμετάλλευσής τους.
- v. Το κόστος επένδυσης ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος σε σύγκριση με τις σημερινές τιμές των συμβατικών καυσίμων είναι ακόμη υψηλό.

1.3 Αναγκαιότητα χρήσης εναλλακτικών πηγών ενέργειας – οικολογική επιβάρυνση

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 πάνω στον πλανήτη. Έτσι κατά την καύση των γαιανθράκων (μίγμα πολύπλοκων χημικών ενώσεων C, H, N, S, O και τέφρας), όπου μετατρέπεται η χημική ενέργειά τους σε θερμική ενέργεια, παράγεται μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα, ενώ η καύση του πετρελαίου παράγει επιπλέον αιθάλη, οξείδια του αζώτου, του θείου και ελευθερώνεται μόλυβδος.

Η αιθάλη και τα αέρια αυτά σχηματίζουν την αιθαλομίχλη, που συχνά λόγω των θερμοκρασιακών αναστροφών εγκλωβίζεται στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, με δυσάρεστα αποτελέσματα. Ιδιαίτερα η αιθάλη εισπνέεται αλλά και επικάθεται παντού. Όσον αφορά το διοξείδιο του άνθρακα, με την αύξηση της ποσότητάς του στην ατμόσφαιρα, αυξάνεται και η διαφορά μεταξύ της εισερχόμενης στην ατμόσφαιρα ηλιακής ακτινοβολίας και της εξερχόμενης από αυτή μετά την ανάκλασή της στη Γη.

Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, το γνωστό φαινόμενο του θερμοκηπίου, όπου το ρόλο του γυάλινου σκέπαστρου του

θερμοκηπίου, παίζει η βεβαρημένη ατμόσφαιρα κυρίως με διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο και οξειδία του αζώτου (αέρια θερμοκηπίου).

Η έκλυση των οξειδίων του θείου και του αζώτου, που αναφέρθηκαν πιο πάνω, σχηματίζουν με τους υδρατμούς της ατμόσφαιρας οξέα που με το νερό της βροχής επιστρέφουν στη γη ως όξινη βροχή, προκαλώντας μεγάλες ζημιές στα δάση του πλανήτη μας, διάβρωση και ερημοποίηση των γόνιμων εδαφών καθώς και αλλοιώσεις στη σύσταση των υπόγειων και πόσιμων νερών. Σοβαρό πρόβλημα σήμερα αποδείχθηκε και η χρήση των χλωροφθορανθράκων (CFC) ως ψυκτικά σε κλιματιστικά και ψυγεία, ως προωθητικά σε σπρέι, ως καθαριστικά ηλεκτρονικών συσκευών, αποστειρωτικά για νοσοκομειακά όργανα και ως μονωτικά υλικά και υλικά συσκευασίας. Αν και δεν προέρχονται άμεσα από την καύση των μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αποτελούν ωστόσο προϊόντα που η παρασκευή τους απαιτεί σημαντική κατανάλωση ενέργειας.

Η απελευθέρωση επίσης των αερίων CFC στην ατμόσφαιρα από τα κουτιά των σπρέι που πετιούνται ή από διαρροές των ψυκτικών και κλιματιστικών συσκευών ή από την παραγωγή και καύση προϊόντων με πλαστικό αφρό έχει ως αποτέλεσμα την ανύψωσή τους στη στρατόσφαιρα. Εκεί με την επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας διασπώνται και απελευθερώνονται άτομα χλωρίου, που επιταχύνουν τη διάσπαση του όζοντος (O_3) σε οξυγόνο (O_2) και ατομικό οξυγόνο (O). Με τον τρόπο αυτό καταστρέφεται ταχύτερα από ότι σχηματίζεται το στρώμα του όζοντος της στρατόσφαιρας, που μας προστατεύει από την επικίνδυνη υπεριώδη ακτινοβολία, δημιουργώντας την τρύπα του όζοντος.

Δεν θα πρέπει να παραβλέψουμε επίσης και τα ατυχήματα κατά τη μεταφορά πετρελαίου με πλοία, που έχουν προκαλέσει και προκαλούν ανυπολόγιστες οικολογικές καταστροφές στις θάλασσες και στις ακτές. Σήμερα, ως γνωστό, οι ενεργειακές μας ανάγκες καλύπτονται σε μεγάλο βαθμό τόσο από τη θερμική ενέργεια της καύσης γαιανθράκων και πετρελαίου, όσο και από την πυρηνική (θερμική) ενέργεια της σχάσης των πυρήνων. Οι πηγές ενέργειες αυτές αποδεικνύονται καταστροφικές για το περιβάλλον, ή τουλάχιστον "μη καθαρές", αφού το επιβαρύνουν. Θα πρέπει να αναφέρουμε επίσης την ηχητική ρύπανση αλλά και την αισθητική ρύπανση-επιβάρυνση του περιβάλλοντος που προκαλείται από τις μονάδες παραγωγής ενέργειας, τους μηχανισμούς και τα συστήματα μεταφοράς της, όπως π.χ. τα εργοστάσια, ορυχεία, συστήματα άντλησης, διυλιστήρια και τους ηλεκτρικούς πυλώνες.

Είναι φανερό ότι οι ενεργειακές ανάγκες συνεχώς θα αυξάνονται, αφού ο πληθυσμός της γης αυξάνεται με γοργούς ρυθμούς αλλά και η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου του ανθρώπου πολλαπλασιάζει τις δραστηριότητές του, οι οποίες τελικά απαιτούν κατανάλωση ενέργειας.

Η ανθρωπότητα καλείται να απαντήσει στο βασικό ερώτημα, αν θα συνεχίσει να καλύπτει τις ενεργειακές της ανάγκες κυρίως με τα ορυκτά καύσιμα (μέχρι αυτά να εξαντληθούν) με την επακόλουθη περιβαλλοντική επιβάρυνση ή θα αναζητήσει σύντομα άλλες λύσεις.

Η μόνη απάντηση που 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.

Κεφάλαιο 2. Εισαγωγή στη βιομάζα

Με τον όρο βιομάζα ονομάζουμε οποιοδήποτε υλικό παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς (όπως είναι το ξύλο και άλλα προϊόντα του δάσους, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων κ.λπ.) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας. Η ενέργεια που είναι δεσμευμένη στις φυτικές ουσίες προέρχεται από τον ήλιο. Με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, τα φυτά μετασχηματίζουν το CO₂ σε βιομάζα. Οι ζωικοί οργανισμοί αυτή την ενέργεια την προσλαμβάνουν με την τροφή τους και αποθηκεύουν ένα μέρος της. Αυτή την ενέργεια αποδίδει τελικά η βιομάζα, μετά την επεξεργασία και τη χρήση της.

Η βιομάζα είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας γιατί στην πραγματικότητα είναι αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια που δεσμεύτηκε από τα φυτά κατά τη φωτοσύνθεση.

Στο παρακάτω σχήμα 3 βλέπουμε τον κύκλο ζωής της βιομάζας όπως προαναφέραμε.



Σχήμα 3: Κύκλος ζωής βιομάζας (πηγή: <http://jcwinnie.biz/wordpress/?p=2777>).

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

Αλλά και μέχρι σήμερα, κυρίως οι αγροτικοί πληθυσμοί, τόσο της Αφρικής, της Ινδίας και της Λατινικής Αμερικής, όσο και της Ευρώπης, για να ζεσταθούν, να μαγειρέψουν και να φωτιστούν χρησιμοποιούν ξύλα, φυτικά υπολείμματα (άχυρα, πριονίδια, άχρηστους καρπούς ή κουκούτσια κ.ά.) και ζωικά απόβλητα (κοπριά, λίπος ζώων, άχρηστα αλιεύματα κ.ά.).

Όλα τα παραπάνω υλικά, που άμεσα ή έμμεσα προέρχονται από το φυτικό κόσμο, αλλά και τα υγρά απόβλητα και το μεγαλύτερο μέρος από τα αστικά απορρίμματα (υπολείμματα τροφών, χαρτί κ.ά.) των πόλεων και των βιομηχανιών, μπορούμε να τα μετατρέψουμε σε ενέργεια.

Στην πράξη υπάρχουν δύο τύποι βιομάζας. Πρώτον, οι υπολειμματικές μορφές (τα κάθε είδους φυτικά υπολείμματα και ζωικά απόβλητα και τα απορρίμματα) και δεύτερον η βιομάζα που παράγεται από ενεργειακές καλλιέργειες (όπου θα αναφερθούμε εκτενώς στο κεφάλαιο 2.6).

2.1 Υπολειμματικές μορφές βιομάζας

I. Βιομάζα γεωργικής προέλευσης

Η γεωργική βιομάζα που θα μπορούσε να αξιοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας διακρίνεται στη βιομάζα των υπολειμμάτων των γεωργικών καλλιεργειών (στελέχη, κλαδιά, φύλλα, άχυρο, κλαδοδέματα κ.λπ.) και στη βιομάζα των υπολειμμάτων επεξεργασίας γεωργικών προϊόντων (υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού, πυρηνόξυλο, πυρήνες φρούτων κ.λπ.).

II. Βιομάζα ζωικής προέλευσης

Το διαθέσιμο δυναμικό βιομάζας ζωικής προέλευσης, περιλαμβάνει κυρίως απόβλητα εντατικής κτηνοτροφίας από πτηνοτροφεία, χοιροστάσια, βουστάσια και σφαγεία.

III. Βιομάζα δασικής προέλευσης

Η βιομάζα δασικής προέλευσης που αξιοποιείται ή μπορεί να αξιοποιηθεί για ενεργειακούς σκοπούς συνίσταται στα καυσόξυλα, στα υπολείμματα καλλιέργειας

των δασών (αραιώσεων, υλοτομιών), στα προϊόντα καθαρισμών για την προστασία τους από πυρκαγιές καθώς και στα υπολείμματα επεξεργασίας του ξύλου.

IV. Αστικά απόβλητα

Είναι το οργανικό τμήμα των αστικών αποβλήτων.

2.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα βιομάζας

Η βιομάζα έχει πολλά πλεονεκτήματα αλλά παράλληλα χαρακτηρίζεται και από κάποια προβλήματα (Κ.Α.Π.Ε). Τα βασικότερα πλεονεκτήματα της βιομάζας είναι:

1. Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου - επειδή οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία της βιομάζας.
2. Η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στη βιομάζα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου (SO_2) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή.
3. Εφόσον η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας, η αξιοποίησή της σε ενέργεια συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα και βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου, στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και στην εξοικονόμηση του συναλλάγματος, και
4. Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή, αυξάνει την απασχόληση στις αγροτικές περιοχές με τη χρήση εναλλακτικών καλλιεργειών (διάφορα είδη ελαιοκράμβης, σόργο, καλάμι κ.λπ.) τη δημιουργία εναλλακτικών αγορών για τις παραδοσιακές καλλιέργειες (ηλίανθος κ.ά.) και τη συγκράτηση του πληθυσμού στις εστίες τους, συμβάλλοντας έτσι στη κοινωνικό-οικονομική ανάπτυξη της περιοχής. Μελέτες έχουν δείξει ότι η παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων έχει θετικά αποτελέσματα στον τομέα της απασχόλησης τόσο στον αγροτικό όσο και στο βιομηχανικό χώρο.

Τα βασικότερα προβλήματα που αφορούν την χρήση της βιομάζας είναι:

1. Ο αυξημένος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα δυσχεραίνουν την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.

2. Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της βιομάζας δυσκολεύουν την συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.
3. Βάση των παραπάνω παρουσιάζονται δυσκολίες κατά τη συλλογή, μεταφορά και αποθήκευση της βιομάζας που αυξάνουν το κόστος της ενεργειακής αξιοποίησης.
4. Οι σύγχρονες και βελτιωμένες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού, συγκρινόμενες με αυτό των συμβατικών καυσίμων.

2.3 Μέθοδοι Ενεργειακής Μετατροπής βιομάζας

Η ενεργειακή μετατροπή της βιομάζας μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους (Γελεγένης, Αξαόπουλος, 2005):

A) Η καύση

Για την καύση χρησιμοποιούνται καυσόξυλα και γεωργικά υποπροϊόντα (άχυρο, καλάμια, κλαδοδέματα και υπολείμματα ξύλου) με περιεκτικότητα σε νερό μικρότερη από 15%. Η θερμαντική αξία των γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων επηρεάζεται από τον τρόπο καύσης τους.

Είναι η πιο ανεπτυγμένη και διαδεδομένη τεχνολογία για ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας τόσο στον Ελληνικό χώρο όσο και διεθνώς. Η Ε.Ε. έχει χρηματοδοτήσει σημαντικό αριθμό προγραμμάτων που έχουν σχέση με τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας λεβήτων καύσης βιομάζας ή με τη μικτή καύση σε μεγάλες ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες.

B) Η πυρόλυση

Η ενεργειακή μετατροπή της βιομάζας με την πυρόλυση γίνεται θερμαίνοντας την φυτική ύλη η οποία αποσυντίθεται και παράγει λόγω απουσίας του αέρα (οξυγόνο), βιοάνθρακα, βιοέλαιο και βιοαέριο. Η πυρόλυση γίνεται σε κλειστά δοχεία, σε θερμοκρασία 500 - 600°C, η οποία επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση μέρους της βιομάζας. Η περιεκτικότητα της βιομάζας σε νερό πρέπει να είναι μικρότερη από 40%.

Η αντίδραση είναι εσωθερμική και δεν χρειάζεται παρά μόνο μικρά ποσά εξωτερικής ενέργειας. Χαρακτηριστικά θα πρέπει να αναφερθεί ότι ένας τόνος ξηρού ξύλου με πυρόλυση αποδίδει 300 kg ξυλάνθρακα, 140 m³ βιοαέριο, 14 lt μεθυλική αλκοόλη, 53 lt οξικό οξύ, 8 lt εστέρες, 3 lt ακετόνη, 76 lt ξύλου, 12 lt λάδι και 30 kg

πίσσα. Η ενεργειακή απόδοση της βιομάζας φθάνει το 90%, ενώ για τις ενεργειακές ανάγκες της μεθόδου καταναλώνεται το 10% του παραγόμενου αερίου.

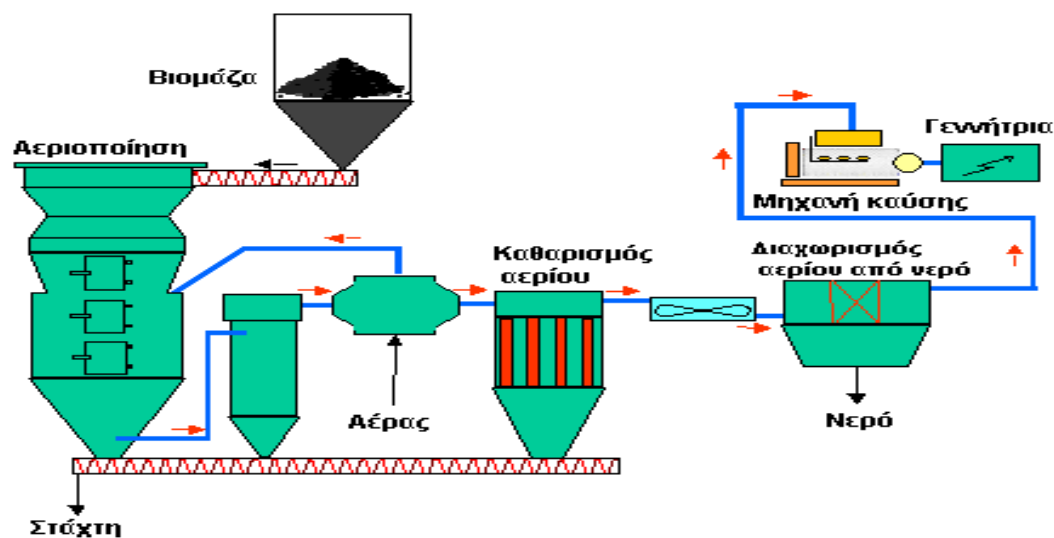
Τα αέρια που παράγονται κατά την πυρόλυση και που δεν συμπυκνώνονται, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας, για την λειτουργία της μονάδας ή να χρησιμοποιηθούν για διεργασίες ξήρανσης και θέρμανσης.

Γ) Η αεριοποίηση

Είναι η μετατροπή της βιομάζας σε αέριο, αφού έχει συντελεσθεί η πυρόλυση. Όταν χρησιμοποιείται αέρας, το μίγμα των παραγόμενων αερίων περιέχει μεγάλες ποσότητες αζώτου με θερμαντική ισχύ 4.000 kJ/m^3 . Όταν χρησιμοποιείται οξυγόνο για την αεριοποίηση τότε το παραγόμενο μίγμα δεν περιέχει άζωτο και έχει θερμαντική ισχύ 7.000 kJ/m^3 . Η αεριοποίηση με την παρουσία ατμού σε θερμοκρασία $1.000 \text{ }^\circ\text{C}$ αυξάνει αρκετά το ποσοστό υδρογόνου και μονοξειδίου του άνθρακα στο μίγμα των αερίων και τη θερμαντική τους ισχύ. Για την σύνθεση της αλκοόλης πρέπει να χρησιμοποιηθεί αεριοποίηση με οξυγόνο. Η απόδοση της μεθόδου αυτής κυμαίνεται μεταξύ 60 - 70%.

Η πυρόλυση - αεριοποίηση γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων μπορεί να γίνει με τις εξής μεθόδους:

- αεριογόνος διάταξη σταθερής κλίνης, για ξύλο και γενικά για χοντρά υλικά.
- αεριογόνος διάταξη Pillard, ρευστοποιημένης κλίνης για ελαφρά και λεπτά προϊόντα.



Σχήμα 4: Διάταξη αεριοποίησης γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων (πηγή: <http://users.sch.gr/xtsamis/OkosmosMas/Biomass.htm>).

Δ) Η αναερόβια ζύμωση

Η αναερόβια ζύμωση προσφέρει τη δυνατότητα παραγωγής ενέργειας και συγχρόνως επιφέρει μια σημαντική μείωση στη ρύπανση του περιβάλλοντος από τα αστικά, αγροτικά και βιομηχανικά οργανικά υπολείμματα. Η αναερόβια ζύμωση επίσης παράγει καλής ποιότητας στερεά και υγρά λιπάσματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη γεωργία. Η δυνατότητα επεξεργασίας αποβλήτων σε αναερόβιες συνθήκες, έχει προσελκύσει τα τελευταία χρόνια ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς επιτυγχάνεται σημαντική μείωση του οργανικού φορτίου σε βεβαρημένα απόβλητα με συμπαραγωγή βιοαερίου.

Η αναερόβια ζύμωση είναι ένα σύνολο βιοχημικών αντιδράσεων, που πραγματοποιούνται από μικροοργανισμούς που δρουν απουσία αέρα, στις οποίες πολύπλοκα οργανικά μόρια μετατρέπονται σε χημικά απλούστερα. Το προϊόν των αντιδράσεων είναι κατά ένα μέρος αέριο (βιοαέριο) και περιέχει κυρίως ποσότητα μεθανίου. Το υπόλοιπο μέρος του προϊόντος παρέχει μια συγκέντρωση μεταλλικών αλάτων η οποία το καθιστά ένα καλό λίπασμα που μπορεί να διατεθεί άμεσα στη γεωργία.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη διεργασία της χώνευσης και τα όρια μεταβολής τους για τον έλεγχο της χώνευσης των ζωικών και αγροτικών θρεπτικών αποβλήτων χωρίζονται σε:

- Χημικούς
- Φυσικούς και
- Υδραυλικούς.

Ε) Η αλκοολική ζύμωση

Είναι από τις παλαιότερες βιοχημικές μεθόδους μετατροπής της βιομάζας. Η αιθανόλη μπορεί να παραχθεί από τα αγροτικά και δασικά προϊόντα και υποπροϊόντα που μένουν ανεκμετάλλευτα. Τα υπολείμματα των σιτηρών και του αραβοσίτου που μένουν στους αγρούς μετά την συγκομιδή, είναι μια φτηνή πρώτη ύλη για την παραγωγή αιθανόλης. Η πρώτη ύλη αρχικά υδρολύεται με τη χρήση θεϊκού οξέος ή ενζύμων για την παραγωγή μίγματος γλυκόζης και ξυλόζης. Τα σάκχαρα ζυμώνονται για την παραγωγή αιθανόλης. Η λιγνίνη που μένει σαν υπόλειμμα 20 - 30% της ολικής μάζας, της υδρόλυσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας με καύση ή πυρόλυση. Στην Ελλάδα, που υπάρχουν μεγάλες ποσότητες λιγνίτη,

μπορεί να παραχθεί με χαμηλό κόστος μεθανόλη η οποία μπορεί επίσης να αποτελέσει καύσιμο αυτοκινήτων. Τέλος, εξελισσόμενα τα αλκοολούχα καύσιμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν αμιγή (απόλυτη αιθανόλη και μείγματα νερού και αιθανόλης- μεθανόλης).

ΣΤ) Η μετεστεροποίηση

Ο κύριος τρόπος παραγωγής βιοντίζελ είναι η μετεστεροποίηση των ελαίων. Ελαιούχα φυτά, ζωϊκά λίπη, χρησιμοποιημένα λάδια και προϊόντα σφαγείων με χημικές μεθόδους παράγουν βιοντίζελ.

Στον σχήμα 5 που ακολουθεί, φαίνονται συνολικά οι τρόποι κατεργασίας και χρήσης βιομάζας όπως αναφέραμε.



Σχήμα 5: Τρόποι κατεργασίας και χρήσης της βιομάζας (πηγή: imarinakiss.webs.com/energy_biomass.pdf).

2.4 Εφαρμογές βιομάζας

Η μέθοδος παραγωγής ενέργειας από τη βιομάζα μπορεί να γίνει με διαφορετικούς τρόπους. Εξαρτάται από το είδος της βιομάζας, όπως περιγράφεται στις ενότητες που ακολουθούν (Στοιμενίδης, Κωτσόπουλος, Μαρτζόπουλος, 2005).

2.4.1 Η καύση ξύλου και υπολειμμάτων

Η καύση ξύλου αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας που παράγεται από τη βιομάζα στην Ευρώπη και τον υπόλοιπο κόσμο. Οι αποδόσεις της διαδικασίας καύσεως έχουν πλησιάσει το 30% σε μικρής αλλά και μεγάλης κλίμακας θερμικά εργοστάσια. Στο μέλλον, μπορεί να αναπτυχθεί αυτή η τεχνολογία σε μικρές μονάδες και σε μεγάλα εργοστάσια καύσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας για συστήματα θέρμανσης, από ξύλο, υπολείμματα ξύλου, άχυρα και πρώτες ύλες με περιεκτικότητα σε υγρασία μέχρι 60%.

2.4.2 Παραγωγή βιοκαυσίμων

Η παραγωγή και χρήση βιοκαυσίμων σαν εναλλακτικό καύσιμο, έχει προοδεύσει σημαντικά. Η αιθανόλη που παράγεται από ζάχαρη, καλαμπόκι και σιτάρι χρησιμοποιείται σαν καύσιμο για τα οχήματα. Το βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ορισμένους κινητήρες εσωτερικής καύσης. Το βιοντίζελ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μηχανές ντίζελ για οχήματα.

2.4.3 Παραγωγή Ηλεκτρικής – Θερμικής ενέργειας

Οι μονάδες παραγωγής ενέργειας από τη βιομάζα χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- μικρά συστήματα για κατοικίες (περίπου 10 kW),
- συστήματα τηλεθέρμανσης για πολλά κτίρια (μέχρι μερικά MW), και
- μεγάλης κλίμακας μονάδες για τηλεθέρμανση ή/και ηλεκτροπαραγωγή (μερικά 100 MW).

Η τεχνολογία για μονάδες παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας έχει αναπτυχθεί και δοκιμασθεί αρκετά, όπως διακρίνουμε παρακάτω:

Θέρμανση θερμοκηπίων: Σε περιοχές της χώρας όπου υπάρχουν μεγάλες ποσότητες διαθέσιμης βιομάζας, χρησιμοποιείται η βιομάζα σαν καύσιμο σε κατάλληλους λέβητες για τη θέρμανση θερμοκηπίων.

Θέρμανση κτιρίων με καύση βιομάζας σε ατομικούς/κεντρικούς λέβητες: Σε ορισμένες περιοχές της Ελλάδας χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση κτιρίων ατομικοί/κεντρικοί λέβητες πυρηνόξυλου.

Παραγωγή ενέργειας σε γεωργικές βιομηχανίες: Βιομάζα για παραγωγή ενέργειας χρησιμοποιείται από γεωργικές βιομηχανίες στις οποίες η βιομάζα προκύπτει σε σημαντικές ποσότητες σαν υπόλειμμα ή υποπροϊόν της παραγωγικής διαδικασίας και έχουν αυξημένες απαιτήσεις σε θερμότητα. Εκκοκκιστήρια, πυρηνελαιουργεία, βιομηχανίες ρυζιού καθώς και βιοτεχνίες κονσερβοποίησης καίνε τα υπολείμματά τους (υπολείμματα εκκοκκισμού, πυρηνόξυλο, φλοιοί και κουκούτσια, αντίστοιχα) για την κάλυψη των θερμικών τους αναγκών ή/και μέρος των αναγκών τους σε ηλεκτρική ενέργεια.

Παραγωγή ενέργειας σε βιομηχανίες ξύλου: Τα υπολείμματα βιομηχανιών επεξεργασίας ξύλου (πριονίδι, πούδρα, ξακρίδια κλπ) χρησιμοποιούνται για τη κάλυψη των θερμικών αναγκών της διεργασίας καθώς και για την θέρμανση των κτιρίων.

Τηλεθέρμανση: Ο όρος αυτός αναφέρεται στην παροχή και μεταφορά θερμικής ενέργειας από μια κεντρική μονάδα παραγωγής προς έναν αριθμό περιφερειακών καταναλωτών, μέσω ενός δικτύου αγωγών μεταφοράς.

Παραγωγή ενέργειας 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 απορριμμάτων σε ΧΥΤΑ καίγεται σε μηχανές εσωτερικής καύσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Παράλληλα μπορεί να αξιοποιείται η θερμική ενέργεια των καυσαερίων και του ψυκτικού μέσου των μηχανών για να καλυφθούν ανάγκες της διεργασίας ή/και άλλες ανάγκες θέρμανσης (π.χ. θέρμανση κτιρίων).

Συμπαραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από βιομάζα: Είναι η συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας από την ίδια αρχική πηγή ενέργειας. Τα συστήματα συμπαραγωγής έχουν ως κύριο χαρακτηριστικό τους την ανάκτηση του μεγαλύτερου μέρους της παραγόμενης θερμικής ενέργειας, η οποία, αν δεν μεσολαβήσει κάποια άλλη διεργασία, αποτελεί απλώς απώλεια προς το περιβάλλον, επιτυγχάνοντας με τον τρόπο αυτόν εξοικονόμηση πόρων και βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Στο παρακάτω σχήμα 6 παρουσιάζεται μια μονάδα συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας στο ΧΥΤΑ Άνω Λιοσίων με τη χρήση βιοαερίου.



Σχήμα 6: Συμπαραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας στο ΧΥΤΑ Άνω Λιοσίων με τη χρήση βιοαερίου (πηγή: <http://www.biofuels.gr/biogas.html>).

Η συμπαραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από τη βιομάζα, έχει εφαρμοστεί σε διάφορες χώρες της Ε.Ε. με αξιόλογες αποδόσεις και αποτελέσματα. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε τη Δανία:

I. Στο σταθμό της πόλης Grenaa, με 18.000 κάτοικους περίπου, παράγεται θερμότητα 20 MW για το δίκτυο τηλεθέρμανσης της πόλης, ατμός 40 MW για τις βιομηχανίες της περιοχής και 18,6 MW ηλεκτρική ισχύς. Το καύσιμο που χρησιμοποιείται είναι άχυρο (70.000 τόνοι/ χρόνο) και κάρβουνο (38.000 τόνοι/ χρόνο). Χρησιμοποιείται λέβητας 80 MW για παραγωγή ατμού 104 τόνοι/ ώρα στα 92 bar και 500 °C.

II. Επίσης στην πόλη Vejlen, 10.000 κατοίκων περίπου, παράγεται θερμότητα και ηλεκτρική ενέργεια για 2.600 νοικοκυριά, συνολικής ισχύος 12 MW (25,8% ηλεκτρική, 74,2% θερμική). Για καύσιμο χρησιμοποιούνται άχυρο, υπολείμματα ξυλείας και αστικά απορρίμματα. Η παραγωγή ατμού είναι 15,7 τόνοι/ ώρα στα 52 bar και 430°C.

Στην Ελλάδα, η πρώτη επιδεικτική μονάδα συμπαραγωγής με αξιοποίηση βιομάζας από υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού, πραγματοποιήθηκε στα Βασιλικά Βοιωτίας. Το εκκοκκιστήριο παράγει 40.000 - 50.000 τόνους σύσπορου βαμβακιού και 6.000 τόνους βαμβακόλαδο και ταυτόχρονα προκύπτουν 4.000 - 5.000 τόνοι απορριμμάτων κατώτερης θερμογόνου δύναμης 3.600 kcal/kg. Η ισχύς του λέβητα βιομάζας είναι 4.000.000 kcal/h και ο παραγόμενος ατμός έχει πίεση 10 bar. Το έργο που παράγεται, κατά την εκτόνωση του ατμού σε ένα στρόβιλο, μετατρέπεται στη γεννήτρια σε ηλεκτρική ενέργεια ισχύος 500 kW.

Τέλος θα πρέπει να σημειωθεί ότι το κόστος παραγωγής των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων είναι αντιστρόφως ανάλογο του μεγέθους.

Ειδικότερα αυτό εξαρτάται από:

- τη θέση της εγκατάστασης,
- την πρώτη ύλη,
- τη δυναμικότητα της μονάδας,
- το βαθμό απόδοσης,
- το κόστος βιομάζας /καύσιμο,
- τη λειτουργία, και
- τη διάρκεια ζωής της εγκατάστασης.

2.5 Το δυναμικό της βιομάζας σε παγκόσμια κλίμακα

Η βιομάζα αποτελεί μια δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή ηλιακής ενέργειας, αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών. Στην διαδικασία της φωτοσύνθεσης, η ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται σε χημική (γλυκόζη).

Η διαδικασία αυτή μπορεί να περιγραφεί ως εξής:



Η βιομάζα που παράγεται αποτελείται από τρία βασικά στοιχεία: άνθρακα, οξυγόνο και υδρογόνο. Μικροποσότητες αζώτου και ιχνοστοιχείων συμπληρώνουν την δομή της βιομάζας. Οι μονοσακχαρίτες μετατρέπονται, εν συνεχεία, σε κυτταρίνη, ημικυτταρίνη και λιγνίνη. Η κυτταρίνη είναι η αφθονότερη οργανική ουσία στον πλανήτη. Συντίθεται από τα παραγόμενα μόρια γλυκόζης, τα οποία ενώνονται μεταξύ τους με άτομα οξυγόνου για να σχηματίσουν μακριές αλυσίδες ή πολυμερή. Ενώ το μόριο της κυτταρίνης αποτελείται αποκλειστικά από μονάδες γλυκόζης, το μόριο της ημικυτταρίνης περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό μονοσακχαριτών. Η λιγνίνη είναι ένα άμορφο τρισδιάστατο πολυμερές, με βασική δομική μονάδα το φαινυλοπροπάνιο με ένα φαινολικό δακτύλιο που υποκαθίσταται από μηδέν, και μια ή δύο ομάδες μεθοξυλίου (-OCH₃). Τα φυτά περιέχουν, κατά αναλογία, 40% κυτταρίνη, 35% ημικυτταρίνη και 15% λιγνίνη (Thomsen et al, 2000). Η κυτταρίνη είναι τοποθετημένη σε ευθείς και στενά συνδεδεμένες ομάδες μικροϊνιδίων, με δεσμούς υδρογόνου και σημαντική ισχύ δεσμών. Η ημικυτταρίνη είναι περισσότερο διακλαδισμένη και έχει λιγότερη ισχύ. Η λιγνίνη είναι η συγκολλητική ουσία, που συγκρατεί τα συστατικά μεταξύ τους, και δρα ως εμπόδιο στην βιολογική αποικοδόμηση. Η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας γίνεται στο ορατό τμήμα του φάσματος, σε μήκη κύματος από 400-700nm (Richardson, Bjorheden, et.al, 2002).

Τα προϊόντα αφομοίωσης των φυτών (συνολική πρωτογενής παραγωγή) χρησιμοποιούνται για την διατήρηση του υπάρχοντος φυτικού υλικού και για την παραγωγή των νέων δομικών φυτικών υλικών (κυτταρίνη, πρωτεΐνες, λίπη, δηλαδή την καθαρή πρωτογενή παραγωγή). Αυτά τα δομικά φυτικά υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διάφορους σκοπούς (Nonhebel, 2005).

Ανάμεσα στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η βιομάζα, στην παρούσα φάση, προμηθεύει περίπου το 15% της συνολικής ενέργειας (σύμφωνα με πρόσφατες εκτιμήσεις, η βιομάζα καλύπτει το 1/7 της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας και αφορά κυρίως τις παραδοσιακές χρήσεις της), ενώ σε ορισμένα αναπτυσσόμενα έθνη συμβάλλει μέχρι και στο 80% της πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης. Αναφορικά για τις υπόλοιπες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούμε να πούμε ότι η υδροηλεκτρική συμμετέχει με 2,7% ενώ η γεωθερμική, η ηλιακή και η αιολική με 0,7% (Nonhebel, 2005).

Η βιομάζα είναι σημαντική για το τεράστιο δυναμικό της και για την ικανότητα της να επιφέρει μείωση στις συνολικές εκπομπές CO₂ (Venturi, 2003). Περίπου 300-500

Mtoe/έτος (12,3-20,5 EJ/έτος) παράγονται για την Ευρωπαϊκή Ένωση, ενώ η βιομάζα που παράγεται κάθε χρόνο παγκοσμίως ανέρχεται σε 172 δισεκατομμύρια τόνους ξηρού υλικού με ενεργειακό περιεχόμενο 3×10^{12} GJ. Άλλες εκτιμήσεις αναφέρουν ετήσια πρωτογενή παραγωγή βιομάζας 4500 EJ ($4,5 \times 10^{12}$ GJ) (Kumar, 2000). Η ενέργεια αυτή είναι περίπου δεκαπλάσια από την ενέργεια που καταναλίσκεται σε ολόκληρο τον κόσμο και ίση με τα διαπιστωμένα αποθέματα ορυκτής ενέργειας. Η παγκόσμια χρήση ορυκτών καυσίμων υπολογίζεται σε 400 EJ/έτος, ποσότητα που αποτελεί το 0,01% της ετήσιας συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας ($3,5 \times 10^6$ EJ) (Nonhebel, 2005). Η βιομάζα είναι, επίσης, η πηγή του 14% της συνολικής παραγωγής θερμικής ενέργειας στις χώρες του ΟΟΣΑ. Το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας από βιομάζα καταναλίσκεται από τα νοικοκυριά (καυσόξυλα), καθώς και από βιομηχανίες ξύλου και πολτού.

Η βιομάζα, γενικά, μπορεί να αποκτηθεί από υπολείμματα παραγωγής ή από συγκεκριμένες καλλιέργειες, όπως θα αναλυθεί στην συνέχεια. Θεωρείται μια ελκυστική επιλογή μεταξύ των ανανεώσιμων πηγών. Η από κοινού χρησιμοποίηση της με τον γαιάνθρακα σε εν λειτουργία εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι επιθυμητή, με σκοπό την απόκτηση σημαντικών τεχνικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών οφελών (Στοιμενίδης, Κωτσόπουλος, Μαρτζόπουλος, 2005).

2.5.1 Το δυναμικό της βιομάζας στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, τα κατ' έτος διαθέσιμα γεωργικά και δασικά υπολείμματα ισοδυναμούν ενεργειακά με 3-4 Mtoe, ενώ το δυναμικό των ενεργειακών καλλιεργειών μπορεί άνετα να ξεπεράσει εκείνο των γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων. Το ποσό αυτό αντιστοιχεί στο 30-40 % της ποσότητας του πετρελαίου που καταναλώνεται ετησίως στην χώρα μας (1 t ξηρής βιομάζας αντιστοιχεί ενεργειακά σε 0,4 t πετρελαίου, περίπου). Εντούτοις, με τα σημερινά δεδομένα, καλύπτεται μόλις το 3 % περίπου των ενεργειακών αναγκών της με την χρήση της διαθέσιμης βιομάζας.

Η βιομάζα στη χώρα μας χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή, κατά τον παραδοσιακό τρόπο, θερμότητας στον οικιακό τομέα (μαγειρική, θέρμανση), για την θέρμανση θερμοκηπίων, σε ελαιουργία, καθώς και, με την χρήση πιο εξελιγμένων τεχνολογιών, στη βιομηχανία (εκκοκκιστήρια βαμβακιού, παραγωγή προϊόντων ξυλείας, ασβεστοκάμινοι κ.α.). Η χρήση, όμως, αυτή είναι σε περιορισμένη κλίμακα.

Ως πρώτη ύλη σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται παραπροϊόντα της βιομηχανίας ξύλου, ελαιοπυρηνόξυλα, κουκούτσια ροδάκινων και άλλων φρούτων, τσόφλια αμυγδάλων, βιομάζα δασικής προέλευσης, άχυρο σιτηρών, υπολείμματα εκκοκκισμού κ.α.

Παρόλα αυτά, οι προοπτικές αξιοποίησης της βιομάζας στην χώρα μας είναι εξαιρετικά ευοίωνες, καθώς υπάρχει σημαντικό δυναμικό, μεγάλο μέρος του οποίου είναι άμεσα διαθέσιμο. Παράλληλα, η ενέργεια που μπορεί να παραχθεί είναι, σε πολλές περιπτώσεις, οικονομικά ανταγωνιστική αυτής που παράγεται από τις συμβατικές πηγές ενέργειας.

Από πρόσφατη απογραφή, έχει εκτιμηθεί ότι το σύνολο της άμεσα διαθέσιμης βιομάζας στην Ελλάδα συνίσταται από περίπου 7,5 Mtoe υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών (σιτηρών, αραβοσίτου, βαμβακιού, καπνού, ηλίανθου, κλαδοδεμάτων, κληματίδων, πυρηνόξυλου κ.α.) καθώς και από 2,7 Mtoe δασικών υπολειμμάτων υλοτομίας (κλάδοι, φλοιοί κ.α.). Πέραν του ότι το μεγαλύτερο ποσοστό αυτής της βιομάζας παραμένει αναξιοποίητο, πολλές φορές αποτελεί αιτία δυσάρεστων καταστάσεων (πυρκαγιές, εξάπλωση ασθενειών κ.α.).

Από τις παραπάνω ποσότητες βιομάζας, το ποσοστό τους εκείνο που προκύπτει σε μορφή υπολειμμάτων κατά την δευτερογενή παραγωγή προϊόντων (εκκοκκισμός βαμβακιού, επεξεργασία ξύλου, μεταποίηση γεωργικών προϊόντων κ.α.), είναι άμεσα διαθέσιμο, δεν παρουσιάζει προβλήματα μεταφοράς και μπορεί να τροφοδοτήσει άμεσα διάφορα συστήματα παραγωγής ενέργειας. Έτσι, η εκμετάλλευση του μπορεί να καταστεί οικονομικά συμφέρουσα (Venturi, 2003).

2.6 Ενεργειακές καλλιέργειες - γενικά

Από το 1970 και έπειτα, η βιομάζα έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον σε συζητήσεις σχετικά με τον μελλοντικό εφοδιασμό της Ευρώπης με ενέργεια. Περίπου 40 με 100 εκατομμύρια εκτάρια στην Ευρωπαϊκή Ένωση μπορούν να διατεθούν για σκοπούς εκτός της εγκατάστασης καλλιεργειών με στόχο την παραγωγή τροφίμων. Χρησιμοποιώντας μέρος αυτής της έκτασης για εγκατάσταση ενεργειακών καλλιεργειών μπορεί να οδηγήσει στην ικανοποίηση ενός σχετικού μέρους της ζήτησης για ενέργεια στην Ευρώπη, ενώ ταυτόχρονα θα συμβάλλει και στην μείωση των εκπομπών CO₂. Για τους αγρότες, οι ενεργειακές καλλιέργειες μπορούν να αποτελέσουν μια ενδιαφέρουσα πολιτική, καθώς οι επιδοτήσεις για τα αγροτικά

τρόφιμα συνεχώς μειώνονται, ενώ παράλληλα η ζήτηση γεωργικών προϊόντων στην Ευρώπη αυξάνεται αλλά με αργούς ρυθμούς. Ενδιαφέρουσα είναι και η πιθανότητα εγκατάστασης ενεργειακών καλλιεργειών σε παραμελημένες εκτάσεις, χωρίς την απώλεια των υπαρχόντων εκτάσεων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τροφίμων (Marjoleine, Hanegraaf, Biewinga, Bijl, 1998). Επίσης, έχει διαπιστωθεί ότι η εφαρμογή λάσπης λυμάτων, σε μικρές ποσότητες, για ορισμένα είδη ενεργειακών καλλιεργειών, μπορεί να δράσει ως λίπασμα, αυξάνοντας τα επίπεδα απόδοσης των καλλιεργειών αυτών, ενώ παράλληλα περιορίζεται ο κίνδυνος που προβάλλουν τα λύματα αυτά για την δημόσια υγεία (Moffat, Armstrong, Ockleston, 2001).

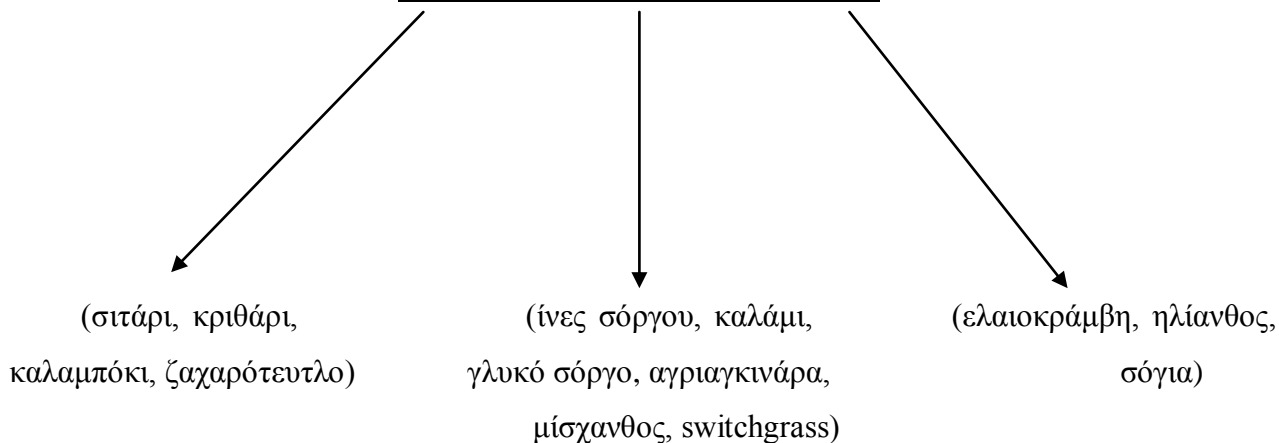
Με τον όρο ενεργειακή καλλιέργεια ή ενεργειακή φυτεία εννοείται η φυτεία εκείνη στην οποία η παραγόμενη βιομάζα προορίζεται για την παραγωγή ενέργειας (Mardikis, Namaton, Panoutsou, 2000). Οι ενεργειακές καλλιέργειες μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις ομάδες, με βάση τα υλικά από τα οποία εξασφαλίζεται η ενέργεια (Σχήμα 7):

1. Γεωργικές φυτείες που τα παραγόμενα προϊόντα περιέχουν άμυλο ή σάκχαρο, τα οποία μπορούν να μετατραπούν σε αιθανόλη.
2. Γεωργικές φυτείες που τα παραγόμενα προϊόντα περιέχουν έλαια κατάλληλα για την παραγωγή βιολογικού ντίζελ (βιοντίζελ).
3. Δασικές φυτείες που η παραγόμενη βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή θερμότητας ή ηλεκτρισμού με καύση, πυρόλυση ή αεριοποίηση.

Διακρίνονται, δηλαδή τρεις ενεργειακές αλυσίδες (energy chain):

1. Παραγωγή βιοντίζελ από φυτά με ελαιώδεις σπόρους, μέσω εκχύλισης ελαίων και εστεροποίησης.
2. Παραγωγή αιθανόλης, μέσω ζύμωσης από φυτά πλούσια σε κυτταρίνη, σάκχαρα και άμυλο.
3. Παραγωγή βιομάζας, από φυτικά είδη με υψηλή παραγωγή σε ξηρή ουσία.

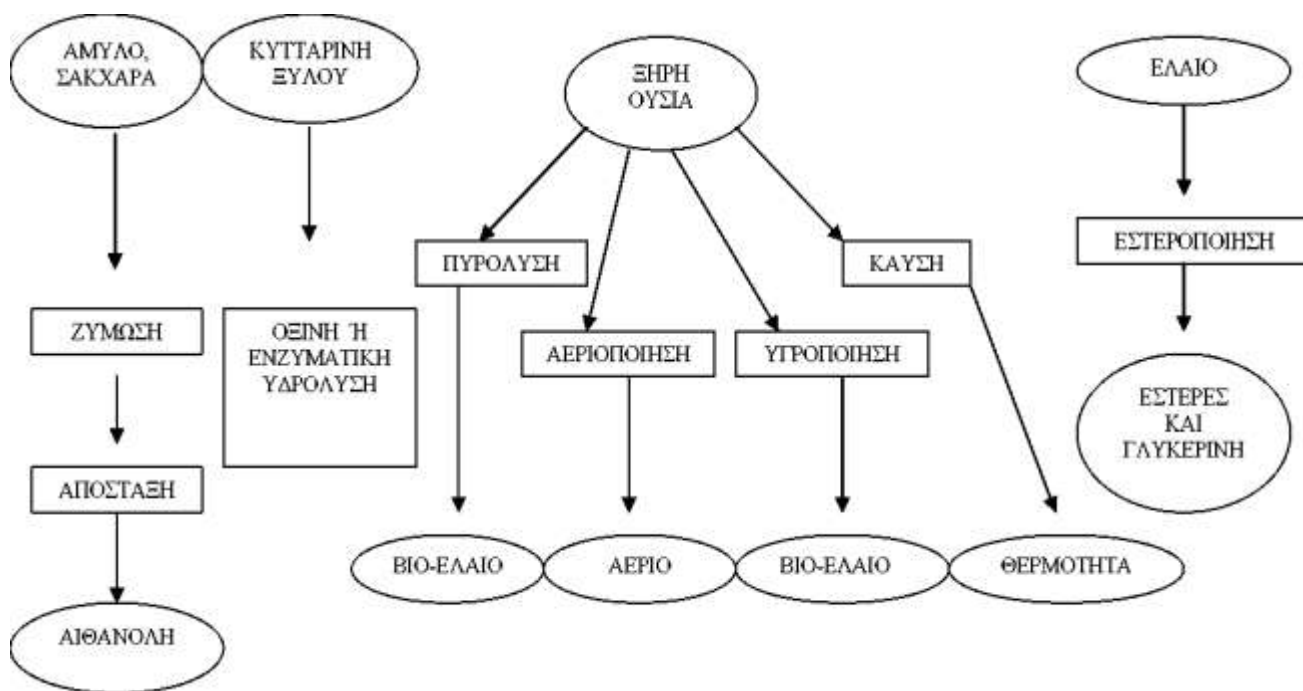
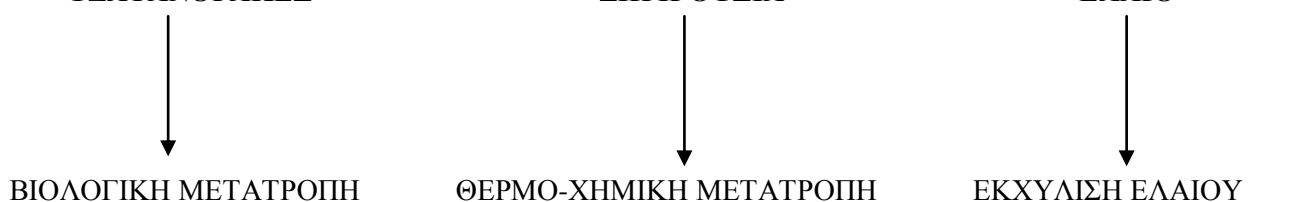
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ



ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΕΣ

ΞΗΡΗ ΟΥΣΙΑ

ΕΛΑΙΟ



Σχήμα 7: Φυτά ενεργειακών καλλιεργειών, διαδικασίες μετατροπής και προϊόντα (πηγή: http://bioenergynews.blogspot.com/2008/03/blog-post_15.html).

2.7 Συστήματα παραγωγής ενεργειακών καλλιεργειών

Και στις τρεις αλυσίδες που προαναφέρθηκαν, κατά την εγκατάσταση και εκμετάλλευση ενεργειακών καλλιεργειών, μπορούν να διακριθούν δύο διαφορετικά συστήματα παραγωγής (Venturi, 2003):

1. Εξαντλητική διαχείριση με χαμηλά επίπεδα εισροών ενέργειας, γεγονός που συχνά καταλήγει σε ανεπαρκή επίπεδα εκροών ενέργειας.
2. Εντατική διαχείριση με σκοπό την επίτευξη υψηλών αποδόσεων και σχετικά υψηλά επίπεδα εισροών ενέργειας και κόστους.

Οι εισροές που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας απαιτούν και οι ίδιες ενέργεια για την δική τους παραγωγή (έμμεση ενέργεια), αλλά και για την εφαρμογή τους στις καλλιέργειες (άμεση ενέργεια). Από το 1990 και έπειτα, έχουν γίνει πολλές μελέτες σχετικά με την χρήση ενέργειας ορυκτών πόρων στα συστήματα παραγωγής γεωργικών τροφίμων. Οι μελέτες αυτές περιλαμβάνουν συγκρίσεις μεταξύ οργανικής παραγωγής και παραγωγής υψηλών εισροών, επιπτώσεις της τεχνολογικής ανάπτυξης πάνω στην χρήση ενέργειας στην γεωργία και σύγκριση της χρήσης ενέργειας στην γεωργία μεταξύ διαφορετικών χωρών. Όλες οι μελέτες υποδεικνύουν ότι η χρήση ενέργειας στα συστήματα χαμηλών εισροών είναι μικρότερη σε σχέση με τα συστήματα υψηλών εισροών ενέργειας (Venturi, 2003). Η απόλυτη ενεργειακή χρήση (GJ/ha) και η σχετική ενεργειακή χρήση (απαιτήσεις ενέργειας ανά μονάδα παραγόμενου προϊόντος) είχαν μεγαλύτερες τιμές στα συστήματα υψηλών εισροών ενέργειας. Επιπροσθέτως, η ενέργεια ορυκτών καυσίμων χρησιμοποιείται περισσότερο αποδοτικά στα συστήματα χαμηλών εισροών, τα οποία και έχουν την μεγαλύτερη παραγωγή βιομάζας ανά μονάδα εφαρμοζόμενης ενέργειας.

Επειδή δεν υπάρχει ουσιαστική διαφορά μεταξύ των συστημάτων παραγωγής γεωργικών τροφίμων και καλλιεργειών για ενεργειακή χρήση, συνεπάγεται ότι η μείωση της αποδοτικότητας χρήσης ενέργειας, με την αύξηση των εισροών που παρατηρείται στις καλλιέργειες τροφίμων, θα αποτελεί γεγονός και για τις ενεργειακές καλλιέργειες. Για την παραγωγή τροφίμων, όμως, η αποδοτικότητα χρήσης ενέργειας δεν παρουσιάζει κάποιο ουσιαστικό ενδιαφέρον, διότι η αξία του συγκομιζόμενου υλικού δεν καθορίζεται από την θερμογόνο αξία του. Για τις ενεργειακές καλλιέργειες, όμως, η αποδοτικότητα χρήσης ενέργειας ορυκτών καυσίμων και η απόδοση ενέργειας είναι σημαντικοί παράγοντες που καθορίζουν το

δυναμικό ανάπτυξης τέτοιων καλλιεργειών. Μόνο οι καλλιέργειες που έχουν ενεργειακή απόδοση μεγαλύτερη από αυτή που χρησιμοποιείται για την παραγωγή τους, θεωρούνται κατάλληλες ως ενεργειακές καλλιέργειες. Μεγαλύτερο δυναμικό υπάρχει για τις καλλιέργειες που έχουν μεγαλύτερες καθарές αποδόσεις, δηλαδή, μεγαλύτερες διαφορές μεταξύ εισροών και εκροών ενέργειας. Αυτή η οριακή συνθήκη δεν ισχύει για την παραγωγή τροφίμων, και υπάρχουν πολλές περιπτώσεις όπου η ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή μιας σοδειάς είναι μεγαλύτερη από αυτή που εξασφαλίζεται από αυτή (παραγωγή ντομάτας στο θερμοκήπιο).

Η απόδοση των εντατικών συστημάτων παραγωγής ορίζεται ως το δυναμικό επίπεδο παραγωγής μιας καλλιέργειας σε μια περιοχή. Η δυναμική παραγωγή είναι αυτή που μπορεί να εξασφαλισθεί από μια καλλιέργεια όταν αυτή εφοδιάζεται με νερό, θρεπτικά συστατικά και είναι ανεξάρτητη από επιδράσεις ασθενειών και εντόμων. Αυτό συνεπάγεται ότι μόνο τα χαρακτηριστικά των φυτών, η θερμοκρασία αέρα και η ηλιακή ακτινοβολία καθορίζουν την παραγωγή. Το δυναμικό επίπεδο απόδοσης είναι ένα μέτρο του τι μπορεί να εξασφαλισθεί, κάτω από τις ευνοϊκότερες συνθήκες καλλιέργειας σε μια περιοχή.

Η απόδοση των εξαντλητικών συστημάτων παραγωγής ορίζεται ως το δυναμικό επίπεδο παραγωγής ενέργειας μιας καλλιέργειας, όταν οι μόνες εισροές ενέργειας είναι κατά την περίοδο της φύτευσης των ενεργειακών φυτών και κατά την συγκομιδή τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου συστήματος είναι η παραγωγή βιομάζας από δασικές φυτείες, όπου οι περισσότερες εισροές ενέργειας προέρχονται από το ίδιο το σύστημα (π.χ. το άζωτο προέρχεται από την αποσύνθεση και απόθεση των υπολειμμάτων φυτικών μερών) (Nonhebel, 2002).

Στην δεύτερη περίπτωση, οι περιοριστικοί παράγοντες είναι οι χαμηλές αποδόσεις και η ανάγκη χρησιμοποίησης μεγάλων εκτάσεων, ενώ το ενεργειακό κέρδος προέρχεται από χαμηλές εισροές ενέργειας και είναι συχνά χαμηλό. Στην πρώτη περίπτωση, απαιτείται περιορισμένη επιφάνεια, αλλά το αποτέλεσμα της διαχείρισης δεν μπορεί να αποτελέσει μέρος ενός αειφορικού τρόπου παραγωγής, εξαιτίας των σχετικά υψηλών εισροών ενέργειας (κυρίως λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων) (Venturi, 2003).

2.8 Κριτήρια επιλογής φυτών για ενεργειακές καλλιέργειες

Στην περίπτωση που οι συνθήκες είναι ευνοϊκές για την εγκατάσταση ενεργειακών καλλιεργειών σε μια περιοχή, θα πρέπει τεθούν υπό εξέταση η επιλογή του κατάλληλου ή των κατάλληλων ειδών, καθώς και οι αρμόζουσες, στην περιοχή και στο είδος, τεχνικές εγκατάστασης. Πρέπει να γίνει, αρχικά, διάκριση μεταξύ πολυετών φυτών που μπορούν να αναπτυχθούν σε σαφώς προσδιορισμένες περιοχές και φυτών που μπορούν να εισαχθούν σε εναλλακτικές καλλιέργειες (μονοετή ή ετήσια φυτά). Στην πρώτη περίπτωση, τα φυτά είναι κυρίως ξυλώδη, ενώ στην δεύτερη αγρωστώδη.

Οι προϋποθέσεις που πρέπει να υπάρχουν για να εγκατασταθεί με μεγάλες πιθανότητες επιτυχίας μια ενεργειακή φυτεία είναι (Venturi 2003):

1. καταλληλότητα στις εδαφοκλιματικές συνθήκες της συγκεκριμένης περιοχής.
2. ευκολία εισαγωγής σε προϋπάρχουσες γεωργικές καλλιέργειες.
3. ομοιόμορφα και σταθερά επίπεδα αποδόσεων σε σχέση με την ποσότητα και την ποιότητα.
4. ανταγωνιστικό εισόδημα σε σύγκριση με τις παραδοσιακές καλλιέργειες φυτών
5. θετικό ενεργειακό ισοζύγιο σε σχέση με την αναλογία $\frac{\text{εκροές}}{\text{εισροές}}$ και ειδικότερα, σε σχέση με το καθαρό κέρδος (εκροές-εισροές).
6. χρήση τεχνικών εγκατάστασης και ανάπτυξης σε συμφωνία με την έννοια της αειφορίας.
7. αντίσταση και ανθεκτικότητα στους κύριους βιοτικούς (μύκητες, βακτήρια, ιοί) και αβιοτικούς παράγοντες (pH, κλίμα, θρεπτικά συστατικά).
8. διαθεσιμότητα γενετικών πόρων (σπόροι, ριζώματα) καταλλήλων για διαφορετικές τοποθεσίες εγκατάστασης.
9. χρήση μηχανημάτων κατάλληλων για το συγκεκριμένο φυτικό είδος, τις εδαφικές συνθήκες και τις κοινωνικές απόψεις της περιοχής.

Σε γενικές γραμμές, πριν γίνει η εγκατάσταση μιας ενεργειακής φυτείας πρέπει να ληφθούν υπόψη τα παρακάτω (Venturi, 2003):

1. η επιλογή των ειδών ανάλογα με τον τελικό προορισμό του (παραγωγή βιοντίζελ, αιθανόλης κ.α.) εξαρτάται από τις υπάρχουσες τεχνικές υποδομές.

2. οι εκροές ενέργειας εξαρτώνται από το περιβάλλον και από τις χρησιμοποιούμενες τεχνικές.
3. οι εισροές ενέργειας, αν και αποτελούν ένα σημαντικό παράγοντα, αυτός δεν είναι περιοριστικός, διότι η παραγωγή βιοενέργειας εξαρτάται πρωτίστως από την διαθέσιμη γη. Υπάρχουν περιθώρια μείωσης των εισροών με την χρήση των κατάλληλων μηχανημάτων.
4. στις περισσότερες περιπτώσεις, όμως, οι εισροές ενέργειας δεν μπορούν να μειωθούν κάτω από ένα συγκεκριμένο όριο. Όταν το καθαρό κέρδος ή η αναλογία $\frac{\text{εισροές}}{\text{εκροές}}$ είναι σε χαμηλά επίπεδα, τότε η φυτεία θεωρείται αποτελεσματική όταν και το τελικό προϊόν έχει αξιόλογο οικονομικό κέρδος και έχει σημασία για την τοπική κοινωνία, όχι όμως για την παραγωγή ενέργειας.
5. όλες οι φυτείες έχουν δυνατότητες βελτίωσης, με την χρήση νέων τεχνικών και γονοτύπων.
6. η παραγωγή παραπροϊόντων μπορεί να συμβάλλει θετικά στην επίτευξη οικονομικού κέρδους από την εγκατάσταση μιας φυτείας, και να βελτιώσει, έτσι, το οικονομικό ισοζύγιο.

2.8.1 C₃ και C₄ φυτά

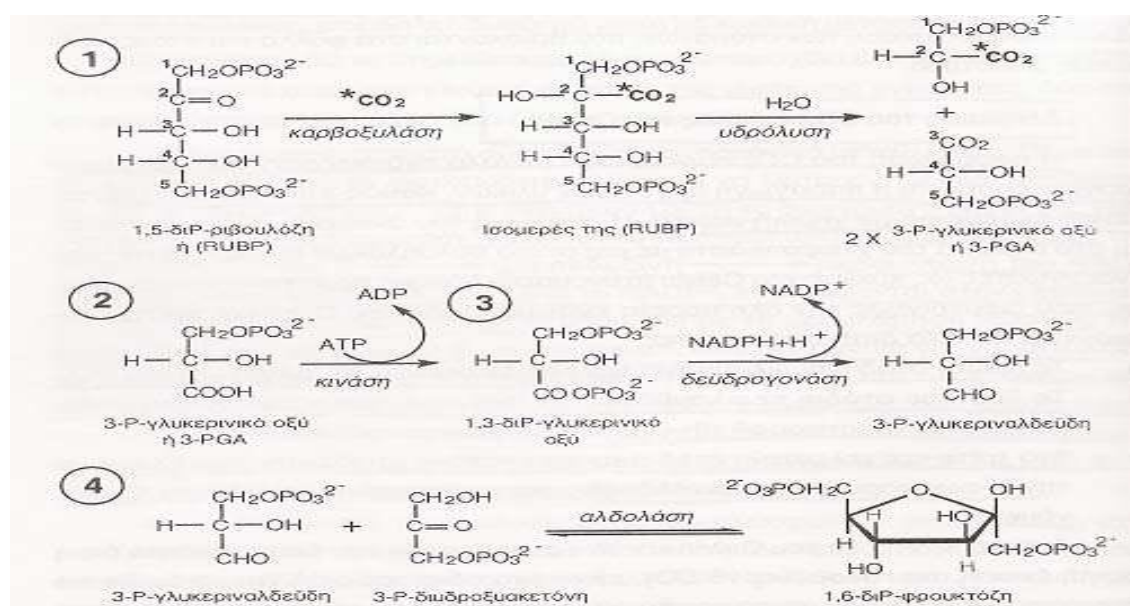
Το ιδανικό φυτό θα πρέπει να έχει μεγάλη ικανότητα μετατροπής της ηλιακής ενέργειας, θα απαιτεί χαμηλές εισροές χημικών ουσιών και θα έχει χαμηλά επίπεδα υγρασίας κατά την περίοδο της συγκομιδής. Τα C₄¹ φυτά είναι περισσότερο αποδοτικοί μετατροπείς σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών και φωτός. Τα θεωρητικά επίπεδα αφομοίωσης των φυτών αυτών είναι 350 kg CO₂/ha/ημέρα, σε σχέση με τα 200 kg CO₂/ha/ημέρα των C₃ φυτών. Έχει αποδειχθεί ότι η εποχιακές αποδόσεις των φυτειών με ετήσια C₄ φυτά, όπως το σόργο και το καλαμπόκι, είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες των C₃ πολυετών φυτών. Αντίστοιχα, οι βαθμοί ανάπτυξης και οι εποχιακές αποδόσεις των C₄ πολυετών φυτών είναι μεγαλύτερες από αυτές των C₃ πολυετών, όταν και τα δύο είδη φυτών αναπτύσσονται στο ίδιο περιβάλλον (Hallam, Anderson, Buxton, 2001).

¹ C₄ φυτά ονομάζονται τα φυτά που σχηματίζουν ως πρώτο προϊόν της φωτοσυνθετικής αφομοίωσης το οξαλοξικό οξύ (OOA), μια ένωση με τέσσερα άτομα άνθρακα. Τα φυτικά είδη αυτά εξαπλώνονται κυρίως σε περιοχές με τροπικό και υποτροπικό κλίμα.

Η διαφορά των δύο αυτών ομάδων φυτών έγκειται στην δέσμευση του CO₂ στις σκοτεινές αντιδράσεις. Η αφομοίωση του CO₂ παρουσιάζει πολύ μεγάλο ενδιαφέρον, διότι με αυτή τη διαδικασία πραγματοποιείται η παραγωγή οργανικών υλικών και η αποταμίευση ενέργειας με χημική μορφή. Η αναγωγή του άνθρακα πραγματοποιείται στο στρώμα του χλωροπλάστη με μια σειρά πολύπλοκων αντιδράσεων, που είναι γνωστές ως ο κύκλος του Calvin (Σχήμα 8) και πραγματοποιούνται σε τρία διαδοχικά στάδια:

- καρβοξυλίωση του αποδέκτη (του CO₂)
- αναγωγή των καρβοξυλικών οξέων σε αλδεϋδική μορφή (3-φωσφορική γλυκεριναλδεϋδη)
- αναγέννηση του αποδέκτη του CO₂ από την 3-φωσφορική γλυκεριναλδεϋδη, για να επαναληφθεί κυκλικά το φαινόμενο.

Η βασική ένωση που δεσμεύει το CO₂ είναι ένα σάκχαρο με 5 άτομα C εστεροποιημένο με 2 φωσφορικές ομάδες. Πρόκειται για τον 1,5-διφωσφορικό εστέρα της ριβουλόζης. Η ενσωμάτωση του CO₂ επιτυγχάνεται με την καρβοξυλίωση της 1,5-διφωσφορικής ριβουλόζης από το ένζυμο καρβοξυλάση της 1,5-διφωσφορικής ριβουλόζης. Με την ενσωμάτωση του CO₂, το σάκχαρο με 5 άτομα C μετατρέπεται σε μια ασταθή ένωση με 6 άτομα C, η οποία στην συνέχεια διασπάται σε δύο μόρια 3-φωσφορικού εστέρα του γλυκερινικού οξέος. Επειδή κάθε μόριο του 3-φωσφορικού εστέρα του γλυκερινικού οξέος περιέχει 3 άτομα C στο μόριο του, γι' αυτό ο κύκλος του Calvin χαρακτηρίζεται και ως C₃ κύκλος.



Σχήμα 8: Κύκλος του Calvin ή C₃ κύκλος

Στα C₄ φυτά το πρώτο προϊόν της ενσωμάτωσης του CO₂ δεν είναι ο 3-φωσφορικός εστέρας του γλυκερινικού οξέος, αλλά μια ένωση με 4 άτομα C, το οξαλοξικό οξύ. Ο C₄ φωτοσυνθετικός κύκλος αναφέρεται και ως κύκλος των Hatch και Slack.

Εκτός από την διαφορά στην διαδικασία της φωτοσύνθεσης, τα C₄ φυτά έχουν και ανατομικές διαφορές στα φύλλα από τα C₃ φυτά.

Τα φυτά C₄ έχουν προσαρμοστεί σε ποικίλους ακραίους περιβαλλοντικούς παράγοντες, με αποτέλεσμα να αναπτύσσουν διάφορους φυσιολογικούς ή μορφολογικούς μηχανισμούς. Αναπτύχθηκαν, κατά βάση, σε τροπικά κλίματα και προσαρμόστηκαν πλήρως σε έντονο φως, υψηλές θερμοκρασίες και έντονη ξηρασία. Η άριστη θερμοκρασία για φωτοσύνθεση είναι αρκετά υψηλότερη από τα C₃ φυτά. Εξάλλου τα C₄ φυτά αναπτύσσονται σε θερμοκρασίες που θα μπορούσαν να αποβούν θανατηφόρες για πολλά C₃ είδη. Τέλος, εξαιτίας της αποτελεσματικής αξιοποίησης του CO₂, τα C₄ φυτά μπορούν να πετύχουν την ίδια φωτοσυνθετική αναλογία με τα C₃, με την διαφορά ότι αφήνουν μικρότερο άνοιγμα στομάτων στην επιφάνεια των φύλλων, με συνέπεια να συμβαίνει σημαντικά λιγότερη απώλεια νερού. Γενικά, η φωτοσυνθετική αναλογία των C₄ φυτών είναι κατά δύο ή τρεις φορές μεγαλύτερη της αντίστοιχης των C₃ φυτών (Καράταγλης Σ., 1999).

Ορισμένα C₄ φυτά που χρησιμοποιούνται για ενεργειακές καλλιέργειες στην Ελλάδα είναι το γλυκό σόργο, το κυτταρινούχο σόργο και το switchgrass (Κ.Α.Π.Ε.).

2.9 Περιβαλλοντικές και κοινωνικό-οικονομικές επιπτώσεις των ενεργειακών καλλιεργειών

Η εγκατάσταση ενεργειακών καλλιεργειών στα διάφορων ειδών εδάφη θα επιφέρει ορισμένα αποτελέσματα, τόσο σε περιβαλλοντικό επίπεδο, όσο και σε οικονομικό και κοινωνικό. Τα αποτελέσματα αυτά δεν θα είναι πάντοτε θετικά και για το λόγο αυτό απαιτείται να γίνονται ολοκληρωμένες μελέτες, με βάση τους παράγοντες (κοινωνικούς, οικονομικούς, πολιτικούς, περιβαλλοντικούς) που επηρεάζουν και επηρεάζονται από τις ενεργειακές καλλιέργειες, προτού παρθεί η πολιτική απόφαση για την εγκατάστασή τους σε μια περιοχή. Μόνο σε μια τέτοια περίπτωση θα υπάρχουν αυξημένες πιθανότητες επιτυχίας της εγκατάστασης.

➤ Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Εκμετάλλευση εδαφών χαμηλής γονιμότητας: Τα εδάφη τα οποία μπορούν να αποδοθούν αποκλειστικά στην παραγωγή βιομάζας διαχωρίζονται σε τρεις κατηγορίες. Στα πλεονάζοντα αγροτικά εδάφη, στα υποβαθμισμένα και παραμελημένα γεωργικά εδάφη, και σε αποξηραμένους υγροτόπους.

Η έκταση που ενδέχεται να καταλαμβάνουν τα πλεονάζοντα γεωργικά εδάφη, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ενεργειακές φυτείες, είναι πολύ δύσκολο να υπολογιστεί, διότι πρέπει να ληφθούν υπόψη οι παρούσες και μελλοντικές απαιτήσεις γης για παραγωγή τροφίμων και ζωοτροφών. Στην παρούσα φάση, τα δασικά εδάφη μετατρέπονται σε γεωργικά, αυξάνοντας έτσι την συνολική έκταση των γεωργικών εδαφών. Εάν συνεχίσει να αυξάνεται η ζήτηση γης για γεωργική χρήση, τότε δεν θα υπάρχει διαθέσιμη γη για την παραγωγή βιομάζας από αυτή την κατηγορία. (Hoogwijk, Faaij, Berndes, Gielen, Turkenburg, et al., 2003).

Αντίθετα, η εγκατάσταση ενεργειακών φυτειών σε υποβαθμισμένα εδάφη αποτελεί μια ελκυστική λύση για την αξιοποίηση των περιοχών αυτών. Ο Hall υπολόγισε ότι από τα 760 Mha των υποβαθμισμένων εδαφών τα 430 Mha μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ενεργειακές καλλιέργειες. Η EPA έχει υπολογίσει ότι η διαθέσιμη για αναδάσωση γη είναι περίπου 380 Mha. Ο Houghton έχει υπολογίσει περίπου 500-580 Mha. Συνοψίζοντας, μπορεί να γίνει η υπόθεση ότι περίπου 430-580 Mha υποβαθμισμένων εδαφών μπορούν να αποδοθούν στην εγκατάσταση ενεργειακών καλλιεργειών. Στις δύο πρώτες κατηγορίες διαθέσιμων εδαφών, το δυναμικό παραγωγής βιομάζας από ενεργειακές καλλιέργειες υπολογίζεται σε 0-998 EJ^{2*}/έτος για τα πλεονάζοντα εδάφη και 8-110 EJ/έτος για τα υποβαθμισμένα εδάφη (Hoogwijk, Faaij, Berndes, Gielen, Turkenburg, et al., 2003).

Σε γενικές γραμμές, όμως, επικρατεί η άποψη ότι η καλύτερη λύση για την εγκατάσταση ενεργειακών φυτειών είναι η χρήση των υποβαθμισμένων εδαφών. Η άποψη αυτή έχει τόσο περιβαλλοντικό, όσο και οικονομικό υπόβαθρο. Με τις τιμές βιομάζας για παραγωγή ενέργειας στις Η.Π.Α. να κυμαίνονται σε \$30/Mg ή και λιγότερο, η εγκατάσταση ενεργειακών καλλιεργειών φαίνεται ανταγωνιστική μόνο σε αυτά τα εδάφη. Συγκεκριμένα, οι Η.Π.Α. έχουν 200 εκατομμύρια εκτάρια δασικών εδαφών, 140 εκατομμύρια εκτάρια γεωργικών εδαφών, 47 εκατομμύρια εκτάρια

* 1 exajoule (EJ) = 1,0*10¹⁸ Joule

υποβαθμισμένων γεωργικών εδαφών και λιβαδιών, και 32 εκατομμύρια εκτάρια εκμεταλλευόμενα από ομοσπονδιακά προγράμματα. Έχει υπολογιστεί ότι περίπου 60 εκατομμύρια εκτάρια (Η.Π.Α.) μπορούν να μετατραπούν σε ενεργειακές καλλιέργειες (Kort, Collins, Ditsch, 1998). Το μεγαλύτερο ποσοστό των εδαφών αυτών είναι υποβαθμισμένα.

Προστασία έναντι της διάβρωσης του εδάφους: Η διάβρωση του εδάφους έχει συντελέσει στην απώλεια 430 εκατομμυρίων εκταρίων γεωργικής γης παγκοσμίως. Η έκταση αυτή αποτελεί το 30% της παγκόσμιας έκτασης γεωργικής γης. Η απώλεια του εδάφους επηρεάζει αρνητικά τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την παραγωγικότητα της γης, την ικανότητα συγκράτησης νερού, τα θρεπτικά συστατικά και την οργανική ύλη του εδάφους, την πυκνότητα του εδάφους και την μικροχλωρίδα και μικροπανίδα. Επίσης, τα ιζήματα που απομακρύνονται, συγκεντρώνονται σε λίμνες, ποτάμια και λεκάνες απορροής, συνιστώντας ακόμη μεγαλύτερες οικονομικές απώλειες στο άμεσο μέλλον.

Ο σχηματισμός του εδάφους είναι μια πολύ αργή διαδικασία. Υπολογίζεται ότι απαιτούνται περίπου 100 χρόνια για τον σχηματισμό 2,5 cm εδάφους. Η διάβρωση μειώνει την μακροπρόθεσμη παραγωγικότητα των εδαφών. Η επίδραση της διάβρωσης διαφέρει ανάλογα με το βάθος του ανώτερου στρώματος του εδάφους, την σύνθεση και το βάθος του υποστρώματος, το φυτικό είδος που παράγεται κ.α.. Ο βαθμός υδατικής διάβρωσης, γενικά, αυξάνεται με την αύξηση της κλίσης. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την διάβρωση του εδάφους από το νερό είναι εμφανείς στην παγκόσμια εξίσωση απώλειας εδάφους:

Απώλεια εδάφους $y = RKLSCP$, όπου R ο δείκτης διάβρωσης λόγω βροχόπτωσης, K ο παράγοντας διαβρωσιμότητας του εδάφους, L ο παράγοντας μήκους πλαγιάς, S ο παράγοντας κλίσης, C ο παράγοντας κάλυψης και διαχείρισης και P ο παράγοντας τρόπου καλλιέργειας (Kort, Collins, Ditsch, 1998).

Η εγκατάσταση ενεργειακών καλλιεργειών με πολυετή αγρωστώδη φυτά θεωρείται η καλύτερη λύση για την μείωση του προβλήματος της εδαφικής διάβρωσης σε αντίθεση με τα ετήσια φυτά, τα οποία εξαντλούν το έδαφος από τα θρεπτικά του, δεν παρέχουν μόνιμη κάλυψη καθ' όλη την διάρκεια του έτους, ενώ το ριζικό τους σύστημα αναπτύσσεται, συνήθως, σε μικρά βάθη με αποτέλεσμα να μην προσφέρουν κατακράτηση των εδαφικών σωματιδίων σε μεγάλο βαθμό. Τα φυτά αυτά (τα πολυετή αγρωστώδη) πρέπει να είναι ανθεκτικά στην ξηρασία και να έχουν ελάχιστες

απαιτήσεις σε θρεπτικά. Για παράδειγμα, το switchgrass (*Panicum virgatum*), το *Andropogon gerardi*, το *Andropogon scoparius* και το *Sorghastrum nutans* ευδοκιμούν σε μεγάλη κλίμακα στην Β. Αμερική σε εδάφη ξηρά και άγονα με μεγάλους συντελεστές διάβρωσης. Το switchgrass σε αυτές τις περιοχές παράγει 4-14,3 Mg/ha ξηρής βιομάζας ετησίως, μια ποσότητα ανάλογη με αυτή της υβριδογενούς λεύκης. Επίσης, για τα φυτά αυτά υπάρχει ήδη εξοπλισμός και εμπειρία για την παραγωγή τους. Όταν εγκατασταθούν, τα κόστη συντήρησης είναι χαμηλά, διότι οι απαιτήσεις σε λιπάσματα και ζιζανιοκτόνα είναι πολύ χαμηλές.

Το τριφύλλι (*Medicago sativa*) είναι ένα ακόμη πολυετές φυτό κατάλληλο για παραγωγή βιομάζας σε διαβρωμένα εδάφη. Εγκαθίσταται με ευκολία ενώ η κύρια ρίζα του αναπτύσσεται σε μεγάλο βάθος, με αποτέλεσμα να αποτελεί ένα από τα πιο ανθεκτικά στην ξηρασία φυτά. Το τριφύλλι που προορίζεται για βιομάζα συγκομίζεται πιο αργά σε σχέση με το τριφύλλι για ζωοτροφές, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ποσότητα του υλικού που προορίζεται για καύση. Τα φύλλα του τριφυλλίου μπορούν να αφαιρεθούν από τους βλαστούς πριν την καύση, απομακρύνοντας μια ενδεχόμενη πηγή NO_x και παράγοντας ένα υψηλής πρωτεϊνικής αξίας συμπλήρωμα για τα ζώα (Paine, Peterson, Rineer, Bartelt, et al., 1996).

Διαχείριση του 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. Επιπρόσθετα οι ενεργειακές καλλιέργειες με φυτά που παρέχουν μόνιμη κάλυψη εδάφους, ελέγχουν αποτελεσματικά την επιφανειακή απορροή υδάτων και η διάβρωση μπορεί να γίνει και αρνητική. Θετική είναι και η συνεισφορά στον οργανικό άνθρακα του εδάφους. Έχει αναφερθεί μέχρι και 25% αύξηση στο επιφανειακό έδαφος (0-7,5 cm) πολυετούς καλλιέργειας σε αντίθεση με καλλιέργεια καλαμποκιού.

Βιοποικιλότητα: Σημαντική είναι η συνεισφορά των πολυετών αγρωστωδών φυτών και στην βιοποικιλότητα. Οι ενεργειακές φυτείες με τέτοια φυτικά είδη, είναι γνωστό ότι υποστηρίζουν περισσότερους πληθυσμούς αυτοχθόνων πτηνών, θηλαστικών και άλλων ζωικών ομάδων σε σχέση με τα ετήσια φυτά και τις μονοκαλλιέργειες (Paine, Peterson, Rineer, Bartelt, et al., 1996). Αναγνωρισμένη είναι, επίσης, η αξία των

ενεργειακών φυτειών πολυετών αγρωστωδών για τον καθαρισμό των αστικών λυμάτων, μειώνοντας έτσι, τις αρνητικές επιπτώσεις για την κοινωνία (Borjesson, 1999).

Τα ξυλώδη ταχουαυξή είδη θεωρείται ότι, γενικά, αναπτύσσονται καλύτερα σε γόνιμα γεωργικά εδάφη. Η παραγωγικότητα μειώνεται όσο μικρότερη είναι η παραγωγικότητα του εδάφους (μικρή περιεκτικότητα σε θρεπτικά στοιχεία) και όσο χαμηλότερο είναι το επίπεδο υγρασίας. Παρόλα αυτά, οι φυτείες ξυλωδών φυτών μπορούν να εγκατασταθούν σε εδάφη που θεωρούνται ακατάλληλα για συμβατική γεωργική χρήση, δηλαδή σε υποβαθμισμένα γεωργικά εδάφη. Τα είδη αυτά μπορούν να μειώσουν την διάβρωση του εδάφους από το νερό συγκρατώντας τα ιζήματα από διαβρωμένα εδάφη, να μειώσουν την επιφανειακή απορροή και να αυξήσουν τον βαθμό διήθησης του νερού. Οι Pimentel και Krummel (Borjesson, 1999) αναφέρουν ότι ο μέσος βαθμός διάβρωσης σε φυτείες με ξυλώδη είδη ήταν 2 Mg/ha/έτος σε κλίση 5%, ενώ η παραγωγή καλαμποκιού σε κλίση 4% έχει ως αποτέλεσμα απώλεια εδάφους περίπου 21,8 Mg/ha/έτος. Εντούτοις, οι Ranney και Mann αναφέρουν ότι το μεγαλύτερο ποσοστό διάβρωσης συμβαίνει στα 2 πρώτα χρόνια της εγκατάστασης της φυτείας, όταν δηλαδή, δεν υπάρχει καθόλου κάλυψη στο έδαφος. Συνεπώς, ο βαθμός εδαφικής διάβρωσης είναι πολύ μικρότερος από 2 Mg/ha/έτος.

Ο Kenney αναφέρει ότι, κάτω από διαχείριση ταχουαυξών ξυλωδών φυτειών, προκαλείται αύξηση της οργανικής ουσίας στο έδαφος, λόγω της προσθήκης του φυλλώματος και της συνεισφοράς των πολυετών ριζικών συστημάτων. Η υπόθεση αυτή ενισχύεται από την διαπίστωση του Hansen, ο οποίος έδειξε ότι όταν αντικατασταθεί ένα γεωργικό λιβάδι από φυτεία υβριδογενούς λεύκης, ακολούθησε ορυκτοποίηση της επιφανειακής οργανικής ουσίας σε διάστημα 12 ετών. Σε φυτείες 12 και 18 ετών διαπιστώθηκε, επίσης, καθαρή αύξηση της οργανικής ουσίας του εδάφους σε σχέση με παρακείμενες γεωργικές εκτάσεις (Borjesson, 1999).

Επίσης, η εγκατάσταση ξυλωδών ειδών σε παρόχθιες περιοχές σταθεροποιεί με φυσικό τρόπο τις όχθες μέσω του εκτεταμένου ριζικού συστήματος. Η λεύκη αποτελεί ένα τυπικό παράδειγμα τέτοιου είδους. Οι φυτείες λεύκης προτείνονται να εγκαθίστανται σε πλαγιές με μεγάλες κλίσεις, υποκείμενες σε ολισθήσεις. Χρησιμοποιούνται, επίσης, στους πυθμένες μικρών ρεμάτων για να αναχαιτίζουν την ροή του νερού και να κατακρατούν ιλύ και συντρίμματα. Και η ιτιά αποτελεί ένα ξυλώδες φυτικό είδος κατάλληλο για τέτοιες περιπτώσεις, ενώ έχει βρεθεί ότι στην Αυστραλία η ιτιά έχει την ικανότητα να συγκρατεί το έδαφος άλλα δεν προσφέρει

αποτελεσματική κατακράτηση ιζημάτων και αύξηση του βαθμού διήθησης του νερού (Kort, Collins, Ditsch, 1998).

Σε αντίθεση με τις φυτείες πολυετών αγρωστωδών, οι φυτείες ταχουαζών ειδών παρέχουν ένα ενδιάμεσο οικοτόπο, που χαρακτηρίζεται από εκτεταμένες αλλαγές στην δομή του οικοτόπου σε μικρό χρονικό διάστημα. Αυτές οι αλλαγές αντικατοπτρίζονται στην ζωοκοινότητα. Για παράδειγμα, η ορνιθοπανίδα σε μια φυτεία λεύκης, μεταβάλλεται από λιβαδικά είδη, στα δύο πρώτα χρόνια, σε δασικά είδη, για τα επόμενα επτά χρόνια της καλλιέργειας. Έτσι, μεταβάλλοντας τις συμβατικές καλλιέργειες σε φυτείες ξυλωδών ειδών, αυξάνεται η πυκνότητα και η ποικιλότητα των ειδών πτηνών, αλλά μπορεί να αλλάξει εντελώς η δυναμική των ζωοκοινοτήτων. Οι φυτείες, όμως, που εγκαθίστανται κοντά σε δασικές περιοχές μπορούν να αποτελέσουν ένα μεταβατικό ρυθμιστικό περιβάλλον για τα είδη της πανίδας που διαβιούν στα γειτονικά δασικά εδάφη (Paine, Peterson, Undersander, Rineer, Klemme, et al., 1996). Έχει, επίσης, διαπιστωθεί ότι η καλλιέργεια ταχουαζών ειδών σε ενεργειακές καλλιέργειες μπορεί να μειώσει το περιεχόμενο βαρέων μετάλλων στο έδαφος (Borjesson, 1999).

Παρά τις θετικές αυτές επιδράσεις των ενεργειακών φυτειών ταχουαζών ειδών, έχει διαπιστωθεί ότι τα ξυλώδη είδη μπορούν να καταπιέσουν την αγρωστώδη βλάστηση που αναπτύσσεται στον υπόροφο των δένδρων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην υπάρχει χαμηλή κάλυψη για το έδαφος και, σε περιπτώσεις ισχυρών βροχοπτώσεων, να λαμβάνει χώρα σοβαρή διάβρωση του εδάφους (Kort, Collins, Ditsch, 1998). Το γεγονός αυτό υποδεικνύει τον βαθμό της έρευνας που απαιτείται πριν την εγκατάσταση τέτοιων φυτικών ειδών για ενεργειακούς σκοπούς, ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι πιθανότητες πρόκλησης σοβαρών βλαβών στα οικοσυστήματα.

Η τρίτη κατηγορία εδαφών όπου μπορεί να γίνει εγκατάσταση ενεργειακών καλλιεργειών είναι οι αποξηραμένοι υγρότοποι. Στην Ευρώπη έχουν εμφανιστεί αρκετά προβλήματα ρύπανσης των υδατικών πόρων εξαιτίας της αποξήρανσης τέτοιων πολύτιμων εδαφών. Η πλειονότητα των εκτάσεων των αποξηραμένων υγροτόπων έχουν μετατραπεί σε γεωργικές εκτάσεις. Οι αύλακες αποξήρανσης που διασχίζουν τις καλλιέργειες μεταφέρουν εδαφικά ιζήματα, λιπάσματα και εντομοκτόνα σε ρέματα, λίμνες και ποτάμια, συμβάλλοντας κατά αυτό τον τρόπο στον ευτροφισμό και την μείωση της βιοποικιλότητας των συστημάτων αυτών, ενώ παράλληλα αυξάνεται και ο κίνδυνος για την δημόσια υγεία. Οι υγρότοποι λειτουργούν ως φίλτρα για τις λεκάνες απορροής, απορροφώντας ιζήματα και

θρεπτικά συστατικά από τα μικρά ρέματα, μειώνοντας, έτσι, την μετανάστευση τους στα μεγαλύτερα υδάτινα σώματα. Αυτή η μεγάλη περιεκτικότητα σε θρεπτικά και λεπτά εδαφικά υλικά καθιστούν τους υγροτόπους ιδιαίτερα παραγωγικά συστήματα.

Η ορθολογική διαχείριση των εδαφών αυτών συνίσταται στην αποκατάσταση και προστασία τους. Συνήθως, όμως, η μετατροπή τους σε γεωργικά εδάφη είναι δύσκολο να αποφευχθεί. Ένας τρόπος αειφορικής εκμετάλλευσης τους είναι η εγκατάσταση ενεργειακών καλλιεργειών με πολυετή φυτικά είδη, προσαρμοσμένα σε συνθήκες υψηλής εδαφικής υγρασίας. Τα φυτά αυτά θα συγκομίζονται στα μέσα με τέλη καλοκαιριού, όταν η περιεχόμενη υγρασία θα είναι σε αποδεκτά επίπεδα για την περαιτέρω χρησιμοποίησή τους. Τέτοια είδη είναι το *Calamagrostis canadensis*, *Spartina pectinata*, το *Andropogon gerardi* και το switchgrass (κατάλληλο για τις ελληνικές συνθήκες) (Paine, Peterson, Undersander, Rineer, Klemme, et al., 1996).

Σε ορισμένες περιπτώσεις θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και ξυλώδη ταχυαυξή είδη. Η ιτιά, είδος αρκετά ανθεκτικό σε συνθήκες υψηλής υγρασίας, μπορεί να ευδοκιμήσει σε αυτά τα εδάφη. Η υβριδογενής λεύκη είναι ευαίσθητη στο υδατικό stress και μπορεί να αναπτυχθεί σε ένα στενό εύρος υδατικής διαθεσιμότητας. Γενικά, θα πρέπει να προτιμώνται αυτόχθονα είδη, τα οποία είναι και περισσότερο προσαρμοσμένα σε αυτές τις συνθήκες (Ντάφης, 1986). Παρόλα αυτά, στην περίπτωση που τέτοια είδη δεν ικανοποιούν τις ενεργειακές ανάγκες, για τις οποίες γίνεται η εγκατάσταση της φυτείας, θα πρέπει να επιλέγονται τα κατάλληλα είδη με βάση τις περιβαλλοντικές - οικολογικές απαιτήσεις τους και τους αντίστοιχους περιορισμούς που θέτουν αυτές.

Η θετική συνεισφορά σχετικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου: Η ευρύτερη χρήση των ενεργειακών καλλιεργειών, για την παραγωγή βιοκαυσίμων, θα προκαλέσει θετικές επιδράσεις στην προσπάθεια που γίνεται καταπολέμησης του φαινομένου του θερμοκηπίου. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί καθώς, η παραγωγή και χρήση των βιοκαυσίμων σε ορθολογική βάση είναι ουδέτερη όσον αφορά τις εκπομπές CO₂. Εξασφαλίζεται οικολογική ισορροπία, αφού όσο CO₂ παράγεται κατά τη καύση της βιομάζας απορροφάται κατά την παραγωγή της, αποτελώντας, έτσι, εναλλακτική λύση αντικατάστασης των συμβατικών καυσίμων. Το κόστος και οι δυνατότητες μείωσης των εκπομπών του CO₂ κατά αυτόν τον τρόπο εξαρτάται από την απόδοση της ενεργειακής μετατροπής κατά τη παραγωγή και τη καύση της βιομάζας και από τον τύπο του καυσίμου που υποκαθιστά.

Η θετική συνεισφορά σχετικά με την όξινη βροχή: Τα βιοκαύσιμα είναι πολύ πιο καθαρά από τον άνθρακα, με σχεδόν μηδενικές εκπομπές θείου. Το ενεργειακό τους περιεχόμενο είναι πιο ομοιόμορφο και η μεγάλη δραστηριότητά τους κάνει ευκολότερη τη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού των συστημάτων καύσης οπότε δεν υπάρχει ανάγκη ειδικού εξοπλισμού απομάκρυνσης του διοξειδίου του θείου.

Όσον αφορά στην συνεισφορά στον σχηματισμό οξειδίων του αζώτου (NOx) είναι ασήμαντη. Τα οξείδια του αζώτου, που παράγονται από τη καύση οποιουδήποτε καυσίμου, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις όπου η επιδίωξη υψηλότερης απόδοσης οδηγεί σε υψηλότερες θερμοκρασίες καύσης, περιορίζονται με τη χρήση ειδικά διαμορφωμένων συστημάτων καύσης και με τη χρήση καταλυτών για τον καθαρισμό των καυσαερίων.

Οι χαμηλές εισροές σε λιπάσματα: Οι ενεργειακές καλλιέργειες απαιτούν χαμηλότερα επίπεδα λίπανσης σε σχέση με τα ετήσια φυτά που προορίζονται για τροφή. Πιο συγκεκριμένα, αναφορικά με τις απαιτήσεις λίπανσης του γλυκού σόργου από διάφορα πειραματικά δεδομένα βρέθηκε ότι χρειάζεται λιπάσματα περιεκτικότητας N=0,9 , P=0,9, K=1,3 – λιπαντικές μονάδες στοιχείου ανά στρέμμα.

Η μείωση της χρήσης φυτοφαρμάκων: Οι ενεργειακές καλλιέργειες γενικότερα, παρουσιάζουν υψηλή φωτοκάλυψη και με την εγκατάστασή τους στην καλλιεργούμενη έκταση περιορίζουν την εμφάνιση ζιζανίων. Επιπλέον, είναι πιο ανθεκτικά στην προσβολή ασθενειών από έντομα, κάτι το οποίο έχει ως αποτέλεσμα την μειωμένη χρήση μυκητοκτόνων και εντομοκτόνων.

Δημιουργία μονοκαλλιεργειών: Η εκτεταμένη χρήση – καλλιέργεια ενεργειακών φυτών για την παραγωγή βιοκαυσίμων, εμπεριέχει τον κίνδυνο για δημιουργία φαινομένων μονοκαλλιεργειών, με διττή αρνητική σημασία για το περιβάλλον και τους αγρότες. Το φαινόμενο αυτό που παρατηρείται σε αρκετές χώρες του κόσμου όπου έχει προχωρήσει η χρήση των βιοκαυσίμων, είναι βλαβερό για το περιβάλλον, καθώς το έδαφος υπόκειται σε μονομερή απορρόφηση των θρεπτικών του συστατικών. Από την άλλη πλευρά η δημιουργία μονοκαλλιεργειών είναι ένα πρόβλημα που μπορεί να ωθήσει μεγάλο κομμάτι του αγροτικού πληθυσμού να εγκαταλείψει την αγροτική εργασία, μην μπορώντας να αντέξει τον αθέμιτο ανταγωνισμό με τους μεγαλοκαλλιεργητές.

➤ **Κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις**

Όπως συμβαίνει με τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας από μη ανανεώσιμες πηγές, έτσι και τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας από βιομάζα χρειάζονται ένα μακροπρόθεσμο, αξιόπιστο και προβλέψιμο εφοδιασμό με πρώτες ύλες για να υπάρξει συνεχής ροή παραγωγής ενέργειας. Στην παρούσα φάση, το κυριότερο εμπόδιο στην ανάπτυξη εργοστασίων χρήσης βιομάζας είναι οι χαμηλές τιμές ορισμένων ορυκτών καυσίμων. Η ικανότητα οικονομικής επιβίωσης των ενεργειακών καλλιεργειών εξαρτάται κατά το μεγαλύτερο βαθμό από τα κόστη παραγωγής, τα κόστη μετατροπής της παραγόμενης βιομάζας σε χρήσιμη ενέργεια και τα κόστη των ανταγωνιστικών καυσίμων. Ο κανόνας για να γίνουν ανταγωνιστικές οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι να παραχθούν με τον λιγότερο δαπανηρό τρόπο (Hallam, Anderson, Buxton, 2001). Εάν η τιμή της πρώτης ύλης δεν μπορεί να διατηρηθεί σε χαμηλά και σταθερά επίπεδα, τότε η ύλη αυτή δεν μπορεί να αυξήσει την ανταγωνιστικότητα της.

Οι πρώτες ύλες των ενεργειακών καλλιεργειών διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους σε θερμικό περιεχόμενο, ενώ είναι λίγα τα φυτικά είδη που προσεγγίζουν το θερμικό περιεχόμενο των ορυκτών καυσίμων. Τα καύσιμα αυτά παράγουν περισσότερο από 850 GJ/kg καυσίμου, ενώ το θερμικό περιεχόμενο των ξυλωδών ταχυαυξών ειδών είναι, κατά μέσο όρο, 400 GJ/kg και των αγρωστωδών 160 GJ/kg.

Οι μακροοικονομικές αναλύσεις, προς το παρόν, δεν φαίνεται να ευνοούν την ευρεία παραγωγή βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς. Πρέπει, όμως, να ληφθούν υπόψη κάποιοι παράγοντες, πέρα από τα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα που προβάλλουν οι ενεργειακές καλλιέργειες, οι οποίοι θα επηρεάσουν το ενεργειακό καθεστώς στο μέλλον. Ένας από αυτούς είναι η αντικατάσταση των σημερινών εργοστασίων παραγωγής ενέργειας στο άμεσο μέλλον εξαιτίας της τεχνολογικής παλαίωσης. Τα εργοστάσια αυτά λειτούργησαν για πρώτη φορά σε μια περίοδο, όπου οι εναλλακτικές πηγές ενέργειας ήταν σε νηπιακό επίπεδο. Οι σημερινές τεχνικές και τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα της παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές προσφέρουν πληθώρα επιλογών για ιδιωτικές και κρατικές εταιρίες δημοσίας ωφέλειας, με την βιομάζα να αποτελεί μια ελκυστική λύση. Οι οικονομικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον υπολογισμό της οικονομικότητας μιας ενεργειακής καλλιέργειας είναι: (Hallam, Anderson, Buxton, 2001)

- Κόστος μεταφοράς, το οποίο είναι ανάλογο με την απόσταση της φυτείας από το εργοστάσιο μετατροπής και παραγωγής ενέργειας.
- Κόστος πολλαπλασιαστικού υλικού, λιπάσματος και χημικών ουσιών, το οποίο είναι ανάλογο με την χρησιμοποιούμενη ποσότητα.
- Κόστος καυσίμων, το οποίο εξαρτάται από την τρέχουσα τιμή του καυσίμου και από την εργασία που πρέπει να εκτελεστεί.
- Κόστος επισκευών και συντήρησης, το οποίο εξαρτάται κυρίως από τον αριθμό των εργατοωρών.
- Κόστος εργασίας των χειριστών μηχανημάτων και ανειδίκευτων εργατών.
- Χρησιμοποιούμενο επιτόκιο.
- Κόστος ενοικίασης της καλλιεργούμενης έκτασης.
- Απόσβεση για τα χρησιμοποιούμενα μηχανήματα και εργαλεία.
- Κόστος εγκατάστασης.
- Κόστος από την μη διάθεση της έκτασης και των μηχανημάτων σε μια άλλη, εκτός των ενεργειακών καλλιεργειών, εναλλακτική χρήση.

Ένα από τα προβλήματα που εμφανίζονται στην αποδοχή των ενεργειακών καλλιεργειών είναι η δυσπιστία που προβάλλεται από την πλευρά των αγροτών. Οι παράγοντες που απασχολούν την πλευρά των αγροτών σε αυτή την περίπτωση είναι το ενδεχόμενο κέρδος, οι απαιτήσεις σε μηχανικό εξοπλισμό, η διαθεσιμότητα της αγοράς, οι γνώσεις που απαιτούνται, τα κίνητρα που μπορούν να δοθούν από τις κυβερνήσεις (Paine, Peterson, Undersander, Rineer, Klemme, et al., 1996), η δυνατότητα συμπαραγωγής ενεργειακών φυτών και γεωργικών τροφίμων και, κυρίως, ο βαθμός αβεβαιότητας σε ότι αφορά την διάθεση της παραγωγής, καθώς οι ενεργειακές καλλιέργειες αποτελούν μια καινοτομία στην γεωργική παραγωγή. Ο βαθμός στον οποίο θα γίνουν αποδεχτές οι ενεργειακές καλλιέργειες από τους γεωργούς και γαιοκτήμονες εξαρτάται από το καθαρό κέρδος που θα προκύψει, σε σχέση με την αμέσως επόμενη εναλλακτική επιλογή. Επίσης, η δυνατότητα παραγωγής παραπροϊόντων από τις ενεργειακές φυτείες, για σκοπούς μη ενεργειακούς, αποτελεί ένα ελκυστικό κίνητρο για τους γεωργούς, που ενδέχεται να ενισχύσει την εμπιστοσύνη τους σε αυτό το νέο είδος καλλιέργειας. Πολλές είναι οι φαρμακευτικές και χημικές βιομηχανίες που χρησιμοποιούν συστατικά των φυτικών ιστών για την παραγωγή των προϊόντων τους. Βεβαίως, τα συστατικά αυτά δεν πρέπει να επηρεάζουν την ενεργειακή αξία των φυτών, μιας και ο πρωταρχικός στόχος των

ενεργειακών καλλιεργειών είναι η παραγωγή ενέργειας υψηλής απόδοσης και ποιότητας.

Επίσης, η απόφαση εγκατάστασης ενεργειακών καλλιεργειών και εργοστασίων παραγωγής ενέργειας από βιομάζα σε μια περιοχή εγείρει πολλά ερωτήματα στην κοινωνία, σε τοπικό επίπεδο. Ορισμένα από αυτά σχετίζονται με τα απόβλητα που θα προκύπτουν, καθώς επίσης και με τις οσμές και τις οπτικές οχλήσεις. Ειδικότερα, οι οσμές αποτελούν ένα σοβαρό μειονέκτημα καθώς, ανάλογα με το είδος της πρώτης ύλης μπορεί να είναι αρκετά έντονες (κουκούτσια καρπών). Αλλά και οι ίδιες οι ενεργειακές φυτείες αλλοιώνουν τον χαρακτήρα μιας περιοχής, μεταβάλλοντας σε μεγάλο βαθμό το τοπίο και την φυσιογνωμία της (π.χ. ο μίσχανθος μπορεί να φθάσει το ύψος των 3 m) (Lewandowski, Clifton – Brown, Scurlock, Huisman, 2000).

Αναμφισβήτητα, η υιοθέτηση των ενεργειακών καλλιεργειών σε ευρύ επίπεδο για παραγωγή βιομάζας θα συντελέσει στην αύξηση των θέσεων απασχόλησης, για κάθε βαθμίδα εργατικού δυναμικού, σε τοπικό, περιφερειακό και διεθνές επίπεδο. Για να λειτουργήσει άρτια ένα ολοκληρωμένο σύστημα παραγωγής βιομάζας από ενεργειακές καλλιέργειες απαιτούνται γεωπόνοι, δασολόγοι, χημικοί μηχανικοί, μηχανολόγοι μηχανικοί, τεχνολόγοι, οικονομολόγοι, οδηγοί και ένας μεγάλος αριθμός ανειδίκευτων εργατών.

2.10 Χαρακτηριστικά καυσίμων από ενεργειακές καλλιέργειες

Η αγριαγκινάρα αποτελεί ενδημικό είδος των μεσογειακών χωρών. Εκτός από το γεγονός ότι μπορεί να αναπτύσσεται μόνη της στην ύπαιθρο, μπορεί να καλλιεργηθεί και να προσαρμοστεί εύκολα στις κλιματικές συνθήκες των περιοχών αυτών. Η συνολική παραγωγή βιομάζας από καλλιεργούμενη αγριαγκινάρα μπορεί να φτάσει τους 20 με 30 τόνους ξηρής ουσίας ανά εκτάριο, συμπεριλαμβανομένων 2000-3000 kg σπόρων. Έτσι, για παράδειγμα, αν η παραγωγή ξηρής ουσίας από αγριαγκινάρα είναι 2 t/στρέμμα, για μια μονάδα ηλεκτροπαραγωγής των 100 MW απαιτούνται 106.250 τόνοι ξηρής βιομάζας. Άρα 53.125 στρέμματα ή 5.312 ha.

Μεταξύ των θερμοχημικών μεθόδων μετατροπής της βιομάζας σε ενέργεια και προϊόντων βιομηχανικού ενδιαφέροντος, η απλούστερη είναι η πυρόλυση. Τα βασικά χαρακτηριστικά είναι αυτά της προσεγγιστικής ανάλυσης, της στοιχειακής ανάλυσης και της θερμογόνου δύναμης και αναφέρονται σε ξηρή βάση. Από τη βιβλιογραφία, προκύπτει ο παρακάτω συνοπτικός Πίνακας 1 μερικών ενεργειακών καλλιεργειών.

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά καυσίμου από ενεργειακές καλλιέργειες (πηγή: Encinar, Gonzales, 2000 and Lewandowski, Scurlock, Lindvall, Christou, 2003 and Gonzalez, Gonzalez-Garcia, A. Ramiro, J. Ganan, A. Ayuso, J. Turegano 2006).

	Αγριαγκινάρα	Switchgrass	Καλάμι	Σόργο	Μίσχανθος
Υγρασία (%)	15-24	3-15	10-28	25,7	16-62
Τέφρα (%)	8,4	3,5-10	2-11	2,7	1,6-2
Πτητικά αέρια (%)	77,3	75-80	55-60	61,3	-
Μόνιμος άνθρακας(%)	14,3	13-14	12	10,3	-
Θερμογόνος δύναμη (MJ/kg)	12,68-18,2	16-17	16-19	16	17-19
C (%)	39-48	43-49	40-47	30-55	47-49
H (%)	4-6	5-6	5-6	4-5	5-6
N (%)	0,5-2	0,5-1,5	0,5-1	0,5-1	0,19-0,67
S (%)	0,1-0,2	0,08-0,2	0,07-0,2	0,02-0,1	0,04-0,19
O (%)	40-50	35-50	42-55	55-60	41-42

Η θερμογόνος δύναμη ποικίλει ανάλογα με τη θέση που έχει το φυτό ως προς τον ήλιο. Όταν τα φυτά βρίσκεται, καθ' όλη τη διάρκεια του αυξητικού του κύκλου, υπό την άμεση επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, τότε η περιεκτικότητα σε υγρασία θα είναι χαμηλότερη και η θερμογόνος δύναμη υψηλότερη, από ότι στην περίπτωση που το φυτό σκιάζεται (π.χ. σε περιπτώσεις πιο ανεπτυγμένων ατόμων) (www.eeci.net/archive/archiveWhole.html).

Πιο συγκεκριμένα, κατά τα συγκομιδή της αγριαγκινάρας, το περιεχόμενο σε υγρασία των στελεχών της κυμαίνεται από 17 έως 18%, του καρπού της από 15 έως 23% (συμπεριλαμβανομένων και των σπόρων) και των φύλλων από 11 έως 17% (Gominho, Fernandez, Pereira, 2001).

Το switchgrass αποτελεί μια πολύ ελκυστική πηγή βιοκαυσίμου για τους λόγους που αναφέραμε παραπάνω. Η συνολική παραγωγή βιομάζας από switchgrass είναι της τάξης των 10,4 έως 36,4 τόνους ξηρής ουσίας στο εκτάριο, ανάλογα πάντα με την ποικιλία και την περιοχή εγκατάστασης της φυτείας (Lewandowski, Scurlock,

Lindvall, M. Christou, 2003, Gonzalez, Ramiro, Ganan, Ayuso et al., 2006, and Zhang, Brown, Suby, 2004).

Κατά την προσδιορισμό των μεταλλοξειδίων στην τέφρα της βιομάζας (πίνακας 2) παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο μέρος κατέχει το οξείδιο του πυριτίου. (Lewandowski, Kauter, 2003 and Amos, 2002).

Πίνακας 2: Χημική ανάλυση τέφρας ενεργειακών καλλιιεργειών

	Αγριαγκινάρα	Switchgrass	Καλάμι	Μίσχανθος
SiO₂ (%)	1,5-39,5	57,52	50,77	53,3
Al₂O₃ (%)	0-12,9	0,7	0,83	2,43
Fe₂O₃ (%)	0,1-7,9	5,45	0,72	1,22
CaO (%)	0,4-73,9	9,1	7,74	12,7
MgO (%)	1,7-19,4	4,64	10,06	10,8
Na₂O (%)	0,8-4,3	0,55	1,68	1,26
K₂O (%)	0-24,2	13,88	20,55	5,2
P₂O₅ (%)	0,3-14,4	6,56	7,66	6,5
SO₃ (%)	0,4-7	2,41	0,06-0,11	0,04-0,19
Cl (%)	-	0,93	0,32	0,02
As (mg/kg)	-	1,2	-	-
Ba (mg/kg)	-	733	-	-
Cr (mg/kg)	-	58	-	-
Cd (mg/kg)	-	<5	-	-
Pb (mg/kg)	-	40	-	-

Οι διάφοροι τύποι βιομάζας έχουν χαμηλές θερμοκρασίες τήξης της τέφρας τους εν αντιθέσει με τους λιγνίτες, εξαιτίας του υψηλού περιεχομένου σε αλκάλια. Η τέφρα του ξύλου μαλακώνει στους 1250-1300 °C, με συχνά μικρές διαφορές μεταξύ των σημείων ημισφαιρίου και σημείου ροής. Παρόλα αυτά, μερικοί τύποι παρουσιάζουν μια απόκλιση από αυτές τις τιμές. Οι ενεργειακές καλλιέργειες έχουν μια ευρύτερη απόκλιση στις θερμοκρασίες ημισφαιρίου μεταξύ των 750-1100 °C και στο σημείο ροής μεταξύ 1000 °C και 1350 °C (Heinzel, Siegle, Spliethoff, Hein, 1998).

Πιο συγκεκριμένα, στην περίπτωση του άχυρου από σιτάρι η αρχική παραμόρφωση (IDT) κυμαίνεται από 900-1050 °C, η θερμοκρασία ημισφαιρίου (HT) από 1300-1400 °C και το σημείο ροής (FT) 1400-1500 °C.

Στην περίπτωση του άχυρου από κριθάρι η αρχική παραμόρφωση (IDT) κυμαίνεται από 730-800 °C, η θερμοκρασία ημισφαιρίου (HT) από 850-1050 °C και το σημείο ροής (FT) 1050-1200 °C.

Στην περίπτωση των υπολειμμάτων ρυζιού, η αρχική παραμόρφωση (IDT) κυμαίνεται από 800-850 °C, η θερμοκρασία ημισφαιρίου (HT) από 1050-1150 °C και το σημείο ροής (FT) 1300-1400 °C (Bakker, Elbersen, 2005).

Γενικότερα, μπορούμε να πούμε ότι το εύρος των τιμών, σε όλα τα είδη των ενεργειακών καλλιεργειών, συμβαδίζει με τα παραπάνω.

2.11 Οι ενεργειακές καλλιέργειες στην Ελλάδα και στην Ευρώπη

Η ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών στον ελληνικό γεωργικό χώρο αποτελεί μια ελκυστική λύση τόσο για την παραγωγή ενέργειας και υγρών βιοκαυσίμων, όσο και την αύξηση της ανταγωνιστικότητας του αγροτικού τομέα, την ενίσχυση της απασχόλησης, την προστασία του περιβάλλοντος, την εξασφάλιση αιεφόρου περιφερειακής ανάπτυξης και την μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο και τα ορυκτά καύσιμα. Στην Ελλάδα, οι προσπάθειες για την έρευνα και ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών ξεκίνησαν στα τέλη της δεκαετίας του 80 και έχουν επικεντρωθεί (Mardikis, Namaton, Panoutsou, 2000):

- Σε αγρονομικά θέματα. Ο κύριος στόχος που επιδιώκεται σε αυτό τον τομέα είναι να αποκτηθεί η βέλτιστη επίδοση των ενεργειακών καλλιεργειών συνταιριάζοντας παράγοντες τοπογραφίας, κλίματος και εδαφικών χαρακτηριστικών για ένα εύρος ειδών, ποικιλιών, υβριδίων και γενοτύπων. Τα χαρακτηριστικά που αναλύονται για κάθε φυτό είναι η προσαρμοστικότητα τους κάτω από διαφορετικές περιβαλλοντικές και καλλιεργητικές συνθήκες, τα χαρακτηριστικά της ανάπτυξης τους, όπως το ύψος και ο αριθμός των βλαστών ανά φυτό, και, τέλος, η παραγωγή βιομάζας ανά φυτό και ανά φυτικό μέρος.
- Στα χαρακτηριστικά των παραγόμενων καυσίμων. Εδώ, γίνεται κατηγοριοποίηση των ενεργειακών φυτών, με βάση την θερμιδική αξία και τις ιδιότητες τους. Διεξάγονται χημικές αναλύσεις διαφόρων καυσίμων, στοιχειομετρικές αναλύσεις τέφρας κ.α.

- Στα περιβαλλοντικά θέματα της παραγωγής βιομάζας. Εξετάζονται θέματα που σχετίζονται με το ισοζύγιο αζώτου και νερού, την διάβρωση του εδάφους και τις αγροχημικές εισροές λιπασμάτων και άλλων χημικών ουσιών.
- Στην μετατροπή της βιομάζας σε ενέργεια. Γίνεται κατηγοριοποίηση των τύπων παραγόμενης βιομάζας ανάλογα με την κατάλληλη τεχνολογία μετατροπής (αεριοποίηση, πυρόλυση, ανθρακοποίηση, Fluidized Bed Combustion, Pulverized Fuel Combustion).
- Σε κοινωνικοοικονομικά ζητήματα. Αναλύεται η ικανότητα των ενεργειακών καλλιεργειών να αντικαταστήσουν τις συμβατικές καλλιέργειες.

Τρεις είναι οι κύριες κατηγορίες ενεργειακών φυτών που έχουν εξεταστεί μέχρι τώρα: τα πολυετή αγρωστώδη, τα ετήσια αγρωστώδη και τα ταχυσυζή ξυλώδη είδη.

Συγκεκριμένα, την τελευταία δεκαετία έχουν διεξαχθεί περισσότερα από 60 πειράματα στην Ελλάδα, σχεδόν αποκλειστικά μέσω του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.), για την εκτίμηση του δυναμικού απόδοσης βιομάζας διάφορων ενεργειακών φυτών. Οι μελέτες έχουν επικεντρωθεί στα εξής φυτά (Mardikis, Namatov, Panoutsou, 2000):

- **Ετήσια αγρωστώδη**

- I. Ελαιοκράμβη (*Brassica carinata* – *Brassica napus*)
- II. Ηλίανθος (*Helianthus annuus*)
- III. Σιτάρι - Κριθάρι (*Triticum aestivum* - *Hordeum sativum/Vulgare*)
- IV. Ζαχαρότευτλα (*Beta vulgaris*)
- V. Αραβόσιτος (*Zea mays*)
- VI. Γλυκό και κυτταρινούχο σόργο (*Sorghum bicolor*)

- **Ταχυσυζή δασικά είδη**

- VII. Ευκάλυπτος (*Eucalyptus* sp.)
- VIII. Ψευδακακία (*Robinia pseudoacacia*)

• **Πολυετή αγρωστώδη**

- IX. Καλάμι (*Arundo donax*)
- X. Μίσχανθος (*Miscanthus x giganteus*)
- XI. Αγριαγκινάρα (*Cynara cardunculus*)
- XII. Switchgrass (*Panicum virgatum*)

Ενδεικτικά παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 3 οι αποδόσεις διαφόρων φυτών ανά στρέμμα σε σπόρο και σε βιοκαύσιμο.

Πίνακας 3: Παραγόμενα βιοκαύσιμα από διάφορα φυτά και αποδόσεις ανά στρέμμα σε σπόρο και σε καύσιμο (πηγή: www.epirus-biosis.gr).

Βιοκαύσιμο	Πρώτη ύλη	Απόδοση (κιλά/στρέμμα)	Απόδοση σε βιοκαύσιμο (κιλά/στρέμμα)	Απόδοση σε βιοκαύσιμο (λίτρα/στρέμμα)
Βιοντίζελ	Ηλιάνθος	120 – 210	40 – 70	43 – 75
	Ελαιοκράμβη	120 – 250	40 – 83	43 – 90
	Βαμβάκι	120 – 160	17 – 23	18 – 25
	Σόγια	160 – 240	27 – 41	29 – 44
Βιοαιθανόλη	Σιτάρι	150 – 800	36 – 190	45 – 240
	Αραβόσιτος	900	213	270
	Τεύτλα	6.000	475	600
	Σόργο	7.000 – 10.000	553 – 790	675 – 900

Στην συνέχεια θα αναφερθούν τα χαρακτηριστικά ορισμένων από τα φυτικά αυτά είδη, που παρουσιάζουν την μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης σε ενεργειακές καλλιέργειες, τόσο στην Ελλάδα, όσο και στην Ευρώπη ευρύτερα.

I. Ελαιοκράμβη

Η ελαιοκράμβη είναι ετήσιο φυτό, και ανήκει στη οικογένεια των Σταυρανθών ή Βρασικίδων. Πολλαπλασιάζεται με σπόρο και καλλιεργείται κυρίως σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή ελαίου και σε μικρότερη έκταση για τα φύλλα της (για ανθρώπινη κατανάλωση, ζωοτροφή και λίπανση). Μετά τη εξαγωγή του ελαίου, τα υπολείμματα της (η λεγόμενη πίτα) χρησιμοποιούνται στην κτηνοτροφία καθώς έχουν πλούσια περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη. Η ελαιοκράμβη θεωρείται παγκοσμίως ως το τρίτο

σημαντικότερο ελαιοπαραγωγό φυτό, μετά τη 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 τεχνικές καλλιέργειες 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 στα 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 τα θερμά ρεύματα. Από πειράματα, που πραγματοποιήθηκαν τα τελευταία χρόνια στις μεσογειακές περιοχές, και πιο συγκεκριμένα, στην Ελλάδα, στην 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 120 έως 250 κιλά/στρέμμα και 300 ως 800 κιλά/στρέμμα, αντίστοιχα.

Από ένα στρέμμα ελαιοκράμβη παράγονται κατά μέσο όρο 120-250 κιλά σπόρος με αντίστοιχη παραγωγή 43-90 λίτρα βιοντίζελ.

II. Ηλίανθος

Ο ηλίανθος είναι ένα ετήσιο φυτό και ανήκει στην οικογένεια Compositae. Σύμφωνα με τον FAO, η συνολική παγκόσμια παραγωγή έφθασε στα 24,2 εκατ. τόνους το 2002, καλλιεργούμενη σε 195 εκατ. στρέμματα. Από αυτό, περισσότερα από 100 εκατ. στρέμματα καλλιεργήθηκαν στην Ευρώπη και 1,7 εκατ. στην Ιταλία (0,17 εκατ. στρέμματα στην Ελλάδα) (<http://www.fao.org/>, 2004).

Στην Ελλάδα, ο ηλίανθος θεωρείται σημαντικό φυτό, και η καλλιέργεια του συγκεντρώνεται κυρίως στο βορειο-ανατολικό μέρος της χώρας. Καλλιεργείται κυρίως ως πηγή φυτικού ελαίου διατροφής. Η συνολική καλλιεργημένη έκταση, καθώς και η συνολική παραγωγή με ηλίανθο σχεδόν διπλασιάστηκαν (2 εκατ. στρέμματα το 1991 και 3,6 εκατ. στρέμματα το 1999), με μια ετήσια παραγωγή των 0,033 εκατ. τόνων και 0,050 εκατ. τόνων αντίστοιχα (ΕΣΥΕ).

Ο ηλίανθος μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ. Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ25) είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός βιοντίζελ (1.504.000 τόνοι το 2003) σε παγκόσμιο επίπεδο, (Biofuels Barometer-June 2004, EUROBSERVER).

Από ένα στρέμμα ηλίανθο παράγονται κατά μέσο όρο 1120-2100 κιλά σπόρος με αντίστοιχη παραγωγή 43-75 λίτρα βιοντίζελ.

III. Σιτάρι – Κριθάρι

Το σιτάρι και το κριθάρι είναι ετήσια φυτά, τα οποία ανήκουν στην οικογένεια των δημητριακών. Το σιτάρι θεωρείται παγκοσμίως ως το σημαντικότερο φυτό μεταξύ των άλλων δημητριακών, με συνολική παραγωγή 573,5 εκατομμυρίων τόνων το 2002. Το κριθάρι, χρησιμοποιείται κυρίως σαν ζωοτροφή και στην παραγωγή αλκοολούχων ποτών. Η συνολική παγκόσμια παραγωγή του κριθαριού έφθασε στους 136,5 εκατομμύρια τόνους το 2002.

Τα τελευταία πέντε χρόνια, υπάρχει έντονη δραστηριότητα στη χρήση του σιταριού και του κριθαριού ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαιθανόλης. Η Ισπανία έχει τη σημαντικότερη ενεργοποίηση στον τομέα της βιοαιθανόλης. Εκτιμάται ότι η δυναμικότητα της παραγωγής βιοαιθανόλης θα φθάσει στα 500 εκατομμύρια λίτρα (σε τρία εργοστάσια) το 2004, με πρώτη ύλη σιτάρι και κριθάρι.

Στη Γαλλία (2002) τα σιτηρά για παραγωγή βιοαιθανόλης αντιπροσώπευαν το 20% (56.600 τόνους). Αξίζει να σημειωθεί ότι τα τελευταία επτά χρόνια, η καλλιεργούμενη έκταση με σιτάρι για βιοαιθανόλη σχεδόν τριπλασιάστηκε (από 4.600 εκτάρια το 1993 σε 11.900 εκτάρια το 1999).

Από ένα στρέμμα σιτάρι παράγονται κατά μέσο όρο 240 λίτρα βιοαιθανόλης.

Στην Ελλάδα, το σιτάρι (σκληρό και μαλακό) είναι το πιο διαδεδομένο ετήσιο φυτό και η καλλιέργεια του είναι εκτεταμένη σε όλη τη χώρα. Η συνολική καλλιεργούμενη έκταση (σκληρό και μαλακό) ήταν 6,6 εκατομμύρια στρέμματα το σκληρό και 1,9 εκατομμύρια στρέμματα το μαλακό (2000), με παραγωγή 1,8 και 0,5 εκατομμυρίων τόνων, αντίστοιχα. Η συνολική παραγωγή του σιταριού στην Ελλάδα ξεπέρασε τα 2 εκατομμύρια τόνους το 2002. Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής αυτής χρησιμοποιείται για ανθρώπινη κατανάλωση, καθώς και για ζωοτροφή.

Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Σιτηρών Θεσσαλονίκης οι ελληνικές μέσες αποδόσεις σκληρού σιταριού κυμαίνονται από 150-800 κιλά/στρέμμα και οι αντίστοιχες του

μαλακού σιταριού κυμαίνονται από 200-900 κιλά/στρέμμα. Οι αποδόσεις σε σπόρο % 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 τη χώρα. Η συνολική καλλιεργημένη έκταση ήταν 1,2 εκατ. στρέμματα το 2000, με ετήσια παραγωγή 0,29 εκατ. τόνων, αντίστοιχα.

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

IV. Ζαχαρότευτλα

Τα ζαχαρότευτλα είναι ένας διαιτητής τύπος τεύτλου, που καλλιεργείται εμπορικά λόγω της υψηλής περιεκτικότητας των ριζών του σε σάκχαρα. Οι ρίζες των τεύτλων περιέχουν μέχρι 20% σάκχαρα (επί γλωρού βάρους), κάνοντας το τη δεύτερη πιο σημαντική πηγή σακχάρων μετά από το ζαχαροκάλαμο. Η συνολική παγκόσμια παραγωγή έφθασε τους 257 εκατ. τόνους το 2002, καλλιεργούμενη σε περισσότερα από 60 εκατομμύρια στρέμματα. Από αυτά τα 5,5 εκατ. στρέμματα καλλιεργήθηκαν στις Η.Π.Α. και περισσότερο από 40 εκατ. στρέμματα στην Ευρώπη.

Στην Ελλάδα, η καλλιέργεια των ζαχαρότευτλων είναι διάσπαρτη σε όλη τη χώρα. Αν και η συνολική παραγωγή τους μειώθηκε ελάχιστα, η συνολική καλλιεργημένη έκταση αυξήθηκε βαθμιαία (0,40 εκατομμύρια στρέμματα το 1991 και 0,43 εκατ. στρέμματα το 1999), με μια ετήσια παραγωγή 2,6 και 2,4 εκατ. τόνους, αντίστοιχα.

Σύμφωνα με τον FAO, οι ελληνικές μέσες αποδόσεις ζαχαρότευτλων ανέρχονται σε 6,250 κιλά/στρέμμα. Αξίζει να αναφερθεί ότι, αυτές οι αποδόσεις είναι μεταξύ των υψηλότερων στις ευρωπαϊκές χώρες.

Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής ζαχαρότευτλων στην Ελλάδα χρησιμοποιείται για ανθρώπινη κατανάλωση, καθώς και για ζωοτροφή.

Τα τελευταία χρόνια, τα ζαχαρότευτλα χρησιμοποιούνται και σαν πρώτη ύλη για παραγωγή βιοαιθανόλης. Η Γαλλία είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός βιοαιθανόλης από ζαχαρότευτλα στον κόσμο. Εκτιμάται ότι το 2003, το 80% (226.400 τόνοι) της παραγόμενης βιοαιθανόλης προήλθε από ζαχαρότευτλα, και το υπόλοιπο από άλλα δημητριακά φυτά.

Από 1 στρέμμα ζαχαρότευτλα παράγονται κατά μέσο όρο 600 λίτρα βιοαιθανόλης.

V. Αραβόσιτος

Η παγκόσμια παραγωγή αραβόσιτου έφθασε στους 604 εκατομμύρια τόνους το 2002, καλλιεργούμενη σε 1.383 εκατ. στρέμματα. Από αυτά, πάνω από 280 εκατ. στρέμματα καλλιεργήθηκαν στις Η.Π.Α. και 134 εκατ. στρέμματα στην Ευρώπη (2,2 εκατ. στρέμματα στην Ελλάδα).

Στην Ελλάδα, ο αραβόσιτος θεωρείται σημαντικό φυτό κι η καλλιέργεια του είναι εκτεταμένη σε όλη τη χώρα. Η συνολική καλλιεργούμενη έκταση παρέμεινε σχεδόν σταθερή την τελευταία δεκαετία (2,3 εκατ. στρέμματα το 1991 και 2,1 εκατ. στρέμματα το 1999), με ετήσια παραγωγή 2,3 και 2 εκατ. τόνους αντίστοιχα.

Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Σιτηρών Θεσσαλονίκης οι ελληνικές μέσες αποδόσεις αραβόσιτου κυμαίνονται από 600-1800 κιλά/στρέμμα. Οι αντίστοιχες αποδόσεις σε σπόρο (% του συνολικού βάρους του υπέργειου τμήματος του φυτού-Δείκτης συγκομιδής) κυμαίνονται από 35-50%.

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 δεκατέσσερα χρόνια έχει υπερτριπλασιαστεί κι από 8 εκατ. τόνους το 1989 έφτασε στους 28 εκατ. 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) στη χώρα, εξοικονομώντας έτσι 2 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως από την άποψη των εισαγωγών πετρελαίου. Τα συνολικά οφέλη για την γεωργική οικονομία είναι περίπου 4,5 δισεκατομμύρια δολάρια.

Υπολογίζεται ότι 2001, περίπου 12% της βενζίνης που διατέθηκε στις Η.Π.Α. περιείχε βιοαιθανόλη ως προσθετικό καυσίμου.

Από 1 στρέμμα αραβόσιτο παράγονται κατά μέσο όρο 270 λίτρα βιοαιθανόλης.

VI. Γλυκό και κυτταρινούχο σόργο

Το γλυκό σόργο είναι ένα 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.

Στην Ευρώπη, έχουν εξεταστεί πολλές ποικιλίες. Οι αποδόσεις τους ποικίλουν, ανάλογα με την περιοχή, τις κλιματικές συνθήκες, τη γονιμότητα του εδάφους και τις καλλιεργητικές τεχνικές, που εφαρμόζονται. Το σόργο καλλιεργήθηκε στην Ελλάδα, για σειρά ετών, με σκοπό τη μελέτη της παραγωγικότητας του σε διάφορους τύπους εδαφών (περιθωριακά και γόνιμα) καθώς και την επίδραση διαφόρων καλλιεργητικών τεχνικών στις τελικές αποδόσεις. Τα κύρια συμπεράσματα από την πολυετή έρευνα συνοψίζονται παρακάτω.

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.

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 περιεκτικότητα τους σε σάκχαρα, μπορεί να εξασφαλιστεί, θεωρητικά, μέση παραγωγή 675 λίτρων αιθανόλης/στρέμμα.

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

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση πραγματοποιούνται έρευνες με σκοπό τη διερεύνηση της δυνατότητας αξιοποίησης του γλυκού σόργου για την παραγωγή βιοαιθανόλης.

Το κυτταρινούχο σόργο είναι ετήσιο φυτό με υψηλές αποδόσεις σε βιομάζα. 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.

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 των στελεχών αποτελείται από λιγνοκυτταρινούχες ουσίες (2 τόνοι/στρέμμα). Στην Ελλάδα, οι αποδόσεις σε ξηρό βάρος φτάνουν τους 2,8 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.

Πιθανές χρήσεις: Διάφορα υβρίδια καλλιεργούνται στην Γαλλία, Ιταλία και Ελλάδα κάτω από διαφορετικές καλλιεργητικές τεχνικές, με σκοπό την αξιολόγηση της παραγωγικότητας και της πιθανότητας χρήσης τους, σαν πρώτη ύλη, για την παραγωγή χαρτοπολτού και για ενεργειακούς σκοπούς.

VII. Ευκάλυπτος

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.

Στη χώρα μας, βάσει της έρευνας προσαρμοστικότητας, που έχει προηγηθεί (Metro 1969, Πανέτσος 1975, Μαντζίρης 1980, Dalianis et al.,1996), φαίνεται ότι το καταλληλότερο είδος ευκαλύπτου, που πληρεί τις προδιαγραφές των ενεργειακών καλλιεργειών είναι ο *E. camaldulensis* (Ευκάλυπτος η ρυγχωτή), καθόσον παρουσιάζει:

- μεγαλύτερη ικανότητα προσαρμογής σε διάφορα μικροπεριβάλλοντα σε σχέση με τα άλλα είδη ευκαλύπτου
- ταχυαυξία
- εύκολη πρεμνοβλάστηση μετά από κοπή οποιαδήποτε εποχή του έτους, και
- μεγάλη παραγωγικότητα σε βιομάζα.

Και τα δύο είδη πάντως σε όξινα εδάφη επέδειξαν ευρωστία και υψηλή παραγωγικότητα, η δε ανάπτυξη τους συνεχίζονταν καθ' όλη την διάρκεια του έτους (Dalianis and Djouras, 1997).

Σε πειραματικές εφαρμογές αρδευόμενου *E. camaldulensis*, διαχειριζόμενου με διετή περίτροπο χρόνο, απέδωσε κατά μέσο όρο τριών διαδοχικών περιτρόπων 64 τόνους/στρέμμα/έτος και 28 τόνους/στρέμμα/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 1000 και 2000 φυτά ανά στρέμμα. Στο τέλος του τρίτου διετούς περιτρόπου χρόνου οι αποδόσεις σε ξηρά ουσία κατέγραψαν υψηλές τιμές 25 τόνων/στρέμμα/έτος.

Όσον αφορά στις επεμβάσεις του ευκαλύπτου σε ξηρή βιομάζα και την αντίστοιχη θερμογόνο δύναμη, το εκτιμώμενο ενεργειακό δυναμικό ανέρχεται σε 1,29 ΤΠΠ/στρέμμα/έτος.

VIII. Ψευδακακία

Η ψευδακακία είναι φυτό ψυχανθές, πολυετές, δενδρώδες, που χαρακτηρίζεται από ταχύτατη ανάπτυξη του υπέργειου μέρους, σημαντική παραγωγή βιομάζας και εξαιρετική αναβλάστηση μετά την κοπή. Το ενδιαφέρον για την ψευδακακία αυξάνει τόσο στην Ευρώπη, όσο και στη Ασία. Στη διάρκεια μιας 20ετίας, οι αναδασωμένες με ψευδακακία εκτάσεις, στις δυο αυτές περιοχές, αυξήθηκαν από 3.370.000 στρέμματα σε 18.900.000, χωρίς να περιλαμβάνεται η Κίνα (Keresztesi, 1990). Η ψευδακακία, εξ' αιτίας 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.

Στην Ελλάδα πραγματοποιήθηκαν πειράματα, των οποίων το αντικείμενο μελέτης ήτα 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 Κ.Α.Π.Ε. λήφθηκαν αποδόσεις ξηρής ουσίας κατά τον πρώτο χρόνο 0,5 και 0,8 τόνοι/στρέμμα/έτος σε άγονο και γόνιμο έδαφος αντίστοιχα. Στο 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 ανά έτος. Η πυκνότητα φύτευσης ήτα 1000 και 2000 φυτά/στρέμμα κατά την εγκατάσταση, ο δε περίτροπος χρόνος σε 2 έτη.

Το ενεργειακό δυναμικό της ψευδακακίας είναι τυπικό των πλατύφυλλων φυτών της εύκρατης ζώνης και κυμαίνεται, για το ξύλο της, γύρω στα 19,44 MJ/kg.

IX. Καλάμι

Το καλάμι ανήκει στα αγρωστώδη πολυετή φυτά με C₃ 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.

Από τη βιβλιογραφία αναφέρονται αποδόσεις 2-2,5 τόνων/στρέμμα ξηρού βάρους στη νότια Γαλλία (Toblez, 1940), ενώ στη νότια Ιταλία περίπου 3,5 τόνων/στρέμμα (Matzke, 1988).

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 3 τόνους ανά στρέμμα σε ξηρή ουσία (Christou, 1998, Christou, 2000 a,b).

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 της συγκομιδής για το καλάμι, είναι σε άμεση συνάρτηση με τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά κάθε περιοχής και εντοπίζεται στο διάστημα από Ιανουάριο έως και τις αρχές Μαρτίου.

Η θερμογόνος αξία του φυτού ανήλθε σε 18,6 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 καλαμιού μπορεί να φθάσει τους 1,29 ΤΠΠ/στρέμμα/έτος.

Από τις αναλύσεις του καυσίμου και κυρίως από τα επίπεδα του καλίου, νατρίου και χλωρίου, προέκυψε ότι οι ιδιότητες του προσομοιάζουν με εκείνες του άχυρου και επομένως οι τεχνολογίες θερμοχημικής μετατροπής του άχυρου είναι πλέον κατάλληλες για το φυτό αυτό.

X. Μίσχανθος

Ο μίσχανθος είναι ένα αγρωστώδες, πολυετές, ριζωματώδες φυτό με C₄ φωτοσυνθετικό κύκλο, που κατάγεται από τις χώρες της νότιο-ανατολικής Ασίας και καλλιεργείται στην Ευρώπη, εδώ και πολλά χρόνια, σαν καλλωπιστικό φυτό.

Χαρακτηρίζεται από σχετικά υψηλές αποδόσεις σε ξηρή και χλωρή ουσία, χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία και ανθεκτικότητα σε ασθένειες και παθογόνα. Επιπλέον, παρουσιάζει υψηλή αποτελεσματικότητα χρήσης νερού και νιτρικών.

Στη νότια Ευρώπη και ειδικότερα στην Ελλάδα, παρουσιάζει πολύ καλή προσαρμοστικότητα, σε αρδευόμενες εκτάσεις, έχει καλές αποδόσεις και η περιεκτικότητά του σε υγρασία είναι σχετικά χαμηλή.

Οι αποδόσεις του μίσχανθου διαφοροποιούνται ανάλογα με την περιοχή και τις κλιματικές συνθήκες. Μια 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 το ύψος της φυτείας μπορεί να φτάσει τα 3 μέτρα και η παραγωγή ξηρής ουσίας κυμαίνεται από 0,8 έως 3 τόνους/στρέμμα/έτος (Christou, 1998, Christou, 1999).

Η άρδευση αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την επίτευξη της μέγιστης παραγωγής. Η εφαρμογή αζωτούχου λιπάνσεως στην αρχή της καλλιεργητικής προόδου 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 εκμηδενίζονται.

Ευνοϊκή περίοδος, για τη συγκομιδή του μίσχανθου, θεωρείται το διάστημα από τέλη Νοεμβρίου έως και τέλη Φεβρουαρίου, όταν το φυτό ξεραίνεται με φυσικό τρόπο στον αγρό.

Σύμφωνα με αναλύσεις δειγμάτων μίσχανθου, τα στελέχη έχουν υψηλή θερμιδική αξία (μέση τιμή 17,3 MJ/kg ξηρού βάρους). Η περιεκτικότητά σε τέφρα των στελεχών (μέση τιμή 1,64% επί του ξηρού βάρους) είναι σχετικά χαμηλή, αυξάνοντας τη θερμιδική τους αξία. Τα φύλλα είναι κατώτερης ποιότητας καύσιμο λόγω της μεγαλύτερης περιεκτικότητάς τους σε τέφρα (μέση τιμή 7,66% επί του ξηρού βάρους).

Τα τελευταία χρόνια εξετάζεται η πιθανότητα χρησιμοποίησης του, ως ενεργειακή καλλιέργεια, αλλά και για την κατασκευή δομικών υλικών.

XI. Αγριαγκινάρα

Η αγριαγκινάρα είναι ένα πολυετές είδος αγκαθιού, που καλλιεργείται παραδοσιακά σε κάποιες περιοχές της μεσογειακής ζώνης. Όπως όλα τα είδη αγκαθιών, είναι πολύ καλά προσαρμοσμένη στο ξηρό κλίμα των μεσογειακών χωρών, επειδή δε είναι χειμερινό φυτό δίνει το μέγιστο των αποδόσεων, ακόμα και χωρίς άρδευση, εκμεταλλευόμενη τις βροχοπτώσεις του φθινοπώρου και του χειμώνα. Επιπλέον, λόγω του εύρωστου ριζικού συστήματος που διαθέτει, προστατεύει από τη διάβρωση τα επικλινή και άγονα εδάφη.

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 διεξάχθηκαν στην Ελλάδα, το τελικό ύψος του φυτού έφθασε τα 2,6 μέτρα (Dalianis, 1996). Η παραγωγή ξηράς ουσίας, ανάλογα με την πυκνότητα φύτευσης επί των γραμμών, κυμάνθηκε από 1,7 έως 3,3 τόνους/στρέμμα, ενώ με αντίστοιχα πειράματα στην Ισπανία, οι αποδόσεις κυμάνθηκαν από 0,4 έως 1,5 τόνους/στρέμμα.

Η ζιζανιοκτονία είναι απαραίτητη μόνο κατά το έτος εγκατάστασης της φυτείας. Στη 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 έως και τις αρχές Σεπτεμβρίου, ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες.

Η θερμογόνο δύναμη, για τα διάφορα μέρη του φυτού, κυμαίνεται από 14,53 MJ/kg ξηρού βάρους, για τα φύλλα και τα βράκτια φύλλα και σε 24,73 MJ/kg ξηρού βάρους για τους σπόρους. Αυτό συμβαίνει λόγω της υψηλής περιεκτικότητας των σπόρων σε έλαια. Τα φύλλα παρουσιάζουν μεγάλη περιεκτικότητα σε τέφρα, περίπου 14%. Στα υπόλοιπα φυτικά μέρη, το ποσοστό της τέφρας κυμαίνεται από 3,3% ως 5,3%. Με βάση τη θερμογόνο δύναμη των διαφόρων φυτικών τμημάτων και τις αντίστοιχες αποδόσεις σε ξηρή βιομάζα το ενεργειακό δυναμικό της καλλιέργειας, ανάλογα με τις καλλιεργητικές τεχνικές, ποικίλει από 0,6 ως 1,2 TΠΠ/στρέμμα/έτος.

Πιθανές χρήσεις: Παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και βιοελαίου.

XII. Switchgrass

Είναι ένα πολυετές, αγρωστώδες φυτό με C₄ φωτοσυνθετικό κύκλο. Συναντάται κυρίως στη βόρειο και κεντρική Αμερική αλλά επίσης έχει βρεθεί στη νότιο Αμερική και την Αφρική. Η καλλιέργεια του παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα αφού μπορούν να παραχθούν σημαντικές ποσότητες βιομάζας ακόμη και σε συνθήκες μειωμένων εισροών (λίπανση, ζιζανιοκτονία). Οι αρδευτικές ανάγκες του φυτού είναι χαμηλές αφού χαρακτηρίζεται από αποδοτική χρήση του νερού. Πειράματα που έχουν εκτελεστεί έδειξαν ότι αρδεύσεις συνολικού ύψους 400mm είναι αρκετές για ικανοποιητική παραγωγή (Elbersen, 2000a, b).

Η λίπανση μπορεί να έχει σημαντική επίπτωση στην παραγωγή αφού η απόδοση καλλιεργειών που δε δέχθηκαν αζωτούχο λίπανση κυμάνθηκε περί τους 1,4 τόνους ξηρής βιομάζας το στρέμμα ενώ την ίδια περίοδο οι στρεμματικές αποδόσεις καλλιεργείας που εφαρμόστηκε λίπανση 4 και 12 kg αζώτου το στρέμμα ήταν 2,1 και 2,5 τόνοι ξηρής βιομάζας, αντίστοιχα. Τέλος η άρδευση κατά την περίοδο Μαΐου-Ιουλίου (έναρξη άνθησης) φαίνεται να έχει ένα σημαντικό ρόλο στις αποδόσεις του φυτού. Στην περιοχή της κεντρικής Ελλάδας όπου οι βροχοπτώσεις είναι σπάνιες αυτή την περίοδο, οι αποδόσεις κυμάνθηκαν από 1,7 τόνους ξηρής βιομάζας για τα μη αρδευόμενα φυτά έως τους 2,1 τόνους για την αρδευόμενη καλλιέργεια.

Πιθανές χρήσεις: Παραγωγή υγρών ή στερεών βιοκαυσίμων ή βιομηχανικές πρώτες ύλες.

Κεφάλαιο 3. Το βιοντίζελ

Βιοντίζελ ονομάζουμε εκείνο το βιοκαύσιμο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί του ντίζελ (ή ακόμα να χρησιμοποιηθεί και σε ανάμειξη με αυτό) για την κίνηση οχημάτων. Πηγή της παραγωγής του είναι φυτικά ή ζωικά έλαια και λίπη και είναι δυνατή η χρησιμοποίησή του σε μηχανές ντίζελ χωρίς να χρειαστεί να πραγματοποιήσουμε κάποιες (σημαντικές) τροποποιήσεις.

Τα πιο κοινά έλαια που χρησιμοποιούνται είναι το ηλιέλαιο, το κραμβέλαιο (από την ελαιοκράμβη), το σογιέλαιο και το βαμβακέλαιο. Η επιλογή των πρώτων υλών εξαρτάται κυρίως από τις αγροτικές καλλιέργειες κάθε χώρας.

Σαν ιδέα το βιοντίζελ δεν αποτελεί καινοτομία αφού και η πρώτη μηχανή ντίζελ, που παρουσιάστηκε πριν από 100 χρόνια, χρησιμοποιούσε φυσικέλαιο για να λειτουργήσει. Η πτώση της τιμής του πετρελαίου κατέστησε το ορυκτό ντίζελ ως το κύριο καύσιμο στις μηχανές συμπίεσης - ανάφλεξης μέχρι και πρόσφατα οπότε η αναζήτηση καυσίμων φιλικότερων προς το περιβάλλον αλλά και η κατακόρυφη αύξηση της τιμής του πετρελαίου ευνόησε την «ανακάλυψη» εκ νέου των βιοκαυσίμων φυτικής προελεύσεως.

Το βιοντίζελ δεν περιέχει κανένα κλάσμα πετρελαίου, αλλά μπορεί να συνδυαστεί σε οποιαδήποτε αναλογία με το συμβατικό ντίζελ κίνησης και να δημιουργήσει έτσι ένα μείγμα βιοντίζελ/ντίζελ. Το μείγμα αυτό ονομάζεται Bxx, όπου xx είναι το ποσοστό επί τοις εκατό (%) του βιοντίζελ μέσα στο μείγμα. Έτσι B20 είναι το μείγμα βιοντίζελ/ντίζελ που περιέχει 20% βιοντίζελ και 80% ντίζελ, ενώ το B100 αναφέρεται στο καθαρό (100%) βιοντίζελ. Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι το βιοντίζελ παρουσιάζει παρόμοιες ιδιότητες με το συμβατικό ντίζελ (όπως προκύπτει και από τον πίνακα 4) και έτσι η ανάμειξή τους και η χρήση του μείγματος που προκύπτει για την κίνηση οχημάτων δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα προβλήματα. Το μείγμα ντίζελ/βιοντίζελ μπορεί να χρησιμοποιηθεί από μηχανές συμπίεσης - ανάφλεξης (ντίζελ) χωρίς την πραγματοποίηση σημαντικών ή και καθόλου τροποποιήσεων.

Πίνακας 4: Ιδιότητες Βιοντίζελ – Ντίζελ

Ιδιότητες	Βιοντίζελ	Συμβατικό Ντίζελ
Κατώτερη Θερμογόνος Δύναμη (kcal/kg)	9040	10200
Σημείο Ανάφλεξης (°C)	91 – 135	77
Πυκνότητα (kg/l) στους 15 °C	0,88	0,84
Μοριακό Βάρος (kg/kmol)	296	170 – 200
Αριθμός Κετανίων	54	50
Περιεκτικότητα O ₂ (κ.β. %)	9,2 – 11,0	0- 0,6

3.1 Η ιστορία του βιοντίζελ

Όταν ο Rudolf Diesel παρουσίασε τη μηχανή Diesel για πρώτη φορά το 1900 στη Διεθνή Έκθεση στο Παρίσι, η μηχανή λειτουργούσε με καθαρό φυσικέλαιο. Αλλά και ο Henry Ford ανέμενε το περίφημο του Μοντέλο T που κατασκευάστηκε το 1908 να χρησιμοποιεί ως καύσιμο την βιοαιθανόλη (από καλαμπόκι). Μάλιστα ο Ford ήταν τόσο πολύ πεπεισμένος ότι τα βιοκαύσιμα ήταν το κλειδί της επιτυχίας του Μοντέλου T ώστε έφτιαξε ένα εργοστάσιο παραγωγής βιοαιθανόλης και ξεκίνησε τη συνεργασία του με την πετρελαϊκή εταιρία Standard Oil ώστε να εμπορεύεται τη βιοαιθανόλη μέσω του δικού της δικτύου διάθεσης. Τη δεκαετία μάλιστα του '20, το 25% των πωλήσεων της Standard Oil προέρχονταν από τη διάθεση βιοαιθανόλης μέσω περισσότερων των 2.000 πρατηρίων καυσίμων στις μεσοδυτικές Πολιτείες των Η.Π.Α. Στη συνέχεια η βαθμιαία μείωση της τιμής του πετρελαίου, περιόρισε σημαντικά τη χρήση των βιοκαυσίμων και μέχρι το 1940 η χρήση τους είχε περιοριστεί σημαντικά.

Η κατακόρυφη αύξηση των τιμών του πετρελαίου στο τέλος της δεκαετίας του 1970, αλλά και η αναζήτηση καυσίμων, φιλικών προς το περιβάλλον, οδήγησε στη χρηματοδότηση ερευνητικών προγραμμάτων για τη δημιουργία εναλλακτικών καυσίμων από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Στις αρχές της δεκαετίας του '80 η παραγωγή του βιοντίζελ ξεκίνησε σε μικρή κλίμακα από αγροτικούς συνεταιρισμούς στην Αυστρία, ενώ το 1991 ιδρύθηκε στην ίδια χώρα και το πρώτο σύγχρονο εργοστάσιο παραγωγής βιοντίζελ δυναμικότητας 10.000 τόνων ανά έτος (www.ybiofuels.org/bio_fuels/history_biofuels.html).

Την επόμενη χρονιά ιδρύθηκε στη Γαλλία μία μονάδα παραγωγής βιοντίζελ δυναμικότητας 150.000 τόνων/έτος, ενώ το 1995 ξεκίνησε η παραγωγή βιοντίζελ στη Γερμανία. Και άλλες μονάδες παραγωγής βιοντίζελ ιδρύθηκαν έκτοτε στην Ευρώπη και ειδικότερα σε χώρες όπως Τσεχία, Γαλλία, Γερμανία και Σουηδία. Τα νέα εργοστάσια που δημιουργούνται πλέον έχουν μία δυναμικότητα της τάξεως των 250-500.000 τόνων/έτος, προκειμένου να επιτευχθούν σημαντικές οικονομίες κλίμακας, ενώ και η χρήση του βιοντίζελ εξαπλώνεται διαρκώς. Στη Γαλλία μάλιστα όπου το βιοντίζελ διατίθεται ως B5 οι δύο εγχώριες αυτοκινητοβιομηχανίες Peugeot και Renault έχουν επεκτείνει ρητώς τη εγγύηση καλής λειτουργίας των αυτοκινήτων τους και για τη χρήση βιοντίζελ σε μείγμα μέχρι και του ποσοστού 30% (B30).

3.2 Παραγωγή του βιοντίζελ

Η διαδικασία παραγωγής βιοντίζελ προβλέπει την αντίδραση φυτικών ή ζωικών ελαίων και λιπών με μεθανόλη από την οποία θα προκύψει το βιοντίζελ (μεθυλεστέρας) και η γλυκερίνη. Μέσω της κατάλληλης διεργασίας γίνεται εφικτός ο διαχωρισμός των δύο και η αξιοποίηση του βιοντίζελ ως καυσίμου. Η αμφίδρομη αυτή αντίδραση ονομάζεται μετεστεροποίηση και πραγματοποιείται παρουσία καταλύτη που συνήθως είναι το καυστικό νάτριο.

Τα υπόλοιπα παραπροϊόντα της παραγωγικής διαδικασίας του βιοντίζελ έχουν ποικίλες χρήσεις. Η μεν γλυκερίνη έχει κυριολεκτικά εκατοντάδες εφαρμογές (στη φαρμακευτική, στη μαγειρική, στα καλλυντικά κλπ.), η δε πίτα (υπολείμματα της έκθλιψης των σπόρων απ' όπου προέκυψε η πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ) μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως ζωοτροφή είτε για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω καύσης.

Η παραγωγή του λαδιού, που είναι η κύρια πρώτη ύλη για την παραγωγή του βιοντίζελ, γίνεται μέσω των ενεργειακών καλλιεργειών, το τελικό προϊόν των οποίων προορίζεται για την παραγωγή ενέργειας και βιοκαυσίμων. Τα δύο φυτά που χρησιμοποιούνται περισσότερο για την παραγωγή βιοντίζελ είναι η ελαιοκράμβη από την οποία προέρχεται το 80% της Ευρωπαϊκής παραγωγής βιοντίζελ και ο ηλίανθος. Η μέση απόδοση των δύο φυτών σε βιοντίζελ είναι 92 και 79 λίτρα ανά στρέμμα αντίστοιχα.

3.3 Διαδικασία παραγωγής του βιοντίζελ

Η διαδικασία παραγωγής βιοντίζελ είναι απλή και βασίζεται στη μετατροπή των λιπών και ελαίων (φυτικών ή ζωικών) σε βιοντίζελ μέσω της προσθήκης μεθανόλης σύμφωνα με την αντίδραση μετεστεροποίησης. Συνοπτικά τα βήματα που ακολουθούνται είναι τα εξής (Derby, Halle, 2005):

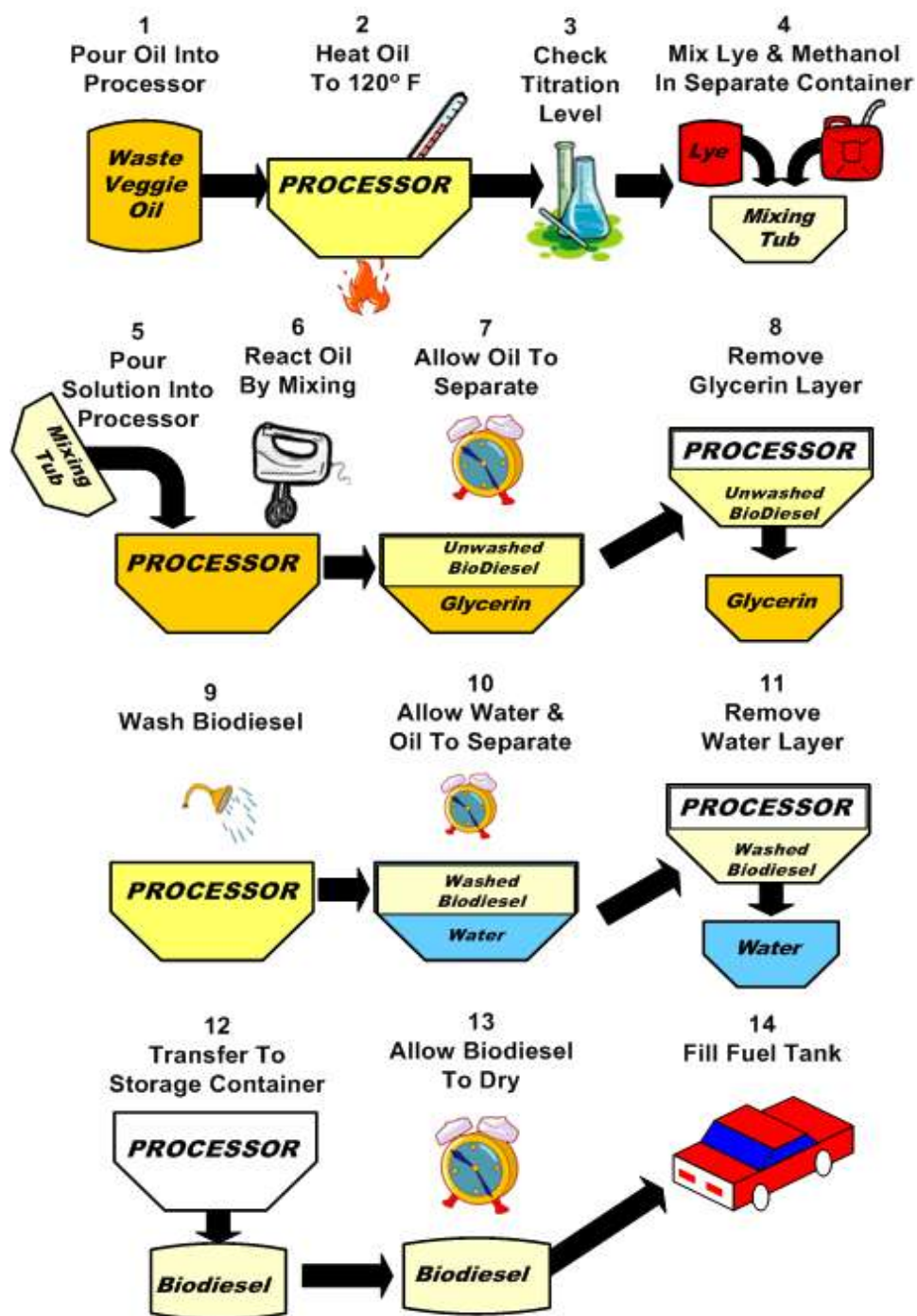
1. Οι πρώτες ύλες λίπη/έλαια και μεθανόλη ξηραίνονται προκειμένου να αποφευχθεί ο σχηματισμός σαπώνων κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας.
2. Η μεθανόλη αναμειγνύεται στις κατάλληλες αναλογίες με τον καταλύτη της αντίδρασης μετεστεροποίησης ο οποίος συνήθως είναι το καυστικό νάτριο (NaOH).
3. Στη συνέχεια οι πρώτες ύλες διοχετεύονται σε αντιδραστήρες όπου μέσω αναδευτήρων γίνεται ανάμειξη της μεθανόλης και των ελαίων/λιπών διευκολύνοντας την αντίδραση μεταξύ τους.
4. Για την επιτάχυνση της αντίδρασης το μείγμα συνήθως θερμαίνεται στους 70 °C (λίγο πάνω από το σημείο βρασμού της μεθανόλης), ενώ και η μεθανόλη στο μείγμα βρίσκεται σε περίσσεια.
5. Μετά την πάροδο ενός εύλογου χρονικού διαστήματος (από 1 έως 8 ώρες ανάλογα με τις συνθήκες κάτω από τις οποίες εξελίσσεται η αντίδραση μετεστεροποίησης), το αρχικό μείγμα λιπών/ελαίων-μεθανόλης, έχει μετατραπεί σε μείγμα βιοντίζελ-γλυκερίνης.
6. Για να επιτραπεί ο διαχωρισμός του βιοντίζελ και της γλυκερίνης το μείγμα μεταγγίζεται σε ένα δοχείο διαχωρισμού στο οποίο παραμένει σε ηρεμία, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός των δύο λόγω διαφοράς πυκνότητας. Το βιοντίζελ ως ελαφρύτερο σχηματίζει ένα στρώμα στην επιφάνεια, ενώ η γλυκερίνη ως βαρύτερη σχηματίζει ένα στρώμα προς τον πυθμένα. Τα στρώματα απομακρύνονται ακολούθως είτε με άντληση είτε με απόσταξη.
7. Και στα δύο στρώματα εξακολουθούν να παραμένουν κάποιες ποσότητες μεθανόλης που δεν αντέδρασε (η οποία ούτως ή άλλως βρισκόταν σε περίσσεια στο αρχικό μείγμα) αυτή μέσω απόσταξης ανακτάται και επαναχρησιμοποιείται.
8. Στη συνέχεια προκειμένου να γίνει καθαρισμός του βιοντίζελ από σωματίδια (σάπωνες, ελεύθερα λιπαρά οξέα κλπ) που έχουν ενδεχομένως σχηματιστεί πραγματοποιείται πλύση με νερό είτε με ανάμειξη και διαβίβαση φυσαλίδων αέρα, είτε με εκνέφωση νερού (mist) πάνω στην επιφάνεια του βιοντίζελ. Το

νερό, το οποίο διαπερνά το βιοντίζελ, εγκλωβίζει τα σωματίδια και σχηματίζει ένα στρώμα προς τον πυθμένα το οποίο στη συνέχεια απομακρύνεται με άντληση. Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας το βιοντίζελ είναι έτοιμο για χρήση.

9. Το διαχωριζόμενο στρώμα γλυκερίνης περιέχει και αυτό προσμείξεις, όπως ελεύθερα λιπαρά οξέα, ποσότητα μεθανόλης που δεν αντέδρασε, σάπωνες, παρασυρόμενο καταλύτη κλπ. Μάλιστα εάν η περιεκτικότητα του μείγματος σε σάπωνες είναι υψηλή, τότε προκειμένου η προκύπτουσα γλυκερίνη να είναι αξιοποιήσιμη απαιτείται να γίνει ρύθμιση του pH της με την προσθήκη ενός οξέος, συνήθως HCl. Πριν και μετά τη ρύθμιση του pH πραγματοποιείται απόσταξη της γλυκερίνης για την ανάκτηση της μεθανόλης (όπως και στο βιοντίζελ) και στη συνέχεια καθίζηση για την απομάκρυνση των λιπαρών οξέων. Οι σάπωνες παραμένουν συνήθως στη μάζα της γλυκερίνης. Εάν ωστόσο η παραγωγική διαδικασία περιλαμβάνει και στάδιο ανάκτησής τους, τότε αυτοί μπορούν να διατεθούν ως πρώτη ύλη σε σαπωνοποιίες. Σε πιο εξεζητημένες παραγωγικές διαδικασίες είναι δυνατόν η προκύπτουσα γλυκερίνη να είναι καθαρή σε ποσοστό 99% και να διατίθεται προς χρήση σε φαρμακευτικές ή καλλυντικές χρήσεις.

Τα τελευταία χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες για την παραγωγή βιοντίζελ 2ης γενιάς, το λεγόμενο και Fischer-Tropsch (FT) ντίζελ. Το FT ντίζελ παράγεται μέσω της αεριοποίησης (εξαέρωσης) βιομάζας (λιγνοκυτταρικού υλικού π.χ. τρίμματα ξύλου) και της παραγωγής αερίου σύνθεσης (syn-gas: CO+H₂). Μέσω της αντίδρασης Fischer-Tropsch το αέριο σύνθεσης (syn-gas) υγροποιείται παράγοντας FT-κηρού καθώς το CO και το H₂ αντιδρούν σχηματίζοντας υδρογονάνθρακες. Στη συνέχεια μέσω υδρογονοπυρόλυσης ή καταλυτικής πυρόλυσης παράγεται το FT-ντίζελ. Η εμπορική χρήση του FT-ντίζελ (γνωστού και ως Green Diesel) δεν προβλέπεται για αρκετά χρόνια ακόμα.

Στο παρακάτω σχήμα 9 παρουσιάζεται σχηματικά η διαδικασία παραγωγής γλυκερίνης όπως και αυτή του βιοντίζελ.



Σχήμα 9: Διαδικασία παραγωγής βιοντίζελ (πηγή: <http://www.mechanicadvisor.com>).

3.4 Η Χημεία της παραγωγής του βιοντίζελ

Όπως αναφέραμε παραπάνω, το βιοντίζελ παράγεται μέσω της αντίδρασης της μετεστεροποίησης που ως γενικός όρος στη χημεία χρησιμοποιείται για να περιγράψει την κατηγορία των οργανικών αντιδράσεων, όπου ένας εστέρας μετασχηματίζεται σε έναν άλλον μέσω της ανταλλαγής ομάδας αλκοξυλίου.

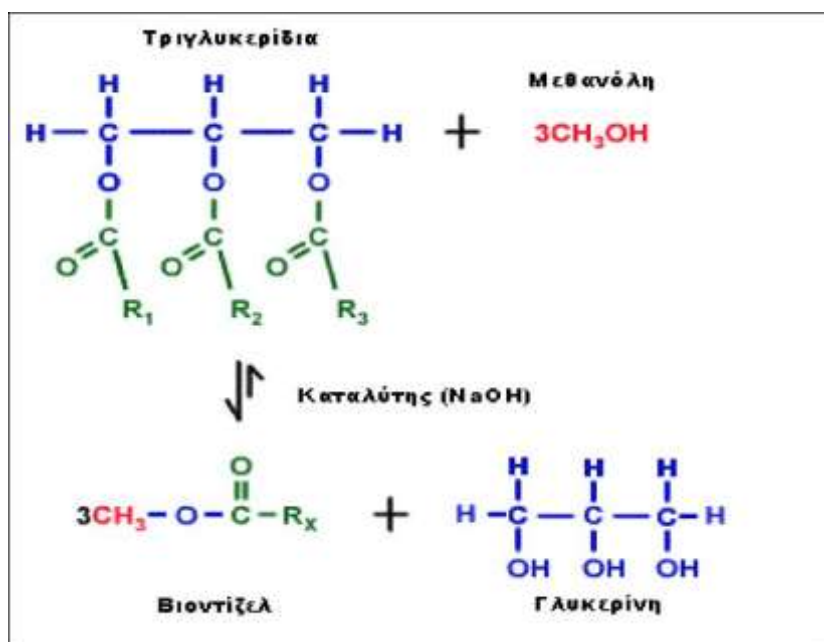
Στην παραγωγή βιοντίζελ η μέθοδος εφαρμόζεται για τη μετατροπή των τριγλυκεριδίων (που μπορεί να είναι λίπη και έλαια φυτικά ή ζωικά) σε βιοντίζελ. Η διαδικασία είναι σχετικά απλή και περιγράφεται σχηματικά στο σχήμα 10, ενώ λαμβάνει χώρα στα ακόλουθα στάδια (Derby, Halle, 2005):

1ο Στάδιο: Τα τριγλυκερίδια που είναι ουσιαστικά 3 μακριές αλυσίδες λιπαρών οξέων (που στο διάγραμμα συμβολίζονται με πράσινο χρώμα) οι οποίες είναι ενωμένες με ένα μόριο γλυκερίνης (με το μπλε χρώμα) αντιδρούν με τη μεθανόλη (κόκκινο χρώμα) παρουσία ενός καταλύτη.

2ο Στάδιο: Η αντίδραση αυτή θα οδηγήσει στη διάσπαση του δεσμού του εστέρα (λιπαρά οξέα) με τη γλυκερίνη και την ένωση με το μεθύλιο (CH₃) για τη δημιουργία του μεθυλεστέρα (βιοντίζελ) και της γλυκερίνης.

3ο Στάδιο: Ως καταλύτης της αντίδρασης χρησιμοποιείται το Καυστικό Νάτριο (NaOH) το οποίο βοηθάει στην αποκόλληση του εστέρα από τη γλυκερίνη.

4ο Στάδιο: Επειδή η όλη αντίδραση (μετεστεροποίηση) είναι αμφίδρομη βάζουμε περίσσεια μεθανόλης για να υποχρεώσουμε την αντίδραση να πάει προς τα «δεξιά».



Σχήμα 10: Αντίδραση παραγωγής βιοντίζελ (μετεστεροποίηση).

3.5 Παραπροϊόντα της παραγωγής βιοντίζελ

Το κυριότερο παραπροϊόν της παραγωγής βιοντίζελ είναι η γλυκερίνη. Πρόκειται για ένα υλικό το οποίο έχει πάρα πολλές χρήσεις όπως στη γενικότερη παρασκευή καλλυντικών και ειδών ατομικής υγιεινής (40%), στη μαγειρική (24%), στον καπνό (11%) αλλά και σε άλλες λιγότερο διαδεδομένες εφαρμογές όπως στην παραγωγή νιτρογλυκερίνης (εκρηκτικού), στην παρασκευή μελανιού και χαρτιού κλπ. Καθοριστικός παράγοντας για το είδος της χρήση της γλυκερίνης είναι η καθαρότητά της, αλλά και η ευκολία με την οποία αυτή μπορεί να εξευγενιστεί.

Οι τιμές της γλυκερίνης έχουν διαφοροποιηθεί σημαντικά μέσα στα τελευταία 10-15 χρόνια, επηρεαζόμενες τόσο από την αύξηση της προσφοράς (μέσα της αύξησης της παραγωγής του βιοντίζελ), όσο και από την αύξηση της ζήτησης μέσω της ανάπτυξης νέων πεδίων εφαρμογών. Εκτιμάται ότι η τιμή της γλυκερίνης (καθαρότητας 80%) τα επόμενα 1-2 χρόνια θα κυμαίνεται περί τα 100-150€/t. Αυτή όμως είναι μία αρκετά θεωρητική τιμή η οποία δεν ισχύει για την Ελλάδα καθότι δεν υπάρχουν στη χώρα μας εκείνες οι βιομηχανίες (π.χ. τροφίμων, φαρμάκων κλπ.) οι οποίες θα μπορούσαν να απορροφήσουν την ποσότητα της παραγόμενης γλυκερίνης, ενώ εξαγωγές εκτός Ελλάδας δεν είναι πιθανές δεδομένου του υψηλού κόστους μεταφοράς.

Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι η φυτικά προερχόμενη γλυκερίνη έχει αρκετές περισσότερες εφαρμογές σε σχέση με τη γλυκερίνη που προκύπτει από την επεξεργασία ζωικού λίπους, δεδομένου ότι αρκετοί καταναλωτές (ιδιαίτερα όσοι είναι εβραϊκής καταγωγής) προτιμούν για θρησκευτικούς λόγους τη φυτική γλυκερίνη (τύπου Kosher), ιδιαίτερα όταν αυτή καταναλώνεται σε φαγητά ή χρησιμοποιείται για την παραγωγή φαρμάκων ή καλλυντικών. Εναλλακτικές εφαρμογές της γλυκερίνης είναι η χρήση είτε ως καύσιμο, είτε ως συμπληρωματικό ζωοτροφών.

Ένα άλλο παραπροϊόν της παραγωγής βιοντίζελ είναι και η λεγόμενη «πίτα», η οποία χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή και η οποία αποτελεί παραπροϊόν της έκθλιψης σπόρων προκειμένου να παραληφθεί λάδι. Η τιμή της πίτας έχει διαμορφωθεί διεθνώς γύρω στα 80€-120€/t, ανάλογα και με την πρώτη ύλη από την οποία προέρχεται (που διαφοροποιεί σημαντικά και τη θερμοδική της αξία) αλλά και το ισοζύγιο προσφοράς/ζήτησης που προκύπτει. Εκτιμάται ότι στην Ελλάδα η ντόπια κτηνοτροφία μπορεί να απορροφήσει μόνο περιορισμένες ποσότητες πίτας, ενώ έχει διαπιστωθεί ότι η πίτα από ελαιοκράμβη δεν είναι ιδιαίτερα αρεστή από τα ζώα,

οπότε η χρήση της προβλέπεται να μην είναι αυτούσια αλλά ως συμπλήρωμα άλλων ζωοτροφών.

Ότι περισσεύει από τις πρώτες ύλες π.χ. τα φύλλα και τα στελέχη της ελαιοκράμβης ή/και πίτα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της καύσης τους. Αν και μία τέτοια χρήση δε φαίνεται να είναι πολύ διαδεδομένη σήμερα, εντούτοις ενδέχεται να αποδειχθεί πιο δημοφιλής στο μέλλον καθώς θα παραστεί ανάγκη για αύξηση του ποσοστού της παραγόμενης ενέργειας που προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές. Σε αυτές τις περιπτώσεις η προς καύση βιομάζα θα μπορούσε να πουληθεί έως και 50 €/t.

3.6 Πλεονεκτήματα χρήσης του βιοντίζελ

Οι περισσότερες εκπομπές ρύπων μειώνονται από τη χρήση βιοντίζελ σε σύγκριση με το συμβατικό ντίζελ. Πιο συγκεκριμένα σε σύγκριση με το ορυκτό ντίζελ το βιοντίζελ (B 100) έχει μειωμένες τις εκπομπές CO₂ κατά 80% και μάλιστα εκτιμάται ότι ακόμα και αυτές οι περιορισμένες εκπομπές CO₂ δεν συνεισφέρουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου αφού το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται κατά την καύση των φυτών είναι εκείνο το διοξείδιο του άνθρακα που δέσμευσαν τα φυτά από την τροπόσφαιρα κατά τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, και το οποίο θα ξαναδεσμευθεί από την επόμενη σοδιά των ενεργειακών καλλιεργειών. Ταυτόχρονα λόγω απουσίας θείου από το βιοντίζελ οι εκπομπές SO₂ (που είναι υψηλές στην περίπτωση του συμβατικού ντίζελ) ουσιαστικά εξαλείφονται. Επίσης λόγω της υψηλής παρουσίας οξυγόνου στο βιοντίζελ (11% κατά βάρος), η καύση διευκολύνεται και έτσι περιορίζονται σημαντικά οι εκπομπές λόγω ατελούς καύσης. Έτσι παρατηρούνται σημαντικά μικρότερες εκπομπές ρύπων π.χ. PM_x κατά 48%, CO κατά 47% και άκαυστων HC κατά 67% (www.epa.gov).

Στα πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα του βιοντίζελ είναι το θετικό του ενεργειακό ισοζύγιο, δηλαδή η ποσότητα της ενέργειας η οποία απαιτείται προκειμένου να παραχθεί μία μονάδα ενέργειας βιοντίζελ. Έτσι, μία συγκεκριμένη ποσότητα βιοντίζελ θα μας δώσει περίπου 3,2 φορές περισσότερη ενέργεια από εκείνη που χρειάστηκε για να παραχθεί το ντίζελ. Για τον υπολογισμό του ενεργειακού ισοζυγίου του βιοντίζελ έχουν συνυπολογιστεί οι καταναλώσεις ενέργειας σε όλα τα στάδια παραγωγής του, από την ενέργεια που καταναλώνεται για την καλλιέργεια και συγκομιδή των ενεργειακών φυτών μέχρι την ενέργεια που απαιτείται για το

μετασχηματισμό των φυτικών ελαίων σε βιοκαύσιμο. Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι το βιοντίζελ παρουσιάζει το μεγαλύτερο θετικό ενεργειακό ισοζύγιο από όλα τα μέχρι σήμερα γνωστά ανανεώσιμα καύσιμα κίνησης. Αν μάλιστα αντί για φυτικά έλαια χρησιμοποιηθούν χρησιμοποιημένα λάδια (τηγανέλαια), το ενεργειακό ισοζύγιο γίνεται ακόμα και πιο θετικό και από το 3,2:1 αυξάνει στο 6,0:1.

Από την άλλη μεριά, το συμβατικό ντίζελ έχει ενεργειακό ισοζύγιο 10-20:1 (το πετρέλαιο από τη Μέση Ανατολή είναι «ελαφρύτερο» και χρειάζεται λιγότερη επεξεργασία απ' ό,τι το πετρέλαιο από τις ΗΠΑ), αλλά προφανώς δεν είναι μία Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας. Ταυτόχρονα στον υπολογισμό αυτό δεν έχουν ληφθεί υπόψη τα externalities του καυσίμου (π.χ. επιπτώσεις στην υγεία από την καύση πετρελαιοειδών, κόστος για τη διασφάλιση φθηνού πετρελαίου από τη Μέση Ανατολή, κλπ.).

Ταυτόχρονα, το βιοντίζελ βιοαποικοδομείται τέσσερις φορές ταχύτερα από ότι το συμβατικό ντίζελ, έχοντας ρυθμό βιοαποικοδόμησης ίδιο με εκείνον της ζάχαρης. Ακόμα, το βιοντίζελ είναι ουσιαστικά μη τοξικό, ενώ δεν προκαλεί ερεθισμούς στο δέρμα. Επίσης στη διαχείριση του ως καυσίμου το βιοντίζελ είναι αρκετά πιο ασφαλές από το συμβατικό ντίζελ, με το σημείο ανάφλεξης του βιοντίζελ να είναι στους 120 °C ενώ του ντίζελ στους 77 °C. Επιπλέον, το βιοντίζελ διαθέτει εξαιρετικές λιπαντικές ιδιότητες, ιδιαίτερα σε σύγκριση με το ντίζελ που χρησιμοποιείται σήμερα το οποίο περιέχει περιορισμένη ποσότητα θείου σε σχέση με το παρελθόν. Ακόμη και η προσθήκη μικρής ποσότητας βιοντίζελ σε συμβατικό ντίζελ αυξάνει σημαντικά τη λίπανση της αντλίας καυσίμου του ντίζελοκινητήρα, επιμηκώνοντας σημαντικά την ωφέλιμη ζωή της. Μάλιστα ένα μείγμα B1 (μόνο με 1% βιοντίζελ) θα αυξήσει την λίπανση του κινητήρα κατά 65% σε σύγκριση με την αντίστοιχη ποσότητα συμβατικού ντίζελ.

Το βιοντίζελ έχει επίσης μεγαλύτερο αριθμό κετανίου σε σχέση με το συμβατικό ντίζελ, ο οποίος βέβαια διαφέρει ανάλογα με τα φυτικά έλαια που χρησιμοποιήθηκαν. Ο αριθμός κετανίων για το ντίζελ είναι ότι ο αριθμός οκτανίων για τη βενζίνη και αποτελεί ουσιαστικά μία ένδειξη το πόσο εύκολα αναφλέγεται το καύσιμο όταν βρίσκεται υπό συμπίεση. Επίσης, ένα από τα πλεονεκτήματα του βιοντίζελ είναι ότι μπορεί να παραχθεί από εγχώριες πρώτες (φυτικές) ύλες, μειώνοντας την εξάρτηση μίας χώρας από την εισαγωγή πετρελαίου από το εξωτερικό και την εκροή συναλλάγματος που κάτι τέτοιο συνεπάγεται, ενώ ταυτόχρονα δίνεται η δυνατότητα

για την ενίσχυση της εγχώριας γεωργίας μέσω των ενεργειακών καλλιεργειών (Derby, Halle, 2005).

3.7 Μειονεκτήματα χρήσης του βιοντίζελ

Ένα ίσως από τα πιο σημαντικά μειονεκτήματα του βιοντίζελ είναι το υψηλό κόστος παραγωγής, τουλάχιστον αυτή τη στιγμή. Οι περισσότερες εκτιμήσεις τοποθετούν το κόστος παραγωγής ενός λίτρου βιοντίζελ περίπου στα 60 λεπτά (πριν από φόρους). Σύμφωνα με υπολογισμούς της Ευρωπαϊκής Επιτροπής εκτιμάται ότι για μία τιμή του πετρελαίου στα 60+ δολάρια το βαρέλι, η τελική τιμή του βιοντίζελ μπορεί να είναι ανταγωνίσιμη εκείνης του συμβατικού ντίζελ. Η μεγάλη περιεκτικότητα του βιοντίζελ σε οξυγόνο (11% κατά βάρος) η οποία οδηγεί και σε πιο πλήρη καύση του καυσίμου και σε σημαντική μείωση των εκπομπών βλαβερών ρύπων έχει όμως μία αρνητική παρενέργεια.

Έχει παρατηρηθεί ότι η χρήση βιοντίζελ (B 100) προκαλεί αύξηση των εκπομπών NOx κατά περίπου 10% σε σύγκριση με τη χρήση του συμβατικού ντίζελ. Εντούτοις, η χρήση κάποιου καταλύτη στη μηχανή Diesel θα μπορούσε να περιορίσει τις εκπομπές NOx.

Επίσης, το ενεργειακό περιεχόμενο (energy content) του βιοντίζελ είναι χαμηλότερο κατά 8 % περίπου σε σύγκριση με εκείνο του συμβατικού ντίζελ. Έτσι ένα λίτρο βιοντίζελ μας δίνει 31.217 BTUs περίπου ανά λίτρο, ενώ η αντίστοιχη ποσότητα συμβατικού ντίζελ μας δίνει 34.091 BTUs. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι για την ίδια ποσότητα καυσίμου το ντίζελ μας «δίνει» περισσότερα χιλιόμετρα από το βιοντίζελ. Ωστόσο, η αποδοτικότητα του βιοντίζελ ως καυσίμου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως η μέθοδος παραγωγής και οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν, αλλά και η Diesel μηχανή που θα καταναλώσει το καύσιμο.

Ταυτόχρονα, το βιοντίζελ «παγώνει» (δηλαδή χάνει την απαιτούμενη του ρευστότητα για να κινείται μέσα στη μηχανή) σε υψηλότερες θερμοκρασίες απ' ό τι το ντίζελ. Ως αποτέλεσμα το χειμώνα στις περιοχές όπου επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες (Βόρεια Αμερική και Ευρώπη) παρατηρούνται διάφορα προβλήματα κατά τη διαδικασία εκκίνησης της μηχανής. Το πρόβλημα βέβαια μπορεί να επιλυθεί με την προσθήκη κάποιων ουσιών προκειμένου η πήξη του καυσίμου λόγω κρύου να πραγματοποιείται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Σε κάθε περίπτωση για την Ελλάδα το θέμα αυτό δεν αναμένεται να δημιουργήσει σημαντικά προβλήματα λόγω του οι

θερμοκρασίες στη χώρα δεν «πέφτουν» σχεδόν ποτέ κάτω από τα επίπεδα των -30°C που είναι το όριο κάτω από το οποίο η χρήση βιοντίζελ π.χ. τύπου B20 μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στο ξεκίνημα της μηχανής του αυτοκινήτου.

Τέλος, το βιοντίζελ μπορεί να λειτουργήσει ως διαλύτης καθώς ρέει μέσα στο σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου με αποτέλεσμα κατάλοιπα που υπήρχαν μέσα στο ντεπόζιτο και γενικότερα στον κινητήρα να αποκολληθούν και να φράξουν το φίλτρο καυσίμου. Βέβαια τέτοια προβλήματα μπορούν εύκολα να αντιμετωπιστούν και σίγουρα μετά την πάροδο κάποιου εύλογου χρονικού διαστήματος χρήσης βιοντίζελ θα περιοριστούν πλήρως (Derby, Halle, 2005).

3.8 Ενεργειακές καλλιέργειες για παραγωγή βιοντίζελ

Η κύρια πρώτη ύλη για το βιοντίζελ είναι το φυτικό λάδι το οποίο προέρχεται από ενεργειακές καλλιέργειες. Πρόκειται είτε για παραδοσιακές καλλιέργειες π.χ. βαμβάκι, είτε φυτά που δεν καλλιεργούνται προς το παρόν εμπορικά, όπως η ελαιοκράμβη.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση το πιο διαδεδομένο είδος ενεργειακής καλλιέργειας είναι η ελαιοκράμβη (*Brassica spp.*) η οποία θεωρείται παγκοσμίως ως το τρίτο σημαντικότερο ελαιοπαραγωγό φυτό μετά από τη σόγια και το φοίνικα και πριν από τον ηλιάνθο. Η ελαιοκράμβη μπορεί να καλλιεργηθεί σε ένα μεγάλο εύρος περιοχών της βόρειο-κεντρικής Ευρώπης και σε ορισμένες νοτιότερες περιοχές. Ο μικρός στρογγυλός σπόρος της ελαιοκράμβης έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε λάδι (30-50% που μπορεί να φτάσει και ως 60%), ενώ μετά την εξαγωγή του ελαίου, τα υπολείμματα του σπόρου (η λεγόμενη πίτα), μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην κτηνοτροφία καθώς έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (έως 45%). Το 80% περίπου της συνολικής παραγωγής βιοντίζελ στην Ε.Ε. προέρχεται από ελαιοκράμβη.

Η συνολική παραγωγή ελαιοκράμβης στην ΕΕ για την περίοδο 2006/07 ήταν 15,3 εκ. τόνους (73% του συνόλου της παραγωγής λαδιού), ενώ εκτιμάται ότι το 40-50% αυτής της ποσότητας απορροφήθηκε για την παραγωγή βιοντίζελ. Οι κύριες χώρες παραγωγής ελαιοκράμβης είναι η Γερμανία με 5 εκ. τόνους, η Γαλλία με 4,7 εκ. τόνους, η Μεγάλη Βρετανία με 1,9 εκ. τόνους, η Πολωνία με 1,3 εκ τόνους και η Τσεχία με 0,8 εκ. τόνους. Πέντε μόνο χώρες δηλαδή παράγουν το 86% της συνολικής παραγωγής της Ε.Ε. Η καλλιέργεια υβριδικών σπόρων αναμένεται να αυξήσει ακόμα περισσότερο την απόδοση σε λάδι της ελαιοκράμβης στην Ευρώπη, ενώ ήδη στη

Γερμανία υπάρχουν εκτάσεις που αποδίδουν σχεδόν 450 kg/στρέμμα που είναι 50% περισσότερο από την παραγωγή μίας τυπικής ποικιλίας ελαιοκράμβης.

Για την παραγωγή βιοντίζελ χρησιμοποιείται και ο ηλίανθος, του οποίου η περιεκτικότητα σε λάδι κυμαίνεται 25-48% και σε πρωτεΐνη 15-20%. Ο ηλίανθος μπορεί να καλλιεργηθεί σε οποιαδήποτε περιοχή με χαμηλή διαθεσιμότητα νερού, όπου μπορεί εύκολα να ανταγωνιστεί είδη με υψηλότερους συντελεστές εξατμισοδιαπνοής και κατανάλωσης νερού. Αξίζει να σημειωθεί ότι το 15% της Ευρωπαϊκής παραγωγής βιοντίζελ προέρχεται από τον ηλίανθο, ενώ η Ιταλία (3η παραγωγός χώρα στην ΕΕ) χρησιμοποιεί ως πρώτη κύρια ύλη τον ηλίανθο (Derby, Halle, 2005).

Γενικά, υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις στις αποδόσεις των τριών αυτών φυτών, εξαιτίας περιβαλλοντικών και τεχνικών παραγόντων. Σε μια μελέτη σε 400 φυτείες στην βόρειο - ανατολική Ιταλία, το εύρος της διακύμανσης ήταν από 13 έως 122 GJ/ha για την ελαιοκράμβη και 14 έως 124 GJ/ha για τον ηλίανθο.

Παρά τους περιορισμούς και τα προβλήματα που προκύπτουν στην παραγωγή και χρήση του βιοντίζελ, οι οποίοι είναι κυρίως οικονομικής φύσεως, η εγκατάσταση φυτειών με ελαιοπαραγωγά φυτά φαίνεται ότι αποτελεί μια ελκυστική πρόταση για την άμβλυνση του ενεργειακού προβλήματος. Μόνο στην Ευρωπαϊκή Ένωση, οι ετήσιες ανάγκες σε βιοκαύσιμο ανέρχονται σε 500.000 t. Η συνολική επένδυση της Ευρωπαϊκής Ένωσης στην παραγωγή βιοντίζελ είναι περισσότερη από 50 εκατομμύρια €. (Venturi, 2003).

Κεφάλαιο 4. Η Βιοαιθανόλη

Το πρώτο καύσιμο που χρησιμοποιήθηκε ως υποκατάστατο της βενζίνης σε κινούμενα οχήματα είναι η βιοαιθανόλη. Η βιοαιθανόλη στην ουσία είναι η αιθανόλη που παράγεται κυρίως από την αλκοολική ζύμωση της ζάχαρης. Μπορεί επίσης να συντεθεί βιομηχανικά από την χημική αντίδραση του αιθυλενίου με ατμό.

Οι κύριες πηγές ζάχαρης που απαιτούνται για την παραγωγή αιθανόλης προέρχονται από ενεργειακές καλλιέργειες, δηλαδή από καλλιέργειες που αναπτύσσονται ειδικά για ενεργειακούς σκοπούς. Οι καλλιέργειες αυτές μπορεί να είναι το σόργο, τα τεύτλα, το καλαμπόκι, το σιτάρι, τα άχυρα, το ξύλο ιτιάς και άλλων δέντρων, το πριονίδι, ο μίσχανθος, η αγριαγκινάρα και άλλες.

Παράλληλα, βρίσκονται σε εξέλιξη έρευνες σχετικά με την αξιοποίηση των δημοτικών στερεών αποβλήτων για την παραγωγή βιοαιθανόλης.

Η αιθανόλη ή αιθυλική αλκοόλη (C_2H_5OH) είναι ένα άχρωμο διαυγές υγρό. Είναι βιοαποικοδομήσιμη, χαμηλής τοξικότητας και προκαλεί πολύ μικρή περιβαλλοντική ρύπανση αν χυθεί στο περιβάλλον. Κατά την τέλεια καύση της παράγεται διοξείδιο του άνθρακα και νερό.

Η αιθανόλη είναι ένα καύσιμο υψηλού αριθμού οκτανίων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρόσθετο αύξησης του αριθμού οκτανίου της βενζίνης. Με τη ανάμιξη της με τη βενζίνη επιτυγχάνουμε επίσης τον εμπλουτισμό του καυσίμου μίγματος σε οξυγόνο, με αποτέλεσμα μια πιο ολοκληρωμένη καύση, άρα και μειωμένες εκπομπές επικίνδυνων καυσαερίων.

Στην Ε.Ε. η παραγωγή της βιοαιθανόλης σαν καύσιμο μεταφοράς θα επεκταθεί ουσιαστικά στα ερχόμενα έτη λόγω των πολιτικών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Οι διάφορες χώρες της Ε.Ε. είτε θα επεκτείνουν την υπάρχουσα ικανότητα παραγωγής (Ισπανία, Γαλλία, Σουηδία) είτε θα κατασκευάσουν νέες μονάδες παραγωγής (π.χ. Αγγλία, Γερμανία, Βέλγιο, Πολωνία).

Αντίθετα στις Ηνωμένες Πολιτείες πωλούνται ευρύτατα μίγματα καυσίμου-αιθανόλης με βενζίνη. Το πιο συνηθισμένο μίγμα είναι αυτό που αποτελείται από 10% αιθανόλη και 90% βενζίνη (E10). Οι κινητήρες των συμβατικών οχημάτων δεν απαιτούν μετατροπή για να κινηθούν με (E10) και επιπλέον η χρήση (E10) δεν έχει καμία επίπτωση στην εγγύηση του οχήματος.

4.1 Η ιστορία της βιοαιθανόλης

Ο όρος «βιοαιθανόλη» υποδηλώνει την αιθανόλη που παράγεται από τη βιομάζα, σε αντιδιαστολή με τη συνθετική αιθανόλη που παράγεται από τα ορυκτά καύσιμα της πετροχημικής βιομηχανίας. Ο όγκος παραγωγής της συνθετικής αιθανόλης είναι μικρός έναντι της ποσότητας βιοαιθανόλης που παράγεται. Γενικά ο όρος βιοαιθανόλη εφαρμόζεται συγκεκριμένα για την αιθανόλη όταν χρησιμοποιείται στα καύσιμα μεταφορών.

Η χρήση της αιθανόλης για τη μεταφορά άρχισε στην αρχή του 20ου αιώνα, και συγκεκριμένα το 1908 όταν ο Χένρυ Φορντ κατασκεύασε το πρώτο αυτοκίνητο, το αλκοολοκίνητο μοντέλο Ford T, δηλώνοντας ότι τα καύσιμα του μέλλοντος θα προέρχονται από μήλα, ζιζάνια ή ροκανίδια, αλλά τελικά εγκαταλείφθηκε μετά από το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο. Το ενδιαφέρον για τη βιοαιθανόλη αναζωπυρώθηκε μετά από την πετρελαϊκή κρίση.

Το 1973 η Βραζιλία άρχισε ένα μεγάλο, χρηματοδοτούμενο από την κυβέρνηση πρόγραμμα για την παραγωγή καυσίμου-αιθανόλης από ζαχαροκάλαμο. Ο τότε δικτάτορας στρατηγός Γκάιζελ, λόγω της πετρελαϊκής κρίσης (εμπάργκο ΟΠΕΚ) και της εκτόξευσης των τιμών πετρελαίου παγκοσμίως, δημιούργησε το 30ετές πρόγραμμα υποκατάστασης της βενζίνης από αιθανόλη. Τότε δόθηκαν γενναίες επιδοτήσεις και χρηματοδότησε την κατασκευή εργοστασίων παραγωγής αιθανόλης, εγκατέστησε αντλίες αιθανόλης σε όλα τα πρατήρια καυσίμων της χώρας και έδωσε φορολογικά κίνητρα για τα αλκοολοκίνητα οχήματα. Από τότε η βραζιλιάνικη βιομηχανία αιθανόλης έχει αυξηθεί αρκετά. Στις Ηνωμένες Πολιτείες η μεγάλης κλίμακας παραγωγή βιοαιθανόλης από καλαμπόκι (κυρίως) άρχισε το 1978, με σταθερή αύξηση, η οποία έχει επιταχυνθεί τα τελευταία χρόνια λόγω των κυβερνητικών πολιτικών και των οικονομικών κινήτρων. Πιο πρόσφατα χώρες όπως ο Καναδάς, η Αυστραλία, η Κίνα, η Γαλλία, η Ισπανία, και η Σουηδία άρχισαν να προωθούν την παραγωγή και τη χρήση της βιοαιθανόλης (GAVE programme, 2001).

4.2 Παραγωγή βιοαιθανόλης

Η κύρια μέθοδος παραγωγής της είναι η ζύμωση των αμυλούχων – σακχαρούχων συστατικών κι ο διαχωρισμός της από τα λοιπά συστατικά με απόσταξη. Μπορεί ακόμα να παραχθεί από τη βιομάζα με τις διαδικασίες υδρόλυσης και ζύμωσης ζάχαρης. Τα απόβλητα βιομάζας περιέχουν ένα σύνθετο μίγμα πολυμερών σωμάτων υδατανθράκων από τους πόρους των κυττάρων του φυτού γνωστούς ως κυτταρίνη, ημικυτταρίνη και λιγνίνη. Προκειμένου να παραχθούν τα σάκχαρα από τη βιομάζα, προεπεξεργάζεται με οξέα ή ένζυμα προκειμένου να μειωθεί το μέγεθος της πρώτης ύλης τροφοδοσίας και να αρχίσει έτσι η χημική διάσπαση του φυτού. Η κυτταρίνη και τα μέρη της ημικυτταρίνης αποσυντίθενται (υδρολυμένα) από τα ένζυμα ή τα αραιά οξέα σακχαρόζης της ζάχαρης που έπειτα ζυμώνεται σε αιθανόλη. Η λιγνίνη που είναι επίσης παρούσα στη βιομάζα χρησιμοποιείται κανονικά ως καύσιμο για τους λέβητες εγκαταστάσεων παραγωγής αιθανόλης. Υπάρχουν τρεις αρχικές μέθοδοι απόσπασης των σακχάρων από τη βιομάζα οι οποίες είναι η πυκνή όξινη υδρόλυση, η αραιή όξινη υδρόλυση και η ενζυμική υδρόλυση (Lens, Westermann, Moreno et al., 2007)

Διαχείριση της πρώτης ύλης: Σε αυτό το στάδιο πραγματοποιείται η μετατροπή της πρώτης ύλης σε επεξεργάσιμη μορφή και προετοιμάζεται η βιομάζα για τις μετέπειτα διεργασίες. Πρώτα από όλα γίνεται ο καθαρισμός δηλαδή το πλύσιμο της πρώτης ύλης εάν απαιτείται. Στη συνέχεια ακολουθεί η μηχανική προκατεργασία από όπου καθορίζεται το μέγεθος της πρώτης ύλης. Συνήθως ξεκινάει από 3 mm και φθάνει μέχρι λίγα cm.

Διαδικασία πυκνής όξινης υδρόλυσης (Concentrated Acid Hydrolysis Process): Η διαδικασία λειτουργεί με την προσθήκη του θεικού οξέος 70-77% στη βιομάζα που είναι ξηρή με μια περιεκτικότητα σε υγρασία 10%. Το οξύ προστίθεται σε αναλογία 1,25 μέρη οξέος προς 1 μέρος βιομάζας. Η θερμοκρασία ελέγχεται συνεχώς καθώς πρέπει να είναι σταθερή στους 50 °C. Έπειτα προστίθεται νερό για να αραιώσει το οξύ σε αναλογία μεταξύ 20-30% κ.ο., το μείγμα θερμαίνεται πάλι στους 100°C για 1 ώρα. Η ημίρρευστη μάζα που παράγεται από αυτό το μείγμα συμπιέζεται έπειτα για να απελευθερώσει ένα όξινο μίγμα σακχάρων. Τέλος χρησιμοποιείται μια χρωματογραφική στήλη για να διαχωρίσει το μίγμα οξέος και σακχάρων.

Αραιή όξινη υδρόλυση: Η διαδικασία της αραιής όξινης υδρόλυσης είναι μια από τις παλαιότερες, απλούστερες και αποδοτικότερες μεθόδους παραγωγής αιθανόλης από βιομάζα. Το αραιό οξύ χρησιμοποιείται για να υδρολύσει τη βιομάζα σε σακχαρόζη. Το πρώτο στάδιο χρησιμοποιεί θειικό οξύ σε αναλογία 0,7% κ.ο. στους 190 °C για να υδρολύσει την ημικυτταρίνη που είναι παρούσα στη βιομάζα. Το δεύτερο στάδιο βελτιστοποιείται για να παραγάγει το ανθεκτικότερο μέρος κυτταρίνης. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση του θειικού οξέος σε αναλογία 0,4% κ.ο. στους 215 °C. Στη συνέχεια ο υδρολύτης εξουδετερώνεται και έπειτα ανακτάται από τη διεργασία.

Ενζυμική υδρόλυση: Αντί της χρησιμοποίησης του οξέος για να υδρολύσουμε τη βιομάζα στη σακχαρόζη, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τα ένζυμα για να χωρίσουμε τη βιομάζα με παρόμοιο τρόπο. Απαιτείται προκατεργασία με αραιό οξύ πριν τη διεξαγωγή της ενζυμικής υδρόλυσης. Στη συνέχεια προστίθεται η ένζυμοκυτταρινάση ή το μίγμα ενζύμων σε θερμοκρασία 70°C. Η διεργασία διαρκεί 1,5 ημέρα και η απόδοση κυμαίνεται μεταξύ 75-95% Εντούτοις αυτή η διαδικασία είναι πολύ ακριβή και είναι ακόμα στα αρχικά στάδια ανάπτυξής της.

Διαδικασίες υγρής άλεσης: Το καλαμπόκι μπορεί να υποβληθεί σε επεξεργασία για να παραχθεί αιθανόλη είτε με την ξηρά άλεση είτε με τη διαδικασία της υγρής άλεσης. Στη διαδικασία υγρής άλεσης, ο πυρήνας καλαμποκιού εμβαπτίζεται σε θερμό νερό, αυτό βοηθά στο να αποσυνθέσει τις πρωτεΐνες και να απελευθερώσει το άμυλο που βρίσκεται στο καλαμπόκι. Κατά αυτό τον τρόπο βοηθά τον πυρήνα να μαλακώσει για τη διαδικασία άλεσης. Έπειτα το καλαμπόκι αλέθεται για να παραγάγει προϊόντα μικροοργανισμών, ινών και αμύλου. Οι μικροοργανισμοί εξάγονται για να παραχθεί το καλαμποκέλαιο και τα μέρη του αμύλου υποβάλλονται σε φυγοκέντριση και σακχαροποίηση για να παραχθεί το υγρό μίγμα γλυουτένης. Εν συνεχεία η αιθανόλη εξάγεται με τη διαδικασία απόσταξης. Η διαδικασία υγρής άλεσης χρησιμοποιείται κανονικά στα εργοστάσια παράγοντας αρκετά εκατομμύρια γαλόνια αιθανόλης κάθε έτος.

Διαδικασία ξηρής άλεσης: Η διαδικασία ξηρής άλεσης περιλαμβάνει τον καθαρισμό και το διαχωρισμό του πυρήνα καλαμποκιού σε λεπτά μόρια χρησιμοποιώντας τη διαδικασία του σφυρόμηλου. Ως συνέπεια αυτό δημιουργεί μια σκόνη διαφόρων

τύπων αλευριού. Η σκόνη περιέχει τους μικροοργανισμούς, το άμυλο και την ίνα καλαμποκιού. Προκειμένου να παραχθεί ένα διάλυμα σακχάρων το μείγμα υδρολύεται ή διαχωρίζεται σε σακχαρόζη σακχάρων χρησιμοποιώντας τα ένζυμα ή ένα αραιό οξύ. Το μείγμα στη συνέχεια ψύχεται και προστίθεται ένας ειδικός ζυμομύκητας προκειμένου να ζυμωθεί σε αιθανόλη. Η διαδικασία ξηρής άλεσης χρησιμοποιείται κανονικά στα εργοστάσια παράγοντας περισσότερα από 50 εκατομμύρια γαλόνια αιθανόλης ανά έτος.

Διαδικασία ζύμωσης σακχάρων: Η διαδικασία υδρόλυσης διαχωρίζει το κυτταρινούχο μέρος της βιομάζας η το καλαμπόκι σε σακχαρόζη σακχάρων έτσι ώστε μετά να μπορούν να ζυμωθούν σε αιθανόλη. Με τη διαδικασία της ζύμωσης σακχάρων πετυχαίνουμε τη μικροβιακή μετατροπή των σακχάρων σε αιθανόλη προσθέτοντας στο διάλυμα κάποιο ζυμομύκητα, ο οποίος έπειτα θερμαίνεται. Ο ζυμομύκητας περιέχει ένα ένζυμο αποκαλούμενο σακχαράση, το οποίο ενεργεί ως καταλύτης και βοηθά στη μετατροπή της σακχαρόζης σε γλυκόζη και φρουκτόζη (και τα δύο $C_6H_{12}O_6$).

Τα σάκχαρα της φρουκτόζης και της γλυκόζης αντιδρούν έπειτα με ένα άλλο ένζυμο αποκαλούμενο ζυμάση (ένζυμο που χρησιμοποιείται για την προώθηση της γλυκόζης), το οποίο περιλαμβάνεται επίσης στο ζυμομύκητα για να παραχθεί η αιθανόλη και το διοξείδιο του άνθρακα.

Η χημική αντίδραση παρουσιάζεται ακολούθως (σχήμα 11):



Σχήμα 11: Χημική αντίδραση ζύμωσης αιθανόλης

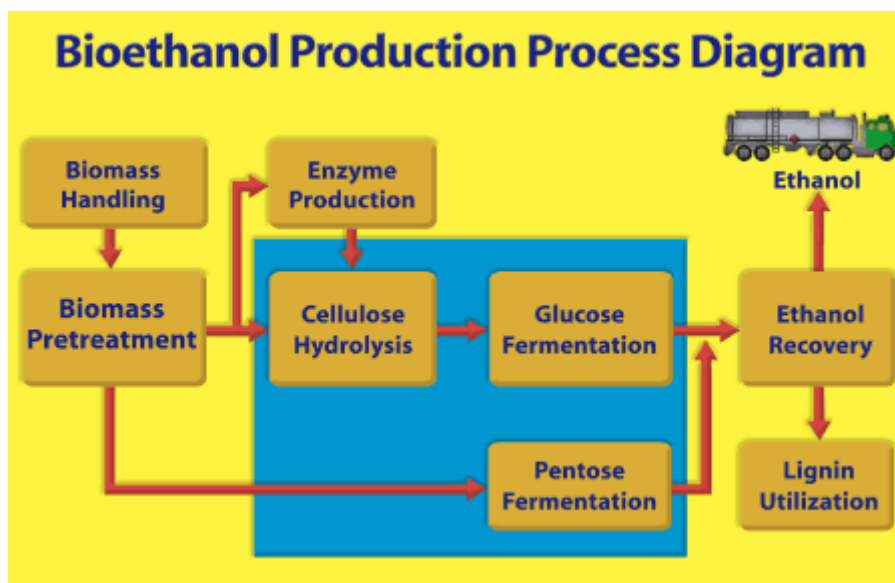
Η διαδικασία ζύμωσης παίρνει περίπου τρεις ημέρες μέχρι να ολοκληρωθεί και πραγματοποιείται σε μια θερμοκρασία μεταξύ 250°C και 300°C.

Επιλογή ζυμομύκητα: Για να καταλήξουμε στην επιλογή κάποιου ζυμομύκητα κατάλληλου για την παραγωγή βιοαιθανόλης θα πρέπει να ικανοποιεί τις ακόλουθες ιδιότητες:

- Υψηλές αποδόσεις σε αιθανόλη.
- Υψηλή ανθεκτικότητα στην αιθανόλη.
- Ευρύ φάσμα αξιοποίησης σακχάρων περιεχόμενων στο φυτό.
- Αυξημένη ανθεκτικότητα στους παραγόμενους παρεμποδιστές.
- Ανθεκτικότητα σε μεταβολές pH, T, C_{αλάτων}, C_{σακχάρων} και C_{αιθανόλης}.
- Ελαχιστοποίηση δημιουργίας παραπροϊόντων.

Διαδικασία κλασματικής απόσταξης: Η παραγόμενη αιθανόλη από τη διαδικασία ζύμωσης, περιέχει ακόμα μια σημαντική ποσότητα νερού, η οποία πρέπει να αφαιρεθεί. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή της διαδικασίας της κλασματικής απόσταξης. Ο διαχωρισμός της αιθανόλης από το νερό εξασφαλίζει την ποιότητα του καυσίμου. Δεδομένου ότι η αιθανόλη έχει χαμηλότερο σημείο βρασμού (78,3 °C) έναντι αυτού του νερού (100 °C), ατμοποιείται πριν από το νερό και έτσι μπορεί να συμπυκνωθεί και να διαχωριστεί. Ο καθορισμός του προϊόντος και η ανάκτηση της αιθανόλης γίνονται σε μία στήλη καθαρισμού (rectifying column) μέχρι συγκεντρώσεως ~95%.

Στο σχήμα 12 που ακολουθεί φαίνεται σχηματικά η παραγωγή βιοαιθανόλης από την βιομάζα.



Σχήμα 12: Διάγραμμα ροής παραγωγικής διαδικασίας βιοαιθανόλης (πηγή: www.ecoworld.com/category/politics/index.php).

4.3 Πλεονεκτήματα παραγωγής και χρήσης βιοαιθανόλης

Η βιοαιθανόλη έχει καλή απόδοση ως καύσιμο στα αυτοκίνητα, είτε σε καθαρή μορφή είτε σε μείξη με τη βενζίνη. Επιπλέον του μείγματος βιοαιθανόλης/ βενζίνης, η βιοαιθανόλη έχει και άλλες εφαρμογές σαν καύσιμο μηχανών:

1. χρήση ως E85, 85% βιοαιθανόλη και 15% βενζίνη
2. χρήση ως E100, 100% βιοαιθανόλη με ή χωρίς πρόσθετο καυσίμου, και
3. χρήση ως oxy-diesel, ένα μείγμα από 80% ντίζελ, 10% βιοαιθανόλη και 10% πρόσθετα και παράγοντες μείξης.

Η βιοαιθανόλη έχει εξαιρετικές ιδιότητες σαν καύσιμο για μηχανές εσωτερικής καύσης με ανάφλεξη σπινθήρα. Περιέχει μεγαλύτερο αριθμό οκτανίων (ικανότητα αντίστασης στη συμπίεση) από τη βενζίνη, με αποτέλεσμα οι μηχανές καύσης να λειτουργούν με υψηλότερο λόγο συμπίεσης, δίνοντας καλύτερη καθαρή απόδοση. Ο μεγαλύτερος αριθμός οκτανίων καθώς και η υψηλότερη θερμοκρασία εξάτμισης, καθιστούν την αλκοόλη περισσότερο αποτελεσματική σαν καθαρό καύσιμο από την βενζίνη. Ωστόσο, η καθαρή βιοαιθανόλη έχει 33% λιγότερη ενέργεια από την βενζίνη, λόγω του οξυγόνου που περιέχει (θερμογόνος δύναμη βιοαιθανόλης 21 MJ/litre).

Η βιοαιθανόλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε μείγματα με τη βενζίνη ή το ντίζελ. Τα αποτελέσματα είναι η μείωση της κατανάλωσης της βενζίνης, η βελτίωση του αριθμού οκτανίων και η προώθηση πιο ολοκληρωμένης καύσης, που οδηγεί σε ελάττωση των εκπομπών μονοξειδίου του άνθρακα. Ωστόσο, μη ιδανικές αλληλεπιδράσεις με την βενζίνη προκαλούν μια μικρή αύξηση της τάσης ατμών για μείγματα με χαμηλή περιεκτικότητα σε βιοαιθανόλη (10%). Το φαινόμενο αυτό μπορεί να αντισταθμιστεί μειώνοντας την τάση ατμών της βενζίνης που πρόκειται να αναμιχθεί. Η προσθήκη βιοαιθανόλης σε καύσιμο ντίζελ έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση των εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων, ένα πολύ σημαντικό στοιχείο για τις μηχανές με ανάφλεξη συμπίεσης.

Η βιοαιθανόλη είναι λιγότερο πτητική και έχει χαμηλή φωτοχημική αντιδραστικότητα με την ατμόσφαιρα, και έτσι ο σχηματισμός αιθαλομίχλης μπορεί να είναι μικρότερος. Η βιοαιθανόλη έχει πολύ μικρή τοξικότητα, συγκριτικά με άλλα καύσιμα και είναι εύκολα βιοδιασπώμενη στο νερό και στο έδαφος, ελαττώνοντας τις καταστρεπτικές συνέπειες τυχόν διαρροών συγκριτικά με τα ορυκτά καύσιμα.

Με τη χρήση της βιοαιθανόλης επιτυγχάνεται μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κατά 60-90% σε σχέση με τη βενζίνη. Επιπλέον, το CO₂ που απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια της ζύμωσης και της καύσης, ανακυκλώνεται από τα φυτά μέσω της φωτοσύνθεσης. Η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στα βιοκαύσιμα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή (Στάραμος, 2008).

Επιπρόσθετα ορισμένα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρήση της βιοαιθανόλης και έχουν θετικές πολιτικό-οικονομικές επιπτώσεις είναι τα εξής (Μακρής, Κέκος, Χριστακόπουλος):

- Μείωση ενεργειακής εξάρτησης.
- Υπεραξία αγροτικών υλών.
- Αύξηση θέσεων εργασίας και αγροτικού εισοδήματος και
- Συγκράτηση αγροτικού πληθυσμού.

4.4 Μειονεκτήματα παραγωγής και χρήσης βιοαιθανόλης

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα της βιοαιθανόλης είναι το υψηλό της κόστος το οποίο στη παρούσα κατάσταση είναι 2 με 3 φορές υψηλότερα από αυτό της βενζίνης. Επίσης η ανταγωνιστικότητα της παραγωγής της σε σχέση με το κόστος εξαρτάται από την τιμή των πρώτων υλών και την πορεία τιμών των συμβατικών καυσίμων κίνησης. Οι δυο αυτοί παράγοντες είναι ιδιαίτερα ασταθείς και αυτό καθιστά την πρόβλεψη τους ιδιαίτερα δύσκολη (Στάραμος, 2008).

Έχει μικρότερη ενεργειακή απόδοση από αυτή της βενζίνης κατά 37% που σε ογκομετρικό επίπεδο σημαίνει χρήση μεγαλύτερης ποσότητας καυσίμου για να καλύψουμε την ίδια ενεργειακή ανάγκη. Επίσης η θερμότητα καύσης της βιοαιθανόλης είναι περίπου το 70% της αντίστοιχης για τη βενζίνη. Έχει μεγαλύτερη τάση ατμών από τη βενζίνη και παρουσιάζει διαβρωτικές ιδιότητες. Όταν χρησιμοποιείται σε αυτούσια μορφή είναι αναγκαία η μετατροπή των κινητήρων.

Υπάρχουν δυσκολίες στη συλλογή, τη μεταφορά και την αποθήκευση των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή της βιοαιθανόλης λόγω του μεγάλου όγκου που έχουν. Τα σακχαρούχα και αμυλούχα προϊόντα όπως (τεύτλα, καλαμπόκι, κ.ά.) έχουν υψηλό κόστος διότι χρησιμοποιούνται ανταγωνιστικά για την παραγωγή τροφίμων. Τέλος υπάρχουν και κάποια προβλήματα σε κάποια στάδια της

παραγωγικής διαδικασίας, ειδικά στην υδρόλυση της λιγνοκυτταρίνης (Μακρής, Κέκος, Χριστακόπουλος).

Η αποθήκευση, η ανάμειξη και η μεταφορά της βιοαιθανόλης είναι δύσκολη υπόθεση λόγω της τάσης της να διαχωρίζεται από τη βενζίνη για αυτό απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή.

4.5 Ενεργειακές καλλιέργειες για παραγωγή βιοαιθανόλης

Στην Ευρώπη, το σχέδιο είναι να μειωθεί το ποσό των αρωματικών και των ολεφινών στα καύσιμα, στο χρονικό διάστημα 2000-2005. Η αιθανόλη μπορεί να εξασφαλισθεί από ξυλώδη κυτταρινική βιομάζα ή μέσω διαδικασιών ζύμωσης από φυτά με υψηλό περιεχόμενο υδατανθράκων (δημητριακά, ζαχαρότευτλο, γλυκό σόργο).

Το ζαχαρότευτλο είναι το φυτό, που έχει μελετηθεί περισσότερο στον τομέα της παραγωγής αιθανόλης. Το βασικό εμπόδιο, ωστόσο, που υπάρχει στην περίπτωση του ζαχαρότευτλου προκύπτει από τις βιομηχανίες ζάχαρης.

Τα δημητριακά αποτελούν μια ενδιαφέρουσα προοπτική, διότι είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν διάφορες ποικιλίες και αγρονομικές τεχνικές με στόχο την καλύτερη σχέση εκροών - εισροών ενέργειας. Ανάμεσα στα δημητριακά, το σιτάρι, το κριθάρι, το καλαμπόκι και το σόργο θεωρούνται τα καλύτερα.

Στη συνέχεια γίνεται περιγραφή των κυριότερων καλλιεργειών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοαιθανόλης.

I. Παραγωγή βιοαιθανόλης από καλαμπόκι

Με βάση τις σημερινές μεθόδους από δέκα στρέμματα καλαμπόκι παράγονται σχεδόν 2.500 λίτρα βιοαιθανόλης το χρόνο.

Για να αναπτυχθεί όμως το καλαμπόκι, απαιτούνται μεγάλες δόσεις ζιζανιοκτόνων και αζωτούχων λιπασμάτων. Συνεπώς, το έδαφος διαβρώνεται περισσότερο σε σχέση με οποιαδήποτε άλλη καλλιέργεια. Επιπλέον, για την παραγωγή βιοαιθανόλης από καλαμπόκι καταναλώνεται σχεδόν ίση ποσότητα ορυκτών καυσίμων με αυτή που η ίδια η αιθανόλη υποκαθιστά.

Για την παραγωγή αιθανόλης από καλαμπόκι ακολουθούνται οι τυπικές διαδικασίες ενός μεγάλου αποστακτηρίου. Το καλαμπόκι αλέθεται αναμειγνύεται με νερό και θερμαίνεται ενώ με την προσθήκη ενζύμων το άμυλο διασπάται σε σάκχαρα. Μέσα

στη δεξαμενή ζύμωσης οι σακχαρομύκητες μετατρέπουν τα σάκχαρα σε αλκοόλη η οποία στη συνέχεια διαχωρίζεται από το νερό με απόσταξη.

Ότι περισσεύει από αυτή τη διαδικασία δηλαδή τα υπολείμματα της απόσταξης χρησιμοποιείται ως τροφή για τις αγελάδες, ενώ ένα μέρος από τα πλούσια σε άζωτο λύματα διοχετεύεται στα χωράφια για λίπασμα. Από αυτή τη διαδικασία όμως παράγονται και μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα γεγονός που αμαυρώνει το πράσινο προφίλ της βιοαιθανόλης.



Σχήμα 13: Μονάδα παραγωγής βιοαιθανόλης.

Στα περισσότερα εργοστάσια αιθανόλης (σχήμα 13) ο απαραίτητος για τη διαδικασία της απόσταξης ατμός προέρχεται από την καύση φωταερίου ή όλο και πιο συχνά από γαιάνθρακα. Οι εκπομπές που προκαλούνται από αυτή την καύση προστίθενται στο CO₂ που παράγεται από τη μαγιά. Επιπλέον για την καλλιέργεια και την ανάπτυξη του καλαμποκιού χρησιμοποιείται αζωτούχο λίπασμα το οποίο παράγεται από φυσικό αέριο και απαιτείται εκτεταμένη χρήση πετρελαιοκίνητων γεωργικών μηχανημάτων.

II. Παραγωγή βιοαιθανόλης από ζαχαροκάλαμο

Το κλειδί στη ραγδαία αύξηση της ζήτησης βιοαιθανόλης είναι το ζαχαροκάλαμο και αυτό γιατί τα 10 στρέμματα από αποδίδουν 5.700-7.600 λίτρα αιθανόλης ποσότητα υπερδιπλάσια από αυτή του καλαμποκιού.

Είναι χαρακτηριστικό ότι ενώ, το άμυλο από τους κόκκους του καλαμποκιού πρέπει να διαχωριστεί σε σάκχαρα με την προσθήκη ακριβών ενζύμων προκρινόμενου να γίνει

η ζύμωση, το 20% του καλαμιού στο ζαχαροκάλαμο είναι ήδη σάκχαρο και η ζύμωση του ξεκινά σχεδόν αμέσως μετά τη συγκομιδή του.

Τα χωράφια από ζαχαροκάλαμο δίνουν μέχρι και επτά σοδειές πριν χρειαστεί να ξαναφυτευτούν και τα διυλιστήρια ανακυκλώνουν τα λύματα τους μετατρέποντας τα σε λίπασμα. Τα περισσότερα από αυτά δεν χρησιμοποιούν ούτε ορυκτά καύσιμα ούτε ηλεκτρικό ρεύμα. Επιπλέον η θέρμανση και η ενέργεια προέρχονται από την καύση των υπολειμμάτων ζαχαροκάλαμων που συνήθως παράγουν ένα μικρό πλεόνασμα ενέργειας. Ακόμα και τα φορτηγά που μεταφέρουν ζαχαροκάλαμα και τα γεωργικά μηχανήματα καίνε ένα μείγμα πετρελαίου και αιθανόλης.

Παρ' όλα αυτά το ζαχαροκάλαμο έχει και τα δικά του προβλήματα όπως:

- Η συγκομιδή των ζαχαροκάλαμων γίνεται με τα χέρια. Πρόκειται για μια εργασία εξουθενωτική.
- Για να διευκολυνθεί η κοπή του ζαχαροκάλαμου συνήθως πριν τη συγκομιδή γίνεται καύση των χωραφιών. Έτσι ο αέρας γεμίζει κάπνα ενώ ελευθερώνεται μεθάνιο και πρωτοξειδίο του αζώτου, δυο δραστικά αέρια του θερμοκηπίου, και
- Ακόμη οι εκτάσεις ζαχαροκάλαμου - που προβλέπεται ότι θα διπλασιαστούν μέσα στην επόμενη δεκαετία-εξαπλώνονται συμβάλλοντας στην αποψίλωση των δασών.

III. Παραγωγή βιοαιθανόλης από γλυκό σόργο

Το γλυκό σόργο είναι μια άνυδρη καλλιέργεια που χρησιμοποιεί πολύ λιγότερο νερό από ότι το ζαχαροκάλαμο και το καλαμπόκι και για την καλλιέργεια του δεν απαιτείται τροπικό κλίμα. Οι αποδόσεις του γλυκού σόργου ποικίλουν, ανάλογα με την περιοχή, τις κλιματικές συνθήκες, τη γονιμότητα του εδάφους και τις καλλιεργητικές τεχνικές, που εφαρμόζονται. Επιπρόσθετα υπάρχουν δυσκολίες που σχετίζονται με την ανθεκτικότητα του σόργου στις ασθένειες, την συγκομιδή του, την μεταφορά και κυρίως το υψηλό περιεχόμενο υγρασίας του. Παρά τα προβλήματα που υπάρχουν, το φυτό αυτό εμφανίζει μεγάλο ενδιαφέρον, διότι από το ενεργειακό ισοζύγιο του προκύπτει υψηλό κέρδος στις γεωργικές και βιομηχανικές φάσεις παραγωγής του (Venturi, 2003).

Η απόδοση σε χλωρή βιομάζα κυμάνθηκε από 5 έως 8 τόνους /στρέμμα ενώ σε μεμονωμένες περιπτώσεις παρατηρήθηκαν αποδόσεις που έφτασαν τους 14 τόνους /στρέμμα. Σύμφωνα με πειραματικά δεδομένα, που βασίζονται στο χλωρό βάρος των

στελεχών και στην περιεκτικότητά τους σε σάκχαρα, μπορεί να εξασφαλιστεί, θεωρητικά, μέση παραγωγή αιθανόλης 675 λίτρων /στρέμμα.

IV. Παραγωγή βιοαιθανόλης από ζαχαρότευτλα

Η εκμετάλλευση καλλιέργειας ζαχαρότευτλων για την παραγωγή βιοαιθανόλης είναι από τις καλύτερες, από την άποψη ότι έχει χαμηλότερες απαιτήσεις σε νερό. Η συνολική παραγωγή τους και η καλλιεργούμενη έκταση αυξήθηκαν βαθμιαία (0,40 εκατομμύρια στρέμματα το 1991 και 0,48 εκατομμύρια στρέμματα το 2000), με μια ετήσια παραγωγή των 2,6 εκατ. τόνων και των 3,0 εκατ. τόνων, αντίστοιχα. Τέλος οι μέσες αποδόσεις ζαχαρότευτλων ανέρχονται περίπου σε 6.760 κιλά/στρέμμα.

Στο παρακάτω πίνακα 5 παρουσιάζονται ορισμένα στοιχεία αξιολόγησης επιλογής καλλιεργειών για την παραγωγή βιοαιθανόλης. Οι διαφορές που ενδεχομένως να υπάρχουν οφείλονται στις διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες των περιοχών.

Πίνακας 5: Στοιχεία αξιολόγησης επιλογής καλλιεργειών για παραγωγή βιοαιθανόλης (Venturi, 2003).

	Σιτάρι	Κριθάρι	Καλαμπόκι	Κυτταρινούχο σόργο	Ζαχαρότευτλο	Γλυκό σόργο
Προσαρμοστικότητα στο περιβάλλον	Υψηλή	Υψηλή	Χαμηλή	Καλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Εισαγωγή σε νέες καλλιέργειες	Εύκολη	Εύκολη	Περιορισμένη	Περιορισμένη	Περιορισμένη	Δύσκολη
Τεχνικές γνώσεις	Πολύ καλές	Πολύ καλές	Πολύ καλή	Καλή	Πολύ καλή	Δύσκολη
Τεχνικές ανάγκες	Μέτριες	Χαμηλές	Μέτριες	Χαμηλές	Υψηλές	Μέτριες
Διαθεσιμότητα σπόρων	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Καλή	Καλή	Χαμηλή
Έλεγχος παρασίτων	Εύκολος	Εύκολος	Μέτριος	Μέτριος	Δύσκολος	Εύκολος
Ειδική μηχανοποίηση	Διαθέσιμη	Διαθέσιμη	Διαθέσιμη	Διαθέσιμη	Διαθέσιμη	Πρωτότυπα
Κόστος μεταφοράς	Χαμηλό	Χαμηλό	Χαμηλό	Χαμηλό	Υψηλό	Υψηλό
Διατήρηση	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Εφοδιασμός βιομηχανιών	Σταθερός	Σταθερός	Σταθερός	Σταθερός	Ασταθής	Ασταθής
Μελλοντικό κέρδος απόδοσης	Υψηλό	Καλό	Χαμηλό	Καλό	Μέτριο	Δύσκολο

Κεφάλαιο 5. Ποιοτικός έλεγχος βιοκαυσίμων

Γενικά, η ποιότητα των βιοκαυσίμων μπορεί να επηρεαστεί από διάφορους παράγοντες όπως:

- Από την ποιότητα των πρώτων υλών.
- Από την περιεκτικότητα του φυτικού ελαίου ή του ζωικού λίπους σε λιπαρά οξέα.
- Από την διαδικασία παραγωγής καθώς και τα υλικά που χρησιμοποιούνται σε αυτήν την διαδικασία.
- Από παράμετρος μετα-παραγωγής

Το καλύτερο τρέχον μέτρο για τον έλεγχο της ποιότητας του βιοντίζελ είναι τα πρότυπα ASTM 6751 και EN 14214/14213 (Τυποποιημένη προδιαγραφή για το μίγμα καυσίμων βιοντίζελ-ντίζελ) ενώ για την βιοαιθανόλη είναι τα πρότυπα ASTM D 4806 και prEN 15376 (Τυποποιημένη προδιαγραφή για μετουσιωμένη αιθανόλη καυσίμων για ανάμειξη με βενζίνες για χρήση σε κινητήρες ηλεκτρικής ανάφλεξης καυσίμων). Αυτά τα πρότυπα διευκρινίζουν τις ιδιότητες που απαιτούνται για την χρήση των βιοκαυσίμων (βιοντίζελ και βιοαιθανόλη) σε μια μηχανή-κινητήρα χωρίς προβλήματα.

5.1 Ποιοτικός έλεγχος βιοντίζελ

Οι παράμετροι που καθορίζουν την ποιότητα του βιοντίζελ μπορούν να χωριστούν σε δυο ομάδες. Η μια ομάδα περιέχει τις γενικές παραμέτρους, οι οποίες χρησιμοποιούνται και για τα συμβατικά καύσιμα και η άλλη ομάδα περιγράφει ειδικά την χημική σύσταση και την καθαρότητα των αλκυλικών εστέρων λιπαρού οξέος.

Μεταξύ των γενικών παραμέτρων για το βιοντίζελ, το ιξώδες ελέγχει τα χαρακτηριστικά της έγχυσης από τους εγχυτήρες ντίζελ. Το ιξώδες των μεθυλικών εστέρων λιπαρού οξέος μπορεί να αυξηθεί πολύ και για αυτό είναι σημαντικό να ελεγχτεί μέσα σε ένα αποδεκτό όριο για να αποφύγει τις αρνητικές επιδράσεις στην απόδοση των συστημάτων έγχυσης. Επομένως οι προτεινόμενες προδιαγραφές του ιξώδους είναι σχεδόν οι ίδιες με των καυσίμων ντίζελ.

Το σημείο ανάφλεξης των καυσίμων είναι η θερμοκρασία στην οποία θα αναφλέγει όταν εκτίθεται σε μια φλόγα ή ένα σπινθήρα. Το σημείο ανάφλεξης του βιοντίζελ είναι υψηλότερο από ότι αυτών των καυσίμων ντίζελ.

Ο δείκτης κετανίου είναι ένα ενδεικτικό χαρακτηριστικό της ανάφλεξης του. Τα όρια του δείκτη κετανίου δείχνουν το πόσο εύκολα εμφανίζεται η ανάφλεξη και η ομαλότητα της καύσης. Όσο υψηλότερος είναι ο αριθμός κετανίου τόσο καλύτερες είναι οι μηχανικές παράμετροι απόδοσης όπως η καύση, η σταθερότητα, ο άσπρος καπνός, ο θόρυβος, και οι εκπομπές του CO και HC. Το βιοντίζελ έχει μεγαλύτερο αριθμό κετανίου από ότι τα συμβατικά καύσιμα diesel, γεγονός που οδηγεί σε υψηλότερη αποδοτικότητα καύσης.

Ο βαθμός εξουδετέρωσης διευκρινίζεται για να εξασφαλίσει καλύτερες ιδιότητες στην «παλαιότητα» καυσίμων ή και μια καλή κατασκευαστική διαδικασία. Απεικονίζει την παρουσία ελεύθερων λιπαρών οξέων ή χρησιμοποιούμενων οξέων κατά την παρασκευή βιοντίζελ καθώς επίσης και την υποβάθμιση του βιοντίζελ λόγω των θερμικών επιδράσεων.

Το υπόλειμμα άνθρακα των καυσίμων είναι ενδεικτικό των εναποθέσεων στο καύσιμο. Το υπόλειμμα άνθρακα στο βιοντίζελ είναι σπουδαιότερο από ότι στα καύσιμα ντίζελ, επειδή παρουσιάζει υψηλό συσχετισμό με την παρουσία ελεύθερων λιπαρών οξέων και ανόργανων ακαθαρσιών (Kemp, 2006).

Στην συνέχεια περιγράφονται οι ειδικές παράμετροι που καθορίζουν την ποιότητα του βιοντίζελ (www.biofuel-analysis.com/Biodiesel).

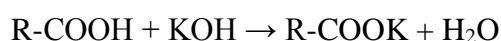
- **Περιεκτικότητα σε νερό:** Η επιμόλυνση με νερό και υπόστημα είναι βασικά ζητήματα για το βιοντίζελ. Το νερό μπορεί να βρίσκεται σε δύο μορφές, είτε ως διαλυμένο, είτε ως αιωρούμενα σταγονίδια. Αν και το βιοντίζελ είναι γενικά αδιάλυτο στο νερό, συνολικά παρακρατεί περισσότερο νερό από ότι το πετρελαϊκό diesel. Το βιοντίζελ μπορεί να περιέχει περισσότερα από 1500 ppm διαλυμένου νερού, ενώ στο κοινό diesel συνήθως περιέχοντα γύρω στα 50 ppm. Και τα δύο πρότυπα του καυσίμου diesel (ASTM D 975) και του βιοντίζελ (ASTM D 6751) περιορίζουν την περιεκτικότητα σε νερό στα 500 ppm. Για το πετρελαϊκό diesel επιτρέπει την παρουσία ενός μικρού ποσού πρόσμιξης σε νερό. Για το βιοντίζελ όμως σημαίνει ότι αυτό θα πρέπει να διατηρείται ξηρό. Αυτό είναι μια πρόκληση γιατί ορισμένα δοχεία φύλαξης diesel έχουν νερό στον πυθμένα τους εξαιτίας συμπύκνωσης. Το αιωρούμενο νερό είναι ένα σημαντικό

πρόβλημα για τα μέρη μηχανών ψεκασμού γιατί συμβάλει στη διάβρωση (οξειδωσή) τους στα πολύ στενά συνδεδεμένα και εφραπτόμενα τμήματα του συστήματος έκχυσης του καυσίμου. Ενώ οι περισσότερες διαδικασίες μπορούν να ανεχτούν το νερό μέχρι 1%, ακόμη και αυτό το χαμηλό επίπεδο στην παραγωγή βιοντίζελ θα αυξήσει την παραγωγή σαπώνων και θα έχει επιπτώσεις στην πληρότητα της αντίδρασης μετεστερεοποίησης. Το νερό μπορεί να αφαιρεθεί με διάφορες τεχνικές. Με θέρμανση για να σπάσουν τα γαλακτώματα μεταξύ του νερού και του ελαίου και έπειτα αφού το νερό έχει εγκατασταθεί στο κατώτατο σημείο μπορεί να αφαιρεθεί. Τέλος η φυγοκέντρωση μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τον διαχωρισμό κάποιων μίγματος ελαίου και νερού.

- **Θείο:** Ένα από τα συχνά πλεονεκτήματα του βιοντίζελ είναι ότι περιέχει πολύ χαμηλά επίπεδα θείου. Η περιεκτικότητα σε θείο προσδιορίζεται βάσει της πρότυπης μεθόδου EN ISO 20846 ενώ η επιτρεπόμενη περιεκτικότητα του βιοντίζελ σε θείο είναι από 15 μέχρι 500 ppm.
- **Αριθμός ιωδίου:** Ο αριθμός ιωδίου είναι ένα μέτρο του βαθμού ακορεστότητας ενός υγρού καυσίμου. Είναι η ποσότητα ιωδίου που απαιτείται, για την σταθεροποίηση των ακόρεστων δεσμών, ανά 100gr ελαίου. Τόσο ο κορεσμός όσο και το προφίλ των λιπαρών οξέων δεν φαίνονται να ασκούν μεγάλη επίδραση στη διαδικασία μετεστερεοποίησης, αντίθετα επηρεάζουν σημαντικά τις ιδιότητες του βιοντίζελ. Τα κορεσμένα λίπη παράγουν καύσιμα βιοντίζελ με την ανώτερη οξειδωτική σταθερότητα, ένας υψηλότερος αριθμός κετανίου, αλλά με ιδιότητες χαμηλής θερμοκρασίας. Το βιοντίζελ που προέρχεται από τα κορεσμένα λίπη είναι πιθανότερο να πήξει στις περιβαλλοντικές θερμοκρασίες από το βιοντίζελ από τα φυτικά έλαια, ειδικά από το σογιέλαιο.
- **Σημείο ανάφλεξης:** Το σημείο ανάφλεξης ορίζεται ως η χαμηλότερη θερμοκρασία διορθωμένη στην πίεση των 101,3 kPa, στην οποία προκαλείται ανάφλεξη των ατμών του δείγματος κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες. Το σημείο ανάφλεξης μετρά την συμπεριφορά του δείγματος στη θέρμανση και ταυτόχρονη επαφή με φλόγα κάτω από ρυθμιζόμενες συνθήκες στο εργαστήριο. Το σημείο ανάφλεξης χρησιμοποιείται στους κανόνες ασφαλείας και

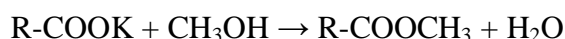
αποθήκευσης για να χαρακτηριστεί η αναφλεξιμότητα των υλικών. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σαν δείκτης ένδειξης υπάρξεως μολύνσεως από πτητικό συστατικό σε ένα μη πτητικό συστατικό. Η μέθοδος αυτή γενικότερα ελέγχει τη ύπαρξη αλκοόλης. Το τυπικό σημείο ανάφλεξης για μεθυλεστέρες είναι $>200^{\circ}\text{C}$. Κατά τον καθαρισμό του βιοντίζελ δεν απομακρύνεται όλη η ποσότητα της αλκοόλης, κάνοντας το καύσιμο επικίνδυνο στη χρήση και την αποθήκευση αν το σημείο ανάφλεξης μειωθεί στους 130°C . Για το λόγο αυτό ο εργαστηριακός έλεγχος πρέπει να περιλαμβάνει συσκευή σημείου πρέπει να περιλαμβάνει συσκευή σημείου ανάφλεξης για έλεγχο ποιότητας και προσδιορισμό υπολείμματος αλκοόλης στο δείγμα.

- **Ύδωρ και υπόστημα:** Η μέθοδος εστιάζεται στον προσδιορισμό του όγκου του νερού και του ιζήματος σε καύσιμα μέσης απόσταξης με ιξώδη στους 40°C του φάσματος 1.0 και $4.1 \text{ mm}^2/\text{s}$ και πυκνότητες $700 - 900 \text{ kg/m}^3$. Το συγκεκριμένο τεστ αποτελεί έλεγχο της καθαρότητας του καυσίμου. Για το B100 είναι ιδιαίτερα σημαντικό γιατί το νερό μπορεί να αντιδράσει με τους εστέρες, προκαλώντας τη δημιουργία μικροοργανισμών στις δεξαμενές αποθήκευσης. Επίσης, το υπόστημα πιθανό να οδηγήσει σε καταστροφή της μηχανής, ενώ η ποσότητα του υποστήματος στο βιοντίζελ ίσως να αυξάνει με το χρόνο μετά από μεγάλους χρόνους αποθήκευσης.
- **Ελεύθερα λιπαρά οξέα (FFA):** Ειδικές διαδικασίες απαιτούνται όταν το έλαιο ή το λίπος περιέχει σημαντικές ποσότητες FFA. Τα χρησιμοποιημένα μαγειρικά έλαια συνήθως περιέχουν 2-7% FFA και τα ζωικά λίπη περιέχουν 5-30% FFA. Μερικές πρώτες ύλες πολύ χαμηλής ποιότητας όπως trap grease μπορούν να περιέχουν έως και 100% FFA. Όταν ένας βασικός καταλύτης προστίθεται σε τέτοιες ύλες, τα FFA αντιδρούν με τον καταλύτη προς σχηματισμό σάπωνος και νερού όπως φαίνεται με την παρακάτω αντίδραση:



Σε συγκεντρώσεις μέχρι το 5% σε FFA, η αντίδραση μπορεί να καταλύεται ικανοποιητικά με βασική καταλύση, αλλά επιπλέον καταλύτης θα πρέπει να προστεθεί για την αναπλήρωση αυτού που αντέδρασε στην παραπάνω αντίδραση

σαπωνοποίησης. Ο παραγόμενος σάπων κατά τη διάρκεια της αντίδρασης ή απομακρύνεται με τη γλυκερόλη ή ξεπλένεται στο στάδιο του ξεπλύματος με νερό. Όταν το επίπεδο των ΕΛΟ είναι μεγαλύτερο από 5%, ο σάπωνας που παράγεται δυσχεραίνει το διαχωρισμό της γλυκερόλης από τον μεθυλεστέρα και συμβάλει στο σχηματισμό γαλακτώματος κατά τη διάρκεια ξεπλύματος με νερό. Για αυτές τις περιπτώσεις, ένας όξινος καταλύτης όπως το θειικό οξύ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εστεροποίηση των ΕΛΟ προς μεθυλεστέρες κατά την αντίδραση:



Η διαδικασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν μια προεπεξεργασία για την μετατροπή των FFA σε μεθυλεστέρες και έτσι στη μείωση της περιεκτικότητας σε FFA.

- **Βαθμός οξύτητας:** Βαθμός οξύτητας είναι η ποσότητα βάσης εκφρασμένη σε χιλιοστά του γραμμάριου υδροξειδίου του καλίου ανά γραμμάριο δείγματος ή σχεδόν διαλυτό σε μίγμα τουλουενίου και προπανόλης-2. Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για τον προσδιορισμό των οξέων των οποίων η σταθερά απομάκρυνσης στο νερό είναι μεγαλύτερη από 10^{-9} . Εξαιρετικά αδύναμα οξέα των οποίων η σταθερά απομάκρυνσης είναι μικρότερη του 10^{-9} δεν παρεμβαίνουν. Όταν η σταθερά υδρόλυσης είναι μεγαλύτερη από 10^{-9} τότε προκύπτει αντίδραση χλωριούχου νατρίου.

Αυτή η μέθοδος δοκιμής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρουσιάσει σχετικές αλλαγές οι οποίες εκδηλώνονται σε ένα έλαιο κατά την χρήση του κάτω από οξειδωτικές συνθήκες άσχετα από το χρώμα ή άλλες ιδιότητες του ελαίου που προκύπτει.

- **Θεική τέφρα (Sulfated Ash):** Η θεική τέφρα είναι η ποσότητα που έχει παραμείνει αφού το δείγμα - καύσιμο έχει εξανθρακωθεί και το υπόλειμμα στη συνέχεια έχει επεξεργαστεί με θειικό οξύ και έχει θερμανθεί. Αυτή η μέθοδος αποκαλύπτει το υπόλειμμα της τέφρας μετά από την καύση του καυσίμου. Για το βιοντίζελ η μέθοδος αποτελεί σημαντικό παράγοντα της ποιότητας των μετάλλων στο καύσιμο, προερχόμενα από τον χρησιμοποιούμενο καταλύτη στην αντίδραση

της εστεροποίησης. Οι παραγωγοί που χρησιμοποιούν καταλύτη βάση θα πρέπει να διεξάγουν τον έλεγχο συστηματικά, αφού τα άλατα του καλίου ή του νατρίου μπορεί να προκαλέσουν μηχανική φθορά στους θαλάμους καύσης.

- **Σημείο πήξης:** Το σημείο πήξης είναι η θερμοκρασία στην οποία το υγρό παρουσιάζει για πρώτη φορά ένα είδος κρυσταλλικής δομής, αφού έχει ψυχθεί σε ειδικές συνθήκες. Το σημείο πήξης αποτελεί ένα βασικό παράγοντα για συμπεριφορά αυτών των καυσίμων diesel σε χαμηλές θερμοκρασίες. Ωστόσο, το σημείο πήξης είναι μια παράμετρος που θα πρέπει να προβλεφθεί με διακύμανση $\pm 5\%$ γνωρίζοντας τη σύνθεση των εστέρων. Οι παραγωγοί όμως θα πρέπει να ακολουθούν τη συγκεκριμένη μέθοδο. Δύο είναι οι τρόποι για να γνωρίζουν οι παραγωγοί το σημείο πήξης. Ο πρώτος περιλαμβάνει τη χρήση προσθέτων με στόχο την παρεμπόδιση στο σχηματισμό των κρυστάλλων στο B100 με ποικίλους μηχανισμούς. Επίσης, το σημείο πήξης μπορεί να υπολογιστεί αναμιγνύοντας ποσότητες με υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα με ποσότητες με χαμηλές περιεκτικότητες σε λιπαρά οξέα. Το αποτέλεσμα είναι ένα χαμηλότερο σημείο πήξης για το μίγμα.
- **Διάβρωση χάλκινου ελάσματος:** Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της διαβρωτικότητας του καυσίμου στο χαλκό. Η μέθοδος ελέγχει την παρουσία οξέων στο καύσιμο. Για το B100 η πιο πιθανή πηγή για αποτυχία στη μέθοδο είναι η παρουσία ελεύθερων λιπαρών οξέων. Οι παραγωγοί ίσως επιλέξουν να ακολουθήσουν τη μέθοδο κατά τακτά διαστήματα, αλλά ο αριθμός οξύτητας (D 664) αποτελεί την πιο σημαντική μέθοδο προσδιορισμού της συγκέντρωσης των οξέων στις αναλύσεις του ελέγχου ποιότητας.
- **Ελεύθερη και συνολική γλυκερίνη:** Η ελεύθερη γλυκερίνη είναι η γλυκερίνη που βρίσκεται ως μοριακή γλυκερίνη στο καύσιμο. Η ελεύθερη γλυκερίνη προέρχεται από τον ατελή διαχωρισμό του εστέρα και της γλυκερίνης μετά την αντίδραση της μετεστεροποίησης. Αυτό είναι αποτέλεσμα της μη αποτελεσματικής έκπλυσης με νερό ή άλλων επιδράσεων που οδηγούν σε μη ελεγχόμενο διαχωρισμό της γλυκερίνης από το βιοντίζελ. Η παραγόμενη

γλυκερίνη μπορεί να αποτελέσει πηγή εναπόθεσης άνθρακα στη μηχανή λόγω της ατελούς καύσης.

Η συνολική γλυκερίνη είναι το σύνολο της ελεύθερης και δεσμευμένης γλυκερίνης. Η δεσμευμένη γλυκερίνη είναι η αναλογία των μορίων των μονο-, δι-, και τριγλυκεριδίων. Υψηλές τιμές της συνολικής γλυκερίνης αποτελούν δείκτη της μη ολοκληρωμένης αντίδρασης της εστεροποίησης και πρόβλεψη μεγάλης εναπόθεσης άνθρακα στη μηχανή. Η μέθοδος ASTM D 6584 για ελεύθερη και συνολική γλυκερίνη θα πρέπει να πραγματοποιείται πολύ συχνά, καθώς αποτελεί τη μέθοδο «κλειδί» στο πρόγραμμα του ελέγχου ποιότητας.

5.2 Ποιοτικός έλεγχος βιοαιθανόλης

Οι παράμετροι που καθορίζουν την ποιότητα της βιοαιθανόλης είναι παρόμοιες με εκείνες που χρησιμοποιούνται για τον ποιοτικό έλεγχο της βενζίνης. Επιπλέον όμως γίνεται έλεγχος σε ορισμένες ιδιότητες που παρουσιάζει η βιοαιθανόλη όπως περιεκτικότητα σε νερό, περιεκτικότητα σε χλωρίδια και θειικά άλατα, βαθμός οξύτητας και pH. Στη συνέχεια περιγράφονται οι σημαντικότερες παράμετροι που καθορίζουν την ποιότητα της βιοαιθανόλης (www.biofuel-analysis.com/Bioethanol).

- **Πυκνότητα:** (Η μάζα που έχει 1 κυβικό μέτρο καυσίμου). Μεγαλύτερη πυκνότητα βενζίνης για το αυτοκίνητο σημαίνει περισσότερα χιλιόμετρα ανά λίτρο βενζίνης. Η πυκνότητα καθορίζεται από τη σύσταση της βενζίνης και πρέπει να είναι μέσα σε ορισμένα όρια.
- **Πτητικότητα:** (Ευκολία με την οποία εξατμίζεται η βενζίνη). Η πτητικότητα ενός καυσίμου προσδιορίζεται στο εργαστήριο από τα στοιχεία απόσταξης και από την τάση ατμών. Η πτητικότητα έχει μεγάλη σημασία για το κόστος παραγωγής του καυσίμου για την ασφάλεια στους χειρισμούς του, για τις απώλειες λόγω εξάτμισης του και κυρίως για τη λειτουργία του κινητήρα. Όσο αυξάνεται η πτητικότητα της βενζίνης τόσο ευκολότερα ξεκινά ο κινητήρας και τόσο ευκολότερα θερμαίνεται. Με υπερβολική αύξηση της πτητικότητας όμως υπάρχει κίνδυνος σχηματισμού πάγου στο ζίκλερ και κυρίως ατμόφραξης, δηλαδή παραγωγής υπερβολικής ποσότητας ατμών βενζίνης με αποτέλεσμα, να

παρεμποδίζεται η ροή υγρού καυσίμου και να σταματά η τροφοδοσία. Οι απαιτήσεις πτητικότητας των βενζινών εξαρτώνται από τις κλιματολογικές συνθήκες. Το χειμώνα χρειαζόμαστε περισσότερο πτητικές βενζίνες παρά το καλοκαίρι. Γι' αυτό και τα διυλιστήρια παράγουν βενζίνες διαφορετικής πτητικότητας τη χειμερινή περίοδο. Πρέπει να σημειωθεί ότι αύξηση της πτητικότητας των βενζινών οδηγεί σε σημαντική μείωση του μονοξειδίου του άνθρακα και των άκαυστων υδρογονανθράκων στα καυσαέρια.

- **Αριθμός οκτανίου:** Ο αριθμός οκτανίου είναι ένα μέτρο της τάσεως ενός καυσίμου για την εμφάνιση “κτύπηματος” (knock) στον βενζινοκινητήρα. Η βενζίνη μπαίνει στους κυλίνδρους μια μηχανής εσωτερικής καύσης μαζί με αέρα. Μέσα στους κυλίνδρους το μείγμα καυσίμου – αέρα βρίσκεται υπό πίεση και αναφλέγεται με τη βοήθεια των σπινθηριστών (μπουζί). Όταν όμως η πίεση ξεπεράσει κάποιο όριο, το οποίο εξαρτάται από την ποιότητα του καυσίμου, τότε η ανάφλεξη δεν γίνεται κανονικά αλλά αντίθετα προκαλείται αυτανάφλεξη του καυσίμου. Τότε ακούγεται ένας χαρακτηριστικός ήχος, το “κτύπημα”, ο οποίος δημιουργείται από την επίδραση του κρουστικού κύματος της πρόωρης έκρηξης του καυσίμου στα τοιχώματα του κυλίνδρου του κινητήρα. Αποτέλεσμα του φαινομένου αυτού είναι η μείωση της ενεργειακής απόδοσης του κινητήρα αλλά και η φθορά των κυλίνδρων της μηχανής.

Το “κτύπημα” δεν εμφανίζεται στην ίδια πίεση σε όλες τις βενζίνες καθώς αυτή εξαρτάται από μια σημαντική ιδιότητά τους, την θερμοκρασία αυτανάφλεξης. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία αυτή τόσο μεγαλύτερη αντικροτική ικανότητα εμφανίζει μία βενζίνη, δηλαδή τόσο περισσότερο μπορεί να συμπιεστεί χωρίς να δώσει κτύπημα. Είναι ευνόητο ότι το καύσιμο που μπορεί να συμπιεστεί περισσότερο θεωρείται και καλύτερης ποιότητας καθώς αυξάνεται η ενεργειακή απόδοση του κινητήρα.

Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός οκτανίου ενός καυσίμου τόσο μεγαλύτερη είναι και η επιτρεπόμενη σχέση συμπίεσεως, άρα και η ενεργειακή απόδοση του κινητήρα. Ο αριθμός οκτανίου ενός καυσίμου ορίζεται ως η % ποσότητα (κατ' όγκο) ισοοκτανίου (2,2,4-τριμεθυλο-πεντάνιο) σε πρότυπο μίγμα με n-επτάνιο έτσι ώστε αυτό το μίγμα να παρουσιάζει την ίδια αντικροτική συμπεριφορά (χτύπος της μηχανής) με το εξεταζόμενο καύσιμο.

- **Θείο:** Το θείο αποτελεί πρόσμιξη σημαντικής σημασίας για όλα σχεδόν τα προϊόντα πετρελαίου. Με την αποθείωση της βενζίνης έχουμε πολλαπλά οφέλη όπως:
 - μείωση της διαβρωτικής δράσης των βενζινών,
 - αύξηση αριθμού οκτανίου με μικρότερες ποσότητες οξυγονούχων ενώσεων στη βενζίνη,
 - μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος από SO₂.
- **Σταθερότητα στην οξείδωση:** Η σταθερότητα στην οξείδωση μιας βενζίνης εξαρτάται άμεσα από τη σύστασή της. Οι ολεφινικές ενώσεις παρουσιάζουν μικρότερη σταθερότητα σε σύγκριση με τις παραφινικές και αρωματικές ενώσεις. Οι ολεφινικές ενώσεις προέρχονται κυρίως από τις διεργασίες πυρόλυσης.
- **Διάβρωση χάλκινου ελάσματος:** Η διάβρωση αποτελεί ένα σημαντικό πρόβλημα όχι μόνο λόγω της φθοράς του εξοπλισμού αλλά επειδή τα μέταλλα που αποσπώνται μπορεί να δράσουν ως καταλύτες αντιδράσεων οξείδωσης συστατικών του καυσίμου και σχηματισμού αποθέσεων. Η διάβρωση είναι συνάρτηση της περιεκτικότητας του καυσίμου σε νερό, οξυγονούχα συστατικά, είδος και περιεκτικότητα σε θειούχες ενώσεις, καθώς και αντιδιαβρωτικά πρόσθετα. Η μέθοδος διάβρωσης χάλκινου ελάσματος δίνει μια ένδειξη της διαβρωτικότητας του καυσίμου.
- **Μόλυβδος:** Η τοξικότητα του μολύβδου είναι γνωστή από αιώνες. Ο τετρααιθυλιούχος μόλυβδος προσθετόταν στη βενζίνη από το 1920, με σκοπό την αύξηση του αριθμού οκτανίου και συγχρόνως τη λίπανση των εδράνων των βαλβίδων του κινητήρα. Η βελτίωση των μεθόδων διύλισης του πετρελαίου, σε συνδυασμό με τη νέα τεχνολογία σχεδίασης και κατασκευής κινητήρων έκαναν δυνατή τη μείωση της περιεκτικότητας της βενζίνης σε μόλυβδο. Στην Οδηγία της ΕΟΚ 85/210 αναφέρεται ότι η μολυβδωμένη βενζίνη θα έχει περιεκτικότητα σε μόλυβδο όχι ανώτερη των 0,40g/l. Τα κράτη μέλη θα μειώσουν τη στιγμή που θα κρίνουν ενδεδειγμένο (πάντως όχι μετά την 1-10-1989) την περιεκτικότητα της βενζίνης σε μόλυβδο σε 0,15g/l. Στην Ελλάδα από το 1965 οι προδιαγραφές των βενζινών προέβλεπαν ανώτερο ποσό μολύβδου 0,84g/l.

Στην ίδια Οδηγία της ΕΟΚ προβλέπεται η υποχρεωτική εμπορία αμόλυβδης βενζίνης σε όλα τα κράτη-μέλη από 1-10-1989. Στην Ελλάδα με την απόφαση 93/1987 του ΑΧΣ προδιαγράφεται η αμόλυβδη βενζίνη, και από το Μάιο 1986 άρχισε η διάθεση της από ορισμένα επιλεγμένα πρατήρια σ' όλη τη χώρα.

Ο όρος "αμόλυβδη βενζίνη" σημαίνει απλώς ότι δεν προστέθηκε μόλυβδος στο διυλιστήριο. Επειδή όμως μπορεί να γίνουν επιμολύνσεις της βενζίνης με μόλυβδο στο κύκλωμα διανομής, οι προδιαγραφές επιτρέπουν την ύπαρξη μολύβδου 0,005g/l κατ' ανώτατο όριο σύμφωνα με τις επιταγές της Οδηγίας 98/70/ΕΚ όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει, για να προστατεύονται οι καταλυτικοί μετατροπείς και το περιβάλλον. Τα υπάρχοντα αυτοκίνητα μπορούν να χρησιμοποιήσουν αμόλυβδη βενζίνη εφόσον έχουν σκληρά έδρανα βαλβίδων.

- **Περιεκτικότητα σε νερό:** Η βιοαιθανόλη αναμιγνύεται με τη βενζίνη σε διάφορες αναλογίες προκειμένου να μειωθούν η μεγάλη ζήτηση για τη βενζίνη και η περιβαλλοντική ρύπανση. Το μείγμα βενζίνη-οινοπνεύματος είναι γνωστό στις ΗΠΑ ως gasohol και στη Βραζιλία ως Gasolina τύπου Γ. Στις ΗΠΑ τα μίγματα E10 και E85, που περιέχουν τη βιοαιθανόλη 10% και 85% αντίστοιχα, είναι διαδεδομένα. Στη Βραζιλία η περιεκτικότητα σε βιοαιθανόλη των περισσότερων μιγμάτων βρίσκεται μεταξύ 21% και 23%.

Το ASTM E 1064 (τυποποιημένη μέθοδος δοκιμής για το νερό στα οργανικά υγρά) περιγράφει την ποτενσιομετρική τιτλοδότηση του Karl Fischer για τον καθορισμό της περιεκτικότητας σε νερό.

- **Χλωρίδια και θειικά άλατα στην βιοαιθανόλη:** Η μόλυνση της βιοαιθανόλης με τα ανόργανα ανιόντα όπως τα χλωρίδια και τα θειικά άλατα μπορεί να έχει επιπτώσεις στην απόδοση των μηχανών επειδή μπορεί τα άλατα να κατακρημνιστούν φράζοντας τα φίλτρα και τα ακροφύσια των εγχυτήρων καυσίμων. Επιπλέον, τα άλατα αυτά προκαλούν διάβρωση των τμημάτων της μηχανής των οχημάτων που έρχονται σε επαφή με το καύσιμο της βιοαιθανόλης. Με αυτή την προοπτική, η προδιαγραφή ASTM D 4806 αιθανόλης περιορίζει την περιεκτικότητα σε θειικό άλας και χλωριδίου σε 4.0 και 40 ppm, αντίστοιχα. Τα ASTM D 512 και ASTM D 318 ορίζουν τη χρήση της ποτενσιομετρικής τιτλοδότησης για το χλωρίδιο και το θειικό άλας, αντίστοιχα.

- **Αριθμός οξύτητας:** Ο αριθμός οξύτητας είναι μια παράμετρος για όλα τα όξινα συστατικά συγχρόνως όμως, είναι και ένα μέτρο για την εκτίμηση της μακροπρόθεσμης σταθερότητας και της διάβρωσης των βιοκαυσίμων. Όσο μικρότερος είναι ο αριθμός οξύτητας, τόσο υψηλότερη η ποιότητα της βιοαιθανόλης. Η μέθοδος EN 14104 χρησιμοποιείται για τον καθορισμό του αριθμού οξύτητας και ορίζει μια μη υδατική ποτενσιομετρική τιτλοδότηση οξέως-βάσεων. Αυτό περιλαμβάνει τη διάλυση του δείγματος σε ένα μίγμα βιοαιθανόλης/διαιθυλικού αιθέρα και την τιτλοδότηση του με το υδροξείδιο καλίου που διαλύεται στην προπανόλη-2 (1 mol/L).
- **pH:** Η τιμή του pH είναι ένα σημαντικό ποιοτικό κριτήριο για όλα τα βιοκαύσιμα. Λόγω της αναμενόμενης χαμηλής αγωγιμότητας του δείγματος, το ηλεκτρόδιο του πεχαμέτρου πρέπει να προστατευθεί ιδιαίτερα καλά προκειμένου να κατασταλούν οι ηλεκτροστατικές επιρροές.

Κεφάλαιο 6. Ανάλυση κύκλου ζωής (ΑΚΖ) βιοκαυσίμων

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

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

Το πολύ ισχυρό αυτό εργαλείο μπορεί να συμβάλλει στη διαμόρφωση περιβαλλοντικών νόμων, να βοηθήσει τους κατασκευαστές να αναλύσουν τις διεργασίες τους και να βελτιώσουν τα προϊόντα τους καθώς επίσης και να διευκολύνει τους καταναλωτές παρέχοντάς τους τις πληροφορίες που χρειάζονται όταν πρόκειται να επιλέξουν μεταξύ διαφορετικών προϊόντων. Η ΑΚΖ ως εργαλείο αναπτύχθηκε την τελευταία δεκαετία. Στην Ευρώπη η ανάπτυξή της συνδυάστηκε με την εξάπλωση της οικολογικής σήμανσης (Κανονισμός ΕΟΚ 880/92): Η θέσπιση κριτηρίων για την απονομή οικολογικού σήματος σε ένα προϊόν προϋποθέτει την διενέργεια Ανάλυσης Κύκλου Ζωής του προϊόντος. Μέχρι σήμερα το Ευρωπαϊκό οικολογικό σήμα έχει απονεμηθεί σε 192 προϊόντα. Σε διεθνές επίπεδο αναμένεται ακόμη μεγαλύτερη εξάπλωση της ΑΚΖ μέσω της ένταξής της στη σειρά προτύπων ISO 14000. Το ISO 14040 είναι το πρότυπο που αναφέρεται στην ΑΚΖ ως εργαλείο περιβαλλοντικής διαχείρισης και αναπτύσσεται ιδιαίτερα τον τελευταίο καιρό σε παγκόσμια κλίμακα (Μουσιόπουλος και Μπούρα, 1998).

6.1 Στάδια κύκλου ζωής

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

(Μουσιόπουλος και Μπούρα, 1998). Στο παρακάτω σχήμα 14 περιγράφονται τα στάδια κύκλου ζωής.

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

Σχήμα 14: Στάδια κύκλου ζωής (πηγή: <http://aix.meng.auth.gr/helcare/LCA/LCA.htm>).

6.2 Η ανάλυση κύκλου ζωής στο GEMIS

Το GEMIS (Global Emission Model for Integrated Systems) στοχεύει στην εκτίμηση των συνολικών επιδράσεων του κύκλου ζωής διαφόρων διεργασιών που αφορούν ενέργεια, μεταφορές και υλικά. Προσφέρει περιβαλλοντικά δεδομένα και δεδομένα κόστους για ενέργειες, υλικά και μεταφορικά συστήματα, καθώς επίσης περιλαμβάνεται και ο κύκλος ζωής τους. Τα περιβαλλοντικά δεδομένα καλύπτουν ατμοσφαιρικούς ρύπους, αέρια του θερμοκηπίου, υγρά και στερεά απόβλητα και τέλος χρήση γης. Τα δεδομένα κόστους αφορούν το επενδυτικό, το μεταβλητό και το σταθερό ετήσιο κόστος (www.oeko.de/service/gemis).

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

6.2.1 Βασικές έννοιες

- **Χρόνος λειτουργίας** είναι το ποσό των ωρών λειτουργίας ετησίως (h/yr) κατά τη διάρκεια των οποίων έχουμε μέγιστη λειτουργία της διαδικασίας. Αυτό είναι ισοδύναμο με το αποκαλούμενο συντελεστή φορτίου, που δίνεται σε ποσοστό επί τις εκατό (%) ($=100 \cdot \text{χρόνος λειτουργίας} / 8760$). Από το χρόνο λειτουργίας και την εγκατεστημένη δυνατότητα, το πρόγραμμα υπολογίζει την ετήσια παραγωγή, από την οποία εξάγονται συμπεράσματα για τις ετήσιες εκπομπές και χρησιμοποιώντας τον χρόνο ζωής- τις ετήσιες δαπάνες, τη χρήση γης και τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή.
- **Ελάχιστη θερμοαντική αξία (LHV)** είναι το ενεργειακό περιεχόμενο του καυσίμου ως αποτέλεσμα της πλήρους οξειδωσης (καύση) αυτού, αποκλείοντας την ενέργεια που καταναλώθηκε για την εξάτμιση της υγρασίας κατά τη διαδικασία της καύσης. Θεωρείται λοιπόν ότι οι υδρατμοί που παρήχθησαν κατά τη καύση εξέρχονται μαζί με τα καυσαέρια στο περιβάλλον χωρίς να επαναυγροποιηθούν οπότε και η θερμότητα που απορρόφησαν δεν ανακτάται.
- **Μέγιστη θερμοαντική αξία (HHV)** είναι το θεωρητικό ενεργειακό περιεχόμενο του καυσίμου ως αποτέλεσμα της πλήρους οξειδωσης (καύση) αυτού,

περιλαμβάνοντας και την ενέργεια που καταναλώθηκε για την εξάτμιση της υγρασίας κατά τη διαδικασία της καύσης. Θεωρείται δηλαδή ότι οι υδρατμοί που παρήχθησαν κατά τη καύση επαναυδροποιούνται πλήρως οπότε αποδίδουν το ποσό θερμότητας που απορρόφησαν κατά την αεριοποίησή τους. Οι διαφορές μεταξύ της LHV και HHV εξαρτώνται από τον τύπο του καυσίμου. Κυμαίνονται μεταξύ 5 - 20%. Σε διεθνείς κύκλους και ιδιαίτερα στην Αμερική, τα δεδομένα για την αποδοτικότητα, το κόστος και τους συντελεστές εκπομπών βασίζονται στη HHV, ενώ στην Ευρώπη και τις περισσότερες άλλες χώρες αναφέρονται κυρίως στο LHV.

- **Συντελεστής εκπομπής** είναι το συγκεκριμένο ποσό εκπομπών ανά μονάδα δραστηριότητας. Οι συντελεστές εκπομπής στο συγκεκριμένο πρόγραμμα αναφέρονται στο προϊόν της διεργασίας
 - για ενεργειακές διεργασίες έχουμε πχ. kg/MWh ηλεκτρισμού ή θερμότητας
 - για συστήματα μεταφοράς έχουμε πχ. kg/t*km ή kg/P*km
 - για υλικές διεργασίες έχουμε πχ. kg/kg του προϊόντος
- **Οι περιβαλλοντικοί δείκτες** είναι κατηγορίες που περιγράφουν ποσοτικά τα περιβαλλοντικά φορτία. Το GEMIS καλύπτει τους ακόλουθους περιβαλλοντικούς δείκτες
 - **πρόδρομοι όξινης απόθεσης:** SO₂, NO_x, HCl, HF, NH₃, H₂S
 - **πρόδρομοι όζοντος:** CO, CH₄, NMVOC, NO_x
 - **αέρια του θερμοκηπίου:** CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, PFC, HFC
 - **ευτροφισμός:** N, P, COD
 - **στερεά απόβλητα:** υπερφορτίο, τέφρα, λάσπη επεξεργασίας λυμάτων, απόβλητα παραγωγής, FGD υπολείμματα
 - **υγρά απόβλητα:** AOX, BOD, COD, N,P, ανόργανα άλατα
 - **πόροι:** χρήση γης, CEC, CER (primary energy), CMR (raw materials)
- **CEC (Cumulated Energy Consumption)** είναι η συσσωρευμένη κατανάλωση ενέργειας και είναι ένα κριτήριο για τις ολικές δαπάνες των ενεργειακών πόρων (αρχική ενέργεια) για την παροχή ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας. Το CEC μπορεί να διαχωριστεί σε ανανεώσιμες και μη- ανανεώσιμες αρχικές ενέργειες.
- **CER (Cumulated Energy Requirement)** είναι η συσσωρευμένη απαιτούμενη ενέργεια, ένα κριτήριο για την ολική ποσότητα των ενεργειακών πόρων που

απαιτείται για την παράδοση ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας. Η CEC διαφέρει από την CER στο γεγονός ότι καλύπτει ενεργειακές δαπάνες για την παροχή των απαραίτητων υλικών χωρίς να λαμβάνει την αξία θερμότητας.

- **CMR (Cumulated Material Requirement)** είναι ένα ποσοτικό μέτρο για την ολική ποσότητα των πρώτων υλών που χρειάζονται για την παράδοση ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας.
- **Ισοδύναμο CO₂**, αντιστοιχεί στο αποτέλεσμα της συνάθροισης των αερίων του θερμοκηπίου, που λαμβάνουν υπόψη την αντίστοιχη δυνατότητα αύξησης της θερμοκρασίας της γης.
- **Ισοδύναμο SO₂**, είναι η ποσοτική έκφραση της δυνατότητας δημιουργίας όξινης απόθεσης, βασιζόμενη στην σχετική οξύτητα του SO₂. Στο ισοδύναμο SO₂ περιλαμβάνονται επίσης και οι ατμοσφαιρικές εκπομπές NO_x, HCl, HF, NH₃ και H₂S.
- **TOPP (Tropospheric Ozone Precursor Potential)**, ορίζεται η δυνατότητα δημιουργίας πρόδρομων τροποσφαιρικού όζοντος και είναι το ισοδύναμο μάζας του ρυθμού σχηματισμού όζοντος από πρόδρομα μόρια. Το TOPP αντιπροσωπεύει τον ενδεχόμενο σχηματισμό όζοντος κοντά στο έδαφος το οποίο μπορεί να προκαλέσει αιθαλομίχλη.
- **Δευτερογενείς πόροι** χαρακτηρίζονται στο πρόγραμμα τα απόβλητα (υπολείμματα) που έχουν τη δυνατότητα να επαναχρησιμοποιηθούν με τη μορφή υλικών ή ενέργειας. Στα αποτελέσματα που παρουσιάζονται παρακάτω για το CER, περιλαμβάνονται στην κατηγορία 'other'.
- **Οι πόροι** στο πρόγραμμα GEMIS είναι προϊόντα που αντιπροσωπεύουν το απόθεμα των αρχικών ενεργειών και των πρώτων υλών. Οι πόροι είναι τα δεδομένα εισαγωγής για τις διαδικασίες εξαγωγής και επομένως η αρχή στις αλυσίδες διεργασιών.
- **Πρώτες ύλες** είναι οι πόροι οι οποίοι μετατρέπονται σε χρήσιμα αρχικά υλικά. Παραδείγματος χάριν είναι τα μεταλλεύματα (μέταλλα, αμμοχάλικος, άμμος, πέτρες), ο αέρας και το νερό καθώς επίσης το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο, ο άνθρακας (κάρβουνο) και η βιομάζα.
- **Αρχικές ενέργειες** είναι οι ενεργειακοί πόροι, συμπεριλαμβανομένων ορυκτών και πυρηνικών ενεργειακών μεταφορέων (μη-ανανεώσιμοι), ανανεώσιμες ενέργειες (βιομάζα, γεωθερμική, υδροηλεκτρική, ηλιακή, αιολική), αλλά όχι απόβλητα που περιλαμβάνονται όπως προαναφέρθηκε στους δευτερογενείς

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

- **Ενεργειακοί μεταφορείς** είναι τα καύσιμα (π.χ. βενζίνη, κάρβουνο, H₂, ξύλο), ο ηλεκτρισμός, η θερμότητα καθώς επίσης και το ουράνιο.
- **Εξωτερικό κόστος** είναι το περιβαλλοντικό κόστος των εκπομπών. Αυτές οι δαπάνες αντιπροσωπεύουν την νομισματική αξία των εκπομπών ή την αποφυγή των εκπομπών και υπολειμμάτων. Το εξωτερικό κόστος δεν είναι μέρος των συνηθισμένων οικονομικών υπολογισμών. Το κοινωνικό κόστος από τις εκπομπές και τα υπολείμματα είναι πέρα από το πεδίο της ιδιωτικής οικονομικής εκτίμησης, αν και από κοινωνική άποψη, οι εξωτερικές δαπάνες πρέπει να ληφθούν στις αποφάσεις σχετικά με τις επενδύσεις και την προμήθεια. Η βάση δεδομένων του μοντέλου για το εξωτερικό κόστος, δίνει τις τιμές για τους ατμοσφαιρικούς ρύπους και για τα αέρια του θερμοκηπίου που αντιστοιχούν στο κόστος της αποφυγής ή του ελέγχου αυτών.
- **Αποδοτικότητα** είναι η ποσοτική αναλογία ανάμεσα στο τελικό προϊόν της διεργασίας και στο αρχικό εισαγόμενο προϊόν, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη βοηθητικές ενέργειες και υλικά.
- **Εκπομπές** είναι τα προϊόντα που σχετίζονται με τη λειτουργία της διεργασίας. Στο πρόγραμμα GEMIS, οι εκπομπές αποτελούνται από τους ατμοσφαιρικούς ρύπους, τα αέρια του θερμοκηπίου, τα στερεά και υγρά απόβλητα.
 - **ατμοσφαιρικοί ρύποι** περιλαμβάνουν κυρίως το SO₂, NO_x, HCl, HF, NH₃, H₂S από τα οποία το GEMIS καθορίζει τη δυνατότητα δημιουργίας όξινης απόθεσης και CO, NMVOC, NO_x από τα οποία καθορίζει τη δυνατότητα δημιουργίας πρόδρομων αερίων του όζοντος..
 - **αέρια του θερμοκηπίου** περιλαμβάνει κυρίως τα CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, PFC και HFC.
 - **στερεά απόβλητα** περιλαμβάνει κυρίως το υπερφορτίο, την τέφρα, επεξεργασία λυμάτων λάσπης, FGD (flue – gas - desulfurization, emission control technology) υπολείμματα και απόβλητα παραγωγής.
 - **υγρά απόβλητα** περιλαμβάνει κυρίως τους περιβαλλοντικούς δείκτες AOX, BOD, COD, N, P και ανόργανα άλατα.
- **Ισχύς** είναι η ικανότητα μιας διεργασίας, κατά την οποία μπορεί να παράγει προϊόντα, δηλαδή ποσότητα προϊόντων στη μονάδα χρόνου. Ανάλογα με την

διεργασία, η δυναμικότητα μπορεί να αφορά ενέργεια (πχ. MW ηλεκτρισμού), ή υλικά (πχ. tn/hr), ή μέσα μεταφοράς (πχ. miles/yr).

6.2.2 Υποθέσεις

1. Η μελέτη γίνεται βάση δεδομένων του 2000.
2. Για τον υπολογισμό της AKZ για όλες τις διεργασίες παραγωγής χρησιμοποιήθηκε ο LHV.
3. Λόγω του ότι δεν υπάρχει ακόμα πρακτική εμπειρία στην Ελλάδα γύρω από την καλλιέργεια των πρώτων υλών των βιοκαυσίμων και την επεξεργασία αυτών, οι τιμές στις κύριες διεργασίες είναι υποθετικές βάση αποτελεσμάτων της Γερμανίας και όσο το δυνατόν προσαρμοσμένες στα ελληνικά δεδομένα.
4. Οι μεμονωμένες εκπομπές από κάθε διεργασία, λόγω της δύσκολης εύρεσης τους, ελήφθησαν από τη βάση δεδομένων του μοντέλου.
5. Η παραγωγή προϊόντων με βάση το αργό πετρέλαιο στην Ελλάδα, όπως ντίζελ και βενζίνη, έγινε με βάση την παρακάτω αλυσίδα διεργασιών:
 - i. Πρωτοβάθμια παράκτια εξαγωγή αργού πετρελαίου στην Ε.Ε (Βόρεια Θάλασσα). Για τη γεώτρηση χρειάστηκε ηλεκτρική ενέργεια ($1 \cdot 10^{-3}$ kWh/kWh), ισχύς - μηχανική ($2 \cdot 10^{-3}$ kWh/kWh) καθώς και θερμότητα ($2,3 \cdot 10^{-3}$ kWh/kWh).
 - ii. Μίγμα πετρελαίου πρωτοβάθμιας (50%) και δευτεροβάθμιας (50%) εξαγωγής στην Ε.Ε.
 - iii. Μεταφορά του αργού πετρελαίου μέσω σωληνώσεων στην Ε.Ε. Ως βοηθητική ενέργεια χρησιμοποιείται το μίγμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τις χώρες της Ε.Ε.
 - iv. Μίξη αργού πετρελαίου διαφόρων προμηθευτών στην Ελλάδα. Το αργό πετρέλαιο προμηθεύεται κατά 15% από την Ε.Ε, κατά 13% από την Ελλάδα, κατά 22% από τη Ρωσία και τέλος 50% εισάγεται από τις χώρες OPEC. Η μεταφορά από τις χώρες OPEC γίνεται με τάνκερ.
 - v. Μεταφορά του μίγματος αργού πετρελαίου μέσω σωληνώσεων στην Ελλάδα. Ως βοηθητική ενέργεια χρησιμοποιείται η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται στην Ελλάδα και περιγράφεται παρακάτω.
 - vi. Απόσταξη του μίγματος.
 - vii. Παραγωγή επιθυμητού προϊόντος.

- viii. Σταθμοί ανεφοδιασμού καυσίμου
- ix. Χρήση από το όχημα.

6.3 Συνοπτική περιγραφή της παραγωγής βιοντίζελ με πρώτη ύλη τον ηλίανθο

(i) Κύριες Διεργασίες

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

(ii) Μεταφορές

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

(iii) Δευτερεύουσες διεργασίες

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

6.4 Συνοπτική περιγραφή της παραγωγής βιοαιθανόλης με πρώτη ύλη το ζαχαρότευτλο

(i) Κύριες Διεργασίες

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

(ii) Μεταφορές

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

(iii) Δευτερεύουσες διεργασίες

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

6.5 Αποτελέσματα ανάλυσης κύκλου ζωής βιοντίζελ και βιοαιθανόλης³

Από την ανάλυση κύκλου ζωής βιοντίζελ παραγόμενο από ηλίανθο και βιοαιθανόλης παραγόμενης από ζαχαρότευτλα συγκρινόμενο με τα αντίστοιχα συμβατικά καύσιμα δηλαδή ντίζελ και βενζίνη προκύπτει ο παρακάτω πίνακας 6 για τους ατμοσφαιρικούς ρύπους CO₂, CO, SO₂, N₂O και NO_x.

Πίνακας 6: Εκπομπές συμβατικών καυσίμων και βιοκαυσίμων για τους ρύπους CO₂, CO, SO₂, N₂O και NO_x.

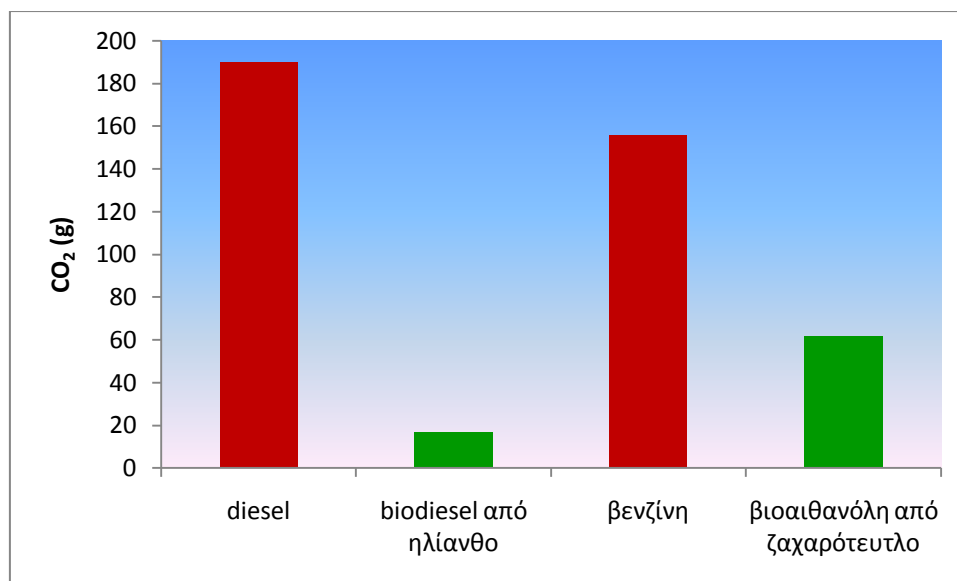
	CO ₂ (g)	CO (g)	SO ₂ (g)	N ₂ O (g)	NO _x (g)
diesel	189,77	0,281	0,15	0,00874	0,334
biodiesel από ηλίανθο	16,756	0,199	0,0673	0,0936	0,212
βενζίνη	155,63	0,746	0,134	0,00786	0,15
βιοαιθανόλη από ζαχαρότευτλο	61,77	0,787	0,222	0,0838	0,261

Οι τιμές του CO₂ από την AKZ του ντίζελ προέρχονται κατά 85% από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από τα οχήματα, ενώ ένα ποσοστό 5% προέρχεται από τις διεργασίες απόσταξης του ντίζελ. Οι υπόλοιπες διεργασίες συμμετέχουν σε πολύ μικρό ποσοστό.

Οι τιμές του CO₂ από την AKZ του βιοντίζελ παραγόμενο από ηλίανθο, προέρχονται κατά 37% από το λίπασμα του αζώτου που χρησιμοποιείται ως βοηθητικό υλικό στην καλλιέργεια, ενώ ένα ποσοστό 28% προέρχεται από τον λιγνίτη που χρησιμοποιείται για την ηλεκτροπαραγωγή. Ένα ποσοστό 31% προέρχεται από την καλλιέργεια του ηλίανθου, ενώ ποσοστό 17% προέρχεται από την διεργασία της αποθήκευσης και την ξήρανσης και ποσοστό 3% προέρχεται από το φορτηγό που μεταφέρει το προϊόν.

Οι τιμές του CO₂ από την AKZ της βενζίνης προέρχονται κατά 82% από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από τα οχήματα, ενώ ένα ποσοστό 8% προέρχεται από τις διεργασίες απόσταξης του αργού πετρελαίου. Οι υπόλοιπες διεργασίες συμμετέχουν σε πολύ μικρό ποσοστό.

³ "Ανάλυση κύκλου ζωής βιοαιθανόλης και βιοντίζελ ως καύσιμα μεταφοράς"- Καλαμπόγια Ευδοκία



Διάγραμμα 1: Γραφική παράσταση εκπομπών συμβατικών καυσίμων και βιοκαυσίμων ως προς το CO₂.

Οι τιμές CO₂ από την ΑΚΖ της βιοαιθανόλης παραγόμενη από ζαχαρότευτλο, προέρχονται κατά 77% από την κύρια διεργασία της ζύμωσης, ένα ποσοστό 8% από το λίπασμα αζώτου που χρησιμοποιείται ως βοηθητικό υλικό της καλλιέργειας και ένα ποσοστό 6% από την καλλιέργεια του ζαχαρότευτλου.

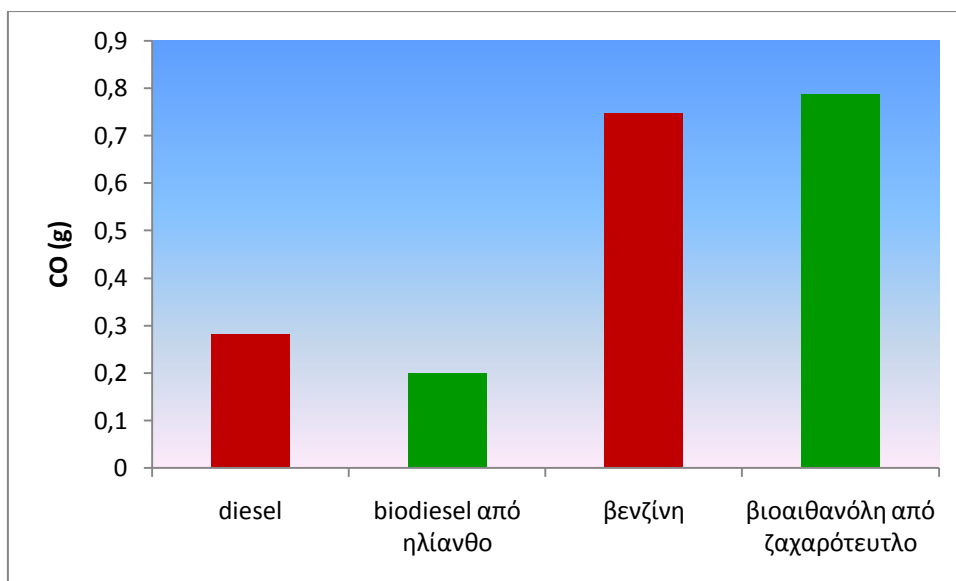
Στο διάγραμμα 1 παρουσιάζονται οι εκπομπές των συμβατικών καυσίμων και βιοκαυσίμων ως προς το CO₂.

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

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

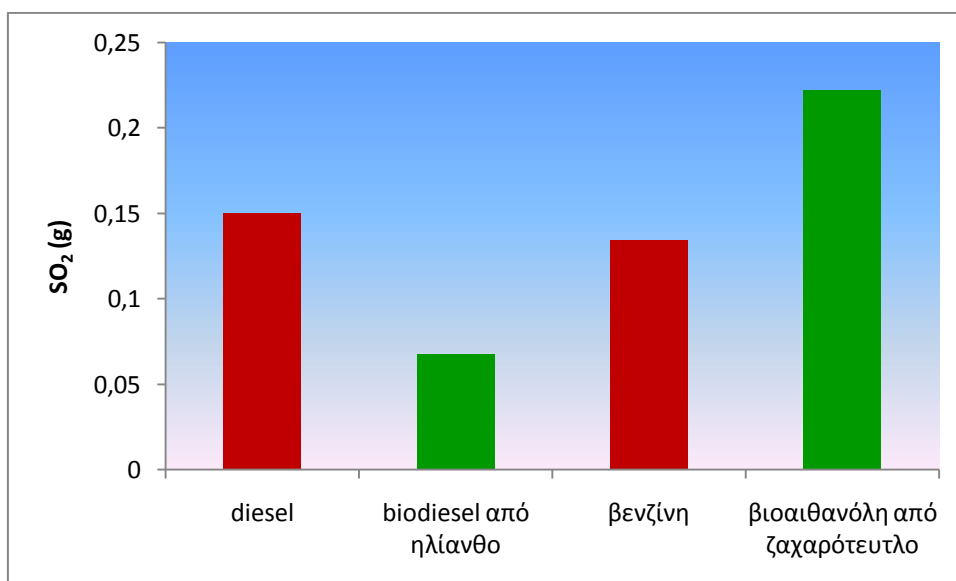
Οι τιμές του CO από την ΑΚΖ της βιοαιθανόλης παραγόμενη από ζαχαρότευτλο, προέρχονται από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από το όχημα σε ποσοστό περίπου 91%, από την κύρια διεργασία της ζύμωσης σε ποσοστό 3% και από την κύρια διεργασία της καλλιέργειας σε ποσοστό 1%.

Στο διάγραμμα 2 παρουσιάζονται οι εκπομπές των συμβατικών καυσίμων και βιοκαυσίμων ως προς το CO.



Διάγραμμα 2: Γραφική παράσταση εκπομπών συμβατικών καυσίμων και βιοκαυσίμων ως προς το CO.

Οι τιμές του SO₂ από την AKZ του ντίζελ και της βενζίνης (διάγραμμα 3) προέρχονται από την βοηθητική διεργασία παραγωγής θερμότητας για την εξαγωγή του πετρελαίου στην Ρωσία (Σιβηρία) και στις χώρες OPEC, κατά 24% και 7% αντίστοιχα, ένα ποσοστό 15% περίπου προέρχεται από το τάνκερ, ένα ποσοστό 14% από διεργασίες απόσταξης του προϊόντος και ένα ποσοστό 8% από τον λιγνίτη που χρησιμοποιείται στην ηλεκτροπαραγωγή.



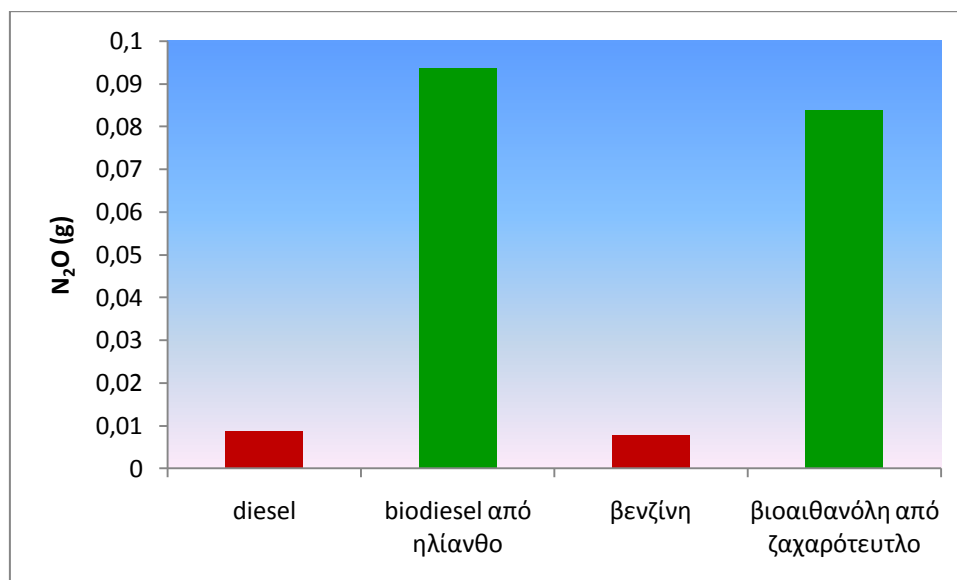
Διάγραμμα 3: Γραφική παράσταση εκπομπών συμβατικών καυσίμων και βιοκαυσίμων ως προς το SO₂.

Οι τιμές του SO₂ από την AKZ του βιοντίζελ παραγόμενο από ηλίανθο, προέρχονται κυρίως από τον λιγνίτη σε ποσοστό 104%, από το λίπασμα φωσφόρου σε ποσοστό 23% και από το λίπασμα αζώτου σε ποσοστό 15%.

Οι τιμές του SO₂ από την AKZ της βιοαιθανόλης παραγόμενη από ζαχαρότευτλα, προέρχονται από την κύρια διεργασία της ζύμωσης σε ποσοστό 120%, από τον λέβητα βαρύ πετρελαίου για τη θερμότητα βιομηχανικής διεργασία στην Ελλάδα και την Ρωσία, πιο συγκεκριμένα για την εξαγωγή του πετρελαίου, σε ποσοστό 16% και 5% αντίστοιχα, από την λίπασμα φωσφόρου και αζώτου, που χρησιμοποιούνται ως βοηθητικά υλικά στην καλλιέργεια σε ποσοστό 4% και 3% αντίστοιχα και από το τάνκερ σε ποσοστό 3%.

Οι τιμές του πρωτοξειδίου του αζώτου (N₂O) (διάγραμμα 4) από την AKZ του ντίζελ προέρχονται κατά 91% από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από τα οχήματα.

Οι τιμές του πρωτοξειδίου του αζώτου (N₂O) από την AKZ του βιοντίζελ παραγόμενο από ηλίανθο, προέρχονται κατά 53% από την καλλιέργεια του ηλίανθου και κατά 40% από το λίπασμα αζώτου που χρησιμοποιείται ως βοηθητικό υλικό της καλλιέργειας και κατά 6% από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από τα οχήματα.



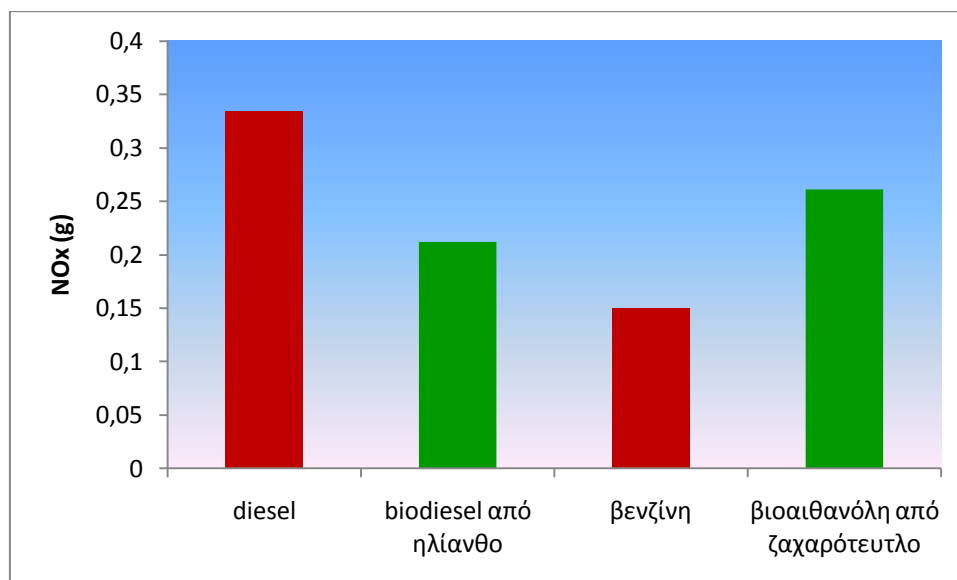
Διάγραμμα 4: Γραφική παράσταση εκπομπών συμβατικών καυσίμων και βιοκαυσίμων ως προς το N₂O.

Οι τιμές του πρωτοξειδίου του αζώτου (N_2O) από την ΑΚΖ της βενζίνης προέρχονται κατά 89% από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από τα οχήματα.

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

Οι τιμές του NO_x από την ΑΚΖ του ντίζελ και της βενζίνης όπως προκύπτει από το διάγραμμα 5 προέρχονται από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από το όχημα σε ποσοστό 74% και 49% αντίστοιχα και από το τάνκερ με ποσοστό 7% και 14% αντίστοιχα.

Οι τιμές του NO_x από την ΑΚΖ του βιοντίζελ παραγόμενο από ηλιάνθο, προέρχονται κυρίως από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από το όχημα σε ποσοστό 85% περίπου, από το λίπασμα αζώτου σε ποσοστό κάτω του 35%, από την κύρια διεργασία της καλλιέργειας σε ποσοστό 25%, από το λιγνίτη που χρησιμοποιείται για την ηλεκτροπαραγωγή σε ποσοστό 7% και από το λίπασμα φωσφόρου σε ποσοστό 6%.



Διάγραμμα 5: Γραφική παράσταση εκπομπών συμβατικών καυσίμων και βιοκαυσίμων ως προς το NO_x .

Οι τιμές του NO_x από την AKZ της βιοαιθανόλης παραγόμενη από ζαχαρότευτλο, προέρχονται κυρίως από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από το όχημα σε ποσοστό 28%, από την κύρια διεργασία της ζύμωσης σε ποσοστό περίπου 24%, από το λίπασμα αζώτου σε ποσοστό 16% και 12% αντίστοιχα, από την κύρια διεργασία της καλλιέργειας σε ποσοστό 16% και 10%, από το φορτηγό, από το τάνκερ, από το τρακτέρ και από το λίπασμα φωσφόρου σε μικρότερα ποσοστά.

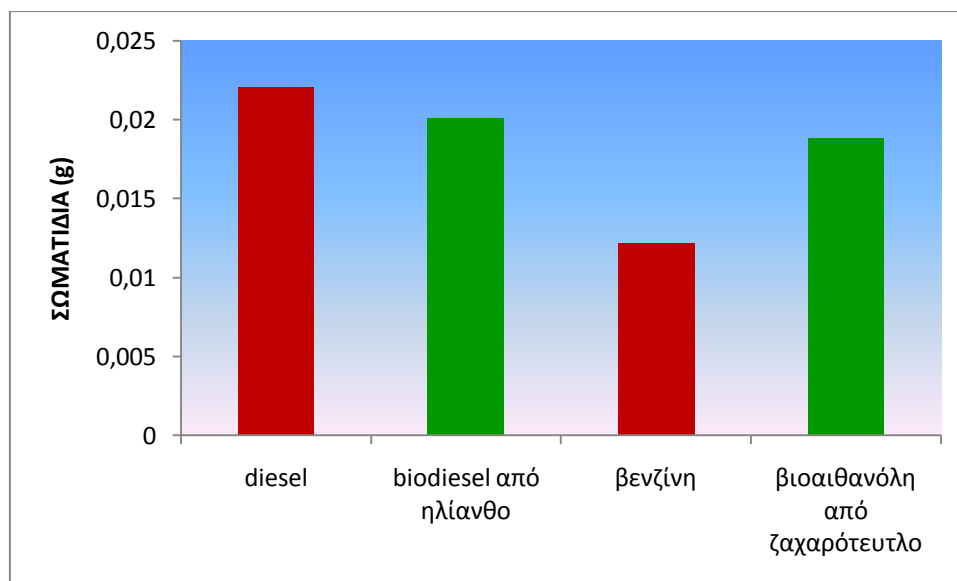
Ο παρακάτω πίνακας 7 που δείχνει τις εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων, τη χρήση γης, το τελικό κόστος και τις απαιτήσεις σε ενέργεια των βιοκαυσίμων σε σύγκριση με τα αντίστοιχα συμβατικά καύσιμα δηλαδή ντίζελ και βενζίνη, προέκυψε από την ανάλυση κύκλου ζωής του βιοντίζελ και της βιοαιθανόλης που παράγονται από ηλιάνθο και ζαχαρότευτλα αντίστοιχα.

Πίνακας 7: Εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων συμβατικών καυσίμων - βιοκαυσίμων και οι απαιτήσεις τους ως προς τη χρήση γης, το τελικό κόστος και την ενέργεια.

	Σωματίδια (g)	Χρήση γης	Τελικό κόστος	A.Π.Ε (kwh)	Συνολική Ενέργεια (kwh)
diesel	0,0221	0,000568	0,121		0,707
biodiesel από ηλιάνθο	0,0201	0,302	0,0403	0,602	0,0721
βενζίνη	0,0122	0,000404	0,121		0,581
βιοαιθανόλη από ζαχαρότευτλο	0,0188	0,133	0,196	0,433	0,241

Οι τιμές των σωματιδίων από την AKZ του ντίζελ όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 6 προέρχονται από την κύρια διεργασία της χρήσης του καυσίμου από το όχημα σε ποσοστό 39% και από το τάνκερ σε ποσοστό 12%.

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

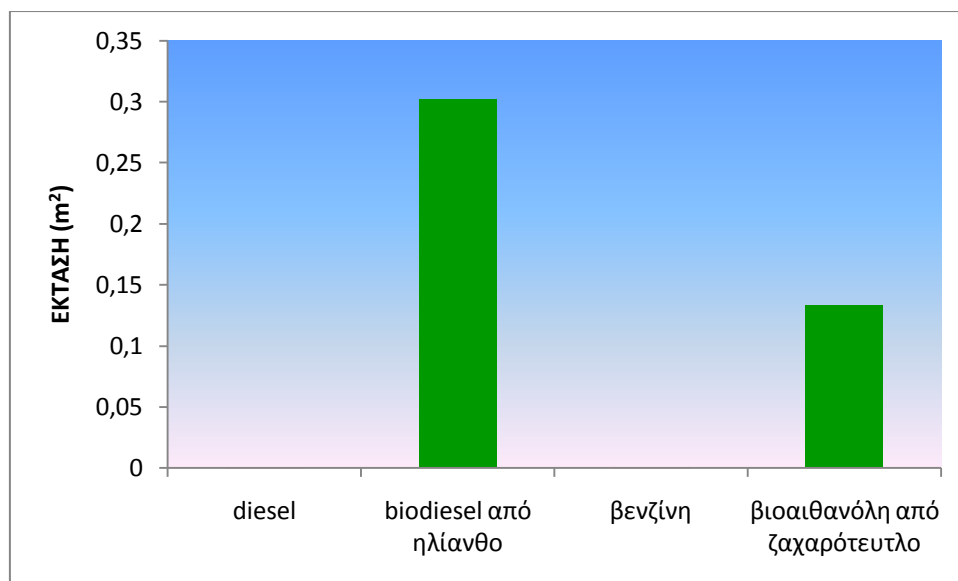


Διάγραμμα 6: Γραφική παράσταση εκπομπών συμβατικών καυσίμων και βιοκαυσίμων ως προς τα σωματίδια.

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

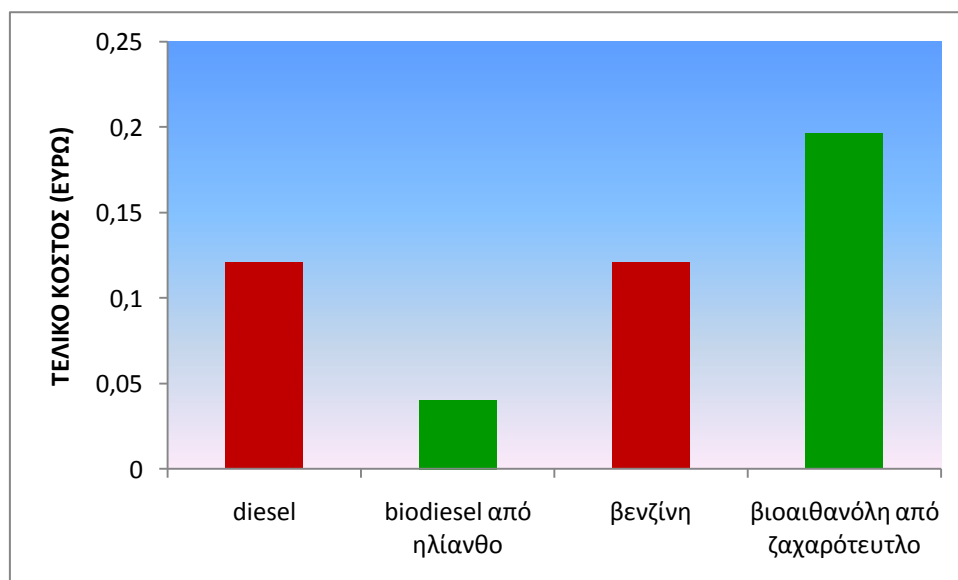
Οι τιμές των σωματιδίων από την ΑΚΖ της βιοαιθανόλης παραγόμενη από ζαχαρότευτλο, προέρχονται από την κύρια διεργασία της ζύμωσης σε ποσοστό 37%, από το λίπασμα αζώτου σε ποσοστό 26%, από την καλλιέργεια σε ποσοστό 20%, από τα λιπάσματα φωσφόρου και καλίου σε ποσοστό 6% και 13% αντίστοιχα και από το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

Ως προς τη χρήση γης το βιοντίζελ και η βιοαιθανόλη όπως φαίνεται από το διάγραμμα 7 έχουν αυξημένες απαιτήσεις αφού η πρώτη ύλη για την παρασκευή τους προέρχεται από την καλλιέργεια γεωργικών εκτάσεων με ενεργειακά φυτά ενώ αντιθέτως τα συμβατικά καύσιμα έχουν μηδαμινές απαιτήσεις.



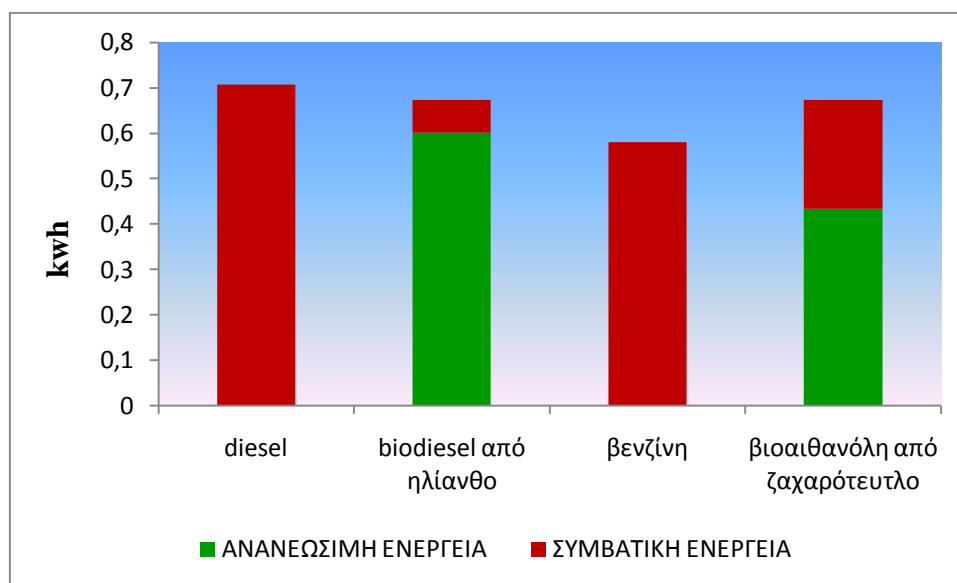
Διάγραμμα 7: Γραφική παράσταση συμβατικών καυσίμων και βιοκαυσίμων ως προς τη χρήση γης.

Από το διάγραμμα 8 παρατηρούμε ότι η βιοαιθανόλη παρουσιάζει το μεγαλύτερο κόστος, ακολουθούν τα συμβατικά καύσιμα δηλαδή το ντίζελ και η βενζίνη, ενώ το μικρότερο κόστος έχει το βιοντίζελ παραγόμενο από ηλίανθο.



Διάγραμμα 8: Γραφική παράσταση συμβατικών καυσίμων και βιοκαυσίμων ως προς το τελικό κόστος.

Το διάγραμμα 9 απεικονίζει τη συσσωρευμένη απαιτούμενη ενέργεια για την παραγωγή βιοκαυσίμων και συμβατικών καυσίμων αντίστοιχα. Στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας περιλαμβάνονται η βιομάζα, τα υπολείμματα βιομάζας, η ηλιακή, η αιολική, η υδροηλεκτρική και η γεωθερμική, ενώ μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας περιλαμβάνονται ο λιγνίτης, το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και το κάρβουνο. Έτσι από το γράφημα παρατηρούμε ότι η βιοαιθανόλη απαιτεί περισσότερη χρήση συμβατικής ενέργειας σε σύγκριση με το βιοντίζελ.



Διάγραμμα 9: Γραφική παράσταση συμβατικών καυσίμων και βιοκαυσίμων ως προς τη συσσωρευμένη απαιτούμενη ενέργεια.

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

- Υπερτερούν σημαντικά έναντι των συμβατικών καυσίμων εμφανίζοντας μειωμένες εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου, συμβάλλοντας με αυτό τον τρόπο στη μείωση της επίδρασης του φαινομένου και στην βελτίωση της ποιότητας του αέρα.
- Εμφανίζουν αυξημένες εκπομπές ορισμένων ατμοσφαιρικών ρύπων όπως NOx που μπορεί να οδηγήσει στην δημιουργία όξινης απόθεσης. Το βιοντίζελ σε αντίθεση με τη βιοαιθανόλη εμφανίζει πολύ μικρές συγκεντρώσεις CO.
- Εμφανίζουν αυξημένες συγκεντρώσεις σωματιδίων.

- Η συνολική απαιτούμενη ενέργεια των βιοκαυσίμων και πιο συγκεκριμένα του βιοντίζελ είναι περίπου ίση με την απαιτούμενη ενέργεια παραγωγής του ντίζελ. Παρόλα αυτά η διαφορά έγκειται στο ότι το βιοντίζελ προέρχεται κυρίως από ανανεώσιμη ενέργεια, ενώ το ντίζελ από μη ανανεώσιμη, συμβάλλοντας με αυτό τον τρόπο και στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα.
- Τα βιοκαύσιμα απαιτούν μεγάλες εκτάσεις γης για την καλλιέργεια της πρώτης ύλης.
- Τέλος η μεταβλητή του κόστους, καθορίζεται από το είδος του βιοκαυσίμου που θα επιλεγεί. Πιο συγκεκριμένα η AKZ έδειξε ότι το καύσιμο με το ελάχιστο συνολικό κόστος είναι το βιοντίζελ, ενώ το μέγιστο παρουσιάζει η βιοαιθανόλη.

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

Κεφάλαιο 7. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις βιοκαυσίμων

7.1 Βιοκαύσιμα και περιβάλλον

Στην ατμόσφαιρα το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) συνεχώς εκπέμπεται και απορροφάται (εκπέμπεται από τις καύσεις - απορροφάται κατά τη φωτοσύνθεση). Μέχρι πριν από περίπου έναν αιώνα, που δεν υπήρχε ο ηλεκτρισμός και ο όγκος των πετρελαιοκίνητων και βενζινοκίνητων μεταφορικών μέσων ήταν αισθητά μικρότερος, το σύνολο των εκπομπών του CO₂ ήταν κατά προσέγγιση ίσο με αυτό που είχε απορροφηθεί. Με άλλα λόγια η ποσότητα του CO₂ στην ατμόσφαιρα παρέμενε σταθερή.

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες σήμερα, όχι μόνο εκπέμπουν υψηλές συγκεντρώσεις CO₂ στην ατμόσφαιρα, αλλά βλάπτουν και την ικανότητα της γης να το απορροφά (αποψίλωση δασών) διαταράσσοντας τον φυσικό κύκλο ροής ενέργειας και ύλης. Έτσι, οι ανθρώπινες δραστηριότητες διαταράσσουν τον λεγόμενο κύκλο του άνθρακα με δύο τρόπους.

Από τη μία πλευρά, η αλόγιστη χρήση ορυκτών καυσίμων τα τελευταία χρόνια, έχει αυξήσει δραματικά τις εκπομπές CO₂ στην ατμόσφαιρα. Τα στοιχεία που ακολουθούν προέρχονται από την έκθεση της Διακυβερνητικής Ομάδας Ειδικών για την εξέλιξη του κλίματος (I.P.C.C.) που ολοκληρώθηκε τον Μάρτιο του 2007. Σύμφωνα με την έκθεση αυτή, το CO₂, το μεθάνιο και το οξείδιο του αζώτου, αέρια που συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή, έχουν αυξηθεί σημαντικά από το 1750, ως αποτέλεσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας.

Το σύνολο του CO₂ που εκπέμπεται κάθε χρόνο είναι περίπου 6 με 7 δισεκατομμύρια τόνοι. Από την ποσότητα αυτή, η φύση έχει την ικανότητα να απορροφά λιγότερο από τη μισή.

Η συγκέντρωση του CO₂ στην ατμόσφαιρα έχει αυξηθεί από τις αρχές του αιώνα κατά 27,5%. Το ποσοστό CO₂ στην ατμόσφαιρα το 2005 (379 ppm) υπερβαίνει κατά πολύ τα φυσικά όρια των τελευταίων 650.000 ετών (180 - 300 ppm). Η κυριότερη πηγή αύξησης του διοξειδίου του άνθρακα είναι η χρήση ορυκτών καυσίμων. Το ποσοστό του μεθανίου στην ατμόσφαιρα το 2005 (1774 ppb) υπερβαίνει κατά πολύ το φυσικό όριο των τελευταίων 650.000 ετών (320 - 790 ppb). Η κυριότερη πηγή

αύξησης του μεθανίου είναι πιθανότατα ο συνδυασμός των ανθρώπινων γεωργικών δραστηριοτήτων με τη χρήση ορυκτών καυσίμων.

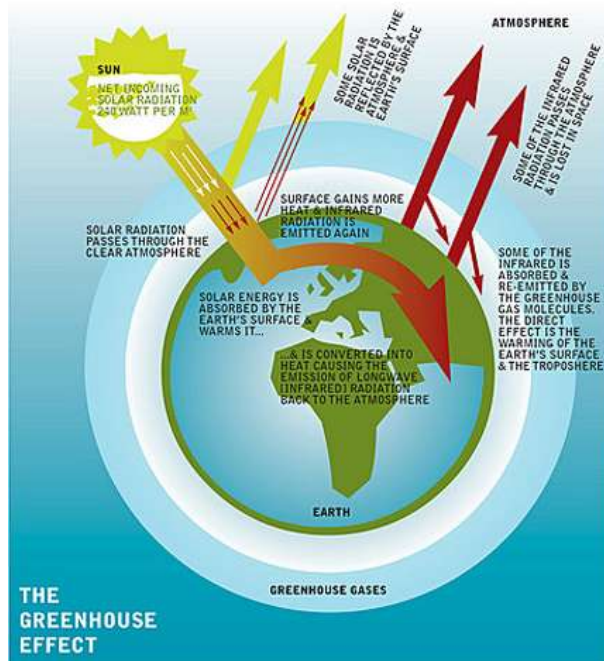
Η συγκέντρωση του οξειδίου του αζώτου αυξήθηκε από την τιμή των 270 ppb κατά την προ της βιομηχανικής εποχή στην τιμή των 319 ppb του 2005. Ποσοστό μεγαλύτερο του ενός τρίτου της αύξησης οφείλεται στην ανθρώπινη δραστηριότητα και κυρίως στη γεωργία.

Το δεύτερο μέρος της επέμβασης του ανθρώπου στον κύκλο του άνθρακα, έχει να κάνει με την καταστροφή των δασών και του φυτοπλαγκτόν των ωκεανών το οποίο αποτελεί τον κύριο παράγοντα δέσμευσης CO₂ του πλανήτη, καθώς πρόκειται για φυτικούς οργανισμούς που χρησιμοποιούν διοξείδιου το άνθρακα για τη φωτοσύνθεσή τους.

Χαρακτηριστικά, μεγάλες περιοχές δασών, και ιδιαίτερα στη Νότια Αμερική και στη Νοτιοανατολική Ασία, αποψιλώθηκαν ή κάηκαν απελευθερώνοντας ακόμα περισσότερο CO₂ στην ατμόσφαιρα κατά τη διαδικασία αυτή. Μόνο στο τροπικό υγρό δάσος της Αμαζονίας η έκταση που αποψιλώθηκε το 2004 ξεπέρασε τα 24.000 τ.χλμ. δάσους (περίπου η μισή έκταση της Ελβετίας). Περίπου 140.000 τ.χλμ. δάσους αποψιλώνονται κάθε χρόνο (έκταση μεγαλύτερη από αυτήν της Ελλάδας).

Κατά συνέπεια, οι εκπομπές CO₂ έχουν αυξηθεί δραματικά, ενώ οι απορροφητές (χλωρίδα) έχουν μειωθεί.

Πως όμως συνδέεται η αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα με την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη; Σε φυσιολογικές συνθήκες, ένα ποσοστό της υπέρυθρης ακτινοβολίας που φτάνει στη γη δεσμεύεται από τους υδρατμούς και το διοξείδιου το άνθρακα και επανεκπέμπεται στη γη. Το αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου είναι η γη να διατηρείται θερμή και να παρουσιάζεται το φαινόμενο της ζώης. Η αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ στην ατμόσφαιρα, συνεπάγεται δέσμευση μεγαλύτερου ποσοστού της υπέρυθρης ακτινοβολίας και κατά συνέπεια μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας της επιφάνειας της Γης. Πρόκειται για το γνωστό φαινόμενο του θερμοκηπίου όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα 15.



Σχήμα 15: Ένας από τους βασικούς λοιπόν λόγους προώθησης των βιοκαυσίμων είναι η μείωση των αερίων θερμοκηπίου (πηγή: www.greenpeace.org).

7.2 Βιοντίζελ και περιβάλλον

Κύρια περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα των βιοελαίων είναι ότι:

- θεωρητικά μπορεί να είναι ουδέτερα σε CO₂.
- κατά την καύση τους εκπέμπονται μικρότερες ποσότητες ρύπων.
- είναι βιοαποικοδομήσιμα.
- πρακτικά δεν παράγουν οξείδια του θείου και αρωματικές (καρκινογόνες) ενώσεις.
- γενικότερα τα βιοέλαια συμβάλλουν στην αειφορία.

Εστιάζοντας στις καθαρές εκπομπές CO₂ από τη χρήση του βιοντίζελ ως καύσιμο, δηλαδή λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των εκπομπών κατά την παραγωγή (καλλιέργεια & βιομηχανία) και την καύση, τα αποτελέσματα ποικίλουν ανάλογα με την πρώτη ύλη, τη μέθοδο παραγωγής και το είδος του παραγόμενου βιοντίζελ.

Γενικά, βάσει των υπάρχουσών μελετών θα μπορούσε να λεχθεί ότι η χρήση B100 (100% βιοντίζελ) μπορεί να μειώσει τις καθαρές εκπομπές του CO₂ κατά 78,5%, του CO κατά 34% και των SO_x κατά 8%, σε σχέση με το ντίζελ που προέρχεται από το

αργό πετρέλαιο. Κατ' αντιστοιχία η χρήση B20 (20% βιοντίζελ) οδηγεί σε μείωση κατά 15,6% του μονοξειδίου του άνθρακα, 7% CO και 1,6% των SOx. (Πηγή: N.R.E.L-National Renewable Energy Laboratory)

Στον παρακάτω πίνακα 8 φαίνονται συγκεντρωτικά τα περιβαλλοντικά οφέλη, όσον αφορά τις εκπομπές αερίων, από τη χρήση βιοντίζελ.

Πίνακας 8: Σύγκριση των εκπομπών του πετρελαίου και βιοντίζελ.

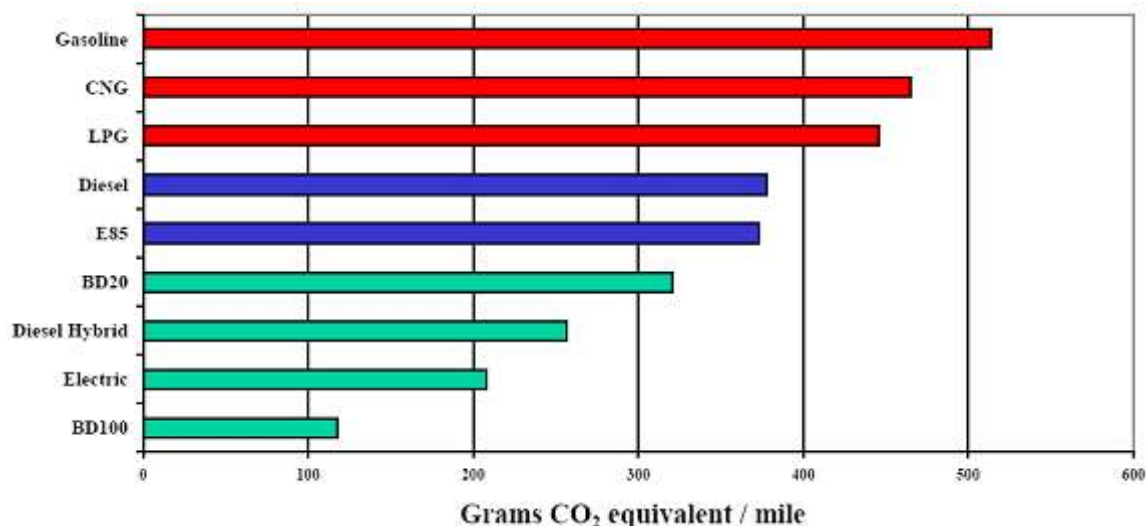
Εκπομπές	B20	B100
CO ₂	-15,6%	-78,5
CO	-7%	-34%
HC	-1,4%	-7,3%
SOx	-1,6%	-8%
NOx	+2,5%	+13,35%

(Πηγή: N.R.E.L-National Renewable Energy Laboratory)

Επιπλέον, η χρησιμοποίηση του βιοντίζελ σε μια συμβατική πετρελαιοκίνητη μηχανή μειώνει ουσιαστικά τις εκπομπές των άκαυτων υδρογονανθράκων, των αρωματικών υδρογονανθράκων, των νιτρωμένους αρωματικών υδρογονανθράκων.

Αντίθετα, με τη χρήση βιοντίζελ, οι εκπομπές των οξειδίων αζώτου (NOx) αυξάνονται κατά 13,35% στην περίπτωση του B100.

Στα παρακάτω σχήμα 16 φαίνονται οι εκπομπές για το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) διαφόρων τύπων συμβατικών καυσίμων συγκρινόμενα με το βιοντίζελ τύπου B20 και B100.



Σχήμα 16: Σύγκριση εκπομπών CO₂ diesel-βιοντίζελ και άλλων καυσίμων (πηγή: www.fedralsustainability.org).

Τα ποσοστά των αλλαγών στον κύκλο ζωής των εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου από την αντικατάσταση του ντίζελ από βιοντίζελ φαίνονται στον παρακάτω πίνακα 9. Αξίζει να σημειώσουμε ότι μία έρευνα από τον Delucchi (2003) δείχνει αύξηση στον κύκλο ζωής των εκπομπών, όταν η πρώτη ύλη είναι σόγια. Οι άλλες μελέτες στο βιοντίζελ σόγιας παρουσιάζουν μείωση των εκπομπών.

Πίνακας 9: Ποσοστά αλλαγών στον κύκλο ζωής των εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου από την αντικατάσταση του diesel από βιοντίζελ.

Feedstock	Location	Change	Source
Rapeseed	Germany	-21%	Armstrong and others 2002
Rapeseed*	Netherlands	-38%	Novem 2003
Soybeans*	Netherlands	-53%	Novem 2003
Soybeans*	USA	-78%	Sheehan and others 1998
Soybeans, 2015	USA	173%	Delucchi 2003
Tallow	Australia	55%	Beer and others 2001
Waste cooking oil	Australia	-92%	Beer and others 2001
Canola	Australia	-54%	Beer and others 2001
Soybean	Australia	-65%	Beer and others 2001

*Μόνο εκπομπές CO₂ λαμβάνονται υπόψη

Εκτός από τη μείωση της μη σημειακής ρύπανσης που οφείλεται στις εκπομπές αέριων ρύπων, το βιοντίζελ δεν προκαλεί σημαντική σημειακή ρύπανση, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση ατυχημάτων ή διαρροών πετρελαιοειδών. Συγκεκριμένα, τα βιοέλαια βιοαποδομούνται κατά 80% σε 28 ημέρες. Αν για παράδειγμα γίνει κάποιο ναυτικό ατύχημα σε τάνκερ που μεταφέρει βιοέλαιο, το διαρρέον έλαιο στη θάλασσα κάλλιστα θα μπορούσε να αποτελέσει τροφή των ψαριών και όχι τοξικό παράγοντα όπως το πετρέλαιο.

Ένα δεύτερο κρίσιμο θέμα από περιβαλλοντικής άποψης είναι το ενεργειακό ισοζύγιο της αλυσίδας παραγωγής βιοντίζελ, δηλαδή την ποσότητα ενέργειας (εισροές) που δαπανάται κατά την παραγωγική διαδικασία και προέρχεται από ορυκτά καύσιμα σε σχέση με την τελική ενέργεια που παρέχει το βιοντίζελ (εκροές).

Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας (I.E.A), με τη σημερινή πρακτική καταναλώνεται 1 μονάδα ορυκτού καυσίμου για να παραχθούν 3,3 μονάδες βιοντίζελ, δηλαδή 1 λίτρο ντίζελ για παραγωγή βιοντίζελ που ισοδυναμεί με 3,3 λίτρα ντίζελ.

Στην περίπτωση της παραγωγής βιοντίζελ από ελαιοκράμβη, το ενεργειακό ισοζύγιο της παραγωγικής αλυσίδας είναι περίπου 2 εάν ληφθεί υπόψη μόνο το παραγόμενο βιοντίζελ, ενώ ανέρχεται σε 3, στην περίπτωση αξιοποίησης και των υποπροϊόντων.

7.3 Βιοαιθανόλη και περιβάλλον

Κύρια πλεονεκτήματα της βιοαιθανόλης σε σχέση με τη βενζίνη είναι ότι:

- θεωρητικά μπορεί να είναι ουδέτερα σε CO₂.
- κατά την καύση τους εκπέμπονται μικρότερες ποσότητες ρύπων.
- είναι βιοαποδομήσιμη.
- πρακτικά δεν παράγει οξείδια του θείου.
- συμβάλλει στην αειφορία.
- δεν περιέχει επικίνδυνους αρωματικούς υδρογονάνθρακες, όπως για παράδειγμα βενζένιο το οποίο είναι καρκινογόνο.
- πλεονεκτεί και στις εκπομπές μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα.

Ειδικότερα, η προσθήκη 5% βιοαιθανόλης σε βενζίνη μειώνει κατά 7% τους αρωματικούς υδρογονάνθρακες. Από τη χρήση 100% βιοαιθανόλης προκύπτει

μείωση 50-60% υπολογισμένη σε πλήρη κύκλο ζωής, σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα. Τα οφέλη που προκύπτουν από την χρήση μιγμάτων είναι προφανώς μικρότερα. Για παράδειγμα από τη χρήση μίγματος 5% προκύπτει καθαρή μείωση 2,5-3%. Έρευνες στη Γαλλία δείχνουν ότι μίξη βιοαιθανόλης κατά 5-7% με βενζίνη μειώνει τις εκπομπές CO κατά 15-40% με αντίστοιχες μελέτες στις Η.Π.Α. να δείχνουν μείωση κατά 11-30% (Biofuels and their environmental performance, panorama 2007, I.F.P).

Η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 50-60% προκύπτει εάν η βιοαιθανόλη παράγεται από ζαχαρότευτλα και σιτάρι. Εάν χρησιμοποιούνται κυτταρινούχα υλικά η καθαρή μείωση μπορεί να είναι μεγαλύτερη - ίσως και μέχρι 75-80%. Αυτό συμβαίνει γιατί απαιτείται λιγότερη ενέργεια για την καλλιέργεια τέτοιων φυτών καθώς επίσης και από το γεγονός ότι κατά την φάση της παραγωγής χρησιμοποιούνται διεργασίες ενεργειακά πιο αποδοτικές, που επιτρέπουν και τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Επίσης η χρήση της βιοαιθανόλης ως καύσιμο οδηγεί σε μείωση της φωτοχημικά σχηματιζόμενης αιθαλομίχλης στην ατμόσφαιρα.

Εκτός από τη μείωση της μη σημειακής ρύπανσης που οφείλεται στις εκπομπές αέριων ρύπων, η βιοαιθανόλη δεν προκαλεί σημαντική σημειακή ρύπανση, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση ατυχημάτων ή διαρροών πετρελαιοειδών, διότι έχει πολύ χαμηλή τοξικότητα σε σχέση με τα πετρελαιοειδή και είναι άμεσα βιοαποδομήσιμη στο νερό και το έδαφος.

Εστιάζοντας στις καθαρές εκπομπές CO₂ από τη χρήση βιοαιθανόλης ως καύσιμο, δηλαδή λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των εκπομπών κατά την παραγωγή (καλλιέργεια & βιομηχανία) και την καύση, τα αποτελέσματα ποικίλουν ανάλογα με την πρώτη ύλη και τη μέθοδο παραγωγής. Στο μοντέλο των Η.Π.Α., δηλαδή την παραγωγή βιοαιθανόλης από καλαμπόκι, η μείωση CO₂ είναι μόνο 15-25% σε σχέση με τη βενζίνη. Αντιθέτως, η αιθανόλη που παράγεται ζαχαροκάλαμο με το βραζιλιάνικο μοντέλο, συντελεί σε μείωση μέχρι και 90% των εκπομπών CO₂ σε σχέση με τη βενζίνη. Τέλος η χρήση κυτταρινικής βιοαιθανόλης μειώνει τις εκπομπές CO₂ κατά 70-90%, ενώ στην περίπτωση που κατά την παραγωγική διαδικασία γίνεται και συμπαραγωγή θερμότητας - ηλεκτρισμού από τη βιομάζα, τότε οι εκπομπές CO₂ είναι μηδενικές (100% μείωση).

Αλλαγές στις εκπομπές των αερίων θερμοκηπίου ανά χιλιόμετρο οχήματος, ως αποτέλεσμα της αντικατάστασης της βενζίνης από βιοαιθανόλη φαίνεται στον

παρακάτω πίνακα 10, όπου τα στοιχεία έχουν ληφθεί από πρόσφατες έρευνες. Η βιοαιθανόλη από το καλαμπόκι είναι η λιγότερο ικανοποιητική όσον αφορά τη μείωση των εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου, ενώ κάποιες έρευνες τη δείχνουν να παρουσιάζει αύξηση στις εκπομπές. Το μεγαλύτερο κέρδος στη μείωση των εκπομπών επιτυγχάνεται από το ζαχαροκάλαμο της Βραζιλίας ή πρώτες ύλες όπως κυτταρινικά απόβλητα.

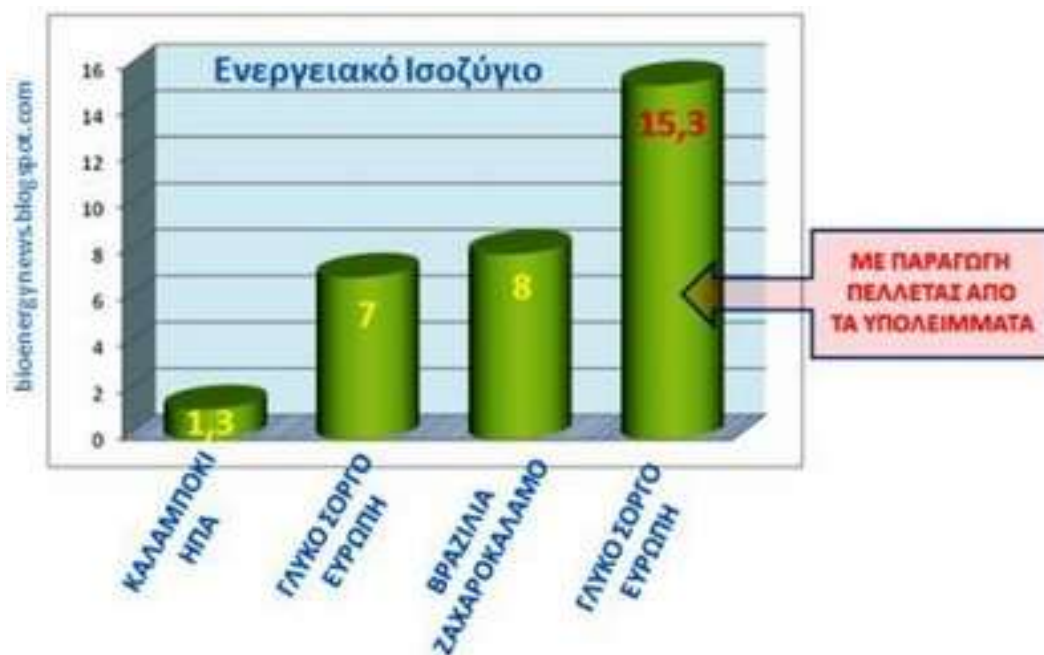
Πίνακας 10: Αλλαγές εκπομπών αερίων θερμοκηπίου ανά χιλιόμετρο οχήματος, ως αποτέλεσμα της αντικατάστασης της βενζίνης από βιοαιθανόλη.

Πρώτες ύλες	Τοποθεσία	Αλλαγή	Πηγή
Σιτάρι	Ηνωμένο Βασίλειο	-47%	Armstrong and others 2002
Ζαχαρότευτλα	Βόρεια Γαλλία	-35% έως -56%	Armstrong and others 2002
Καλαμπόκι, E90	Η.Π.Α.,2015	10%	Delucchi 2003
Καλαμπόκι , E10	Η.Π.Α.	-1%	Wang and others 1999
Καλαμπόκι, E85	Η.Π.Α.	-14% έως -19%	Wang and others 1999
Κυτταρίνη, E85	Η.Π.Α.,2005	-68% έως-102%	Wang and others 1999
Μελάσα, E85	Αυστραλία	-51% έως -24%	Beer and others 2001
Υπολείμματα ξύλειας, E85	Αυστραλία	-81%	Beer and others 2001
Μελάσα, E10	Αυστραλία	1% έως 3%	Beer and others 2001
Σάκχαρο, ένυδρη βιοαιθανόλη	Βραζιλία	-87% έως -95%	Macedo and others 2004
Σάκχαρο, άνυδρη βιοαιθανόλη	Βραζιλία	-91% έως -96%	Macedo and others 2004

Ένα άλλο σημαντικό θέμα είναι το ενεργειακό ισοζύγιο της αλυσίδας παραγωγής βιοαιθανόλης, δηλαδή την ποσότητα ενέργειας (εισροές) που δαπανάται κατά την

παραγωγική διαδικασία και προέρχεται από ορυκτά καύσιμα σε σχέση με την τελική ενέργεια που παρέχει η αιθανόλη (εκροές).

Και στο ενεργειακό ισοζύγιο (σχήμα 17), το αμερικάνικο μοντέλο έχει τις χειρότερες επιδόσεις, αφού καταναλώνεται 1 μονάδα ορυκτού καυσίμου για να παραχθούν μόνο 1,3 μονάδες βιοαιθανόλης, δηλαδή 1 λίτρο βενζίνης για παραγωγή βιοαιθανόλης που ισοδυναμεί με 1,3 λίτρα βενζίνης.



Σχήμα 17: Ενεργειακό Ισοζύγιο της παραγωγής βιοαιθανόλης (πηγές: National Geographic & LAMNET).

Ο Macedo και άλλοι (2004) μελέτησαν την κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου για τη βιοαιθανόλη από το ζαχαροκάλαμο. Δυο σενάρια μελετήθηκαν, το πρώτο έλαβε τη μέση κατανάλωση της ενέργειας και τα υλικά στη βιομηχανία βιοαιθανόλης και το δεύτερο θεώρησε τη βέλτιστη πρακτική στον τομέα που συντελεί στις χαμηλότερες εκπομπές. Θεώρησαν ως δεδομένο ότι μία απευθείας σύγκριση ανάμεσα στις μηχανές βιοαιθανόλης, gasohol (βενζίνη με 10% βιοαιθανόλη) και βενζίνης δεν είναι εφικτή, και για αυτό υπέθεσαν ότι δεν υπάρχει αλλαγή στην οικονομία των καυσίμων όταν αναμιγνύεται άνυδρη βιοαιθανόλη σε βενζίνη (E25 στη Βραζιλία) με τη λογική ότι η ισοδυναμία 1:1 είναι αποδεκτή. Για την ένυδρη βιοαιθανόλη, η μελέτη υπέθεσε ότι 1 λίτρο ένυδρης βιοαιθανόλης είναι ισοδύναμο με 0,7 λίτρα βενζίνης. Τα καθαρά αποθέματα εκπομπών αερίων

θερμοκηπίου κυμαίνονταν από 87% ως 96%, ανάλογα με το σενάριο και τον τύπο της βιοαιθανόλης.

Η πιο πολυδιαφημισμένη συζήτηση πάνω στην ανάλυση του κύκλου ζωής των εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου έλαβε χώρα στις Η.Π.Α. σχετικά με την ενέργεια που απαιτείται για την ανάπτυξη, συγκομιδή, μεταφορά και απόσταση στη διαδικασία παραγωγής βιοαιθανόλης από καλαμπόκι. Ουσιαστική σημασία στην ισορροπία της καθαρής ενέργειας έχουν οι υποθέσεις σχετικά με το πώς αποδίδει η κατανάλωση ενέργειας ανάμεσα στη βιοαιθανόλη και τα παραπροϊόντα της καθώς και η χρήση λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων και ζιζανιοκτόνων. Μία μελέτη του 2002 που διενεργήθηκε από τη U.S. Department of Agriculture (U.S.D.A) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η βιοαιθανόλη από καλαμπόκι παράγει 34% παραπάνω ενέργεια από αυτή που χρειάζεται για να παραχθεί (Sharouri et al, 2002).

Σε μία άλλη μελέτη της U.S.D.A και πάλι, όπου χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από το 2001, αυτό το ποσοστό ανήλθε στο 67% (Sharouri et al., 2004).

Σε αντίθεση με τις παραπάνω μελέτες, σύμφωνα με τον Pimentel για να παραχθούν 10,6 δισεκατομμύρια λίτρα βιοαιθανόλης, οι Η.Π.Α. χρησιμοποιούν περίπου 3,3 εκατομμύρια εκτάρια εδάφους, τα οποία απαιτούν κατόπιν ογκώδεις ενεργειακές εισαγωγές για λίπανση, αντιμετώπισης ζιζανίων και συγκομιδής του καλαμποκιού (Pimentel 2003).

Οι Pimentel και Patzek (2005), χρησιμοποιώντας στοιχεία και από τις 50 πολιτείες και συμψηφίζοντας όλες τις ενεργειακές εισαγωγές (συμπεριλαμβανομένης της κατασκευής και επισκευής αγροτικών μηχανημάτων και του εξοπλισμού ζύμωση-απόσταξης) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η παραγωγή βιοαιθανόλης δεν παράσχει όφελος καθαρής ενέργειας. Διατείνονται ότι πιθανότερα απαιτεί περισσότερη ενέργεια από ορυκτά καύσιμα για να παραχθεί από ότι θα παράγει. Στους υπολογισμούς τους, η παραγωγή βιοαιθανόλης από καλαμπόκι απαιτεί 1,29 γαλόνια ορυκτών καυσίμων ανά γαλόνι βιοαιθανόλης που θα παράγεται, και η παραγωγή ενός γαλονιού ντίζελ από σόγια απαιτεί 1,27 γαλόνια από ορυκτά καύσιμα. Επιπλέον, λόγω της σχετικά χαμηλής ενεργειακής πυκνότητας της βιοαιθανόλης, περίπου τρία γαλόνια της βιοαιθανόλης απαιτούνται για να αντικαταστήσουν δύο γαλόνια βενζίνης και κατέληξαν ότι κάθε λίτρο βιοαιθανόλης απαιτεί 29% παραπάνω ενέργεια από ορυκτά καύσιμα, σε σύγκριση με αυτή που παράγουν.

Το Agronne National Laboratory υπολόγισε ότι η βιοαιθανόλη που παράγεται από καλαμπόκι μείωσε την κατανάλωση ενέργειας ορυκτών καυσίμων κατά 26% και η βιοαιθανόλη που παράγεται από κυτταρινική βιομάζα κατά 90%.

Οι διαφορές αυτές στο κέρδος ή στην απώλεια της καθαρής ενέργειας που υπολογίζεται από τους διάφορους μελετητές, αποδίδονται στις διαφορετικές υποθέσεις που γίνονται σχετικά με τη χρήση ενέργειας για την καλλιέργεια του καλαμποκιού, την παραγωγή νιτρικών λιπασμάτων και την παραγωγή βιοαιθανόλης (Wang 2005).

Αντιθέτως, στο βραζιλιάνικο μοντέλο καταναλώνεται 1 μονάδα ορυκτού καυσίμου για να παραχθούν 8 μονάδες βιοαιθανόλης από ζαχαροκάλαμο, με προοπτική για 9-13 μονάδες ισοδύναμου βενζίνης όταν γίνεται αξιοποίηση και των στερεών παραπροϊόντων της βιομηχανίας και χρησιμοποιηθούν αυτά για παραγωγή ενέργειας (πχ ηλεκτροπαραγωγή, πελλέτες κ.α.). Στην κυτταρινική αιθανόλη το ενεργειακό ισοζύγιο κυμαίνεται από 2 ως 36 ανάλογα με τη μέθοδο παραγωγής.

Αξίζει να γίνει αναφορά και για το ενεργειακό ισοζύγιο της παραγωγής βιοαιθανόλης από γλυκό σόργο. Η τυπική ενεργειακή αποδοτικότητα (ενεργειακές εκροές/ενεργειακές εισροές) είναι περίπου 7, ενώ για την περίπτωση που γίνεται παραγωγή βιοαιθανόλης από τα σάκχαρα και συμπαραγωγή στερεών καυσίμων (πελλέτες) από τα υποπροϊόντα της καλλιέργειας (υπολείμματα) τότε η αποδοτικότητα είναι 15.

7.4 Άλλα περιβαλλοντικά θέματα

Κατά την παραγωγή των βιοκαυσίμων υπάρχουν και κάποιες παράπλευρες περιβαλλοντικές επιπτώσεις που δε σχετίζονται μόνο με την ατμοσφαιρική ρύπανση, αλλά και με θέματα όπως η επίδραση στους υδάτινους και εδαφικούς πόρους και στην βιοποικιλότητα.

Η εντατικοποίηση των συστημάτων αγροτικής παραγωγής για την παραγωγή βιοκαυσίμων και η μετατροπή των υπαρχόντων και νέων γεωργικών εκτάσεων θα έχουν περιβαλλοντικές επιπτώσεις που δεν θα περιορίζονται μονάχα στις επιδράσεις από τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου.

Η φύση και η έκταση αυτών των επιδράσεων εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες όπως από την κλίμακα παραγωγής, από το είδος της βιομηχανίας βιοκαυσίμων, από τις καλλιεργητικές τεχνικές, από τον τρόπο διαχείρισης των εδαφών και από τις

μεθόδους επεξεργασίας των βιοκαυσίμων. Τα στοιχεία παραμένουν περιορισμένα για τις επιδράσεις που συνδέονται συγκεκριμένα με την εντατική παραγωγή βιοκαυσίμων, αν και τα περισσότερα από τα προβλήματα αυτά είναι παρόμοια με εκείνα που συνδέθηκαν ήδη με τη αγροτική παραγωγή – δηλαδή μείωση και ρύπανση των υδατικών πόρων, υποβάθμιση εδαφών, μείωση θρεπτικών στοιχείων και απώλεια της φυσικής και γεωργικής βιοποικιλότητας.

7.4.1 Επιδράσεις στους υδατικούς πόρους

Η έλλειψη του νερού, παρά του εδάφους, μπορεί να αποδειχθεί ο βασικός περιοριστικός παράγοντας για την παραγωγή βιοκαυσίμων από τις πετρελαιοχημικές βιομηχανίες σε παρά πολλά πλαίσια.

Περίπου το 70 % του γλυκού νερού που αποταμιεύεται παγκοσμίως χρησιμοποιείται για γεωργικούς σκοπούς (Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture, 2007). Οι υδάτινοι πόροι για τη γεωργία γίνονται όλο και περισσότερο λιγιστοί σε πολλές χώρες ως αποτέλεσμα του αυξανόμενου ανταγωνισμού με τις εσωτερικές ή βιομηχανικές χρήσεις. Επιπλέον, οι αναμενόμενες επιδράσεις της αλλαγής κλίματος από την άποψη των μειωμένων βροχοπτώσεων και της απορροής σε μερικές βασικές περιοχές παραγωγών (συμπεριλαμβανομένης της Εγγύς Ανατολής, της Βόρειας Αφρικής και της Νότιας Ασίας) θα τοποθετήσουν την περαιτέρω πίεση στους ήδη λιγιστούς πόρους.

Τα βιοκαύσιμα χρησιμοποιούν αυτή τη περίοδο περίπου 100 km³ (ή 1%) όλου του νερού που χρησιμοποιείται παγκοσμίως από τις καλλιεργούμενες εκτάσεις, και περίπου 44 km³ (ή 2%) του νερού που χρησιμοποιείται για αρδευτικούς λόγους (de Fraiture, Giordano και Yongsong, 2007).

Πολλές από τις καλλιέργειες που χρησιμοποιούνται αυτή την περίοδο για την παραγωγή βιοκαυσίμων, όπως το ζαχαροκάλαμο, ο ελαιοφοίνικας και ο αραβόσιτος έχουν σχετικά μεγαλύτερες απαιτήσεις σε νερό σε σχέση με τις αντίστοιχες καλλιέργειες που προορίζονται για την παραγωγή τροφίμων. Επομένως είναι καταλληλότερες οι τροπικές περιοχές όπου έχουμε συχνές και μεγάλες βροχοπτώσεις, εκτός αν μπορούν να αρδευτούν. (Η παραγωγή βιοκαυσίμων είναι σημαντική στη Βραζιλία, όπου το 76 % της παραγωγής ζαχαροκάλαμων είναι υπό αρδευτικές συνθήκες, ενώ στις Η.Π.Α το 70% της παραγωγής αραβόσιτου είναι υπό αρδευτικές συνθήκες). Ακόμη και τα πολυετή φυτά όπως το *jatropha* (θάμνος με υψηλή

περιεκτικότητα σε έλαια με μη βρώσιμο καρπό, ο οποίος αναπτύσσεται κυρίως σε άνυδρες περιοχές) και το rongamia (δέντρο που παράγει σπόρους με υψηλή περιεκτικότητα σε έλαια) που μπορούν να αυξηθούν στις ημιάγονες περιοχές στα οριακά ή υποβαθμισμένα εδάφη μπορούν να απαιτήσουν κάποια άρδευση κατά τη διάρκεια των ζεστών και ξηρών καλοκαιριών. Επίσης κατά την επεξεργασία των βιοκαυσίμων μπορεί να χρησιμοποιηθούν μεγάλες ποσότητες νερού, κυρίως για τις εγκαταστάσεις πλύσης των φυτών και των σπόρων και για τις εγκαταστάσεις ψύξεως.

Εντούτοις, οι αρδευόμενες ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή βιοκαυσίμων θα ασκήσουν τη μέγιστη επίδραση στις τοπικές ισορροπίες των υδάτινων πόρων. Πολλά από τα ποτάμια και οι αντίστοιχες λεκάνες απορροής τους που αρδεύουν φυτείες ζαχαροκάλαμου σε περιοχές της νότιας και ανατολικής Αφρικής και της βορειοανατολικής Βραζιλίας βρίσκονται ήδη κοντά στα υδρολογικά τους όρια. Σχετικά παραδείγματα αποτελούν οι λεκάνες των ποταμών Awash, Limpopo, Maputo, του Νείλου και του San Francisco.

Ενώ η δυνατότητα για την επέκταση των αρδευόμενων περιοχών μπορεί να εμφανιστεί υψηλή σε μερικές περιοχές βάσει των υδάτινων πόρων και του εδάφους, το πραγματικό πεδίο για την αυξανόμενη παραγωγή βιοκαυσίμων υπό αρδευόμενες συνθήκες στα υπάρχοντα ή νέα αρδευόμενα εδάφη περιορίζεται από τις απαιτήσεις σε υποδομές ώστε να μπορεί να εξασφαλιστεί η παράδοση νερού και από τα συστήματα έδαφος-διάρκειας αξιώματος που μπορούν να μην προσαρμοστούν με τα εμπορευματοποιημένα συστήματα παραγωγής. Επιπλέον η επέκταση μπορεί να περιοριστεί από τις υψηλότερες πρόσθετες δαπάνες για την αποθήκευση νερού (οι οικονομικότερες περιοχές έχουν ήδη ληφθεί) και της απόκτησης εδάφους. Ενώ παρουσιάζεται μια αφθονία από υδάτινους πόρους στη Νότια Ασία και την ανατολή και τη Νοτιοανατολική Ασία, υπάρχει όμως πολύ λίγο έδαφος διαθέσιμο για την πρόσθετη αρδευόμενη γεωργία. Η δυνατότητα για περισσότερη επέκταση είναι περιορισμένη στη Λατινική Αμερική και στις περιοχές της κάτω Αφρικής.

Η αύξηση των καλλιεργειών για την παραγωγή βιοκαυσίμων έχει επιπτώσεις στην ποιότητα νερού καθώς επίσης και στην ποσότητα. Η μετατροπή των χορτολιβαδικών ή των δασικών εκτάσεων σε καλλιέργειες π.χ. αραβόσιτου, μπορεί να επιδεινώσει ορισμένα προβλήματα όπως η εδαφική διάβρωση, η ιζηματογένεση και η υπερβολική απορροή και διήθηση θρεπτικών στοιχείων (αζώτου και φώσφορου) στα επιφανειακά και υπόγεια νερά αντίστοιχα, από την αυξανόμενη χρήση λιπασμάτων. Ο Runge και ο Senauer (2007) υποστηρίζουν ότι η καλλιέργεια αραβόσιτου για την παραγωγή

βιοαιθανόλης στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, θα επιφέρει σημαντική αύξηση στη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων και επομένως αυξημένες απορροές αζώτου που θα επιδεινώσουν τα παραπάνω προβλήματα.

Τα αποτελέσματα για την παραγωγή βιοντίζελ και βιοαιθανόλης με τη χρήση υγρών οργανικών απόβλητων έδειξαν, ότι εάν χρησιμοποιηθούν χωρίς πρώτα να έχουν υποστεί κατάλληλη επεξεργασία, μπορούν να αυξήσουν τα φαινόμενα ευτροφισμού στις επιφάνειες των υδατικών σωμάτων. Εντούτοις, οι υπάρχουσες τεχνολογίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων μπορούν να αντιμετωπίσουν αποτελεσματικά τους οργανικούς ρύπους και τα απόβλητα. Τα συστήματα ζύμωσης μπορούν να μειώσουν τη βιολογική απαίτηση οξυγόνου του υγρού απόβλητου περισσότερο από 90%, έτσι ώστε το νερό να μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί και το μεθάνιο που παράγεται στο σύστημα επεξεργασίας να συλλεχθεί και να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Όσον αφορά στις φάσεις διανομής και αποθήκευσης των βιοκαυσίμων, επειδή η βιοαιθανόλη και το βιοντίζελ είναι βιοδιασπάσιμα, η δυνατότητα για αρνητικές επιδράσεις στο χώμα και στο νερό από διαρροές μειώνεται έναντι αυτής των συμβατικών καυσίμων.

Στη Βραζιλία, όπου η καλλιέργεια ζαχαροκάλαμου για την παραγωγή βιοαιθανόλης αυξάνεται σημαντικά σε περιοχές με υψηλές βροχοπτώσεις, η διαθεσιμότητα νερού δεν αποτελεί περιοριστικό παράγοντα, αλλά ιδιαίτερα ανησυχητική είναι η ρύπανση των υδάτων που σχετίζεται με τη χρήση λιπασμάτων και αγροχημικών, με την εδαφολογική διάβρωση, με την πλύση των ζαχαροκάλαμων και με τα άλλα στάδια στη διαδικασία παραγωγής βιοαιθανόλης (Moreira, 2007). Η μεγαλύτερη ποσότητα νερού που προέρχεται από την επεξεργασία των ζαχαροκάλαμων (στάδιο άλεσης) χρησιμοποιείται για την άρδευση και τη λίπανση των φυτειών ζαχαροκάλαμων, μειώνοντας κατά συνέπεια και τις απαιτήσεις σε νερό και τους κινδύνους ευτροφισμού.

Τα φυτοφάρμακα και άλλες χημικές ουσίες μπορούν να καταλήξουν στα υδάτινα σώματα, έχοντας δυσμενείς επιπτώσεις στην ποιότητα νερού. Ο αραβόσιτος, η σόγια και άλλες καλλιέργειες για την παραγωγή βιοκαυσίμων διαφέρουν σημαντικά στις απαιτήσεις τους σε λιπάσματα και φυτοφάρμακα. Από τις κύριες καλλιέργειες για την παραγωγή βιοκαυσίμων, ο αραβόσιτος παρουσιάζει τις υψηλότερες απαιτήσεις σε λιπάσματα και φυτοφάρμακα ανά εκτάριο. Ανά μονάδα ενέργειας που κερδίζεται, τα βιοκαύσιμα από σόγια και από άλλες χαμηλής-εισροής, υψηλής-ποικιλομορφίας χορτολιβαδικές εκτάσεις για παραγωγή βιομάζας υπολογίζεται ότι χρειάζονται μόνο

ένα μέρος του αζώτου, του φώσφορου και των φυτοφάρμακων σε σχέση με αυτά που απαιτούνται από τον αραβόσιτο, με αντίστοιχα χαμηλότερες επιδράσεις στην ποιότητα νερού (Tilman, Hill and Lehman, 2006).

7.4.2 Επιδράσεις στους εδαφικούς πόρους

Η αλλαγή χρήσης των εδαφών και η εντατικοποίηση της αγροτικής παραγωγής στις ήδη υπάρχουσες γεωργικές εκτάσεις μπορούν να ασκήσουν σημαντικές δυσμενείς επιδράσεις στα εδάφη, αλλά αυτές οι επιδράσεις (όπως και για οποιαδήποτε καλλιέργεια) εξαρτώνται αυστηρά από τις τεχνικές καλλιέργειας που χρησιμοποιούνται. Οι μη ορθές πρακτικές καλλιέργειας μπορούν να μειώσουν την οργανική ουσία του εδάφους και να αυξήσουν την εδαφική διάβρωση, με την αφαίρεση της μόνιμης εδαφοκάλυψης. Η αφαίρεση των φυτικών υπολειμμάτων μπορεί να μειώσει τις περιεκτικότητες των εδαφών σε θρεπτικά συστατικά και να αυξήσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μέσω της απελευθέρωσης εδαφικού άνθρακα που βρίσκεται αποθηκευμένος σε αυτά.

Από την άλλη πλευρά, το όργωμα, οι αμειψισπορές και άλλες βελτιωμένες πρακτικές διαχείρισης μπορούν, κάτω από σωστές συνθήκες, να μειώσουν τις δυσμενείς επιδράσεις ή ακόμα και να βελτιώσουν την περιβαλλοντική ποιότητα από κοινού με την αυξανόμενη παραγωγή βιοκαυσίμων. Τα πολυετή φυτά όπως ο φοίνικας, το ζαχαροκάλαμο ή το switchgrass αντί των ετήσιων καλλιεργειών μπορούν να βελτιώσουν την εδαφική ποιότητα με την αύξηση της εδαφοκάλυψης και των επιπέδων του οργανικού άνθρακα. Ο συνδυασμός περιορισμός του οργώματος και μείωση της χρήσης λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, μπορεί να έχει θετική επίδραση στη βιοποικιλότητα.

Οι διαφορές ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή βιοκαυσίμων ποικίλλουν σε ότι αφορά τις εδαφολογικές επιδράσεις, τις απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία και τις εκτάσεις γης που απαιτούνται για την εγκατάστασή τους. Η έκθεση του I.E.A (2006, σελ. 393) σημειώνει ότι ο αντίκτυπος του ζαχαροκάλαμου στα εδάφη είναι γενικά μικρότερος από αυτόν του συναπόσπορου, του αραβόσιτου και άλλων δημητριακών. Η εδαφική ποιότητα διατηρείται με την ανακύκλωση των θρεπτικών ουσιών από τα εργοστάσια ζάχαρης και τα παραπροϊόντα διύλισης-απόσταξης. Η χρησιμοποίηση περισσότερης βγάσσας ως ενεργειακή εισαγωγή στην παραγωγή βιοαιθανόλης θα μείωνε την ανακύκλωση.

Τα ολοκληρωμένα συστήματα παραγωγής αγροτικών προϊόντων απαιτούν την επαναχρησιμοποίηση των φυτικών υπολειμμάτων για να ανακυκλώσουν τις θρεπτικές ουσίες και να διατηρήσουν την εδαφική γονιμότητα. Χαρακτηριστικά μόνο το 25 με 33% των διαθέσιμων φυτικών υπολειμμάτων από τον αραβόσιτο μπορεί να συγκομιστεί (Doornbosch και Steenblik, 2007). Με τη δημιουργία μιας αγοράς για τα γεωργικά υπολείμματα, η αυξανόμενη απαίτηση για ενέργεια μπορεί, εάν δεν γίνει η κατάλληλη διαχείριση, να εκτρέψει τα φυτικά υπολείμματα στην παραγωγή των βιοκαυσίμων, με ενδεχομένως καταστρεπτικά αποτελέσματα στην εδαφική ποιότητα και ειδικότερα στην οργανική ουσία των εδαφών (Fresco, 2007).

Ο Hill και άλλοι (2006) διαπίστωσαν ότι η καλλιέργεια σόγιας για παραγωγή βιοντίζελ στις Η.Π.Α απαιτεί πολύ λιγότερα λιπάσματα και φυτοφάρμακα ανά μονάδα της παραχθείσας ενέργειας σε σχέση με τον αραβόσιτο. Ακόμη υποστηρίζουν ότι και τα δύο είδη καλλιεργειών απαιτούν εδάφη υψηλής παραγωγικότητας και καλής ποιότητας σε σύγκριση με της δεύτερης γενεάς καλλιέργειες όπως το switchgrass (Tilman, Hill and Lehman, το 2006). Οι πολυετείς λιγνοκυτταρινούχες καλλιέργειες όπως ο ευκάλυπτος, η λεύκα, η ιτιά απαιτούν μικρότερη εντατική διαχείριση και μειωμένη χρήση συμβατικών καυσίμων. Μπορούν επίσης να αυξηθούν σε χαμηλής ποιότητας εδάφη, ενώ ο εδαφικός άνθρακας και η εδαφική ποιότητα τείνουν να αυξηθούν με την πάροδο του χρόνου (I.E.A, 2006).

7.4.3 Επιδράσεις στη βιοποικιλότητα

Η παραγωγή βιοκαυσίμων μπορεί να έχει επιπτώσεις στην φυσική και γεωργική βιοποικιλότητα με μερικούς θετικούς τρόπους, όπως μέσω της αποκατάστασης των υποβαθμισμένων εδαφών, αλλά και αρνητικές επιδράσεις όπως όταν μετατρέπονται τα φυσικά τοπία (δάση) σε ενεργειακές καλλιέργειες (CBD, 2008). Γενικά, η φυσική βιοποικιλότητα απειλείται από την απώλεια βιότοπου όταν επεκτείνονται οι εκτάσεις για την παραγωγή γεωργικών προϊόντων, ενώ η γεωργική βιοποικιλότητα επηρεάζεται στην περίπτωση όπου έχουμε μονοκαλλιέργειες σε μεγάλη κλίμακα, οι οποίες είναι βασισμένες σε «περιορισμένο» γενετικό υλικό και θα έχει σαν αποτέλεσμα την μειωμένη χρήση των παραδοσιακών ποικιλιών.

Η πρώτη ένδειξη για την απώλεια βιοποικιλότητας είναι η απώλεια βιότοπων μετά από την αλλαγή χρήσης γης δασικών ή χορτολιβαδικών εκτάσεων για την παραγωγή αγροτικών προϊόντων. Από τις σημειώσεις του CBD (2008), προκύπτει ότι πολλές

καλλιέργειες που χρησιμοποιούνται τώρα για την παραγωγή βιοκαυσίμων είναι προσαρμοσμένες για τις τροπικές περιοχές. Αυτό αυξάνει τα οικονομικά κίνητρα στις χώρες που έχουν την δυνατότητα παραγωγής βιοκαυσίμων να μετατρέψουν τα φυσικά οικοσυστήματα που διαθέτουν σε ενεργειακές καλλιέργειες (π.χ. ελαιοφονίκας), προκαλώντας στις περιοχές αυτές απώλεια της φυσικής βιοποικιλότητας τους. Ενώ οι φυτείες ελαιοφονίκων δεν χρειάζονται πολλά λιπάσματα ή φυτοφάρμακα, ακόμη και σε φτωχά εδάφη, η επέκτασή τους μπορεί να οδηγήσει στην απώλεια τροπικών δασών. Αν και η απώλεια φυσικών βιότοπων μέσω της αλλαγής χρήσης γης για την παραγωγή βιοκαυσίμων έχει αναφερθεί σε μερικές χώρες (Curran et al., 2004 and Soyka, Palmer and Engel, 2007), τα στοιχεία και η ανάλυση που απαιτούνται για να αξιολογήσουν το βαθμό και τις συνέπειες τους είναι ακόμα ελλιπή. Ο Nelson και ο Robertson (2008) εξέτασαν πώς οι αυξανόμενες τιμές αναλώσιμων αγαθών που προκλήθηκαν από την αυξανόμενη ζήτηση βιοκαυσίμων θα μπορούσαν να προκαλέσουν την αλλαγή και την εντατικοποίηση χρήσης της γης στη Βραζιλία και διαπίστωσαν ότι η γεωργική επέκταση που οδηγήθηκε από τις υψηλότερες τιμές θα μπορούσε να απειλήσει τις περιοχές που είναι πλούσιες σε σπάνια και ποικιλόμορφα είδη πουλιών.

Η δεύτερη σημαντική ένδειξη είναι η απώλεια της αγροβιοποικιλότητας, που προκαλείται από την εντατικοποίηση των γεωργικών καλλιεργειών, υπό τη μορφή γενετικής ομοιομορφίας των παραγόμενων αγροτικών προϊόντων. Οι περισσότερες καλλιέργειες για την παραγωγή βιοκαυσίμων είναι βασισμένες σε ένα ενιαίο είδος. Υπάρχουν επίσης ανησυχίες για τα χαμηλά επίπεδα γενετικής ποικιλομορφίας στις ετήσιες καλλιέργειες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοκαυσίμων όπως το ζαχαροκάλαμο (Royal Society, 2008), η οποία αυξάνει την ευαισθησία αυτών των καλλιεργειών σε νέες ασθένειες και παράσιτα. Αντιθέτως, το αντίστροφο ισχύει για την καλλιέργεια του φυτού *Jatropha*, που παρουσιάζει έναν εξαιρετικά υψηλό βαθμό γενετικής ποικιλομορφίας, το μεγαλύτερο μέρος της οποίας δεν μπορεί να βελτιωθεί, με συνέπεια τα γενετικά του χαρακτηριστικά να υπονομεύουν την εμπορική αξία του (IFAD/FAO/UNF, 2008).

Τα θετικά αποτελέσματα στη βιοποικιλότητα έχουν σημειωθεί στις υποβαθμισμένες ή οριακές περιοχές όπου τα νέα πολυετή μεικτά φυτικά είδη έχουν εισαχθεί για να αποκαταστήσουν το οικοσύστημα που λειτουργεί και να αυξήσουν τη βιοποικιλότητα του (CBD, 2008). Τα πειραματικά στοιχεία από διάφορες δοκιμές σε υποβαθμισμένα και εγκαταλειμμένα εδάφη (Tilman, Hill and Lehman, 2006) έδειξαν ότι όταν

χρησιμοποιούνται πολυετή μεικτά φυτικά είδη με μεγάλη ποικιλομορφία συμβάλουν στην προστασία και τη διατήρηση των οικοσυστημάτων, συμπεριλαμβανομένου και των φυσικών βιότοπων ελέγχοντας τη διήθηση νερού και την απομάκρυνση άνθρακα. Επίσης παράγουν βιομάζα με μεγαλύτερα ποσά καθαρής ενέργειας (που μετριούνται ως ενέργεια που απελευθερώνεται με την καύση) και παρατηρείται μεγαλύτερη μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και λιγότερη αγροχημική ρύπανση σε σχέση με την καλλιέργεια αραβόσιτου ή σόγιας που προορίζονται για την παραγωγή βιοαιθανόλης ή βιοντίζελ αντίστοιχα.

Οι Tilman, Hill και Lehman, (2006) διαπίστωσαν επίσης ότι το switchgrass μπορεί να είναι ιδιαίτερα παραγωγικό σε εύφορα εδάφη, ειδικά όταν γίνεται χρήση λιπασμάτων και φυτοφάρμακων, αλλά η απόδοσή του σε φτωχά εδάφη είναι διαφορετική από εκείνη πολυετών ενεργειακών φυτών.

7.5 Σύγκρουση βιοκαυσίμων και τροφίμων

Το ερώτημα που ανακύπτει με την επέκταση των ενεργειακών καλλιεργειών είναι εάν θα υπάρξει σύγκρουση στην κάλυψη των αναγκών για βιοκαύσιμα και στην κάλυψη των αναγκών για τρόφιμα. Το πρόβλημα φαίνεται να διχάζει την παγκόσμια κοινότητα και η απάντηση στο ερώτημα δεν είναι και τόσο ξεκάθαρη. Υποστηρικτές των βιοκαυσίμων υποστηρίζουν ότι αν τα βιοκαύσιμα αναπτυχθούν σωστά, δεν τίθεται θέμα ανταγωνισμού βιοκαυσίμων-τροφίμων. Από την άλλη, υπάρχουν πολλοί που αποδίδουν την άνοδο των τιμών των τροφίμων στην καλλιέργεια των βιοκαυσίμων.

7.5.1 Συνεισφορά των βιοκαυσίμων στην άνοδο των τιμών των τροφίμων

Τον κίνδυνο νέων κοινωνικών αναταραχών λόγω της ανόδου των τιμών των τροφίμων επισήμανε ο πρόεδρος του Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (Ο.Η.Ε.) Ζακ Ντιούφ. Ο επικεφαλής του επισιτιστικού προγράμματος του Ο.Η.Ε. ζήτησε διεθνές μορατόριουμ στην παραγωγή καυσίμων.

Ο Μάρτιν Φον Λάμπε, του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (Ο.Ο.Σ.Α.), είπε ότι για να αυξηθεί σημαντικά η παραγωγή πρώτης γενιάς βιοκαυσίμων πρέπει να αξιοποιηθούν μεγάλες εκτάσεις καλλιεργήσιμης γης που

σήμερα χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τροφίμων. Η Ευρώπη, είπε, θα πρέπει να χρησιμοποιήσει πάνω από το 50% της αρόσιμης γης της για να παραγάγει 10% της συνολικής της κατανάλωσης καυσίμων. Αντίθετα η Βραζιλία θα χρειαζόταν μόνο το 3% και οι Η.Π.Α. το 30%.

Σύμφωνα με τα Ηνωμένα Έθνη και τον Ο.Ο.Σ.Α. υπολογίζεται ότι κατά την επόμενη δεκαετία θα διπλασιασθεί περίπου η ποσότητα ζαχαρότευτλων, αραβοσίτου και ελαιόσπορου που θα καλλιεργείται για να τροφοδοτεί με καύσιμα τα αυτοκίνητα.

Σύμφωνα με μια έκθεση που εκδόθηκε τον Ιούλιο του 2007 από τον Ο.Ο.Σ.Α. και τον Οργανισμό Επισιτισμού και Γεωργίας (F.A.O.) η αυξημένη ζήτηση για βιοκαύσιμα είναι πιθανό να προκαλέσει μακροπρόθεσμα την αύξηση της τιμής πολλών γεωργικών προϊόντων. Αυτό δεν αφήνει ανεπηρέαστους τους κτηνοτρόφους, καθώς οι υψηλότερες τιμές τροφίμων θα σημάνουν υψηλότερο κόστος και χαμηλότερα εισοδήματα και για τους κτηνοτρόφους, οι οποίοι χρησιμοποιούν τα αγροτικά προϊόντα ως ζωοτροφές, κάτι που επίσης θα περάσει στην τροφική αλυσίδα με αύξηση των τιμών των κτηνοτροφικών προϊόντων. Υπάρχουν ισχυρισμοί ότι τα πουλερικά παραδείγματος χάριν παρουσιάζουν αυξημένη τιμή λόγω της υψηλότερης τιμής του καλαμποκιού. Η μελέτη δείχνει ότι οι τιμές των σπόρων μπορεί να αυξηθούν μέχρι και κατά 20 με 50% την επόμενη δεκαετία, δυσκολεύοντας έτσι πολλούς ανθρώπους σε πολλές χώρες να αγοράσουν βασικά είδη διατροφής όπως σιτάρι και καλαμπόκι.

Έχει εκτιμηθεί ότι η ραγδαία αύξηση την βιομηχανίας των βιοκαυσίμων πιθανότατα θα κρατήσει τις τιμές των τροφίμων ανεβασμένες τουλάχιστον για την επόμενη δεκαετία (Ο.Ο.Σ.Α./F.A.O., 2007). Αυτό οφείλεται από τη μία στη παγκόσμια αύξηση της τιμής των δημητριακών λόγω της εξάπλωσης των ενεργειακών καλλιεργειών κι από την άλλη στις αυξημένες τιμές πρώτων υλών όπως το καλαμπόκι, που αντί να προορίζεται για ζωοτροφή, χρησιμοποιείται πια για να παράγει αιθανόλη. Το μεγαλύτερο μερίδιο αυτών των συνεπειών θα το υποστούν οι πληθυσμοί αναπτυσσόμενων χωρών οι οποίοι θα αντικρίσουν την διαθέσιμη καλλιεργήσιμη γη των χωρών τους να μετατρέπεται σε τεράστιες μονοκαλλιέργειες ενεργειακών φυτών.

Σύμφωνα με τις προβλέψεις, αν και η παγκόσμια παραγωγή δημητριακών το 2008 θα αυξηθεί κατά 2,6%, οι τιμές -που ήδη είναι σε επίπεδα ρεκόρ- δεν αναμένεται να μειωθούν γιατί μικρό μέρος της επιπλέον παραγωγής φτάνει στην αγορά. Το 2007 τα αποθέματα σιταριού έχουν αγγίξει το χαμηλότερο επίπεδο της τελευταίας 25ετίας και η τιμή του είναι η υψηλότερη των 10 τελευταίων ετών.

Οι φτωχότερες χώρες θα αναγκαστούν να πληρώσουν μέχρι και 56% περισσότερο για την εισαγωγή τροφίμων με αποτέλεσμα να προκληθούν νέες κοινωνικές συγκρούσεις. Την επίπτωση των υψηλών τιμών θα δουν εντονότερα οι κάτοικοι αυτών των χωρών που διαθέτουν πάνω από το μισό εισόδημά τους για αγορά τροφής σε σχέση με το 10% - 20% των δυτικών χωρών.

7.6 "Αθώωση" των βιοκαυσίμων

Από την άλλη πλευρά η Κομισιόν "αθώνει" τα βιοκαύσιμα σε σχέση με την επισιτιστική κρίση. Τα βιοκαύσιμα άδικα κατηγορούνται για την επισιτιστική κρίση δήλωσε η Ευρωπαϊκή επιτροπή αρμόδια για τη γεωργία Μαριάν Φίσερ Μπολ, η οποία ανέφερε ότι υπάρχουν άλλα αίτια που προκάλεσαν την ραγδαία άνοδο των τιμών των τροφίμων και τις ταραχές σε πολλές περιοχές του πλανήτη. Μιλώντας σε διάσκεψη για το θέμα των βιοκαυσίμων, η Μπολ τόνισε ότι πρόκειται για περίπλοκο ζήτημα, μέρος του οποίου έχει διογκωθεί. Η επιτροπή απέδωσε την κρίση, μεταξύ άλλων, στην αυξημένη ανάγκη σε τρόφιμα, κυρίως από την Κίνα και την Ινδία, και στις κακές καιρικές συνθήκες στην Ευρώπη, την Αμερική και την Ρωσία που προκάλεσαν την μείωση της παραγωγής. Μέρος της ευθύνης, συνέχισε η επιτροπή, έχουν και οι κερδοσκόποι.

Η Κίνα έχει ήδη αντικαταστήσει τις Η.Π.Α. στη θέση του πρώτου, παγκοσμίως, αγοραστή βασικών αγαθών, καταναλώνοντας τις μεγαλύτερες ποσότητες σιτηρών, κρέατος, άνθρακα (εκτός πετρελαίου) και χάλυβα. Η Κίνα πλέον έφτασε να καταναλώνει σήμερα το 25% της παγκόσμιας παραγωγής κρέατος.

Ο F.A.O. (Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών) ενώ αρχικά κατηγορήσε τα βιοκαύσιμα για τις απότομες αλλαγές των τροφίμων, υποστηρίζει πλέον ότι τα βιοκαύσιμα δεν είναι ο κύριος παράγοντας της τελευταίας κρίσης στα τρόφιμα, αλλά συμβάλλει σε αυτή κατά περίπου 10%. Σύμφωνα, λοιπόν, με τον F.A.O., οι κυριότεροι παράγοντες για την αύξηση των τιμών των τροφίμων είναι η πολύ μεγάλη αύξηση της ζήτησης σε τρόφιμα από την Κίνα, λόγω της ανόδου του βιοτικού επιπέδου και η επιβράδυνση του ρυθμού αύξησης της παραγωγικότητας. Ένας σημαντικός παράγοντας σύμφωνα με τον FAO που ευθύνεται πολύ περισσότερο από τα βιοκαύσιμα είναι η τιμή του πετρελαίου, καθώς αυξάνει το κόστος παραγωγής κι επομένως τις τιμές των τροφίμων.

Για να αποδείξουν την "αθωότητα" των βιοκαυσίμων οι αναλυτές φέρνουν το εξής παράδειγμα: Η τιμή για τις φακές στην Ινδία έχει αυξηθεί από 300 δολάρια ο τόνος πέρυσι σε 800 δολάρια ο τόνος φέτος. Όμως οι φακές ούτε προορίζονται για βιοκαύσιμα ούτε καλλιεργούνται σε γη που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την καλλιέργεια ενεργειακών φυτών.

Επίσης, υποστηρικτές των βιοκαυσίμων υποστηρίζουν ότι ακόμα κι αν οι Η.Π.Α., μετατρέπουν το ένα τέταρτο της καλλιέργειας καλαμποκιού σε αιθανόλη και η Ευρωπαϊκή Ένωση σχεδιάσει να λαμβάνει το 10% των καυσίμων από τις βιοκαλλιέργειες μέχρι το 2020, η επίδραση στις παγκόσμιες τιμές των τροφίμων είναι πολύ μικρή. Ο πρόεδρος της Βραζιλίας, Λουίς Ινάσιο Λούλα Ντα Σίλβα δήλωσε σε πρόσφατη Σύνοδο του Ο.Η.Ε. για την διατροφική κρίση, κατά την ομιλία του στη σύνοδο, πως «τα βιοκαύσιμα δεν είναι ληστές» και πως μπορούν αντιθέτως «να γίνουν ένα σημαντικό εργαλείο για να βγουν οι χώρες από τη διατροφική ανασφάλεια».

Η απάντηση στο αρχικό ερώτημα, εάν θα υπάρξει σύγκρουση στην κάλυψη των αναγκών για βιοκαύσιμα και στην κάλυψη των αναγκών για τρόφιμα είναι αρνητική, εφόσον τα βιοκαύσιμα αναπτυχθούν προσεκτικά και με κριτήρια βιωσιμότητας. Η ανάπτυξή τους θα πρέπει να γίνει με τρόπο ώστε η παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων βιοκαυσίμων στις αγροτικές εκτάσεις να μην επηρεάσει την παροχή τροφίμων και να μην οδηγήσει σε ελλείψεις.

Πρέπει, επίσης να αναφερθεί ότι, ανάλογα με τη διαδικασία επεξεργασίας της πρώτης ύλης για την παραγωγή των βιοκαυσίμων (ξηρή ή υγρή άλεση) παράγονται και άλλα προϊόντα που μπορεί να έχουν μεγαλύτερη αξία από τα ίδια τα βιοκαύσιμα. Τα μη αξιοποιήσιμα υποπροϊόντα συνήθως καίγονται για την παραγωγή θερμικής ή ηλεκτρικής ενέργειας. Από τα αξιοποιήσιμα, όμως, προϊόντα ορισμένα είναι πλούσια σε πρωτεΐνες ζωική τροφή, που μπορεί να είναι πολύτιμη στις περιπτώσεις που η επεξεργασία της πρώτης ύλης για την παραγωγή βιοκαυσίμων γίνεται σε φτωχές περιοχές του Τρίτου Κόσμου.

Τέλος, να αναφέρουμε ότι τα βιοκαύσιμα είναι σε "βρεφική ηλικία" σήμερα και σύντομα (τα επόμενα 5-10 χρόνια) τα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς θα αντικατασταθούν από τα δεύτερης γενιάς όπως η κυτταρινική αιθανόλη και το βιοντίζελ από βιομάζα, που παράγονται από μη διατροφικές πρώτες ύλες.

Κεφάλαιο 8. Παγκόσμια ανάπτυξη παραγωγής βιοκαυσίμων

Η ανάγκη για τη χρήση εναλλακτικών και ανανεώσιμων καυσίμων έναντι του πετρελαίου και των προϊόντων του έχει αρχίσει να παίζει έναν πολύ σημαντικό ρόλο στον ανεπτυγμένο κόσμο, τόσο για περιβαλλοντικούς όσο και για οικονομικούς και διαχειριστικούς λόγους.

Όπως ήδη έχουμε αναφέρει, βιοκαύσιμα χαρακτηρίζονται όλα τα στερεά, υγρά και αέρια καύσιμα που προέρχονται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (βιομάζα). Τα κυριότερα είναι το βιοντίζελ που παράγεται από τα φυτικά έλαια και τα ζωικά λίπη, η βιοαιθανόλη που παράγεται από τα σακχαρούχα και αμυλούχα φυτά, το βιοαέριο, κ.ά.

Για το βιοντίζελ και τη βιοαιθανόλη, συγκεκριμένα, οι επενδύσεις αναπτύσσονται ταχύτατα σε ολόκληρο τον κόσμο. Στις ΗΠΑ το 2007 η παραγωγή βιοαιθανόλης ανήλθε στους 19.400.000 τόνους και αυξάνεται κατά 30% κάθε χρόνο, ενώ η παραγωγή βιοντίζελ ξεπέρασε τους 6.200.000 τόνους, με στόχο να τριπλασιαστεί και αυτή μέχρι το 2009. Η Βραζιλία διατηρεί παγκοσμίως την πρώτη θέση στην παραγωγή βιοαιθανόλης.

Η Γερμανία παραμένει ο μεγαλύτερος παραγωγός βιοντίζελ στον κόσμο (2.819.000 τόνοι βιοντίζελ παρήχθησαν το 2008) και αυξάνει την παραγωγή του σταθερά περίπου κατά 40% κάθε χρόνο, ενώ αναπτύσσονται και μεγάλα εργοστάσια παραγωγής βιοαιθανόλης δυναμικότητας έως και 250.000 τόνων το χρόνο. Στην Ουγγαρία κατασκευάζεται το μεγαλύτερο εργοστάσιο παραγωγής βιοαιθανόλης στον κόσμο, δυναμικότητας 400.000 τόνων. Η Γαλλία φιλοδοξεί να τετραπλασιάσει την παραγωγή βιοκαυσίμων έως το 2009.

Στην Ισπανία, στην Ιταλία, στην Αυστρία και στις άλλες χώρες της Κεντρικής Ευρώπης παράγονται σημαντικές ποσότητες βιοντίζελ και βιοαιθανόλης.

Παράλληλα, τα βιοκαύσιμα δεύτερης και τρίτης γενιάς, όπως συνθετικά βιοκαύσιμα, βιοϋδρογόνο κ.ά., βρίσκονται προ των πυλών και αναμένεται να πρωταγωνιστήσουν στα αμέσως προσεχή χρόνια.

Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της Σουηδίας, η οποία για να αντιμετωπίσει την αναμενόμενη μείωση των ορυκτών καυσίμων έχει ήδη αρχίσει την υποκατάστασή τους, με στόχο να ελαττώσει αισθητά, μέχρι το 2020, την εξάρτηση της από το πετρέλαιο. Όσο υψηλοί κι αν φαίνονται αυτοί οι στόχοι, εντάσσονται στο πλαίσιο της επιτυχημένης πολιτικής που εφαρμόζεται στη χώρα τα τελευταία 30 χρόνια: η

Σουηδία έχει μειώσει κατά 70% τη χρήση πετρελαίου για τη θέρμανση των κατοικιών, ιδιαίτερα χάρη στην εκμετάλλευση της βιομάζας.

Χάρη στη γενίκευση της χρήσης βιοκαυσίμων και στον εκσυγχρονισμό των κτηρίων για να πετύχουν καλύτερες ενεργειακές επιδόσεις, ο στόχος της μηδενικής κατανάλωσης υδρογονανθράκων στον τομέα της κατοικίας μπορεί να επιτευχθεί σύντομα.

Όσον αφορά τις μεταφορές, η επιτροπή για την απεξάρτηση από το πετρέλαιο παραδέχεται ότι θα χρειαστούν 15 χρόνια για να πάψουν όλα τα οχήματα να καταναλώνουν βενζίνη ή ντίζελ. Πάντως, η μετατροπή των αυτοκινήτων βρίσκεται ήδη σε καλό δρόμο, δεδομένου ότι η Σουηδία έχει επιτύχει την καθολική χρήση της αιθανόλης.

Τα περισσότερα αστικά λεωφορεία κινούνται με αιθανόλη. Το E-5 (95% πετρέλαιο, 5% αιθανόλη) είναι πλέον δεδομένο καύσιμο φυτικής προέλευσης που χρησιμοποιείται στα Ι.Χ.. Ωστόσο κυκλοφορούν ήδη αρκετές εκατοντάδες χιλιάδες αυτοκίνητα «flex-fuel», τα οποία έχουν τη δυνατότητα να καίνε E-85 (85% αιθανόλη).

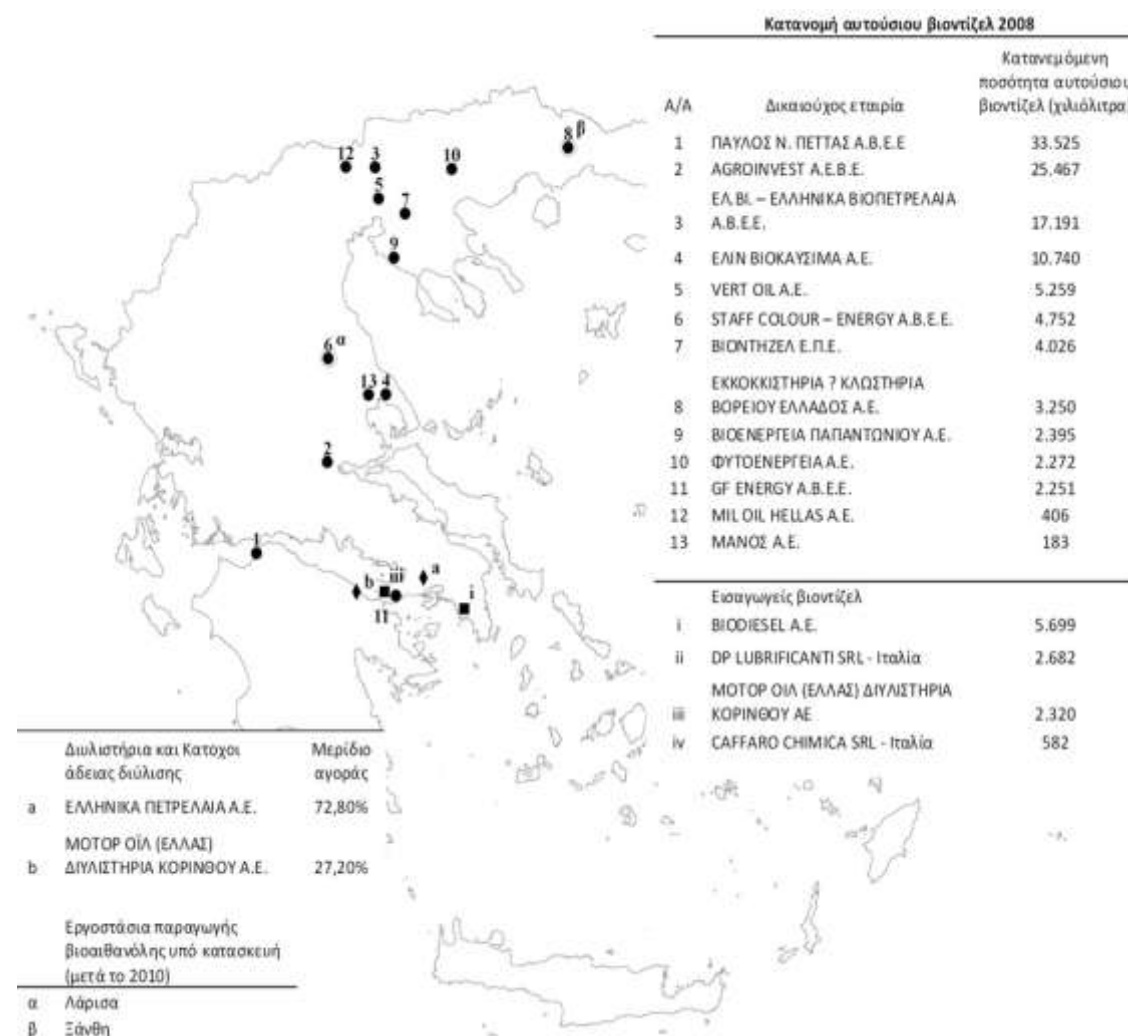
8.1 Υφιστάμενη κατάσταση παραγωγής βιοκαυσίμων στην Ελλάδα

Αυτή τη στιγμή, στην Ελλάδα υπάρχουν δύο εργοστάσια παραγωγής βιοντίζελ, τα οποία ήδη παραδίδουν ποσότητες βιοντίζελ, κυρίως στα διυλιστήρια (ΕΛΠΕ και ΜΟΤΟΡ ΟΪΛ) για ανάμειξη με το συμβατικό ντίζελ και διάθεση του μείγματος στην ελληνική αγορά. Το πρώτο είναι η ΕΛΒΙ στο Κιλκίς, δυναμικότητας 40.000 tn βιοντίζελ το χρόνο, που τέθηκε σε λειτουργία το φθινόπωρο του 2005. Το 74% του παραγόμενου βιοντίζελ η εταιρεία το διαθέτει στα ΕΛΠΕ, το 24% στη ΜΟΤΟΡ ΟΪΛ και ένα 2% θα απορροφήσει η Shell. Το δεύτερο είναι η Παύλος Ν. Πέττας ΑΒΕΕ-Ελαιουργία στη βιομηχανική περιοχή της Πάτρας, δυναμικότητας 65.000 tn βιοντίζελ το χρόνο, που ξεκίνησε την παραγωγή του τον Αύγουστο του 2006.

Παράλληλα, έχουν αναπτυχθεί αρκετές επιχειρηματικές πρωτοβουλίες για ίδρυση μονάδων παραγωγής βιοντίζελ σε όλη τη χώρα, ενώ η Ελληνική Βιομηχανία Ζάχαρης προτίθεται να δραστηριοποιηθεί στην παραγωγή βιοαιθανόλης επεκτείνοντας τις εγκαταστάσεις της, κάθε μία από τις οποίες θα παράγει 150.000 tn βιοαιθανόλης το χρόνο.

Σημαντικό είναι το έργο Biosis για την ανάπτυξη βιώσιμου και ολοκληρωμένου συστήματος παραγωγής βιοντίζελ από ενεργειακές καλλιέργειες με ταυτόχρονη εκμετάλλευση των παραγόμενων παραπροϊόντων στις Περιφέρειες Δυτικής Ελλάδος, Ηπείρου και Απουλίας της Ιταλίας. Σκοπός είναι η μείωση της ενεργειακής εξάρτησης σε περιφερειακό και εθνικό επίπεδο από το πετρέλαιο, η ενίσχυση του πρωτογενούς αγροτικού τομέα και η προστασία του περιβάλλοντος. Το έργο αυτό θα συμβάλει σημαντικά στην ουσιαστική συμμετοχή των εμπλεκόμενων Περιφερειών στις Εθνικές προσπάθειες επίτευξης των στόχων που έχουν τεθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση στο τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και παραγωγής και κατανάλωσης βιοκαυσίμων καθώς και στην κατάρτιση επιστημονικού προσωπικού υψηλού επιπέδου στις καινοτόμες τεχνολογίες ως αρωγούς και φορείς διάχυσής τους.

Στο παρακάτω σχήμα 18 φαίνεται η κατανομή αυτούσιων ποσοτήτων βιοντίζελ καθώς και οι εταιρείες που παρήγαγαν αυτές τις ποσότητες κατά το έτος 2008.



Σχήμα 18: Κατανομή ποσοτήτων αυτούσιου βιοντίζελ κατά το έτος 2008 (πηγή: υπουργείο Ανάπτυξης).

8.2 Νομοθεσία για τα βιοκαύσιμα

Στην Ευρώπη έχει δρομολογηθεί η υποχρεωτική χρήση βιοκαυσίμων στα καύσιμα κίνησης σε ποσοστό τουλάχιστον 2% από 1/1/2006, με στόχο την αύξησή τους σε ποσοστό 5,75% μέχρι 31/12/2010, με βάση την οδηγία 2003/30/EC της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, η οποία προτείνει συμμετοχή των βιοκαυσίμων στην αγορά καυσίμων σε ποσοστό 20% έως το 2012. Στα ποσοστά αυτά το βιοντίζελ θα υποκαταστήσει το συμβατικό ντίζελ, ενώ η βιοαιθανόλη τη βενζίνη.

Η Κοινοτική Οδηγία στοχεύει στην ικανοποίηση των δεσμεύσεων του Πρωτοκόλλου του Κιότο σχετικά με τις κλιματικές αλλαγές και την αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου, στην ασφάλεια του εφοδιασμού κατά τρόπο φιλικό προς το περιβάλλον και στην προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις μεταφορές. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (E.C.), οι μεταφορές στην Ευρωπαϊκή Ένωση (E.E.) ευθύνονται για το 21% των εκπομπών αερίων που συμβάλλουν στην αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη μας (φαινόμενο του θερμοκηπίου) και το ποσοστό αυτό μεγαλώνει. Την ίδια στιγμή, η E.E. αποτελεί τον μεγαλύτερο εισαγωγέα ενέργειας στον κόσμο, χρησιμοποιώντας περίπου το 17% της παγκόσμιας ενέργειας.

Παράλληλα, η παραγωγή βιοκαυσίμων στην E.E. το 2008 είχε ανέλθει σε 9.955.000 tn, από τους οποίους 2.200.000 tn ήταν βιοαιθανόλη και 7.755.000 tn βιοντίζελ. Οι ποσότητες αυτές ισοδυναμούν μόνο με το 4,25% περίπου της κατανάλωσης πετρελαίου και βενζίνης στην E.E. Έτσι, επιβάλλεται η αύξηση της χρήσης των βιοκαυσίμων, η οποία θα συμβάλει στη μείωση της εξάρτησης των κρατών μελών της E.E. από τις εισαγωγές ορυκτών καυσίμων, στη μείωση των εκπομπών επικίνδυνων ρυπαντών και αερίων που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, ενώ παράλληλα θα δημιουργηθούν νέες ευκαιρίες για τους αγρότες και οικονομικές ευκαιρίες για τις αναπτυσσόμενες χώρες.

Η στρατηγική της E.E. που υιοθετήθηκε τον Φεβρουάριο του 2006 για τα βιοκαύσιμα βασίζεται στο σχέδιο για εκμετάλλευση της βιομάζας, το οποίο υιοθετήθηκε το Δεκέμβριο του 2005 και έχει αναπτυχθεί σε επτά άξονες πολιτικής:

- 1) υποκίνηση της ζήτησης βιοκαυσίμων,
- 2) κατάκτηση περιβαλλοντικών οφελών,
- 3) ανάπτυξη της παραγωγής και διανομής βιοκαυσίμων,
- 4) επέκταση των προμηθειών πρώτων υλών,

- 5) ενίσχυση των εμπορικών ευκαιριών,
- 6) υποστήριξη των αναπτυσσόμενων χωρών και
- 7) υποστήριξη προγραμμάτων έρευνας και ανάπτυξης.

Στην Ελλάδα, με νόμο που ψηφίστηκε το Νοέμβριο του 2005 (ν.3423/2005) εναρμονίζεται η Εθνική Νομοθεσία προς την Κοινοτική Οδηγία. Τα βασικότερα σημεία του νόμου είναι:

- Ο καθορισμός της συμμετοχής των βιοκαυσίμων και των άλλων ανανεώσιμων καυσίμων στην ελληνική αγορά σε ποσοστό 5,75% του συνόλου της βενζίνης και του πετρελαίου που καταναλώνονται στον τομέα μεταφορών έως την 31η Δεκεμβρίου του 2010.
- Η θέσπιση της Άδειας Διάθεσης Βιοκαυσίμων για τις επιχειρήσεις που επιθυμούν να δραστηριοποιηθούν στην παραγωγή και την εμπορία βιοκαυσίμων στη χώρα μας. Ο κάτοχος της σχετικής άδειας θα έχει το δικαίωμα παραγωγής ή εισαγωγής αυτούσιων βιοκαυσίμων και άλλων ανανεώσιμων καυσίμων και της διάθεσής τους εντός της ελληνικής επικράτειας.
- Η πρόβλεψη για την κατάρτιση του «Προγράμματος Κατανομής Ποσοτήτων Βιοκαυσίμων» που απαλλάσσονται από τον Ειδικό Φόρο Κατανάλωσης Καυσίμων (ΕΦΚΚ). Σε κάθε συμμετέχοντα στο Πρόγραμμα παρέχεται η δυνατότητα και παράλληλα επιβάλλεται η υποχρέωση διάθεσης στην ελληνική αγορά συγκεκριμένης ποσότητας βιοκαυσίμων, απαλλαγμένη από τον Ειδικό Φόρο Κατανάλωσης για την περίοδο μέχρι και το τέλος του 2010.
- Έχει ήδη ψηφιστεί και αποτελεί νόμο (ν.3340/2005) η απαλλαγή ποσοτήτων αυτούσιου βιοντίζελ από τον ΕΦΚΚ μέχρι το 2007. Συγκεκριμένα, οι αποφορολογημένες ποσότητες βιοντίζελ για το 2005 ανέρχονταν σε 51.000 tn, ενώ για τα έτη 2006 και 2007 έχουν οριστεί στους 91.000 και 114.000 tn αντίστοιχα.
- Η ρύθμιση θεμάτων σχετικά με την ανάμειξη των βιοκαυσίμων με τα αντίστοιχα συμβατά προϊόντα διύλισης του αργού πετρελαίου, την εξασφάλιση της διάθεσης των βιοκαυσίμων στην ελληνική αγορά, καθώς και θεμάτων που άπτονται της ποιότητας και της διακίνησης των βιοκαυσίμων στη χώρα μας.

Τα επενδυτικά σχέδια ίδρυσης εργοστασίων παραγωγής βιοκαυσίμων ενισχύονται μέσα από τον αναπτυξιακό νόμο, ο οποίος προβλέπει ελάχιστη επιδότηση 30%, η

οποία υπό προϋποθέσεις μπορεί να φθάσει στο 55% της συνολικής επένδυσης. Το ελάχιστο ποσοστό της ίδιας συμμετοχής ανέρχεται στο 25% της επένδυσης. Ο αναπτυξιακός νόμος είναι σε συνεχή ισχύ και αιτήσεις κατατίθενται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

8.3 Η στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα υγρά βιοκαύσιμα

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει ήδη διατυπώσει τη στρατηγική της Ένωσης για τα βιοκαύσιμα, το Φεβρουάριο του 2006. Η στρατηγική αυτή έχει τρεις στόχους: την περαιτέρω προώθηση των βιοκαυσίμων στην Ευρωπαϊκή Ένωση και σε αναπτυσσόμενες χώρες, την προετοιμασία για την ευρείας κλίμακας χρήση βιοκαυσίμων με βελτίωση της ανταγωνιστικότητάς τους από άποψη κόστους και την διερεύνηση των ευκαιριών για αναπτυσσόμενες χώρες για την παραγωγή πρώτων υλών βιοκαυσίμων και βιοκαυσίμων. Προβλέπονται επτά άξονες πολιτικής:

- τόνωση ζήτησης για τα βιοκαύσιμα.
- αποκόμιση περιβαλλοντικών ωφελημάτων.
- ανάπτυξη της παραγωγής και διανομής βιοκαυσίμων.
- επέκταση εφοδιασμού με πρώτες ύλες.
- ενίσχυση ευκαιριών για εμπορικές συναλλαγές.
- υποστήριξη σε αναπτυσσόμενες χώρες.
- υποστήριξη στην έρευνα και ανάπτυξη.

Τυχόν συγκριτικά μειονεκτήματα της Ευρωπαϊκής Ένωσης έναντι άλλων χωρών που προκύπτουν από τις αποδόσεις καλλιεργειών ενεργειακών φυτών «πρώτης γενιάς» και μετατροπής τους σε βιοκαύσιμα με τεχνολογίες «πρώτης γενιάς», επιδιώκεται να αντιμετωπισθούν στα επόμενα έτη με ανάπτυξη ενεργειακών φυτών και τεχνολογιών μετατροπής «δεύτερης γενιάς». Η στρατηγική αυτή εντάσσεται στη γενικότερη ενεργειακή στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης με την οποία επιδιώκεται η βελτίωση της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού της, η βελτίωση του περιβάλλοντος, ειδικά σε ότι αφορά τις εκπομπές του CO₂, και η δημιουργία νέων ευκαιριών ανάπτυξης και απασχόλησης, ιδιαίτερα της Ευρωπαϊκής υπαίθρου.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το ενεργειακό μέλλον του πλανήτη είναι σχεδόν βέβαιο ότι κρύβεται στις ανανεώσιμες και εναλλακτικές μορφές ενέργειας. Η ανάγκη να αντιμετωπισθεί το πρόβλημα των διαρκώς φθινουσών ενεργειακών αποθεμάτων και η βεβαρυμμένη ατμοσφαιρική ρύπανση, έστρεψαν το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας προς την ανάπτυξη και εκμετάλλευση εναλλακτικών πηγών ενέργειας όπως είναι τα βιοκαύσιμα.

Υπάρχουν αντικρουόμενες απόψεις για τα αναμενόμενα οφέλη των βιοκαυσίμων που οφείλονται σε πολύπλοκους κοινωνικοπολιτικούς λόγους. Από τη μια οι κυβερνήσεις θέλουν να προωθήσουν και να αναπτύξουν την χρήση βιοκαυσίμων και από την άλλη πολλοί άνθρωποι κατακρίνουν την προσπάθεια αυτή υποστηρίζοντας ότι είναι λάθος η ιδέα της μετατροπής των τροφίμων σε καύσιμα σε μια περίοδο κρίσης για τους φτωχούς.

Εδώ γεννιέται το ερώτημα πείνα ή κλίμα; Μπορεί να λυθεί το πρόβλημα του κλίματος με τα βιοκαύσιμα χωρίς να είναι εις βάρος των φτωχών; Ερωτήσεις που δύσκολα θα απαντηθούν στο άμεσο μέλλον διότι και τα δυο θέματα είναι καυτά για τον πλανήτη.

Συμπερασματικά η χρήση των βιοκαυσίμων παρουσιάζει τα εξής θετικά και αρνητικά σημεία:

- Οι ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή βιοκαυσίμων αξιολογούνται ως προς τη συμβολή τους στην ανεξάρτηση από τα ορυκτά υγρά καύσιμα, τις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις, την ανταγωνιστικότητά τους ως πρώτη ύλη 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. 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.

- Τα βιοκαύσιμα ανταγωνίζονται με τα τρόφιμα για τις καλλιέργειες, οδηγώντας σε αύξηση των τιμών των τροφίμων. Στο μέλλον αυτό θα μπορούσε να θέσει σε κίνδυνο την ικανότητα της γης να τρέφει τον διαρκώς αυξανόμενο πληθυσμό.
- Τα βιοκαύσιμα μπορούν να συνεισφέρουν στους στόχους της ενεργειακής πολιτικής (απεξάρτηση από τις πετρελαϊκές χώρες) και στην εξασφάλιση ενέργειας από πληθώρα πρώτων υλών.
- Τα βιοκαύσιμα μπορούν να συμβάλλουν στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, στο περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στις αστικές περιοχές και να οδηγήσουν στην ανάπτυξη μιας νέας βιομηχανίας για την παραγωγή ενέργειας.
- Τα βιοκαύσιμα δύναται να τονώσουν τις τοπικές κοινωνίες με την εξασφάλιση αιεφόρου περιφερειακής ανάπτυξης, ενδυνάμωση του γεωργικού χώρου και προσφορά εναλλακτικών καλλιεργητικών λύσεων, μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο.
- Τα βιοκαύσιμα παρουσιάζουν σημαντικό προβάδισμα έναντι των άλλων εναλλακτικών καυσίμων διότι δεν απαιτούν αλλαγές στις υποδομές διανομής και αποθήκευσης τους και οι τροποποιήσεις των οχημάτων που λειτουργούν με βιοκαύσιμα είναι μικρές.
- Η αποψίλωση των δασικών εκτάσεων και η αλλαγή χρήσης της γης για την παραγωγή βιοκαυσίμων βοηθά τις κυβερνήσεις να φτάσουν στο στόχο τους για την μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, όμως στη πραγματικότητα μπορεί να προκαλούν μεγαλύτερες ζημιές (υποβάθμιση των βιοτόπων και της βιοποικιλότητας) γι' αυτό πρέπει να ληφθεί υπόψη ο κύκλος ζωής των κλιματικών επιδράσεων των διάφορων βιοκαυσίμων.
- Από τη μελέτη του κύκλου ζωής των βιοκαυσίμων προκύπτει ότι οι επιδράσεις τους στο περιβάλλον είναι περισσότερο θετικές σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα, υπό την προϋπόθεση ότι οι τοπικές συνθήκες εδάφους, άρδευσης και κλίματος είναι ευνοϊκές.
- Τα βιοκαύσιμα δεν μπορούν να είναι «η λύση» στα προβλήματα περιβάλλοντος των οχημάτων. Μπορούν μόνο να είναι μέρος της λύσης, μαζί με άλλες καθαρές πηγές ενέργειας, κανονισμούς εξοικονόμησης ενέργειας και νέες τεχνολογίες κίνησης των οχημάτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

- 1) Αποστολάκη Μ., Κυρίτση Σ., Σούτερ Χ. Το ενεργειακό δυναμικό της Βιομάζας Γεωργικών και Δασικών υποπροϊόντων έρευνα στον ελλαδικό χώρο, ΕΛ.ΚΕ.ΠΑ 1987.
- 2) Αθανασιάδης Ηρ. Νικόλαος, Δασική Βοτανική ΙΙ, Εκδόσεις Γιαχούδη - Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη 1986.
- 3) Γελεγένης Ι., Αξαόπουλος Π., Πηγές Ενέργειας-Συμβατικές και Ανανεώσιμες, Εκδόσεις Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα 2005.
- 4) Καλαμπόγια Ευδοκία, Ανάλυση κύκλου ζωής βιοαιθανόλης και βιοντίζελ ως καύσιμα μεταφοράς. Διπλωματική εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2005.
- 5) ΚΑΠΕ, «Ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή υγρών και στερεών βιοκαυσίμων στην Ελλάδα», 2006.
- 6) ΚΑΠΕ, «Καθαρά Καύσιμα & Οχήματα», Αύγουστος 2005.
- 7) Κίττας Κωνσταντίνος, «Βιοκαύσιμα και Ενεργειακές Καλλιέργειες», 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο Εναλλακτικών Καυσίμων και Βιοκαυσίμων, Λίμνη Πλαστήρα Νεοχώρι Καρδίτσας, 26 – 27 Απριλίου 2007.
- 8) Κορωνάιος Χριστοφής, Σημειώσεις μαθήματος Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, του Δ.Π.Μ.Σ. "Περιβάλλον και Ανάπτυξη".
- 9) Λυχναράς Βασίλης, «Ενεργειακές καλλιέργειες επισκοπή έρευνας και ανάπτυξης», Ημερίδα IENE για τα υγρά βιοκαύσιμα, Κηφισιά 22 Ιουνίου 2006.
- 10) Ντάφης Αθ. Σπύρος, Δασική Οικολογία, Εκδόσεις Γιαχούδη - Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη, 1986.
- 11) Στοϊμενίδης Ανδρέας, Κωτσόπουλος Θωμάς, Μαρτζόπουλος Γεράσιμος Νέες τεχνολογίες στη γεωργική παραγωγή και την αγροτική ανάπτυξη, ΤΕΕ, 13-15 Μαΐου, 2005.
- 12) Στεργίου Ελένη, Πως συνδέονται τα βιοκαύσιμα με τη διατροφική κρίση, Η Καθημερινή, 4 Ιουνίου 2008.
- 13) Στούρνας Σ., Λόης Ε., Ζαννίκος Φ., Τεχνολογία καυσίμων και Λιπαντικών, Εκδόσεις Ε.Μ.Π Αθήνα 2000.

- 14) Τοπούζη Βικτώρια, Χαρακτηρισμός καυσίμων από ενεργειακές καλλιέργειες αγριαγκινάρας, καλαμιού και switchgrass στην Ελλάδα. Διπλωματική εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2007.
- 15) Τσούτσος Θεοχάρης, Κουλουμπής Βίκτορας, Ζαφείρης Θεόδωρος, Ζόλκου Περικλής, Πανούτσου Καλλιόπη, «Life cycle assessment for biodiesel under the greek climate conditions», 16th European Biomass Conference & Exhibition, Feria Valencia Spain, 2 – 6 June 2008.
- 16) Φιλίππου Π. Ιωάννης, Χημεία και Χημική Τεχνολογία του Ξύλου, Εκδόσεις Γιαχούδη – Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη, 1986.
- 17) Χατζηαθανασίου Α., Καβαδάκης Γ., Μαρδίκης Μ.: «Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας», Κ.Α.Π.Ε.
- 18) Χωραφά Μαρία, Βιομάζα: Μία σημαντική εναλλακτική μορφή ενέργειας, 2003.

Ξενόγλωσση

- 1) Amos A. Wade, Summary of Chariton Valley Switchgrass Co-Fire Testing at the Ottumwa Generating Station in Chillicothe, Iowa NREL 2002, (National Renewable Energy Laboratory) (<http://biomass.ecria.com>).
- 2) Bakker R. Robert, Elbersen W. H., Managing ash content and quality in herbaceous biomass: an analysis from plant to product, 2004 (<http://www.biomassandbioenergy.nl>).
- 3) Biofuels, agriculture and poverty reduction, Natural resource perspectives, O.D.I-Overseas Development Institute.
- 4) Biofuels and food, EuropaBio-The European Association for bioindustries, 2007.
- 5) Biofuels and their environmental performance, panorama 2007, I.F.P Innovation Energie Environnement.
- 6) Borjesson Pal, 'Environmental effects of energy crop cultivation in Sweden I: Identification and Quantification', Biomass and Bioenergy 16 (1999) 137-154.
- 7) Climate change: meeting the challenge to 2050, O.E.C.D-Organization for Economic co-operation and development.
- 8) Corinne Alexander and Chris Hurt, Biofuels and their impact on food prices, Department of Agricultural Economics, 2007.

- 9) Derby Dave, Halle John, «How to make Biodiesel», Low-Impact Living Initiative, March 2005.
- 10) Encinar J.M., Gonzales J.F., Gonzales J., 'Fixed-bed pyrolysis of *Cynara cardunculus* L. Products yields and compositions', *Fuel Processing Technology* 68 (2000) 209-222.
- 11) Freire F., Malca J., Rozakis S., Integrated economic and environmental life cycle optimization: an application to biofuel production in France, 2004.
- 12) Gonzalez J.F., Gonzalez-Garcia M. Carmen, Ramiro A., Ganan J., Ayuso A., Turegano J. 'Use of energy crops for domestic heating with a mural boiler', *Fuel Processing Technology* xx (2006) xxx-xxx.
- 13) Gonzalez J.F., Carmen M. Gonzalez-Garcia, Ramiro A., Gonzalez Jeronimo, Sabio Eduardo, Ganan Jose, Rodriguez A. Miguel, 'Combustion optimisation of biomass residue pellets for domestic heating with a mural boiler' *Biomass and Bioenergy* 27 (2004) 145-154.
- 14) Hallam A., Anderson C. I., Buxton R. D., 'Comparative economic analysis of perennial, annual and intercrops for biomass production', *Biomass and Bioenergy* 21 (2001) 407-424.
- 15) Hoogwijk Monique, Faaij Andre, Richard van den Broek, Berndes Goran, Dolf Gielen, Turkenburg Wim, 'Exploration of the ranges of the global potential of biomass for energy', *Biomass and Bioenergy* 25 (2003) 119-133.
- 16) Kemp H. William *Biodiesel Basics and Beyond* Aztext Press 2006.
- 17) Klass, D. L., "Biomass for Renewable Energy, Fuels and Chemical", Academic Press 1998.
- 18) Kort John, Collins Michael, Ditsch David, 'A review of soil erosion potential associated with biomass crops', *Biomass and Bioenergy*, Vol.14, No. 4, pp. 351-359, 1998.
- 19) Kumar Ashwini, 'Biomass for energy in developing countries: problems and future strategies', 1st World Conference on Biomass for Energy and Industry, Sevilla, Spain, 5-9 June 2000, 318-320.
- 20) *Lifecycle Analysis of CO₂-Equivalent Greenhouse-Gas Emissions from Biofuels.*
- 21) Lens P., Westermann P., Haberbauer M., Moreno A., *Biofuels for fuel Cells, renewable energy from biomass fermentation*, IWA publishing, 2007.

- 22) Lewandowski I., Scurlock J.M.O., Lindvall E., Christou M., 'The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe.' *Biomass and Bioenergy* 25(2003) 335-361.
- 23) Macedo C. Isaias, Seabrab E.A Joaquim, Silva E.A.R Joa, Greenhouse gases emissions in the production and the use of ethanol from sugarcane in Brazil: The 2005/2006 averages and a prediction for 2020 (english.unica.com.br/download.asp).
- 24) Marjoleine C. Hanegraaf, Edo E. Biewinga, Gert van der Bijl, 'Assessing the ecological and economic sustainability of energy crops', *Biomass and Bioenergy*, Vol. 15, Nos. 4/5, pp. 345-355, 1998.
- 25) Mardikis M., Namatov I., Panoutsou C., 'Research and technological development in the field of energy crops in Greece', 1st World Conference on Biomass for Energy and Industry, Sevilla, Spain, 5-9 June 2000, 1502-1505.
- 26) Meher C. L., Vidya Sagar D. and Naik N. S., Technical aspects of biodiesel production by transesterification—a review, Published by Elsevier Ltd, 2004.
- 27) Moffat J. A., Armstrong T. A., Ockleston J., 'The optimization of sewage sludge and effluent disposal on energy crops of short rotation hybrid poplar', *Biomass and Bioenergy* 20 (2001) 161-169.
- 28) Nonhebel Sanderine, 'Renewable energy and food supply: will there be enough land?', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 9 (2005) 191-201.
- 29) Jenkins B.M., Baxter L.L., T.R. Miles Jr, T.R. Miles, 'Combustion properties of biomass', *Fuel Processing Technology* 54 (1998) 17-46.
- 30) Lewandowski I., Kauter D., 'The influence of nitrogen fertilizer on the yield and combustion quality of whole grain crops for solid fuel use', *Industrial Crops and Products* 17 (2003) 103-117.
- 31) Paine K. Laura, Peterson L. Todd, D.J. Undersander, Rineer C. Kenneth, Bartelt A. Gerald, Temple A. Stanley, Sample W. David, Klemme M. Richard, 'Some ecological and socio-economic considerations for biomass energy crop production', *Biomass and Bioenergy*, Vol. 10, No. 4, pp. 231-242, 1996.
- 32) Quadrelli Roberta, Peterson Sierra The energy-climate challenge: Recent trends in CO₂ emissions from fuel combustion, (I.E.A), *Agricultural Outlook, 2008-2017*, O.E.C.D.-F.A.O.

- 33) Richardson J., Bjorheden R., Hakkila P, A.T. Lowe, C.T. Smith, Bioenergy from Sustainable Forestry: Guiding Principles and Practise, pp.32-48, Kluwer Academic Publishers, 2002.
- 34) Thomsen Belinda Anne, Klinke B. Helen, Schmidt Skammelsen Anette, 'Conversion of plant residues to valued added products', 1st World Conference on Biomass for Energy and Industry, Sevilla, Spain, 5-9 June 2000, 1075-1077.
- 35) Venendaal R., Jorgensen U., Foster A. C., 'European energy crops: a synthesis', Biomass and Bioenergy, Vol. 13, No. 3, pp. 147-185, 1997.
- 36) Venturi Piero, Venturi Gianpietro, 'Analysis of energy comparison for crops in European agricultural systems', Biomass and Bioenergy 25 (2003) 235-255.
- 37) Wang Michael, Energy and Greenhouse Gas Emissions Impacts of Fuel Ethanol, Agronne National Laboratory.
- 38) Zhang R., Brown R.C., Suby A., Thermochemical Generation of Hydrogen from Switchgrass, Energy & Fuels 2004, 18, 251-256.

Διαδικτυακές Πηγές

- 1) www.bioenergia.gr/enekal-text.htm: Διαδικτυακός τόπος για τις ενεργειακές καλλιέργειες.
- 2) <http://users.rod.sch.gr/kefkleidou/index.htm>: Διαδικτυακός τόπος για το βιοντίζελ.
- 3) http://library.tee.gr/digital/m2067/m2067_makris.pdf: Μακρής Β., Κέκος Δ., Χριστακόπουλος Π., Καινοτομίες στην παραγωγή βιοαιθανόλης ως βιοκαυσίμου.
- 4) <http://beag.ag.utk.edu/pp/biodiesel.pdf>: Μελέτη της οικονομικής πραγματικότητας για τη παραγωγή βιοντίζελ.
- 5) www.biofuels-platform.ch/en/home: Διαδικτυακός τόπος για τα βιοκαύσιμα.
- 6) www.biofuel-analysis.com: Διαδικτυακός τόπος για τον ποιοτικό έλεγχο των βιοκαυσίμων.
- 7) www.biodiesel.org: Διαδικτυακός τόπος του διεθνή οργανισμού για το βιοντίζελ.
- 8) <http://bioenergynews.blogspot.com>: Διαδικτυακός τόπος για την Πράσινη Ενέργεια - Βιώσιμη Ανάπτυξη - Περιβάλλον
- 9) www.biofuelsystems.com: Διαδικτυακός τόπος για τα συστήματα παραγωγής βιοκαυσίμων.
- 10) www.biomasscenter.org: Διαδικτυακός τόπος για την βιομάζα.
- 11) www.cres.gr: Διαδικτυακός τόπος του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

- 12) www.doe.gov: Διαδικτυακός τόπος του υπουργείου Ενέργειας της Αμερικής.
- 13) www.epa.gov: Διαδικτυακός τόπος του Αμερικάνικου οργανισμού προστασίας του Περιβάλλοντος.
- 14) www.ebb-eu.org/stats.php: Διαδικτυακός τόπος του ευρωπαϊκού οργανισμού για το βιοντίζελ.
- 15) www.eea.europa.eu/el: Διαδικτυακός τόπος του ευρωπαϊκού οργανισμού περιβάλλοντος.
- 16) www.europa.eu: Διαδικτυακός τόπος της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
- 17) www.ethanol.org: Διαδικτυακός τόπος για την βιοαιθανόλη.
- 18) www.epirus-biosis.gr: Διαδικτυακός τόπος για την ανάπτυξη βιώσιμου και ολοκληρωμένου συστήματος παραγωγής βιοντίζελ από ενεργειακές καλλιέργειες με ταυτόχρονη εκμετάλλευση των παραγόμενων παραπροϊόντων στις Περιφέρειες Δυτικής Ελλάδος, Ηπείρου και Απουλίας της Ιταλίας.
- 19) www.eubia.org: Διαδικτυακός τόπος του ευρωπαϊκού συνδέσμου παραγωγής βιομάζας.
- 20) www.iea.org: Διαδικτυακός τόπος του διεθνούς οργανισμού ενέργειας (Δ.Ο.Ε).
- 21) <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0100e/i0100e.pdf>: Έκθεση για τα βιοκαύσιμα του Οργανισμού Γεωργίας και Τροφίμων των Ηνωμένων Εθνών (F.A.O).
- 22) www.methanol.org: Άρθρο του David Pimentel: Ethanol Fuels: Energy balance, economics and environmental impacts.
- 23) www.nrel.gov: Διαδικτυακός τόπος του National Renewable Energy Laboratory.
- 24) www.sehn.org: Άρθρο των David Pimentel and Tad W. Patzek: Ethanol production using corn, switchgrass and wood; Biodiesel production using soybean and sunflower.
- 25) www.ybiofuels.org: Διαδικτυακός τόπος για τα βιοκαύσιμα.
- 26) www.ypan.gr: Διαδικτυακός τόπος του ελληνικού υπουργείου Ανάπτυξης.
- 27) www.viotech.gr: Διαδικτυακός τόπος για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Ελλάδα με νέα από όλο τον κόσμο και πληροφορίες για τις διάφορες τεχνολογίες.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΝΟΜΟΣ 3423/2005 - ΦΕΚ 304/Α'/13.12.2005

Εισαγωγή στην Ελληνική Αγορά των Βιοκαυσίμων και των Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων

Άρθρο 1

1. Η παράγραφος 1 του άρθρου 3 του ν. 3054/2002 (ΦΕΚ 230 Α') αντικαθίσταται ως εξής:

«1. Πετρελαιοειδή Προϊόντα: Τα πάσης φύσεως προϊόντα της διύλισης του αργού πετρελαίου, στα οποία περιλαμβάνονται και τα ημικατεργασμένα προϊόντα, όπως αυτά κατατάσσονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- **Κατηγορία I (Ελαφρά κλάσματα):** Βενζίνες Αυτοκινήτων, Καύσιμα Αεροπλάνων (βενζίνη αεροπλάνων, καύσιμο αεριοθούμενων τύπου βενζίνης).
- **Κατηγορία II (Μεσαία κλάσματα):** Πετρέλαιο Εσωτερικής Καύσης Ντίζελ (gas-oil, diesel-oil), που χρησιμοποιείται ως καύσιμο κινητήρων (πετρέλαιο κίνησης), Πετρέλαιο Εσωτερικής Καύσης Ντίζελ (gas-oil, diesel-oil), που χρησιμοποιείται ως καύσιμο θέρμανσης (πετρέλαιο θέρμανσης) και δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιείται ως καύσιμο κινητήρων, Πετρέλαιο Εσωτερικής Καύσης Ντίζελ (gas-oil, diesel-oil), που χρησιμοποιείται για άλλες χρήσεις εκτός από καύσιμο κινητήρων ή θέρμανσης, Φωτιστικό Πετρέλαιο, Καύσιμο Αεριοθούμενων τύπου κηροζίνης.
- **Κατηγορία III (Βαρέα κλάσματα):** Πετρέλαιο Εξωτερικής Καύσης Μαζούτ (fuel-oil), Απασφαλτωμένο Μαζούτ (vacuum gas-oil).
- **Κατηγορία IV:** Ασφαλτος.
- **Κατηγορία V (Υγραέρια - LPG):** Βουτάνιο, Προπάνιο και μίγμα των δύο.
- **Κατηγορία VI:** Νάφθα, πετρελαϊκό κωκ.

Για την εφαρμογή του νόμου αυτού θεωρούνται επίσης πετρελαιοειδή προϊόντα και τα υγρά και αέρια Βιοκαύσιμα και τα Άλλα Ανανεώσιμα Καύσιμα που υποκαθιστούν προϊόντα διύλισης του αργού πετρελαίου στις αντίστοιχες κατηγορίες και χρήσεις που αναφέρονται ανωτέρω είτε αυτούσια είτε σε μίγμα με προϊόντα διύλισης του αργού πετρελαίου.»

2. Η παράγραφος 6 του άρθρου 3 του ν. 3054/2002 (ΦΕΚ 230 Α) αντικαθίσταται ως εξής:

«6. Διακίνηση: Η μεταφορά πετρελαιοειδών προϊόντων από ένα Δυλιστήριο σε άλλο, από ένα Δυλιστήριο προς εγκαταστάσεις Εμπορίας, από ένα Δυλιστήριο προς εγκαταστάσεις Μεγάλου Τελικού Καταναλωτή, από μία εγκατάσταση κατόχου Αδείας Διάθεσης Βιοκαυσίμων προς Δυλιστήριο ή εγκαταστάσεις Εμπορίας, από εγκαταστάσεις Εμπορίας σε άλλες όμοιες εγκαταστάσεις, από σημείο εγκατάστασης Εισαγωγής προς Δυλιστήριο ή εγκαταστάσεις Εμπορίας ή εγκαταστάσεις κατόχου Αδείας Διάθεσης Βιοκαυσίμων, από εγκαταστάσεις Εμπορίας ή Δυλιστηρίου ή εγκαταστάσεις κατόχου Αδείας Διάθεσης Βιοκαυσίμων προς σημεία εγκατάστασης Εξαγωγής, από εγκαταστάσεις Εμπορίας ή Δυλιστηρίου σε εγκαταστάσεις κατόχου Αδείας Λιανικής Εμπορίας ή Τελικού Καταναλωτή που έχει ίδιους αποθηκευτικούς χώρους και από εγκαταστάσεις κατόχων Αδείας Λιανικής Εμπορίας και Διάθεσης Βιοκαυσίμων προς Τελικούς Καταναλωτές. Η μεταφορά διακρίνεται σε:

- α) μεταφορά μέσω αγωγού,
- β) μεταφορά με πλωτό μέσο,
- γ) οδική μεταφορά με βυτιοφόρο και
- δ) σιδηροδρομική μεταφορά.»

3. Η παράγραφος 9 του άρθρου 3 του ν. 3054/2002 (ΦΕΚ 230 Α') αντικαθίσταται ως εξής:

«9. Εμπορία: Η αποθήκευση και διακίνηση, με σκοπό το κέρδος, αργού πετρελαίου ή Πετρελαιοειδών Προϊόντων, τα οποία προέρχονται από Δυλιστήριο ή εγκατάσταση κατόχου Αδείας Διάθεσης Βιοκαυσίμων ή σημείο Εισαγωγής και προορίζονται για σημείο Εξαγωγής ή άλλο Δυλιστήριο, άλλη εγκατάσταση Εμπορίας ή εγκατάσταση Λιανικής Εμπορίας ή εγκατάσταση Τελικού Καταναλωτή με ίδιους αποθηκευτικούς χώρους.»

4. Στο τέλος του άρθρου 3 του ν. 3054/2002 (ΦΕΚ 230 Α') προστίθενται παράγραφοι 15-22 ως ακολούθως:

«15. Βιομάζα: Το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα προϊόντων, αποβλήτων και καταλοίπων που προέρχονται από τις γεωργικές, συμπεριλαμβανομένων φυτικών και ζωικών ουσιών, τις δασοκομικές και τις συναφείς βιομηχανικές δραστηριότητες, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα βιομηχανικών αποβλήτων και αστικών λυμάτων και απορριμμάτων.

16. Βιοκαύσιμο: Το υγρό ή αέριο καύσιμο που παράγεται από Βιομάζα, και ειδικότερα:

α) Βιοντίζελ (πετρέλαιο βιολογικής προέλευσης): Οι μεθυλεστέρες λιπαρών οξέων (ΜΛΟ - FAME) που παράγονται από φυτικά ή και ζωικά έλαια και λίπη και είναι ποιότητας πετρελαίου ντίζελ, για χρήση ως Βιοκαύσιμο.

β) Βιοαιθανόλη: Η αιθανόλη που παράγεται από Βιομάζα ή από το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα αποβλήτων, για χρήση ως Βιοκαύσιμο.

γ) Βιοαέριο: Το καύσιμο αέριο που παράγεται από Βιομάζα ή από το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων, το οποίο μπορεί να καθαριστεί και αναβαθμιστεί σε ποιότητα φυσικού αερίου, για χρήση ως Βιοκαύσιμο, ή το ξυλαέριο.

δ) Βιομεθανόλη: Η μεθανόλη που παράγεται από Βιομάζα, για χρήση ως Βιοκαύσιμο.

ε) Βιοδιμεθυλαιθέρας: Ο διμεθυλαιθέρας που παράγεται από Βιομάζα, για χρήση ως Βιοκαύσιμο.

στ) Βιο-ETBE: Ο αιθυλο-τριτοταγής - βουτυλαιθέρας (ETBE) που παράγεται από βιοαιθανόλη, για χρήση ως Βιοκαύσιμο. Το κατ' όγκο ποσοστό του Βιο-ETBE που υπολογίζεται ως Βιοκαύσιμο είναι 47% επί του συνόλου του.

ζ) Βιο-MTBE: Ο μεθυλο - τριτοταγής - βουτυλαιθέρας (MTBE) που παράγεται από βιομεθανόλη, για χρήση ως Βιοκαύσιμο. Το κατ' όγκο ποσοστό του Βιο-MTBE που υπολογίζεται ως Βιοκαύσιμο είναι 36% επί του συνόλου του.

η) Συνθετικά Βιοκαύσιμα: Οι συνθετικοί υδρογονάνθρακες ή τα μίγματα συνθετικών υδρογονανθράκων που παράγονται από Βιομάζα.

θ) Βιοϋδρογόνο: Το υδρογόνο που παράγεται από Βιομάζα ή βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων, για χρήση ως Βιοκαύσιμο.

ι) Καθαρά Φυτικά Έλαια: Τα έλαια που παράγονται από ελαιούχα φυτά μέσω συμπίεσης, έκθλιψης ή ανάλογων μεθόδων, φυσικά ή εξευγενισμένα αλλά μη χημικώς τροποποιημένα, όταν είναι συμβατά με τον τύπο του χρησιμοποιούμενου κινητήρα ή εξοπλισμού και τις αντίστοιχες απαιτήσεις εκπομπών αερίων ρύπων, σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία.

17. Άλλα Ανανεώσιμα Καύσιμα: Τα Ανανεώσιμα Καύσιμα, εκτός των Βιοκαυσίμων, που προέρχονται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως αυτές ορίζονται στο άρθρο 2 της Οδηγίας 2001/77/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 27ης Σεπτεμβρίου 2001 για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας (ΕΕΕΚ L. 283).

18. Παραγωγή Βιοκαυσίμων: Η κατεργασία κατάλληλων πρώτων υλών που πραγματοποιείται σε ειδικές εγκαταστάσεις εντός της Ελληνικής Επικράτειας, για την παραγωγή αυτούσιων Βιοκαυσίμων ή Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων.
19. Μονάδα Παραγωγής Βιοκαυσίμων: Οι ειδικές εγκαταστάσεις εντός της Ελληνικής Επικράτειας, στις οποίες πραγματοποιείται η παραγωγή αυτούσιων Βιοκαυσίμων ή Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων, συμπεριλαμβανομένων και των αναγκαίων αποθηκευτικών χώρων και συστημάτων διακίνησης.
20. Διάθεση Βιοκαυσίμων: Η παραγωγή ή εισαγωγή ή η εμπορία εντός της Ελληνικής Επικράτειας, αυτούσιων Βιοκαυσίμων ή Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων σύμφωνα με το άρθρο 5Α.
21. Ενεργειακή Καλλιέργεια: Η καλλιέργεια φυτικών ειδών εντός της Ελληνικής Επικράτειας, για την παραγωγή κυρίως προϊόντων που θεωρούνται Βιοκαύσιμα ή πρώτες ύλες για την παραγωγή Βιοκαυσίμων.
22. Ενεργειακό Περιεχόμενο: Η κατώτερη θερμογόνος δύναμη ενός καυσίμου.»

Άρθρο 2

1. Οι παράγραφοι 1 και 2 του άρθρου 4 του ν. 3054/ 2002 (ΦΕΚ 230 Α') αντικαθίστανται ως εξής:

«1. Η άσκηση των δραστηριοτήτων Διύλισης, Διάθεσης Βιοκαυσίμων, Εμπορίας, Λιανικής Εμπορίας, Μεταφοράς με Αγωγό πετρελαιοειδών προϊόντων και Εμφιάλωσης υγραερίων επιτρέπεται μόνον εφόσον έχει χορηγηθεί η αντίστοιχη άδεια.

2. Οι Άδειες Διύλισης, Διάθεσης Βιοκαυσίμων, Εμπορίας και Μεταφοράς με αγωγό αργού πετρελαίου και πετρελαιοειδών προϊόντων χορηγούνται με απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης.»

2. Η παράγραφος 7 του άρθρου 4 του ν. 3054/2002 (ΦΕΚ 230 Α') αντικαθίσταται ως εξής:

«7. Η χορήγηση της άδειας άσκησης των δραστηριοτήτων Διύλισης, Διάθεσης Βιοκαυσίμων, Εμπορίας, Λιανικής Εμπορίας, Μεταφοράς με Αγωγό και Εμφιάλωσης υγραερίων δεν απαλλάσσει τον κάτοχο της από την υποχρέωση να λαμβάνει άλλες άδειες ή εγκρίσεις που προβλέπονται από την κείμενη νομοθεσία.»

Άρθρο 3

Μετά το άρθρο 5 του ν. 3054/2002 (ΦΕΚ 230 Α'), προστίθεται άρθρο 5Α, ως ακολούθως:

«Άρθρο 5Α

Άδεια Διάθεσης Βιοκαυσίμων

1. Για την άσκηση της δραστηριότητας της Διάθεσης Βιοκαυσίμων απαιτείται Άδεια Διάθεσης Βιοκαυσίμων. Η άδεια αυτή χορηγείται σε ανώνυμες εταιρείες ή εταιρείες περιορισμένης ευθύνης που εδρεύουν σε κράτος - μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, καθώς και σε Αγροτικές Συνεταιριστικές Οργανώσεις (Α.Σ.Ο.), κάθε βαθμού και Συνεταιριστικές Εταιρείες (Σ.Ε.), κατά το ν. 2810/ 2000 (ΦΕΚ61 Α').

Απαραίτητη προϋπόθεση για τη χορήγηση της άδειας αυτής είναι η κατοχή άδειας λειτουργίας Μονάδας Παραγωγής Βιοκαυσίμων, σύμφωνα με τα οριζόμενα στις οικείες διατάξεις του ν. 3325/2005 (ΦΕΚ 68 Α') ή η ύπαρξη ενεργών συμβάσεων αγοράς αυτούσιων Βιοκαυσίμων ή Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων από μονάδες παραγωγής τους, εντός ή εκτός της Ελληνικής Επικράτειας.

2. Ο κάτοχος Αδειας Διάθεσης Βιοκαυσίμων μπορεί να παράγει ή να εισάγει αυτούσια Βιοκαύσιμα και Άλλα Ανανεώσιμα Καύσιμα και να διαθέτει αυτά εντός της Ελληνικής Επικράτειας, σε κατόχους Αδειας Διύλισης, Αδειας Εμπορίας κατηγορίας Α' και σε Τελικούς Καταναλωτές. Τα υγρά Βιοκαύσιμα που προορίζονται για ανάμιξη με

προϊόντα διύλισης του αργού πετρελαίου διατίθενται μόνο σε κατόχους Αδειας Διύλισης ή Αδειας Εμπορίας κατηγορίας Α'.

3. Ο κάτοχος Αδειας Διάθεσης Βιοκαυσίμων υποχρεούται να διαθέτει κατάλληλους αποθηκευτικούς χώρους με όγκο τουλάχιστον 100 κυβικά μέτρα για την αποθήκευση αυτούσιων Βιοκαυσίμων και Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων.»

Άρθρο 4

Στο τέλος της παραγράφου 8 του άρθρου 7 του ν. 3054/ 2002, προστίθεται περίπτωση ε', ως ακολούθως:

«ε) τα προϊόντα που αναφέρονται στις περιπτώσεις α' και β' σε μίγμα με το αντίστοιχο συμβατό Βιοκαύσιμο ή Άλλο Ανανεώσιμο Καύσιμο, καθώς και τα αυτούσια Βιοκαύσιμα ή Άλλα Ανανεώσιμα Καύσιμα.»

Άρθρο 5

Η παράγραφος 4 του άρθρου 11 του ν. 3054/2002 αντικαθίσταται ως εξής:

«4. Οι κάτοχοι Αδείας Διύλισης, Διάθεσης Βιοκαυσίμων, Εμπορίας, Λιανικής Εμπορίας, Μεταφοράς με Αγωγό και οι Μεγάλοι Τελικοί Καταναλωτές, των οποίων οι αποθηκευτικοί χώροι μπορεί να προσμετρώνται στην υποχρέωση τήρησης αποθεμάτων ασφαλείας, υποχρεούνται να παρέχουν τα στοιχεία αυτά και φέρουν την ευθύνη για την ακρίβεια των δηλούμενων στοιχείων. Η παράγραφος 4 του άρθρου 5 του ν. 2773/1999 (ΦΕΚ 286 Α') εφαρμόζεται και για τους κατόχους αδειών που χορηγούνται, σύμφωνα με τις διατάξεις του νόμου αυτού.»

Άρθρο 6

Μετά το άρθρο 15 του ν. 3054/2002, προστίθεται άρθρο 15Α, ως ακολούθως:

« Άρθρο 15Α

Βιοκαύσιμα και Άλλα Ανανεώσιμα Καύσιμα

1. Τα Βιοκαύσιμα και τα Άλλα Ανανεώσιμα Καύσιμα μπορούν να διατίθενται είτε αυτούσια είτε σε μίγμα με προϊόντα διύλισης του αργού πετρελαίου, εφόσον πληρούν τις τεχνικές προδιαγραφές που καθορίζονται με αποφάσεις του Ανώτατου Χημικού Συμβουλίου, σύμφωνα με το εδάφιο δ' της παραγράφου 8 του άρθρου 6 του ν. 4328/1929 (ΦΕΚ 272 Α').

2. Η ανάμιξη των αυτούσιων Βιοκαυσίμων ή Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων με τα αντίστοιχα συμβατά προϊόντα διύλισης του αργού πετρελαίου πραγματοποιείται με ευθύνη των κατόχων Αδείας Διύλισης ή Αδείας Εμπορίας κατηγορίας Α', στις εγκαταστάσεις τους.

Στα σχετικά τελωνειακά παραστατικά και συνοδευτικά διοικητικά έγγραφα διακίνησης των προϊόντων που αναφέρονται στην παράγραφο 1, αναγράφεται υποχρεωτικά το ποσοστό αυτούσιου Βιοκαυσίμου ή Άλλου Ανανεώσιμου Καυσίμου στο μίγμα με το αντίστοιχο προϊόν διύλισης του αργού πετρελαίου. Το ποσοστό που αναφέρεται στο προηγούμενο εδάφιο μπορεί να καθορίζεται με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομίας και Οικονομικών και Ανάπτυξης, ανάλογα με τις ποσότητες Βιοκαυσίμων που κατανέμονται, σύμφωνα με τις αποφάσεις που εκδίδονται κατά την παράγραφο 5 και τις ποσότητες των πετρελαιοειδών προϊόντων που διακινήθηκαν στην εγχώρια αγορά κατά το προηγούμενο έτος.

3. Οι κάτοχοι Αδείας Λιανικής Εμπορίας και Αδείας Διάθεσης Βιοκαυσίμων υποχρεούνται να αναρτούν ειδική σήμανση στα σημεία πώλησης των:

- α) αυτούσιων Βιοκαυσίμων ή Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων,
- β) Βιοντίζελ αναμεμιγμένου με πετρέλαιο κίνησης σε ποσοστό άνω του 5% κατ' όγκο,
- γ) Βιοαιθανόλης αναμεμιγμένης με βενζίνη σε ποσοστό άνω του 5% κατ' όγκο.

Τα χαρακτηριστικά της ειδικής σήμανσης καθορίζονται με απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης, η οποία δημοσιεύεται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως.

4. Με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομίας και Οικονομικών, Ανάπτυξης και Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων καταρτίζεται «Πρόγραμμα Κατανομής Ποσοτήτων Βιοκαυσίμων» (στο εξής «Πρόγραμμα»). Η διάρκεια του Προγράμματος αυτού ορίζεται μέχρι την 31η Δεκεμβρίου 2010. Στο Πρόγραμμα μπορούν να συμμετέχουν τα πρόσωπα που πληρούν τις προϋποθέσεις οι οποίες ορίζονται στην περίπτωση α' της παραγράφου 5. Στο ίδιο Πρόγραμμα καθορίζονται τα κριτήρια, η διαδικασία και η μεθοδολογία κατανομής των ποσοτήτων των αυτούσιων Βιοκαυσίμων και των Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων που υπόκεινται στο ειδικό φορολογικό καθεστώς των διατάξεων του άρθρου 78 του ν. 2960/2001 (ΦΕΚ 265 Α'), η διαδικασία ελέγχου της συνδρομής των προϋποθέσεων που αφορούν τα πρόσωπα που μπορούν να συμμετέχουν στο Πρόγραμμα και ρυθμίζεται κάθε ειδικότερο θέμα και αναγκαία λεπτομέρεια.

Για την κατανομή των ποσοτήτων των αυτούσιων Βιοκαυσίμων και των Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων που αναφέρονται στο προηγούμενο εδάφιο, λαμβάνονται απαραίτητως υπόψη τα ακόλουθα:

- α) η δυναμικότητα των Μονάδων Παραγωγής Βιοκαυσίμων ή οι ποσότητες Βιοκαυσίμων ή Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων που εισάγονται από μονάδες παραγωγής Βιοκαυσίμων εγκατεστημένες σε κράτος-μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης και αποδεικνύονται από τις σχετικές συμβάσεις,
- β) οι ποσότητες Βιοκαυσίμων και Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων που υπόκεινται στο ειδικό φορολογικό καθεστώς των διατάξεων του άρθρου 78 του ν. 2960/2001 και διακινήθηκαν από κάθε συμμετέχοντα στο Πρόγραμμα, κατά τα προηγούμενα έτη συμμετοχής του σε αυτό,
- γ) κατά προτεραιότητα, επικυρωμένες από τις οικείες Διευθύνσεις Αγροτικής Ανάπτυξης των Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων (Ν.Α.) συμβάσεις προμήθειας των απαιτούμενων πρώτων υλών για Μονάδα Παραγωγής Βιοκαυσίμων, οι οποίες προέρχονται από ενεργειακές καλλιέργειες, σύμφωνα με τα οριζόμενα στις διατάξεις του Κεφαλαίου 8 του Κανονισμού 1973/2004 της Επιτροπής της 29ης Οκτωβρίου

2004 (ΕΕΕΚ L. 345 της 20ής Νοεμβρίου 2004) και οι ποσότητες Βιοκαυσίμων που παράγονται στο χώρο γεωργικής εκμετάλλευσης του συμμετέχοντος στο Πρόγραμμα, σύμφωνα με το άρθρο 25 του ανωτέρω Κανονισμού.

Με την ίδια απόφαση καθορίζονται οι εγγυήσεις που απαιτούνται για τη συμμετοχή στο Πρόγραμμα, ανά κατηγορία συμμετέχοντος, καθώς και οι διοικητικές κυρώσεις που επιβάλλονται σε όσους συμμετέχουν στο Πρόγραμμα, αν δεν διαθέτουν, εντός της Ελληνικής Επικράτειας, το σύνολο της ποσότητας αυτούσιων Βιοκαυσίμων και Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων που υποχρεούνται να διαθέσουν σύμφωνα με το Πρόγραμμα.

Οι διοικητικές κυρώσεις δεν επιβάλλονται, αν συντρέχουν στο πρόσωπο του συμμετέχοντος λόγοι ανωτέρας βίας, που αποδεικνύονται από αυτόν. Στην περίπτωση αυτή, κατά την κατανομή, για τα επόμενα έτη, των ποσοτήτων των αυτούσιων Βιοκαυσίμων ή των Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων που υπόκεινται στο ειδικό φορολογικό καθεστώς των διατάξεων του άρθρου 78 του ν. 2960/ 2001, λαμβάνονται υπόψη οι ποσότητες των ανωτέρω προϊόντων που έχουν διακινηθεί από το πρόσωπο αυτό, προσαυξημένες κατά τις ποσότητες που θα διακινούσε εάν δεν συνέτρεχαν οι λόγοι ανωτέρας βίας.

5. Με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομίας και Οικονομικών, Ανάπτυξης και Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, που εκδίδεται κάθε έτος πριν από την 30ή Απριλίου, εγκρίνεται η συμμετοχή των ενδιαφερομένων στο Πρόγραμμα και καθορίζεται η κατανομή, ανά συμμετέχοντα, για το επόμενο έτος, των ποσοτήτων των αυτούσιων Βιοκαυσίμων και Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων που υπόκεινται στο ειδικό φορολογικό καθεστώς των διατάξεων του άρθρου 78 του ν. 2960/2001, σύμφωνα με το Πρόγραμμα.

Για την έγκριση συμμετοχής στο Πρόγραμμα απαιτούνται:

α) η κατοχή, κατά την έκδοση της ανωτέρω απόφασης, άδειας εγκατάστασης για Μονάδα Παραγωγής Βιοκαυσίμων, σύμφωνα με τα οριζόμενα στις οικείες διατάξεις του ν. 3325/2005 ή απόφασης έγκρισης περιβαλλοντικών όρων, όπου και εφόσον απαιτείται από τις κείμενες διατάξεις, σε περίπτωση εξαίρεσης από την υποχρέωση λήψης άδειας εγκατάστασης ή η προσκόμιση συμβάσεων αγοράς αυτούσιων Βιοκαυσίμων ή Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων, για το επόμενο έτος, από μονάδες παραγωγής Βιοκαυσίμων εγκατεστημένες σε κράτος - μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης και

β) η προσκόμιση των απαιτούμενων εγγυήσεων, σύμφωνα με τις διατάξεις της απόφασης που εκδίδεται κατά την παράγραφο 4.

Ειδικά για τα έτη 2005 και 2006, η κατανομή των ποσοτήτων αυτούσιων Βιοκαυσίμων και των Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων, που υπόκεινται στο ειδικό φορολογικό καθεστώς των διατάξεων του άρθρου 78 του ν. 2960/ 2001, καθορίζεται με απόφαση που εκδίδεται κατά το πρώτο εδάφιο της παραγράφου αυτής, χωρίς να απαιτείται η κατάρτιση του Προγράμματος που προβλέπεται στην παράγραφο 4. Κατά την έκδοση της απόφασης αυτής λαμβάνονται υπόψη τα κριτήρια των περιπτώσεων α', β' και γ' της παραγράφου 4. Με την ίδια απόφαση καθορίζονται οι εγγυήσεις που οφείλουν να προσκομίσουν τα πρόσωπα στα οποία έγινε η κατανομή και οι διοικητικές κυρώσεις που επιβάλλονται σε βάρος τους, αν τα πρόσωπα αυτά δεν διαθέτουν εντός της Ελληνικής Επικράτειας το σύνολο των ποσοτήτων των αυτούσιων Βιοκαυσίμων και των Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων που τους έχουν κατανεμηθεί. Οι κυρώσεις δεν επιβάλλονται αν τα πρόσωπα που αναφέρονται στα προηγούμενα εδάφια επικαλούνται και αποδεικνύουν λόγους ανωτέρας βίας.

Με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομίας και Οικονομικών, Ανάπτυξης και Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων είναι δυνατή η υποκατάσταση του συμμετέχοντα στο Πρόγραμμα από τρίτο πρόσωπο, μόνο για λόγους ανωτέρας βίας, εφόσον συντρέχουν για το πρόσωπο αυτό οι προϋποθέσεις που ορίζονται στις παραγράφους 4 και την παρούσα.

6. Όποιος έχει λάβει έγκριση κατανομής ποσοτήτων αυτούσιων Βιοκαυσίμων και Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων που υπόκεινται στο ειδικό φορολογικό καθεστώς των διατάξεων του άρθρου 78 του ν. 2960/2001, αναλαμβάνει την υποχρέωση να διαθέτει αυτές εντός της Ελληνικής Επικράτειας.

7. Οι ποσότητες αυτούσιων υγρών Βιοκαυσίμων που υπόκεινται στο ειδικό φορολογικό καθεστώς των διατάξεων του άρθρου 78 του ν. 2960/2001, οι οποίες προσφέρονται από Μονάδες Παραγωγής Βιοκαυσίμων και προορίζονται για ανάμειξη με προϊόντα δύλισης αργού πετρελαίου, παραλαμβάνονται υποχρεωτικά και διατίθενται στην Ελληνική Επικράτεια από: α) κατόχους Αδείας Δύλισης, β) κατόχους Αδειας Εμπορίας κατηγορίας Α', εφόσον αυτοί πραγματοποιούν εισαγωγές έτοιμων προϊόντων δύλισης αργού πετρελαίου. Η υποχρέωση αυτή ισχύει μέχρι την 31η Δεκεμβρίου 2010.

Με την απόφαση που εκδίδεται σύμφωνα με την παράγραφο 5, καθορίζεται ανά υπόχρεο η μέγιστη ποσότητα των αυτούσιων υγρών Βιοκαυσίμων που υποχρεούνται

να παραλαμβάνουν οι κάτοχοι Αδείας Δύλισης και οι κάτοχοι Αδείας Εμπορίας κατηγορίας Α', σύμφωνα με το προηγούμενο εδάφιο και ρυθμίζεται κάθε ειδικότερο θέμα και αναγκαία λεπτομέρεια.

Οι κάτοχοι των ανωτέρω αδειών υποχρεούνται να διαθέτουν τις ποσότητες υγρών Βιοκαυσίμων που παραλαμβάνουν, κατά τα ανωτέρω, σε κατόχους Αδείας Εμπορίας κατηγορίας Α' και Αδείας Λιανικής Εμπορίας που αναφέρονται στην παράγραφο 3α του άρθρου 7 και σε Προμηθευτικούς Συνεταιρισμούς ή Κοινοπραξίες που αναφέρονται στην παράγραφο 10 του άρθρου 7, οι οποίοι υποχρεούνται να παραλαμβάνουν και να διαθέτουν εντός της Ελληνικής Επικράτειας τις ποσότητες αυτές, εφόσον τους παραδίδονται σε μείγμα μέχρι 5% κατ' όγκο με προϊόντα δύλισης του αργού πετρελαίου.

Οι ανωτέρω υποχρεώσεις διάθεσης και παραλαβής ισχύουν μέχρι την 31η Δεκεμβρίου 2010.»

Άρθρο 7

1. Το δεύτερο εδάφιο της παραγράφου 1 του άρθρου 20 του ν. 3054/2002 αντικαθίσταται ως εξής:

«Για λόγους προστασίας του ανταγωνισμού, οι κάτοχοι Αδείας Δύλισης και Αδείας Διάθεσης Βιοκαυσίμων υποχρεούνται να γνωστοποιούν στον Υπουργό Ανάπτυξης και τη Ρ.Α.Ε. τον τρόπο με τον οποίο διαμορφώνονται οι εργοστασιακές (ex factory) τιμές των πετρελαιοειδών προϊόντων.»

2. Στο τέλος του άρθρου 20 του ν. 3054/2002, προστίθεται παράγραφος 6 ως ακολούθως:

«6. Με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομίας και Οικονομικών και Ανάπτυξης μετά από γνώμη της Ρ.Α.Ε., μπορεί να καθορίζονται, σύμφωνα με τις προϋποθέσεις που ορίζονται στις παραγράφους 2, 3 και 4, ανώτατες τιμές πώλησης των αυτουσίων Βιοκαυσίμων και των Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων που υπόκεινται στο ειδικό φορολογικό καθεστώς των διατάξεων του άρθρου 78 του ν. 2960/2001 και τα οποία διατίθενται, από τους κατόχους Άδειας Διάθεσης Βιοκαυσίμων, στους κατόχους Αδείας Δύλισης και Αδείας Εμπορίας κατηγορίας Α'.»

Άρθρο 8

Μεταβατικές και τελικές διατάξεις

1. Η συμμετοχή των Βιοκαυσίμων και των Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων στην ελληνική αγορά, έως την 31η Δεκεμβρίου 2010, καθορίζεται σε ποσοστό 5,75%, το οποίο υπολογίζεται επί του ενεργειακού περιεχομένου του συνόλου της βενζίνης και του πετρελαίου εσωτερικής καύσης ντίζελ που διατίθενται προς χρήση στις μεταφορές.
2. Μέχρι τη συμπλήρωση του κανονισμού που προβλέπεται από το άρθρο 14 του ν. 3054/2002, η δραστηριότητα της Διάθεσης Βιοκαυσίμων μπορεί να ασκείται από πρόσωπα που πληρούν τις προϋποθέσεις για τη χορήγηση Αδείας Διάθεσης Βιοκαυσίμων, σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 5Α, χωρίς την κατοχή της άδειας αυτής, ύστερα από έγκριση που χορηγείται από την αρμόδια υπηρεσία του Υπουργείου Ανάπτυξης.

Άρθρο 9

Έναρξη ισχύος

Η ισχύς του παρόντος νόμου αρχίζει από τη δημοσίευση του στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, εκτός αν ορίζεται διαφορετικά στις επί μέρους διατάξεις του.