

ΘΕΜΑ

“Περιβαλλοντικές Διαστάσεις
της Παραγωγής
και Χρήσης
Υγρών Βιοκαυσίμων”

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

Νικόλαος Ανδρίτσος

ΦΟΙΤΗΤΗΣ

Δημήτρης Τύρης



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 11622/1
Ημερ. Εισ.: 17-12-2013
Δωρεά: Συγγραφέας
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΜΜ
2013
ΤΥΡ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗΣ ΥΓΡΩΝ
ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ**

υπό

ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΤΥΡΗ

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των
απαιτήσεων για την απόκτηση του
Διπλώματος Μηχανολόγου Μηχανικού

2013

© 2013 Τύρης Δημήτρης

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής (Επιβλέπων)	Δρ. Νικόλαος Ανδρίτσο Καθηγητής, Τμήμα Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας	Μηχανολόγων	Μηχανικών,
Δεύτερος Εξεταστής	Δρ. Τάσο Σταματέλλο Καθηγητής, Τμήμα Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας	Μηχανολόγων	Μηχανικών,
Τρίτος Εξεταστής	Δρ. Αναστάσιο Σταμάτη Αναπληρωτής Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας	Τμήμα Μηχανολόγων	Μηχανικών,

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής μου εργασίας, Καθηγητή κ. Νικόλαο Ανδρίτσο, για την βοήθεια και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της δουλειάς μου, καθώς και τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της διπλωματικής εργασίας μου, κκ. Τάσο Σταματέλλο και Αναστάσιο Σταμάτη για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μου και για τις πολύτιμες παρατηρήσεις τους.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω επίσης την οικογένειά μου για την ηθική και υλική υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια, αλλά και όλους όσους συνέβαλλαν άμεσα ή έμμεσα στην εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Τύρης Δημήτρης

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗΣ ΥΓΡΩΝ

ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ

ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΤΥΡΗΣ

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, 2013

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Νικόλαος Ανδρίτσος, Καθηγητής

Πειραματικά Φαινόμενα Μεταφοράς

Περίληψη

Τα υγρά βιοκαύσιμα, και πιο συγκεκριμένα το βιοντίζελ και η βιοαιθανόλη, παράγονται και χρησιμοποιούνται πλέον ευρέως σε ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο. Σε αυτήν την διπλωματική εργασία παρουσιάζουμε ζητήματα κυρίως περιβαλλοντικά που συνδέονται έμμεσα ή άμεσα με τα υγρά βιοκαύσιμα, αλλά και μία επισκόπηση των προσπαθειών και των ελλείψεων των μέχρι στιγμής Αναλύσεων Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) τους.

Μετά από κάποια εισαγωγικά στοιχεία για την ιστορία της εκμετάλλευσης της ενέργειας και των λόγων που μας οδήγησαν στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και στα υγρά βιοκαύσιμα, αναφέρονται τα βασικά χαρακτηριστικά της βιομάζας, του βιοντίζελ και της βιοαιθανόλης.

Στη συνέχεια προχωράμε στο κυρίως σώμα της εργασίας που χωρίζεται σε δύο μέρη. Αρχικά, αναφερόμαστε στη σχέση μεταξύ βιοκαυσίμων και ζητημάτων όπως οι τιμές των τροφίμων, οι άμεσες και έμμεσες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, η βιοποικιλότητα, η αέρια ρύπανση κτλ, εστιάζοντας κυρίως στο περιβαλλοντικό και κοινωνικό κομμάτι τους.

Στη συνέχεια γίνεται μία ανασκόπηση των κριτηρίων και πρωτοβουλιών για την αειφόρα ανάπτυξη των βιοκαυσίμων, των προσπαθειών και των ελλείψεων των σύγχρονων Αναλύσεων Κύκλου Ζωής. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται επίσης στις ελλείψεις της Ευρωπαϊκής Οδηγίας για τα βιοκαύσιμα και τη βιοενέργεια.

Τέλος, διατυπώνονται συνοπτικά κάποια συμπεράσματα για τις δυνατότητες και το μέλλον των βιοκαυσίμων.

Περιεχόμενα

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1.1	Αρχαιότητα- Βιομηχανική Επανάσταση- Πετρελαϊκή Κρίση.....	5
1.2	Το Ενεργειακό Πρόβλημα	7
1.3	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	8
1.4	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και "Αειφόρα ή Βιώσιμη Ανάπτυξη"	9
2	ΒΙΟΜΑΖΑ.....	11
2.1	Είδη και προέλευση της βιομάζας.....	11
2.2	Τεχνικές μετατροπής της βιομάζας	12
2.3	Πλεονεκτήματα, Περιβαλλοντικοί περιορισμοί και μέλλον της βιομάζας	13
3	ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ.....	15
3.1	Γενικά	15
3.2	Βιοκαύσιμα 1 ^{ης} Γενιάς.....	18
3.3	Βιοκαύσιμα 2 ^{ης} Γενιάς.....	19
4	ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΚΑΙ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ.....	21
4.1	Βιοντίζελ.....	21
4.2	Βιοαιθανόλη	24
4.3	Βιοκαύσιμα στην Ελλάδα	28
5	ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΑ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ	29
5.1	Τιμές Πετρελαίου.....	29
5.2	Τροφή ή Βιοκαύσιμα	30
5.3	Δυνατότητα Μείωσης της φτώχειας	36
5.4	Αειφόρα Ανάπτυξη	36
5.5	Επάρκεια και Ποιότητα Νερού	38
5.6	Διάβρωση του εδάφους και αποξήλωση δασών	41
5.7	Βιοποικιλότητα	42
5.8	Εκπομπές Διοξειδίου του Άνθρακα	44
5.9	Αέρια Ρύπανση	48
5.10	Ενεργειακή Απόδοση και Ενεργειακό Ισοζύγιο	53
5.11	Ποσοστό Εκμετάλλευσης Ηλιακής Ενέργειας	54
5.12	Τροποποιήσεις στις Μηχανές Εσωτερικής Καύσης.....	55
6	ΑΕΙΦΟΡΑ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ	57
6.1	Βασικά Χαρακτηριστικά Αειφόρων Βιοκαυσίμων.....	57

6.2	Επισκόπηση Πρωτοβουλιών Τυποποίησης Αειφόρας Βιομάζας	58
6.3	Ευρωπαϊκή Οδηγία 2009/28/ΕΚ	61
7	ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΗΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ	65
7.1	Ιστορική Αναδρομή	65
7.2	Κύρια στάδια της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής.....	68
7.2.1	Καθορισμός του Σκοπού και του Πλαισίου της Μελέτης.....	69
7.2.2	Συλλογή και Απογραφή Δεδομένων (LCI).....	70
7.2.3	Εκτίμηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (LCIA).....	72
7.2.4	Ερμηνεία Αποτελεσμάτων	73
7.3	Παραλλαγές Αναλύσεων Κύκλου Ζωής.....	74
7.4	Πιθανές μέθοδοι για την αντιμετώπιση των πολλαπλών παραπροϊόντων	75
7.5	Διαθέσιμο Λογισμικό	78
7.6	Ανάλυση Κύκλου Ζωής στον ελλαδικό χώρο.....	80
8	ΣΗΜΕΙΑ ΚΡΙΤΙΚΗΣ	82
8.1	Αδυναμίες και δυσκολίες στην εφαρμογή των ΑΚΖ.....	82
8.2	Σημαντικές προκλήσεις της Πιστοποίησης.....	83
8.3	Πιστοποίηση Βιοκαυσίμων.....	84
8.3.1	Γενικές απαιτήσεις.....	84
8.3.2	Περιβαλλοντικές πτυχές	85
8.3.3	Εκπομπές CO ₂	85
8.3.4	Ανταγωνισμός για τη γη.....	86
8.3.5	Κοινωνικοοικονομικά κριτήρια.....	87
8.3.6	Περιορισμοί.....	87
8.4	Κριτική στην Ευρωπαϊκή Οδηγία για τα Βιοκαύσιμα και τη Βιοενέργεια	90
8.4.1	Γενικές Απαιτήσεις.....	90
8.4.2	Σημεία Ελλείψεων.....	92
8.4.3	Διαδικασία Κατανομής	94
9	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	95
10	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ	98

Περιεχόμενα Διαγραμμάτων- Πινάκων- Εικόνων

Διάγραμμα 1-1: Η κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας για διάφορες χρονικές περιόδους	6
Διάγραμμα 1-3: Ποσοστά παγκόσμιας κατανάλωσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κατά το 2010.....	8
Διάγραμμα 3-1.1: Παγκόσμια παραγωγή Βιοαιθανόλης και Βιοντίζελ για την περίοδο 2000-2011.....	15
Πίνακας 3-1.2: Οι Πρώτες 15 Χώρες στην Παραγωγή Βιοαιθανόλης και Βιοντίζελ για το 2011.....	16
Διάγραμμα 3-1.3: Απλοποιημένο Διάγραμμα Κύκλου Ζωής Βιοκαυσίμου.....	17
Διάγραμμα 3-1.4: Επισκόπηση των διεργασιών παραγωγής βιοκαυσίμων.....	18
Διάγραμμα 3-3: Εύρη και μεμονωμένες μετρήσεις αποφυγής εκπομπών για Βιοκαύσιμα 1ης και 2ης Γενιάς.....	19
Εξίσωση 1-1.1: Εξίσωση Αντίδρασης Μετεστεροποίησης.....	22
Διάγραμμα 4-1.2: Σχηματική Αναπαράσταση της Παραγωγής Βιοντίζελ.....	23
Διάγραμμα 4-1.3: Σύγκριση των περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών ντίζελ και βιοντίζελ.....	24
Διάγραμμα 4-2.1: Απλοποιημένο Διάγραμμα Παραγωγής Αιθανόλης	24
Πίνακας 4-2.2: Παγκόσμια παραγωγή βιοαιθανόλης κατά τη διάρκεια του 2005 και 2007.....	26
Πίνακας 4-2.3: Σύγκριση του κόστους παραγωγής και απόδοσης της βιοαιθανόλης από διαφορετικές ενεργειακές καλλιέργειες.....	26
Πίνακας 4-1.4: Σύγκριση περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με διάφορες οδούς παραγωγής βιοαιθανόλης σε διάφορες μελέτες.....	27
Διάγραμμα 5-1: Επιπτώσεις της αύξησης της τιμής του πετρελαίου στην διείσδυση των βιοκαυσίμων σε παγκόσμιο επίπεδο	30
Διάγραμμα 5-2.1: Δείκτες Τιμών Τροφίμων.....	31
Διάγραμμα 1-2.2: Προσομοίωση πραγματικών τιμών των σιτηρών, 2000-2007 US\$ / μετρικό τόνο.....	32
Διάγραμμα 1-2.3: Αλλαγή στις τιμές επιλεγμένων καλλιεργειών, εάν η ζήτηση παρέμενε στα επίπεδα του 2007.....	33
Διάγραμμα 1-2.4: Αλλαγή σε επιλεγμένες τιμές των καλλιεργειών, εάν η ζήτηση βιοκαυσίμων ελαχιστοποιούνταν μετά το 2007.....	33
Πίνακας 1-2.5: Επισκόπηση μελετών με το πεδίο μελέτης τους, τις κύριες υποθέσεις και τις βασικές επιπτώσεις των βιοκαυσίμων στον τομέα των τροφίμων.....	34
Διάγραμμα 1-4: Οικολογικό ίχνος των διαφόρων βιοκαυσίμων σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα.....	37
Πίνακας 1-5.1: Βιοκαύσιμα, γη και νερό το 2005.....	40
1-5.2: Βιοκαύσιμα, γη και νερό- Προβλέψεις για το 2030.....	40
Διάγραμμα 1-8.1: Εκπομπές Αερίων του Θερμοκηπίου και Συνολικές Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις Βιοκαυσίμων (UBP).....	47
Διάγραμμα 1-8.2: Εκπομπές Αερίων του Θερμοκηπίου και Συνολικές Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις Βιοκαυσίμων (Eco-indicator 99).....	48
Εικόνα 5-9.1: Συγκέντρωση Μικροσωματιδίων PM ₁₀ στην Ευρώπη.....	51

Διάγραμμα 5-9.2: Μείωση της πρωτογενούς ενέργειας και τις επιπτώσεων του φαινομένου του θερμοκηπίου που επιτυγχάνεται με τη χρήση και παραγωγή βιοκαυσίμων σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα.....	52
Εικόνα 1-11: Μέγιστα δυνατά ποσοστά μετατροπής ενέργειας που συνδέονται με την παραγωγή βιομάζας.....	55
Διάγραμμα 7-1.1: Γεωγραφική Κατανομή και Τύπος ΑΚΖ Βιοκαυσίμων.....	66
Διάγραμμα 7-1.2: Τύπος των Προϊόντων Βιοενέργειας και Πρώτων Υλών Βιομάζας που καλύπτονται από τις μελέτες	66
Διάγραμμα 7-1.3:Ροή υλών και αλληλεπιδράσεις με το περιβάλλον σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός βιοκαυσίμου.....	68
Διάγραμμα 7-2.1: Κύρια Στάδια μίας Ανάλυσης Κύκλου Ζωής.....	69
Διάγραμμα 7-2.2: Επιλογή της λειτουργικής μονάδας σε μία σειρά μελετών	70
Διάγραμμα 7-4.1: Κριτήρια Καταμερισμού σε μία σειρά μελετών	76
Εικόνα 7-5.1: Διάγραμμα ροής μέσω του προγράμματος GaBi.....	79
Πίνακας 7-6.1: Τιμές ανά κατηγορία επιπτώσεων στην καλλιέργεια ηλίανθου και αραβόσιτου ανά εκτάριο ανά χρόνο.....	80
Πίνακας 7-6.2: Τιμές ανά κατηγορία επιπτώσεων στην καλλιέργεια ηλίανθου και αραβόσιτου ανά kg παραγόμενου προϊόντος.....	81
Διάγραμμα 8-3: Ιεραρχική Δομή Αρχών, Κριτηρίων, Δεικτών και Ελεγκτικών Μηχανισμών.....	89

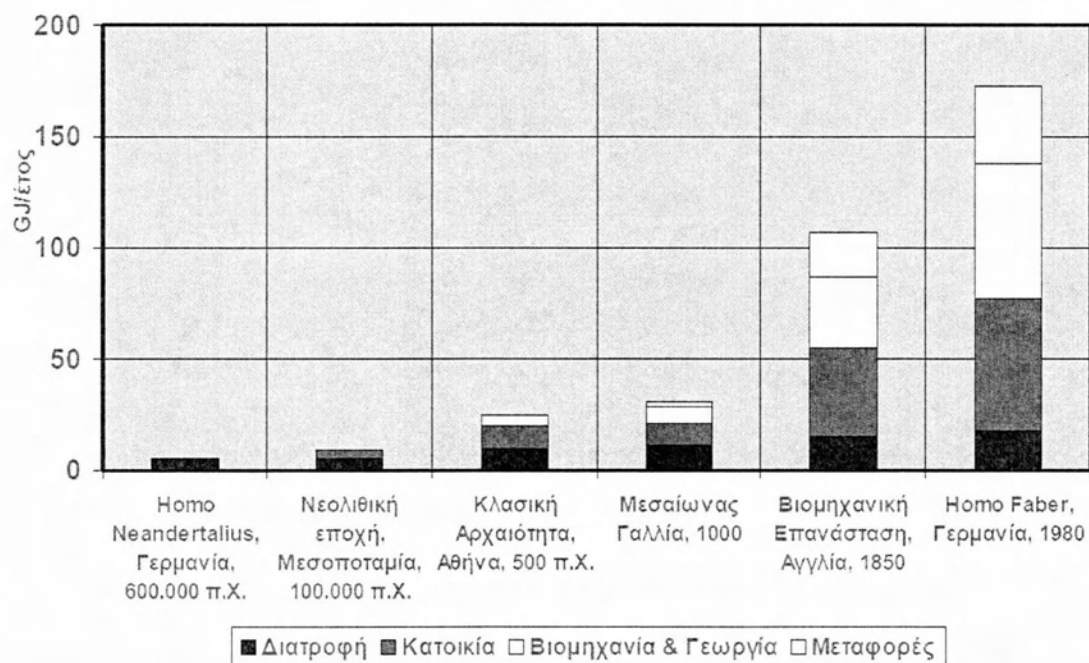
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Αρχαιότητα- Βιομηχανική Επανάσταση- Πετρελαϊκή Κρίση

Ο τρόπος μετατροπής και χρήσης της ενέργειας από τον άνθρωπο καθώς και οι δυνατότητες οι οποίες του δίνονταν μέσω αυτής βρίσκονταν πάντα σε αλληλεξάρτηση και πέρασαν από πολλά στάδια από την εμφάνιση του ανθρώπου μέχρι τις μέρες μας. Οι κυριότερες μορφές ενέργειας τότε ήταν η χρήση της μυϊκής δύναμης ανθρώπων- και αργότερα των ζώων - για της διάφορες γεωργικές εργασίες, η ηλιακή ενέργεια για την άμεση θέρμανση, η καύση ξυλείας καθώς και η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας στις βάρκες με πανιά που εμφανίστηκαν με την ανάπτυξη του εμπορίου. Με την πάροδο του χρόνου και παράλληλα με την αποδοτικότερη χρήση αυτών των μορφών ενέργειας από τον άνθρωπο, έκαναν την εμφάνισή τους και τα πρώτα παθητικά ηλιακά συστήματα σε κατοικίες, η χρήση των νερόμυλων, των ανεμόμυλων και η χρησιμοποίηση των γεωθερμικών νερών. Ήδη από τα τέλη του 1600, ο γαιάνθρακας είχε γίνει η κυριότερη καύσιμη ύλη στην Αγγλία. Το 1698, για να ξεπεραστούν τα προβλήματα από την πλημμύριση των ανθρακωρυχείων, αναπτύχθηκε από τον Thomas Savery η πρώτη ατμομηχανή που λειτουργούσε σε ατμοσφαιρική πίεση. Η ανακάλυψη αυτή σήμανε την αρχή της Βιομηχανική Επανάστασης η οποία με τη σειρά της προσέφερε στον άνθρωπο τεράστιες παραγωγικές δυνατότητες.

Οι κύριες ενεργειακές πηγές της ήταν αρχικά τα καυσόξυλα και το κάρβουνο, ενώ η μεγάλη αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας κατά τον 20^ο αιώνα έγινε δυνατή λόγω της διαθεσιμότητας των- φθηνών τότε- ορυκτών καυσίμων (κάρβουνο, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) [1]. Η ύπαρξη και χρήση τεράστιων ποσοτήτων ενέργειας στις χώρες κυρίως του ανεπτυγμένου δυτικού κόσμου, σηματοδοτεί τη διαφορά ανάμεσα σ' αυτόν και τον αναπτυσσόμενο κόσμο, αλλά και την ασύγκριτη εξέλιξη του ίδιου του ανεπτυγμένου από την εποχή του Μεσαίωνα ως σήμερα, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1-1.

Κατα κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας



Διάγραμμα 1-1: Η κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας σε GJ/έτος, για διάφορες χρονικές περιόδους. Πηγή: [2]

Η Βιομηχανική Επανάσταση σήμανε την απαρχή της ζωής όπως την γνωρίζουμε σήμερα. Η μετάβαση από τη φεουδαρχία στον καπιταλιστικό τρόπο παραγωγής, που μαζί με την εμφάνιση του σοσιαλισμού, αποτέλεσαν τα κυρίαρχα και αντιμαχόμενα οικονομικά και πολιτικοκοινωνικά συστήματα, καθώς και η βιομηχανική κοινωνία, αποτελούν τις εντονότερες αλλαγές που συντελέστηκαν στην ιστορία του ανθρώπινου πολιτισμού. Οι μεταβολές ανάμεσα στον 18^ο και τον 20^ο αιώνα επέφεραν τεράστιες πρακτικές διαφοροποιήσεις στην καθημερινή ζωή του ανθρώπου στο σύνολό του [2].

Από την έναρξη της Βιομηχανικής Επανάστασης (ανάμεσα στο 1760-1860) και μέχρι το 1950 που πρωτοδιατυπώθηκε το "Ενεργειακό Πρόβλημα", δεν είχε δοθεί αρκετή σημασία στην αναλωσιμότητα των ορυκτών καυσίμων. Αυτό άρχισε να γίνεται αντιληπτό, με τραγικό τρόπο, λόγω των ενεργειακών κρίσεων της δεκαετία του 1970 υποχρεώνοντας μας να ερευνήσουμε διαφορετικές μορφές ενέργειας, ανανεώσιμες και φιλικές προς το περιβάλλον. Φυσικά το ενεργειακό πρόβλημα δεν εκδηλώθηκε ούτε δημιουργήθηκε το 1973 αλλά άρχισε να δημιουργείται και να εκδηλώνεται ταυτόχρονα με την αλλαγή του κύριου καυσίμου από άνθρακα σε πετρέλαιο, που έγινε μετά τα μέσα του 19^{ου} αιώνα. Μέχρι την εποχή εκείνη ο άνθρακας, που ήταν η κύρια καύσιμη ύλη, βρισκόταν στις κυρίαρχες και οικονομικά αναπτυγμένες χώρες, ενώ οι πηγές πετρελαίου, που αποτελούσε τη νέα κύρια καύσιμη ύλη, από την άλλη, βρισκόταν στις αποικίες ή σε χώρες εξαρτημένες. Η κατάσταση αυτή άρχισε να προκαλεί ανησυχία στις οικονομικά αναπτυγμένες χώρες καθώς τις καθιστούσε ενεργειακά "εξαρτημένες" από τις αποικίες και από τις χώρες που ήταν υπό την κυριαρχία τους. Επιπτώσεις όλων των παραπάνω αποτελούν και οι

μακροχρόνιοι αιματηροί αγώνες για την αναδιανομή των αποικιών, το διαμελισμό των εξαρτημένων χωρών και την αύξηση των σφαιρών επιρροής [3].

1.2 Το Ενεργειακό Πρόβλημα

Παράλληλα, από την Βιομηχανική Επανάσταση και μετά, ραγδαία υπήρξε και η άθροιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η όξινη βροχή, το φωτοχημικό νέφος, η ρύπανση των υδάτινων πόρων, η ρύπανση από τη χρήση γης και άλλες. Όπως είναι φυσικό το θέμα της παραγωγής ενέργειας, που παραμένει στο επίκεντρο του αιώνα αυτού και αναμφίβολα θα καθορίσει τις εξελίξεις των επόμενων, μπορεί να προσεγγιστεί από τρεις διαφορετικές απόψεις:

- Της εξασφάλισης της αναγκαίας ποσότητας ενέργειας, στην κατάλληλη για την κάθε χρήση μορφή, δηλαδή της ενεργειακής επάρκειας

- Του κόστους αυτής της ενέργειας

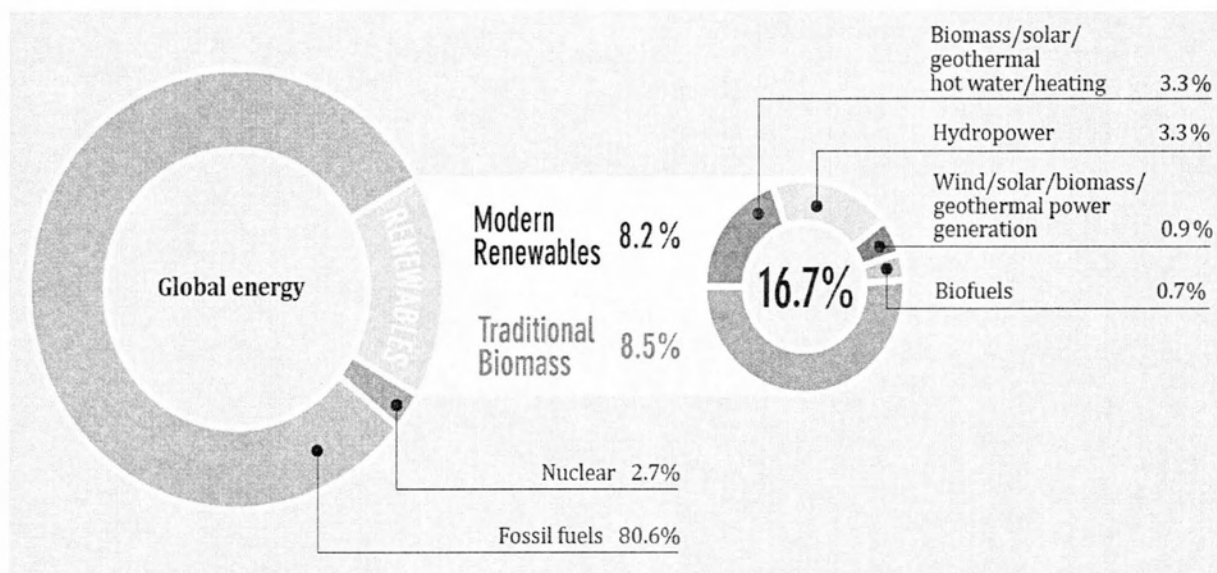
- Των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη χρήση της

Αυτές οι τρεις απόψεις συνθέτουν αυτό που έχει γίνει ευρύτερα γνωστό με τον όρο "Ενεργειακό Πρόβλημα". Αποτελούν, επομένως, το υπόβαθρο απαραίτητο για την ανάλυση που πρέπει να κάνει κανείς προτού μπορέσει να ασχοληθεί με το πρόβλημα της εκμετάλλευσης και διαχείρισης ενεργειακών πόρων καθώς και της αξιολόγησης ενεργειακών συστημάτων.

Ωστόσο, η "Ενέργεια", με την έννοια της διαθεσιμότητας ενεργειακών πόρων δεν επαρκεί από μόνη της, κάτι το οποίο γίνεται ολοένα και πιο εμφανές. Προϋπόθεση για την ενεργειακή επάρκεια είναι η ύπαρξη του κατάλληλου συστήματος που θα μπορέσει να μετατρέψει τη διαθέσιμη ενέργεια σε ωφέλιμη ισχύ μέσω της μετατροπής της οργανικής ή ανόργανης ύλης σε μορφές ενέργειας μεταφέρσιμες, αποθηκεύσιμες και τελικά αξιοποιήσιμες και αυτό έναντι ενός αποδεκτού οικονομικού, κοινωνικού και περιβαλλοντικού κόστους, για το σύνολο του πληθυσμού [2].

1.3 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Η διαφαινόμενη εξάντληση των ενεργειακών αποθεμάτων συμβατικών καυσίμων του πλανήτη σε συνδυασμό με τη διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας για την κάλυψη των διευρυμένων σύγχρονων αναγκών, αλλά και την βαθμιαία επιδείνωση των περιβαλλοντικών προβλημάτων, οδήγησε τις σύγχρονες κοινωνίες να στραφούν αφενός σε τεχνικές εξοικονόμησης και ορθολογικής χρήσης της ενέργειας, σε έναν αποδοτικότερο δηλαδή ενεργειακό σχεδιασμό, και αφετέρου στην αξιοποίηση των λεγόμενων ήπιων ή ανανεώσιμων μορφών ενέργειας. Οι γνωστές μας ενεργειακές πηγές, που εκμεταλλεύομασταν κατά την αρχαιότητα, αποτελούν ανεξάντλητα (ανανεώσιμα) ενεργειακά αποθέματα, ενώ η χρήση τους θεωρείται φιλική (ήπια) προς το περιβάλλον [4]. Στα πλαίσια αυτής της προσπάθειας απαγκίστρωσης από αυτές τις περιβαλλοντικά και οικονομικά ζημιογόνες μορφές, ξεκίνησε η εξερεύνηση των δυνατοτήτων των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ).



Διάγραμμα 1-3: Ποσοστά παγκόσμιας κατανάλωσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κατά το 2010.
Πηγή: [5]

Ανανεώσιμες θεωρούνται εκείνες οι μορφές ενέργειας που προέρχονται από φυσικές πηγές όπως το ηλιακό φως, μπορούν δηλαδή κατά κάποιο τρόπο να αναπληρωθούν από την ίδια τη φύση. Ο χαρακτηρισμός "ανανεώσιμες" βέβαια είναι κάπως καταχρηστικός, μιας και ορισμένες από αυτές τις πηγές, όπως η γεωθερμική ενέργεια ανανεώνονται σε κλίμακα χιλιετιών.

Τα είδη των ΑΠΕ [1], [6] διακρίνονται στην *Αιολική Ενέργεια* (ανεμογεννήτριες για ηλεκτροπαραγωγή), την *Υδραυλική Ενέργεια* (υδροηλεκτρικά φράγματα), την *Ηλιακή Ενέργεια* (ηλιακοί θερμοσίφωνες, φωτοβολταϊκά στοιχεία), την *Βιομάζα* (στην οποία θα αναφερθούμε εκτενέστερα παρακάτω), τη *Γεωθερμική* (θερμότητα που παράγεται απ' τη

ραδιενεργό αποσύνθεση των πετρωμάτων της γης) και *Ενέργεια από τη θάλασσα* (εκμεταλλεύεται το φαινόμενο της παλίρροιας και τις θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ των στρωμάτων του ωκεανού). Στο Σχήμα 1-3 παρουσιάζονται τα ποσοστά κατανάλωσης ανανεώσιμης ενέργειας για το έτος 2009.

Τις τελευταίες δεκαετίες οι ΑΠΕ έτυχαν αρκετής προώθησης και αρκετά χρήματα επενδύθηκαν στην έρευνα για την αποδοτικότερη λειτουργία τους. Οι διασκέψεις κορυφής στο Ρίο (1992) και στο Γιохάνεσμπουργκ (2002) είχαν ως κύριο θέμα το μέλλον του πλανήτη και τη λεγόμενη βιώσιμη ανάπτυξη, ενώ η "Ατζέντα 21", που ενστερνίστηκε ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών, καλεί για νέες πολιτικές και νέα προγράμματα που θα στοχεύουν στην αύξηση της συνεισφοράς των ενεργειακών συστημάτων που είναι περιβαλλοντικά ασφαλή, αξιόπιστα και χαμηλού οικονομικού κόστους. Ιδιαίτερα αναφέρονται τα ενεργειακά συστήματα που χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για την ελάττωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, και την αποδοτικότερη χρήση της ενέργειας, της μεταφοράς της, της διανομής της και της τελικής χρήσης της. [4].

Πάρα την πρόοδο που έχει παρουσιαστεί στον τομέα των ΑΠΕ, το υψηλό κόστος και η σχετικά χαμηλή τους απόδοση, σε σχέση πάντα με τις συμβατικές μορφές ενέργειας, αποτελούν ανασταλτικό παράγοντα για την αξιοποίησή τους από το ευρύ κοινό.

1.4 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και "Αειφόρα ή Βιώσιμη Ανάπτυξη"

Στην συνολικότερη συζήτηση που έχει ανοίξει τα τελευταία χρόνια γύρω από το ζήτημα των ΑΠΕ, και με την πολιτική της λεγόμενης "Αειφόρας ή Βιώσιμης Ανάπτυξης" (μερικές φορές τη συναντάμε και ως "Πράσινη Ανάπτυξη"), τίθεται το ερώτημα κατά πόσο οι ΑΠΕ είναι, στη δεδομένη φάση, φιλικές προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο, εξεταζόμενες όχι μόνο σε ένα τομέα (πχ περιβάλλον, οικονομία) και όχι μόνο σε εθνικό επίπεδο. Η απάντηση στο ερώτημα δεν είναι απλή και ενδεχομένως δεν μπορεί να είναι κατηγορηματική σε αυτή τη φάση, καθώς εμπλέκονται αρκετοί πολιτικοί και οικονομικοί παράγοντες.

Μία ενδιαφέρουσα κριτική αποτελεί η θεωρία της "Αξιοβίωτης Ολοκληρωμένης Ανάπτυξης" (Worth-living Integrated Development), η οποία αναπτύχθηκε στο πλαίσιο των επιστημονικών δραστηριοτήτων του Διεπιστημονικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών του ΕΜΠ και τον καθηγητή Δ. Ρόκο. Σύμφωνα με αυτή, η "Αειφόρα ή Βιώσιμη Ανάπτυξη" έχει κύριο θεμέλιό της την μερικότητα της οικονομικής ανταγωνιστικότητας και της βιωσιμότητας των επιχειρήσεων, ενώ αντίθετα η Αξιοβίωτη επικεντρώνεται στην

"ταυτόχρονα και διαχρονικά, σε πλανητικό, υπερεθνικό, εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο, οικονομικής, κοινωνικής, πολιτικής, πολιτισμικής και τεχνικής/τεχνολογικής "ανάπτυξης", η οποία μπορεί να υπάρξει, μόνο όταν τελείται σε διαλεκτική αρμονία και με σεβασμό πάντα στον άνθρωπο, τις προαιώνιες ευγενείς του αξίες και το «όλο» φυσικό και πολιτισμικό του περιβάλλον, στο οποίο αυτός εντάσσεται ειρηνικά και δημιουργικά ως αναπόσπαστο και όχι κυρίαρχο μέρος του" [7].

Αυτού του είδους οι προβληματισμοί με οδήγησαν στην εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας, με σκοπό, όχι την στοχοποίηση γενικά των βιοκαυσίμων, αλλά την ανάδειξη της ανάγκης για περαιτέρω έρευνα πριν τη πλήρη εφαρμογή των ανά τον κόσμο κυβερνητικών οδηγιών.

2 ΒΙΟΜΑΖΑ

Τη βιομάζα αποτελεί η πρόσφατη οργανική ύλη που προέρχεται από τα φυτά ως αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών της ξηρά και των υδρόβιων φυτικών οργανισμών και συνιστά δευτερογενή ηλιακή ενέργεια. Τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια και αναπτύσσονται με τη χρήση κυρίως νερού και διοξειδίου του άνθρακα. Σημειώνεται ότι με την παραπάνω διεργασία όλο το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) της ατμόσφαιρας ανακυκλώνεται κάθε 300 χρόνια. Η χρήση της βιομάζας ανακυκλώνει το CO₂ στην ατμόσφαιρα και θεωρητικά δεν προσθέτει νέες ποσότητες όπως συμβαίνει με τα συμβατικά καύσιμα. Σε αυτό βέβαια δεν περιλαμβάνεται το CO₂ που εκπέμπεται κατά την επεξεργασία και μεταφορά της βιομάζας [1].

Το μεγαλύτερο και καλύτερα αξιοποιήσιμο μέρος της βιομάζας αποτελεί η ξυλεία και τα υπολείμματα δασοπονικών και αγροτικών δραστηριοτήτων. Τα δάση και οι θαμνώδες αποτελούν το 92% της παραγόμενης βιομάζας. Η ετήσια παραγωγή βιομάζας ανέρχεται περίπου σε $1.4 \cdot 10^{11}$ ΤΙΠ (Τόνος Ισοδύναμου Πετρελαίου) [4] ή 16.279,06 kWh. Η παραγόμενη βιομάζα ετησίως, αντιστοιχεί σε ενέργεια ίση με 10 φορές την ενέργεια που καταναλώνει ο κόσμος αυτή τη στιγμή, αλλά στη δεδομένη φάση δεν μπορούμε να την εκμεταλλευτούμε σε σημαντικό βαθμό. Γενικά μόνο το 5% της συνολικής βιομάζας ενός φυτού είναι κατάλληλο για τροφή. Έτσι, στόχος μας είναι να εκμεταλλευτούμε - όσο είναι δυνατό- και το υπόλοιπο 95%.

Η Υπηρεσία Πληροφοριών για θέματα Ενέργειας των ΗΠΑ (U.S Energy Information Administration) [8] προέβλεψε ότι μέχρι το 2017, η βιομάζα αναμένεται να είναι δύο φορές ακριβότερη από το φυσικό αέριο, ελάχιστα ακριβότερη από την πυρηνική ενέργεια, και αρκετά φθηνότερη από τα φωτοβολταϊκά πάνελ.

2.1 Είδη και προέλευση της βιομάζας

Βασικές πηγές της βιομάζας αποτελούν οι *ποώδεις ενεργειακές καλλιέργειες* (πολυετή φυτά με ετήσια συγκομιδή που ξεκινάει ύστερα από 2-3 χρόνια, όπως γλυκό σόργο (Sorghum- Sorghum bicolor), μίσχανθος (Miscanthus- Miscanthus tinctorius, Miscanthus sinensis, Miscanthus sacchrisflorus) κτλ), *δασικές ενεργειακές καλλιέργειες* (ειδικές φυτείες που ξυλεύονται σε 5-8 χρόνια, όπως υβριδική ιτιά (Willow- Salix) και λεύκα (Poplar- Liriodendron tulipifera), σφενδάμι (Maple- Acer), ευκάλυπτος (Eucalyptus - Eucalyptus cinerea), συκομουριά (Sycamore fig- Ficus sycomorus) κτλ), αγροτικές καλλιέργειες (όπως το ζαχαροκάλαμο, η σόγια (Soybean- Glycine max), ο ηλιόσπορος (Sunflower- Helianthus

ανηυσις)), υδατικές καλλιέργειες (ορισμένα είδη φυκιών (Algae- Alga) και άλλα είδη υδροπανίδας), γενική ξυλεία (κλαδιά, πριονίδια κτλ), γεωργικά παραπροϊόντα (όπως σόφλια ρυζιού, άχυρα δημητριακών κτλ), απορρίμματα- απόβλητα από βιομηχανίες τροφίμων ή της βιομηχανίας χάρτου, παραπροϊόντα από επεξεργασία φυτών, κτηνοτροφικά και πτηνοτροφικά κατάλοιπα (πχ η κοπριά, για την παραγωγή βιοαερίου με αναερόβια ζύμωση), οικιακά απορρίμματα και λήμματα.

Οι δύο κύριες πηγές βιοενέργειας βέβαια είναι οι ενεργειακές καλλιέργειες και τα απορρίμματα, τα προϊόντα δηλαδή της ανθρώπινης δραστηριότητας. Να σημειωθεί εδώ, ότι με τον όρο "Ενεργειακές Καλλιέργειες" εννοούμε τα φυτά τα οποία αναπτύσσονται ειδικά για να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα ή κυρίως να μετατραπούν σε βιοκαύσιμα [1], [9].

2.2 Τεχνικές μετατροπής της βιομάζας

Έχουμε στην διάθεσή μας ένα μεγάλο εύρος τεχνολογικών επιλογών ούτως ώστε να μετατρέψουμε την ενέργεια διαφόρων τύπων βιομάζας απευθείας, σε θερμότητα ή ηλεκτρισμό, υγρά βιοκαύσιμα ή καύσιμο βιοαέριο. Για μερικούς τύπους πηγών βιομάζας έχουμε να επιλέξουμε ανάμεσα σε διάφορες τεχνολογίες, ενώ για κάποιες άλλες μόνο μία είναι κατάλληλη. Η μετατροπή της βιομάζας είναι, ακόμη, μη αποδοτική και δαπανηρή διαδικασία. Προς το παρόν η οικονομικότερη λύση είναι η "συν-καύση" (co-firing) με άλλα καύσιμα, ακόμα και για παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος. Οι κατηγορίες τεχνικών και τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται για την μετατροπή της βιομάζας είναι οι παρακάτω [9] [1] [10]:

Θερμοχημικές Διαδικασίες

Σε αυτές, η θερμότητα αποτελεί τον κυρίαρχο μηχανισμό για την μετατροπή της βιομάζας σε άλλη χημική μορφή. Η επιλογή της κατάλληλης διαδικασίας μας υποβάλλεται από το είδος των χημικών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα οι οποίες εξαρτιούνται κυρίως από το διαθέσιμο οξυγόνο και την θερμοκρασία μετατροπής. Έτσι έχουμε την *αεριοποίηση* όπου σε σειρά χημικών διεργασιών κατά τις οποίες το στερεό καύσιμο αντιδρά σε κατάλληλης θερμοκρασίες με ατμό και αέρα ή οξυγόνο για την παραγωγή αέριων καυσίμων, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή ενέργειας, σε μηχανές εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ) ή σε λέβητες. Την *αργή ή συμβατική καύση* η οποία έχει ως στόχο την παραγωγή ξυλάνθρακα και αποτελεί την παλαιότερη και απλούστερη μέθοδο επεξεργασίας της βιομάζας και πρόκειται για παραδοσιακή πλέον μέθοδο αλλά όχι ιδιαίτερα αποδοτική. Την *ταχεία πυρόλυση για την παραγωγή υγρών* όπου τα παραγόμενα

έλαια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για θέρμανση και παραγωγή ηλεκτρισμού, αλλά το σημερινό κόστος παραγωγής τους δεν μπορεί να ανταγωνιστεί το αντίστοιχο των συμβατικών καυσίμων. Τέλος έχουμε την *καταλυτική πυρόλυση*, όπου γίνεται χρήση ειδικών καταλυτών για την αύξηση της απόδοσης ορισμένων προϊόντων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για θέρμανση και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Βιοχημικές Διαδικασίες

Οι διεργασίες αυτές έχουν στόχο την διάσπαση των μορίων από τα οποία συντίθεται η βιομάζα, μέσω των ενζύμων των βακτηρίων και άλλων μικροοργανισμών για τη διάσπασή της. Έχουμε τη *ζύμωση*, που αποτελεί αναερόβια βιολογική διεργασία κατά την οποία τα σάκχαρα μετατρέπονται σε αιθανόλη με την βοήθεια μικροοργανισμών και την *αναερόβια ζύμωση* που λαμβάνει χώρα απουσία οξυγόνου, και εφαρμόζεται στην ταφή οικιακών απορριμμάτων στις χωματερές (landfill gas) και της κοπριάς των ζώων.

2.3 Πλεονεκτήματα, Περιβαλλοντικοί περιορισμοί και μέλλον της βιομάζας

Η εκμετάλλευση της βιομάζας μας προσφέρει μια σειρά πλεονεκτημάτων που μας επιτρέπουν να κάνουμε ένα βήμα πέρα από την εξάρτηση μας από τα ορυκτά καύσιμα, τη μείωση του όγκου των απορριμμάτων και των παραπροϊόντων των λυμάτων. Παρά τη διάχυτη πεποίθηση ότι η εκπομπές αέριων ρύπων της βιομάζας και η συνεισφορά της στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι πολύ χαμηλότερη από αυτή των συμβατικών μορφών ενέργειας, και ότι μπορεί να ωφελήσει την ανάπτυξη απομακρυσμένων γεωργικών περιοχών δημιουργώντας παράλληλα νέες θέσεις εργασίας- κάτι που μοιάζει βέβαια όλο και πιο δύσκολο λόγω της οικονομικής συγκυρίας- θα πρέπει να ερευνηθούν παραπέρα τα όριά της.

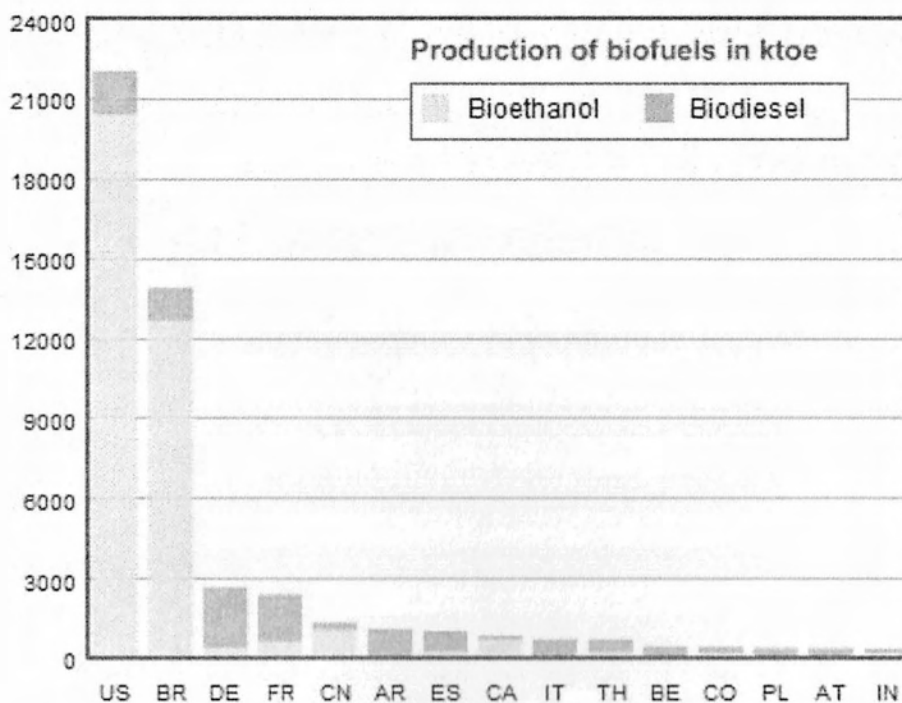
Με την πάροδο των ετών και το βάθεμα της γνώσης μας στον τομέα της βιομάζας, παρουσιάστηκε και μια πιο αρνητική πλευρά της. Εκτός από μεγάλο κόστος των απαιτούμενων τεχνολογιών για την άντλησή της, παρουσιάζεται μεγάλο κόστος μεταφοράς για μονάδες μετατροπής μακριά από τον χώρο παραγωγής της. Η χρήση της μπορεί, επίσης, να προκαλέσει αέρια ρύπανση σε μορφή μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα (CO, CO₂), NO_x, VOCs, αιωρούμενων μικροσωματιδίων, συχνά σε επίπεδα υψηλότερα από αυτά των συμβατικών πηγών καυσίμων, όπως ο γαιάνθρακας και το φυσικό αέριο [11]. Ο Μαύρος Άνθρακας- παράγωγο της ατελούς καύσης των ορυκτών καυσίμων, των

βιοκαυσίμων και της βιομάζας- αποτελεί κατά πάσα πιθανότητα σημαντικό παράγοντα στην δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου. Έρευνες του 2009 μάλιστα έδειξαν ότι στην περιοχή της Νότιας Ασίας το φαινόμενο αυτό ενισχύθηκε σε μεγαλύτερο βαθμό λόγω της εκμετάλλευσης βιομάζας παρά των ορυκτών καυσίμων [12]. Παρατηρήθηκε επίσης υψηλή συγκέντρωση Άνθρακα-14 (^{14}C), ο οποίος σχετίζεται κυρίως με τα φυτά. Ενδεικτικό της κατάστασης αποτελεί το γεγονός ότι στις αρχές του 2012, περίπου το 80% των εργοστασίων που παρήγαγαν βιομάζα στις ΗΠΑ, αναφέρθηκαν από ομοσπονδιακές και κρατικές υπηρεσίες για παραβίαση των κανονισμών ασφαλείας σε νερό και αέρα κατά τα τελευταία 5 χρόνια λειτουργίας τους [10].

3 ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ

3.1 Γενικά

Τα συνολικά αποθέματα (μέχρι το τέλος του 2011) πετρελαίου, φυσικού αερίου και άνθρακα στον κόσμο, είναι 234,3 δισ. τόνοι, 208,4 τρισ. κυβικά μέτρα, και 860,9 δισ. τόνοι, αντίστοιχα, σύμφωνα Στατιστική Επιθεώρηση της Παγκόσμιας Ενέργειας της BP για το 2012 [13]. Τα υγρά βιοκαύσιμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εναλλακτικό καύσιμο για τις μεταφορές, όπως και άλλες εναλλακτικές λύσεις σαν το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG), το συμπιεσμένο φυσικό αέριο (CNG), το υγραέριο (LPG) και το υδρογόνο.



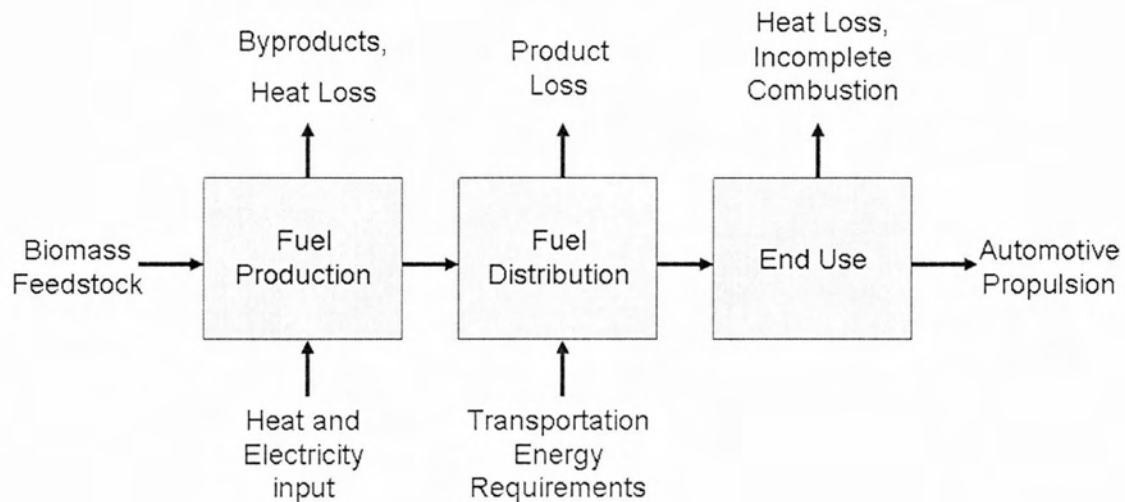
Διάγραμμα 3-1.1: Παγκόσμια παραγωγή Βιοαιθανόλης και Βιοντίζελ δισ. λίτρα για την περίοδο 2000-2011. Πηγή: [14]

COUNTRY	Fuel Ethanol	Biodiesel	Total
	(billion litres)		
1 United States	54.2	3.2	57.4
2 Brazil	21.0	2.7	23.7
3 Germany	0.8	3.2	3.9
4 Argentina	0.2	2.8	3.0
5 France	1.1	1.6	2.7
6 China	2.1	0.2	2.3
7 Canada	1.8	0.2	2.0
8 Indonesia	0.0	1.4	1.4
9 Spain	0.5	0.7	1.2
10 Thailand	0.5	0.6	1.1
11 Belgium	0.4	0.4	0.8
12 The Netherlands	0.3	0.4	0.7
13 Italy	0.0	0.6	0.6
14 Colombia	0.3	0.3	0.6
15 Austria	0.2	0.4	0.6
World Total	86.1	21.4	107.0
EU Total	4.3	9.2	13.5

Πίνακας 3-1.2: Οι Πρώτες 15 Χώρες στην Παραγωγή Βιοαιθανόλης και Βιοντίζελ για το 2011. Πηγή: [14]

Τα βιοκαύσιμα προέρχονται από οργανικά προϊόντα και θεωρούνται ανανεώσιμα καύσιμα. Ως ανανεώσιμα καύσιμα έχουν θεωρητικά το χαρακτηριστικό των χαμηλότερων εκπομπών CO₂ στο συνολικό κύκλο ζωής τους σε σχέση με τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα, στοιχείο που εξαρτάται άμεσα από την προέλευση τους, τη χρήση τους αλλά και σε μεγάλο βαθμό από τον τρόπο παραγωγής και διανομής τους. Κατά την καύση τους τα καύσιμα αυτά εκπέμπουν χαμηλότερες ή ίσες ποσότητες CO₂ με τα αντίστοιχα πετρελαϊκής προέλευσης. Επειδή όμως, όπως εξηγήσαμε και προηγουμένως, ο άνθρακας τον οποίο περιέχουν έχει δεσμευτεί κατά την ανάπτυξη της οργανικής ύλης από την ατμόσφαιρα, στην οποία επανέρχεται μετά την καύση, το ισοζύγιο εκπομπών σε όλο τον κύκλο ζωής του βιοκαυσίμου είναι θεωρητικά μηδενικό. Εδώ πρέπει να τονιστεί η μεγάλη σημασία της λέξης "θεωρητικά" και αυτό διότι στην πράξη, κατά την παραγωγή και διακίνηση της πρώτης ύλης αλλά και των ίδιων των βιοκαυσίμων, υπεισέρχονται δραστηριότητες κατά τις οποίες εκπέμπεται CO₂. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το τελικό όφελος από τα καύσιμα αυτά να κυμαίνεται από μεγάλο έως μηδαμινό. Αρκετές φορές μάλιστα έχουν παρατηρηθεί μεγαλύτερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τις αντίστοιχες των συμβατικών καυσίμων. Για να αποφανθεί κανείς ασφαλώς για τα περιβαλλοντικά οφέλη κάποιου βιοκαυσίμου πρέπει να πραγματοποιήσει εξειδικευμένη Ανάλυση Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) για κάθε

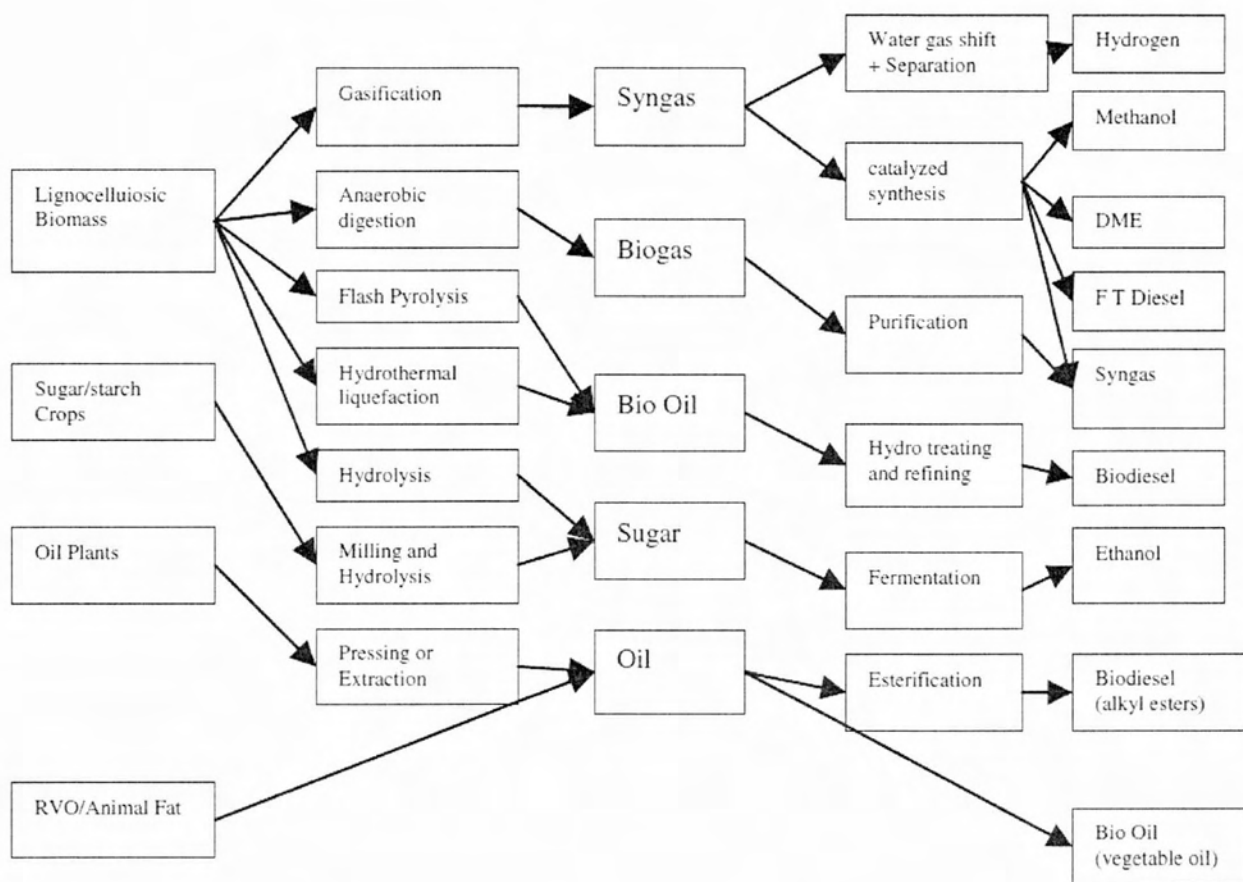
βιοκαύσιμο ξεχωριστά, ανάλογα με την πρώτη ύλη, τον τόπο προέλευσης, τη μέθοδο επεξεργασίας και χρήσης. Μια απλοποιημένη εκδοχή του κύκλου ζωής ενός βιοκαυσίμου, μπορούμε να δούμε στο Διάγραμμα 3-1.3.



Διάγραμμα 3-1.3: Απλοποιημένο Διάγραμμα Κύκλου Ζωής Βιοκαυσίμου

Η παγκόσμια παραγωγή βιοκαυσίμων το 2010 έφτασε τα 105 δισεκατομμύρια λίτρα, αυξημένη δηλαδή κατά 17% από το 2009. Η βιοαιθανόλη και το βιοντίζελ κυρίως, αποτελούν το 2.7% των καυσίμων μεταφορών. Η παραγωγή τους (σε κΤΙΠ) σε μια σειρά χωρών του κόσμου για το 2009, φαίνεται στο Διάγραμμα 3-1.1 και στο Διάγραμμα 3-1.2 φαίνονται οι πρώτες 15 χώρες στην παραγωγή βιοαιθανόλης και βιοντίζελ. Κατά το 2011, σε παγκόσμιο επίπεδο, 31 χώρες έχουν εισάγει τα βιοκαύσιμα σαν πρόσθετα των συμβατικών [15]. Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας (International Energy Agency- IEA), τα βιοκαύσιμα έχουν τη δυνατότητα να αποτελέσουν πάνω από το 25% της παγκόσμιων αναγκών σε καύσιμα κίνησης μέχρι το 2050 [16]. Για να συμβεί βέβαια κάτι τέτοιο, με τρόπο ουσιαστικά ωφέλιμο, έχουμε να διανύσουμε ακόμα πολύ δρόμο [5, 17-19].

Μία επισκόπηση των διεργασιών, μέσω των οποίων παράγονται τα διάφορα είδη βιοκαυσίμων, μπορούμε να δούμε παρακάτω, στο Διάγραμμα 3-1.4.



Διάγραμμα 3-1.4: Επισκόπηση των διεργασιών παραγωγής βιοκαυσίμων. Πηγή: [20]

3.2 Βιοκαύσιμα 1^{ης} Γενιάς

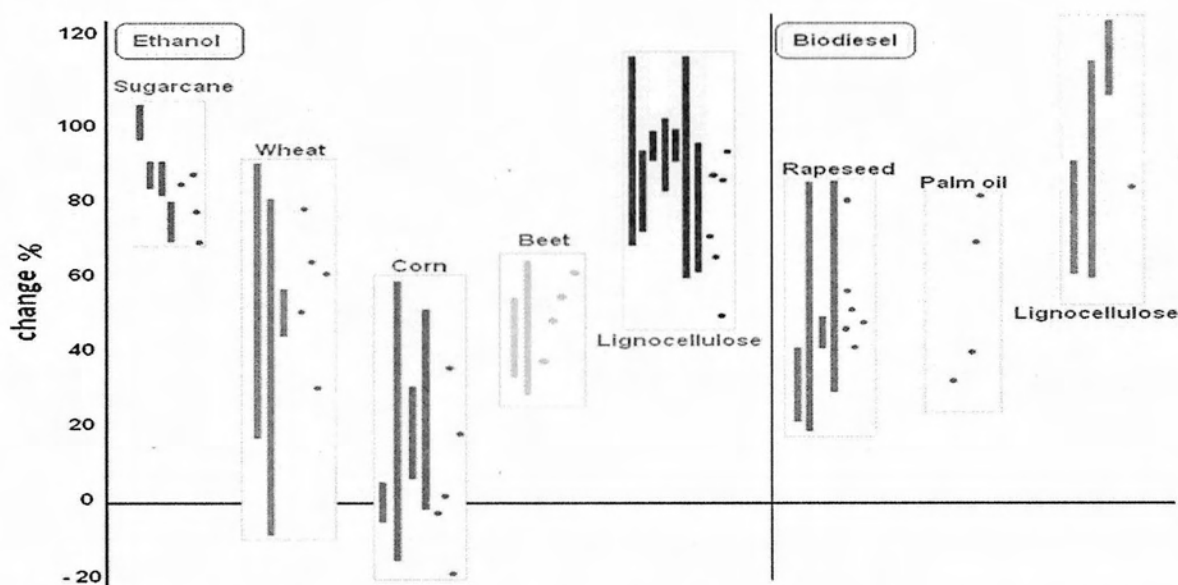
Βιοκαύσιμα Πρώτης Γενιάς (First Generation Biofuels) ή Συμβατικά Βιοκαύσιμα ονομάζουμε εκείνα που προέρχονται από την επεξεργασία σακχάρων, αμύλου και έλαια λαχανικών. Τα κυριότερα από αυτά είναι τα *Αλκοολούχα Καύσιμα* (Ethanol Fuels) που αποτελούν βιολογικά παραγόμενες αλκοόλες, λόγω της δράσης μικροοργανισμών και ενζύμων μέσω της ζύμωσης σακχάρων ή αμύλου. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν η *Βιοαιθανόλη*, η *Βιοβουτανόλη* και η *Βιομεθανόλη*. Το *Βιοντίζελ* (Biodiesel), παράγεται μέσω της μετεστεριοποίησης ελαίων και λιπών και είναι υγρό με πολύ παρόμοια σύνθεση με το συμβατικό ντίζελ.

Άλλα Βιοκαύσιμα 1ης Γενιάς είναι το "*Πράσινο Ντίζελ*" (Green Diesel) [21] το οποίο παράγεται μέσω υδρόλυσης φυτικών ελαίων και ζωικών λιπών και παρουσιάζει τις ίδιες ιδιότητες με το συμβατικό ντίζελ, ενώ δεν απαιτεί μηχανικές μετατροπές για την εκμετάλλευσή του, τα *Vegetable Oils* ή *Φυτικά Έλαια* [22] που μπορούν εύκολα να βρουν

εφαρμογή σε κινητήρες ντίζελ παλαιότερης τεχνολογίας (κινητήρες που δεν έχουν συστήματα ψεκασμού common rail και unit injection), οι Βιοαιθέρες (Bioethers), το Βιοαέριο (Biogas) και το Αέριο Σύνθεσης (Syngas) [20] [23] [24] [25] [26] [27].

3.3 Βιοκαύσιμα 2^{ης} Γενιάς

Η μη-αιεφόρα παραγωγή κάποιων βιοκαυσίμων 1^{ης} γενιάς που σχετίζεται πολλές φορές με την αποξήλωση δασικών εκτάσεων, τη χρήση μεγάλων ποσοτήτων νερού, τη χρήση γης και άλλα, είχε ως αποτέλεσμα η επιστημονική έρευνα να στραφεί σε βιοκαύσιμα με καλύτερες αποδόσεις και διαφορετικές πρώτες ύλες. Τα Βιοκαύσιμα 2^{ης} Γενιάς σε αντίθεση με αυτά της 1^{ης} προκύπτουν από την επεξεργασία της λιγνοκυτταρικής βιομάζας από αγροτικά/ δασικά υπολείμματα και απόβλητα, απόβλητα της βιομηχανίας τροφίμων, αστικά λύματα ακόμα και φύκια, και παρουσιάζουν μια πιο αιεφόρα συμπεριφορά. Στο Διάγραμμα 3-3, παρουσιάζονται αποφευχθείς εκπομπές αερίων για μια σειρά Βιοκαυσίμων 1^{ης} και 2^{ης} Γενιάς, σε σύγκριση με τη βενζίνη και το ορυκτό ντίζελ. Τα Βιοκαύσιμα 2^{ης} Γενιάς παράγονται μέσω θερμοχημικών μετατροπών, όπως η αεριοποίηση η πυρόλυση και η απανθράκωση και βιοχημικών μετατροπών, όπως η ζύμωση.



Διάγραμμα 3-2: Εύρη (παριστάνονται με μπάρες) και συγκεκριμένες/ μεμονωμένες μετρήσεις (παριστάνονται με τελίτσες) αποφυγής Well-to-wheel εκπομπών για μια σειρά 1ης και 2ης Γενιάς βιοκαυσίμων, συγκρινόμενα με βενζίνη και ορυκτό ντίζελ. (Στους υπολογισμούς δεν περιλαμβάνονται άμεσες και έμμεσες εκπομπές αλλαγής χρήσης γης) Πηγή: [28]

Παρά τις όποιες ελπίδες έχουν δημιουργηθεί- που σε μεγάλο βαθμό μπορεί να είναι και βάσιμες- τα βιοκαύσιμα 2^{ης} γενιάς αυτή τη στιγμή βρίσκονται ακόμα στο στάδιο της έρευνας, χωρίς να μπορούν να ανταγωνιστούν όπως είναι φυσικό τα λεγόμενα συμβατικά βιοκαύσιμα. Ανασταλτικό παράγοντα για την εμπορική τους διάθεση αυτή τη στιγμή αποτελεί το υψηλό κόστος παραγωγής τους [28] [29].

4 ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΚΑΙ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ

4.1 Βιοντίζελ

Το βιοντίζελ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιαδήποτε κινητήρα ντίζελ, αρκεί να αναμειχθεί με ορυκτό ντίζελ, εφόσον δίνεται προσοχή σε φαινόμενα όπως η γαλακτωματοποίηση, διάφορα ρεολογικά προβλήματα και η μικροβιακή ανάπτυξη. Σε κάποιες χώρες μάλιστα οι κατασκευαστές κινητήρων ντίζελ εγγυώνται την εύρυθμη λειτουργία των μηχανών και κατά τη χρήση καθαρού βιοντίζελ (B100). Το καθαρό βιοντίζελ παρουσιάζει μεγαλύτερο ιξώδες στις χαμηλές θερμοκρασίες, ανάλογα βέβαια και με τις πρώτες ύλες του. Το γεγονός ότι είναι βιοαποικοδομήσιμο και ελάχιστα τοξικό, επιτρέπει την εύκολη και ασφαλή μεταφορά του. Παρουσιάζει επίσης υψηλό σημείο βρασμού, κοντά στους 148°C, έναντι των 52°C του συμβατικού. Κάποιες από τις κρίσιμες ιδιότητές του αποτελούν η περιεκτικότητα του σε νερό, φώσφορο και μέταλλα (πχ K, Na), η οξειδωτική του σταθερότητα και ο αριθμός κετανίου. Κατά την αποθήκευση του βιοντίζελ γίνονται προσπάθειες για τον περιορισμό της οξείδωσής του και πολυμερισμού του καθώς και της μη ανάπτυξης μικροβίων.

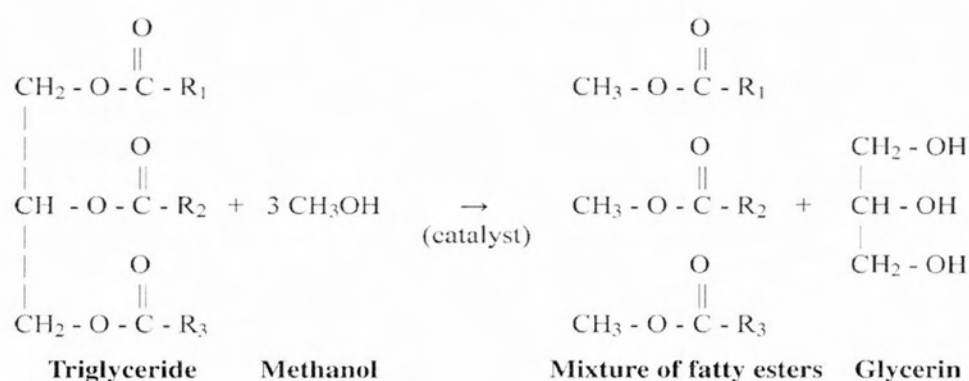
Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) αποτελεί την πρώτη παραγωγό δύναμη σε βιοντίζελ, καθώς το 2010 προσέφερε το 53% της συνολική παραγωγής. Η Γερμανία είναι η χώρα με την μεγαλύτερη παραγωγή βιοντίζελ στην ΕΕ. Σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες το B5 (μίγμα 5% βιοντίζελ- 95% ντίζελ) είναι διαθέσιμο σε πολλούς σταθμούς υγρών καυσίμων. Στις Η.Π.Α άνω από το 80% των εμπορικών φορτηγών και λεωφορείων λειτουργούν με βιοντίζελ.

Η πρώτη ύλη αποτελεί τον σημαντικότερο παράγοντα στην παραγωγή του βιοντίζελ, αφού συμβάλλει κατά πολύ στο συνολικό κόστος παραγωγής του βιοκαυσίμου. Ως πρώτες ύλες για την παραγωγή βιοντίζελ έχουν δοκιμαστεί διάφορα φυτικά έλαια, που προέρχονται από τους σπόρους διαφόρων φυτών τα οποία ονομάζονται και ελαιούχα φυτά, καθώς και διάφορα ζωικά λίπη. Όπως είναι αναμενόμενο, μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζεται για εκείνα που παράγονται σε μεγάλες ποσότητες και έχουν σχετικά μικρό κόστος, όπως το κραμβέλαιο, το σογιέλαιο, το ηλιέλαιο, το φοινικέλαιο (Palm, palm kernel and coconut oil - *Elaeis guineensis*) και το βαμβακέλαιο (Cotton- *Gossypium hirsutum*). Η διαθεσιμότητα και το κόστος κάθε ελαίου εξαρτώνται από τις καλλιεργητικές παραμέτρους του αντίστοιχου φυτού (περιοχή, ποικιλία, ένταση καλλιέργειας) οι οποίες επηρεάζονται από τις κλιματολογικές συνθήκες αλλά και την αγροτική πολιτική κάθε χώρας (πχ Κοινή Αγροτική Πολιτική για τις χώρες της ΕΕ). Χαρακτηριστικά αναφέρουμε το σογιέλαιο που παράγεται σε αρκετά μεγάλες ποσότητες στις ΗΠΑ, το κραμβέλαιο και το ηλιέλαιο στην Ευρώπη και το φοινικέλαιο σε χώρες της Ασίας με χαρακτηριστικότερες την Ινδονησία και τη Μαλαισία. Στην Ελλάδα παράγονται σπορέλαια σε διάφορες ποσότητες, όπως το ηλιέλαιο και το βαμβακέλαιο, ενώ τα τελευταία χρόνια έγιναν προσπάθειες ανάπτυξης καλλιεργειών νέων για τα ελληνικά δεδομένα, όπως της ελαιοκράμβης (Rapeseed- Brassica

parus) . Άλλα παραδείγματα αποτελούν το λάδι της *Jatropha curcas* στις Ινδίες, Μεξικό και άλλες θερμές και ξερικές περιοχές, καθώς και το λάδι των σπόρων της Αγριαγκινάρας (*Cynara Cridunculus*), η οποία έχει προταθεί σαν μία οικονομική λύση για την παραγωγή βιοντίζελ στην Ελλάδα.

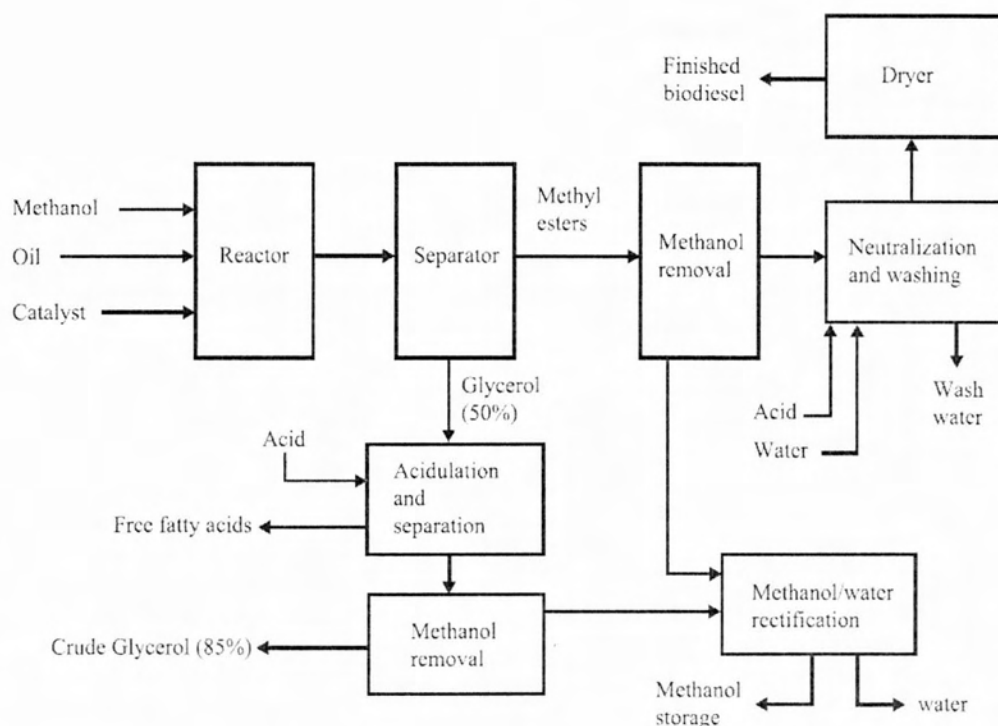
Επίσης, μεγάλο ενδιαφέρον έχει επικεντρωθεί στην ανάπτυξη της καλλιέργειας μικροφυκών με σκοπό, εκτός των άλλων, την εκμετάλλευση του ελαίου για την παραγωγή βιοντίζελ, βάσει δεδομένων πραγματικών καλλιεργειών που έχουν γίνει σε ανοιχτές δεξαμενές.

Υπάρχουν τέσσερις τρόποι για την παραγωγή βιοντίζελ: 1. Απευθείας χρήση και μίξη με συμβατικό ντίζελ 2. Παρασκευή μικρο-διαλυμάτων 3. Πυρόλυση 4.Μετεστεριοποίηση (γνωστή και ως αλκοόλυση). Η πιο διαδεδομένη μεταξύ αυτών είναι η διεργασία της μετεστεριοποίησης (στις διάφορες παραλλαγές της), η αντίδραση δηλαδή φυτικών ελαίων και ζωικών λιπών με αλκοόλη για την παραγωγή εστέρων , είναι η πιο διαδεδομένη, παρουσιάζεται σχηματικά παρακάτω, στην Εξίσωση 4-1.1:



Εξίσωση 4-1.1: Εξίσωση Αντίδρασης Μετεστεροποίησης (όπου τα R_1, R_2, R_3 αποτελούνται από μακριές αλυσίδες υδρογονανθράκων. Στη θέση της μεθανόλης μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν αιθανόλη, προπανόλη και βουτανόλη, αλλά προτιμάται η μεθανόλη λόγω της καλύτερης απόδοσής της και του χαμηλού της κόστους) Πηγή: [30]

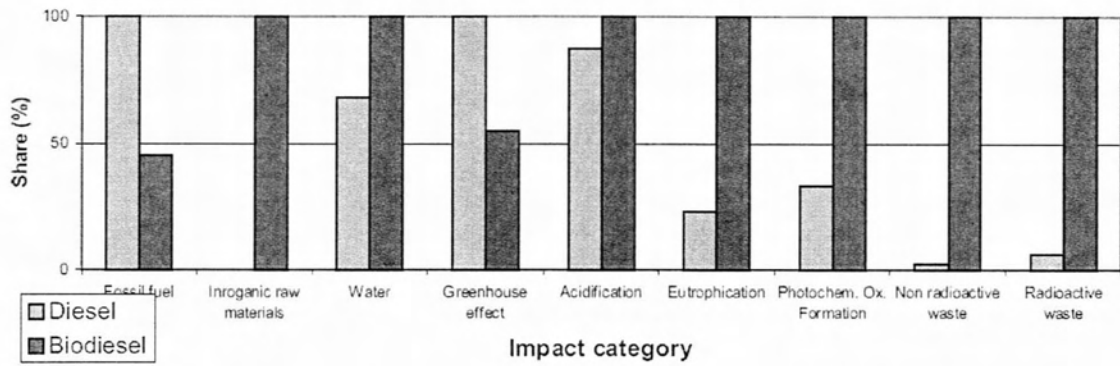
Το σημαντικότερο μέρος της διεργασίας είναι ο βαθμός ολοκλήρωσης της αντίδρασης μετεστεριοποίησης. Επειδή αποτελεί αντιστρεπτή αντίδραση χρησιμοποιείται πλεόνασμα αλκοόλης για να στρέψει την αντίδραση προς την μεριά των προϊόντων.



Διάγραμμα 4-1.2: Σχηματική Αναπαράσταση της Παραγωγής Βιοντίζελ. Πηγή: [30]

Γενικά, η ποιότητα του τελικού προϊόντος, επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες όπως η ποιότητα και οι προσμίξεις των πρώτων υλών, η σύνθεση του φυτικού ελαίου ή του ζωικού λίπους, η διαδικασία παραγωγής (βλ. Διάγραμμα 4-1.2) και τα υλικά που χρησιμοποιούνται σε αυτή καθώς και παράγοντες μετά την παραγωγή, όπως πχ η αποθήκευση. Οι δυσκολίες κατά τη παραγωγή του εμφανίζονται στην εκμετάλλευση των πρώτων υλών σε σχέση με τη διαθέσιμη τεχνολογία, στη δυσκολία επίτευξης του πρότυπου Biodiesel EN14214, στη βέλτιστη αξιοποίηση των παραπροϊόντων του, στην υψηλή επικινδυνότητα των υλών απαραίτητων κατά τη παραγωγική διαδικασία και στην διάθεση των αποβλήτων [30-33].

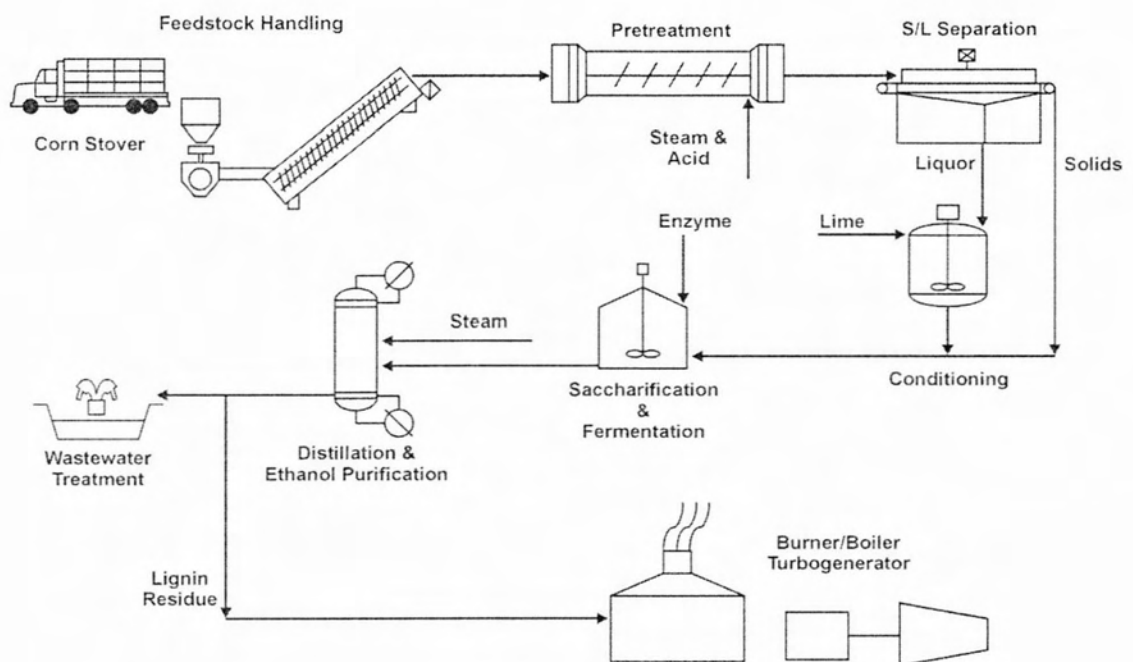
Στο Διάγραμμα 4-1.3, μπορούμε να δούμε τα αποτελέσματα μιας Ανάλυσης Κύκλου Ζωής, που συγκρίνει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις συμβατικού ντίζελ και βιοντίζελ.



Διάγραμμα 4-1.3: Σύγκριση περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών ντίζελ και βιοντίζελ

4.2 Βιοαιθανόλη

Η βιοαιθανόλη αποτελεί το πιο διαδεδομένο βιοκαύσιμο σε παγκόσμιο επίπεδο. Μπορεί να παρασκευαστεί μέσω της ζύμωσης καλαμποκιού (βλ. Διάγραμμα 4-2.1), σιταριού, ζαχαροκάλαμου, ζαχαρότευτλου, μελάσας και γενικά από οτιδήποτε αμυλούχο ή σακχαρούχο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή αλκοολούχων ποτών. Τα στάδια της παραγωγής της αποτελούν η *ενζυμική πέψη*, η *ζύμωση*, η *απόσταξη* και η *ξήρανση*. Η διαδικασία της απόσταξης απαιτεί σημαντικό ποσό ενέργειας για τη θέρμανση, και για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται συχνά φυσικό αέριο ή ακόμα και κυτταρική βιομάζα όπως η βαγάση [34].



Διάγραμμα 4-2.1: Απλοποιημένο Διάγραμμα Παραγωγής Αιθανόλης από Καλαμπόκι. Πηγή: [35]

Η αιθανόλη ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μηχανές αναμεμιγμένη με βενζίνη σε οποιοδήποτε ποσοστό, με πιο σύνηθες το μίγμα 15% βιοαιθανόλης- 85% βενζίνη. Το E85 αποτελεί μόνο το 1% περίπου της κατανάλωση βιοαιθανόλης των ΗΠΑ. Στα πλεονεκτήματα της αιθανόλης περιλαμβάνεται ο υψηλότερος αριθμός οκτανίων (108) από τη συμβατική βενζίνη, ο οποίος αυξάνει το βαθμό συμπίεσης και την θερμική απόδοση, τα υψηλότερα όρια ανάφλεξης, η μεγαλύτερη ταχύτητα φλόγας και υψηλότερη σημείο αεριοποίησης. Σε περιοχές που βρίσκονται σε υψηλό υψόμετρο και κατά συνέπεια έχουν χαμηλά ποσοστά οξυγόνου στον αέρα τους, πολλά κράτη χρησιμοποιούν το μίγμα βενζίνης-αιθανόλης για να μειώσουν τις βλαβερές εκπομπές, καθώς περιέχουν χαμηλότερα ποσοστά NO_x και αιωρούμενων σωματιδίων.

Στα αρνητικά της βιοαιθανόλης συμπεριλαμβάνονται η χαμηλότερη ενεργειακή πυκνότητα έναντι της βενζίνης (34% χαμηλότερη), η μεγαλύτερη διαβρωτικότητα, χαμηλότερη τάση ατμών που κάνει δυσκολότερη την εκκίνηση σε χαμηλές θερμοκρασίες και η αναμιξιμότητα με το νερό.

Η Βραζιλία προωθεί την χρήση βιοαιθανόλης σε μίγμα τουλάχιστον 22% σε κινητήρες αυτοκινήτων καθώς και τη χρήση αυτοκινήτων που δέχονται ένυδρη αιθανόλη [(96 βιοαιθανόλη+4νερό)/100] για την αντικατάσταση της βενζίνης. Σήμερα, κατά την παραγωγή αιθανόλης από καλαμπόκι (Maize/Corn- *Zea mays*) στις ΗΠΑ, εάν λάβουμε υπόψη μας την ενέργεια που καταναλώνεται από τον γεωργικό εξοπλισμό, την φύτευση, την καλλιέργεια, τα λιπάσματα, εντομοκτόνα, ζιζανιοκτόνα και μυκητοκτόνα (που παράγονται από πετρέλαιο), την άρδευση, τον θερισμό, την μεταφορά πρώτων υλών στα εργοστάσια επεξεργασίας, την ζύμωση, τη απόσταξη, την ξήρανση, τη μεταφορά των τελικών καυσίμων στα σημεία πώλησης, η τελική "καθαρή ενέργεια" είναι αρκετά χαμηλή και δεν αρκεί για την αποδέσμευση από τα συμβατικά καύσιμα

Η συνολική παραγωγή βιοαιθανόλης για το 2010 ήταν 86 δισεκατομμύρια λίτρα, με την Βραζιλία και τις ΗΠΑ να έχουν παραγάγει το 90% αυτού. Η αμερικάνικη νομοθεσία (Πρότυπο Ανανεώσιμων Καυσίμων [RFS]) έχει θέσει ως στόχο τα 28,4 δισεκατομμύρια λίτρα κατανάλωσης βιοαιθανόλης μέχρι το 2012, που αντιπροσωπεύει περίπου το 5% (κατ' όγκο) της προβλεπόμενης κατανάλωσης βενζίνης για το έτος. Βάσει των κυβερνητικών οδηγιών σε Αμερική, Ασία και Ευρώπη, η παγκόσμια ζήτηση για βιοαιθανόλη μπορεί να ξεπεράσει τα 125 δισεκατομμύρια λίτρα το 2020. Στη Μεγάλη Βρετανία μάλιστα, τελευταία, έχει κερδίσει έδαφος έναντι του βιοντίζελ [36]. Παρακάτω μπορούμε να δούμε την παγκόσμια παραγωγή βιοαιθανόλης κατά το 2005 και 2007 (Πίνακας 4-2.2), καθώς και μία σύγκριση του κόστους παραγωγής και απόδοσης της βιοαιθανόλης από διαφορετικές ενεργειακές καλλιέργειες (Πίνακας 4-2.3), με στοιχεία του 2009.

Country	2005	2006	Share of total in 2006 (%)
USA	15.0	18.3	46.9
Brazil	15.0	17.5	44.9
China	1.0	1.0	2.6
India	0.3	0.3	0.8
France	0.15	0.25	0.6
Others	1.55	1.65	4.2
Total	33.0	39.0	

Πίνακας 4-2.2: Παγκόσμια παραγωγή βιοαιθανόλης κατά τη διάρκεια του 2005 και 2007 (δισ. λίτρα) (2009). Πηγή: [34]

Type	Annual yield (ton/ha)	Conversion rate to sugar or starch (%)	Conversion rate to ethanol (l/ton)	Annual ethanol yield (kg/ha)
Sugar cane	70	12.5	70	4900
Cassava	40	25	150	6000
Sweet sorghum	35	14	80	2800
Corn	5	69	410	2050
Wheat	4	66	390	1560

Πίνακας 4-2.3: Σύγκριση του κόστους παραγωγής και απόδοσης της βιοαιθανόλης από διαφορετικές ενεργειακές καλλιέργειες (2009). Πηγή: [34]

Επίσης, στον παρακάτω Πίνακα 4-2.4 συγκρίνονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, που σχετίζονται με διάφορες οδούς παραγωγής βιοαιθανόλης, σε διάφορες Αναλύσεις Κύκλου Ζωής που έχουν πραγματοποιηθεί.

	Agricultural Feedstocks				Waste Feedstocks		
	Kaltschmitt 1997 Sugar beet Wheat Potato	Puppan 2001 Sugar beet Winter wheat Potato	Reinhardt 2002 Sugar beet Wheat Potato	Hu 2004 Cassava	Kadam 2002 Waste Bagasse	Sheehan 2004 Corn Stover	Tan & Culuba 2002 Agricultural Cellulose Waste
	Germany	Germany	Europe	China	India	USA	Philippines
Resource Depletion	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Global Warming	↓	↓	↓	NA	↓	↓	↓
CO2	NA	NA	↓	↓	NA	NA	NA
Acidification	—	—	↑	NA	↓	↑	↑
SOx	↑	NA	↑	NA	NA	NA	NA
NOx	↓	NA	↑	↑	NA	NA	NA
Eutrophication	NA	NA	↑	NA	↓	NA	↑
Human Toxicity	NA	—	NA	NA	↓	NA	↑
CO	NA	NA	↑	↓	NA	NA	NA
PM	NA	NA	↑	↓	NA	NA	NA
Ecological Toxicity	NA	—	NA	NA	NA	NA	NA
Photochemical Smog	NA	NA	↓	NA	NA	↑	↓
HC	NA	NA	↓	↓	NA	NA	NA
Solid Waste	NA	NA	NA	NA	↓	NA	NA
Land Use	NA	NA	NA	NA	NA	—	NA
Water Use	NA	NA	NA	NA	—	NA	NA
Ozone Depletion	↑	↑	NA	NA	NA	↓	NA
Odour	NA	NA	NA	NA	↓	NA	NA

NA – Not Assessed ↑ – Increased impact for bio-ethanol
 — – No significant change ↓ – Decreased impact for bio-ethanol

Πίνακας 4-1.4: Σύγκριση περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με διάφορες οδούς παραγωγής βιοαιθανόλης σε διάφορες μελέτες. Πηγή: [37]

4.3 Βιοκαύσιμα στην Ελλάδα

Βάσει των κανονισμών της ΕΕ, όλα τα κράτη μέλη θα πρέπει να αντικαταστήσουν το 10% των μεταφορικών καυσίμων με βιώσιμα βιοκαύσιμα μέχρι το 2020. Η Ελλάδα, όπως είναι φυσικό, έχει δεσμευτεί να συμμορφωθεί με τους κανονισμούς αυτούς.

Η πρώτη εγχώρια παραγωγή βιοκαυσίμων πραγματοποιήθηκε από την Hellenic Biopetroleum Industrial and Commercial S.A. στο Κιλκίς, με ετήσια παραγωγική ικανότητα 40000 τόνων, που άρχισε να λειτουργεί το Δεκέμβριο του 2005. Μεταξύ άλλων, ακολούθησαν το εργοστάσιο παραγωγής βιοντίζελ της VERT OIL S.A που κατασκευάστηκε στη Θεσσαλονίκη, με ετήσια παραγωγική ικανότητα 25000 τόνων, το εργοστάσιο Pavnos N. Pettas Industrial and Commercial S.A και έχει παραγωγική ικανότητα 50000 τόνους, το εργοστάσιο Agroinvest S.A με παραγωγική ικανότητα 200000 τόνους, το Νοέμβριο του 2006 και η εγκατάσταση της Elinoil S.A. στην περιοχή του Βόλου το Δεκέμβριο του 2006 [38].

Στην περίπτωση της βιοαιθανόλης, παρουσιάζονται κάποιες τεχνικές δυσκολίες όταν αναμιγνύεται με βενζίνη, οι σημαντικότερες των οποίων είναι ο διαχωρισμός παρουσία νερού υπό ψυχρές συνθήκες και η υψηλή τάση ατμών ειδικά στις βενζίνες θερινών προδιαγραφών. Για το λόγο αυτό προκρίνεται η μετατροπή της σε ETBE (Ethyl Tertiary Boutyl Ether) εντός των διυλιστηρίων σε και η χρήση του τελευταίου ως συστατικό ανάμιξης στις βενζίνες. Το ποσοστό ανάμιξης ETBE σε βενζίνη μπορεί να ανέλθει μέχρι 15% κατ' όγκο, ενώ για την βιοαιθανόλη το ποσοστό αυτό ανέρχεται μέχρι 5% κατ' όγκο [39]. Η παραγωγή βιοαιθανόλης δεν έχει ξεκινήσει ακόμα, καθώς το νομοθετικό πλαίσιο βρίσκεται αυτή τη στιγμή σε εξέλιξη.

5 ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΑ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ

Με την αύξηση της παραγωγής των υγρών βιοκαυσίμων, σαν συνέπεια των ανά τον κόσμο κυβερνητικών οδηγιών, αναπτύχτηκε και ο σκεπτικισμός γύρω από τα υπέρ και τα κατά αυτή της κατάστασης, καθώς είναι πλέον δεδομένη η εμπλοκή τους σε μια σειρά ζητημάτων. Ακόμα και πλέον πρόσφατες μελέτες [36] υποστηρίζουν ότι η παραγωγή και χρήση βιοκαυσίμων αποτελεί, όχι απλά μία κοστοβόρα προσέγγιση όσο αφορά τη μείωση των αέριων εκπομπών, αλλά και ότι τα παρόντα πρότυπα πιστοποίησής δεν εξασφαλίζουν τελικά την αειφόρα εκμετάλλευσή τους.

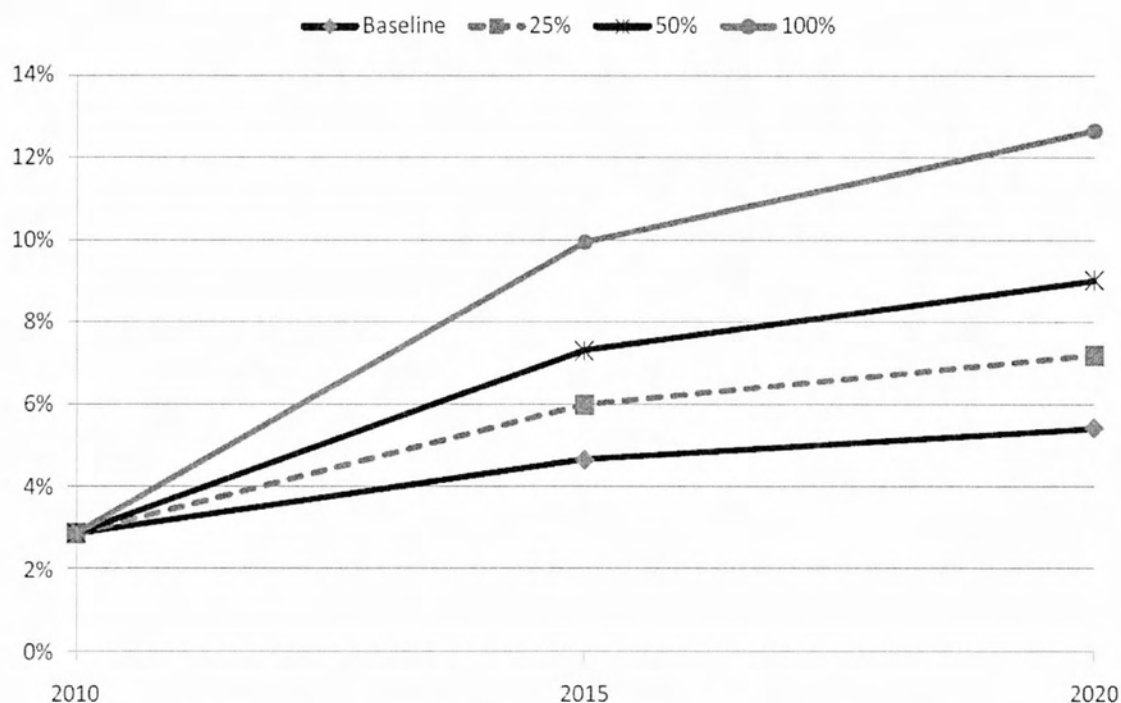
Στο μέρος αυτό της εργασίας θα αναφερθούμε στα βασικότερα από αυτά, κάνοντας παράλληλα αναφορά και σε κάποιες πτυχές δευτερευούσης σημασίας (βλ. *Τιμές Πετρελαίου, Τροποποιήσεις στις Μηχανές Εσωτερικής Καύσης*), για διαμόρφωσης μια πιο ολοκληρωμένης γενικής εικόνας. Πρέπει να σημειωθεί ωστόσο ότι ο διαχωρισμός τους είναι κάπως αυθαίρετος λόγω της έντονης αλληλεξάρτησης αρκετών υποκατηγοριών.

Επίσης, η παρουσίαση συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων Αναλύσεων Κύκλου Ζωής για βιοντίζελ και βιοαιθανόλη, και ιδιαίτερα από τον ελλαδικό χώρο, θα ήταν αρκετά χρήσιμα σε αυτή τη φάση. Όχι τόσο για εποπτικούς λόγους, αλλά κυρίως για να δικαιολογούνται τα όσα γράφονται παρακάτω όσο αφορά το επίπεδο στο οποίο έχουμε κατανοήσει τα βιοκαύσιμα και τις όποιες ελλείψεις και αβεβαιότητες συνοδεύουν τη μελέτη τους. Ακριβώς όμως λόγω τη φύσης των αποτελεσμάτων- στην συντριπτική πλειοψηφία των δημοσιεύσεων παρουσιάζονται αποτελέσματα για μεμονωμένες καλλιέργειες, βιοκαύσιμα ή τύπο επιπτώσεων- η συγκέντρωση και παρουσίαση όλου αυτού του όγκου πληροφοριών ξεφεύγει από τους σκοπούς της παρούσας εργασίας. Έτσι, σε αυτό το κεφάλαιο, θα παρουσιαστούν επιλεκτικά κάποια από αυτά σε κάθε υποκεφάλαιο.

5.1 Τιμές Πετρελαίου

Οι αυξήσεις των τιμών στον τομέα του πετρελαίου υπήρξαν στο παρελθόν μέρος μεγάλων οικονομικών κρίσεων. Όπως είναι αναμενόμενο οι αυξομειώσεις των τιμών του πετρελαίου δεν μπορούν να αφήσουν ανεπηρέαστο τον κλάδο των βιοκαυσίμων. Η παραγωγή των βιοκαυσίμων επηρεάζεται, σε μεγάλο βαθμό μάλιστα, από την εκάστοτε τιμή του πετρελαίου. Μια αύξηση της τάξης του 65% και 230% το 2020 σε σχέση με το 2009, θα αύξανε την διείδυση των βιοκαυσίμων στις αγορές στο 5.4%- από το 2.4% του 2009- και 12.6% αντίστοιχα, όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 5-1 [40]. Σε παγκόσμιο επίπεδο βέβαια μια αύξηση της τιμής του πετρελαίου θα σήμαινε και αύξηση των τιμών των

αγροτικών προϊόντων, καθώς η παραγωγή τους θα μειώνονταν. Σε έκθεση του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας το 2006 [41], εκφράζεται η άποψη ότι η αύξηση της ζήτησης/κατανάλωσης πετρελαίου, εάν αφεθεί ανεξέλεγκτη, θα δυσχεράνει την κατάσταση των καταναλωτριών χωρών προκαλώντας σοβαρές διαταραχές στη προμήθεια τους σε πετρέλαιο και εκτίναξη των τιμών του. Η έκθεση συνεχίζει υποστηρίζοντας ότι τα βιοκαύσιμα μπορεί μια μέρα να προσφέρουν μια βιώσιμη εναλλακτική λύση, αλλά και ότι είναι απαραίτητο οι επιπτώσεις από τη χρήση των βιοκαυσίμων στην παγκόσμια ασφάλεια, καθώς και στην οικονομική, περιβαλλοντική και δημόσια υγεία, να αξιολογηθούν περαιτέρω.

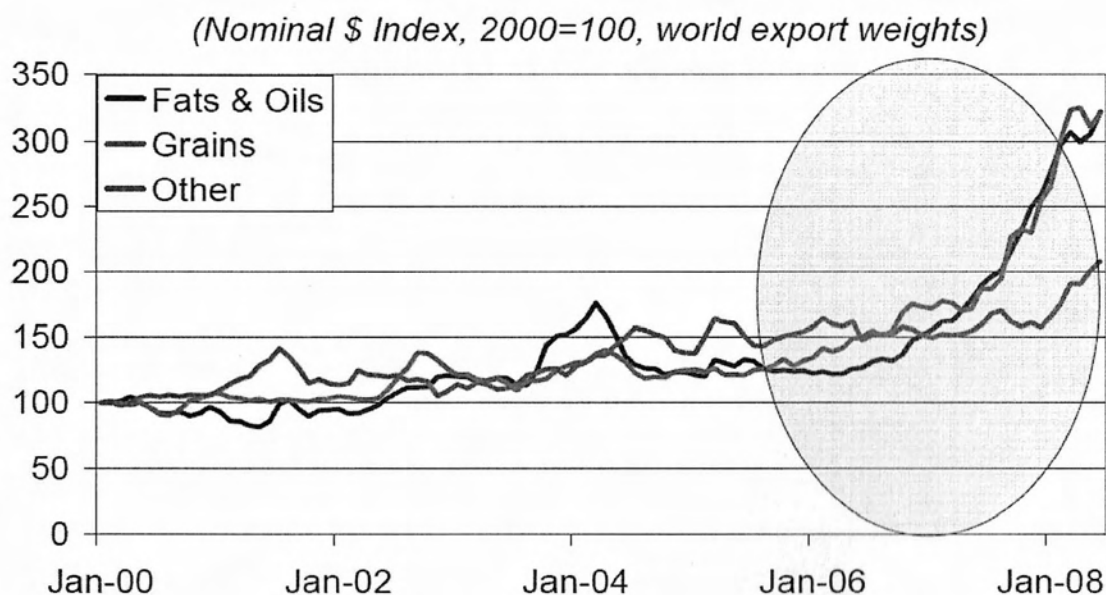


Διάγραμμα 5-1: Επιπτώσεις της αύξησης στην τιμή του πετρελαίου στην διείσδυση των βιοκαυσίμων σε παγκόσμιο επίπεδο (%) Πηγή: [40]

5.2 Τροφή ή Βιοκαύσιμα

Το δίλημμα "Τροφή ή Βιοκαύσιμα" είναι ίσως το πιο πολυσυζητημένο από τα ζητήματα, καθώς η "ηθική" που το περιβάλλει το κάνει να διαφέρει εμφανώς απ' τα υπόλοιπα. Σύμφωνα με έκθεση του ΟΗΕ για την Ανθρώπινη Ανάπτυξη, στις αρχές του 21^{ου} αιώνα πάνω 850 εκατ. άνθρωποι, κυρίως στις λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες, πεινούσαν, ενώ το 2010 ο αριθμός αυτός ανήλθε στο 1,2 δισεκατομμύρια, δηλαδή πάνω από το 17% του παγκόσμιου πληθυσμού. Οι δείκτες του Διεθνούς Νομισματικού Ταμείου για τις τιμές των τροφίμων σε

παγκόσμια κλίμακα [42], έδειξαν αύξηση 130% από τον Ιανουάριο του 2002 μέχρι τον Ιούνιο του 2008 και 56% από τον Ιανουάριο του 2007 μέχρι τον Ιούνιο του 2008 (βλ. Διάγραμμα 5-2.1).



Διάγραμμα 5-2.1: Δείκτες Τιμών Τροφίμων. Πηγή: [42]

Κάτω από αυτές τις συνθήκες, και σε συνδυασμό με την εντεινόμενη κερδοσκοπία σε τομείς όπως των αγροτικών προϊόντων (αλλά και των πρώτων υλών και των πολύτιμων μετάλλων μεταξύ άλλων), μοιάζει επιτακτικό να ερευνηθεί σε βάθος η επιρροή των βιοκαυσίμων που στηρίζονται σε ενεργειακές καλλιέργειες στην αύξηση των τιμών των τροφίμων, οι οποίες φτάνουν στο σημείο να προκαλούν επισιτιστικές κρίσεις, με πιο χαρακτηριστική αυτή του 2007-2008 που προκάλεσε εξεγέρσεις σε μια σειρά χωρών.

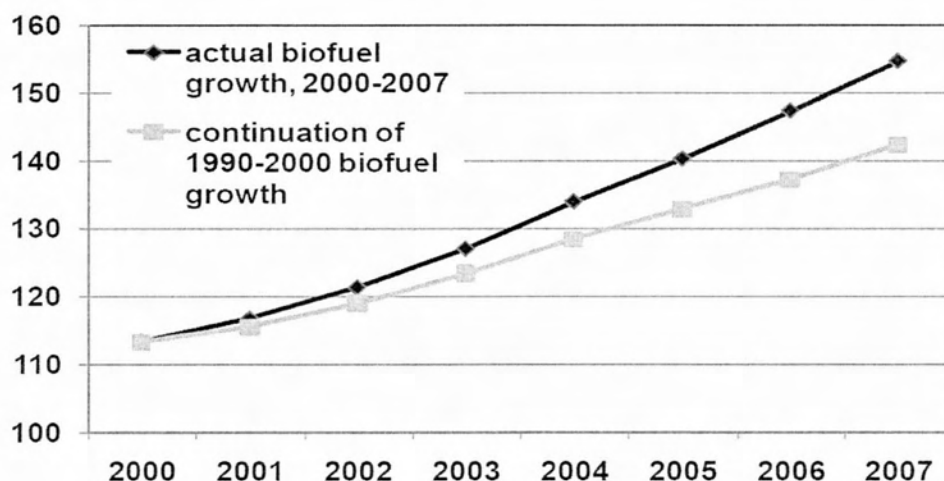
Εκτιμήσεις για την συνεισφορά των βιοκαυσίμων στην αύξηση των τιμών των τροφίμων είναι αρκετά δύσκολο να γίνουν, και να συγκριθούν μεταξύ τους λόγω των ποσοτικών τους διαφορών. Βασικοί λόγοι είναι οι διαφορετικές χρονικές περίοδοι που εξετάζουν, οι τιμές και το συνάλλαγμα που λαμβάνουν υπόψη τους καθώς και το εύρος των αγροτικών προϊόντων. Ενδιαφέρον παρουσιάζει ότι, στην υπάρχουσα βιβλιογραφία, το μέγεθος των επιπτώσεων των βιοκαυσίμων στις τιμές των τροφίμων παρουσιάζει μεγάλη ευαισθησία ανάλογα με το μοντέλο που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των επιπτώσεων τους [43]. Για παράδειγμα μοντέλα γενικών ισοζυγίων εξετάζουν τις μακροπρόθεσμες επιπτώσεις σε άλλες αγορές, αλλά δεν μπορούν να προβλέψουν τις αλλαγές στο άμεσο μέλλον όπως οι μελέτες που επικεντρώνονται σε συγκεκριμένες ενεργειακές καλλιέργειες αλλά όχι σε μεγάλο εύρος αγορών. Παρά τις όποιες διαφορές τους όμως, η πλειοψηφία τους συγκλίνει στο ότι η παραγωγή βιοκαυσίμων έπαιξε σημαντικό ρόλο στην αύξηση των τιμών κυρίως κάποιων αγροτικών προϊόντων [42].

Η άποψη αυτή ενισχύεται και από στοιχεία του παρακάτω πίνακα που δείχνουν αύξηση

της τιμής των δημητριακών, 3 φορές μεγαλύτερη για το καλαμπόκι, 127% αύξηση για το σιτάρι και 170% για το ρύζι. Αντίστοιχη αύξηση παρατηρήθηκε και στις τιμές των λιπών και ελαίων στα μέσα του 2006. Ενδεικτικά, οι τιμές του φοινικέλαιου αυξήθηκαν κατά 200% από τον Ιανουάριο του 2005 έως τον Ιούνιο του 2008 και του σογιέλαιου κατά 192% την ίδια περίοδο, ενώ για άλλα τρόφιμα όπως ζάχαρη, κίτρο, μπανάνα και κρέας ήταν 48%. Το 7% περίπου των της παγκόσμιας παραγωγής φυτικών ελαίων το 2007 χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή βιοντίζελ, αυξάνοντας την κατανάλωση φυτικών ελαίων κατά ένα τρίτο από το 2004 έως το 2007.

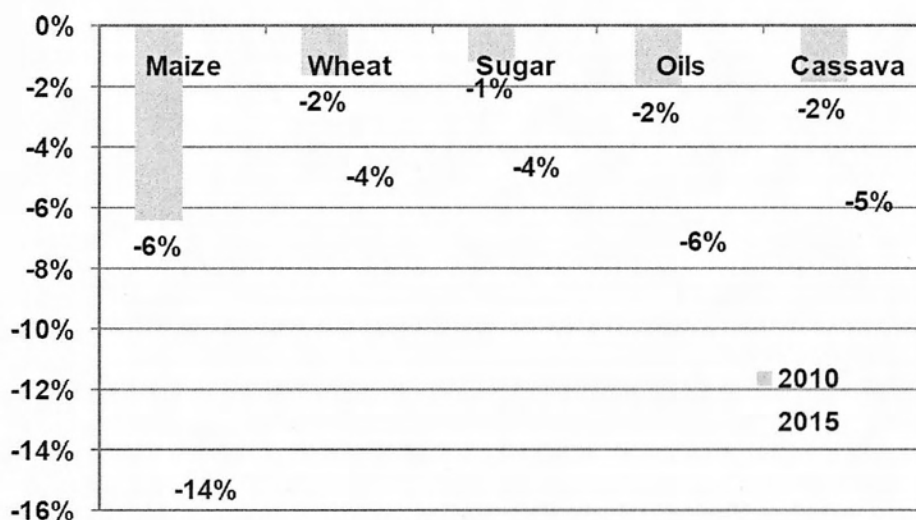
Μελέτη [44] βασίστηκε σε τρεις υποθέσεις και κατέληξε στα εξής αποτελέσματα:

1. Αρχικά, έκανε σύγκριση μεταξύ της πραγματικής ζήτησης για βιοκαύσιμα για την περίοδο 2000-2007 και μίας υποθετικής, αν η ζήτηση δηλαδή παρέμενε στα επίπεδα των ποσοστών της περιόδου 1990-2000 (βλ. Διάγραμμα 5-2.2). Εκτίμησε λοιπόν ότι αυτή η αύξηση στη ζήτηση συντέλεσε στην κατά 30% αύξηση του σταθμισμένου μέσου όρου τιμών των σιτηρών.



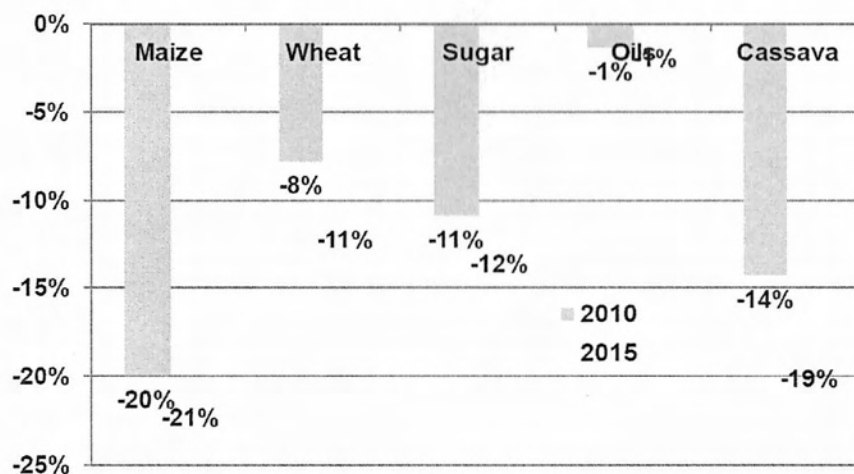
Διάγραμμα 5-2.2: Προσομοίωση πραγματικών τιμών των σιτηρών, 2000-2007 US\$ / μετρικό τόνο (Σημείωση: Η τιμή των σιτηρών είναι ο σταθμισμένος μέσος όρος ρυζιού, σίτου, αραβοσίτου, και άλλων δευτερευόντων σιτηρών) Πηγή: [44]

2. Στη συνέχεια, υποτέθηκε ότι αν η παραγωγή των βιοκαυσίμων παρέμενε "παγωμένη" στα επίπεδα του 2007 για όλες τις χώρες και για όλες τις καλλιέργειες, οι τιμές του καλαμποκιού θα μειώνονταν κατά 6% το 2010 και κατά 14% το 2015 (βλ. Διάγραμμα 5-2.3). Αντίστοιχη συμπεριφορά αναμένεται να παρουσίαζαν και άλλες ενεργειακές καλλιέργειες.



Διάγραμμα 5-2.3: Αλλαγή στις τιμές επιλεγμένων καλλιεργειών, εάν η ζήτηση παρέμενε στα επίπεδα του 2007. Πηγή: [44]

3. Τέλος, αν η ζήτηση βιοκαυσίμων από καλλιέργειες τροφίμων ελαχιστοποιούνταν μετά το 2007 (με άλλα λόγια, εάν ένα παγκόσμιο μορατόριουμ στην καλλιέργεια με βάση την παραγωγή βιοκαυσίμων το επέβαλε), οι τιμές των βασικών ειδών διατροφής θα μειώνονταν σημαντικά, περισσότερο από 20% για τον αραβόσιτο, 14% για την κασάβα, 11% για τη ζάχαρη, και 8% για το σιτάρι μέχρι το 2010 (βλ. Διάγραμμα 5-2.4).



Διάγραμμα 5-2.4: Αλλαγή σε επιλεγμένες τιμές των καλλιεργειών, εάν η ζήτηση βιοκαυσίμων ελαχιστοποιούνταν μετά το 2007. Πηγή: [44]

Παρακάτω, στον Πίνακα 5-2.5, παρουσιάζεται μια σειρά μελετών με πεδίο μελέτης τους, τις κύριες υποθέσεις και τις βασικές επιπτώσεις των βιοκαυσίμων στον τομέα των

τροφίμων.

Study	Coverage & key assumptions	Key impacts of biofuels on food prices
Baier	24 months ending June 2008; historical crop price elasticities from academic literature; bivariate regression estimates of indirect effects	Global biofuel production growth responsible for 17%, 14% and 100% of the rises in corn, soybean and sugar prices, respectively, and 12% of the rise in the IMF's food price index.
Banse	2001–2010; Scenarios: reference (without mandatory biofuel blending), EU 5.75% mandatory blending, EU 11.5% mandatory blending	Price change under reference scenario, 5.75% blending, and 11.5% blending, respectively: Cereals: -4.5%, -1.75%, +2.5%; Oilseeds: -1.5%, -2%, +8.5%; Sugar: -4%, -1.5%, +5.75%
Lazear	12 months ending March 2008	US ethanol production increase accounted for 20% of the rise in corn prices.
IMF	Estimated range covers the plausible values for the price elasticity of demand	Range of 25–45% for the share of the rise in corn prices attributable to ethanol production increase in the US.
Collins	2006/07–2008/09; Two scenarios considered: (1) normal and (2) restricted, with price inelastic market demand and supply	Under the normal scenario, the increase in ethanol production accounted for 30% of the rise in corn price; Under the restricted scenario, ethanol could account for 60% of the expected increase in corn prices.
Glauber	12 months ending April 2008	Increase in US biofuels accounted for about 25 percent of the rise in corn prices; US biofuels production accounts for about 10 percent of the rise in global food prices
Lipsky and Johnson	2005–2007	IMF global food commodity price index. Increased demand for world biofuels accounts for 70 percent of the increase in corn prices.
Mitchell	2002–mid-2008; ad hoc methodology: impact of movement in dollar and energy prices on food prices estimated, residual allocated to the effect of biofuels.	70–75 percent of the increase in food commodities prices was due to world biofuels and the related consequences of low grain stocks, large land use shifts, speculative activity and export bans.
Abbott	Rise in corn price from about \$2 to \$6 per bushel accompanying the rise in oil price from \$40 in 2004 to \$120 in 2008	\$1 of the \$4 increase in corn price (25%) due to the fixed subsidy of 51-cents per gallon of ethanol.
Rosegrant	2000–2007; Scenario with actual increased biofuel demand compared to baseline scenario where biofuel demand grows according to historical rate from 1990 to 2000	Increased biofuel demand is found to have accounted for 30 percent of the increase in weighted average grain prices, 39 percent of the increase in real maize prices, 21 percent of the increase in rice prices and 22 percent of the rise in wheat prices.
Fischer	(1) Scenario based on the IEA's WEO 2008 projections; (2) variation of WEO 2008 scenario with delayed 2nd gen biofuel deployment; (3) aggressive biofuel production target scenario; (4) and variation of target scenario with accelerated 2nd gen deployment	Increase in prices of wheat, rice, coarse grains, protein feed, other food, and non-food, respectively, compared to reference scenario: (1) +11%, +4%, +11%, -19%, +11%, +2%; (2) +13%, +5%, +18%, -21%, +12%, +2%; (3) +33%, +14%, +51%, -38%, +32%, +6%; (4) -17%, +8%, +18%, -29%, +22%, +4%

Πίνακας 5-2.5: Επισκόπηση μελετών με το πεδίο μελέτης τους, τις κύριες υποθέσεις και τις βασικές επιπτώσεις των βιοκαυσίμων στον τομέα των τροφίμων. Πηγή: [43]

Από τα παραπάνω, γίνεται φανερή η σημασία εύρεσης τρόπων απεμπλοκής των βιοκαυσίμων από την όποια επιδείνωση των διατροφικών κρίσεων. Βραχυπρόθεσμα, η κατάργηση των εντολών για την ανάμειξη αιθανόλης-βενζίνη καθώς και οι επιδοτήσεις και οι δασμοί εισαγωγής αιθανόλης, μαζί με την χαλάρωση των πολιτικών περί βιοκαυσίμων στην Ευρώπη και στις Ηνωμένες Πολιτείες, θα μπορούσαν να συμβάλουν στη μείωση των τιμών των τροφίμων [42].

Στοιχεία του Διεθνούς Νομισματικού Ταμείου καταλήγουν στο ότι οι τιμές μεμονωμένων καλλιεργειών φαίνεται να επηρεάζονται έντονα από τα βιοκαύσιμα, ο αντίκτυπος όμως των βιοκαυσίμων σε παγκόσμιο επίπεδο ή στις συγκεντρωτικές τιμές των τροφίμων είναι μάλλον μικρός. Η παγκόσμια αύξηση της παραγωγής βιοκαυσίμων μεταξύ Ιουνίου 2006- Ιουνίου 2008 εκτιμάται ότι ευθύνονται περίπου για το 12% της αύξησης του δείκτη τιμών των τροφίμων του ΔΝΤ, εκ των οποίων, περίπου το 60%, 14% και 15% οφείλεται στην αύξηση της παραγωγής βιοκαυσίμων σε ΗΠΑ, Βραζιλία και ΕΕ αντίστοιχα. Αυτό σημαίνει ότι περίπου το 88% της αύξησης των παγκόσμιων τιμών των τροφίμων προκαλείται από παράγοντες που δεν έχουν άμεση σχέση με την παραγωγή των βιοκαυσίμων [45]. Επίσης, σύμφωνα με το Αμερικανικό Ομοσπονδιακό Γραφείο Γεωργίας (US Department of Agriculture), το 50% της ανόδου των τιμών στα τρόφιμα οφείλεται στην αύξηση των τιμών του πετρελαίου και 15% στην παραγωγή βιοκαυσίμων, ενώ από πλευράς όγκου παραγωγής, μόνο το 1% προς το παρόν της παγκόσμιας παραγωγής σιτηρών χρησιμοποιείται για βιοκαύσιμα. Άλλη μελέτη [46], εν έτη 2008, υποστήριζε ότι αν η υποχρεωτική, κατά 5,75%, ανάμειξη βιοκαυσίμων στα κράτη μέλη της ΕΕ τελικά εφαρμοζόταν πλήρως, θα μπορούσε να προκαλέσει αύξηση στις πραγματικές τιμές σιτηρών, ελαιούχων και ζάχαρης για το 2010 της τάξης του 2,75%, 3,5% και 2,5%. Σε περίπτωση υποχρεωτικής ανάμειξης βιοκαυσίμων 11,5%, οι αντίστοιχες μεταβολές των τιμών θα ήταν 7%, 10% και 9,75%.

Αν και ο ρόλος των βιοκαυσίμων στην διατροφική κρίση παραμένει ακόμα σχετικά μικρός, δεν πάει να δημιουργείται ηθικό πρόβλημα όταν εκατομμύρια άνθρωποι στον πλανήτη λιμοκτονούν. Με στοιχεία του Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας του ΟΗΕ το 2002 [47], παρά το γεγονός ότι τα τρόφιμα που παράγονται είναι αρκετά για να θρέψουν το συνολικό του παγκόσμιου πληθυσμού, εξακολουθούν να υπάρχουν περίπου 840 εκατομμύρια ανθρώπων που υποσιτίζονται, 799 εκατομμύρια εκ των οποίων ζουν στις λεγόμενες αναπτυσσόμενες χώρες. Η κατάσταση αυτή μοιάζει δύσκολο να έχει αλλάξει την τελευταία δεκαετία, αναλογιζόμενος την διατροφική του 2007-2008 και την παγκόσμια οικονομική κρίση που βρίσκεται σε εξέλιξη. Όπως δείχνουν τα παραπάνω στοιχεία, πρόβλημα δεν αποτελεί γενικά η "έλλειψη" τροφίμων. Ο πυρήνας του προβλήματος βρίσκεται στον άνισο τρόπο κατανομής τους, στο ποιος τελικά ελέγχει τη διακίνησή τους, παράλληλα με τα περιθώρια κερδοσκοπίας των μεγάλων εταιριών [48].

Επομένως μία ερμηνεία του φαινομένου που θα αρκούσαν στην εξέταση συγκυριακών ή εξωγενών αιτιών δεν θα μας οδηγούσε τότε στην επίλυση του προβλήματος υποσιτισμού που αντιμετωπίζει ο πλανήτης. Χρειάζεται να εξετάσουμε τους παράγοντες που συνδέονται με το όλο σύστημα παραγωγής, ανταλλαγής, κατανομής και κατανάλωσης των παραγόμενων τροφίμων μέσα στις οικονομικές συνθήκες που διαμορφώθηκαν τον τελευταίο αιώνα, καθώς όπως φαίνεται οι ευκαιριακές αναφορές στο διατροφικό

πρόβλημα, όπως συμβαίνει και στη περίπτωση των βιοκαυσίμων, αποδεικνύονται ανέξοδες και αναποτελεσματικές.

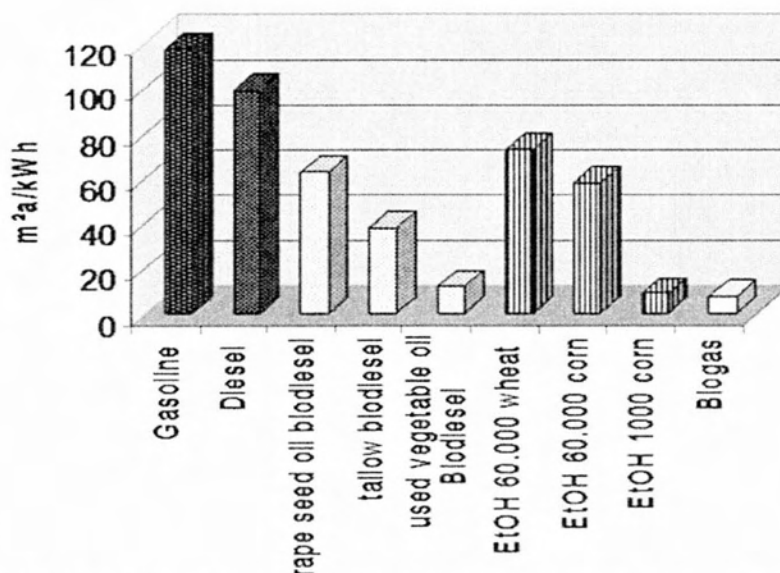
5.3 Δυνατότητα Μείωσης της φτώχειας

Στη μεγάλη πλειοψηφία τους, άρθρα και παρουσιάσεις που αφορούν τα βιοκαύσιμα ([49], [50, 51])- στις δημοσιεύσεις σε πολύ μικρότερο βαθμό- παρουσιάζουν σαν πλεονέκτημα της ανάπτυξης του κλάδου των βιοκαυσίμων, κυρίως σε εθνικό επίπεδο, την δυνατότητά της να μειώσει τη φτώχεια ιδιαίτερα στις λεγόμενες αναπτυσσόμενες χώρες. Αυτό, ενώ προσμετρείται σαν επιχείρημα υπέρ των βιοκαυσίμων, σπάνια συνοδεύεται από μια τεκμηριωμένη επιχειρηματολογία, και αυτό διότι πολλές φορές συγχέεται η οικονομική ανάπτυξη των επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται στον τομέα αυτόν, με την οικονομική κατάσταση του πληθυσμού, πράγμα εντελώς διαφορετικό. Το πρόβλημα της φτώχεια- όπως και του υποσιτισμού σε παγκόσμια κλίμακα- προφανώς δεν είναι κάτι που θα λυθεί από την ανάπτυξη των βιοκαυσίμων. Οι φτωχοί αγρότες και οι εργαζόμενοι στην παραγωγή και διακίνηση των βιοκαυσίμων δεν μπορούν να ωφεληθούν από την ανάπτυξη ενός κλάδου και μόνο, από τη στιγμή που συνεχίζουν να εργάζονται υπό το ίδιο καθεστώς και, σε αρκετές περιπτώσεις μάλιστα, σε μία αγορά που διαφέρει κατά πολύ από αυτή στην οποία δραστηριοποιούνταν πριν (αγρότες). Χώρες όπως η Βραζιλία, που εδώ και πολλά χρόνια παράγει βιοαιθανόλη από ζαχαροκάλαμο, ή η Ινδονησία και η Μαλαισία που παράγουν βιοντίζελ από φοινικέλαιο, δεν έχουν λύσει τέτοια προβλήματα. Και κάτι τέτοιο είναι λογικό, καθώς αρκεί κανείς να αναλογιστεί την κατάσταση σε χώρες με κοιτάσματα πετρελαίου και φυσικού αερίου, που ενώ θα μπορούσαν να ωφεληθούν σε μεγάλο βαθμό τον πληθυσμό τους, οι λαοί τους παραμένουν εγκλωβισμένοι στην φτώχεια.

5.4 Αειφόρα Ανάπτυξη

Τελευταία επικρατεί σκεπτικισμός γύρω απ' όλες τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας καθώς και την πολιτική της "Αειφόρας ή Βιώσιμης Ανάπτυξης". Οδηγίες για τη χρήση των βιοκαυσίμων όπως η Ευρωπαϊκή Οδηγία (2009/30/ΕΚ), παρά τα κριτήρια που περιέχουν, έχουν δεχθεί κριτική. Έτσι, καθώς τα βιοκαύσιμα έχουν αρχίσει να καθιερώνονται, πληθαίνουν οι φωνές που αμφισβητούν τα περιθώριά τους για αειφόρα ανάπτυξη, βασισμένες σε επιπτώσεις που συζητήθηκαν προηγουμένως και θα συζητηθούν και παρακάτω. Το ζήτημα απ' ό,τι φαίνεται παραμένει ανοικτό, καθώς μπορεί να απαντηθεί

μόνο σε τοπικό επίπεδο, και πιθανότατα σε μικρό βαθμό όσο αφορά τη συνολική προσπάθεια για αειφόρα ανάπτυξη και οι απαντήσεις να ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό από περιοχή σε περιοχή [52].



Διάγραμμα 5-4: Οικολογικό ίχνος των διαφόρων βιοκαυσίμων σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα.
Πηγή: [52]

Μεγάλο στοίχημα για το μέλλον -των υγρών κυρίως- βιοκαυσίμων αποτελεί η ανάπτυξη τεχνολογιών των Βιοκαυσίμων 2^{ης} Γενιάς που θα εκμεταλλεύονται την κυτταρική βιομάζα. Αν και η πλειοψηφία των βιοκαυσίμων φαίνεται να παρουσιάζει μικρότερο οικολογικό ίχνος από τα συμβατικά καύσιμα (βλ Διάγραμμα 5-4), πολλά από αυτά μπαίνοντας σε μεγάλης κλίμακα παραγωγή, φάνηκαν από ανεπαρκή ως ζημιόγωνα σε περιβαλλοντικό, κοινωνικό και οικονομικό επίπεδο. Βέβαια, εξετάζοντας απομονωμένα μια διαδικασία δεν μας επιτρέπεται να κρίνουμε συνολικά τη βιωσιμότητα των βιοκαυσίμων. Για να κρίνουμε κατά πόσο είναι αειφόρα η χρήση βιοκαυσίμων θα χρειαστούμε το εργαλείο που ονομάζεται Ανάλυση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment- LCA) το οποίο θα περιλαμβάνει δείκτες συνολικούς, αλλά και δείκτες για κάθε παράγοντα ξεχωριστά. Βέβαια παρά τις μέχρι τώρα προσπάθειες -στις οποίες θα αναφερθούμε εκτενέστερα παρακάτω- κάτι τέτοιο δεν έχει επιτευχθεί στον επιθυμητό βαθμό, λόγω της πολυπλοκότητάς του εγχειρήματος, καθώς πρέπει να περιλαμβάνει παράγοντες άμεσους και έμμεσους από τον τόπο και τον τρόπο καλλιέργειας μέχρι την τελική χρήση.

5.5 Επάρκεια και Ποιότητα Νερού

Παρά το γεγονός ότι εκατομμύρια άνθρωποι στον κόσμο αποκλείονται (άμεσα ή έμμεσα) από το νερό, η ύπαρξή του θεωρείται- ή μοιάζει να θεωρείται- δεδομένη και οι πηγές του ανεξάντλητες. Αυτή η αντίληψη έχει ως αποτέλεσμα να μη δίνεται η δέουσα προσοχή στο κομμάτι των τεχνικών μελετών όπου η χρήση νερού είναι απαραίτητη.

Το νερό που χρησιμοποιείται σε κάθε χώρα διανέμεται στη γεωργία, τη βιομηχανία και τη χρήση σε επίπεδο κατοικίας. Σε παγκόσμιο επίπεδο, υπολογίζεται ότι το 70% περίπου του γλυκού νερού που καταναλώνει ο άνθρωπος για τις καθημερινές του ανάγκες χρησιμοποιείται για την άρδευση των καλλιεργειών [53]. Ωστόσο, η κατανομή του νερού, στις τρεις αυτές δραστηριότητες, εξαρτάται από το βαθμό και το είδος της ανάπτυξής τους. Μέσα σε όλα αυτά, η αύξηση της παραγωγής βιοκαυσίμων δυσχεράνει τις προσπάθειες διαχείρισης των υδάτινων πόρων, κυρίως από άποψη ποσότητας, καθώς οδηγεί σε αλλαγή των γεωργικών πρακτικών, αύξηση της παραγωγής και των μονάδων επεξεργασίας. Τα τελευταία χρόνια, έχει αναγνωριστεί ότι η διαθεσιμότητα του νερού μπορεί να είναι ένας περιοριστικός παράγοντας για την καλλιέργεια των ενεργειακών καλλιεργειών. Για παράδειγμα, έχει υπολογιστεί ότι οι απαιτήσεις νερού για την παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας από βιομάζα είναι δύο έως τρεις τάξεις μεγέθους μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες απαιτήσεις για τα ορυκτά καύσιμα [54]. Κίνα και η Ινδία, δύο από τους μεγαλύτερους παραγωγούς και καταναλωτές γεωργικών προϊόντων σε ολόκληρο τον κόσμο, παρά το γεγονός ότι αντιμετωπίζουν ήδη σοβαρή έλλειψη νερού στον τομέα της αγροτικής παραγωγής, έχουν ξεκινήσει προγράμματα για την ενίσχυση της παραγωγής βιοκαυσίμων. Παρόμοια είναι η κατάσταση και στις Φιλιππίνες [55]. Στους Πίνακες 5-5.1 και 5-5.2, παρουσιάζονται οι απαιτήσεις βιοκαυσίμων σε νερό κατά το 2005 και προβλέψεις για το 2030, αντίστοιχα.

Οι καλλιέργειες- και οι ενεργειακές προφανώς- χρησιμοποιούν νερό βροχοπτώσεων (green water) και νερό άρδευσης (blue water) [55]. Το αν απαιτούν περισσότερο ή λιγότερο νερό, εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας αλλά και από το είδος της αντίστοιχης συμβατικής που θα αντικαταστήσουν [56]. Ανάλογα με παράγοντες που διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους, όπως η τοποθεσία και οι συνθήκες καλλιέργειας, οι ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό και οι αποδόσεις τους, το ίχνος νερού (water footprint) διαφέρει σημαντικά ανά χώρα και βιοκαύσιμο. Για παράδειγμα, το καλαμπόκι χρειάζεται γενικά λιγότερο νερό από ότι η σόγια στον Ειρηνικό και ορεινές περιοχές των ΗΠΑ, αλλά το αντίθετο συμβαίνει στις περιοχές των βορείων και νοτίων πεδιάδων της. Ως εκ τούτου, οι αγρότες κατά τη μετάβαση από τη σόγια στο καλαμπόκι θα χρειαστούν περισσότερο νερό σε ορισμένες περιοχές και λιγότερο σε άλλες [57]. Από αυτό και μόνο το παράδειγμα, γίνεται αντιληπτή η ύπαρξη πολλών αβεβαιοτήτων κατά την εκτίμηση των επιπτώσεων των ενεργειακών καλλιεργειών. Ένα άλλο σημαντικό ζήτημα είναι το πώς η παραγωγή βιοκαυσίμων θα μπορούσε να οδηγήσει στην επέκταση της γεωργίας σε περιοχές που την

υποστηρίζουν σήμερα σε μικρό βαθμό. Η επέκταση των γεωργικών εκτάσεων, ειδικά σε ξηρές περιοχές, έχει τη δυνατότητα να επηρεάζει δραματικά τη διαθεσιμότητα του νερού. Η ίδια μελέτη [57], κατέληξε στο συμπέρασμα ότι μέσα στα επόμενα 5-10 χρόνια, η αύξηση της γεωργικής παραγωγής για τα βιοκαύσιμα δεν θα αλλάξει σημαντικά, κατά πάσα πιθανότητα, τη συνολική χρήση νερού. Ωστόσο, είναι πιθανό να υπάρξουν σημαντικές περιφερειακές και τοπικές επιπτώσεις, όπου οι υδάτινοι πόροι βρίσκονται από πριν σε οριακή κατάσταση. Σίγουρο είναι ότι η σημαντική επιτάχυνση της παραγωγής βιοκαυσίμων μπορεί να προκαλέσει πολύ μεγαλύτερα προβλήματα από αυτά που παρατηρούνται σήμερα. Το κόστος άντλησης υπόγειων υδάτων, μεθόδου σημαντικής για τη γεωργική παραγωγή σε ολόκληρο τον κόσμο, αυξάνεται και σε περιπτώσεις όπως της Ινδίας είναι αδύνατη χωρίς την κρατική επιδότηση. Το ίδιο ισχύει και για την αφαλάτωση. Επιπλέον, όλες οι εγκαταστάσεις βιοκαυσίμων απαιτούν νερό για τη μετατροπή των πρώτων υλών σε καύσιμα, το οποίο όμως σε σύγκριση με το νερό που χρησιμοποιείται για την καλλιέργεια των φυτών είναι αρκετά λιγότερο. Ωστόσο, επειδή η χρήση νερού σε βιοδιυλιστήρια συμπυκνώνεται σε μικρότερο χώρο, οι επιπτώσεις τέτοιων εγκαταστάσεων μπορεί να είναι πολύ σημαντικές σε τοπικό επίπεδο, καθώς ένα βιοδιυλιστήριο που παράγει 100 εκατ. γαλόνια αιθανόλης ετησίως, για παράδειγμα, χρησιμοποιήσει νερό περίπου όσο και μια πόλη 5.000 ατόμων.

Στο τομέα τώρα της ποιότητας του νερού, η μετατροπή λιβαδιών ή δασών σε καλλιέργειες καλαμποκιού, για παράδειγμα, μπορεί να επιδεινώσει τα προβλήματα που σχετίζονται με την απορροή λιπασμάτων και τη διάβρωση του εδάφους. Για τις περισσότερες καλλιέργειες, αποτελεί τυπική γεωργική πρακτική η εφαρμογή λιπασμάτων αζώτου και φωσφόρου, ζιζανιοκτόνων και εντομοκτόνων. Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι η επίδρασή του αζώτου (N_2O) στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι έως και 298 φορές μεγαλύτερη από του CO_2 . Ωστόσο, αυτές οι χημικές ουσίες καταλήγουν σε υδατικά συστήματα και επηρεάζουν την ποιότητα του νερού τους. Τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η περίσσεια του αζώτου στο ποταμό Μισισσιπή που έχει δημιουργήσει μία "νεκρή ζώνη" στον Κόλπο του Μεξικού.

Καθώς κάθε καλλιέργεια απαιτεί διαφορετικές ποσότητες λιπασμάτων, ένα βασικό μέγεθος, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να συγκρίνει τις επιπτώσεις τους, αποτελεί ο λόγος των λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων που χρησιμοποιήθηκαν ανά μονάδα της καθαρής ενέργειας βιοκαυσίμου [57].

Bioethanol	Bioethanol (million liters)*	Main feedstock crop	Feedstock used (million tonnes)†	Area biofuel crop (million ha)	% total cropped area used for biofuels‡	Crop water ET (km ³)§	% of total ET used for biofuel	Irrigation withdrawals for biofuel crops (km ³)	% of total irrigation withdrawals for biofuels
Brazil	15,098	Sugarcane	167.8	2.4	5.0	46.02	10.7	1.31	3.5
USA	12,907	Maize	33.1	3.8	3.5	22.39	4.0	5.44	2.7
Canada	231	Wheat	0.6	0.3	1.1	1.07	1.1	0.08	1.4
Germany	269	Wheat	0.7	0.1	1.1	0.36	1.2	-	0.0
France	829	Sugarbeet	11.1	0.2	1.2	0.90	1.8	-	0.0
Italy	151	Wheat	0.4	0.1	1.7	0.60	1.7	-	0.0
Spain	299	Wheat	0.8	0.3	2.2	1.31	2.3	-	0.0
Sweden	98	Wheat	0.3	0.0	1.3	0.34	1.6	-	0.0
UK	401	Sugarbeet	5.3	0.1	2.4	0.44	2.5	-	0.0
China	3,649	Maize	9.4	1.9	1.1	14.35	1.5	9.43	2.2
India	1,749	Sugarcane	19.4	0.3	0.2	5.33	0.5	6.48	1.2
Thailand	280	Sugarcane	3.1	0.0	0.3	1.39	0.8	1.55	1.9
Indonesia	167	Sugarcane	1.9	0.0	0.1	0.64	0.3	0.91	1.2
S. Africa	416	Sugarcane	4.6	0.1	1.1	0.94	2.8	1.08	9.8
World ethanol	36,800			10.0	0.8	98.0	1.4	30.6	2.0
Biodiesel	1,980			1.2		4.7			0.0
Ethanol plus diesel	38,780			11.2	0.9	102.7	1.4	0	1.1

Πίνακας 5-5.1: Βιοκαύσιμα, γη και νερό το 2005. Πηγή: [55]

	Biofuel (billion liters)	Main feedstock crop	Feedstock (million tons)	National production for food and feed, 2030*	Additional production for biofuels (%)	Area for biofuel crops (million ha)	% of total cropped area for biofuels†	Crop ET for biofuels (km ³)	% total crop ET for biofuels‡	Irrigation withdrawals for biofuel crops (km ³)	% of total irrigation withdrawals for biofuels
USA, Canada	51.3	Maize	131	316	42	14.1	9	76.0	11	36.8	20
EU	23.0	Rapeseed	51	21	242	14.6	28	30.1	17	0.5	1
China	17.7	Maize	45	175	26	7.8	4	43.6	4	35.1	7
India	9.1	Sugarcane	101	613	16	1.1	1	21.6	3	29.1	5
S. Africa	1.8	Sugarcane	20	29	70	0.2		3.9	12	5.1	30
Brazil	34.5	Sugarcane	384	513	75	4.4	7	86.3	14	2.5	8
Indonesia	0.8	Sugarcane	9	41	21	0.1	0	2.5	1	3.9	7
World	141.2					42.2	3	261.5	3	128.4	4

Πίνακας 5-5.2: Βιοκαύσιμα, γη και νερό- Προβλέψεις για το 2030 (2005). Πηγή: [55]

5.6 Διάβρωση του εδάφους και αποξήλωση δασών

Ανάλογα με τον τρόπο που η παραγωγή των βιοκαυσίμων θα λάβει χώρα, μπορεί να επηρεάσει το έδαφος, θετικά ή αρνητικά. Η μετατροπή των δασών σε ενεργειακές καλλιέργειες μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλη απώλεια άνθρακα που είναι αποθηκευμένη στο έδαφος. Όταν όμως αυτές περιλαμβάνουν πολυετή φυτά, όπως ο φοίνικας, το ζαχαροκάλαμο, το switchgrass, κάτι τέτοιο αποφεύγεται ή περιορίζεται σε μεγάλο βαθμό [57]. Οι επιπτώσεις διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο των καλλιεργειών, τον τύπο του εδάφους, τα θρεπτικά στοιχεία που τους είναι απαραίτητα και την προετοιμασία της γης. Το ζαχαροκάλαμο έχει γενικά μικρότερη επίπτωση στα εδάφη απ' ότι η ελαιοκράμβη, το καλαμπόκι κι άλλα δημητριακά, επειδή η γονιμότητα του εδάφους διατηρείται από την ανακύκλωση των θρεπτικών συστατικών που αποβάλλονται από τον μύλο και τον αποστακτήρα. Ωστόσο, η χρήση γεωργικών υπολειμμάτων, όπως του ζαχαροκάλαμου, ως εισροή ενέργειας για την παραγωγή βιοκαυσίμων μειώνει το ποσοστό της φυσικής αυτής ανακύκλωση, υποβαθμίζοντας έτσι την ποιότητα του εδάφους. Η IEA αναφέρει ότι πολυετείς λιγνοκυτταρινούχες καλλιέργειες όπως ο ευκάλυπτος, η λεύκα, η ιτιά που μπορούν να καλλιεργούνται σε υποβαθμισμένες εκτάσεις, αυξάνουν τα ποσοστά άνθρακα στο έδαφος και τη ποιότητά του, με λιγότερο εντατική φροντίδα και λιγότερα ορυκτά καύσιμα για την παραγωγή [43].

Επιπλέον, η ζήτηση γης για την παραγωγή βιοκαυσίμων, σε συνδυασμό με την αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, αλλά και την αύξηση της κατά κεφαλήν κατανάλωσης των αναπτυσσόμενων χωρών, αυξάνει τις παραδοσιακές απαιτήσεις της γεωργίας και της δασοκομίας. Ενώ μέρος της ζήτησης αυτής μπορεί να επιτευχθεί με τη βελτίωση της απόδοσης ανά μονάδα επιφάνειας των καλλιεργειών- η οποία έχει μάλιστα αυξηθεί περίπου κατά 1,5% τις τελευταίες δεκαετίες για τις βασικές καλλιέργειες- θα έπρεπε όμως και πάλι να διαθέσουμε, με συντηρητικούς υπολογισμούς, περίπου 500 Mha (χιλιάδες εκτάρια) επιπλέον γη για καλλιέργεια, προκειμένου να ανταποκριθούμε στην αυξανόμενη ζήτηση για τρόφιμα και μόνο [43]. Μία πιθανή προσέγγιση [58] για την αντιμετώπιση της αυξανόμενης έλλειψης καλλιεργήσιμης γης θα ήταν η επαναφορά των εγκαταλειμμένων γεωργικών γαιών στην παραγωγή. Εγκαταλελειμμένες γεωργικές εκτάσεις 475-580 Mha θα μπορούσαν ίσως να διατεθούν για την παραγωγή βιοκαυσίμων. Συχνά λέγεται ότι η παραγωγή βιοκαυσίμων θα πρέπει να επικεντρωθεί σε υποβαθμισμένες περιοχές ή περιθωριακά εδάφη, τα οποία όμως είναι εξ' ορισμού ακατάλληλα για τη γεωργία, καθώς από αυτά συνήθως λείπουν το νερό και θρεπτικά συστατικά. Ορισμένες φυτά βέβαια, όπως το Jatropha, προωθούνται ως πρώτες ύλες που μπορούν να αντέξουν την ξηρασία, αλλά οι αποδόσεις τους είναι χαμηλές σε περιοχές με χαμηλή βροχόπτωση, και η απόδοση κάθε πιθανής πρώτης ύλης περιορίζεται ανάλογα με το έδαφος, την ύδρευση και τη θερμοκρασία [59] [60] [61].

Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός μελετών που έχουν στόχο να προσδιορίσουν τα

χαρακτηριστικά των βιοκαυσίμων, όσο αφορά το κομμάτι της γης. Φυσικά, τα αποτελέσματά τους διαφέρουν σημαντικά λόγω της διαφοράς στη μεθοδολογική προσέγγιση, στις υποθέσεις σχετικά με τις καλλιέργειες που χρησιμοποιούνται και στην απόδοση της μετατροπής βιομάζας σε καύσιμα. Από τις ίδιες έρευνες διαπιστώνεται ότι η επέκταση της παραγωγής βιοκαυσίμων θα συμβεί σε μεγάλο βαθμό σε βάρος των φυσικών δασών και βοσκοτόπων αλλά θα έχουν αντίκτυπο κυρίως σε τοπικό επίπεδο. Μεγάλο μέρος αυτής της γης, που αφιερώνεται στην καλλιέργεια πρώτων υλών για βιοκαύσιμα, βρίσκεται στην Αφρική και στην Κεντρική και Νότια Αμερική, καθώς επίσης- σε μικρότερο βαθμό- στις ΗΠΑ, το Μεξικό, την Αυστραλία και τη Νέα Ζηλανδία, κάτι που αντανάκλα την ύπαρξη τεράστιων φυσικών δασών και βοσκοτόπων στις περιοχές αυτές, αλλά και τη μεγαλύτερη παραγωγικότητα της βιομάζας των τροπικών αυτών περιοχών, αντίθετα με χώρες όπως η Κίνα και η Ινδία, όπου λόγω της τεράστιας ζήτησης τροφίμων και της σχετικά χαμηλότερη παραγωγικότητα της γης σε βιομάζα, δεν μοιάζουν να έχουν σημαντικές δυνατότητες για την εκμετάλλευση πρώτων υλών για βιοκαύσιμα. Ενδιαφέρουσα είναι παρατήρηση ότι όταν χώρες, με μεγάλες εξαγωγές σε τρόφιμα, παράγουν βιοκαύσιμα μετατρέποντας καλλιεργήσιμες εκτάσεις σε ενεργειακές καλλιέργειες, η μείωση των εξαγωγών τροφίμων και υψηλότερες τιμές των βασικών τροφίμων προκαλούν εκκαθαρίσεις γης σε τροπικές χώρες όπως η Βραζιλία, η Αργεντινή και η Ινδονησία για να ξεπεραστεί η αδυναμία κάλυψης της ζήτησης τροφίμων.

Εκτός από τη μετατροπή γης για την καλλιέργεια πρώτων υλών βιοκαυσίμων, ερευνητές [62] μέσω του μοντέλου GTAP (Global Trade Analysis Project) έδειξαν ότι οι εκτάσεις συγκομιδής διάφορων καλλιεργειών αναμένεται να αλλάξουν ως αποτέλεσμα της διευρυμένης παραγωγής βιοκαυσίμων κατά τη περίοδο 2006-2015, για την ικανοποίηση των κυβερνητικών εντολών σε ΗΠΑ και ΕΕ. Θεωρούνται επίσης σημαντικές οι αυξήσεις στις εκτάσεις ελαιούχων σπόρων- κυρίως- στην ΕΕ, τον Καναδά και την Ωκεανία κατά 47,8%, 19,4% και 19,3%, αντίστοιχα, και για ζαχαροκάλαμο στη Βραζιλία κατά 22,9%. Οι εκτάσεων σιτηρών αναμένεται να αυξηθούν κατά 6,2% στις ΗΠΑ.

5.7 Βιοποικιλότητα

Η επίδραση της παραγωγής των βιοκαυσίμων στη βιοποικιλότητα εξαρτάται κυρίως από τον τύπο της χρησιμοποιούμενης γεωργικής γης, ενώ μπορούν σε μερικές περιπτώσεις να ωφελήσουν έμμεσα τη βιοποικιλότητα όταν αναπτύσσονται οι κατάλληλες καλλιέργειες στις κατάλληλες περιοχές. Ωστόσο, έχει ήδη αποδειχθεί ότι την επηρεάζουν αρνητικά κατά την άμεση μετατροπή των φυσικών οικοσυστημάτων ή την έμμεση μετατροπή μη-υποβαθμισμένων τμημάτων γης. Για το λόγο αυτό, αρκετοί επικριτές των βιοκαυσίμων υποστηρίζουν ότι η απώλεια της βιοποικιλότητας που προκαλεί η επέκταση των ενεργειακών καλλιεργειών, είναι εντελώς αναντίστοιχη της απαγκίστρωσης που μας

προσφέρει από τα ορυκτά καύσιμα. Η επέκταση της παραγωγής βιοκαυσίμων στις τροπικές περιοχές είχε- και έχει- ως αποτέλεσμα απώλειες σε τροπικά δάση και υγροβιότοπους.

Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της Ινδονησίας όπου, με τις ευρωπαϊκές επιδοτήσεις να λειτουργούν σαν κινητήριες δυνάμεις, η παραγωγή βιοντίζελ από φοίνικα-το οποίο μάλιστα είναι και φτηνό καθώς δεν απαιτεί πολλά λιπάσματα ή φυτοφάρμακα-έχει οδηγήσει σε απώλεια μεγάλων τροπικών δασικών εκτάσεων. Εκτιμάται [43] ότι οι μισές σχεδόν από τις φυτείες που επεκτείνονται σε Μαλαισία και Ινδονησία, έχουν αντικαταστήσει φυσικά δάση. Επίσης, περισσότερο από το 60% ζαχαροκάλαμου της Βραζιλίας καλλιεργείται στην Mata Atlantica, που αποτελεί μία από τις σπουδαιότερες περιοχές από άποψη βιοποικιλότητας στον κόσμο, ενώ η παραγωγή ζαχαροκάλαμου και σόγιας συμβάλλουν στην εκκαθάριση του Cerrado, μία από τις πιο πλούσιες σε βιοποικιλότητα σαβάνες του κόσμου. Έτσι, περιοχές με μεγάλη ποικιλία πτηνών βρίσκονται σε άμεσο κίνδυνο από την επέκταση των γεωργικών εκτάσεων στη Βραζιλία [63]. Ακόμα, έχει παρατηρηθεί [61], σε εύκρατες περιοχές, η παραγωγή βιοκαυσίμων να έχει επεκταθεί και σε εκτάσεις προοριζόνταν για αγρανάπαυση.

Ακόμα και τα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς παρουσιάζουν μια σειρά προβλημάτων [64]. Μερικές από τις πολλά υποσχόμενες πρώτες ύλες έχουν χαρακτηριστεί ως χωροκατακτητικά είδη, τα οποία απαιτούν κατάλληλη διαχείριση, προκειμένου να αποφευχθούν οι ανεπιθύμητες συνέπειες. Επιπλέον, πολλά από τα ένζυμα που είναι απαραίτητα για την επεξεργασία της πρώτης ύλης, θα πρέπει να μεταφέρονται πολύ προσεκτικά στις βιομηχανίες παραγωγής καθώς έχουν τροποποιηθεί γενετικά για να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητά τους [65].

Παρόλα αυτά υπάρχουν ορισμένα στοιχεία που υποδηλώνουν ότι η βιοποικιλότητα μπορεί να ενισχυθεί και να αποκατασταθεί η λειτουργία των οικοσυστημάτων από την καλλιέργεια πρώτων υλών για βιοκαύσιμα, όταν αυτή αποτελείται από νέα είδη πολυετών δέντρων σε υποβαθμισμένες ή περιθωριακές περιοχές, καθώς από μελέτες σε πειραματικά αγροτεμάχια υποβαθμισμένης γης έχει φανεί ότι παρουσιάζουν καλύτερα χαρακτηριστικά από τις μέχρι τώρα συμβατικές ενεργειακές καλλιέργειες, σε επίπεδο εισροών, απόδοσης και εκπομπών.

Η Βασιλική Εταιρεία της Βρετανίας [66] υπογραμμίζει την ευπάθεια των αγρωστωδών που χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη για βιοκαύσιμα, όπως το ζαχαροκάλαμο, σε νέα παράσιτα και ασθένειες. Αυτά τα παράσιτα και οι ασθένειες έχουν τη δυνατότητα να καταστρέψουν την καλλιέργεια και παράλληλα να εξαπλώνονται στο γύρω φυσικό περιβάλλον [67] [68].

Ένα παράδειγμα που βρίσκεται μακριά από τη λεγόμενη βιώσιμη ανάπτυξη της υπαίθρου [69], αποτελεί η περίπτωση μίας ευρωπαϊκής εταιρείας στην Αιθιοπία, η οποία

μίσθωσε 80.000 εκτάρια σε μια αραιοκατοικημένη -και πολύ φτωχή- περιοχή στο δυτικό τμήμα της χώρας, και εκκαθάρισε την εγγενή βλάστηση σε 50 εκτάρια με στόχο τη δημιουργία φυτωρίου για ενεργειακές καλλιέργειες. Στη συνέχεια διέκοψε τις εργασίες, αφού έλαβε 5000 εκτάρια πιο εύφορης γης στη Νότια Αιθιοπία και καλλιέργησε *Jatropha* σε 200 εκτάρια αυτής της γης.

Εκτός της χλωρίδας βέβαια, περεταίρω επιπτώσεις μπορούν να γίνουν εμφανείς και στην πανίδα των περιοχών κοντά σε ενεργειακές καλλιέργειες. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα των ουρακοτάγκων σε περιοχές της Ινδονησίας και της Μαλαισίας, που αποτελούν εγγενές είδος και τελούν υπό εξαφάνιση. Η επιβίωσή τους κινδυνεύει σοβαρά από την παράνομη υλοτομία, τις δασικές πυρκαγιές συμπεριλαμβανομένων εκείνων που συνδέονται με την ταχεία εξάπλωση των φυτειών φοινικέλαιου για παραγωγή βιοντίζελ, το παράνομο κυνήγι και το εμπόριο. Καθώς το φυσικό τους περιβάλλον συρρικνώθηκε, δημιουργήθηκε σχετικός υπερπληθυσμός, πράγμα που οδήγησε σε αυξημένο ποσοστό θανάτων μεταξύ των νέων ουραγοτάγκων, και λιγότερες γεννήσεις μεταξύ των θηλυκών. Στη Μαλαισία, ο οργανισμός που είναι αρμόδιος για την προστασία των ουραγοτάγκων έχει μελετήσει τις επιπτώσεις του μετασχηματισμού των δασών όπου κατοικούν. Η αφαίρεση των πιο μεγάλων δέντρων ανάγκασε τα μεγάλα ενήλικα αρσενικά να μετακινούνται κατά μήκος του εδάφους, κάνοντάς τα πιο τρωτά. Αν δεν σκοτώνονται κατά την ελεγχόμενη υλοτόμηση αλλά μπορούν με την πάροδο του χρόνου να προσαρμοστούν στις νέες συνθήκες. Όταν οι δασικές εκτάσεις μετατρέπονται σε φυτείες φοινικέλαιου ή άλλες καλλιέργειες, οι συνέπειες είναι ακόμα πιο σοβαρές, και πολλές φορές οι ουραγοτάγκοι πεθαίνουν από την πείνα [70].

Και στον τομέα της βιοποικιλότητας, δεν είναι εύκολο να γενικευθεί η επίδραση των βιοκαυσίμων, λόγω των ιδιαιτεροτήτων κάθε καλλιέργειας. Στη σημερινή βιβλιογραφία άλλωστε, συναντάται πληθώρα απόψεων, από το ότι η εκμετάλλευση κάποιων ενεργειακών καλλιεργειών έχει υψηλότερο συνολικό περιβαλλοντικό κόστος απ' τα ορυκτά καύσιμα, μέχρι ότι η καλλιέργεια σε υποβαθμισμένες περιοχές οριακής απόδοσης, μπορεί να φανεί ευεργετική για την βιοποικιλότητα.

5.8 Εκπομπές Διοξειδίου του Άνθρακα

Τα βιοκαύσιμα, όπως και οι άλλες μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ως στόχο έχουν να παρουσιάζουν ουδέτερο ισοζύγιο άνθρακα ή ακόμη και αρνητικό, έτσι ώστε η συνεισφορά του ανθρώπου σε διοξείδιο του άνθρακα να ελαχιστοποιείται. Ουδέτερο

ισοζύγιο άνθρακα σημαίνει ότι ο άνθρακας που απελευθερώνεται κατά τη χρήση του καυσίμου, πχ μέσω της καύσης για τη μεταφορά ενέργειας ή την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, επαναπορροφάται κατά την καλλιέργεια νέων φυτών, τα οποία στη συνέχεια συλλέγονται για την παραγωγή της επόμενης παρτίδας καυσίμου. Αρνητικό ισοζύγιο άνθρακα επιτυγχάνεται όταν ένα μέρος της βιομάζας χρησιμοποιείται για τεχνικές Δέσμευσης CO₂ (Carbon Sequestration) που αποτελούν το σύνολο τεχνολογιών που μπορούν να μειώσουν σημαντικά τις εκπομπές CO₂ από παλιές και νέες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής που εκμεταλλεύονται άνθρακα και φυσικό αέριο, βιομηχανικές διεργασίες, και άλλες σταθερές πηγές CO₂. Το CO₂ συλλέγεται από σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή βιομηχανικές πηγές, συμπιέζεται και μεταφέρεται συνήθως μέσω αγωγών κάτω από το έδαφος ή αποθηκεύεται μόνιμα σε πετρώματα που περιέχουν μικροσκοπικά ανοίγματα ή πόρους [71]. Ο υπολογισμός των αερίων του θερμοκηπίου που παράγονται κατά τη καύση των βιοκαυσίμων είναι μια σύνθετη διαδικασία και- έως ένα βαθμό- ανακριβής, αφού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ίδια τη μέθοδο υπολογισμού, τον τρόπο παραγωγής του καυσίμου καθώς και άλλες παραδοχές που αναγκαζόμαστε να κάνουμε.

Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ή αποτύπωμα άνθρακα (Carbon Footprint) που παράγεται από τα βιοκαύσιμα μπορούν να υπολογιστούν μέσω των Αναλύσεων Κύκλου Ζωής. Αρκετοί διαφορετικοί τύποι ΑΚΖ έχουν γίνει για διάφορα βιοκαύσιμα, παρουσιάζοντας πολύ διαφορετικά αποτελέσματα. Αρκετές "well-to-wheel" αναλύσεις για τα βιοκαύσιμα, στις οποίες θα αναφερθούμε και παρακάτω, έχουν δείξει ότι κάποια από τα πρώτης γενιάς μπορούν να μειώσουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη πρώτη ύλη, και ότι με τα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς μπορεί να επιτευχθεί ακόμα μεγαλύτερη εξοικονόμηση αερίων του θερμοκηπίου, σε σύγκριση με τα ορυκτών καυσίμων. Ωστόσο, οι μελέτες αυτές δεν λαμβάνουν υπόψη τις πρόσθετες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που οφείλονται σε έμμεσες αλλαγές χρήσης γης ή στις εκπομπές κατά την αυξημένη παραγωγή λιπασμάτων με βάση την αμμωνία [72], οι οποίες διακρίνονται σε:

- *Εκπομπές από την Άμεση Αλλαγή Χρήσης της Γης (Land Use Change (LUC) Emissions)*, που λαμβάνουν χώρα όταν νέες ενεργειακές καλλιέργειες, για την παραγωγή πρώτων υλών βιοκαυσίμων, εκτοπίζουν την προηγούμενη χρήση γης (πχ η μετατροπή δασικών εκτάσεων σε φυτείες ζαχαροκάλαμου ή φοινίκων), δημιουργώντας έτσι αλλαγές στο απόθεμα άνθρακα του εδάφους τους, και σε

- *Εκπομπές από την Έμμεση Αλλαγή Χρήσης της Γης (Indirect Land Use Change (i-LUC) Emissions)*- συναντώνται και ως "διαρροή" (leakage) στη βιβλιογραφία- όταν η γη που χρησιμοποιείται για την παραγωγή τροφίμων και ζωοτροφών, μετατρέπεται σε πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοκαυσίμων, ενώ ταυτόχρονα η ζήτηση για τρόφιμα και ζωοτροφές παραμένει η ίδια, με αποτέλεσμα η "εκτοπισμένη" γεωργική παραγωγή να εγκαθίσταται

πλέον σε άλλες περιοχές (πχ δασικές).

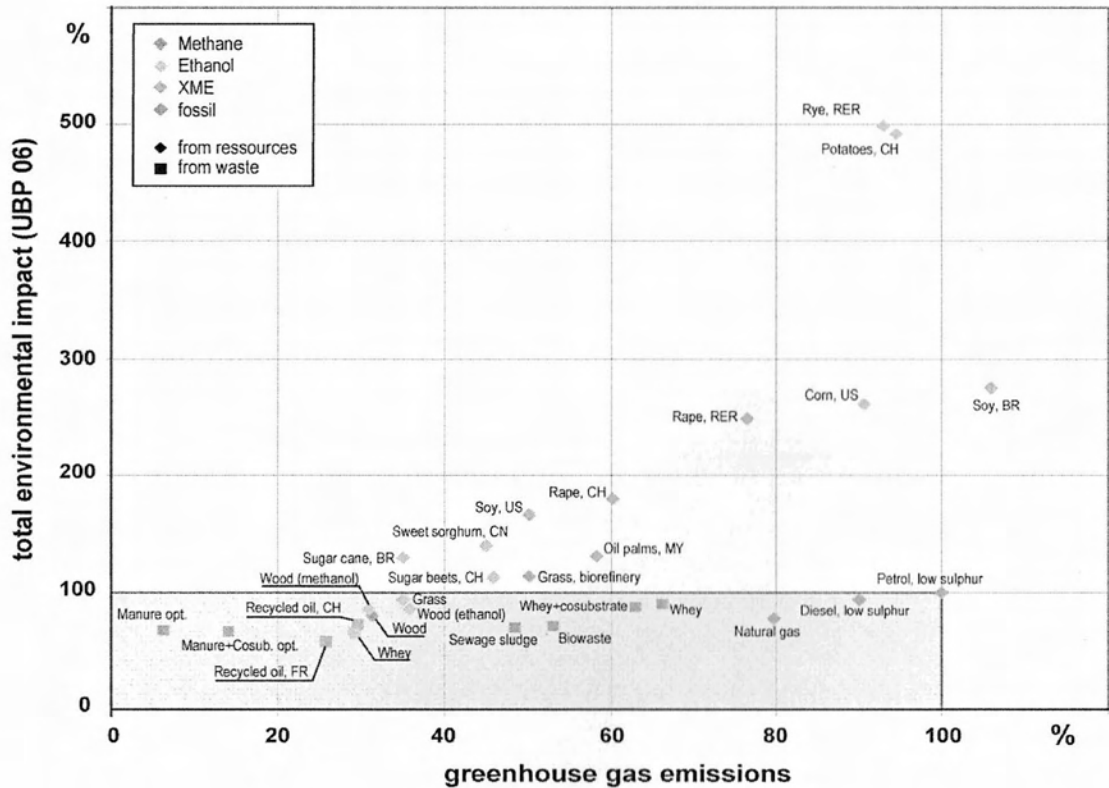
Στα Διαγράμματα 5-8.1 και 5-8.2 παρουσιάζονται κάποια αποτελέσματα εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και συνολικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων βιοκαυσίμων (μέσω των δεικτών UBP και Eco-indicator 99). Στο πράσινο πλαίσιο περιέχονται τα βιοκαύσιμα που παρουσιάζουν εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και χαμηλότερο συνολικό περιβαλλοντικό αντίκτυπο από τα ορυκτά καύσιμα.

Το τοπίο αλλάζει εντελώς στην περίπτωση που τέτοιου είδους εκπομπές συμπεριληφθούν στην AKZ [43]. Τόσο στην αιθανόλη από καλαμπόκι, όσο και σε αυτή λιγνοκυτταρικής προέλευσης, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα εμφανίζονται αυξημένες, σε σύγκριση με βενζίνη, κατά 93% και 50% αντίστοιχα. Οι εκπομπές CO₂ προφανώς συνδέονται άμεσα με φαινόμενα όπως η αποξήλωση δασών για την καλλιέργεια πρώτων υλών βιοκαυσίμων.

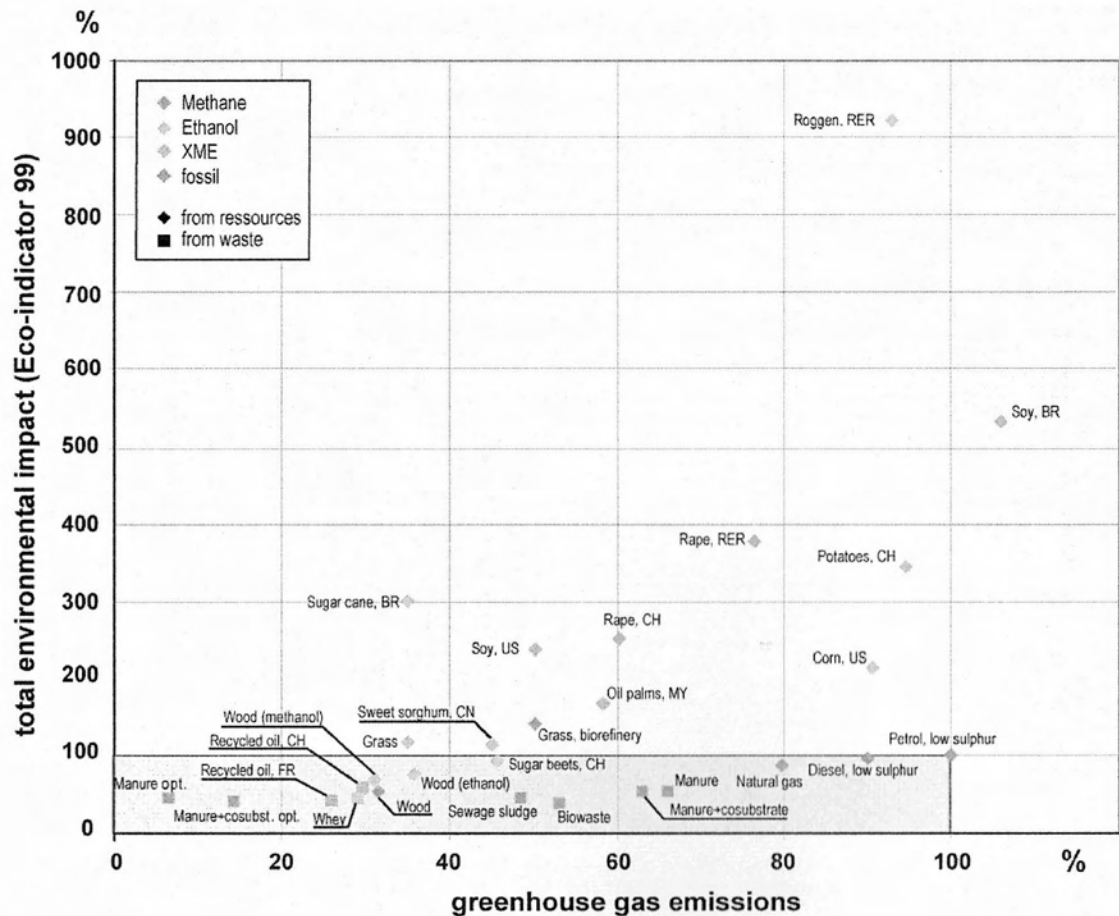
Αρκετές μελέτες διαπιστώνουν ότι αν συμπεριληφθούν οι εκπομπές που σχετίζονται με την αλλαγή της χρήσης γης που προκαλείται από την εξάπλωση της χρήσης βιοκαυσίμων, οι εκπομπές θα είναι τόσο υψηλές, που θα χρειαστούν δεκάδες έως εκατοντάδες χρόνια για να αντισταθμιστούν τελικά, μέσω της αντικατάστασης των ορυκτών καυσίμων από τα βιοκαύσιμα. Ο αριθμός των ετών που απαιτούνται για την αντιστάθμιση των αερίων του θερμοκηπίου που εκλύονται από τη μετατροπή των εδαφών, λόγω της αντικατάστασης των ορυκτών καυσίμων με βιοκαύσιμα, έχει γίνει γνωστή ως "Περίοδος Αποπληρωμής του Άνθρακα" (Carbon Payback Period). Ερευνητές [73] εκτιμούν ότι, σε περίπτωση που οι ΗΠΑ επιτρέψουν την μετατροπή περιοχών που βρίσκονται στο Πρόγραμμα Διατήρησης Αποθεμάτων (Conservation Reserve Program) σε καλλιέργειες καλαμποκιού για την παραγωγή αιθανόλης, η περίοδος αυτή θα διαρκέσει περίπου 48 χρόνια. Πάνω από 300 χρόνια αν το τροπικό δάσος του Αμαζονίου μετατραπεί σε φυτείες σόγιας για την παραγωγή βιοντίζελ, και πάνω από 400, αν τροπικά δάση σε Ινδονησία και Μαλαισία, που τα εδάφη του είναι πλούσια σε άνθρακα, μετατραπούν σε φυτείες φοίνικα για βιοντίζελ. Στο ίδιο μήκος κύματος κινούνται και άλλες μελέτες [74] οι οποίες εκτιμούν ότι για την ανάκτηση του CO₂, που θα χανόταν από τη μετατροπή των δασών σε ενεργειακές καλλιέργειες, θα χρειαζόντουσαν 75-93 χρόνια, ανάλογα με το πώς το δάσος θα είχε εκκαθαριστεί. Επίσης εκτιμούν, αντίστοιχα, ότι η μετατροπή των τυρφώνων θα χρειαζόντουσαν περισσότερα από 600 χρόνια. Αντιθέτως, η καλλιέργεια φοίνικα σε υποβαθμισμένα λιβάδια θα μπορούσε να μας εξοικονομήσει αέρια του θερμοκηπίου μέσα σε 10 χρόνια. Τώρα, εάν η παραγωγή αιθανόλης από καλαμπόκι το οποίο έχει αντικαταστήσει γη που ήταν προηγουμένως δάσος ή λιβαδική έκταση των ΗΠΑ, η περίοδος αποπληρωμής άνθρακα θα είναι 167 χρόνια λόγω των εκπομπών από την έμμεση αλλαγή της χρήσης γης. Ακόμα και η εναλλακτική των βιοκαυσίμων 2^{ης} Γενιάς δεν είναι ιδιαίτερα ελκυστική από αυτή την άποψη. Για παράδειγμα, αν switchgrass καλλιεργηθεί για την παραγωγή βιοκαυσίμων στις ΗΠΑ σε εδάφη που υπάρχει καλαμπόκι, η συνακόλουθη

έμμεση αλλαγή της χρήσης γης θα οδηγούσε σε μία περίοδο αποπληρωμής περίπου στα 52 χρόνια και θα αύξανε τις εκπομπές κατά 50% για 30 χρόνια.

Φυσικά αυτά τα παραδείγματα μοιάζουν- και είναι ως κάποιο βαθμό- τραβηγμένα, θα πρέπει όμως να λάβουμε υπόψη μας ότι οι μεγάλες αυξήσεις στην παραγωγή πρώτων υλών για βιοκαύσιμα, από όποιο σημείο της Γης κι αν ξεκινήσουν θα εξαπλωθούν και σε άλλες χώρες του κόσμου.



Διάγραμμα 5-8.1: Εκπομπές Αερίων του Θερμοκηπίου και Συνολικές Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις Βιοκαυσίμων (Το UBP αποτελεί δείκτη συνολικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων) . Πηγή: [75]



Διάγραμμα 5-8.2: Εκπομπές Αερίων του Θερμοκηπίου και Συνολικές Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις Βιοκαυσίμων (Το Eco-indicator 99 αποτελεί δείκτη συνολικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων). Πηγή: [75]

5.9 Αέρια Ρύπανση

Ακόμα ένα σημείο στο οποίο φαίνεται η διάσταση απόψεων μεταξύ των ερευνητών είναι αυτό της αέριας ρύπανση. Έχει διατυπωθεί ότι όταν στην βενζίνη προσθέσουμε ένα ποσοστό 10% αιθανόλη, οι εκπομπές της σε αλδεΐδες (η φορμαλδεΐδη, η ακεταλδεΐδη αλλά και άλλες αλδεΐδες που παράγονται κατά την οξείδωση αλκοολών) αυξάνονται κατά 40% [76]. Η καύση βιοντίζελ εκπέμπει επίσης αλδεΐδες και άλλες δυνητικά επικίνδυνες αρωματικές ενώσεις, πράγμα που δεν έχει προβλεφτεί από τις νομοθεσίες [77]. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει απαγορεύσει τα προϊόντα που περιέχουν φορμαλδεΐδη, καθώς έχουν αποδειχθεί τα καρκινογόνα χαρακτηριστικά του. Η Αμερικανική Υπηρεσία

Προστασίας του Περιβάλλοντος, επίσης, έχει κατονομάσει τη φορμαλδεΐδη ως πιθανή αιτία του καρκίνου στον άνθρωπο.

Στη Βραζιλία καίγονται σημαντικές ποσότητες βιοαιθανόλης. Οι επιπτώσεις αυτής τη πολιτικής φάνηκαν από μελέτες με χρωματογράφο αερίων στον αέρα στο Σάο Πάολο της Βραζιλίας και της Οσάκα της Ιαπωνίας, η οποία δεν καίει καύσιμα αιθανόλης. Οι συγκεντρώσεις φορμαλδεΐδης στην ατμόσφαιρα του Σάο Πάολο ήταν 160% υψηλότερες και της ακεταλδεΐδης 260% υψηλότερες [78].

Οι δυνατότητες μετριασμού της κλιματικής αλλαγής μέσω της αντικατάστασης των ορυκτών καυσίμων ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο του βιοκαυσίμου, την παραγωγική διαδικασία και τις τεχνολογίες που αυτή περιλαμβάνει και, φυσικά, την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων τόσο στην παραγωγή των πρώτων υλών όσο και κατά την μετατροπή τους σε βιοκαύσιμο. Ακόμα και για μια συγκεκριμένη πρώτη ύλη, στη βιβλιογραφία παρουσιάζεται ένα ευρύ φάσμα συνολικής μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου των βιοκαυσίμων, πράμα που οφείλονται στις διαφορετικές βασικές παραδοχές σχετικά με τα όρια του εξεταζόμενου συστήματος, τη μέθοδο κατανομή των παραπροϊόντων, καθώς και τις πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή των γεωργικών εισροών και στη μετατροπή πρώτων υλών [43]. Παρόλα αυτά, οι περισσότερες μελέτες δείχνουν ότι τα βιοκαύσιμα αποφέρουν μειώσεις των εκπομπών σε σχέση με τα αντίστοιχα ορυκτά καύσιμα, όταν βέβαια από τους υπολογισμούς εξαιρούνται οι εκπομπές από τις άμεσες ή έμμεσες αλλαγές χρήσης γης που επιφέρει η παραγωγή πρώτων υλών των βιοκαυσίμων, όπως θα δούμε και σε παρακάτω παράγραφο.

Με βάση την συντριπτική πλειοψηφία των ΑΚΖ, η αιθανόλη από ζαχαροκάλαμο στη Βραζιλία παρουσιάζει τις μεγαλύτερες μειώσεις στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Αυτό οφείλεται στις υψηλές της αποδόσεις και τη χρήση των αποβλήτων του ζαχαροκάλαμου (βαγάσση) για την παραγωγή ενέργειας καθώς και για την συμπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας [79]. Για το 2005/2006 στη Βραζιλία, το μείγμα 25% αιθανόλης (E25) υπολογίστηκε ότι παρουσιάζει μείωση 1,87 τόνων CO₂eq ανά κυβικό μέτρο αιθανόλης. Ο ΟΟΣΑ [80] επίσης εκτιμά ότι μειώνει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά 90% σε σύγκριση με το αντίστοιχο ποσό της βενζίνης. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι τα αντίστοιχα ποσοστά για τα ζαχαρότευτλα είναι 40-60% [41], για το σιτάρι 30-55% [81], όπου βέβαια συναντώνται και τα κάπως ακραία ποσοστά 18% ή 90%. Ο αραβόσιτος είναι επίσης μία περίπτωση όπου η εξοικονόμηση αερίων του θερμοκηπίου κυμαίνεται από μηδενικές, ή ακόμα και αρνητικές τιμές, έως και 50%.

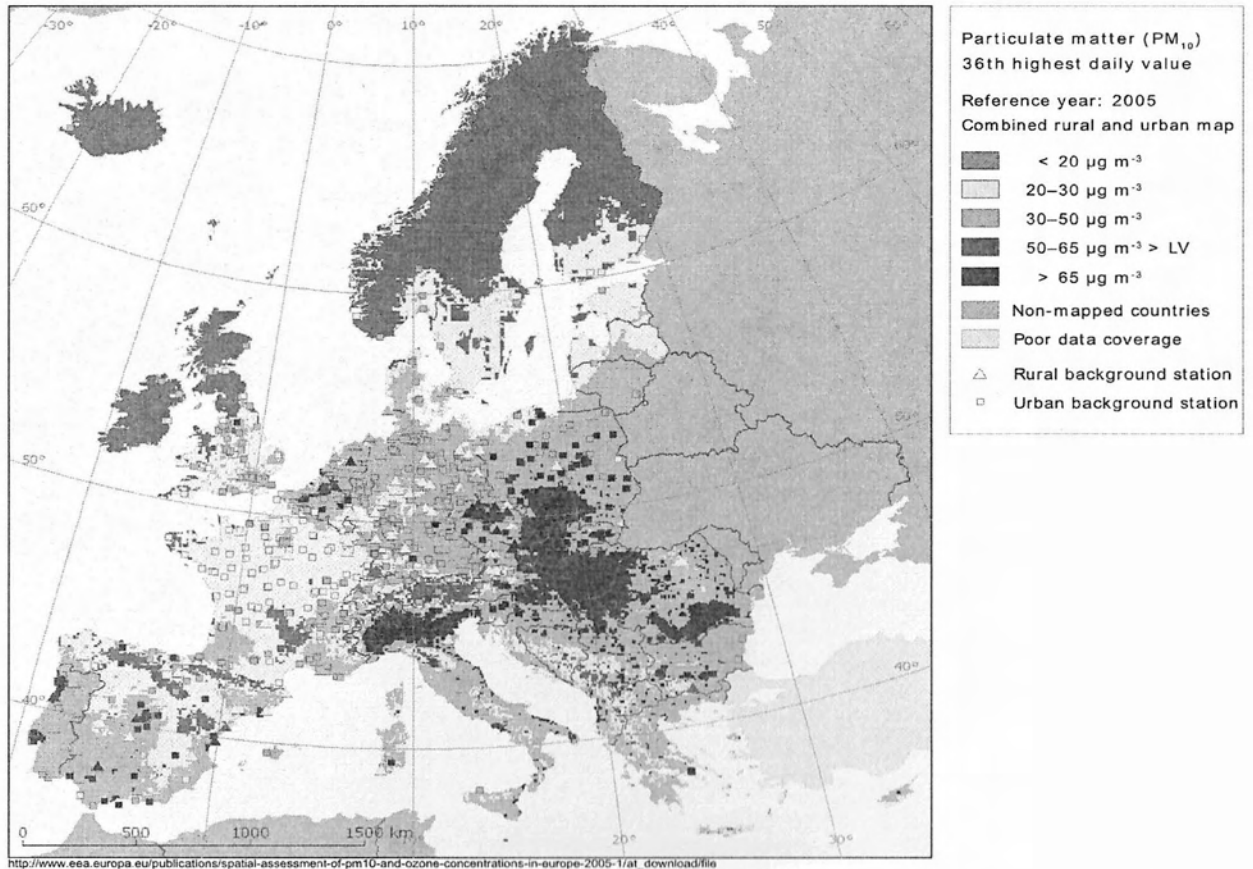
Το σύνολο των μελετών προβλέπει ότι τα προηγμένα βιοκαύσιμα θα μπορούσαν να μειώσουν δραματικά τον κύκλο ζωής των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου σε σχέση με τα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς, λόγω των υψηλότερων αποδόσεων ανά εκτάριο και της εκμετάλλευσης των υπολειμμάτων από την επεξεργασία τους [64]. Ορισμένες μελέτες

δείχνουν ότι η εξοικονόμηση θα μπορούσε να προσεγγίσει ακόμη και υπερβαίνει το 100% σε περιπτώσεις, όπως η συμπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας [82]. Ωστόσο, είναι σημαντικό να έχουμε κατά νου ότι οι εκτιμήσεις αυτές προέρχονται κυρίως από μελέτες και μόνο μερικές μεγάλης κλίμακας εγκαταστάσεις από τις οποίες προέρχονται εμπειρικά δεδομένα. Όσο αφορά τώρα το βιοντίζελ, αυτό που προέρχεται από φοινικέλαιο εξοικονομεί περίπου 50%-80% αέρια του θερμοκηπίου. Αντίστοιχα, για τον ηλιάνθο έχουμε 60%-80%, τη σόγια 50%-70%, και για την ελαιοκράμβη κυμαίνεται συνήθως 40%-60% [41] [64] [83].

Ένα αρκετά σημαντικό στοιχείο αποτελεί το ότι οι απώλειες άνθρακα από την αλλαγή της χρήσης γης πραγματοποιούνται κατά το χρόνο της μετατροπής της γης ενώ η μείωση των αερίων του θερμοκηπίου από την αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων με βιοκαύσιμα αυξάνουν σταδιακά με την πάροδο του χρόνου, η καθαρή εξοικονόμηση αερίων του θερμοκηπίου που προκύπτει από τα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς δεν θα είναι θετική τα πρώτα 20 χρόνια σε οποιοδήποτε από τα υπό εξέταση σενάρια. Θα χρειαστούν περίπου 50 χρόνια για να επιτευχθεί μια αρκετά μεγάλη εξοικονόμηση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τη μεγάλη κλίμακας ανάπτυξη των βιοκαυσίμων [81].

Από την πλευρά αυτών που αντιμετωπίζουν με σκεπτικισμό τα υγρά βιοκαύσιμα - τουλάχιστον στο μέρος των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου- υπάρχουν επιχειρήματα όπως ότι η προοπτική των μειώσεων των εκπομπών μέσω των βιοκαυσίμων είναι λιγότερο ελκυστική από οικονομική άποψη σε σχέση με την αναδάσωση σε βοσκότοπους, καθώς και ότι η μείωση της αποψίλωσης των δασών μπορεί να είναι μια πιο αποτελεσματική στρατηγική για την κλιματική αλλαγή από ότι η παραγωγή και χρήση των βιοκαυσίμων [84] [74]. Ένας ενδεικτικός υπολογισμός από τον ΟΟΣΑ δείχνει ότι η μείωση αερίων του θερμοκηπίου μέσω των πολιτικών υπέρ των βιοκαυσίμων στις ΗΠΑ, τον Καναδά και την Ευρώπη κατά τη περίοδο 2013-2017 θα κοστίσει στους φορολογούμενους και τους καταναλωτές κατά μέσο όρο μεταξύ 960-1700 US\$ ανά τόνο ισοδυνάμου CO₂ που θα εξοικονομεί [80].

Ένα σημαντικό σημείο είναι και το εξής. Στις περισσότερες αστικές περιοχές, οι οδικές μεταφορές είναι η κύρια πηγή των αιωρούμενων μικροσωματιδίων (PM₁₀, PM_{2.5}). Στην Εικόνα 5-9.1 παρουσιάζεται η συγκέντρωση μικροσωματιδίων PM₁₀ στην Ευρώπη, κατά το 2005. Η αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων με βιοκαύσιμα για τις μεταφορές έχει τη δυνατότητα να μειώσει τοπική ατμοσφαιρική ρύπανση με διάφορους τρόπους. Εκτός του βιοντίζελ από ελαιοκράμβη, τα βιοκαύσιμα προκαλούν γενικά μικρότερες εκπομπές μικροσωματιδίων PM₁₀ και πτητικών οργανικών χημικών ουσιών (VOCs) από ότι τα ορυκτά καύσιμα. Επίσης, σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα, το βιοντίζελ δεν παράγει εκπομπές θείου, ενώ η αιθανόλη έχει αρκετά μειωμένες, και οι δύο εκπέμπουν πολύ λιγότερο μονοξείδιο του άνθρακα (CO), τα οποία είναι βασικές απειλές για την τοπική ποιότητα του αέρα, στις βιομηχανικά ανεπτυγμένες χώρες.

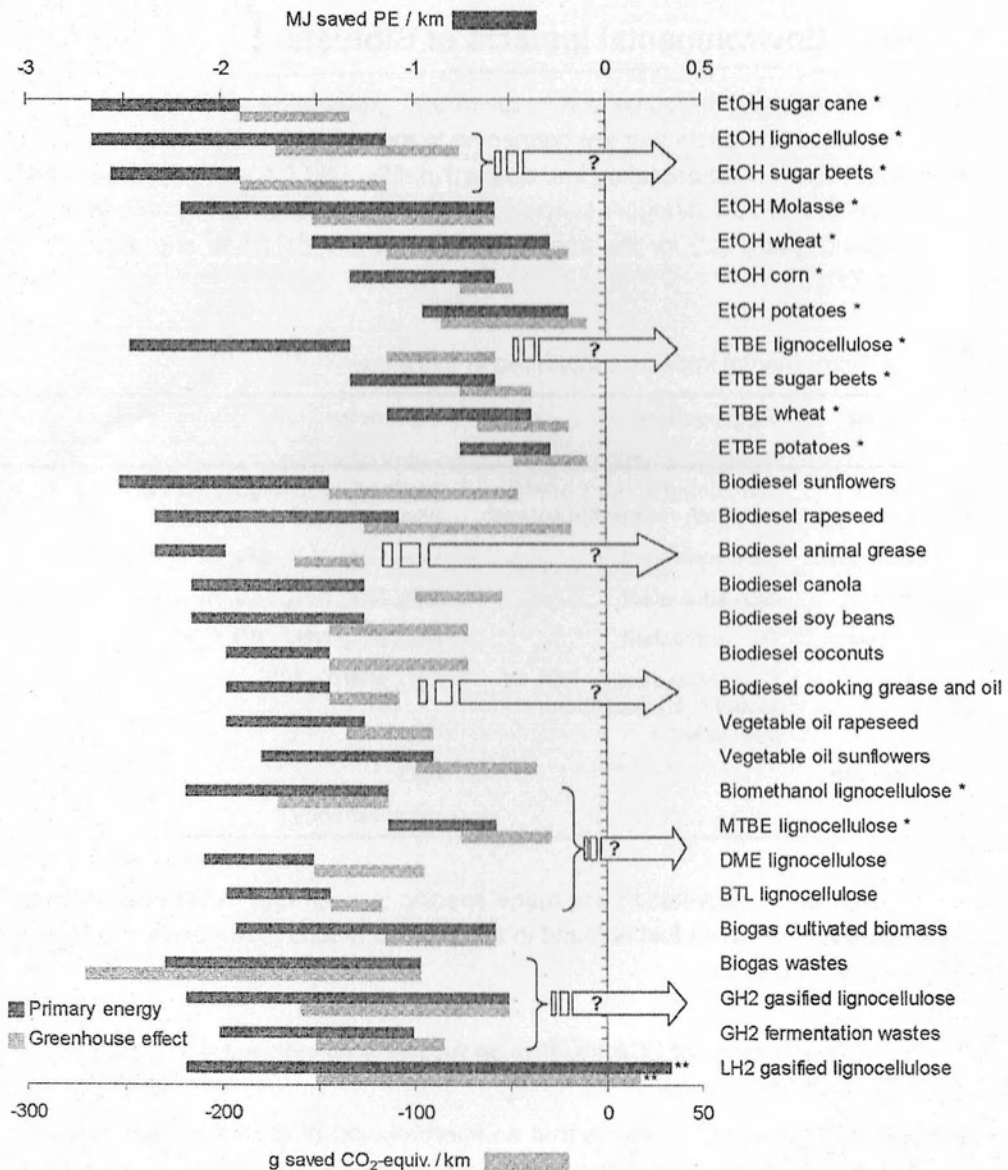


Εικόνα 5-9.1: Συγκέντρωση Μικροσωματιδίων PM₁₀ στην Ευρώπη. Πηγή: [85]

Ωστόσο, τα βιοκαύσιμα, και ιδιαίτερα το βιοντίζελ, εκπέμπουν έως και 70% περισσότερα NO_x ανάλογα πάντα με την πρώτη ύλη. Οι περισσότερες μελέτες δείχνουν μια μικρή αύξηση των NO_x και μείωση των PM εάν προστεθεί στο ντίζελ κάποιο ποσοστό βιοντίζελ. Ωστόσο για τη βελτίωση της τοπικής ποιότητας του αέρα, οι επιδόσεις του βιοντίζελ θα πρέπει επίσης να συγκριθούν με αυτές των υπόλοιπων καυσίμων που είναι σήμερα διαθέσιμες, και όχι μόνο του ντίζελ [86]. Μελέτες που συνέκριναν το μέσο όρο καυσαερίων NO_x, αιωρούμενων μικροσωματιδίων και των εκπομπών VOC ενός επιβατικού μεσαίου μεγέθους που έκαψε βιοντίζελ (σε διάφορα μείγματα), αμόλυβδη βενζίνη, υγραέριο (υγροποιημένο αέριο πετρελαίου- LPG) και το συμπιεσμένο φυσικό αέριο (συμπιεσμένο φυσικό αέριο- CNG), έδειξαν πολύ μεγαλύτερες μειώσεις σε NO_x και PM μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση των ήδη διαθέσιμων ορυκτών καυσίμων. Παρά το γεγονός ότι το βιοντίζελ μπορεί να προσφέρει καλύτερες επιδόσεις από την άποψη VOCs σε σχέση με GPL, το B20 είναι απαραίτητο να ξεπεράσει την απόδοση της αμόλυβδης και το καθαρό βιοντίζελ να υπερβεί την απόδοση της CNG [86]. Επίσης, έδειξαν ότι πιθανή μεγάλη μετατόπιση σε υψηλή μείγματα αιθανόλης στις ΗΠΑ αντί βενζίνης, θα οδηγήσει σε

μεγαλύτερη εκπομπή των ατμοσφαιρικών ρύπων σε τοπικό επίπεδο.

Στο Διάγραμμα 5-9.2 μπορούμε επίσης να δούμε τη μείωση της πρωτογενούς ενέργειας καθώς και τις επιπτώσεων του φαινομένου του θερμοκηπίου- χαρακτηριστικό της αέριας ρύπανσης- που επιτυγχάνεται με τη χρήση και παραγωγή βιοκαυσίμων σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα.



Διάγραμμα 5-9.2: Μείωση της πρωτογενούς ενέργειας και τις επιπτώσεων του φαινομένου του θερμοκηπίου που επιτυγχάνεται με τη χρήση και παραγωγή βιοκαυσίμων σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα. Πηγή: [87]

5.10 Ενεργειακή Απόδοση και Ενεργειακό Ισοζύγιο

Η παραγωγή βιοκαυσίμων, κυρίως από ενεργειακές καλλιέργειες, απαιτεί ενέργεια για την καλλιέργεια, τη μεταφορά και μετατροπή σε τελικό προϊόν, καθώς και για την παραγωγή των λιπασμάτων, των φυτοφαρμάκων, ζιζανιοκτόνων, μυκητοκτόνων. Το ενεργειακό ισοζύγιο ενός βιοκαυσίμου (μερικές φορές εκφράζεται και από τον όρο "Καθαρή Ενέργεια") καθορίζεται από την ποσότητα της ενέργειας που καταναλώνεται για τη παρασκευή του καυσίμου σε σύγκριση με ενέργεια που απελευθερώνει κατά την καύση του σε μία Μηχανή Εσωτερική Καύσης. Τα αποτελέσματα βέβαια ποικίλουν, και πολλές φορές παρατηρούνται αρκετά μεγάλες διαφορές μεταξύ των μελετών, ανάλογα με τις παραδοχές. Πολλές μελέτες ΑΚΖ, που αφορούν συστήματα βιοενέργειας, περιλαμβάνουν ανάλυση πρωτογενών ενεργειακών πόρων, με στόχο να ποσοτικοποιήσουν την πιθανή εξοικονόμηση μη-ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα πλαίσια του συστήματος. Αρκετοί διαφορετικοί δείκτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το σκοπό αυτό και η ενεργειακή ανάλυση αξιολογεί όλες τις εισροές ενέργειας κατά μήκος ολόκληρης της αλυσίδας παραγωγής, από τη γεωργική καλλιέργεια, τη μεταφορά, την επεξεργασία και την τελική διανομή.

Από τη θερμοδυναμική γνωρίζουμε ότι ο χημικός μετασχηματισμός ενός καυσίμου από μια μορφή σε άλλη συνεπάγεται μείωση της ενεργειακής αξίας στο τελικό προϊόν. Αν πάρουμε ως παράδειγμα το σιτάρι βλέπουμε ότι για κάθε 1 τόνο σιτηρών παίρνουμε 0,276 τόνους αιθανόλης. Η θερμογόνο δύναμη του σπόρου είναι περίπου 17 MJ/kg, πράγμα που σημαίνει ότι από την καύση ενός τόνου θα πάρουμε 17 GJ ενέργειας, ενώ από την καύση ίδια ποσότητας αιθανόλης θα πάρουμε μόνο 8,3 GJ. Έχουμε δηλαδή μια απώλεια άνω του 50% χωρίς καν να λάβουμε υπόψη το κόστος επεξεργασίας. Το συνολικό της καλλιεργήσιμης γης στο Ηνωμένο Βασίλειο είναι περίπου 5,5 Mha. Αν υποθέσουμε ότι όλες αυτές οι εκτάσεις χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιοντίζελ, στην καλύτερη περίπτωση, η παραγωγή θα αντικαταστήσει 8,25 ΜΤΙΠ, δηλαδή λιγότερο από το 10% της συνολικής κατανάλωσης πετρελαίου. Στην περίπτωση της αιθανόλης οι αποδόσεις είναι κάπως υψηλότερες, αλλά θα αντικαθιστούσαν περίπου μόνο το ένα τρίτο της τρέχουσας ζήτησης σε βενζίνη. Φαίνεται γενικά απίθανο το ενδεχόμενο να μετατραπεί σε ενεργειακές καλλιέργειες παραπάνω από το 20% της γεωργικής αυτής γης, πράγμα που σημαίνει ότι θα επιτυγχάνονταν λιγότερο από το 1% των ενεργειακών αναγκών του Ηνωμένου Βασιλείου [88].

Ο βαθμός μετατροπής ενός ορυκτού καυσίμου σε άμεσα εκμεταλλεύσιμη μορφή αποτελεί ενδεικτικό της απόδοσης ενός καυσίμου, η αναλογία δηλαδή μεταξύ της αποδιδόμενης ενέργειας (το ενεργειακό περιεχόμενο των βιοκαυσίμων) και της ενέργειας των μη-ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που απαιτούνται για κατά το σύνολο της ζωής του [89]. Με άλλα λόγια, αποτελείται από το λόγο της αποδιδόμενης από το βιοκαύσιμο ενέργειας με την ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή του προϊόντος καθ' όλη τη

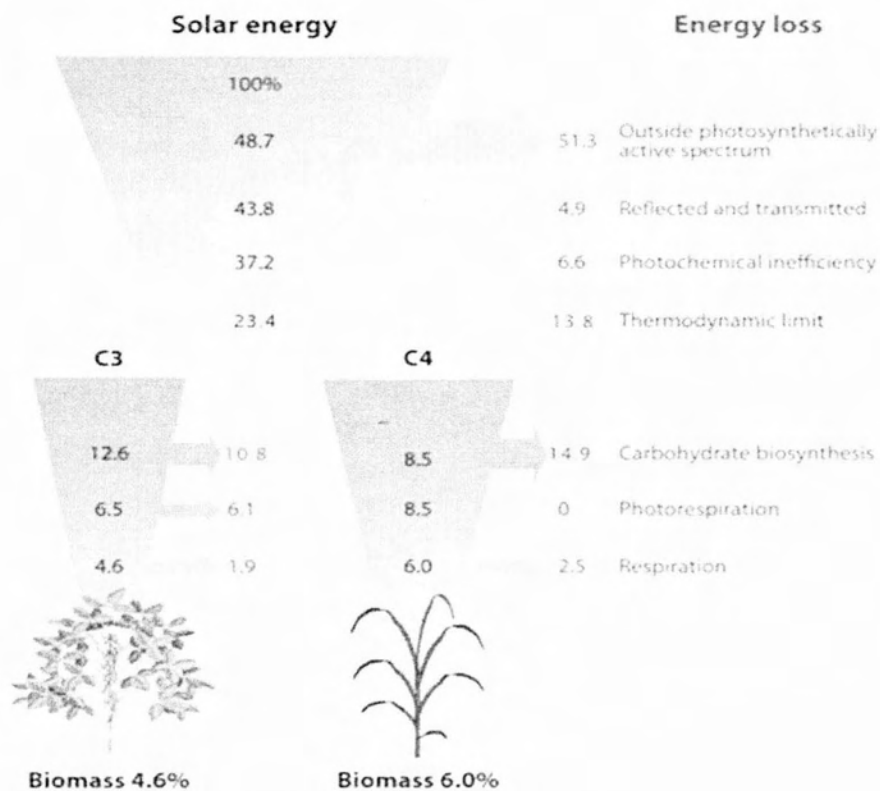
διάρκεια του κύκλου ζωής του. Ο λόγος περιλαμβάνει μόνο ενέργεια από ορυκτά καύσιμα [90]. Για παράδειγμα, το βιοντίζελ από ηλιέλαιο και σόγια παρουσιάζουν βαθμό μετατροπής 0,46 και 3,2 αντίστοιχα, ενώ για την βενζίνη και το πετρέλαιο είναι 0,805 και 0,843 [91] [92, 93].

Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι οι απαιτήσεις των βιοκαυσίμων σε ορυκτά καύσιμα μπορεί να διαφέρουν αρκετά- ακόμα και σε σύγκριση με τα συμβατικά- ανάλογα με την πρώτη ύλη. Όσο περισσότερη ενέργεια καταβάλουμε κατά τη καλλιέργεια και επεξεργασία του καυσίμου, τόσο μικρότερη είναι τελικά η καθαρή απόδοσή του. Θα πρέπει επομένως να προσανατολιστούμε σε ενεργειακές καλλιέργειες που απαιτούν όσο το δυνατό χαμηλότερες εισροές και λιγότερη επεξεργασία [69].

Σε γενικές γραμμές, λόγω των χαμηλότερων αποδόσεων μετατροπής, τα συστήματα βιοενέργειας επηρεάζονται εντονότερα από τη ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας σε σχέση με συμβατικά/ορυκτά ενεργειακά συστήματα, αλλά αποτελείται κυρίως από το ανανεώσιμο κλάσμα της ενέργειας της πρώτης ύλης, κάτι που δεν συμβαίνει στα συμβατικά καύσιμα [94]. Η εισροή ενέργειας από ορυκτά είναι μεγαλύτερη για την παραγωγή βιοκαυσίμων μεταφορών από το πετρέλαιο ή αμυλούχα φυτά, από ότι για τη βιομάζα για την συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού). Ο λόγος είναι διττός: πετρέλαιο και αμυλούχα φυτά έχουν υψηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις κατά την καλλιέργεια από τις ξυλώδεις καλλιέργειες [95].

5.11 Ποσοστό Εκμετάλλευσης Ηλιακής Ενέργειας

Όπως αναφέραμε τα βιοκαύσιμα, προερχόμενα από φυτικά υλικά, μετατρέπουν την ενέργεια που είχε αρχικά συλληφθεί από την ηλιακή ενέργεια μέσω της φωτοσύνθεσης σε ενέργεια. Μια σύγκριση της απόδοσης της μετατροπής της ηλιακής ενέργειας δείχνει ότι τα φωτοβολταϊκά είναι 100 φορές πιο αποτελεσματικά από ό,τι η αιθανόλη από καλαμπόκι και 10 φορές πιο αποτελεσματικά από ό,τι το καλύτερο βιοκαύσιμο [96]. Η απόδοση μετατροπής της ηλιακής ενέργειας, ακόμη και από τις πιο παραγωγικές κατηγορίες φυτών είναι μικρότερη από 5%, ενώ τα φωτοβολταϊκά μπορεί να προσεγγίσουν το 20% (βλ. Εικόνα 5-11) [97].



Εικόνα 5-11: Μέγιστα δυνατά ποσοστά μετατροπής ενέργειας που συνδέονται με την παραγωγή βιομάζας (Όπου η κατηγορία C3 περιλαμβάνει ξυλώδη, φυτά με στρογγυλά φύλλα- 95% όλων των φυτών- και η κατηγορία C4 περιλαμβάνει το ζαχαροκάλαμο, switchgrass, μίσχανθο και γλυκό σόργο).

Πηγή: [97]

Σημείο στο οποίο βέβαια τα φωτοβολταϊκά υπολείπονται των βιοκαυσίμων, είναι ότι η ενέργεια που παράγουν δεν μπορεί να αποθηκευτεί να και να μεταφερθεί όπως αυτή των βιοκαυσίμων. Επίσης, παρά την αξιοσημείωτη πρόοδο των τελευταίων ετών, η τεχνολογία τους παραμένει αρκετά ακριβή σε σχέση με αυτή των βιοκαυσίμων.

5.12 Τροποποιήσεις στις Μηχανές Εσωτερικής Καύσης

Οι απαραίτητες τροποποιήσεις για να λειτουργήσει μια ΜΕΚ με βιοκαύσιμα εξαρτώνται, πρώτον από τον τύπο των βιοκαυσίμων που χρησιμοποιούν και, δεύτερον από τον τύπο του κινητήρα. Για παράδειγμα, βενζινοκινητήρες μπορούν να λειτουργήσουν χωρίς καμία τροποποίηση με βιοβουτανόλη. Μικρές τροποποιήσεις, ωστόσο είναι απαραίτητες για να λειτουργεί με βιοαιθανόλη ή βιομεθανόλη. Οι πετρελαιοκινητήρες μπορούν να λειτουργήσουν με τα τελευταίας τεχνολογίας καύσιμα, καθώς και με φυτικά έλαια (τα οποία είναι φθηνότερα από το βιοντίζελ), μόνο όταν η λειτουργία του κινητήρα

βασίζεται στην έμμεση έγχυση. Σε διαφορετική περίπτωση αυτή η τροποποίηση είναι απαραίτητη. Συνήθως, η χρήση βιοντίζελ είναι συμβατή με κινητήρες που έχουν κατασκευαστεί από το 1994 και μετά, οι οποίοι στο σύστημα ψεκασμού του καυσίμου χρησιμοποιούν συνθετικό λάστιχο. Σε πιο σύγχρονους κινητήρες (τέλη της δεκαετίας του 1990) είναι απαραίτητη η ανάμειξη με ορυκτό ντίζελ καθώς τα συστήματά τους είναι πολύ πιο ευαίσθητα στο ιξώδες του καθαρού βιοντίζελ. Το βιοντίζελ αποτελεί διαλυτικό υγρό που καθαρίζει τις επικαθίσεις του ορυκτού ντίζελ, πράγμα που βοηθάει τον καθαρισμό των επικαθίσεων και στον θάλαμο καύσης καθιστώντας τον αποδοτικότερο. Για τον ίδιο λόγο βέβαια είναι σκόπιμη η συχνότερη αλλαγή του φίλτρου της μηχανής. Είναι επίσης οξυγονωμένο, πράγμα που σημαίνει ότι περιέχει μεγαλύτερα ποσοστά οξυγόνου και υδρογόνου και χαμηλότερα άνθρακα συγκρινόμενο με το συμβατικό, παρουσιάζοντας καλύτερη καύση με αποτέλεσμα τη μείωση εκπομπών άκαυστου άνθρακα [30].

Τροποποιήσεις που μπορούν να γίνουν στους κινητήρες, εκτός από τις μεταξύ τους προσμίξεις, περιλαμβάνουν, την τροποποίηση του συστήματος έγχυσης, τροφοδοσία προθερμασμένου καυσίμου κτλ [20].

6 ΑΕΙΦΟΡΑ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ

6.1 Βασικά Χαρακτηριστικά Αειφόρων Βιοκαυσίμων

Σε όλο τον κόσμο έχουν ιδρυθεί πρωτοβουλίες και έχουν δημιουργηθεί προγράμματα , προκειμένου να κατανοηθούν καλύτερα ορισμένοι από τους βασικούς παράγοντες που ωθούν την παραγωγή βιοκαυσίμων. Η δημόσια στάση καθώς και οι ενέργειες των κυρίως ενδιαφερόμενων μερών, στο χώρο των βιοκαυσίμων, μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην αξιοποίηση του δυναμικού των βιώσιμων βιοκαυσίμων. Η συζήτηση και ο διάλογος, τόσο με βάση την επιστημονική έρευνα όσο και με την οπτική γωνία του κοινού και των εμπλεκόμενων μερών, είναι καθοριστικής σημασίας. Ένα παράδειγμα αποτελεί η "Στρογγυλή Τράπεζα" για την Αειφόρο βιοκαύσιμα (Roundtable on Sustainable Biofuels) η οποία αποτελεί μία διεθνή πρωτοβουλία που φέρνει σε επαφή αγρότες, επιχειρήσεις, κυβερνήσεις, ΜΚΟ, καθώς και επιστήμονες που ενδιαφέρονται για τη βιωσιμότητα της παραγωγής και της διανομής βιοκαυσίμων. Κατά τη διάρκεια του 2008, η Στρογγυλή Τράπεζα ανέπτυξε μια σειρά από αρχές και τα κριτήρια για την αειφόρο παραγωγή βιοκαυσίμων [98] στα οποία έχει ενδιαφέρον να σταθούμε για λίγο καθώς αποτελούν ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα:

1. Η παραγωγή βιοκαυσίμων πρέπει να ακολουθεί τις διεθνείς συνθήκες και τις εθνικές νομοθεσίες σχετικά με τη ποιότητα του αέρα, των υδάτινων πόρων, των γεωργικών πρακτικών, τις συνθήκες εργασίας κτλ.
2. Τα έργα εκμετάλλευσης της ενέργειας από τα βιοκαύσιμα πρέπει να σχεδιάζονται και να λειτουργούν σε συμμετοχικές διαδικασίες που εμπλέκουν όλους τους ενδιαφερόμενους φορείς στο σχεδιασμό και την παρακολούθηση.
3. Τα βιοκαύσιμα μπορούν να μειώσουν σημαντικά τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, συγκρινόμενα με τα ορυκτά καύσιμα. Στόχος είναι να καθιερωθεί μια τυποποιημένη μεθοδολογία για τη σύγκριση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.
4. Η παραγωγή βιοκαυσίμων δεν πρέπει να παραβιάζει τα ανθρώπινα και εργασιακά δικαιώματα, και εξασφαλίζει την αξιοπρεπή εργασία και την ευημερία των εργαζομένων.
5. Η παραγωγή βιοκαυσίμων συμβάλλει στην κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη των τοπικών, αγροτικών και των αυτοχθόνων πληθυσμών και των κοινοτήτων.
6. Η παραγωγή βιοκαυσίμων δεν πρέπει να βάζει σε κίνδυνο την ασφάλεια των τροφίμων.

7. Κατά τη παραγωγή βιοκαυσίμων θα πρέπει να αποφευχθούν οι αρνητικές επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα των οικοσυστημάτων, καθώς και των περιοχών υψηλής αξίας διατήρησης.
8. Κατά τη παραγωγή βιοκαυσίμων θα πρέπει να προωθούνται πρακτικές που να βελτιώνουν την υγεία του εδάφους καθώς και την ελαχιστοποίηση της υποβάθμισης τους.
9. Η επιφανειακή και υπόγεια χρήση να βελτιστοποιηθεί και η μόλυνση ή η εξάντληση των υδάτινων πόρων ελαχιστοποιείται.
10. Η ατμοσφαιρική ρύπανση θα πρέπει να ελαχιστοποιηθεί κατά μήκος της αλυσίδας εφοδιασμού των βιοκαυσίμων.
11. Τα βιοκαύσιμα θα πρέπει να παράγονται με τον πιο αποδοτικό τρόπο, με τη δέσμευση για τη βελτίωση της αποδοτικότητας της παραγωγής τους καθώς και των κοινωνικών και περιβαλλοντικών επιδόσεων σε όλα τα στάδια της αλυσίδας αξίας των βιοκαυσίμων.

6.2 Επισκόπηση Πρωτοβουλιών Τυποποίησης Αειφόρας Βιομάζας

Σήμερα υπάρχουν περισσότερες από 25- με αυξητική τάση- διεθνείς, εθνικές, περιφερειακές, δεσμευτικές ή εθελοντικές πρωτοβουλίες. Αυτές έχουν- ή τουλάχιστον είναι αναγκαίο να έχουν- ως τελικό στόχο την σύνταξη μίας πλατφόρμας πιστοποίησης αειφόρας ανάπτυξης των βιοκαυσίμων, έργο κάθε άλλο παρά εύκολο. Οι πρωτοβουλίες αυτές διαφέρουν αρκετά μεταξύ τους, σε τομείς όπως το πεδίο εφαρμογής, η εγκυρότητα και η έκτασή τους, η ποικιλία των εξεταζόμενων περιβαλλοντικών, κοινωνικών και οικονομικών πτυχών, καθώς και οι όροι που τέθηκαν για την εκπλήρωση των στόχων [99] [100].

Οι υπάρχουσες πρωτοβουλίες στον τομέα της αειφόρας βιομάζας για βιοκαύσιμα μπορούν να ταξινομηθούν από την αρχή στις ακόλουθες κύριες κατηγορίες [101]:

A. Κύριες διεθνείς και ευρωπαϊκές πρωτοβουλίες

-Η Στρογγυλή Τράπεζα για Αειφόρα Βιοκαύσιμα (Roundtable on Sustainable Biofuels)

-Η Παγκόσμια Εταιρία Βιοενέργειας-Ειδική ομάδα για αειφόρα βιοκαύσιμα (Global Bio-energy Partnership Taskforce on Biofuels Sustainability)

-Η CENTC 383 για τη Βιώσιμη Παραγωγή Βιομάζας για Εφαρμογές Ενέργειας (CEN TC 383 on Sustainable Produced Biomass for Energy Applications)

- Η Στρογγυλή Τράπεζα για Αειφόρο Φοινικέλαιο (Roundtable on Sustainable Palm Oil)
- Η Στρογγυλή Τράπεζα για Αειφόρα Σόγια (Roundtable on Responsible Soy)
- Το Διεθνές Ινστιτούτο ΜΕΟ Πιστοποίησης Βιωσιμότητας του άνθρακα (MEO Institute International Sustainability Carbon Certification)
- Το κριτήρια για αειφόρα υγρά βιοκαύσιμα ISOTC28 /SC 7 (ISO TC 28 /SC 7 Sustainability criteria for Liquid Biofuels)
- Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας Taskforce 40 για τα αειφόρα βιοκαύσιμα (International Energy Agency Taskforce 40 on Biofuels Sustainability)
- Περιβαλλοντικό πρόγραμμα σπουδών των Ηνωμένων Εθνών για την ΑΚΖ των βιοκαυσίμων (United Nations Environment Programme Biofuels LCAs studies)

Β. Πρωτοβουλίες κρατών-μελών, εθνικές/ομοσπονδιακές πρωτοβουλίες

- Γερμανία: IFEU Διάταγμα για αειφόρα Βιοκαύσιμα
- Ηνωμένο Βασίλειο: Διάταγμα για Ανανεώσιμα Καύσιμα στις Μεταφορές-RTFO
- Ολλανδία: Κριτήρια CramerNTA8080
- Βέλγιο: Σύστημα Πράσινων Πιστοποιητικών
- Ελβετία: Περιβαλλοντικός Νόμος
- Πολιτεία της Μασαχουσέτης (ΗΠΑ): Κρατικό Δίκαιο Περιβάλλοντος
- Πολιτεία της Καλιφόρνια (ΗΠΑ): Πρότυπο Χαμηλών Εκπομπών Άνθρακα LCFS

Γ. Μικρές διεθνείς πρωτοβουλίες, περιφερειακές πρωτοβουλίες, τοπικές προσεγγίσεις

- Εθνικό Πρόγραμμα Απογραφής Αερίων του Θερμοκηπίου- IPCC

Μέχρι στιγμής, πιστοποιήσεις έχουν ολοκληρωθεί και εφαρμοστεί με επιτυχία στον γεωργικό τομέα, τη δασοκομία και την ηλεκτρική ενέργειας. Επίσης, στον τομέα της βιομάζας, έχουν πολλές διεθνείς παγκόσμιες ή τοπικές πρωτοβουλίες έχουν δημιουργηθεί για την πιστοποίηση των βιοκαυσίμων. Οι πρωτοβουλίες για πιστοποίηση μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

α. Κύριες διεθνείς πρωτοβουλίες για τη βιωσιμότητα που περιλαμβάνουν πιστοποίηση

-Στρογγυλή Τράπεζα για Αειφόρο Φοινικέλαιο-RSPO

-Συμβούλιο για την Διατήρηση των Δασών - FSC

-Στρογγυλή Τράπεζα Αειφόρα σόγια- RTRS

-Πρωτοβουλία για καλύτερο Ζαχαροκάλαμο- BSI

-Στρογγυλή Τράπεζα για Αειφόρα Βιοκαύσιμα- RSB10

β. Πρωτοβουλίες κρατών- μελών, εθνικές/ομοσπονδιακές πρωτοβουλίες που περιλαμβάνουν επίσης το στάδιο πιστοποίησης

-Ηνωμένο Βασίλειο: Διάταγμα για Ανανεώσιμα Καύσιμα στις Μεταφορές -RTFO

-Βέλγιο: Πράσινο Σύστημα Πιστοποιητικών

-Ολλανδία: Κριτήρια Cramer NTA 8080 -πιστοποίηση για τη βιομάζα ξύλου

-Πολιτεία της Καλιφόρνια (ΗΠΑ): Πρότυπο Χαμηλών Εκπομπών Άνθρακα LCFS

γ. Ιδιωτικές και εθελοντικές πρωτοβουλίες πιστοποίησης

- Biofuels GO

-SWAN Nordic Ecolabel

-Πιστοποιητικά SEKAB για τη Βιώσιμη βραζιλιάνικης Αιθανόλη

-Επισήμανση ENERS αειφόρων βιοκαυσίμων

- Πιστοποίηση pellet ξύλου Electrabel

Η κατάσταση στον τομέα της έρευνας για την ενέργεια από βιομάζα δείχνει ένα σύνθετο πλαίσιο στο οποίο εθελοντικά και υποχρεωτικά συστήματα συνυπάρχουν. Νέες πρωτοβουλίες και συστήματα πιστοποίησης ανακοινώνονται τακτικά, ενώ η απόκτηση γνώσεων στον τομέα αυτόν φαίνεται να είναι μια μακροχρόνια διαδικασία. Οι κυβερνήσεις σε όλο τον κόσμο έχουν εγκρίνει νομοθετικές πράξεις που έχουν στόχο να ενθαρρύνουν τη βιομηχανία των βιοκαυσίμων. Οι ανησυχίες σχετικά με τις αυξανόμενες τιμές των τροφίμων έχουν οδηγήσει ορισμένες χώρες να σταματήσουν προσωρινά ή να μειώσουν τις

οικονομικές παροχές στήριξης (πχ Κίνα), ενώ άλλοι έχουν αποφασίσει να αυξήσουμε τις επενδύσεις τους στις τεχνολογίες δεύτερης γενιάς (πχ ΗΠΑ). Η Γερμανία, από την άλλη πλευρά, έχει συνδέσει άμεσα τους μελλοντικούς στόχους εξοικονόμησης αερίων του θερμοκηπίου με την κατανάλωση βιοκαυσίμων [99].

6.3 Ευρωπαϊκή Οδηγία 2009/28/ΕΚ

Σε ότι αφορά τη διασφάλιση της αειφορίας των βιοκαυσίμων από μεριά Ευρωπαϊκής Ένωσης, χαρακτηριστικότερο παράδειγμα αποτελεί το παρακάτω άρθρο από την οδηγία 2009/28/ΕΚ, με την οποία θα ασχοληθούμε εκτενέστερα παρακάτω [102]:

" Άρθρο 5: Κριτήρια αειφορίας για τα βιοκαύσιμα και τα βιορευστά. (Άρθρο 17 Οδηγίας 2009/28/ΕΚ και άρθρο 7β Οδηγίας 98/70/ΕΚ όπως τροποποιήθηκε με το άρθρο 1 περ. 6 της Οδηγίας 2009/30/ΕΚ)

1. Ανεξαρτήτως του εάν οι πρώτες ύλες καλλιεργούνται εντός ή εκτός της επικράτειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η ενέργεια από τα βιοκαύσιμα και τα βιορευστά λαμβάνεται υπόψη για τους σκοπούς που αναφέρονται στα στοιχεία α), β) και γ) της παρούσας παραγράφου και στο άρθρο 15B του ν. 3054/2002 που προστίθεται με το άρθρο 4 του νόμου αυτού, καθώς και για τους σκοπούς του ν. 3468/2006 όπως ισχύει, μόνον εφόσον πληρούν τα κριτήρια αειφορίας των παρ. 2 έως και 6 του παρόντος άρθρου: α) για την αξιολόγηση της τήρησης των απαιτήσεων ως προς τους εθνικούς στόχους, β) για την αξιολόγηση της τήρησης των υποχρεώσεων που αφορούν την ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές, γ) για τον προσδιορισμό της επιλεξιμότητας για χρηματοδοτική υποστήριξη για την κατανάλωση βιοκαυσίμων και βιορευστών. Ωστόσο, για να λαμβάνονται υπόψη για τους σκοπούς που απαριθμούνται στο πρώτο εδάφιο της παρούσας παραγράφου, τα βιοκαύσιμα και τα βιορευστά από απόβλητα και υπολείμματα, πλην των υπολειμμάτων υδατοκαλλιεργειών και αλιείας και των γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων, χρειάζεται να τηρούν μόνον τα κριτήρια αειφορίας που ορίζονται στην παρ. 2.

2. Η μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου που επιτυγχάνεται με τη χρήση βιοκαυσίμων και βιορευστών, τα οποία λαμβάνονται υπόψη για τους σκοπούς που αναφέρονται στην παρ. 1, πρέπει να είναι τουλάχιστον 35%. Από την 1η Ιανουαρίου 2017, η μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου που επιτυγχάνεται με τη χρήση βιοκαυσίμων και βιορευστών, τα οποία λαμβάνονται υπόψη για τους σκοπούς που αναφέρονται στην παρ. 1, πρέπει να είναι τουλάχιστον 50%. Από την 1η Ιανουαρίου 2018 η συγκεκριμένη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου θα είναι τουλάχιστον 60% για τα βιοκαύσιμα και τα βιορευστά που παράγονται σε εγκαταστάσεις, των οποίων η παραγωγή θα έχει αρχίσει από την 1η Ιανουαρίου 2017 ή και μετά και λειτουργούν νόμιμα βάσει της σχετικής

αδειοδότησής τους. Η μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου που επιτυγχάνεται με τη χρήση βιοκαυσίμων και βιορευστών υπολογίζεται σύμφωνα με το άρθρο 7. Στην περίπτωση βιοκαυσίμων και βιορευστών που έχουν παραχθεί από εγκαταστάσεις που λειτουργούσαν την 23η Ιανουαρίου 2008, όπως προκύπτει από την αντίστοιχη αδειοδότησή τους, το πρώτο εδάφιο της παρούσας παραγράφου εφαρμόζεται από 1ης Απριλίου 2013 και μετά.

3. Τα βιοκαύσιμα και τα βιορευστά που λαμβάνονται υπόψη για τους σκοπούς που αναφέρονται στην παρ. 1 δεν πρέπει να έχουν παραχθεί από πρώτες ύλες προερχόμενες από εδάφη με υψηλή αξία βιοποικιλότητας και ειδικό καθεστώς προστασίας, δηλαδή από εδάφη που είχαν έναν από τους ακόλουθους χαρακτηρισμούς τον Ιανουάριο 2008 ή μετέπειτα, ανεξαρτήτως εάν τα εδάφη αυτά εξακολουθούν να έχουν αυτόν τον χαρακτηρισμό: α) πρωτογενή δάση και άλλες δασώδεις εκτάσεις, ήτοι δάση και άλλες δασώδεις εκτάσεις γηγενών ειδών (όπως θαμνώνες), εφόσον δεν υπάρχει σαφής ένδειξη ανθρώπινης δραστηριότητας και δεν έχουν διαταραχθεί σημαντικά οι οικολογικές διεργασίες, καθώς και αναδασωτές εκτάσεις, β) περιοχές: i) των οποίων η φύση έχει κηρυχθεί ως προστατευόμενη εκ του νόμου ή από τη σχετική αρμόδια αρχή, όπως οι περιοχές απόλυτης προστασίας της φύσης και οι περιοχές προστασίας της φύσης όπως ορίζονται με βάση τους ν. 3937/2011 (ΦΕΚ Α'60) και ν. 1650/1986 (ΦΕΚ Α'160) όπως ισχύουν και με δεδομένο ότι έχουν οριοθετηθεί, ή ii) για την προστασία σπάνιων, απειλούμενων ή υπό εξαφάνιση οικοσυστημάτων ή ειδών, αναγνωρισμένες από διεθνείς συμφωνίες ή περιλαμβανόμενες σε καταλόγους που καταρτίζονται από διακυβερνητικές οργανώσεις ή τη Διεθνή Ένωση για τη Διατήρηση της Φύσης και των Φυσικών Πόρων, με την επιφύλαξη της αναγνώρισής τους σύμφωνα με τη διαδικασία του άρθρου 18 παρ. 4 δεύτερο εδάφιο της Οδηγίας 2009/28/ΕΚ. Σε αυτές περιλαμβάνονται οι προστατευόμενες περιοχές του δικτύου Natura 2000 (Ζώνες Ειδικής Προστασίας/ΖΕΠ και Ειδικές Ζώνες Διατήρησης/ΕΖΔ), οι οποίες εξαιρούνται στο σύνολο τους και μέχρι την ολοκλήρωση των σχεδίων διαχείρισης και τον καθορισμό των χρήσεων γης και των επιτρεπόμενων δραστηριοτήτων, οι οποίες θα ισχύουν στο εξής. Για τις περιοχές αυτές και για το χρονικό διάστημα μέχρι την ολοκλήρωση των σχεδίων διαχείρισης, με απόφαση των Υπουργών Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής και Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, δύναται να καθορίζονται οι χρήσεις γης και οι επιτρεπόμενες δραστηριότητες στο μεταβατικό στάδιο, κατά προτεραιότητα στις περιοχές όπου ήδη καλλιεργούνται ενεργειακά φυτά, εκτός εάν υποβάλλονται στοιχεία που αποδεικνύουν ότι η παραγωγή των εν λόγω πρώτων υλών δεν θίγει τους ανωτέρω σκοπούς προστασίας της φύσης, γ) λειμώνες υψηλής βιοποικιλότητας: i) φυσικοί λειμώνες υψηλής βιοποικιλότητας, ήτοι λειμώνες οι οποίοι θα παραμείνουν λειμώνες ελλείψει ανθρώπινων δραστηριοτήτων και στους οποίους διατηρούνται η σύνθεση των φυσικών ειδών και τα οικολογικά χαρακτηριστικά και διεργασίες, ή ii) μη φυσικοί λειμώνες υψηλής βιοποικιλότητας, ήτοι λειμώνες οι οποίοι θα παύσουν να είναι λειμώνες ελλείψει ανθρώπινων δραστηριοτήτων και οι οποίοι παρουσιάζουν μεγάλο πλούτο ειδών και καμία υποβάθμιση, εκτός αν αποδεικνύεται ότι η συγκομιδή πρώτων υλών είναι απαραίτητη για τη διατήρηση του χαρακτηρισμού τους ως

λειμώνων.

4. Τα βιοκαύσιμα και βιορευστά που λαμβάνονται υπόψη για τους σκοπούς που αναφέρονται στην παρ. 1 δεν πρέπει να έχουν παραχθεί από πρώτες ύλες προερχόμενες από εκτάσεις υψηλών αποθεμάτων άνθρακα, δηλαδή από εκτάσεις που είχαν τον Ιανουάριο 2008 και δεν έχουν πλέον ένα από τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: α) υγροβιότοποι, δηλαδή εκτάσεις καλυπτόμενες ή κορεσμένες από νερό είτε μόνιμα είτε για σημαντικό μέρος του έτους, β) συνεχώς δασωμένες περιοχές, δηλαδή εκτάσεις με επιφάνεια μεγαλύτερη από 1 εκτάριο, με δένδρα ύψους άνω των 5 μέτρων και με συγκόμωση μεγαλύτερη του 30%, ή με δένδρα που έχουν τη δυνατότητα να φθάσουν, επιτόπου, τα όρια αυτά, γ) εκτάσεις με επιφάνεια μεγαλύτερη από 1 εκτάριο, με δένδρα ύψους άνω των 5 μέτρων και με συγκόμωση μεταξύ 10% και 30%, ή με δένδρα που έχουν τη δυνατότητα να φθάσουν, επιτόπου, τα όρια αυτά, εκτός αν παρασχεθούν στοιχεία σύμφωνα με τα οποία τα αποθέματα άνθρακα στη συγκεκριμένη περιοχή πριν και μετά τη μετατροπή είναι τέτοια που, εάν εφαρμοστεί η μεθοδολογία που καθορίζεται στο Παράρτημα, πληρούνται οι προϋποθέσεις που καθορίζονται στην παράγραφο 2 του παρόντος άρθρου. Οι διατάξεις της παρούσας παραγράφου δεν εφαρμόζονται σε περίπτωση που κατά τον χρόνο λήψης των πρώτων υλών η έκταση είχε τα ίδια χαρακτηριστικά με εκείνα που είχε τον Ιανουάριο 2008.

5. Τα βιοκαύσιμα και τα βιορευστά που λαμβάνονται υπόψη για τους σκοπούς που αναφέρονται στην παρ. 1 δεν πρέπει να παράγονται από πρώτες ύλες που προέρχονται από εκτάσεις που είχαν χαρακτηριστεί τυρφώνες τον Ιανουάριο 2008, εκτός εάν αποδειχτεί ότι η καλλιέργεια και η συγκομιδή της συγκεκριμένης πρώτης ύλης δεν συνεπάγεται την αποξήρανση προηγουμένως μη αποξηραμένου εδάφους.

6. Οι γεωργικές πρώτες ύλες που καλλιεργούνται εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης και χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοκαυσίμων και βιορευστών, τα οποία λαμβάνονται υπόψη για τους σκοπούς που αναφέρονται στην παρ. 1, πρέπει να λαμβάνονται τηρώντας τις δεσμεύσεις της πολλαπλής συμμόρφωσης και τις κανονιστικές απαιτήσεις και πρότυπα διαχείρισης που προβλέπονται στο Σημείο Α «Περιβάλλον» και στην παράγραφο 9 του Παραρτήματος II του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 73/2009 του Συμβουλίου, της 19ης Ιανουαρίου 2009, σχετικά με τη θέσπιση κοινών κανόνων για τα καθεστώτα άμεσης στήριξης για τους γεωργούς στο πλαίσιο της κοινής γεωργικής πολιτικής και τη θέσπιση ορισμένων καθεστώτων στήριξης για τους γεωργούς και σύμφωνα με τις στοιχειώδεις απαιτήσεις για την καλή γεωργική και περιβαλλοντική κατάσταση που καθορίζονται στο άρθρο 6 παρ. 1 και το Παράρτημα III του ίδιου Κανονισμού. Η επαλήθευση της τήρησης του κριτηρίου αυτού βασίζεται στους ελέγχους που διενεργεί το ισχύον ελεγκτικό σύστημα και συγκεκριμένα ο οργανισμός πληρωμών των αγροτικών ενισχύσεων. Το ελεγκτικό σύστημα της παρούσας παραγράφου εφαρμόζεται υποχρεωτικά και στους γεωργούς που προμηθεύουν πρώτες ύλες για βιοκαύσιμα ή βιορευστά και δεν καλύπτονται από αυτό υπό

άλλες συνθήκες.

7. Με κοινές αποφάσεις των Υπουργών Οικονομικών, Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής και Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, δύναται να ρυθμίζεται κάθε ειδικότερο θέμα και αναγκαία λεπτομέρεια εφαρμογής του άρθρου αυτού. "

Τα αντίστοιχα παραδείγματα ανά τον κόσμο είναι πολλά. Εδώ αναφέρουμε χαρακτηριστικά τα εξής:

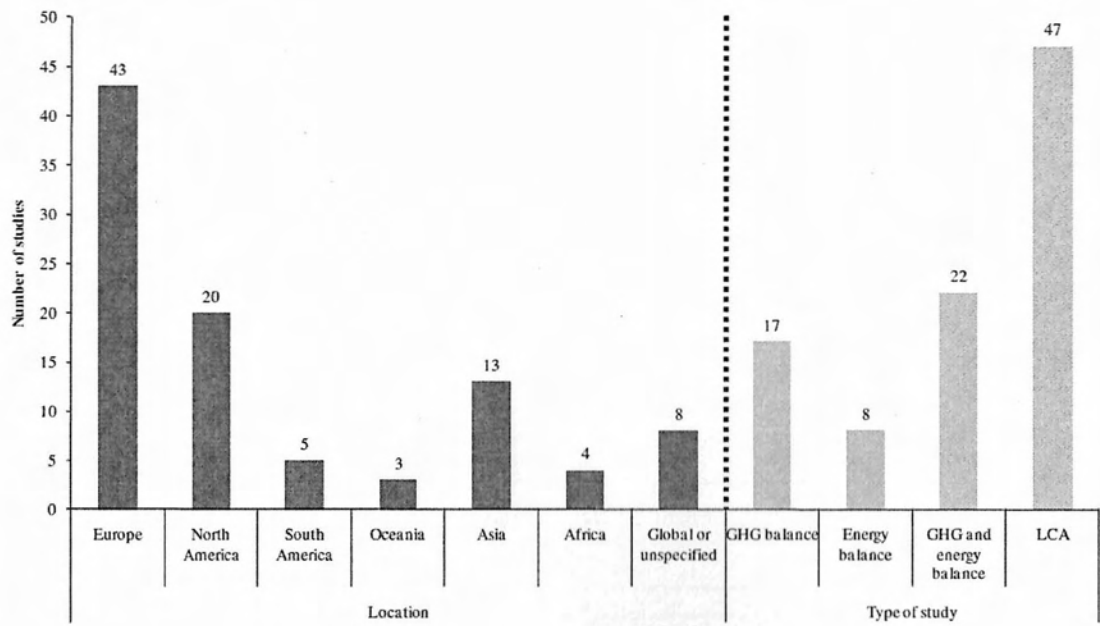
- Η Καναδική Νομοθετική Πράξη IC-33 για την Προστασία του Περιβάλλοντος
- Στις ΗΠΑ το Πρότυπο για τα Ανανεώσιμα Καύσιμα (Renewable Fuel Standard- RFS2)
- Στην Αργεντινή ο νόμος 26.093 για τα βιοκαύσιμα του 2006, που τέθηκε σε εφαρμογή το Φεβρουάριο του
- Στη Βραζιλία το 1975 παρουσιάστηκε το Εθνικό Πρόγραμμα Pró-álcool με επίκεντρο την παραγωγή αιθανόλης από ζαχαροκάλαμο, και το Εθνικό Πρόγραμμα για την Παραγωγή και Χρήση Βιοντίζελ (PNPB) που εγκαινιάστηκε το 2005
- Στην Κίνα το Εθνικό Πρόγραμμα για την Προώθηση της Βιοαιθανόλης ξεκίνησε το 2002
- καθώς και η Εθνική Πολιτική για τα Βιοκαύσιμα σε Ινδία αλλά και Μαλαισία.

7 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ

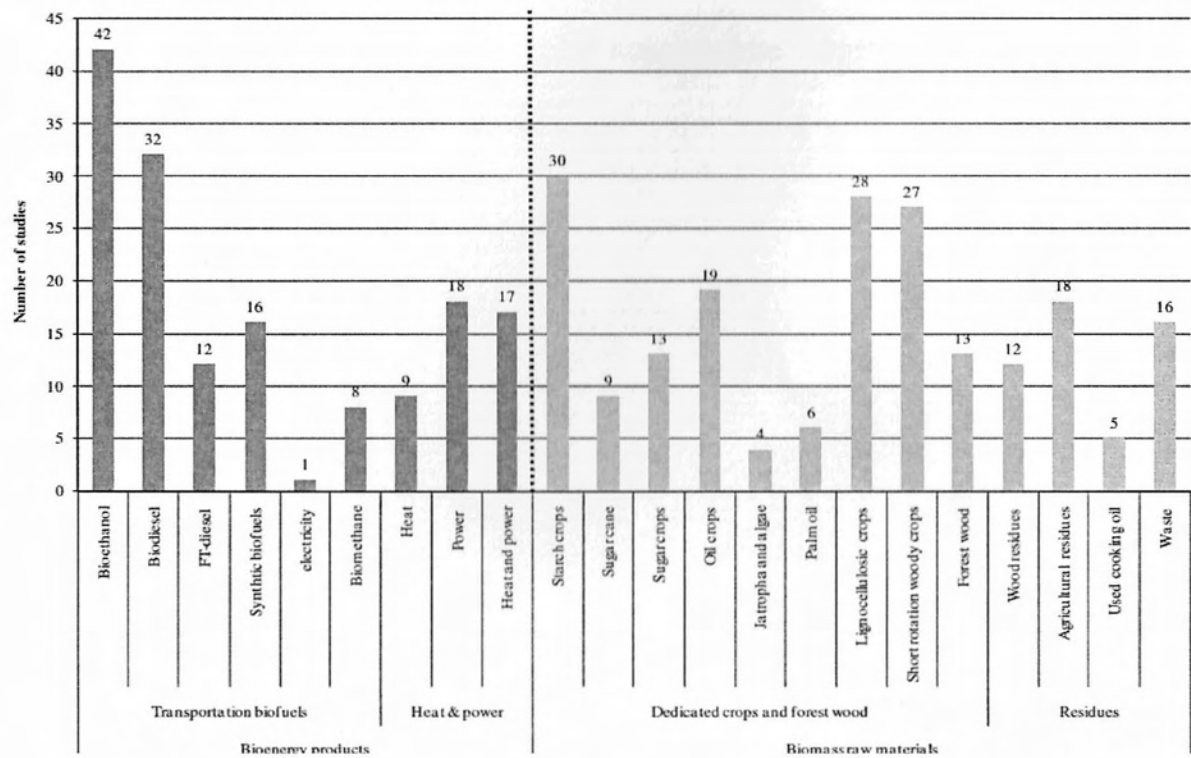
7.1 Ιστορική Αναδρομή

Οι πρώιμες μελέτες AKZ προϊόντων και υλικών χρονολογούνται από τα τέλη της δεκαετίας του '60 και του '70, και επικεντρώθηκαν σε θέματα όπως η ενεργειακή απόδοση, η κατανάλωση πρώτων υλών και, σε μικρότερο βαθμό, η διάθεση των αποβλήτων, καθώς η εκμετάλλευση της ενέργειας θεωρούταν σημαντικότερη. Το 1969, για παράδειγμα, η εταιρία Coca-Cola στις ΗΠΑ χρηματοδότησε μια μελέτη για να συγκρίνει την κατανάλωση πόρων και τις εκροές στο περιβάλλον που σχετιζόταν με τους διάφορους τύπους δοχείων ποτών. Σχεδόν παράλληλα, στην Ευρώπη, μια παρόμοια προσέγγιση απογραφής κατανάλωσης ενέργειας/επιπτώσεων αναπτύσσονταν, που αργότερα έγινε γνωστή ως «Οικολογική Ισορροπία» (Ecobalance). Το 1972, στο Ηνωμένο Βασίλειο, ο Ian Boustead υπολόγισε τη συνολική ενέργεια που χρησιμοποιείται στην παραγωγή διαφόρων τύπων δοχείων ποτών, όπως γυαλί, πλαστικό, χάλυβας και αλουμίνιο [103]. Παρά την λεγόμενη Πετρελαϊκή Κρίση της δεκαετίας του '70 και το ενδιαφέρον για τις AKZ, έφτασαν σε άνθιση γύρω στα μέσα της δεκαετίας του '80 και του '90, διευρύνοντας παράλληλα και το φάσμα των αντικειμένων τους. Ο κύκλος ζωής των βιοκαυσίμων αποτελεί ένα από τα κατ' εξοχήν αντικείμενά τους. Οι πρώτες AKZ επικεντρώθηκαν σε μεγάλο βαθμό με την εισαγωγή ορυκτών καυσίμων στο κύκλο παραγωγή των βιοκαυσίμων, και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Με την πάροδο των ετών οι AKZ άρχισαν να ασχολούνται με ένα όλο και ευρύτερο φάσμα.

Στα παρακάτω Διαγράμματα, 7-1.1 και 7-1.2, μπορούμε να δούμε την γεωγραφική κατανομή και τον τύπο των AKZ, τα τελευταία χρόνια, όπως την κατέγραψαν οι Cherubini και Strømman [94] το 2010, καθώς και τον τύπο των προϊόντων βιοενέργειας και πρώτων υλών βιομάζας που καλύπτονται από τις μελέτες.



Διάγραμμα 7-1.1: Γεωγραφική Κατανομή και Τύπος ΑΚΖ Βιοκαυσίμων. Πηγή: [94]



Διάγραμμα 7-1.2: Τύπος των Προϊόντων Βιοενέργειας και Πρώτων Υλών Βιομάζας που καλύπτονται από τις μελέτες. Πηγή: [94]

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής αποτελεί μία τεχνική εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με κάθε στάδιο της ζωή ενός προϊόντος, όπως καταδεικνύει και ο όρος "Κύκλος Ζωής", δηλαδή από την εξαγωγή των πρώτων υλών και την επεξεργασία τους, την κατασκευή, διανομή, χρήση, συντήρηση και την επισκευή, την απόρριψη ή ανακύκλωση, όπως απαιτεί μια ολιστική προσέγγιση. Στην περίπτωση των βιοκαυσίμων βασικά στάδια αποτελούν την ανάπτυξη και τη συγκομιδή της πρώτης της σε μια μονάδα μετατροπής, τη διαδικασία μετατροπής της, τη μεταφορά του καυσίμου στο σημείο πώλησης, την καύση του, και την επίδραση των αποβλήτων και των παραπροϊόντων τους.

Η ΑΚΖ μας δίνει τη δυνατότητα να μπορούμε να συγκρίνουμε σε όλο το εύρος τους τις επιπτώσεις σχετικά με τα προϊόντα και τις υπηρεσίες, με απώτερο στόχο την βελτίωση των κατεργασιών, των πολιτικές προώθησης και της παροχή μιας στερεής βάσης αποφάσεων [104].

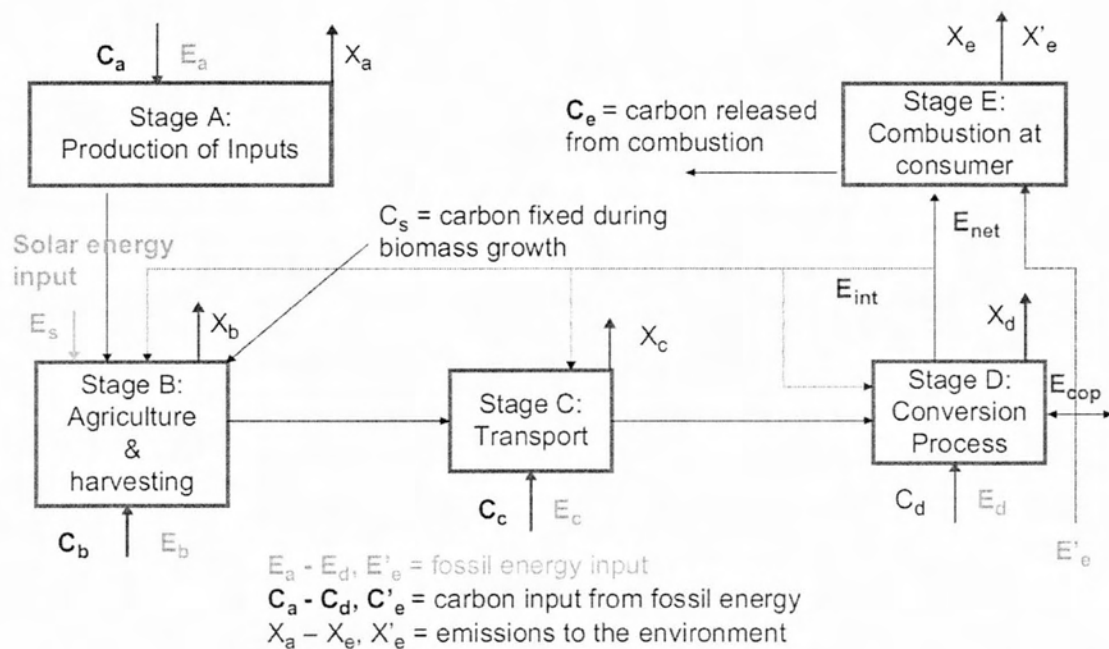
Υπάρχουν δύο τύποι προσεγγίσεων των ΑΚΖ [105, 106]:

- η *Attributional- LCA* (ΑΚΖ- Καταμερισμού), που στόχος της είναι να διαπιστώσει τις επιπτώσεις που σχετίζονται με τη παραγωγή και χρήση ενός προϊόντος (ή υπηρεσίας ή ακόμα και μιας μεμονωμένης διεργασίας) σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή, συνήθως στο πρόσφατο παρελθόν. Προσδιορίζονται οι επιμέρους διαδικασίες του κύκλου του προϊόντος και κατανέμονται οι ενεργειακές απαιτήσεις και οι εκπομπές κάθε διαδικασίας μεταξύ των διαφορετικών προϊόντων της διεργασίας, και

- η *Consequential- LCA* (ΑΚΖ- Συνεπειών), που προσπαθεί να εντοπίζει τις επιπτώσεις που θα έχει μια μελλοντική απόφαση ή αλλαγή στο σύστημα που εξετάζει, πράγμα που σημαίνει ότι παράγοντες όπως οι αγορές και λοιποί οικονομικοί παράγοντες εμπλέκονται σε αυτή. Λαμβάνει υπόψη τις επιδράσεις των διεργασιών που εμπλέκονται άμεσα στην παραγωγή ενός δεδομένου προϊόντος και όλες τις έμμεσες επιδράσεις, όπως οι δευτερογενείς και τριτογενείς συνέπειες της εισαγωγής του προϊόντος στην αγορά. Ιστορικά, οι ΑΚΖ αυτού του είδους διεξήχθησαν βάσει οικονομικών ισοζυγίων, συνήθως σε επίπεδο χώρας, αλλά πρόσφατα επεκτάθηκαν και στην παγκόσμια οικονομία.

Αναπτύσσεται επίσης και η Κοινωνική-ΑΚΖ που έχει στόχο να εστιάσει κυρίως στις πιθανές επιπτώσεις στο κοινωνικό κομμάτι των διεργασιών.

Στο παρακάτω Διάγραμμα 7-1.3, φαίνεται η ροή υλών και οι αλληλεπιδράσεις με το περιβάλλον σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός βιοκαυσίμου.



Διάγραμμα 7-1.3: Ροή υλών και αλληλεπιδράσεις με το περιβάλλον σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός βιοκαυσίμου. Πηγή: [37]

7.2 Κύρια στάδια της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

Όπως φαίνεται χαρακτηριστικά στο Διάγραμμα 7-2.1, αλλά και βάσει των προτύπων ISO 14040 και ISO 14044, η ΑΚΖ αποτελείται από τέσσερις διακριτές και συχνά αλληλοεξαρτώμενες φάσεις, καθώς η κάθε μία από αυτές ορίζει ως ένα βαθμό το πώς θα ολοκληρωθεί μία άλλη [103, 104], [107],[78].



Διάγραμμα 7-2.1: Κύρια Στάδια μίας Ανάλυσης Κύκλου Ζωής. Πηγή: [78]

7.2.1 Καθορισμός του Σκοπού και του Πλαισίου της Μελέτης

Το πρώτο στάδιο μιας ΑΚΖ ξεκινάει με μια σαφή δήλωση του στόχου και, ως εκ τούτου, του πεδίου εφαρμογής της μελέτης, διαδικασία που προβλέπεται και από τα πρότυπα πιστοποίησης ISO. Προσδιορίζεται και περιγράφεται το προϊόν (στην περίπτωσή μας το βιοκαύσιμο) και οι διεργασίες που είναι απαραίτητες για την παραγωγή του. Οριοθετείται επίσης το πλαίσιο όπου θα διεξαχθεί η μελέτη και προσδιορίζονται τα όρια και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τη διάρκεια της μελέτης. Πιο αναλυτικά, περιλαμβάνει:

- Τον σκοπό της εργασίας, να επιλεγθεί δηλαδή το καλύτερο δυνατό τελικό προϊόν με τις λιγότερες αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον και, στη συνέχεια, τον τύπο των πληροφοριών που είναι απαραίτητες για προσδιορισμό των παραμέτρων της μελέτης.

- Τον τρόπο οργάνωσης των δεδομένων.

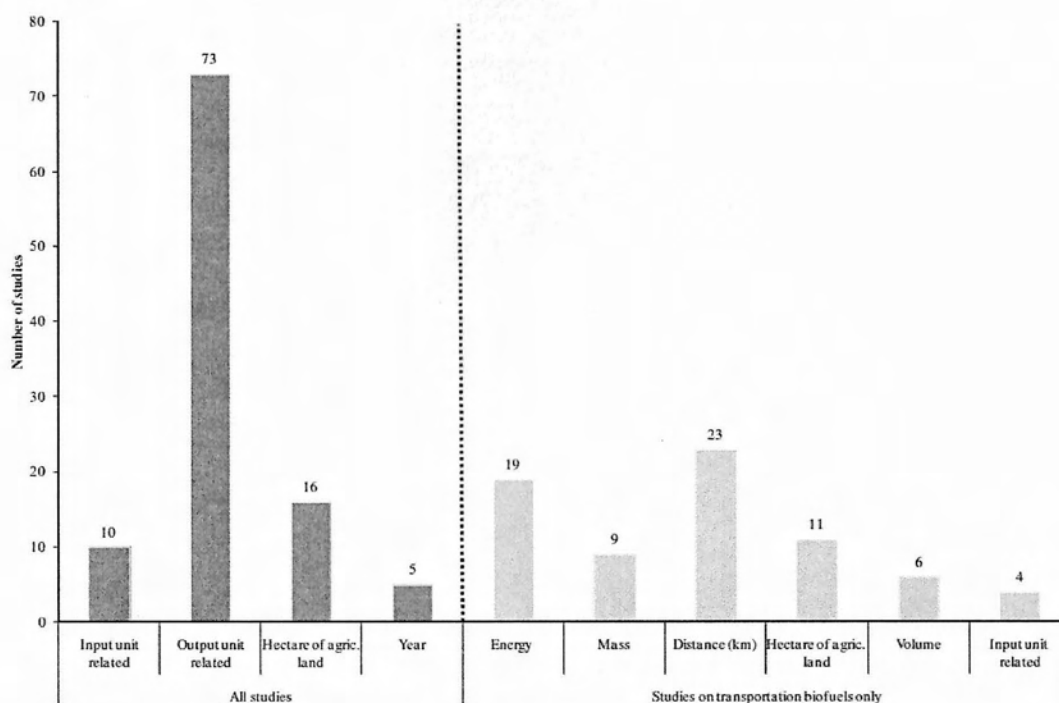
- Τα στάδια του κύκλου ζωής του προϊόντος που θα περιλαμβάνει η εκτίμηση του κύκλου ζωής, κάτι που εξαρτάται από το σκοπό, την ακρίβεια των αποτελεσμάτων, τον χρόνο και τις πηγές που έχουν οι ερευνητές στη διάθεσή τους.

- Την ακρίβεια των δεδομένων, η οποία καθορίζεται από το κοινό στο οποίο θα παρουσιαστούν τα τελικά αποτελέσματα, την κρισιμότητα της τελικής απόφασης και το χρηματικό ποσό που απαιτείται για την πραγματοποίησή της.

- Τους διαδικαστικούς κανόνες, που, μεταξύ άλλων περιλαμβάνουν, την τεκμηρίωση των υποθέσεων και των παραδοχών που πρέπει αναγκαστικά να γίνουν, καθώς και τις διαδικασίες διασφάλισης της ποιότητας.

7.2.2 Συλλογή και Απογραφή Δεδομένων (Life Cycle Inventory)

Σε δεύτερη φάση, συλλέγονται και οργανώνονται όλα τα δεδομένα που έχουν σχέση με την εκτίμηση του κύκλου ζωής, δηλαδή οι απαιτήσεις σε νερό, ενέργεια, πρώτες ύλες, σαν εισροές και, σαν εκροές, οι εκπομπές στον αέρα, τη γη και το νερό, για κάθε μία από τις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα, που μπορεί να ανέρχονται ακόμα και σε εκατοντάδες. Χωρίς την Απογραφή δεν υπάρχει η απαραίτητη βάση για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιδράσεων και των πιθανών βελτιώσεων τους, καθώς και το επίπεδο της ακρίβειας και της λεπτομέρειας των αποτελεσμάτων που συγκεντρώνονται καθορίζουν την πορεία της ΑΚΖ. Σε αυτό το στάδιο ορίζεται επίσης ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία μιας μελέτης ΑΚΖ αυτό της Λειτουργικής Μονάδας (Functional Unit), η οποία αποτελεί ένα ποσοτικό μέτρο και αποσκοπεί στην ασφαλή σύγκριση προϊόντων ή συστημάτων [108]. Ο καθορισμός μιας λειτουργικής μονάδας πιθανό να είναι δύσκολος, καθώς αυτή πρέπει να είναι ακριβής και συγκρίσιμη έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ολόκληρη τη μελέτη. Στο Διάγραμμα 7-2.2 παρουσιάζεται η επιλογή λειτουργικής μονάδας σε μία σειρά μελετών.



Διάγραμμα 7-2.2: Επιλογή της λειτουργικής μονάδας σε μία σειρά μελετών. Πηγή: [94]

Αποτελεί φυσικά μια χρονοβόρα διαδικασία που εμπεριέχει σε μεγάλο βαθμό τον κίνδυνο της παράληψης πληροφοριών που επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα. Τα βασικά βήματα της, σύμφωνα με την Environmental Protection Agency (EPA) [107], είναι:

1. Ανάπτυξη διαγράμματος ροής

Εδώ, το σύστημα ορίζεται ως μια συλλογή από διεργασίες που συνδέονται μεταξύ τους, τόσο υλικά όσο και ενεργειακά (διαδικασία εξόρυξης- παραγωγής- μεταφοράς), οι οποίες παρουσιάζουν κάποιες καθορισμένες λειτουργίες. Σε ένα διάγραμμα ροής απεικονίζονται όλες οι εισροές και οι εκροές του συστήματος κατά τη διάρκεια μιας διεργασίας. Το σύστημα και τα όριά του (που καθορίστηκαν προηγουμένως) διαφέρουν σε κάθε μελέτη ΑΚΖ. Οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα μέσα στο σύστημα συνδέονται μεταξύ τους και σχηματίζουν μια ολοκληρωμένη εικόνα των εισροών και των εκροών του συστήματος. Επίσης, προσδιορίζονται τα παραπροϊόντα. Μια διεργασία μπορεί να παράξει περισσότερα από ένα προϊόντα και θα ήταν μάλλον άστοχο να αποδοθούν αποκλειστικά στο βασικό προϊόν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Θα πρέπει να βρεθούν τρόποι αντικατάστασης των παραπροϊόντων και υπολογισμού των επιβαρύνσεών τους και στη συνέχεια να αφαιρεθούν από το σύστημα. Σε περίπτωση που τα παραπάνω δεν είναι δυνατά, τότε θα πρέπει να υπολογιστούν οι επιβαρύνσεις τους με βάση κάποια κριτήρια, όπως είναι η οικονομική τους αξία ή μια φυσική τους ιδιότητα, όπως πχ βάρος ή ενεργειακό περιεχόμενο. Στο κομμάτι αυτό των παραπροϊόντων θα αναφερθούμε εκτενέστερα παρακάτω.

Στη συνέχεια το κύριο σύστημα χωρίζεται σε υποσυστήματα, για τα οποία ακολουθείται η ίδια διαδικασία, σε μεγαλύτερο βάθος, με το τέλος της οποίας έχουμε τις απαραίτητες πληροφορίες για το κύριο σύστημα.

2. Ανάπτυξη πλάνου συλλογής δεδομένων

Αρχικά προσδιορίζονται τα *κριτήρια ποιότητας των δεδομένων*, τα οποία παρέχουν ένα πλαίσιο για την εξισορρόπηση του χρόνου και των πόρων που θα διατεθούν σε σχέση με την ποιότητα των δεδομένων. Στη συνέχεια πρέπει να προσδιοριστούν οι *δείκτες ποιότητας των δεδομένων*, που αποτελούν πρότυπα, όπως η ακρίβεια, η πληρότητα, η αντιπροσωπευτικότητα, η συνέπεια και η επαναληψιμότητα, με τα οποία συγκρίνονται τα δεδομένα που συλλέχθηκαν, προκειμένου να διαπιστωθεί αν επιτεύχθηκε η απαιτούμενη ποιότητά τους. Γίνεται κατηγοριοποίηση των δεδομένων με βάση την πηγή προέλευσης τους και τον τύπο τους, για κάθε στάδιο του κύκλου ζωής, ώστε να επιτυγχάνεται η επιθυμητή ακρίβεια και ποιότητα, αλλά ταυτόχρονα να μειώνεται και ο συνολικός χρόνος της διαδικασίας. Τελευταίο βήμα αποτελεί η ανάπτυξη μιας *λίστας ελέγχου* η οποία βοηθά στην ανάπτυξη μιας βάσης δεδομένων, η οποία αποτελεί απαραίτητο εργαλείο για

οργανισμούς και επιχειρήσεις που ειδικεύονται στην ΑΚΖ.

3. Συλλογή δεδομένων

Εδώ συμπληρώνεται το διάγραμμα ροής και το φύλλο εργασίας με αριθμητικά δεδομένα, η συλλογή των οποίων περιλαμβάνει πρωτογενή έρευνα, αναζήτηση σε βάσεις δεδομένων και επαφή με ειδικούς. Η πολυπλοκότητα αυτού του βήματος εντοπίζεται στο γεγονός ότι κάποια δεδομένα είναι δύσκολο, και μερικές φορές αδύνατο να συλλεχθούν. Επιπλέον, τα διαθέσιμα δεδομένα είναι μερικές φορές δύσκολο να μετατραπούν ώστε να εφαρμοστούν στη λειτουργική μονάδα που έχουμε επιλέξει ή ακόμα και στη διεργασία που μας ενδιαφέρει.

4. Εκτίμηση και τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων

Αποτελεί απαραίτητο βήμα, καθώς σε περίπτωση που διαπιστωθεί αργότερα ότι η ακρίβεια των αποτελεσμάτων δεν είναι ικανοποιητική, θα πρέπει να επαναληφθεί η διαδικασία της εκτίμησης της ακρίβειας, πράγμα που απαιτεί περισσότερο χρόνο και χρήμα. Εξαιτίας της ποικιλίας της ποιότητας των δεδομένων της απογραφής, κρίνεται απαραίτητη η διεξαγωγή *ανάλυσης ευαισθησίας* για να διαπιστωθεί η αβεβαιότητα των δεδομένων και τα κενά τους που μπορεί να επηρεάζουν τα τελικά συμπεράσματα της μελέτης.

7.2.3 Εκτίμηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Life Cycle Impact Assessment)

Σε αυτό το στάδιο εκτιμώνται οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον από τις περιβαλλοντικές πηγές και τις εκροές. Η διαδικασία της αξιολόγησης των επιπτώσεων του κύκλου ζωής αποτελεί συστηματική διαδικασία για την κατάταξη και τον χαρακτηρισμό των τύπων των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, και επίσης αποτελεί μια καλή βάση για συγκρίσεις μεταξύ συστημάτων.

Τα παρακάτω βήματα συμπεριλαμβάνονται στην εκτίμηση των επιπτώσεων κύκλου ζωής:

- *Συλλογή και καθορισμός των κατηγοριών των επιπτώσεων*, όπου επιλέγονται οι κατηγορίες που θα εξεταστούν ως τμήματα της γενικής αξιολόγησης των επιπτώσεων (πχ φαινόμενο του θερμοκηπίου, επίδραση στην χλωρίδα και πανίδα).

- *Κατάταξη*, των αποτελεσμάτων πολλαπλών κατηγοριών επιπτώσεων, είτε μέσω της διάθεσης μια αντιπροσωπευτικής μερίδας των αποτελεσμάτων της απογραφής του κύκλου

ζωής στις κατηγορίες των επιπτώσεων στις οποίες συμβάλλουν, ή μέσω της ταξινόμησης των αποτελεσμάτων της απογραφής του κύκλου ζωής σε όλες τις κατηγορίες επιπτώσεων στις οποίες συμβάλλουν.

- *Χαρακτηρισμός των επιπτώσεων*, χρησιμοποιεί παράγοντες μετατροπής βασισμένους σε επιστημονικά δεδομένα, που τους αποκαλεί παράγοντες χαρακτηρισμού (ή παράγοντες ισοδυναμίας), για να μετατρέψει και να συνδυάσει τα αποτελέσματα της απογραφής σε αντιπροσωπευτικούς δείκτες επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία και στη φύση. Μας παρέχει έναν τρόπο άμεσης σύγκρισης των αποτελεσμάτων της απογραφής του κύκλου ζωής μέσα σε κάθε κατηγορία επιπτώσεων

- *Κανονικοποίηση*, η οποία εκφράζει τις πιθανές επιπτώσεις με τρόπους που μπορούν να συγκριθούν. Για παράδειγμα, μπορεί να συγκρίνει τις επιπτώσεις που προκαλούν στην παγκόσμια θερμοκρασία το CO₂ και το CH₄.

- *Ομαδοποίηση των δεικτών*, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους, όπως οι εκπομπές (πχ εκπομπές στον αέρα και στο νερό) ή ανάλογα με τη γεωγραφική τους θέση (πχ τοπικοί, περιφερειακοί και παγκόσμιοι) και ταξινόμηση των δεικτών.

- *Στάθμιση*, όπου υπογραμμίζονται οι σημαντικότερες πιθανές επιπτώσεις και προσδιορίζονται τα επίπεδα συμμετοχής τους και τα σχετικά βάρη στους δείκτες επιπτώσεων.

- *Αξιολόγηση και έκθεση των αποτελεσμάτων*, που αποτελεί μια λίστα με τις σχετικές διαφορές στις δυνατές περιβαλλοντικές επιπτώσεις για κάθε επιλογή. Μπορεί, για παράδειγμα, να καθορίσει ποια προϊόντα ή διαδικασίες προκαλούν περισσότερα αέρια θερμοκηπίου ή μπορούν δυναμικά να προκαλέσουν σημαντικές βλάβες στη θαλάσσια ζωή.

Υπάρχουν βέβαια στάδια, όπως αυτό της κανονικοποίησης των αποτελεσμάτων, που μελέτες [94] και πρότυπα πιστοποίησης ISO υποστηρίζουν ότι καλό είναι να αποφεύγονται καθώς υπάρχει κίνδυνος να οδηγήσουν σε λάθος συμπεράσματα.

7.2.4 Ερμηνεία Αποτελεσμάτων

Αποτελεί την τελευταία φάση της εκτίμησης κύκλου ζωής, με την οποία επιτυγχάνεται η ταυτοποίηση, ο ποσοτικός προσδιορισμός, ο έλεγχος και η εκτίμηση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την απογραφή του κύκλου ζωής και την αξιολόγηση των επιπτώσεων του κύκλου ζωής, συνδέοντας όλα τα αποτελέσματα μεταξύ τους. Συνοπτικά, περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των σημαντικότερων περιβαλλοντικών επιπτώσεων, την αποτίμηση της πληρότητας, της ευαισθησίας και της συνοχής των δεδομένων (έλεγχος πληρότητας, ευαισθησίας, συνέπειας) και την εξαγωγή αποτελεσμάτων.

Αποτελεί μία αρκετά δύσκολη διαδικασία καθώς για να ερμηνεύσει κανείς τα αποτελέσματα θα πρέπει πρώτα να έχει κατανοήσει πλήρως υπό ποιές συνθήκες πραγματοποιήθηκε η μελέτη, την πληρότητα, τη συνοχή της, την ευαισθησία και ακρίβεια των αποτελεσμάτων, και να επιβεβαιώσει ότι αυτά ανταποκρίνονται στον στόχο της μελέτης. Ο καλύτερος ανάμεσα στους εναλλακτικούς τρόπους παραγωγής ενός προϊόντος, είναι αυτός που η ΑΚΖ του παρουσιάζει τις λιγότερες επιπτώσεις σε περιβαλλοντικό, κοινωνικό και οικονομικό επίπεδο.

7.3 Παραλλαγές Αναλύσεων Κύκλου Ζωής

Από τις παραλλαγές ΑΚΖ αυτές που συναντώνται συχνότερα στην βιβλιογραφία είναι η "cradle-to- grave" και -ειδικά για τα υγρά καύσιμα- η "well-to- wheel", με τις υποκατηγορίες της [109] [78].

Cradle-to-grave (Από-το-λίκνο-στον- τάφο)

Αποτελεί τη πλήρη Ανάλυση Κύκλου Ζωής από την εξόρυξη των πόρων ("λίκνο"), τη φάση της χρήσης και τέλος φάση της διάθεση των απορριμμάτων ("τάφος"). Όλες οι εισοδοι και έξοδοι εξετάζονται για όλες τις φάσεις του κύκλου ζωής. Αποτελεί την πιο ολιστική προσέγγιση ΑΚΖ.

Cradle-to-gate (Από-το-λίκνο-στη- πύλη)

Είναι μια μερική εκτίμηση του κύκλου ζωής του προϊόντος από την εξόρυξη των πόρων έως την πύλη του εργοστασίου (δηλαδή, πριν μεταφερθεί στον καταναλωτή). Η φάση της χρήσης και τη φάση διάθεσης του προϊόντος παραλείπονται σε αυτή την περίπτωση, αν και μπορούν να συμπεριληφθούν αργότερα, για μια πιο ολοκληρωμένη εκτίμηση. Αποτελεί επίσης μερικές φορές τη βάση για την πιστοποίηση των περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών μεταξύ επιχειρήσεων [110].

Cradle-to-cradle (Από-το-λίκνο-σε- λίκνο)

Αποτελεί ειδική κατηγορία της αξιολόγησης "cradle-to- grave", όπου στο τέλος του κύκλου ζωής ενός προϊόντος προχωράμε στην διαδικασία ανακύκλωσης του με στόχο τη παραγωγή νέων, όμοιων προϊόντων.

Gate-to-gate (Από-τη-πύλη-σε- πύλη)

Και αυτή η προσέγγιση αποτελεί μερική ΑΚΖ καθώς λαμβάνεται υπόψη για κάθε φορά

που πραγματοποιείται μία διαδικασία προστιθέμενης αξίας στην αλυσίδα παραγωγής. Αυτού του είδους οι αναλύσεις μπορούν αργότερα, συνδεόμενες μεταξύ τους, να σχηματίσουν μια πλήρη "cradle-to- gate" αξιολόγηση.

Well-to-wheel (Από-τη-γεώτρηση-στον- τροχό)

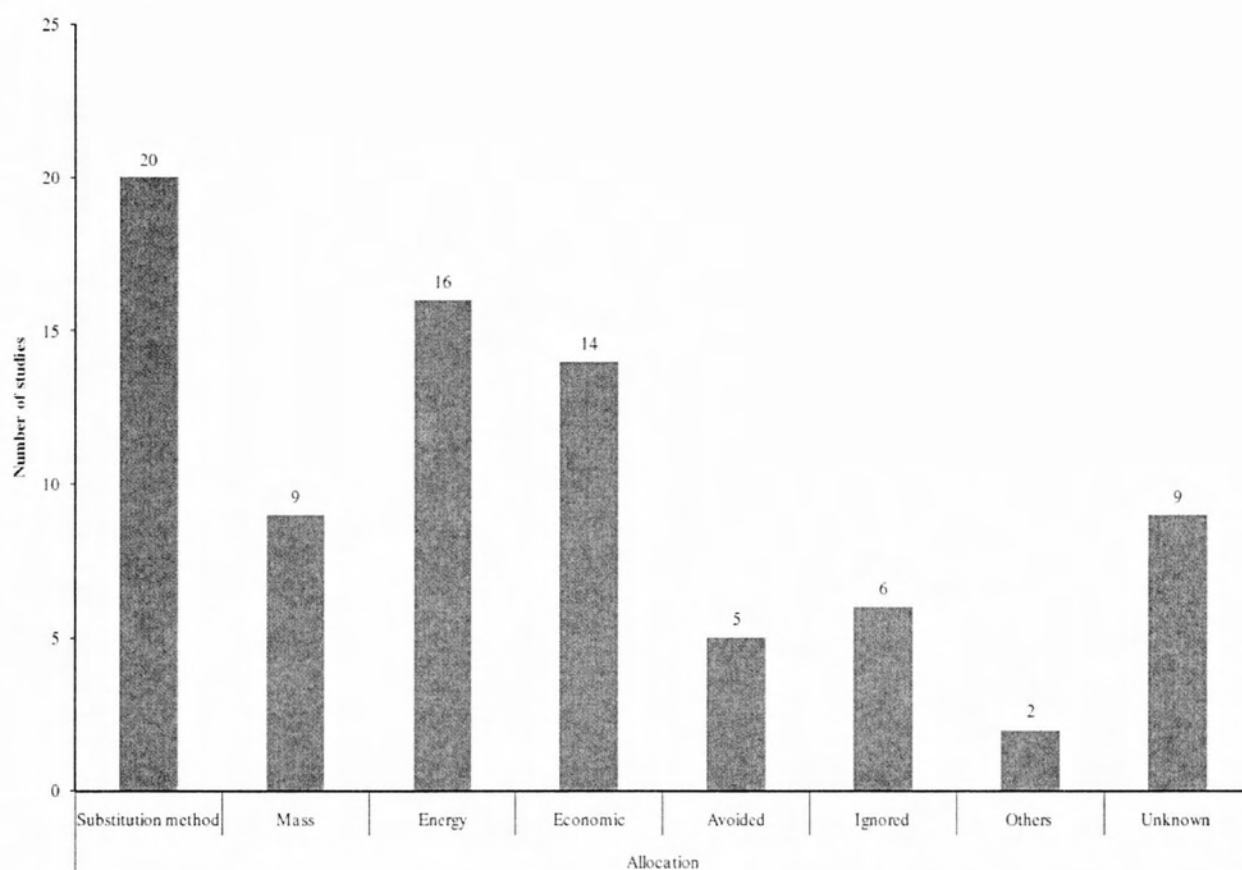
Είναι το συγκεκριμένο μοντέλο AKZ χρησιμοποιείται για τα καύσιμα των μεταφορών και των οχημάτων, όπως τα υγρά βιοκαύσιμα. Η ανάλυση συχνά χωρίζεται σε επιμέρους στάδια όπως "well-to-station", ή "well-to-tank", και "station-to-wheel" ή "tank-to-wheel", ή "plug-to-wheel". Το πρώτο στάδιο, το οποίο ενσωματώνει την παραγωγή πρώτων υλών ή καυσίμων, επεξεργασία και παροχή καυσίμου ή μεταφοράς ενέργειας, ονομάζεται και "προς τα πάνω" στάδιο (upstream stage), ενώ αυτό που ασχολείται με την ίδια τη λειτουργία του οχήματος μερικές φορές ονομάζεται "προς τα κάτω" στάδιο (downstream stage) [111]. Στο σύνολό της η ανάλυση χρησιμοποιείται συνήθως για την αξιολόγηση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, ή της απόδοσης της μετατροπής της ενέργειας και των επιπτώσεων των εκπομπών των διαφόρων οχημάτων.

Μία ενδιαφέρουσα παραλλαγή AKZ αποτελεί ένα μοντέλο που αναπτύχθηκε από το Argonne National Laboratory [112], όπου μέσω ενός "well-to- wheel" μοντέλου αξιολογεί τις επιπτώσεις της χρήσης των καυσίμων, και μέσω ενός "cradle-to-grave" προσδιορίζει τις επιπτώσεις των εκπομπών μόνο από το όχημα. Το μοντέλο περιλαμβάνει τη χρήση ενέργειας, τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, καθώς και ρύπους όπως πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οξειδία του αζώτου (NOx), μεθάνιο (CH₄), αιωρούμενα σωματίδια PM10 και PM2.5 και οξειδία του θείου (SOx).

7.4 Πιθανές μέθοδοι για την αντιμετώπιση των πολλαπλών παραπροϊόντων

Ο υπολογισμός των αερίων του θερμοκηπίου που παράγονται καθ' όλη τη διάρκεια ζωής, από την παραγωγή μέχρι τη χρήση, ενός καυσίμου είναι απαραίτητος. Η διαδρομή από την πρώτη ύλη έως την τελική παραγωγή και χρήση καυσίμων περιλαμβάνει διάφορες διεργασίες. Οι μέθοδοι αυτές έχουν τη δυνατότητα να παράγουν διάφορα προϊόντα εκτός του βασικού προϊόντος. Αυτό γίνεται κυρίως με τη βοήθεια της μεθόδου της Καταμερισμού (Allocation Method), η οποία αποτελεί μια μέθοδο διανομής, πρώτον, της κατανάλωσης ενέργειας κατά την παραγωγή και δεύτερον, των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των προϊόντων και των παραπροϊόντων και της Μεθόδου της Αντικατάστασης (Displacement Method) [113]. Οι παράμετροι τα διαδικασίες έχουν σημαντικό αντίκτυπο στο συνολικό

αποτέλεσμα AKZ. Αξίζει να σημειωθεί εδώ ότι στη βιβλιογραφία τα πολλαπλά προϊόντα διακρίνονται σε συνπροϊόντα (co-products) και παραπροϊόντα (by-products), όπου τα συνπροϊόντα έχουν χρηματική αξία ίδιας τάξης με το κυρίως προϊόν, ενώ τα παραπροϊόντα μικρότερη.



Διάγραμμα 7-4.1: Κριτήρια Καταμερισμού σε μία σειρά μελετών. Πηγή: [94]

Οι Cherubini και Strømman [94] παρουσιάζουν στο παραπάνω Διάγραμμα 7-4.5 τα κριτήρια καταμερισμού που χρησιμοποιούνται σε μία σειρά μελετών. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι στο 25%, περίπου, των μελετών τα κριτήρια καταμερισμού αποφεύγονται, αγνοούνται ή παραμένουν ασαφή.

Στην βιβλιογραφία αναφέρονται πέντε διαφορετικές μέθοδοι, που έχουν στόχο να αποδώσουν εκπομπές στα παραπροϊόντα:

Καταμερισμός με βάση τη μάζα

Η μέθοδος κατανομής αυτή βασίζεται στην υπόθεση ότι οι απαιτήσεις και οι εκπομπές σχετίζονται τη μάζα που χρειάστηκε να επεξεργαστούμε. Χρησιμοποιείται ευρέως σε AKZ

καταναλωτικών προϊόντων και σε ορισμένα μοντέλα γενικής ΑΚΖ. Ωστόσο καθίσταται προβληματική όταν τα προϊόντα όπως το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται από την παρασκευή αιθανόλης, το οποίο δεν έχει κάποια μάζα.

Καταμερισμός με βάση το ενεργειακό περιεχόμενο

Σε αυτή, οι ενεργειακές απαιτήσεις και οι εκπομπές κατανέμονται μεταξύ των προϊόντων σύμφωνα με την ενεργειακή απόδοση του καθενός. Παρά το γεγονός ότι η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί σε ΑΚΖ βιοκαυσίμων, η εφαρμογή της δεν αντανακλά ούτε τη χρήση των μεμονωμένων προϊόντων ούτε τις μεθόδους αξιοποίησης της ενέργειας. Η περίπτωση αυτή της μεθόδου κατανομής χρησιμοποιείται και από την Ευρωπαϊκή Οδηγία για τα βιοκαύσιμα.

Καταμερισμός με βάση την αγοραία αξία

Οι ενεργειακές απαιτήσεις και οι επιπτώσεις των εκπομπών, κατανέμονται με βάση τα έσοδα/έξοδα των επιμέρους προϊόντων. Αν και οι οικονομολόγοι υποστηρίζουν γενικά τη χρήση αυτής της μεθόδου, παρόλη τη αβεβαιότητα που μπορεί να υφίσταται κατά την πρόβλεψη των τιμών των προϊόντων στο μέλλον. Επιπλέον, η πραγματική κατανάλωση ενέργειας και οι εκπομπές που προκύπτουν κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής των καυσίμων δεν μπορεί να σχετίζεται πάντα με την χρηματική αξία των επιμέρους προϊόντων.

Με βάση τον σκοπό της διαδικασίας

Η κατανομή γίνεται με βάση εάν ο σκοπός αυτής της διαδικασίας είναι αποκλειστικά η παραγωγή του συγκεκριμένου προϊόντος ή όχι. Ωστόσο, σε πολλές περιπτώσεις, οι επιμέρους διαδικασίες σε μια εγκατάσταση μπορεί να παράγουν πολλαπλά προϊόντα, πράγμα που τη καθιστά αρκετά δύσκολη και πολύπλοκη. Επιπλέον, η μέθοδος απαιτεί λεπτομερή δεδομένων τα οποία πολλές εγκαταστάσεις βιοκαυσίμων μπορεί να μην τα διαθέτουν.

Μέθοδος Επέκτασης των Ορίων του Συστήματος και Μέθοδος της Αντικατάστασης (Displacement Method)

Συχνά η Μέθοδος της Αντικατάστασης συγχέεται με τη Μέθοδο Επέκτασης των Ορίων του Συστήματος καθώς, παρόλο που και οι δύο λειτουργούν ως εναλλακτικές της Μεθόδου Καταμερισμού, παρουσιάζουν διαφορές. Στην πρώτη τα όρια του υπό εξέταση συστήματος επεκτείνονται για να συμπεριλάβουν και την παραγωγή των διαφόρων εναλλακτικών προϊόντων. Άλλες δραστηριότητες έξω από τον κύκλο ζωής του υπό εξέταση προϊόντος μπορούν επίσης να συμπεριληφθούν στο νέο σύστημα, αν φυσικά επηρεάζονται από αυτά τα εναλλακτικά προϊόντα.

Κατά τη δεύτερη, πρώτα εκτιμάται η ποσότητα των παραπροϊόντων (ή συν-προϊόντων, ανάλογα με την τελική χρήση) που παράγονται σε μία μονάδα παραγωγής και στη συνέχεια, προσδιορίζονται τα παραπροϊόντα που πρόκειται να "αντικατασταθούν" και καθορίζονται οι αναλογίες "μετατόπισης" μεταξύ τους. Τέλος, εκτιμώνται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όπως οι ενεργειακές απαιτήσεις και οι εκπομπές, που παράγονται από τα προϊόντα που "αντικαταστάθηκαν". Η Μέθοδος της Αντικατάστασης, γενικά, απονέμει "Μονάδες Πίστωσης" (credits) Εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου σε ένα παραπροϊόν, ισάξιες με τις Εκπομπές που δημιουργεί η παραγωγή του προϊόντος το οποίο αντικαθιστά σε μια άλλη διαδικασία. Απονέμονται "Μονάδες Πίστωσης" αντί πραγματικών επιπτώσεων, για επιπτώσεις που θεωρητικά απεφεύχθησαν. Τα εκτιμώμενα ποσά των περιβαλλοντικών επιπτώσεων αφαιρούνται από τη συνολική περιβαλλοντική επιβάρυνση του κύκλου παραγωγής του βιοκαυσίμου. Στην πράξη ωστόσο τα στάδια αυτά δεν διαχωρίζονται πάντα μεταξύ τους.

Γενικά θεωρείται ότι με μία προσεκτική -και παράλληλα χρονοβόρα- εφαρμογή της μεθόδου αντικατάστασης μπορούν να αποφευχθούν αρκετοί πολύπλοκοι υπολογισμοί [114].

Σε αρκετές περιπτώσεις, ο ερευνητής είναι αυτός που πρέπει να αποφασίσει αν μια ΑΚΖ πρέπει να γίνει για ένα συμβατικό προϊόν, όταν η ποσότητα είναι μετατοπισμένη κάτω από ένα καθορισμένο όριο. Ένα άλλο μεγάλο πρόβλημα με τη μέθοδο της μετατόπισης είναι ότι όταν μη-καύσιμα προϊόντα αποτελούν μεγάλο μέρος της συνολικής παραγωγής, η μέθοδος μπορεί να οδηγήσει σε λάθος αποτελέσματα [113].

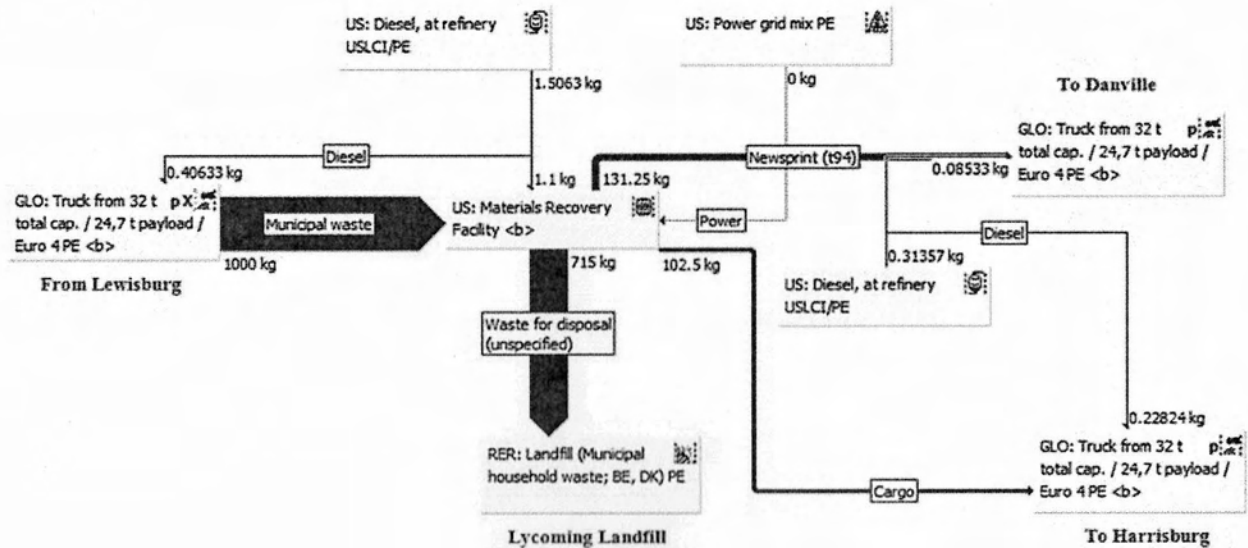
Οι δύο πιο διαδεδομένες κατηγορίες ΑΚΖ, μέχρι τώρα, στηρίζονται στο Ενεργειακό Ισοζύγιο και στο Ισοζύγιο Αερίων του Θερμοκηπίου.

7.5 Διαθέσιμο Λογισμικό

Στην αγορά είναι διαθέσιμη μία πληθώρα υπολογιστικών μοντέλων και λογισμικών για την εκτίμηση και αξιολόγηση των δυνατοτήτων των συστημάτων βιομάζας σε τεχνικό, επενδυτικό, οικονομικό και κοινωνικό επίπεδο, σε μία περιοχή. Αυτό είναι βέβαια κάτι που μπορεί να κάνει δύσκολη την τελική επιλογή. Σε κάθε περίπτωση όμως, αυτή δεν γίνεται παρά να αποτελεί έναν συνδυασμό των λειτουργικών μας απαιτήσεων και των οικονομικών μας αναγκών.

Ενδεικτικά, μερικά από αυτά είναι τα GaBi, Sima Pro, Umberto, GEMIS, INSPIRE, ExternE, BIOMITRE, Fair, RETScreen. Εκτός αυτών υπάρχουν και λογισμικά ανοιχτού κώδικα όπως το openLCA και το Sustainable Minds LCA. Στην Εικόνα 7-5.1, παρουσιάζεται ένα

διάγραμμα ροής μέσω του προγράμματος GaBi.



Εικόνα 7-5.1: Διάγραμμα ροής μέσω του προγράμματος GaBi

Καθένα από αυτά έχει τα δικά του ξεχωριστά χαρακτηριστικά όσο αφορά τη δομή και απεικόνιση των διεργασιών, την ευκολία κατανόησης της λειτουργίας του, την ευελιξία και φιλικότητα προς το χρήστη, τη διαθέσιμη βάση δεδομένων, τις μεθόδους υπολογισμού, την ανάλυση αβεβαιότητας και μεταβλητότητας καθώς και την τεχνική υποστήριξη [115].

Πολλά εργαλεία λογισμικού AKZ μπορούν να θεωρηθούν καλής ποιότητας. Μερικά είχαν αρχικά αναπτυχθεί για μια συγκεκριμένη εφαρμογή, αλλά στη συνέχεια βελτιώθηκαν αναπτύσσοντας ένα αρκετά πιο ευρύ πεδίο εφαρμογής. Η επιλογή του καταλληλότερου λογισμικού έγκειται αφενός, στον τύπο της προς μελέτη AKZ, καθώς ενδέχεται να απαιτεί αρκετά εξειδικευμένες μεθόδους υπολογισμού ή μία εξειδικευμένη βάση δεδομένων, και αφετέρου, στην εμπειρία αυτού που καλείται να την εφαρμόσει.

7.6 Ανάλυση Κύκλου Ζωής στον ελλαδικό χώρο

Στον ελλαδικό χώρο η Ανάλυση Κύκλου Ζωής έχει ένα σχετικά ευρύ πεδίο εφαρμογών. Συχνότερα συναντάμε ΑΚΖ σχετικές με τη διαχείριση στερεών και υγρών αποβλήτων, κτηριακών εγκαταστάσεων και οδικών δικτύων. Στον τομέα των βιοκαυσίμων, μετά από διαδικτυακή έρευνα, εντοπίστηκε ένας πολύ μικρός αριθμός διδακτορικών διατριβών και μεταπτυχιακών διπλωματικών εργασιών (ενδεικτικά αναφέρουμε τις: Διαμαντοπούλου Λ. "Ολοκληρωμένη τεχνική, οικονομική και περιβαλλοντική διερεύνηση του κύκλου ζωής για την παραγωγή και χρήση βιο-υδρογόνου στην Ελλάδα", Ρακόπουλος Δ. "Καύση και εκπομπή ρύπων υγρών βιοκαυσίμων σε κινητήρες diesel", Γεωργογιάννη Κ. "Καινοτόμες μέθοδοι παραγωγής βιοντίζελ από ελληνικά γεωργικά παραπροϊόντα", Κεφαλάς Π. "Συγκριτική ανάλυση κύκλου ζωής ανάμεσα σε ενεργειακές και edώδιμες καλλιέργειες: Η περίπτωση μεταξύ των καλλιεργειών ηλίανθου και αραβόσιτου" [38], Καλαμπόγια Ε. "Ανάλυση κύκλου ζωής βιοαιθανόλης και βιοντίζελ ως καύσιμα μεταφοράς" [39]), πράγμα λογικό καθώς η Ελλάδα έχει σχετικά μικρή εμπειρία σε θέματα βιοκαυσίμων.

Παρακάτω παραθέτουμε ενδεικτικά κάποια από τα αποτελέσματα μίας εξ αυτών [36], που ήταν άμεσα διαθέσιμη στο διαδίκτυο. Στους Πίνακες 7-6.1 και 7-6.2, παρουσιάζονται τιμές ανά κατηγορία επιπτώσεων στην καλλιέργεια ηλίανθου και αραβόσιτου ανά εκτάριο ανά χρόνο και ανά kg παραγόμενου προϊόντος, αντίστοιχα.

Κατηγορίες επίπτωσης	Καλλιέργεια ηλίανθου (ανά εκτάριο)	Καλλιέργεια αραβόσιτου (ανά εκτάριο)	Μονάδες
Μείωση Αβιοτικών Πόρων	4.5442	9.9983	Kg Sb – Equiv
Δυνητική οξίνιση	2.5845	7.9403	Kg SO ₂ – Equiv
Δυνητική ευτροφικότητα	2.141	5.0898	Kg Phosphate – Equiv.
Δυνητική Οικοτοξικότητα Θαλασσιών Υδάτων	89970	2.8617E005	Kg DCB – Equiv
Δυνητική Οικοτοξικότητα Γλυκών Υδάτων	18.788	72.814	Kg DCB – Equiv
Δυνητική Παγκόσμια Αύξηση Θερμοκρασίας (100 χρόνια)	298.52	878	Kg CO ₂ – Equiv
Δυνητική Ανθρώπινη Τοξικότητα	85.867	337.44	Kg DCB – Equiv
Δυνητική Μείωση του Στρόματος του Οζοντος	1.707E-006	3.6753E-006	Kg R11 – Equiv.
Δυνητική Δημιουργία Φωτοχημικού Οζοντος	0.20308	0.55133	Kg Ethene – Equiv.
Δυνητική Επίγεια Οικοτοξικότητα	0.49871	0.82158	Kg DCB – Equiv

Πίνακας 7-6.1: Τιμές ανά κατηγορία επιπτώσεων στην καλλιέργεια ηλίανθου και αραβόσιτου ανά εκτάριο ανά χρόνο. Πηγή: [38]

Κατηγορίες επίπτωσης	Καλλιέργεια ηλίανθου (ανά kg παραγωγής)	Καλλιέργεια αραβόσιτου (ανά kg παραγωγής)	Μονάδες
Μείωση Αβιοτικών Πόρων	4.5442	9.9983	Kg Sb – Equiv
Δυνητική οξίνιση	2.5845	7.9403	Kg SO ₂ – Equiv
Δυνητική ευτροφικότητα	2.141	5.0898	Kg Phosphate – Equiv.
Δυνητική Οικοτοξικότητα Θαλασσιών Υδάτων	89970	2.8617E005	Kg DCB – Equiv
Δυνητική Οικοτοξικότητα Γλυκών Υδάτων	18.788	72.814	Kg DCB – Equiv
Δυνητική Παγκόσμια Αύξηση Θερμοκρασίας (100 χρόνια)	298.52	878	Kg CO ₂ – Equiv
Δυνητική Ανθρώπινη Τοξικότητα	85.867	337.44	Kg DCB – Equiv
Δυνητική Μείωση του Στρώματος του Οζοντος	1.707E-006	3,6753E-006	Kg R11 – Equiv.
Δυνητική Δημιουργία Φωτοχημικού Οζοντος	0.20308	0.55133	Kg Ethene – Equiv.
Δυνητική Επίγεια Οικοτοξικότητα	0.49871	0.82158	Kg DCB – Equiv

Πίνακας 7-6.2: Τιμές ανά κατηγορία επιπτώσεων στην καλλιέργεια ηλίανθου και αραβόσιτου ανά kg παραγόμενου προϊόντος. Πηγή: [38]

Μία διπλωματική εργασία σχετικά με την Ανάλυση Κύκλου Ζωής της βιοαιθανόλης και του βιοντίζελ στην Ελλάδα μέσω του υπολογιστικού προγράμματος GEMIS [37], παρά τις όποιες σοβαρές ελλείψεις τις, παρουσιάζει ενδιαφέρον λόγω του εύρους των πρώτων υλών - εξετάζει βιοντίζελ με πρώτη ύλη τον ηλίανθο, βιοαιθανόλης με πρώτη ύλη το σιτάρι και το ζαχαρότευτλο και μίγματος αποτελούμενο κατά 95% βενζίνη και 5% βιοαιθανόλη από σιτάρι ή ζαχαρότευτλο- καθώς και των επιπτώσεων που εξετάζει -εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και λοιπόν ατμοσφαιρικών ρύπων, χρήση πόρων, χρήση γης, κόστος, εκπομπές μιγμάτων βενζίνης και βιοαιθανόλης. Δεν θα είχε όμως ιδιαίτερο νόημα η παράθεση αποτελεσμάτων, καθώς η εργασία υλοποιήθηκε το 2005 και μάλιστα βάσει αριθμητικών δεδομένων του 2000, από τη βάση δεδομένων του προγράμματος. Επίσης, λόγω του ότι δεν υπάρχει ακόμα πρακτική εμπειρία στην Ελλάδα γύρω από την καλλιέργεια και επεξεργασία πρώτων υλών βιοκαυσίμων, οι τιμές στις κύριες διεργασίες έχουν υποτεθεί βάσει αποτελεσμάτων της Γερμανίας, προσαρμοσμένα κατά το δυνατό στα ελληνικά δεδομένα.

8 ΣΗΜΕΙΑ ΚΡΙΤΙΚΗΣ

8.1 Αδυναμίες και δυσκολίες στην εφαρμογή των ΑΚΖ

Παρά τις προσπάθειες και την επιτακτική ανάγκη για μια πιστοποιημένη ΑΚΖ των βιοκαυσίμων, οι ερευνητές έρχονται αντιμέτωποι με προβλήματα όπως [109]:

- ποια είναι κάθε φορά η Λειτουργική Μονάδα
- τα δεδομένα της μίας διεργασίας πολλές φορές δεν είναι κατάλληλα για μια άλλη αντίστοιχη, έστω κι αν αυτές παρουσιάζουν ελάχιστες διαφορές
- ποια είναι σε κάθε περίπτωση η κατάλληλη κατηγοριοποίηση των επιπτώσεων.
- η έλλειψη μίας ενιαίας μεθοδολογίας ή τυποποιημένου συστήματος.

Επίσης, στις ποσοτικές κυρίως ΑΚΖ, μεγάλο μειονέκτημα αποτελεί η πολυπλοκότητα τους και η προσπάθεια που απαιτείται για την ολοκλήρωσή τους. Αυτό γίνεται σαφές από το ότι οι σχεδιαστές και οι μηχανικοί παραγωγής βρίσκουν πολύ δύσκολη τη διεξαγωγή ΑΚΖ, λόγω:

- της μεγάλης έλλειψης αξιόπιστων στοιχείων σχετικά με όλες τις πτυχές του κύκλου ζωής των προϊόντων,
- του τεράστιου αριθμού αποφάσεων που πρέπει να γίνουν και τα δεδομένα που πρέπει να ληφθούν υπόψη
- της έλλειψης τυποποιημένων αποτελεσμάτων, με αποτέλεσμα πολλές μετατροπές και ερμηνείες,
- της έλλειψης ενός τυποποιημένου συστήματος αξιολόγησης που προκαλείται, αλλά και έχει ως αποτέλεσμα, διαφορετικές απόψεις για το τι είναι περιβαλλοντικά σωστό.

Ένας λόγος που τα βιοκαύσιμα είναι δύσκολο να πιστοποιηθούν, είναι ότι εμπλέκουν τρεις τομείς: τη γεωργική καλλιέργεια, το περιβάλλον, και την χρήση ενέργειας. Τέλος, οι μέχρι στιγμής προσεγγίσεις είναι κατάλληλες μόνο για την ανάλυση υπαρχόντων συστημάτων, και όχι για εκ θεμελίων σχεδιασμό. Οι ΑΚΖ είναι κατά κάποιο τρόπο "στατικές" καθώς ασχολούνται μόνο με στιγμιότυπα των εισροών και των εκροών συστημάτων που από τη φύση τους είναι δυναμικά.

8.2 Σημαντικές προκλήσεις της Πιστοποίησης

Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει η συζήτηση που αφορά την προσέγγιση που πρέπει να χρησιμοποιείται για την πιστοποίηση των βιοκαυσίμων [116], σε τέσσερα επίπεδα.

Υποχρεωτική ή προαιρετική

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση του αριθμού των επιχειρήσεων που υιοθετούν έννοιες όπως η λεγόμενη κοινωνική ευθύνη και, κατ' επέκταση, διάφορες προαιρετικές πιστοποιήσεις (πχ ISO 14000 και Responsible Care σε διεθνές επίπεδο) με στόχο κυρίως τη βελτίωση της φήμης τους και του εμπορικού σήματος τους. Αν και κάτι τέτοιο λειτουργεί θετικά, δεν παύει να αποτελεί μία μάλλον ανεπαρκή αντιμετώπιση όταν οι στόχοι που καλούνται να επιτύχουν κράτη και επιχειρήσεις σε όλο τον κόσμο είναι τόσο υψηλοί, σημειώνοντας μάλιστα ανοδική πορεία.

Από χώρες ή από επιχειρήσεις

Κάποιοι θεωρούν πρέπει να ρυθμίζονται σε επίπεδο επιχείρησης, διότι οι επιχειρήσεις μοιάζουν ικανότερες να εγγυηθούν την ποιότητα των βιοκαυσίμων σε διεθνές επίπεδο σε σχέση με τις εθνικές κυβερνήσεις πολλών αναπτυσσόμενων χωρών. Άλλοι βέβαια, πιστεύουν ότι κάτι τέτοιο θα υπονομεύσει το ρόλο του κράτους. Μια τρίτη πιθανή προσέγγιση θα ήταν να ξεκινήσει η πιστοποίηση σε επίπεδο επιχείρησης και στη συνέχεια, μετά από ένα ορισμένο αριθμό ετών την ευθύνη να αναλαμβάνει ένα εθνικό σύστημα πιστοποίησης.

Ποιος οργανισμός πρέπει να πιστοποιεί

Αρκετοί υποστηρίζουν ότι ένα αποτελεσματικό σύστημα πιστοποίησης των βιοκαυσίμων πρέπει να εφαρμόζεται με συνέπεια σε παγκόσμια κλίμακα και να είναι υποχρεωτικά. Αυτό ενισχύεται από το γεγονός ότι η παραγωγή πρώτων υλών για τη παραγωγή βιοενέργειας, πχ στην ΕΕ, μπορεί να γίνει πιο αποτελεσματικά σε άλλες χώρες

[117]. Μία τέτοια προσέγγιση θα επέτρεπε, εκτός των άλλων, ισότιμους όρους ανταγωνισμού, αρκεί η παραγωγή κάθε χώρας να μην βρίσκεται σε μειονεκτικότερη θέση σε θέση με την διεθνή. Το ιδανικό θα ήταν να επιτευχθεί ένα σύστημα διεθνών κανονισμών υπό την αιγίδα των Ηνωμένων Εθνών.

Πιστοποίηση του καυσίμου ή της πρώτης ύλης

Οι πρώτες ύλες βιοκαυσίμων (όπως αραβοσιτέλαιο, ζάχαρη, ελαιούχοι σπόροι) παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία τελικών χρήσεων. Για παράδειγμα, το φοινικέλαιο, εκτός του ότι χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ στην ΕΕ, χρησιμοποιείται σε τρόφιμα και καλλυντικά. Θα πρέπει λοιπόν το φοινικέλαιο να πιστοποιείται ως πρώτη ύλη καυσίμου, ή να πιστοποιείται ανεξάρτητα από την τελική χρήση του;

8.3 Πιστοποίηση Βιοκαυσίμων

8.3.1 Γενικές απαιτήσεις

Τα υπάρχοντα συστήματα πιστοποίησης περιλαμβάνουν περιορισμένες περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές πτυχές, που ποικίλουν ανάλογα με τους κύριους στόχους τους. Παρέχουν μια ευρεία κάλυψη ενός μεγάλου αριθμού κριτηρίων, ακόμα και αν δεν αντιμετωπιστούν ενδελεχώς ορισμένα ειδικότερα θέματα. Για παράδειγμα, τα θέματα των έμμεσων επιπτώσεων, η διαθεσιμότητα τροφίμων, την ασφάλεια των τροφίμων αναφέρονται μόνο σε ορισμένα συστήματα πιστοποίησης αειφόρων βιοκαυσίμων. Οι διάφορες πτυχές της αλλαγής χρήσης γης άρχισαν να λαμβάνονται υπόψη στα συστήματα πιστοποίησης βιοκαυσίμων, καθώς τα ζητήματα αυτά αρχικά δεν θεωρούνταν σημαντικά από τις πιστοποιήσεις που αφορούν γεωργικές και δασικές δραστηριότητες [99].

8.3.2 Περιβαλλοντικές πτυχές

Επιπλέον ζητήματα που πρέπει να περιλαμβάνονται στις πιστοποιήσεις βιωσιμότητας των βιοκαυσίμων, αποτελούν η διατήρηση της βιοποικιλότητας, των αποθεμάτων άνθρακα, εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και οι αλλαγές χρήσης της γης, και οι επιπτώσεις τους στον αέρα, το νερό και το έδαφος, οι οποίες περιλαμβάνονται σε διαφορετική έκταση σε γεωργικές και δασικές πιστοποιήσεις. Πολλά προγράμματα, όπως το RSPO και το RTRS έχουν αρχίσει να προετοιμάζουν ερμηνείες των αρχών και των κριτηρίων τους για να εξασφαλίσουν την εφαρμογή της πιστοποίησης σε εθνικό επίπεδο, σύμφωνα με τις ειδικές συνθήκες κάθε περιοχής. Ομοίως, εθνικές ή περιφερειακές πρωτοβουλίες (ή τεχνικές ομάδες εργασίας) μπορούν να εφαρμόσουν τα διεθνή πρότυπα ISCC στις τοπικές συνθήκες. Για το σκοπό αυτό, πρέπει να καθοριστούν οι ισχύοντες τοπικοί δείκτες, οι κατευθυντήριες οικονομικές, κοινωνικές, περιβαλλοντικές γραμμές και διαδικασίες προσαρμοσμένα στις τοπικές συνθήκες.

Ένας μεγάλος αριθμός περιβαλλοντικών κριτηρίων και ορισμών έχουν διατυπωθεί με διαφορετικό τρόπο για τις περιοχές που πρέπει να προστατευθούν. Έτσι, υπάρχει ανάγκη εναρμόνισης των προσεγγίσεων και διατύπωση των κριτηρίων και των ορισμών ώστε να καταστούν συμβατές. Η περαιτέρω εναρμόνιση των συστημάτων πιστοποίησης βιοενέργειας είναι δυνατή μέσω της προώθησης των διεθνών συμφωνιών και την τυποποίηση ή απαιτώντας την τήρηση των διεθνώς αναγνωρισμένων πρωτοκόλλων, όπως προβλέπεται από το πρότυπο ISO ή ISEAL.

8.3.3 Εκπομπές CO₂

Η διατήρηση των αποθεμάτων άνθρακα αντιμετωπίζεται σπάνια και ο ανταγωνισμός για τη χρήση γης δεν λαμβάνεται υπόψη από τα συστήματα πιστοποίησης σχετικά με τη γεωργία και τη δασοκομία. Πρόσθετες αρχές περιλαμβάνονται στις πιο πρόσφατες πρωτοβουλίες για τα βιοκαύσιμα και τη βιωσιμότητα της βιοενέργειας, με στόχο τη κάλυψη των πτυχών που σχετίζονται με ισοζύγιο του άνθρακα και τη διατήρηση των αποθεμάτων του. Σε κριτήρια όπως το RTRS, μέχρι στιγμής, δεν περιλαμβάνεται ειδική απαίτηση για τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου.

Μερικά από τα συστήματα θέτουν ως στόχο τη βελτίωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου με την πάροδο του χρόνου (πχ RSPO, RTRS), ενώ άλλες απαιτούν ένα συγκεκριμένο στόχο που πρέπει να επιτευχθεί σε συγκεκριμένο χρόνο (πχ 2009/28/EC, RTFO, BSI). Επίσης, τα απαιτούμενα επίπεδα μείωσης κυμαίνονται από 20% (πχ RFS), 35% (2009/28/EC, ISCC, NTA 8080) και 50% (RSB) [99]. Ενώ η χρονική περίοδος που εξετάζεται

κατά τις εκπομπές λόγω της αλλαγής χρήσης γης, είναι συνήθως τα 20 χρόνια, υπάρχουν διαφοροποιήσεις κατά το έτος αναφοράς, που μπορεί να είναι το 2005 (RSPO, SAN), 2007 (NTA 8080), 2008 (2009/28/EC) με το 2009 (RSB, RTRS), πράγμα που, όπως είναι λογικό, δυσκολεύει τη σύγκριση μεταξύ των διαφορετικών συστημάτων. Παρόλα αυτά, ενώ οι άμεσες αλλαγές στη χρήση γης αποτελούν μέρος των υπολογισμών, οι έμμεσες αλλαγές χρήσης γης δεν περιλαμβάνονται στα περισσότερα. Σε μεθοδολογίες όπως οι RSB, USA-RFS και 2009/28/EC έχουν γίνει προσπάθειες για να συμπεριληφθούν, με διαφορετικές βέβαια προσεγγίσεις, η επιτυχία των οποίων θα φανεί στο μέλλον. Ωστόσο, υπάρχουν αρκετές πρωτοβουλίες, όπως η GBEP, που εργάζονται προς την κατεύθυνση εναρμόνισης των διαφορετικών αυτών προσεγγίσεων.

8.3.4 Ανταγωνισμός για τη γη

Ένα κρίσιμο ερώτημα είναι σε ποιο βαθμό η πιστοποίηση των βιοκαυσίμων μπορεί να αποτρέψει αρνητικές αλλαγές χρήσης γης. Φυτική παραγωγή σε περιθωριακές περιοχές και υποβαθμισμένα εδάφη, βελτίωση γεωργικών πρακτικών για την αύξηση των αποδόσεων και την αειφόρο χρήση των γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων αποτελούν μέτρα που ενδέχεται να αποτρέψουν τις πιθανές αρνητικές επιπτώσεις. Ωστόσο, υπάρχουν ανησυχίες σχετικά με τη διαθεσιμότητα των εκτάσεων αυτών, λαμβάνοντας υπόψη την ανάγκη για υψηλές αποδόσεις. Επιπλέον, οι αρνητικές επιπτώσεις των εντατικών γεωργικών πρακτικών με στόχο την αύξηση των αποδόσεων είναι κάτι που πρέπει να ληφθεί υπόψη. Παρά το γεγονός ότι τα βιοκαύσιμα 2^{ης} Γενιάς προσφέρουν ορισμένα πλεονεκτήματα στον τομέα της βιοποικιλότητας, δεν υπάρχει επί του παρόντος καμία βεβαιότητα για την καλύτερη απόδοσή τους σε σχέση με τα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς, καθώς βρίσκονται ουσιαστικά σε πειραματικό στάδιο. Πάντως κάτι τέτοιο αναμένεται, λόγω των υψηλότερων αποδόσεων σε σύγκριση με συμβατικές καλλιέργειες βιοκαυσίμων και την ικανότητα τους να αναπτύσσονται σε υποβαθμισμένα εδάφη. Αυτό βέβαια από μόνο του δεν φαίνεται να εμποδίζει την καλλιέργεια λιγνοκυτταρινούχων πρώτων υλών σε γη υψηλής παραγωγικότητας, με στόχο υψηλότερα εισοδήματα. Ένα σύστημα παρακολούθησης της χρησιμοποιούμενης γης με τη χρήση δορυφορικών εικόνων και διεθνής σχεδιασμός των χρήσεων γης μέσω διεθνών συμφωνιών για τις λεγόμενες "απαγορευμένες περιοχές", που θα βασίζεται σε ευρέως αποδεκτά κριτήρια και ένα μηχανισμό για την επιβολή κυρώσεων σε όσους δραστηριοποιούνται επιχειρηματικά στον κλάδο των βιοκαυσίμων.

8.3.5 Κοινωνικοοικονομικά κριτήρια

Ένα σύστημα πιστοποίησης αν δεν λάμβανε υπόψη του κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες θα έμοιαζε αφερέγγυο. Τα οικονομικά και κοινωνικά οφέλη για την τοπική κοινωνία, τα ανθρώπινα δικαιώματα και τα δικαιώματα της γης, οι συνθήκες εργασίας, η υγεία και η ασφάλεια όσο εργάζονται για την παραγωγή ενέργειας, την παιδική εργασία, το δικαίωμα στο συνδικαλισμό πρέπει να εξετάζονται σε μια ολοκληρωμένη ΑΚΖ.

Αν και δεν υπάρχουν συγκεκριμένα κριτήρια για την κοινωνική βιωσιμότητα στην Ευρωπαϊκή Οδηγία, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει δηλώσει ότι σκοπεύει να υποβάλει έκθεση σχετικά με τον αντίκτυπο των βιοκαυσίμων στις κοινωνικές πτυχές, τις αλλαγές στις τιμές βασικών αγαθών που συνδέονται με τη χρήση της βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς και τις συνακόλουθες θετικές και αρνητικές επιπτώσεις στην επισιτιστική ασφάλεια και διαθεσιμότητα των τροφίμων. Η κοινωνική αποτίμηση επιπτώσεων απαιτείται από μια σειρά προγραμμάτων, όπως τα RSB, BSI, RSPO και SAN. Από την άλλη ορισμένες πρωτοβουλίες, όπως το RTFO, θεωρού πως η εφαρμογή τους είναι προαιρετική [99]. Η παρακολούθηση και εφαρμογή των κοινωνικών κριτηρίων αποτελεί δύσκολο έργο και εξαρτάται από την εφαρμογή του νόμου σε κάθε χώρα. Η ανάπτυξη μιας κοινής προσέγγισης για τη μέτρηση και την παρακολούθηση των διαφόρων κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων είναι άκρως απαραίτητη.

8.3.6 Περιορισμοί

Τα βιοκαύσιμα μπορούν να παραχθούν από διάφορες γεωργικές καλλιέργειες, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τρόφιμα, ζωοτροφές ή ίνες υφασμάτων. Μπορεί να είναι δύσκολο να γίνει διάκριση μεταξύ των διαφόρων χρήσεων της βιομάζας και να απαιτείται συμμόρφωση με κριτήρια αειφορίας για μια τελική χρήση στην περίπτωση των βιοκαυσίμων, ενώ για την άλλη, όπως η παραγωγή ρούχων, αυτό να μην είναι απαραίτητο. Εφαρμόζοντας ένα διπλό πρότυπο πιστοποίησης μεταξύ των βιοκαυσίμων, από τη μία, και των τροφίμων/ ζωοτροφών/ ινών, από την άλλη, είναι πολύ πιθανό να οδηγηθούμε σε μετατόπιση των έμμεσων επιπτώσεων. Μόνο ένα σύστημα πιστοποίησης που αναφέρονται στην παραγωγή πρώτων υλών βιομάζας (καλλιέργεια), ανεξάρτητα από την τελική της χρήση, θα μπορούσε να είναι σε θέση να αποφύγει επιπτώσεις, άμεσες ή έμμεσες.

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών, οι κοινωνικοοικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τα οφέλη της παραγωγής βιοενέργειας έχουν συζητηθεί ευρέως. Αρκετές από αυτές δικαιολογημένα, εστίασαν στις πιθανές αρνητικές επιπτώσεις της παραγωγής και χρήση υγρών βιοκαυσίμων, με αποτέλεσμα οι πιο πρόσφατες πρωτοβουλίες να

επικεντρώνονται στη βιωσιμότητα των βιοκαυσίμων. Από μεριάς περιεχομένου, το μεγαλύτερο μέρος αυτών των πρωτοβουλιών έχουν συμπεριλάβει κυρίως περιβαλλοντικές αρχές, αρκετές από τις οποίες συνήθως δεν περιλαμβάνονται στις υφιστάμενες πρωτοβουλίες που αφορούν γενικά τη βιοενέργεια. Επισημαίνεται επίσης [118] ότι οι πρωτοβουλίες επικεντρώνονται στη στερεή βιομάζα, ενώ οι εφαρμογές βιοενέργειας με στόχο την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού, μέχρι στιγμής είναι πιο περιορισμένες, ακόμα και αν η πρώτη ύλη τους συμπίπτει με αυτή των βιοκαυσίμων. Επίσης γίνεται φανερός ο πολλαπλασιασμός των προτύπων και, κατά συνέπεια, ο κίνδυνος για σύγχυση.

Βήματα προς ένα εναρμονισμένο, αποτελεσματικό σύστημα πιστοποίησης για τη διασφάλιση της βιωσιμότητας της βιομάζας και βιοενέργειας, μπορούν να γίνουν:

- Περαιτέρω εναρμόνιση και διεθνής συμφωνία για τη βελτίωση:

α) Ορισμών, όπως π.χ. ποιες περιοχές είναι πλούσιες σε βιοποικιλότητα.

β) Μεθοδολογιών, π.χ. συνθήκες για την προστασία της βιοποικιλότητας σε διάφορα χωρικά επίπεδα.

γ) Δεικτών απόδοσης, όπως παραμέτρων που απαιτούνται για την ανάλυση του εδάφους και του νερού.

δ) Παραμέτρων και παραδοχών που χρησιμοποιούνται σε βάσεις δεδομένων και μοντέλων.

ε) Διαδικασιών επαλήθευσης και παρακολούθησης

- Η σύνδεση βραχυπρόθεσμων, μεσοπρόθεσμων και μακροπρόθεσμων δεικτών με στόχο την παρακολούθηση των σωρευτικών επιπτώσεων που σχετίζονται με την παραγωγή βιοενέργειας, καθώς και η οριοθέτηση του συστήματος που εξετάζει κάθε πρότυπο πιστοποίησης πρέπει να καθοριστούν σε ένα πρότυπο για να διευκρινιστεί η ευθύνη του παραγωγού.

- Περαιτέρω μεθοδολογική ανάπτυξη για την ποσοτικοποίηση και παρακολούθηση των αρχών αειφορίας:

α) Μια προσέγγιση για τη μέτρηση και παρακολούθηση της πιθανής συνεισφοράς της παραγωγής βιομάζας για την ενίσχυση της βιοποικιλότητας σε τοπικό επίπεδο.

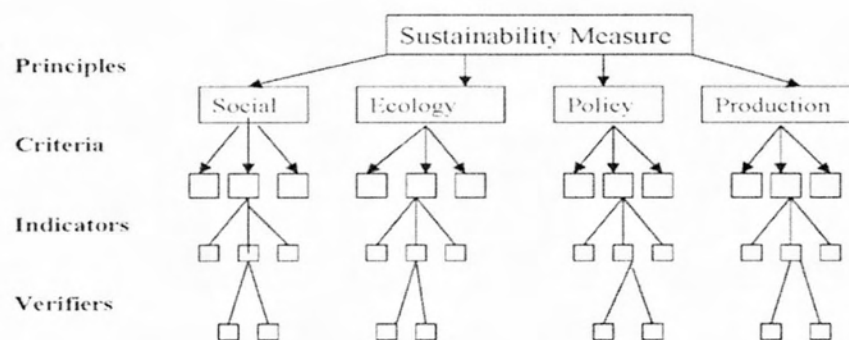
β) Η ποσοτικοποίηση και παρακολούθηση της κοινωνικής ευημερίας μιας κοινότητας

γ) Όσο το δυνατόν ακριβέστερα μοντέλα για τις έμμεσες αλλαγές χρήσης γης.

Όλα αυτά βέβαια θα πρέπει να αναπτυχθούν σε περιφερειακό, εθνικό και διεθνές επίπεδο, πράγμα που σημαίνει "ζύγισμα" πολλαπλών κριτηρίων αειφορίας σε πολλαπλές χωρικές και χρονικές κλίμακες και με τρόπο που θα διασφαλίζει την επιτυχία και την ευελιξία για κάθε διαφορετική περίπτωση. [119]

Καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η πλειοψηφία των κριτηρίων που βρίσκονται υπό συζήτηση σε αυτή τη φάση πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη και να μην εξαιρεθεί κανέναν από αυτά, τουλάχιστον για την ώρα. Αυτό βέβαια δε σημαίνει ότι ο διάλογος δεν πρέπει να ενταθεί, προκειμένου να επιτευχθεί συναίνεση σχετικά με το ποια κριτήρια είναι τελικά τα πιο σημαντικά και ποια αντιμετώπιση η καταλληλότερη. Έμφαση όπως φαίνεται πρέπει να δοθεί στην ασφάλεια των τροφίμων, τη διαχείριση των υδάτινων πόρων, την αποδοτικότητα των φυσικών πόρων, τη συμμόρφωση με τους νόμους, την προστασία των οικοσυστημάτων, καθώς και την παρακολούθηση των επιδόσεων των κριτηρίων. Επίσης, κρίνεται αναγκαία η περαιτέρω διεπιστημονική συνεργασία, καθώς οι περισσότερες μεθοδολογικές αποκλίσεις παρουσιάζονται σε μελέτες όπου οι επιστήμονες έχουν διαφορετική ειδικότητα, κάτι που δεν συμβαίνει τόσο συχνά σε μελέτες που αφορούν διαφορετικές περιοχές ή επιχειρήσεις διαφορετικής κλίμακας.

Άνθρωποι που ασχολούνται με το αντικείμενο, έχουν εκφράσει την ανησυχία τους για την έλλειψη ολιστικών μεθόδων εκτίμησης της βιωσιμότητας των συστημάτων βιοενέργειας, και υποστηρίζουν ότι ποσοτικές ή ποιοτικές ασκήσεις προσομοίωσης έχουν αποδειχθεί χρήσιμες για μια ολιστική προσέγγιση σύνθετων ζητημάτων σε τομείς που σχετίζονται με βιοενέργεια. Στις προσεγγίσεις αυτές στόχος είναι να εντοπιστούν τα σημεία εκείνα όπου μια μικρή αλλαγή μπορεί να επιφέρει πολύ σημαντικότερες στο τελικό αποτέλεσμα.



Διάγραμμα 8-3: Ιεραρχική Δομή Αρχών, Κριτηρίων, Δεικτών και Ελεγκτικών Μηχανισμών. Πηγή: [100]

8.4 Κριτική στην Ευρωπαϊκή Οδηγία για τα Βιοκαύσιμα και τη Βιοενέργεια

8.4.1 Γενικές Απαιτήσεις

Έχει ενδιαφέρον να σταθούμε κάπως ειδικότερα στην κριτική που έχει γίνει στην Ευρωπαϊκή Οδηγία για τα Βιοκαύσιμα και τη Βιοενέργεια (2009/28/ΕΚ), καθώς επηρεάζει-όπως όλα τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης- άμεσα και τον ελλαδικό χώρο. Οι στόχοι που θέτει η ΕΕ, όσο αφορά κυρίως την κατανάλωση των υγρών βιοκαυσίμων, και η μέθοδος μέσω της οποίας θα βελτιστοποιεί η εφαρμογή τους αποτελεί ένα ζήτημα κομβικής σημασίας, που ίσως κρίνει και το μέλλον των βιοκαυσίμων, τουλάχιστον σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Τα χωρικά όρια του συστήματος περιλαμβάνουν την καλλιέργεια των πρώτων υλών, τη συγκομιδή (υπολείμματα), και τη συλλογή (απόβλητα) έως και την διανομή των βιοκαυσίμων. Ωστόσο, από αυτά εξαιρούνται οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου λόγω της κατασκευής μηχανημάτων, υποδομών και κτιριακών εγκαταστάσεων (εκπομπές τρίτης τάξης).

Η οδηγία 2009/28/ΕΚ καλώς εξαιρεί από την παραγωγή βιοκαυσίμων κατηγορίες γης, με αναγνωρισμένη υψηλή αξία βιοποικιλότητας, όπως:

- πρωτογενή δάση και άλλες δασικές εκτάσεις
- περιοχές που προορίζονται για την προστασία της φύσης ή για την προστασία σπάνιων, απειλούμενων ή υπό εξαφάνιση οικοσυστημάτων ή ειδών
- υψηλής βιοποικιλότητας λιβάδια- βοσκοτόπια, είτε φυσικά ή μη φυσικά. Τα βιοκαύσιμα δεν θα πρέπει να κατασκευάζονται από υλικά προερχόμενα από τυρφώνες και εκτάσεις υψηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα, όπως οι υγρότοποι, δασικές περιοχές με συνεχή βλάστηση και εκτάσεις που καλύπτονται από δένδρα ύψους άνω των 5 μέτρων και με συγκόμωση μεταξύ 10% και 30%.

Για πρώτες ύλες βιομάζας, που παράγονται εντός της ΕΕ, εφαρμόζονται οι κανόνες πολλαπλής συμμόρφωσης της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής (ΚΑΠ) σύμφωνα με τις απαιτήσεις για τις ορθές γεωργικές και περιβαλλοντικές συνθήκες. Οι κανονισμοί της ΕΕ πολλαπλής συμμόρφωσης αφορούν στη διατήρηση της ποιότητας του εδάφους και των υδάτων, της βιοποικιλότητας, προσεκτική χρήση των λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων και τη ρύπανση του αέρα. Τα βιοκαύσιμα πρέπει να πληρούν τις ελάχιστες απαιτήσεις για την εξοικονόμηση αερίων του θερμοκηπίου κατά 35% σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα, με στόχο το ποσοστό να αυξηθεί στο 50% το 2017 και 60% το 2018 για τα νέα εργοστάσια βιοκαυσίμων.

Εκτός από τα κριτήρια βιωσιμότητας, η Οδηγία περιλαμβάνει κανόνες και μια μεθοδολογία για τον υπολογισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και παρέχει πραγματικές, προκαθορισμένες τιμές. Οι υπολογισμοί των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου πρέπει να περιλαμβάνουν όλες τις εκπομπές από τη λήψη ή την καλλιέργεια των πρώτων υλών, την επεξεργασία, τη μεταφορά και τη διανομή και ετήσιες εκπομπές από την τροποποίηση των αποθεμάτων άνθρακα που οφείλονται σε αλλαγή των χρήσεων γης, η οποία υπολογίζεται σε μια περίοδο πάνω από 20 χρόνια. Το επιπρόσθετο των 29 gCO₂ eq/MJ θα πρέπει να αποδοθεί, στην περίπτωση που η γη δεν ήταν σε χρήση ή να ήταν είτε σοβαρά υποβαθμισμένα και έντονα μολυσμένων εδαφών.

Στο επίπεδο του καταμερισμού των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στα διάφορα παραπροϊόντα, οι υπολογισμοί γίνονται κατ' αναλογία του ενεργειακού τους περιεχομένου. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έδωσε κάποιες κατευθυντήριες γραμμές σχετικά με τη θέσπιση κανόνων για τον υπολογισμό των αποθεμάτων άνθρακα του εδάφους, συμπεριλαμβανομένου του οργανικού άνθρακα του εδάφους και των αποθεμάτων άνθρακα της εδάφιας και υπεδάφιας βλάστησης, τόσο για την αναφορά και την πραγματική χρήση γης και τις αξίες για τις διάφορες κατηγορίες αμμωδών εδαφών, καθώς και των εκπομπών λόγω της Έμμεσης Αλλαγής της Χρήσης Γης. Όταν βέβαια οι προτάσεις αυτές διέρρευσαν το 2012, επικρίθηκαν έντονα από ευρωπαίους παραγωγούς βιοντίζελ και αγρότες, με αποτέλεσμα την τροποποίηση τους. Έτσι προτείνεται τώρα, οι προμηθευτές και τα κράτη μέλη να αναφέρουν γενικά αυτές τις εκπομπές, αλλά να τις αγνοούν κατά τον υπολογισμό του ελάχιστου ορίου εκπομπών, είτε το υπερβαίνουν είτε όχι [36].

Ο μηχανισμός της ΕΕ για την αειφόρα βιοενέργεια περιλαμβάνει την παρακολούθηση και την υποβολή εκθέσεων με συγκεκριμένες απαιτήσεις. Η ΕΕ τα κράτη μέλη υποβάλλουν έκθεση σχετικά με τον αντίκτυπο των βιοκαυσίμων και βιορευστών στη βιοποικιλότητα, στους υδάτινους πόρους, στην ποιότητα του νερού και στην ποιότητα του εδάφους. Οι προμηθευτές καυσίμων είναι υποχρεωμένοι να υποβάλουν έκθεση σχετικά με τη συμμόρφωση των ενεργειών τους με τα κριτήρια αειφορίας και για τα μέτρα που έχουν ληφθεί για την προστασία του εδάφους, του νερού και του αέρα, την αποκατάσταση των υποβαθμισμένων εδαφών και την αποφυγή υπερβολικής κατανάλωσης νερού σε περιοχές με έλλειμμα νερού. Παρά το γεγονός ότι δεν υπάρχουν κριτήρια κοινωνικής βιωσιμότητας, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή πρέπει να υποβάλει έκθεση σχετικά με τις επιπτώσεις των βιοκαυσίμων στις κοινωνικές πτυχές και τις επιπτώσεις στη διαθεσιμότητα τροφίμων σε προσιτές τιμές. Πρέπει επίσης να παρακολουθεί την προέλευση των βιοκαυσίμων που καταναλώνεται στην ΕΕ και τις επιπτώσεις της παραγωγής τους, τόσο στο εσωτερικό της ΕΕ, όσο και σε τρίτες χώρες, τη χρήση γης και την αλλαγή χρήσης της γης, οι τιμές των βασικών προϊόντων και την επισιτιστική ασφάλεια.

Υπάρχει η άποψη ότι η Ευρωπαϊκή Οδηγία, αν και βασίζεται στην ΑΚΖ εξαιρεί αρκετά, σημαντικά ζητήματα. Έτσι ερευνητές [120] έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι μια τέτοια

οδηγία δεν μπορεί να διασφαλίσει τη μείωση των εκπομπών των βιοκαυσίμων που θέτει ως στόχο. Αυτό μπορεί να γίνει δυνατό μόνο υιοθετώντας μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση σε συνδυασμό με περισσότερα δεδομένα και δείκτες.

Στη συνέχεια θα αναφερθούμε τους κύριους μηχανισμούς που μπορεί να οδηγήσουν σε σημαντικές έμμεσες επιπτώσεις που εξαιρούνται από το 28/2009/EC και παρέχει μερικές προτάσεις για τη βελτίωση της μεθοδολογίας [120].

8.4.2 Σημεία Ελλείψεων

Πρώτες Ύλες

Το πώς οι iLUC- οι οποίες αναπόφευκτα θα προκύψουν [121] [122]- θα πρέπει να προσεγγίζονται δεν είναι σαφές, καθώς δεν περιλαμβάνονται τιμές στην Ευρωπαϊκή Οδηγία ή κάπου ξεχωριστά. Αυτή τη στιγμή, δεν υπάρχει καμία απόφαση σχετικά με την τροποποίηση της μεθοδολογίας, καθώς τα κράτη-μέλη της ΕΕ παραμένουν βαθιά διχασμένα πάνω στο θέμα των ILUC για τον υπολογισμό των πραγματικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Επίσης, η προώθηση της χρήσης των απορριμμάτων ή υπολειμμάτων- χωρίς όμως να παρέχει σαφή ορισμό του "απόβλητα ή υπολείμματα"- σε γενικές γραμμές είναι λογικό εφ' όσον αυτά παράγεται από άλλες οικονομικές δραστηριότητες και μπορούν να συλλέγονται και χρησιμοποιούνται με τρόπο βιώσιμο. Ωστόσο, η αποφυγή παραγωγής αποβλήτων είναι πιθανό να μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου περισσότερο απ' ό τι η αξιοποίησή τους.

Λόγω των στόχων που θέτει η Ευρωπαϊκή Οδηγία, εκτιμάται ότι πρέπει να βρεθεί τρόπος για να μην ενταθούν οι εκπομπές CO₂ από τη λεγόμενη "βοηθητική ενέργεια" που απαιτείται για την παραγωγή βιοκαυσίμων, κάτι που μπορεί ίσως να γίνει με την αύξηση της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με στην αλυσίδα παραγωγής βιοκαυσίμων.

Η παραγωγή βιοκαυσίμων μπορεί να μας δώσει παράλληλα διάφορα είδη (συνπροϊόντα), όπως ζωοτροφές, ενέργεια και θερμότητα, τα οποία να διοχετευτούν στην αγορά. Αυτό θεωρείται πως θα έχει πτωτική επίδραση στο συνολικό ισοζύγιο των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από την παραγωγή βιοκαυσίμων.

Εκπομπές και Χρονικός Ορίζοντας

Ο παράγοντας της αβεβαιότητας είναι παρών σχεδόν σε κάθε παράμετρο που απαιτείται για τον υπολογισμό των πραγματικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από την παραγωγή και χρήση των βιοκαυσίμων και από την ίδια την Οδηγία δεν είναι σαφές ποιοι είναι οι παράγοντες αυτοί και πώς αντιμετωπίζονται.

Ακόμη, στην Ευρωπαϊκή Οδηγία, όπως και σε άλλες μελέτες, οι μειώσεις των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου υπολογίζονται ως η διαφορά των αερίων εκπομπών των ορυκτών καυσίμων σε σχέση με τις αντίστοιχες των βιοκαυσίμων, μέσω του τύπου:

$(E_F - E_B) / E_F$, όπου E_F , συνολικές εκπομπές από το βιοκαύσιμο και E_B , συνολικές εκπομπές από το ορυκτό καύσιμο, με το οποίο γίνεται η σύγκριση.

Το βασικό πρόβλημα αυτού του δείκτη σχετικής μείωσης των εκπομπών, είναι ότι δεν μπορεί να μετρήσει αποτελεσματικά την αξιοποίηση της βιομάζας ως μέτρο για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου [120]. Με πιο απλά λόγια, το γεγονός ότι κάποιες φορές η βιομάζα, σε μορφή υγρών βιοκαυσίμων, έχει καλύτερη απόδοση- σε επίπεδο εκπομπών πάντα- σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα, δεν σημαίνει ότι η εκμετάλλευσή της με αυτόν τον τρόπο είναι απαραίτητα η βέλτιστη. Σαν αντίλογος στη προσέγγιση αυτή, που υιοθετεί και το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, αποτελεί η άποψη ότι τα οφέλη που μπορεί να προσεγγίζονται τουλάχιστον σε σχέση με παράγοντες όπως:

- ανά τόνο πρώτης ύλης βιομάζας
- ανά μονάδα παραγωγής βιοενέργειας που μπορεί να απορροφηθεί από μια συγκεκριμένη αγορά ή τομέα
- ανά εκτάριο γης
- ανά χρηματική μονάδα που δαπανάται για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου

Η κατάλληλη επιλογή εξαρτάται προφανώς σε μεγάλο βαθμό από τις ιδιαιτερότητες κάθε εφαρμογής [123]. Εάν το ζήτημα των iLUC συμπεριληφθεί σε μελλοντική Οδηγία, τότε κάτι που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι το πώς θα χειριστεί η χρονική διαφορά μεταξύ των πραγματικών εκπομπών και των εκπομπών που εξοικονομούνται. Όταν ο στόχος είναι η σταθεροποίηση των ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων αερίων του θερμοκηπίου στα επίπεδα της Ευρωπαϊκής Οδηγίας, οι πραγματικές επιπτώσεις των έμμεσων εκπομπών στο κλίμα (όπως οι αλλαγές στη χρήση γης) υποτιμούνται σημαντικά- σε επίπεδο 70-80%- όταν ανάγονται σε ετήσια βάση για διάστημα 10-50 ετών [124]. Το στατικό μοντέλο προσέγγισης που ακολουθεί η ΕΕ δε διασφαλίζει κάτι τέτοιο [120].

8.4.3 Διαδικασία Κατανομής

Σε επίπεδο παραπροϊόντων, η Οδηγία της ΕΕ για τα βιοκαύσιμα βασίζεται στη διαδικασία κατανομής κυρίως στο ενεργειακό περιεχόμενο των προϊόντων- εκτός της ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι δεν προορίζεται το σύνολο των προϊόντων για παραγωγή ενέργειας. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελούν οι ζωοτροφές. Αντίστοιχο πρόβλημα έχουμε και όταν παραπροϊόν μια διεργασίας αποτελεί η παραγόμενη θερμότητα ή ο παραγόμενος ατμός (Fisher- Tropsch Diesel) [125]. Αυτά καθιστούν γενικά τη διαδικασία κατανομής περισσότερο ή λιγότερο αβέβαιη κάθε φορά ανάλογα με την τελική χρήση των παραπροϊόντων. Όταν η διαδικασία κατανομής δεν μπορεί να αποφευχθεί, και αν μόνο μια μέθοδος κατανομής πρόκειται να εφαρμοστεί, η κατανομή με βάση την οικονομική αξία των προϊόντων είναι για κάποιους η καταλληλότερη επιλογή [126].

9 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Καθώς ο ανταγωνισμός για τους ενεργειακούς πόρους μοιάζει αναπόφευκτος, είναι απαραίτητο οι τεχνολογίες που θα χρησιμοποιηθούν για την αξιοποίησή της, να είναι σε θέση να εξασφαλίσουν τη μεγαλύτερη δυνατή μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Τα διαθέσιμα βιοκαύσιμα υπερτερούν σημαντικά έναντι των συμβατικών καυσίμων καθώς εμφανίζουν μειωμένες εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου, τουλάχιστον κατά την καύση τους και αποτελούνται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Εμφανίζουν όμως αυξημένες εκπομπές ορισμένων ατμοσφαιρικών ρύπων όπως NO_x, NH₃, και H₂S, που μπορεί να οδηγήσει στην δημιουργία όξινης απόθεσης, και αυξημένες συγκεντρώσεις σωματιδίων και απαιτούν μεγάλες εκτάσεις γης για την καλλιέργεια της πρώτης ύλης.

Επικρατεί προβληματισμός για το αν η βιομάζα θα πρέπει να χρησιμοποιείται ως καύσιμο σε εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας για Συμπαραγωγή ή ως πρώτη ύλη για την παραγωγή- υγρών κυρίως- βιοκαυσίμων για τις μεταφορές, αλλά και για το εάν οι τροποποιήσεις σε ΜΕΚ που χρησιμοποιούν συμβατικά καύσιμα μπορούν να προσφέρουν μειώσεις των εκπομπών με χαμηλότερο κόστος [36]. Σχετικά λίγες δημοσιεύσεις μέχρι στιγμής έχουν προσπαθήσει να συγκρίνουν εναλλακτικές χρήσεις της βιομάζας [94]. Μία από τις μελέτες καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η χρήση της βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εξοικονομεί περισσότερα αέρια του θερμοκηπίου, ειδικά όταν συγκρίνεται με τα υγρά βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς [127]. Ομοίως, η μελέτη του Natural Resources Defense Council [128] δείχνει ότι ο ηλεκτρισμός που παράγεται μέσω βιομάζας είναι σε θέση να εξασφαλίζει μεγαλύτερα οφέλη ανά τόνο βιομάζας από τα βιοκαύσιμα, όταν αντικαθιστά το παραγόμενο από λιγνίτη ηλεκτρικό ρεύμα, και περίπου τα ίδια οφέλη όταν αντικαθιστά ηλεκτρικό ρεύμα παραγόμενο από φυσικό αέριο. Επίσης, το Πανεπιστήμιο του Τέξας υποστηρίζει πως αν το 25% του ενεργειακού εφοδιασμού των ΗΠΑ μέχρι το 2025 καλύπτονταν από τη εκμετάλλευση βιομάζας, θα απαιτούνταν το 50% του συνόλου της γης που περιλαμβάνει φυσικά οικοσυστήματα, καθώς και καλλιέργειες τροφίμων και φυτών που προορίζονται για ύφασμα, να μετατραπεί σε ενεργειακές καλλιέργειες [129].

Έχοντας αναφέρει όλα τα παραπάνω, γίνεται αντιληπτό ότι δεν χωρά σε καμία περίπτωση ούτε μία μεσσιανικού τύπου πίστη στα βιοκαύσιμα, και τις ΑΠΕ γενικότερα, αλλά ούτε και η συλλήβδην απόρριψή τους. Η επιλογή της κατάλληλης διεργασίας θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη της τις ενεργειακές δυνατότητες της κάθε πηγής ενέργειας και της αντίστοιχης τεχνολογίας για τη εκμετάλλευσή της, τις ανάγκες της σύγχρονης κοινωνίας όχι μόνο σε στενά εθνικά πλαίσια, το οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος έναντι των συμβατικών πηγών και τεχνολογιών αλλά και το νομικό πλαίσιο μέσα στο οποίο θα μπει σε

εφαρμογή η εκμετάλλευσή τους.

Παρόλο που η εύρεση συμβιβαστικής λύσης είναι δύσκολη υπόθεση, σε ένα ορισμένο βαθμό η απλότητα και η τυποποίηση στην αξιολόγηση της βιωσιμότητας των συστημάτων βιοενέργειας είναι ιδιαίτερα επιθυμητή στις μέρες μας, ειδικά σε κυβερνητικό και πολιτικό επίπεδο, όπου καλύτερες στρατηγικές για τον μετριασμό της αλλαγής του κλίματος θα πρέπει να τεθούν σε εφαρμογή το συντομότερο δυνατό. Επομένως, είναι αναμενόμενο και αναγκαίο οι μελλοντικές μελέτες ΑΚΖ να επικεντρωθούν στη μείωση αβεβαιοτήτων όπως η ένταξη στην εκτίμηση των έμμεσων επιπτώσεων με την πάροδο του χρόνου, των επιπτώσεων στη βιοποικιλότητα, ο καθορισμός επιπτώσεων όπως αυτές λόγω της χρήσης αζωτούχων λιπασμάτων και άλλων που παραμένει ένα ανοιχτό πρόβλημα, και ταυτόχρονα να διευρυνθούν οι κατηγορίες των εξεταζόμενων επιπτώσεων ανά μελέτη. Είναι απαραίτητο να καλυφθούν όσο το δυνατόν περισσότερα μεθοδολογικά κενά των μέχρι τώρα πρωτοβουλιών τυποποίησης και να περιοριστούν οι απλοποιήσεις στις απολύτως αναγκαίες, με απώτερο στόχο την βελτιστοποίησή τους.

Για να πραγματοποιηθεί κάτι τέτοιο χρειάζεται φυσικά ένα εύλογο χρονικό διάστημα. Οι κυβερνητικές οδηγίες όμως δεν αφήνουν τέτοια περιθώρια [36], καθώς πρώτα θέτουν τους υψηλούς στόχους που καλούμαστε να επιτύχουμε και σε δεύτερη φάση μπαίνουν στη διαδικασία να ερευνήσουν τα πραγματικά όρια της παραγωγής και χρήσης των υγρών βιοκαυσίμων. Η επιστημονικά παράδοση αυτή πραγματικότητα, μας αναγκάζει να δαπανούμε εργασία, ενεργειακούς και οικονομικούς πόρους σε κάτι που μπορεί σύντομα να αποδειχθεί δώρον άδωρον.

Κάτι που επίσης πρέπει πάντα να λαμβάνεται υπόψη είναι ότι δεν έχουν όλοι το ίδιο δικαίωμα στη χρήση ενέργειας, όταν περίπου 1,6 δισ. άνθρωποι παγκοσμίως δεν έχουν πρόσβαση σε ηλεκτρική ενέργεια και σχεδόν 2,4 δισ. άνθρωποι στηρίζονται αποκλειστικά στη βιομάζα για την κάλυψη των αναγκών τους σε ενέργεια [130]. Πέρα από την πρόσβαση στη χρήση ενέργειας, στο μέρος των επιπτώσεών της, παρά την αίσθηση που επικρατεί ότι αυτές κατανέμονται πιο "δίκαια" απ' ότι η ίδια η ενέργεια, αρκεί να σκεφτούμε την πρόσβαση που έχει κανείς στις υπηρεσίες υγείας, από το στάδιο της πρόληψης μέχρι αυτό της περίθαλψης, και μάλιστα σε μία περίοδο παρατεταμένης οικονομικής κρίσης όπως αυτή που ζούμε σήμερα.

Σε ένα τέτοιο περιβάλλον λοιπόν, με όποιον τρόπο κι αν προσεγγίζεται μία Ανάλυση Κύκλου Ζωής στον τομέα της ενέργειας, είτε αυτή αφορά συμβατικές ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, θα παραμένει ανεπαρκής, όσο δεν λαμβάνεται σοβαρά υπόψη σε ποιον τελικά απευθύνονται οι όποιες βελτιώσεις προτείνονται, καθώς η πρόσβαση στη χρήση ενέργειας δεν είναι η ίδια για όλους σε εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο. Οι στόχοι που πρέπει να τεθούν αφορούν στη συνέχιση μιας αξιοπρεπούς ζωής για όλους στον πλανήτη μας και δεν μπορούν να επιτευχθούν χωρίς ριζικές αλλαγές στη δομή του παγκόσμιου συστήματος

διανομής της ενέργειας, κάτι, που όπως δείχνει και η εμπειρία μας, δεν μπορεί να επιτευχθεί στα πλαίσια αυτού του πολιτικοοικονομικού συστήματος.

10 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

- [1] Ν. Ανδρίτσος, "Διδακτικές Σημειώσεις στο μάθημα "Ενέργεια και Περιβάλλον", Βόλος, Οκτώβριος 2007.
- [2] Α. Μ. Παπαδόπουλος, "Σημειώσεις παραδόσεως στο μάθημα "Οικονομική Ανάλυση Ενεργειακών Συστημάτων", Θεσσαλονίκη, 2002.
- [3] Ν. Ι. Μάργαρης, "Εξοικονόμηση ενέργειας- Το πρώτο μεγάλο βήμα για την αντιμετώπιση του ενεργειακού προβλήματος " in *Ελευθεροτυπία* ed, 28/9/94.
- [4] Χ. Ι. Κοραωναίος, "Διδακτικές Σημειώσεις για το μάθημα "Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας", Ε.Μ.Π Δ.Π.Μ.Σ."Περιβάλλον και Ανάπτυξη", Αθήνα, Μάρτιος 2012.
- [5] REN21, ""Renewables 2011: Global Status Report", 2011.
- [6] Wikipedia. (2013). Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Renewable_energy
- [7] Δ. Ρόκος, "Από τη "Βιώσιμη ή Αειφόρο" στην Αξιοβίωτη Ολοκληρωμένη Ανάπτυξη," *Μετσόβιο Κέντρο Διεπιστημονικής Έρευνας του Ε.Μ.Π.*, 2001.
- [8] U. S. E. I. Administration, "Annual Energy Outlook 2010 With Projections to 2035," 2010.
- [9] S. N. Naik, *et al.*, "Production of first and second generation biofuels: A comprehensive review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, pp. 578-597, 2010.
- [10] Wikipedia. (2012). *Biomass*. Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/Biomass>
- [11] J. Zhang and K. R. Smith, "Household Air Pollution from Coal and Biomass Fuels in China: Measurements, Health Impacts, and Interventions," 2007.
- [12] Ö. Gustafsson, *et al.*, "Brown Clouds over South Asia: Biomass or Fossil Fuel Combustion?," *Science* 23 January 2009.
- [13] BP, "BP Statistical Review of World Energy 2012," June 2012.
- [14] B. Platform. (2009). *Production of biofuels in the world in 2009*. Available: <http://www.biofuels-platform.ch/en/infos/production.php>
- [15] W. I. V. f. a. S. World. *Biofuels Make a Comeback Despite Tough Economy*. Available: <http://www.worldwatch.org/biofuels-make-comeback-despite-tough-economy>
- [16] I. E. Agency, "Technology Roadmap Biofuels for Transport," 2011.
- [17] A. Demirbas, "Political, economic and environmental impacts of biofuels: A review," *Applied Energy*, vol. 86, Supplement 1, pp. S108-S117, 2009.
- [18] M. Gordon, "IEA says biofuels can displace 27% of transportation fuels by 2050," in *Platts*, ed, 20/11/2011.
- [19] Λ. Γερονικολού and Σ. Κυρίτσης. *Νέες Τάσεις Στα Βιοκαύσιμα*. Available: http://www.bionova.gr/bio/uploads/texts/nees_tasis26.pdf
- [20] A. K. Agarwal, "Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines," *Progress in Energy and Combustion Science*, vol. 33, pp. 233-271, 2007.
- [21] U. S. D. o. Energy. *Hydrogenation Derived Renewable Diesel*. Available: http://www.afdc.energy.gov/fuels/emerging_green.html

- [22] R. O. Dunn, "Low-Temperature Flow Properties of Vegetable Oil/Cosolvent Blend Diesel Fuels," 2002.
- [23] G. Knothe, "Biodiesel and renewable diesel: A comparison," *Progress in Energy and Combustion Science*, vol. 36, pp. 364-373, 2010.
- [24] J. Ebert, "Breakthroughs in Green Gasoline Production," *Biomass Magazine*.
- [25] A. Bounds, "OECD warns against biofuels subsidies," in *Financial Times*, ed, September 10, 2007.
- [26] H. Pellets, "Βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς," Σεπτέμβριος, 2008.
- [27] Wikipedia, "First-generation biofuels."
- [28] R. E. H. Sims, *et al.*, "An overview of second generation biofuel technologies," *Bioresource Technology*, vol. 101, pp. 1570-1580, 2010.
- [29] S. Macrelli, *et al.*, "Techno-economic evaluation of 2nd generation bioethanol production from sugar cane bagasse and leaves integrated with the sugar-based ethanol process
" 2012.
- [30] J. Van Gerpen, "Biodiesel processing and production," *Fuel Processing Technology*, vol. 86, pp. 1097-1107, 2005.
- [31] Ν. Λιάπης, " "Παραγωγή βιοντίζελ πρώτες ύλες και παραπροϊόντα", " Θεσσαλονίκη Νοέμβριος 2006.
- [32] J. Van Gerpen, "Biodiesel Production and Fuel Quality."
- [33] F. Ma and M. A. Hanna, "Biodiesel production: a review," *Bioresource Technology*, vol. 70, pp. 1-15, 1999.
- [34] M. Balat and H. Balat, "Recent trends in global production and utilization of bio-ethanol fuel," *Applied Energy*, vol. 86, pp. 2273-2282, 2009.
- [35] C. Riley, "Bioethanol: A Renewable Transportation Fuel from Biomass," *National Renewable Energy Laboratory*, March 12, 2002.
- [36] R. Bailey, "The Trouble with Biofuels: Costs and Consequences of Expanding Biofuel Use in the United Kingdom," *Chatham House*, April 2013.
- [37] H. von Blottnitz and M. A. Curran, "A review of assessments conducted on bio-ethanol as a transportation fuel from a net energy, greenhouse gas, and environmental life cycle perspective," *Journal of Cleaner Production*, vol. 15, pp. 607-619, 2007.
- [38] Π. Κεφαλάς, "Συγκριτική ανάλυση κύκλου ζωής ανάμεσα σε ενεργειακές και edwδimes καλλιέργειες: Η περίπτωση μεταξύ των καλλιεργειών ηλιάνθου και αραβόσιτου," Διεπιστημονικό - Διατμηματικό Δίπλωμα Ειδίκευσης "Περιβάλλον και Ανάπτυξη", Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Νοέμβριος 2011.
- [39] Ε. Καλαμπόγια, "Ανάλυση κύκλου ζωής βιοαιθανόλης και βιοντίζελ ως καύσιμα μεταφοράς," Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Οκτώβριος 2005.
- [40] G. Timilsina, *et al.*, "World Oil Price and Biofuels: A General Equilibrium Analysis," *The World Bank Development Research Group Environment and Energy Team*
June 2011.
- [41] I. E. Agency, "World Energy Outlook 2006."
- [42] D. Mitchell, "A Note on Rising Food Prices," *The World Bank Development Prospects Group*, July 2008.

- [43] G. R. Timilsina and A. Shrestha, "How much hope should we have for biofuels?," *Energy*, vol. 36, pp. 2055-2069, 2011.
- [44] M. W. Rosegrant, "Biofuels and Grain Prices: Impacts and Policy Responses," May 7, 2008.
- [45] S. Baier, *et al.*, "Biofuels impact on crop and food prices: using an interactive spreadsheet," *Board of Governors of the Federal Reserve System*, vol. International Finance Discussion Papers: Number 967, March 2009.
- [46] M. Banse, *et al.*, "Will EU Biofuel Policies affect Global Agricultural Markets?," 2008.
- [47] FAO, "Unlocking the water potential of agriculture," 2003.
- [48] Γ. Τόλιος, "Διατροφική κρίση: κοινωνία, βιοποικιλότητα, περιβάλλον," 2012.
- [49] O. D. Institute, "Biofuels: Could the South benefit?," March 2009.
- [50] V. R.-. FAO, "Potential of biofuels reducing poverty," Rome 29/4/2009.
- [51] Γ. Αγερίδης and Μ. Χρήστου, "Βιοκαύσιμα και περιβάλλον σε όλο τον κύκλο ζωής," Διημερίδα: «Τα βιοκαύσιμα και ο αναπτυξιακός τους ρόλος για τη βιομηχανία και τον αγροτικό τομέα», ΤΕΕ/ΤΚΜ 3-4/2/2006.
- [52] G. Stoeglehner and M. Narodoslowsky, "How sustainable are biofuels? Answers and further questions arising from an ecological footprint perspective," *Bioresource Technology*, vol. 100, pp. 3825-3830, 2009.
- [53] ΕΥΔΑΠ. Available: <http://www.eydap.gr>
- [54] R. R. Tan, *et al.*, "The use of graphical pinch analysis for visualizing water footprint constraints in biofuel production," *Applied Energy*, vol. 86, pp. 605-609, 2009.
- [55] C. de Fraiture, *et al.*, "Biofuels and implications for agricultural water use: blue impacts of green energy," 2007.
- [56] Gerbens-Leenes, *et al.*, "Biofuel scenarios in a water perspective: The global blue and green water footprint of road transport in 2030," *Global Environmental Change*, vol. 22, pp. 764-775, 2012.
- [57] T. N. Academies, "Water Implications of Biofuels Production in the United States," October 2007.
- [58] C. B. Field, *et al.*, "Biomass energy: the scale of the potential resource," *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 23, pp. 65-72, 2008.
- [59] R. J. Plevin, *et al.*, "Greenhouse Gas Emissions from Biofuels' Indirect Land Use Change Are Uncertain but May Be Much Greater than Previously Estimated," *Environmental Science & Technology*, vol. 44, September 28, 2010.
- [60] O.-I. United Nations Environment Programme (UNEP), IEA Bioenergy Task 43, "The Bioenergy and Water Nexus," 2011.
- [61] UNEP-WCMC, "The impacts of biofuel production on biodiversity: A review of the current literature," December 2009.
- [62] T. W. Hertel, *et al.*, "The Global Impacts of Biofuel Mandates," 2010.
- [63] D. Sawyer, "Climate change, biofuels and eco-social impacts in the Brazilian Amazon and Cerrado," 27 May 2008
- [64] FAO, "The State Food And Agriculture," 2008.
- [65] C. Ogg, "Environmental Challenges Associated With Corn Ethanol Production," *National Center for Environmental Economics*, April 2007.

- [66] T. R. Society, "Sustainable biofuels: prospects and challenges," 01/ 2008.
- [67] P. Hazell and R. K. Pachauri, "Bioenergy And Agriculture: Promises And Challenges," *IFPRI*, December 2006.
- [68] D. Divan and F. Kreikebaum. (November 2009). *Biofuels Aren't Really Green*. Available: <http://spectrum.ieee.org/energy/renewables/biofuels-arent-really-green/0>
- [69] R. Clift and Y. Mulugetta, "A plea for common sense (and biomass)," *tce today*, October 2007.
- [70] C. Nellemann, *et al.*, "The Last Stand Of The Orangutan- State of Emergency: Illegal Logging, Fire And Palm Oil In Indonesia's National Parks," *UNEP/UNESCO*, 2007.
- [71] EPA, "What is carbon dioxide capture and sequestration?," *U.S EPA*, Last updated on 14/2/2013.
- [72] E. Gnansounou, *et al.*, "Accounting for indirect land-use changes in GHG balances of biofuels: Review of current approaches," Lausanne, March 2008.
- [73] J. Fargione, *et al.* (29 February 2008) Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt. *SCIENCE* Available: http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNADP308.pdf
- [74] F. Danielsen, *et al.* (2008) Biofuel Plantations on Forested Lands: Double Jeopardy for Biodiversity and Climate. *Conservation Biology*. 348-358. Available: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1523-1739.2008.01096.x/pdf>
- [75] R. Zah, *et al.*, "Life Cycle Assessment Of Energy Products: Environmental Impact Assessment Of Biofuels," *Empa Technology and Society Lab*, 2007.
- [76] C. Hammel-Smith, *et al.*, "Issues Associated with the Use of Higher Ethanol Blends (E17-E24)," *National Renewable Energy Laboratory*, October 2002.
- [77] S. Koo-Oshima, *et al.*, "Comprehensive Health And Environmental Effects Of Biodiesel As An Alternative Fuel."
- [78] Wikipedia, "Life Cycle Assessment."
- [79] I. Macedoa, *et al.*, "Green house gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: The 2005/2006 averages and a prediction for 2020," 2007.
- [80] OECD, "Economic Assessment of Biofuel Support Policies," *Summary of OECD Report Directorate for Trade and Agriculture*, Press Conference, Paris, 16 July, 2008.
- [81] H. E. Fischer Günther, Prieler Sylvia, Shah Mahendra, van Velthuizen Harrij, "Biofuels and Food Security: Implications of an accelerated biofuels production," S. o. t. O. s. p. b. IIASA, Ed., ed, Vienna, Austria, March 2009.
- [82] R. Doornbosch and R. Steenblik, "Biofuels: Is The Cure Worse Than The Disease?," *Round Table on Sustainable Development OECD*, Paris, 11-12 September 2007.
- [83] E. Menichetti and M. Otto, "Energy Balance & Greenhouse Gas Emissions of Biofuels from a Life Cycle Perspective," 2008.
- [84] R. Righelato and D. V. Spracklen. (17 August 2007)Carbon Mitigation by Biofuels or by Saving and Restoring Forests? *Science*. Available: <http://www.ceepa.co.za/docs/science%20carbon%20mitigation%20by%20re storing%20forests%20righelato%20spracklen.pdf>
- [85] Wikipedia, "Particulates," in *Wikipedia*, ed.

- [86] D. Russi, "An integrated assessment of a large-scale biodiesel production in Italy: Killing several birds with one stone?," *Energy Policy*, vol. 36, pp. 1169-1180, 2008.
- [87] E. Adlam, "LCA of Transportation Biofuels," Department of Energy and Process Engineering, Norwegian University of Science and Technology, July 2007.
- [88] J. W. Ponton, "Biofuels: Thermodynamic Sense - and Nonsense," *School of Engineering and Electronics, University of Edinburgh*.
- [89] E. Gnansounou, *et al.*, "Life cycle assessment of biofuels: Energy and greenhouse gas balances," *Bioresource Technology*, vol. 100, pp. 4919-4930, 2009.
- [90] Pradhan, *et al.*, "Energy Life-Cycle Assessment Of Soybean Biodiesel Revisited," *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, vol. 54, 2011
- [91] H. Shapouri, *et al.*, "The Energy Balance of Corn Ethanol: An Update," *USDA-Office of Energy Policy and New Uses*, July 2002.
- [92] D. Pimentel and T. W. Patzek, "Ethanol Production Using Corn, Switchgrass, and Wood; Biodiesel Production Using Soybean and Sunflower," *Natural Resources Research*, vol. 14, March 2005.
- [93] J. Sheehan, *et al.*, "Life Cycle Inventory of Biodiesel and Petroleum Diesel for Use in an Urban Bus," May 1998.
- [94] F. Cherubini and A. H. Strømman, "Life cycle assessment of bioenergy systems: State of the art and future challenges," *Bioresource Technology*, vol. 102, pp. 437-451, 2011.
- [95] S. Kim and B. E. Dale, "Life cycle assessment of fuel ethanol derived from corn grain via dry milling," *Bioresource Technology*, vol. 99, pp. 5250-5260, 2008.
- [96] J. Markman, "Shuck the ethanol and let solar shine," in *MSN Money*, ed, 10/11/2007.
- [97] D. Tan, "For efficient energy, do you want solar panels or biofuels? ," *The Conversation*, 20 September 2012.
- [98] S. R. Schill. (August 18, 2008) Roundtable for Sustainable Biofuels releases proposed standards for review. *Biomass Magazine*. Available: <http://biomassmagazine.com/articles/1914/roundtable-for-sustainable-biofuels-releases-proposed-standards-for-review/>
- [99] N. Scarlat and J.-F. Dallemand, "Recent developments of biofuels/bioenergy sustainability certification: A global overview," *Energy Policy*, vol. 39, pp. 1630-1646, 2011.
- [100] M. W. Vis, *et al.*, "Sustainability Criteria and Certification Systems for Biomass Production, Final Report- Biomass Technology Group," February, 2008.
- [101] W. E. Council, "Classification, Certification and Standardization including Lifecycle Assessment of Biofuels."
- [102] "2009/28/EK," E. E. E. Ένωσης, Ed., ed, 23 Απριλίου 2009.
- [103] A. A. Jensen, *et al.*, "Life Cycle Assessment: A guide to approaches, experiences and information sources," *EEA (European Environment Agency)*, April 21, 1998
- [104] T. G. D. R. Center, "Defining Life cycle Assessment," *Urban Environmental Management*.

- [105] T. Ekvall, "Attributional and consequential LCI modelling," in *American Centerfor Life Cycle Assessment* vol. LCA/LCM 2003, Seattle, ed, September 22-25 2003.
- [106] G. Finnveden, *et al.*, "Recent developments in Life Cycle Assessment," *Journal of Environmental Management*, vol. 91, pp. 1-21, 2009.
- [107] EPA, "Life Cycle Assessment: Principles And Practice," May 30, 2006.
- [108] Α. Μαρούλης, *et al.*, "Εκτίμηση Του Κύκλου Ζωής (LCA): Περιγραφή Ενός Σημαντικού Περιβαλλοντικού Εργαλείου Πράσινης Χημείας," *Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Χημείας, Θεσσαλονίκης, Ελλάς*.
- [109] G. I. o. Technology, "Life Cycle Analysis/Assessment (LCA)," *Systems Realization Laboratory*, 2/10/11.
- [110] E. P. Declaration, "International Environmental Product Declaration Schemes," 5/01/2011.
- [111] "European Platform on Life Cycle Assessment (LCA)," Last updated: 22/02/2012.
- [112] A. N. Laboratory. (September 3, 2010). *How Does GREET Work?* Available: <http://greet.es.anl.gov/>
- [113] M. Wang, *et al.*, "Methods of dealing with co-products of biofuels in life-cycle analysis and consequent results within the U.S. context," *Energy Policy*, vol. 39, pp. 5726-5736, 2011.
- [114] K. Kodera, "Analysis of allocation methods of bioethanol LCA," Internship at CML, Leiden University, August 2007.
- [115] N. Unger, *et al.*, "General requirements for LCA software tools," Institute of Waste Management, BOKU - University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, Austria.
- [116] C. Devereaux and L. Henry, "Biofuels and Certification: A Workshop at the Kennedy School of Government, May 11–12, 2009," *CID Working Paper No. 187*, vol. Center for International Development at Harvard University, November 2009, and BCSIA Discussion Paper 2009-04, June 2009.
- [117] T. E. A. Committee, "Are biofuels sustainable?," *House of Commons Environmental Audit Committee*, vol. 1.
- [118] J. van Dam, *et al.*, "From the global efforts on certification of bioenergy towards an integrated approach based on sustainable land use planning," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, pp. 2445-2472, 2010.
- [119] T. Buchholz, *et al.*, "Sustainability criteria for bioenergy systems: results from an expert survey," *Journal of Cleaner Production*, vol. 17, Supplement 1, pp. S86-S98, 2009.
- [120] S. Soimakallio and K. Koponen, "How to ensure greenhouse gas emission reductions by increasing the use of biofuels? – Suitability of the European Union sustainability criteria," *Biomass and Bioenergy*, vol. 35, pp. 3504-3513, 2011.
- [121] T. Searchinger, *et al.* (2008) Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change. *SCIENCE*. Available: <http://www.whrc.org/resources/publications/pdf/SearchingeretalScience08.pdf>
- [122] R. Edwards, *et al.*, "Biofuels in the European Context: Facts and

- Uncertainties," *JRC- E.C.*, 2008.
- [123] B. Schlamadinger, *et al.*, "Optimizing the Greenhouse Gas Benefits of Bioenergy Systems," *IEA Bioenergy*, 2005.
- [124] A. Kendall, *et al.*, "Accounting for time-dependent effects in biofuel life cycle greenhouse gas emissions calculations," *Environ Sci Technol*, vol. 43, September 15, 2009.
- [125] S. Soimakallio, *et al.*, "Assessing the sustainability of liquid biofuels from evolving technologies : A Finnish approach," *VTT TIEDOTTEITA- RESEARCH NOTES 2482*, 2009.
- [126] J. Guinée, *et al.*, "Economic Allocation: Examples and Derived Decision Tree," *Institute of Environmental Sciences (CML), Leiden University*, 2004.
- [127] C. EUCAR, JRC, "Well-to-Wheels Analysis Of Future Automotive Fuels And Powertrains In The European Context, Version 2c," March 2007.
- [128] N. Greene, "Growing Energy: How Biofuels Can Help End America's Oil Dependence," *Natural Resources Defense Council*, December 2004.
- [129] J. T. R. Centre, "Biofuels: Linking Support to Performance: Summary And Conclusions," Round Table, 7-8 June 2007, Paris.
- [130] Ι. Τ. Ε. Σ. Καυσίμων. *Περιβάλλον και Διαχείριση Ενέργειας*. Available: <http://www.allaboutenergy.gr/Diaxeirisi423.html>



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000049017