



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

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

**Συγκριτική ανάλυση κύκλου ζωής
ανάμεσα σε ενεργειακές και edώδιμες
καλλιέργειες.
Η περίπτωση μεταξύ των καλλιεργειών
ηλίανθου και αραβόσιτου**

**Κεφαλάς Πάυλος
Γεωπόνος**

Μεταπτυχιακή Εργασία η οποία υποβάλλεται
για μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων
για το Διεπιστημονικό - Διατμηματικό
Δίπλωμα Ειδίκευσης
του Δ.Π.Μ.Σ. του Ε.Μ.Πολυτεχνείου
"Περιβάλλον και Ανάπτυξη"

Αθήνα, Νοέμβριος 2011

Επιβλέπων Καθηγητής: Χρ. Κορωναίος

Επιτροπή Παρακολούθησης:

Επισκ. Καθηγητής Χρ. Κορωναίος
Καθηγητρια Μ Λοϊζίδου
Καθηγητής Δ.. Καλιαμπάκος

Περιβάλλον

και

Ανάπτυξη



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

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

**Συγκριτική ανάλυση κύκλου ζωής
ανάμεσα σε ενεργειακές και edώδιμες
καλλιέργειες.
Η περίπτωση μεταξύ των καλλιεργειών
ηλίαςνθου και αραβόσιτου**

**Κεφαλάς Πάυλος
Γεωπόνος**

Μεταπτυχιακή Εργασία η οποία υποβάλλεται
για μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων
για το Διεπιστημονικό - Διατμηματικό
Δίπλωμα Ειδίκευσης
του Δ.Π.Μ.Σ. του Ε.Μ.Πολυτεχνείου
"Περιβάλλον και Ανάπτυξη"

Αθήνα, Νοέμβριος 2011

Επιβλέπων Καθηγητής: Χρ. Κορωναίος

**Περιβάλλον
και
Ανάπτυξη**

Επιτροπή Παρακολούθησης:
Επισκ. Καθηγητής Χρ. Κορωναίος
Καθηγητρια Μ Λοϊζίδου
Καθηγητής Δ.. Καλιαμπάκος

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ



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

Μεταπτυχιακή Εργασία

***«ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ
ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ.***

Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ »

**Κεφαλάς Πάυλος
Γεωπόνος**

Η παρούσα διπλωματική εξετάστηκε επιτυχώς.

Η τριμελής επιτροπή

.....
Μαρία Λοϊζίδου
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

.....
Χριστ. Κορωναίος
Επισκ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Δημήτρ. Καλιαμπάκος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Νοέμβριος 2011

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

Ευχαριστίες

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

Καταρχήν θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα, Καθηγητή Κορωναίο Χριστοφή , για το γεγονός ότι μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα, για την πολύτιμη συμβολή, καθοδήγηση και υποστήριξη κατά την διάρκεια της πραγματοποίησης, καθώς και για την συμβολή του ώστε μεγάλο μέρος της έρευνας της παρουσίας εργασίας να πραγματοποιηθεί στο πανεπιστήμιο NTNU του Trondheim.

Σημαντική συνεισφορά για την πραγματοποίηση της παρούσας διπλωματικής έχουν τα μέλη του μεταπτυχιακού προγράμματος Industrial Ecology, του πανεπιστημίου NTNU, Assistant Professor Ottar Michelsen, για τις πολύτιμη καθοδήγηση, υποδείξεις και διορθώσεις και η Professor Annik Magerholm Fet, για την βοήθεια της κατά την εκπόνηση της διπλωματικής αλλά και στα πλαίσια της παραμονής μου στη Νορβηγία.

Επίσης θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στα μέλη της επιτροπής, καθηγητή Καλιαμπάκο Δ., και την καθηγήτρια Λοϊζίδου Μ, , που δεχτήκαν να αξιολογήσουν και να βαθμολογήσουν την παρούσα εργασία.

Θα ήθελα, ακόμη να ευχαριστήσω τους συμφοιτητές αλλά και καλούς μου φίλους, Ελένη Ανδρέου, Όλγα Γεωργακόπουλου, Αγγελική Κουρουζίδου και Ηρώ Ροϊνιώτη, για την πολύτιμη βοήθεια και στήριξη τους.

Δεν θα ήθελα να παραβλέψω, τις ευχαριστίες για το πρόγραμμα υποτροφιών FMO/EEA Grants “Scholarship & Mobility Programme” για την οικονομική στήριξη της διπλωματικής αυτής καθώς και όλα το τεχνικό και διοικητικό προσωπικό του Ε.Μ.Π και NTNU που συμμετείχαν για την ομαλή διεξαγωγή του παραπάνω προγράμματος

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους έδειξαν υπομονή κατά την τροποποίηση της παρούσας μελέτης.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	ii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ, ΠΙΝΑΚΩΝ ΧΑΡΤΩΝ, ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ.....	iv
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	iv
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	v
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ.....	vi
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	vi
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΧΑΡΤΩΝ	vi
ABSTRACT.....	vii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	vii
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
II. ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ.....	4
II.1 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΚΠΟΜΠΩΝ	5
II.2 ΕΠΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ.....	8
II.3 ΕΠΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ	10
II.4 ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ.....	10
III. ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ.....	14
III.1 ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ ΠΡΩΤΗΣ ΓΕΝΙΑΣ	15
III.2 ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΓΕΝΙΑΣ.....	15
III.3 ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ	15
V.4 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	23
IV. ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ.....	26
IV.1 ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ.....	26
IV.2 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	30
V. ΗΛΙΑΝΘΟΣ	32
V.1 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΙΑΝΘΟΥ	32
V.2 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	35
VI. ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ	36
VI.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΡΟΦΗΣ.....	44
VI. ΕΜΜΕΣΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ.....	45

VII.	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ	47
VII.1	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΑΚΖ ΣΤΗΝ ΓΕΩΡΓΙΑ	49
VII.1.A	ΠΕΡΙΠΤΩΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ	50
VIII.A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ GaBi	53
IX.	ΟΡΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ – ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΤΩΝ ΔΥΟ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ..	56
IX.1	ΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	56
IX.2	ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	57
IX.2.A	ΣΥΣΤΗΜΑ ΡΟΗΣ – ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΗΛΙΑΝΘΟΥ	57
IX.3	ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	64
IX.3.A	ΣΥΣΤΗΜΑ ΡΟΗΣ – ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ	64
X.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	71
X.1	ΗΛΙΑΝΘΟΣ	72
X.2	ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ	79
X.3	ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΔΥΟ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ	84
XI.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	92
XII.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	94

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ, ΠΙΝΑΚΩΝ ΧΑΡΤΩΝ, ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Παγκόσμια παραγωγή βιοκαυσίμων για το 2009 (ktoe)	17
Πίνακας 2. Παγκόσμια παραγωγή βιοαιθανόλης για το 2009 (ktoe).....	18
Πίνακας 3. Παραγωγή βιοαιθανόλης στην Ε.Ε 27.....	19
Πίνακας 4. Παγκόσμια παραγωγή Biodiesel (MJ)	21
Πίνακας 5. Παραγόμενα βιοκαύσιμα από διάφορα ενεργειακά φυτά & αποδόσεις/εκτάριο.....	25
Πίνακας 6. 10 πρώτες χώρες σε καλλιεργούμενη έκταση και συνολική παραγωγή.....	29
Πίνακας 7. Παραγωγή σπόρων ηλίανθου (10^3 tn).....	34
Πίνακας 8. Αποθέματα και ζήτηση σπόρων ηλίανθου (10^6 tn).....	34
Πίνακας 9. Καλλιεργούμενη έκταση, απόδοση και παραγωγή ηλίανθου στην Ελλάδα.....	35
Πίνακας 10. Παγκόσμιες ανάγκες φαγητού ανάλογα με τα τρία διαφορετικά σενάρια διατροφής και τρία διαφορετικά σενάρια αύξησης του πληθυσμού σε grain equivalents (10^{12} kg ξηράς ουσίας ανά χρόνο)	40
Πίνακας 11. Λόγος Δυνητικής παραγωγής φαγητού προς δυνητικών αναγκών ανάλογα με το παραγωγικό σύστημα.....	40
Πίνακας 12. Κλάσματα και εκτάσεις καλλιεργήσιμης γης (σε 10^9 Ha) σε παγκόσμια κλίμακα	41
Πίνακας 13. Μέγιστος λόγος παραγωγής βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας (10^{12} kg ξηράς ουσίας ανά χρόνο).....	42
Πίνακας 14. Γεωργικές δραστηριότητες, γεωργικός εξοπλισμός και κατανάλωση πετρελαίου για την καλλιέργεια ηλίανθου	59
Πίνακας 15. Λειτουργική μονάδα ποσότητας μηχανήματος ανά γεωργική δραστηριότητα	60
Πίνακας 16. Λειτουργική μονάδα επιδιορθωμένων ποσοτήτων μηχανημάτων.....	61
Πίνακας 17. Χρόνος ζωής, βάρος ελαστικών και παράγοντας φθοράς	62
Πίνακας 18. Γεωργικές εργασίες, γεωργικός εξοπλισμός και κατανάλωση πετρελαίου για την καλλιέργεια αραβόσιτου (kg/Ha)	66
Πίνακας 19. Λειτουργική μονάδα ποσότητας μηχανήματος ανά γεωργική δραστηριότητα (kg/Ha*yr)....	68
Πίνακας 20. Λειτουργική μονάδα επιδιορθωμένων ποσοτήτων μηχανημάτων.....	69
Πίνακας 21. Κατηγορίες μονάδων και μονάδες κατηγοριών.....	71
Πίνακας 22. Τιμές ανά κατηγορία επιπτώσεων στην καλλιέργεια ηλίανθου ανά εκτάριο ανά χρόνο	74
Πίνακας 23. Κανονικοποιημένες τιμές ανά κατηγορία επιπτώσεων στην καλλιέργεια ηλίανθου ανά εκτάριο	76
Πίνακας 24. Αποτελέσματα στάθμισης ανά κατηγορία επίπτωσης στην καλλιέργεια ηλίανθου ανά εκτάριο	77

Πίνακας 25. Τιμές ανά κατηγορία επιπτώσεων στην καλλιέργεια αραβόσιτου ανά εκτάριο ανά χρόνο ...	79
Πίνακας 26. Κανονικοποιημένες τιμές ανά κατηγορία επιπτώσεων στην καλλιέργεια αραβόσιτου ανά εκτάριο	82
Πίνακας 27. Αποτελέσματα στάθμισης ανά κατηγορία επίπτωσης στην καλλιέργεια αραβόσιτου ανά εκτάριο	83
Πίνακας 28. Τιμές ανά κατηγορία επιπτώσεων στην καλλιέργεια ηλίανθου και αραβόσιτου ανά εκτάριο ανά χρόνο	85
Πίνακας 29. Τιμές ανά κατηγορία επιπτώσεων στην καλλιέργεια και ηλίανθου και αραβόσιτου ανά kg παραγόμενου προϊόντος	87

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1.Συνολικές ετήσιες εκπομπές CO ₂	7
Διάγραμμα 2.Παγκόσμιες ετήσιες εκπομπές μεθανίου (CH ₄)	7
Διάγραμμα 3.Παγκόσμιες ετήσιες εκπομπές οξειδίων του Αζώτου (N ₂ O)	8
Διάγραμμα 4. Μελλοντική Διακύμανση μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας.....	8
Διάγραμμα 5. Παγκόσμια παραγωγή βιοκαυσίμων (ktoe).....	17
Διάγραμμα 6. Παγκόσμια παραγωγή βιοαιθανόλης (MJ)	19
Διάγραμμα 7. Παγκόσμια παραγωγή βιοαιθανόλης (MJ)	22
Διάγραμμα 8. Παγκόσμια παραγωγή αραβόσιτου (10 ⁸ tn)	27
Διάγραμμα 9. Συμμετοχή ανά ήπειρο στην παγκόσμια παραγωγή αραβόσιτου.....	28
Διάγραμμα 10. Παραγωγή αραβόσιτου στην Ελλάδα	30
Διάγραμμα 11. Αναλυτικό διάγραμμα ροής καλλιέργειας ηλίανθου.....	58
Διάγραμμα 12. Αναλυτικό διάγραμμα ροής καλλιέργειας αραβόσιτου	65
Διάγραμμα 13. Ποσοστό συμμετοχής εισροών ανά κατηγορία επίπτωσης στην καλλιέργεια ηλίανθου ...	75
Διάγραμμα 15. Ποσοστό κύριων αποδεκτών ανά κατηγορία επιπτώσεων στην καλλιέργεια ηλίανθου	76
Διάγραμμα 14. Αποτελέσματα κανονικοποίησης ανα κατηγορία επιπτώσεων στην καλλιέργεια ηλίανθου ανά εκτάριο	76
Διάγραμμα 16. Αποτελέσματα στάθμισης (%) ανά κατηγορία επιπτώσεων στην καλλιέργεια ηλίανθου ανά εκτάριο	78
Διάγραμμα 17. Ποσοστό συμμετοχής εισροών ανά κατηγορία επίπτωσης στην καλλιέργεια αραβόσιτου80	
Διάγραμμα 18. Αποτελέσματα κανονικοποίησης στην κατηγορία επιπτώσεων στην καλλιέργεια αραβόσιτου ανά εκτάριο	82
Διάγραμμα 19. Ποσοστό κύριων αποδεκτών ανά κατηγορία επιπτώσεων στην καλλιέργεια αραβόσιτου	82
Διάγραμμα 20. Αποτελέσματα στάθμισης (%) ανά κατηγορία επιπτώσεων στην καλλιέργεια αραβόσιτου ανά εκτάριο	84
Διάγραμμα 21. Ποσοστιαία σύγκριση των καλλιεργειών ηλίανθου και αραβόσιτου ανά εκτάριο ανά χρόνο.....	86

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

Διάγραμμα 22. Ποσοστιαία σύγκριση των καλλιεργειών ηλίανθου και αραβόσιτου ανά kg παραγόμενου προϊόντος	87
Διάγραμμα 23. Συσχέτιση συνολικού ποσού εισαγωγών με το ποσοστό μείωσης της συνολικής έκτασης καλλιέργειας αραβόσιτου.....	90
Διάγραμμα 24. Συσχέτιση συνολικού ποσού εισαγωγών με το ποσοστό μείωσης της συνολικής έκτασης καλλιέργειας αραβόσιτου (με εξαγωγές 4%).....	90

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΣΩΣΕΩΝ

Εξίσωση 1. Λειτουργική μονάδα ποσότητας μηχανήματος.....	59
Εξίσωση 2. Εκπομπές Βαρέων Μετάλλων από την φθορά ελαστικών	62

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Σχεδιασμός της μεθόδου Ανάλυση Κύκλου Ζωής (ISO 1997)	48
--	----

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 1. Αρχικές εγκαταστάσεις παραγωγής βιοκαυσίμων στην Ελλάδα	23
---	----

ABSTRACT

Land is a limited resource. It is urgent to develop sustainability criteria in order to examine the availability of land for the production of biofuels.

Greece as a member state of EC has to conform to the Directive 2003/30/EC and implement it through the national legislation. In this context Greece must ensure a minimum 20% share of renewable sources in gross final energy consumption by 2020 and a mandatory 10% minimum target to be achieved for the share of biofuels in transport petrol and diesel consumption by 2020 as referred to the National Renewable Energy Plan (The Scope of Directive 2009/28/EC, 2009).

The objective of this work is to assess the environmental implications of biofuels production. Life Cycle Assessment methodology is used to estimate the impact of the cultivation of corn (*Zea Mays*) – a common food cultivation in Greece- and sunflower (*Helianthus Annus*) -a cultivation that may substitute corn for the production of biofuel. After the implementation of Life Cycle Assessment for each cultivation separately, an attempt has been made for the assessment of the environmental impacts. The results of LCA for the two cultivations are compared in order to throw light into the question of whether the use of biofuels in such scale is as sustainable as considered.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η γη είναι ένας περιορισμένος πόρος. Είναι αναγκαίο να αναπτυχθούν βιώσιμα κριτήρια ώστε να εξεταστεί η διαθεσιμότητα της γης για την παραγωγή βιοκαυσίμων.

Η Ελλάδα ως μέλος της Ε.Ε πρέπει συμμορφωθεί με την Οδηγία 2003/30/ΕΕ και να την ενσωματώσει στο εθνική νομοθεσία. Σύμφωνα με αυτή την οδηγία η Ελλάδα θα πρέπει να εξασφαλίσει τη συμμετοχή του 20% από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην τελική

ακαθάριστη κατανάλωση ενέργειας καθώς και το 10% από βιοκαύσιμα στη συνολική κατανάλωση πετρελαίου και βενζίνης στον τομέα των μεταφορών.

Ο σκοπός αυτής της εργασίας είναι η εκτίμηση κυρίως των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της παραγωγής βιοκαυσίμων. Η μεθοδολογία Ανάλυση Κύκλου Ζωής χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση των επιπτώσεων του αραβόσιτου (*Zea Mays*) – μιας συνηθισμένης καλλιέργειας φαγητού στην Ελλάδα και του ηλίανθου (*Helianthus Annus*) – μιας καλλιέργειας που μπορεί να αντικαταστήσει την καλλιέργεια αραβόσιτου, με σκοπό την παραγωγή biodiesel. Μετά την εφαρμογή της μεθοδολογίας της AKZ σε κάθε καλλιέργεια ξεχωριστά, έγινε μια προσπάθεια εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Τέλος έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων της AKZ ώστε να δοθεί απάντηση στην ερώτηση για το αν η χρήση των βιοκαυσίμων σε τέτοιο βαθμό είναι τόσο βιώσιμη όσο θεωρείται.

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως έχει αναφερθεί από το Spedding (1975) γεωργία ορίζεται η χρήση της γης για την καλλιέργεια εδώδιμων φυτών ή ζώων. Η γεωργία συγκαταλέγεται στις δραστηριότητες που σχετίζονται με μία από τις κύριες ανθρώπινες ανάγκες: τη σίτιση. Οι γεωργικές δραστηριότητες μπορούν να προκαλέσουν διάφορα περιβαλλοντικά προβλήματα, τα οποία μπορούν να ενταχθούν σε κατηγορίες (Milà i Canals L., 2003):

- Επιπτώσεις που σχετίζονται με την κατανάλωση ενέργειας (παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας, όξινη βροχή κ.ά.)
- Ρύπανση επιφανειακών και υπόγειων υδάτων λόγω της χρήσης νιτρικών λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων κ.ά.
- Τοξικές επιπτώσεις που σχετίζονται κυρίως με τη χρήση αγρό – χημικών προϊόντων
- Υποβάθμιση του εδάφους
- Εξάντληση αποθεμάτων νερού
- Μείωση της βιοποικιλότητας σε καλλιεργούμενα εδάφη

Ένας από τους κύριους παράγοντες στις γεωργικές δραστηριότητες που μπορεί να προκαλέσει δραστική αλλαγή παγκόσμιων φαινομένων είναι οι αλλαγές χρήσεων γης. Τέτοιου είδους αλλαγές μπορεί να προκαλέσουν σημαντικές επιπτώσεις στην παραγωγή εδώδιμων προϊόντων, καθώς και υποβάθμιση στη διαθεσιμότητα εδαφικών και υδατικών πόρων (Bushchbacher et al., 1998; Fu et al., 1999; Kong X., 2006). Η πίεση που ασκείται στα οικοσυστήματα μέσω της αλλαγής χρήσεων γης έχει προκαλέσει μείωση της βιοποικιλότητας καθώς και έχει επιφέρει σημαντική εδαφική υποβάθμιση. Η εκμετάλευση του εδάφους έχει ενταθεί σημαντικά λόγω των απαιτήσεων του συνεχώς αυξανόμενου πληθυσμού της γης. Αρχικά θεωρούνταν πως η τεχνολογική εξέλιξη θα αύξανε την απόδοση των καλλιεργειών με αποτέλεσμα να υπερκαλύπτει το πρόβλημα της εδαφικής διαθεσιμότητας που θα υπήρχε (Brandão M, et al. 2010). Σε πολλά μέρη της γης, που χαρακτηρίζονται από χαμηλές αποδοτικότητες και υψηλές συγκεντρώσεις πληθυσμού, μεγάλος αριθμός μικρών γεωργών αναγκάζονται να αυξήσουν την εντατικότητα της καλλιέργειας για την αύξηση της απόδοσης με αποτέλεσμα την αύξηση της εδαφικής υποβάθμισης καθώς και την αύξηση της φτώχειας.

Όπως έχει αναφερθεί από τους Rosillo - Calle et al. (1987) στην έρευνά τους, η ενέργεια προερχόμενη από τη γεωργία δεν είναι μια καινούρια έννοια. Τα τελευταία χρόνια ένα σημαντικό γεγονός είναι πως μέσω της γεωργίας δεν παράγονται μόνο εδώδιμα προϊόντα αλλά πλέον η γεωργία αποτελεί έναν από τους σημαντικούς προμηθευτές για την παραγωγή βιομηχανικών προϊόντων. Καθώς όμως η καλλιεργούμενη γη αποτελεί το μεγαλύτερο περιοριστικό παράγοντα (Weidema B. P., 2000) ο ανταγωνισμός για καλλιεργήσιμα εδάφη μεταξύ εδωδίων και ενεργειακών καλλιεργειών θα αυξηθεί. Σύμφωνα με ένα ερευνητικό άρθρο για την Παγκόσμια Τράπεζα (Mitchell D., 2008), ο πιο σημαντικός παράγοντας για τη ραγδαία αύξηση των τιμών φαγητού είναι η αυξανόμενη παραγωγή βιοκαυσίμων σε Ευρώπη και Αμερική. Το μεγάλο ερώτημα που προκύπτει ειδικά για την παραγωγή πρώτης γενιάς βιοκαυσίμων είναι κατά πόσο επηρεάζει αρνητικά την παραγωγή τροφής – μια κύρια ανθρώπινη ανάγκη (Brandão M, et al. 2010).

Αν και η κύρια πηγή του ατμοσφαιρικού CO₂, ανθρωπογενούς προέλευσης, προέρχεται από τη χρήση των ορυκτών καυσίμων, οι χρήσεις γης και οι αλλαγές τους με την απελευθέρωση άνθρακα από τα επίγεια οικοσυστήματα με τη μορφή CO₂ ευθύνονται για παραπάνω από το ένα τρίτο της αύξησης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, ένα από τα κυριότερα αέρια που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου (Greenhouse Gas)(Denman et al.,2007). Επειδή τα μεγαλύτερα αποθέματα άνθρακα βρίσκονται συσσωρευμένα στη βλάστηση και στο έδαφος (Watson et al., 2001), οι χρήσεις γης καθώς και οι τεχνικές καλλιέργειας που μπορεί να επηρεάζουν τη συγκέντρωση άνθρακα σε βιομάζα και έδαφος θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη σε θέματα για τη μείωση των αερίων που συμμετέχουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Επιπρόσθετα, θα πρέπει να εξετασθούν και οι έμμεσες επιπτώσεις των αλλαγών χρήσεων γης (Indirect Land Use Changes, iLUC). Το φαινόμενο αυτό αναφέρεται στη δυνητική απελευθέρωση πρόσθετων εκπομπών άνθρακα, λόγω των αλλαγών χρήσεων γης σε όλο τον κόσμο λόγω της επέκτασης των καλλιεργούμενων περιοχών για την παραγωγή βιοκαυσίμων λόγω της αυξημένης ζήτησης (τρία λόγω στην ίδια πρόταση; Άλλαξέ το). Αυτό θα οδηγήσει και στη χρήση χέρσων αλλά και εγκαταλελειμμένων εδαφών καθώς και στην αντικατάσταση συμβατικών καλλιεργειών που προορίζονται για την παραγωγή εδωδίων προϊόντων

Η Ελλάδα ως χώρα μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης πρέπει να συμμορφωθεί με την οδηγία 2003/30/EC και να την ενσωματώσει στην Εθνική της νομοθεσία. Σε αυτό το κείμενο αναφέρεται πως η Ελλάδα θα πρέπει να εξασφαλίσει ότι τουλάχιστον το 20% της ακαθάριστης

ενεργειακής κατανάλωσης θα πρέπει να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές, καθώς και συμμετοχή 10% των βιοκαυσίμων στα καύσιμα κίνησης όπως αναφέρεται στο Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μέχρι το 2020. Στο Ευρωπαϊκό Σχέδιο Δράσης για τα βιοκαύσιμα (Annex 11)¹ υπολογίζεται ότι για να επιτευχθεί ο στόχος του 5,75%, που ήταν ο στόχος για το 2010, θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν 15 εκατομμύρια εκτάρια ή το 1/5 της καλλιεργούμενης έκτασης της Ευρώπης. Όπως αναφέρεται από το Εθνικό Σχέδιο Δράσης, η αύξηση της παραγωγής βιοκαυσίμων θα επιτευχθεί με τη σταδιακή αλλαγή εδαφών με καλλιέργεια εδώδιμων φυτών, σε ενεργειακές καλλιέργειες, και όχι με τη χρήση υποβαθμισμένων εδαφών. Στα πλαίσια της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής (1872 / 2003), σημαντικές εκτάσεις καλλιεργούμενων εδαφών θα αλλάξουν χρήση, καθώς μέσω σημαντικών επιχορηγήσεων, η καλλιέργεια ενεργειακών και μη εδώδιμων καλλιεργειών θα θεωρείται πιο κερδοφόρα, με αποτέλεσμα αυτό το μέτρο να προτρέπει τους αγρότες να αλλάζουν το είδος των καλλιεργειών.

Ο σκοπός αυτής της εργασίας είναι η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την καλλιέργεια εδώδιμων και ενεργειακών φυτών. Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα μέτρα και σχέδια, μια πιθανή αλλαγή στην ελληνική γεωργία είναι η καλλιέργεια καλαμποκιού (*Zea mays*), μια από τις πιο κοινές καλλιέργειες στην Ελλάδα, με (να αντικατασταθεί εννοείς; Τότε βάλε αντί) την καλλιέργεια ηλιάνθου (*Helianthus annuus*), μια από τις πιο αποδοτικές καλλιέργειες για την παραγωγή biodiesel στην Ελλάδα και στην Ευρώπη.

Μέσω της εφαρμογής της μεθοδολογίας Ανάλυση Κύκλου Ζωής (AKZ) και στις δύο προαναφερθείσες καλλιέργειες, εξετάστηκαν τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα σε τέτοιου είδους αλλαγές χρήσεων γης.

¹ COM/2005/628 final

II. ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Είναι πλέον φανερό πως τα αέρια του θερμοκηπίου που προέρχονται από ανθρώπινες δραστηριότητες προκαλούν την κλιματική αλλαγή. Τα τελευταία 100 χρόνια, η παγκόσμια μέση θερμοκρασία έχει ανέβει κατά 0,74 °C ακολουθώντας μια γραμμική τάση, καθώς και το επίπεδο της θάλασσας έχει ανέβει κατά 17 cm κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα (EC, 2009). Η δωδεκαετία (1995-2006) καταγράφηκε ως μια από τις πιο θερμές από το 1850 λόγω της πολλή υψηλής μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας (IPCC, 2007). Η Ευρώπη πολύ σύντομα θα αντιμετωπίσει τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Η κλιματική αλλαγή θα επέλθει σταδιακά με την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας αλλά οι κύριες επιπτώσεις της σταδιακής αλλαγής θα εμφανιστούν μακροπρόθεσμα.

Οι μεγαλύτερες αλλαγές της μέσης θερμοκρασίας έχουν συμβεί κυρίως στο μεγαλύτερα βόρεια γεωγραφικά πλάτη. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι πως η μέση θερμοκρασία της Αρκτικής έχει διπλασιαστεί τα τελευταία 100 χρόνια. Από το 1961 που εξετάζεται η θερμοκρασία των ωκεανών, έχει παρατηρηθεί αύξηση της θερμοκρασίας μέχρι και 3000 μέτρα βάθος (? Η θερμοκρασία μετράται σε βαθμούς). Το ίδιο παρατηρείται και στο στρώμα της τροπόσφαιρας που αυξάνεται παρόμοια με τη θερμοκρασία στη επιφάνεια του πλανήτη (IPCC, 2007).

Η ανύψωση της στάθμης της θάλασσας φαίνεται πως σχετίζεται σταθερά με την αύξηση της θερμοκρασίας. Η παγκόσμια μέση στάθμη της θάλασσας αυξήθηκε με ένα μέσο όρο κατά 1,8 cm από το 1961 μέχρι το 2003. Ωστόσο ο ρυθμός αύξησης ήταν μεγαλύτερος τη δεκαετία 1993-2003. Από το 1993 η αύξηση της θερμοκρασίας των ωκεανών συνέβαλε στη μείωση των παγετώνων και του καλύμματος πάγου. Δεδομένα δορυφόρων από το 1978 έδειξαν τη μείωση των αρκτικών παγετώνων κατά 2,7 cm ανά δεκαετία.

Το κυριότερο αέριο ανθρωπογενούς προέλευσης που συμβάλλει σημαντικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι το CO₂. Οι ετήσιες εκπομπές έχουν αυξηθεί από το 1970 μέχρι το 2004 περίπου 80% ή από 21 σε 38 εκατομμύρια τόνους και είναι περίπου το 77% των συνολικών εκπομπών. Τη δεκαετία 1995-2004 ο ρυθμός αύξησης των εκπομπών (0,92 GtCO₂ –

eq per year) ήταν σαφώς ανώτερος από την προηγούμενη περίοδο 1970-2004 που οι εκπομπές ήταν 0,92 GtCO₂ – eq per year (IPCC, 2007).

Η τεράστια αύξηση στις εκπομπές ιδιαιτέρως τα τελευταία 20 χρόνια, προήλθε από τους τομείς παραγωγής ενέργειας, μεταφορών και βιομηχανίας ενώ οι τομείς κατασκευών, δασοκομίας και γεωργίας συνέβαλαν λιγότερο στην αύξηση. Δύο από τους κυριότερους παράγοντες που συνέβαλαν στην αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων, που μεταφράζεται και σε αύξηση των εκπομπών και κυρίως του CO₂, ήταν η αύξηση του μέσου παγκόσμιου εισοδήματος (77%) καθώς και η ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού (69%).

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες είναι υπεύθυνες για την εκπομπή 4 ειδών αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου: το CO₂, το μεθάνιο (CH₄), το μονοξείδιο του αζώτου (N₂O) καθώς και οι αλοάνθρακες που είναι μία ομάδα αερίων που περιέχουν φθόριο, χλώριο ή βρώμιο. Η αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ οφείλεται κυρίως στη χρήση ορυκτών καυσίμων αλλά και οι αλλαγές χρήσεων γης παίζουν ένα σημαντικό ρόλο αλλά όχι όμως με τόσο μεγάλη συμμετοχή. Για την αύξηση του CH₄ πιστεύεται ότι η γεωργία και η χρήση ορυκτών καυσίμων είναι οι κύριοι παράγοντες αύξησης της συγκέντρωσής του στην ατμόσφαιρα, ενώ για το N₂O ο κυριότερος παράγοντας θεωρείται η γεωργία.

II.1 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΚΠΟΜΠΩΝ

Σύμφωνα με τα σενάρια SRES (2000) οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου θα συνεχίζουν να αυξάνονται από 9,7 έως 36,7 GtCO₂-eq ανάμεσα στο 2000 και το 2030. Σε αυτά τα σενάρια, τα ορυκτά καύσιμα κατέχουν ακόμα τον πρωταρχικό ρόλο στον τομέα της ενέργειας και οι εκπομπές του CO₂ που προέρχονται από τη χρήση ενέργειας πρόκειται να αυξηθούν από 40 μέχρι και 110% αυτή την περίοδο.

Στην έκθεση του SRES (2000) δημιουργήθηκαν 40 σενάρια που ανήκαν σε 4 οικογένειες (A1,A2,B1,B2) και 6 κατηγορίες σεναρίων που αναφέρονταν σε διαφορετικές τεχνολογικές εξελίξεις σε σχέση με την παραγωγή ενέργειας. Η οικογένεια A1 αναφέρεται σε μια μελλοντική ραγδαία οικονομική ανάπτυξη, ο παγκόσμιος πληθυσμός αυξάνεται μέχρι τα μέσα του αιώνα αλλά μετά μειώνεται, καθώς επίσης και στη ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας. Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά αυτό του σεναρίου είναι η αξιολόγηση μείωσης των διαφορών

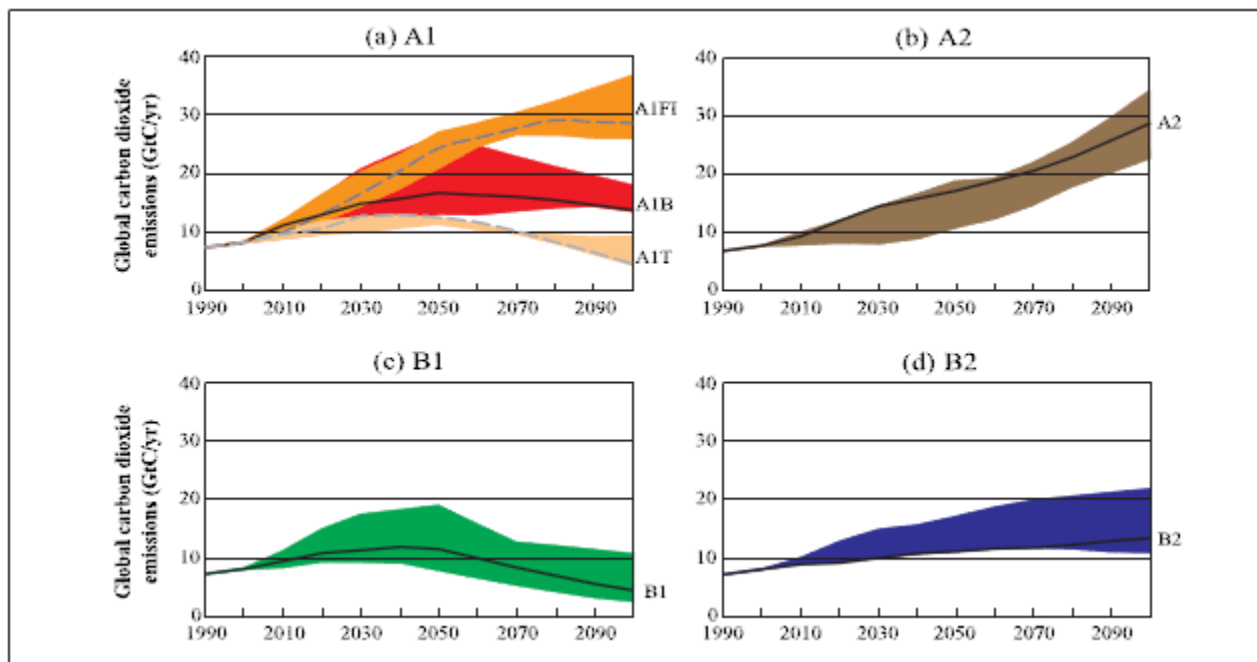
των ατομικών εισοδημάτων σε τοπική κυρίως κλίμακα. Η οικογένεια A1 χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες: την A1F1 που αναφέρεται στη συνέχιση της εντατικής χρήσης ορυκτών καυσίμων, την A1T που αναφέρεται στη χρήση κυρίως μη ορυκτών πηγών και την τελευταία A1B που διατηρεί μια ισορροπία μεταξύ όλων των ενεργειακών πηγών.

Η οικογένεια A2 αναφέρεται σε ένα πιο ετερογενές σύστημα, καθώς διατηρούνται τα τοπικά χαρακτηριστικά σε σχέση με την οικογένεια A1. Ο παγκόσμιος πληθυσμός συνεχίζει να αυξάνεται και η οικονομική ανάπτυξη εξαρτάται ισχυρά από τον τοπικό παράγοντα. Στη B1 κατηγορία ο παγκόσμιος πληθυσμός αυξάνεται μέχρι και τα μέσα του αιώνα αλλά μετά μειώνεται όπως στην κατηγορία A1. Υπάρχει μεγάλη αλλαγή στην οικονομική δομή καθώς πλέον η οικονομία στηρίζεται πιο πολύ στον τομέα των υπηρεσιών και πλέον δίνεται μεγάλη έμφαση στην ανάπτυξη καθαρών και αποδοτικών τεχνολογιών. Τέλος η B2 κατηγορία δίνει έμφαση στην προώθηση της οικονομικής, κοινωνικής και περιβαλλοντικής βιωσιμότητας. Ο παγκόσμιος πληθυσμός συνεχίζει να αυξάνεται σε χαμηλότερο ρυθμό σε σύγκριση με την κατηγορία A2, και υπάρχει μια μέση οικονομική ανάπτυξη και η εξέλιξη της τεχνολογίας δεν είναι τόσο ραγδαία όπως στις B1 και A1. Όλα τα σενάρια αναφέρονται μέχρι το έτος 2100.

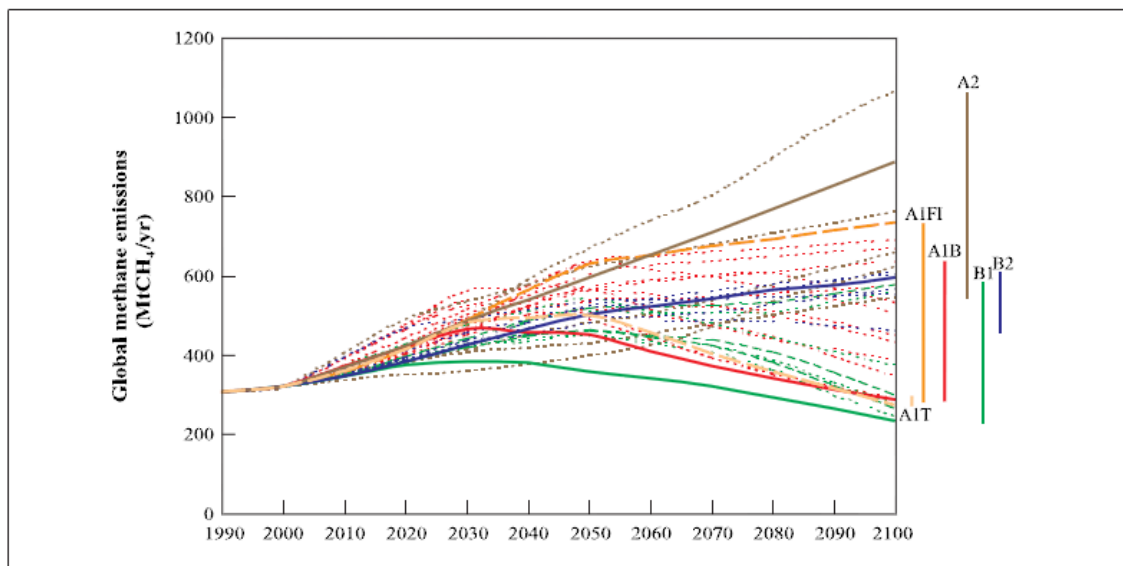
Οι συνολικές εκπομπές CO₂ που αναφέρονται στον SRES είναι από 770 GtC έως 2540 GtC. Οι ετήσιες εκπομπές CO₂ από όλες τις πηγές ανάλογα με την οικογένεια και τα σενάρια μέχρι το 2100 παρουσιάζονται στο διάγραμμα 1 (SRES, 2000). Σε πολλά από τα σενάρια οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα σχετίζονται με την αποδάσωση. Έτσι σε σενάρια με μικρή αύξηση πληθυσμού αυτό μπορεί να μεταφράζεται ως μείωση των εκπομπών του συγκεκριμένου αερίου. Η μείωση των εκπομπών του CO₂ μειώνεται γρηγορότερα στη B1 οικογένεια. Μόνο στην οικογένεια A2 οι ανθρωπογενείς εκπομπές CO₂ σχετίζονται και με τις αλλαγές χρήσεων γης. Στην A2 κατηγορία η αύξηση CO₂ προέρχεται από ένα μεγαλύτερο εύρος πηγών.

Οι συνολικές εκπομπές μεθανίου (CH₄) και οξειδίων του Αζώτου (N) παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 2. Στις οικογένειες σεναρίων A1 και B1 οι εκπομπές αυτών των αερίων είναι περιορισμένες λόγω της μείωσης του ρυθμού αύξησης του πληθυσμού και της αυξημένης γεωργικής παραγωγικότητας. Μετά την αρχική αύξηση, οι εκπομπές που σχετίζονται με τη χρήση γης αρχίζουν να μειώνονται. Στη B2 οικογένεια, όμως, συνεχίζουν να αυξάνονται αλλά με χαμηλότερο ρυθμό. Στην A2 οικογένεια, η συνεχής αύξηση του πληθυσμού σε συνδυασμό με τη μικρή αύξηση της γεωργικής παραγωγικότητας έχει σαν

αποτέλεσμα τη συνεχή αύξηση των εκπομπών που σχετίζονται με τις χρήσεις γης. (Διαγράμματα 2 και 3). Στο διάγραμμα 4 φαίνεται το εύρος προβλέψεων που έγιναν από τις οικογένειες σεναρίων σε σχέση με την αύξηση της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας.

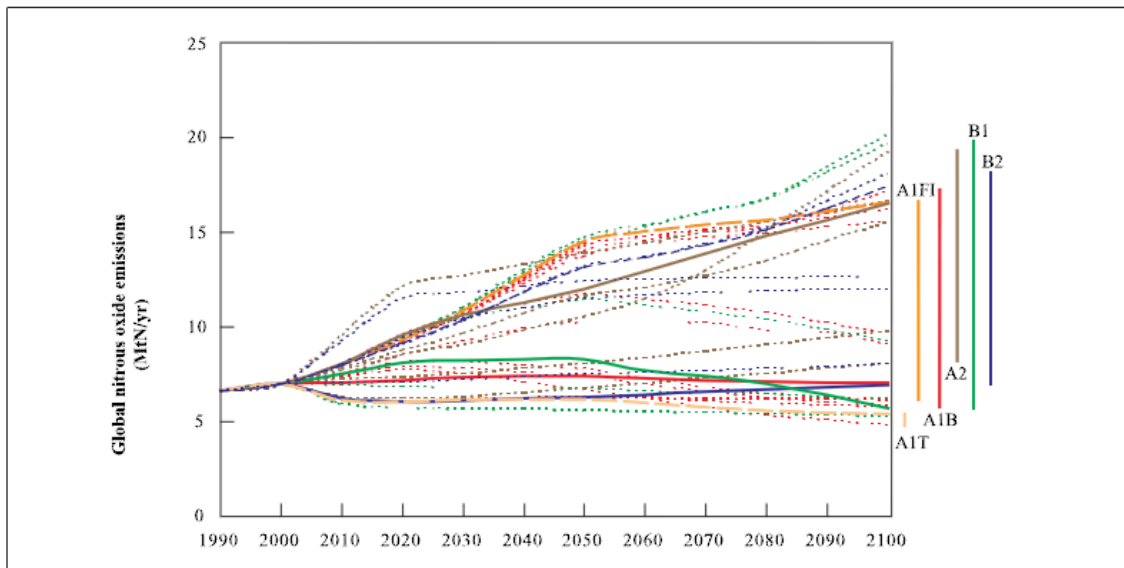


Διάγραμμα 1.Συνολικές ετήσιες εκπομπές CO₂

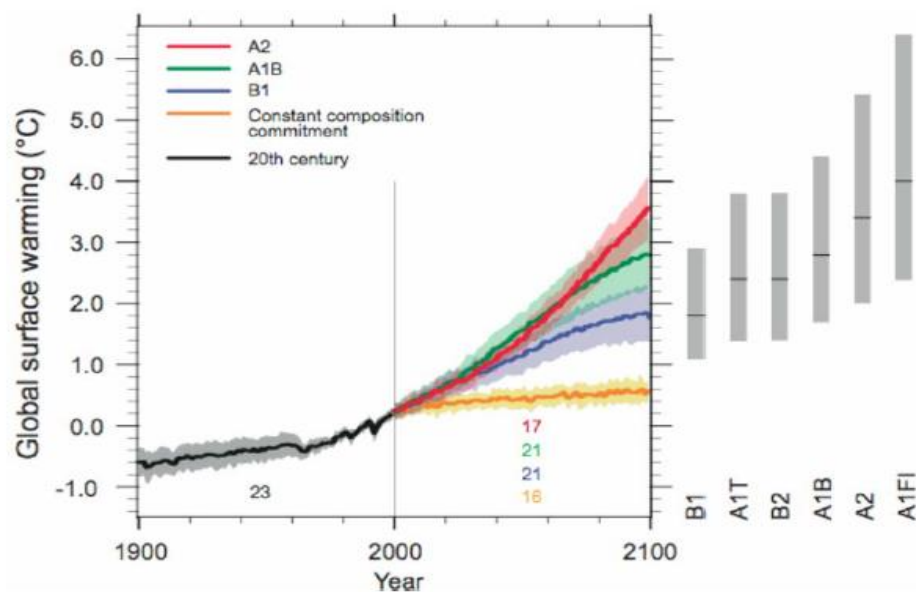


Διάγραμμα 2.Παγκόσμιες ετήσιες εκπομπές μεθανίου (CH₄)

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ



Διάγραμμα 3. Παγκόσμιες ετήσιες εκπομπές οξειδίων του Αζώτου (N_2O)



Διάγραμμα 4. Μελλοντική Διακύμανση μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας

II.2 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

Στην Ευρώπη, η κλιματική αλλαγή θα επιφέρει πολλές τοπικές αλλαγές στους φυσικούς πόρους. Πολλές παράκτιες περιοχές θα διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο πλημμυρών και αυξημένων διαβρώσεων. Οι ορεινές περιοχές θα έχουν λιγότερες περιοχές που καλύπτονται με

χιόνι, καθώς και εκτεταμένη μείωση βιοποικιλότητας, μέχρι και 60%, σύμφωνα με τα σενάρια που αναφέρουν μεγάλες μελλοντικές εκπομπές. Στη Δυτική Ευρώπη η κλιματική αλλαγή θα έχει τις χειρότερες επιπτώσεις όπως υψηλές θερμοκρασίες και ξηρασία, θα μειωθεί η διαθεσιμότητα του νερού, θα υπάρξει μείωση του καλοκαιρινού τουρισμού και επίσης θα έχει σοβαρές επιπτώσεις στην παραγωγικότητα των καλλιεργειών. Τέλος οι κίνδυνοι για την υγεία θα αυξηθούν λόγω κυμάτων καύσωνα και συχνότητας των πυρκαγιών.

Σύμφωνα με τα σενάρια του SRES, η μέση θερμοκρασία πρόκειται να ανέβει 2,5-5,5°C με το A2 σενάριο, και 1-4°C με το B2 σενάριο. Σε κάποιες περιοχές οι μεταβολές μπορεί να αποκλίνουν από τις προβλέψεις όπως μεταβολές κάτω των 2°C ή πάνω από τους 7°C. Στη νότια Ευρώπη έχει προβλεφτεί ότι οι ακραίες θερμοκρασίες θα είναι κυρίως το καλοκαίρι ενώ θα υπάρχει πιο ήπιος χειμώνας (IPCC, 2007).

Ο μέσος όρος του ύψους των κατακρημνισμάτων θα αυξηθεί σε περιοχές της βόρειας και κεντρικής Ευρώπης, ενώ θα μειωθεί σημαντικά στη νότια Ευρώπη, που μπορεί να μειωθεί κατά 30-45% το χειμώνα και 70% το καλοκαίρι σε κάποιες περιοχές. Έτσι ο κίνδυνος ξηρασίας θα είναι μεγάλος σε κάποιες περιοχές της κεντρικής Ευρώπης και κυρίως στις μεσογειακές χώρες. Στη βόρεια Ευρώπη θα υπάρχουν χαμηλές βροχοπτώσεις το καλοκαίρι και περισσότερες καταιγίδες. Περιοχές της Ευρώπης που βρίσκονται κοντά στον Ατλαντικό ωκεανό θα έχουν περισσότερες χειμερινές βροχοπτώσεις, ξηρότερα καλοκαίρια καθώς και αυξημένο κίνδυνο διαβρώσεων. Η ηπειρωτική Ευρώπη θα αντιμετωπίσει σχεδόν τα ίδια κλιματικά φαινόμενα και με τον κίνδυνο πλημμύρας από ποταμούς να είναι πολύ μεγαλύτερος.

Στην κεντρική Ευρώπη, η απορροή των ποταμών θα έχει μεταβληθεί κατά 10% μέχρι το 2050 (Hulme et al.,1999), στις μεσογειακές χώρες το εύρος της ροής των ποταμών θα έχει μεγάλες διαφορές μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού, ενώ στη δυτική Ευρώπη θα υπάρχει μικρότερη διαφορά. Το αυξημένο ύψος κατακρημνισμάτων και απορροών μπορεί να οδηγήσει στη μείωση της αλατότητας των εδαφών μέχρι το 2070.

II.3 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ

Όπως αναφέρει ο IPCC (2007) οι επιπτώσεις στη γεωργία θα είναι διαφορετικές ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος και την πιθανή αύξηση της θερμοκρασίας. Σε περιοχές σε υψηλά γεωγραφικά πλάτη η παραγωγικότητα των καλλιεργειών θα αυξηθεί σε περίπτωση αύξησης της θερμοκρασίας κατά 1 με 3 βαθμούς ανάλογα με την καλλιέργεια, ενώ θα υπάρξει μείωση της αποδοτικότητας των καλλιεργειών αν η αύξηση της θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερη των 3 °C. Σε αυτές τις περιοχές θα αυξηθεί επίσης και το ύψος των κατακρημνισμάτων που μεταφράζεται σε αύξηση της συχνότητας των ζημιών από ακραία φαινόμενα σε κάποιες περιοχές, ενώ ανάλογα με τον τύπο των εδαφών υπάρχει περίπτωση να εμφανιστούν και φαινόμενα πλημυρών.

Σε περιοχές που βρίσκονται σε χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη και σε περιοχές εποχιακά ξηρές και τροπικές, η αποδοτικότητα πρόκειται να μειωθεί ακόμα και για πολύ μικρές μεταβολές της θερμοκρασίας λόγω του θερμικού στρες των καλλιεργειών. Επίσης θα αυξηθεί ο κίνδυνος πυρκαγιών και γενικότερα ο κίνδυνος υποβάθμισης των εδαφών θα είναι μεγάλος. Σε παράκτιες περιοχές, ο κίνδυνος της αλάτωσης των εδαφών θα είναι μεγάλος λόγω της υφαλμύρωσης των υπόγειων υδάτων αλλά και των λιμνών.

II.4 ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Η αύξηση του πληθυσμού, η εξέλιξη της τεχνολογίας και άλλοι παράγοντες ήταν οι κύριες αιτίες για αλλαγές που συνέβησαν στον τομέα της γεωργίας τα τελευταία χρόνια. Ο μέσος όρος θερμίδων που χρειάζεται ο μέσος άνθρωπος έχει επίσης αυξηθεί, με κάποιες εξαιρέσεις.

Οι αγροτικές εκτάσεις, δηλαδή εκτάσεις που χρησιμοποιούνται για αγροτική παραγωγή, ελεγχόμενοι βοσκότοποι καθώς και μόνιμες καλλιέργειες συμπεριλαμβάνοντας την αγροδοσσοκαλλιέργεια καθώς και την καλλιέργεια βιο – ενεργειακών φυτών, καταλαμβάνουν το 40-50% της επιφάνειας της ξηράς. Για το 2009 σύμφωνα με το FAOSTAT (2001) οι αγροτικές εκτάσεις καταλάμβαναν 4.888 ΜHa. Τα μεγαλύτερο ποσοστό αυτών των εκτάσεων (69%) χρησιμοποιούνται ως βοσκότοποι ενώ οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις καταλάμβαναν 1405 Mha ή το 28%. Τις τελευταίες τέσσερις δεκαετίες περίπου 500 ΜHa από άλλες χρήσεις γης

μετατράπηκαν σε γεωργική γη λόγω της αυξανόμενης ζήτησης τροφής. Αυτή η τάση πρόκειται να συνεχιστεί και στο μέλλον (Fedoroff & Cohen, 1999; Huang et al., 2002; Trewavas, 2002; Green et al., 2005), ενώ επίσης υπάρχει η πρόβλεψη πως κάθε χρόνο 500 Mha θα μετατρέπονται σε γεωργική γη κυρίως στη Λατινική Αμερική και στην υποσαχάρια Αφρική (IPCC, 2007).

Μέσω της γεωργίας απελευθερώνονται σημαντικές ποσότητες αερίων όπως CO_2 , CH_4 , και N_2O (IPCC, 2001). Το CO_2 προέρχεται από τη μικροβιακή αποσύνθεση ή από υπολείμματα φυτών καθώς και από την εδαφική οργανική ουσία (Smith 2004; Janzen, 2004). Το CH_4 προέρχεται από την αποσύνθεση οργανικών υλικών σε περιβάλλον με έλλειψη οξυγόνου κυρίως κατά τη χώνευση των μηρυκαστικών, καθώς και από τις καλλιέργειες ρυζιού που βρίσκονται σε συνθήκες κατάκλισης (Mosier et al., 1998). Το N_2O παράγεται από το μικροβιακό μετασχηματισμό του αζώτου στο σώμα και στην κοπριά και κυρίως παράγεται εκεί που υπάρχει περίσσεια αζώτου σε σχέση με τη θρέψη του φυτού κυρίως κάτω από υγρές συνθήκες (Oenema et al., 2005, Smith & Conen, 2004). Η ροή των αερίων του θερμοκηπίου που εκπέμπονται μέσω της γεωργίας είναι πολύπλοκη και ετερογενής, μα η ορθή διαχείριση των αγροτικών συστημάτων μπορεί να μετριάσει τις εκπομπές.

Η γεωργία συμβάλει στην εκπομπή 5,6 Gt CO_2 – eq/yr το 2005 που μεταφράζεται σε 10-12% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ανθρωπογενούς προέλευσης. Το CH_4 και το N_2O συμβάλλουν σε 3,3 Gt CO_2 –eq/yr και 2,8 Gt CO_2 –eq/yr. Από τις συνολικές εκπομπές CH_4 και N_2O η γεωργία συμβάλλει στο 47% και 58% αντίστοιχα. Αν η ανταλλαγή CO_2 που υπάρχει μεταξύ ατμόσφαιρας και εδάφους είναι μεγάλη, το σύστημα ροής του CO_2 υπολογίζεται πως παραμένει σε ισορροπία με συνολικές εκπομπές 0,04 Gt CO_2 –eq/yr (IPCC, 2007).

Παγκοσμίως οι εκπομπές μέσω γεωργίας των CH_4 και N_2O έχουν αυξηθεί κατά 17% το διάστημα 1990-2005 με μία αύξηση το χρόνο 60 Mt CO_2 -eq/yr. Οι τρεις κύριες πηγές που ευθύνονται για το 88% των εκπομπών είναι η καύση της βιομάζας (CH_4 και N_2O), η εντερική ζύμωση (CH_4) και οι εκπομπές εδαφικού αζώτου με τη μορφή N_2O (US-EPA, 2006).

Την ίδια περίοδο οι πέντε περιοχές που δεν ανήκουν στις χώρες του Παραρτήματος 1 (UNFCCC, 2010) παρουσίασαν αύξηση 32% και το 2005 ήταν υπεύθυνες για τα $\frac{3}{4}$ των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου που προέρχονταν από τη γεωργία. Οι πέντε περιοχές που βρίσκονται κυρίως στις χώρες του Παραρτήματος 1 παρουσίασαν μείωση της τάξης του 12% στην εκπομπή αυτών των αερίων.

Για το 2003 σύμφωνα με τον E-PRTR (2008), μεταξύ άλλων οι εκπομπές αερίων που προέρχονταν από τον τομέα της γεωργίας ήταν περίπου 160.000 τόνοι CH_4 σε σύνολο 9.460.000 τόνων όλης της Ε.Ε. καθώς και 3.130.000 τόνοι CO_2 σε σύνολο 62.400.000 τόνων της Ε.Ε. (Τσαρικήδη Χ.,2010).

Με την αύξηση της έκτασης των καλλιεργούμενων εδαφών αναμένεται και αύξηση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου στις επόμενες δεκαετίες. Ωστόσο η εισαγωγή ορθών καλλιεργητικών τεχνικών καθώς και η εξέλιξη της τεχνολογίας προβλέπεται να συμβάλουν στη συγκράτηση των εκπομπών. Η παραγωγικότητα αναμένεται να αυξηθεί ωστόσο με φθίνοντα ρυθμό λόγω των μειωμένων ανταποδόσεων από την περαιτέρω τεχνολογική εξέλιξη καθώς και από τη χρήση γαιών που χαρακτηρίζονται από μειωμένη απόδοση. Η χρήση τέτοιου είδους εδαφών εμπεριέχει το ρίσκο της εδαφικής διάβρωσης και υποβάθμισης του εδάφους καθώς και με μεγάλη πιθανότητα αύξησης των εκπομπών του CO_2 (Lal, 2004; Van Oost et al.,2004).

Υπάρχουν πολλές επιλογές για το μετριασμό των εκπομπών των αερίων στη γεωργία όπως οι βελτιωμένες αγρονομικές πρακτικές, η ορθή χρήση λιπασμάτων και εδαφοβελτιωτικών καθώς και των γεωργικών μηχανημάτων και η διαχείριση των υπολειμμάτων των καλλιεργειών. Η συντηρητική καλλιέργεια και η καλλιέργεια χωρίς όργωμα συνεχώς υιοθετούνται, λόγω μειωμένης χρήσης ενέργειας καθώς και την διατήρηση του εδαφικού C. Σύμφωνα με το FAO (2001), η έκταση που καλλιεργούνταν με τις παραπάνω τεχνικές έφτασε τα 50 Mha το 2001 ή αλλιώς το 3,5% της συνολικής καλλιεργούμενης γης. Ωστόσο οι παραπάνω τεχνικές κάποιες φορές συνοδεύονται με περιοδικό όργωμα που κάνει την εκτίμηση των εκπομπών πιο δύσκολη. Μελλοντικές βελτιώσεις στην απόδοση των καλλιεργειών σημαίνει επίσης μεγαλύτερες ποσότητες άρδευσης και λιπασμάτων, αυξάνοντας τις ενεργειακές απαιτήσεις.

Όπως προβλέπει ο IPCC (2007), στον τομέα της γεωργίας οι εκπομπές N_2O θα αυξηθούν κατά 35-60% μέχρι το 2030 λόγω της αυξημένης χρήσης νιτρικών λιπασμάτων και κοπριάς. Παρόμοιες προβλέψεις κάνουν και οι Mosier και Kroeze (2000) και η US-EPA (2006). Ωστόσο ο ίδιος οργανισμός (IPCC, 2007) αναφέρει ότι η παγκόσμια δυνητική μείωση στην εκπομπή των αερίων μπορεί να φτάσει και τα 6.000 $\text{MtCO}_2\text{-eq/yr}$ μέχρι το 2030. Αυτό μεταφράζεται σε κέρδος των 1500-1600, 2500-2700 και 4000-4300 $\text{MtCO}_2\text{-eq/yr}$ αν οι τιμές άνθρακα φτάσουν τα 20, 50 και 100 $\text{US\$ / MtCO}_2\text{-eq/yr}$ αντίστοιχα.

Η συγκράτηση του εδαφικού C είναι ο υπεύθυνος μηχανισμός για τη δυνητική μείωση των εκπομπών του άνθρακα. Ο περιορισμός των εκπομπών CH_4 αλλά και N_2O εκτιμούνται

περίπου στο 9% και 2% αντίστοιχα από τη συνολική δυνητική μείωση. Τα χαμηλότερα και υψηλότερα όρια έχουν μεγάλα ποσοστά αβεβαιότητας γιατί παίζουν μεγάλο ρόλο οι φυσικοί παράγοντες που είναι διαφορετικοί σε κάθε περιοχή.

Ο ρόλος των εναλλακτικών στρατηγικών αλλάζει ανάλογα με το εύρος των τιμών του άνθρακα. Σε χαμηλές τιμές, οι κυρίαρχες στρατηγικές είναι εκείνες που σχετίζονται με τις παρούσες καλλιεργητικές τεχνικές και αναφέρονται σε αλλαγές στο όργωμα, την εφαρμογή λιπασμάτων και τη διαχείριση κοπριάς. Υψηλές τιμές του άνθρακα μπορεί να επιφέρουν αλλαγές χρήσεων γης όπως αλλαγή συμβατικών καλλιεργειών με ενεργειακές καλλιέργειες. Επίσης η μείωση των εκπομπών μπορεί να μειωθεί με την αλλαγή των συμβατικών καυσίμων με ενέργεια που μπορεί να παραχθεί από γεωργικές πρώτες ύλες. Η συμμετοχή της γεωργίας στη δυνητική μείωση χρησιμοποιώντας ενέργεια προερχόμενη από τη βιομάζα εξαρτάται ισχυρά από τις τιμές του πετρελαίου καθώς και την προσφορά και τη ζήτηση που πρόκειται να υπάρξει.

III. ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ

Ως βιοκαύσιμα ορίζονται όλα τα καύσιμα αέριας ή υγρής μορφής που προέρχονται από οργανική ύλη. Στην κατηγορία των βιοκαυσίμων εντάσσονται:

- **Biodiesel:** μεθυλεστέρας που παράγεται από φυτικά έλαια και ζωικά λίπη
- **Βιοαιθανόλη:** αιθανόλη η οποία παράγεται από βιομάζα ή από βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα αποβλήτων, το οποίο μπορεί να καθαριστεί φτάνοντας ποιότητα φυσικού αερίου για χρήση ως βιοκαύσιμο ή ξυλαέριο
- **Βιομεθανόλη:** μεθανόλη η οποία παράγεται από βιομάζα για χρήση ως βιοκαύσιμο
- **Βιοδιμεθυλαιθέρας:** διμεθυλαιθέρας ο οποίος παράγεται από βιομάζα για χρήση ως βιοκαύσιμο
- **Bio – ETBE:** αιθυλοτριτοβουτυλαιθέρας ο οποίος παράγεται από βιοαιθανόλη
- **Bio-MTBE:** μεθυλοτριτοβουτυλαιθέρας το οποίο παράγεται από βιομεθανόλη
- **Συνθετικά βιοκαύσιμα:** συνθετικοί υδρογονάνθρακες ή μείγματα συνθετικών υδρογονανθράκων που έχουν παραχθεί από βιομάζα
- **Καθαρά φυτικά έλαια:** έλαια από ελαιούχα φυτά, παραγόμενα με συμπίεση, έκθλιψη ή ανάλογες μεθόδους, φυσικά η εξευγενισμένα αλλά μη χημικώς τροποποιημένα, όταν είναι συμβατά με τον τύπο του οικείου κινητήρα και τις αντίστοιχες προϋποθέσεις όσο αφορά τις εκπομπές.
- **Βιοϋδρογόνο:** υδρογόνο το οποίο παράγεται από βιομάζα ή από βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων για χρήση ως βιοκαύσιμο.

Τα υποπροϊόντα των βιοκαυσίμων είναι καθαρά και μη τοξικά ενώ οι εκπομπές τους σε ρυπογόνες ουσίες είναι πολύ χαμηλές. Χωρίζονται σε 3 κατηγορίες ή γενιές:

1^η Γενιάς: Ως πρώτες ύλες είναι οι ενεργειακές αλλά και συμβατικές καλλιέργειες

2^η Γενιάς: Ως πρώτες ύλες χρησιμοποιούνται λιγνοκυτταρινικά υλικά

3^η Γενιάς: Ως πρώτες ύλες χρησιμοποιούνται άλγες.

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα των βιοκαυσίμων είναι ότι καύση τους δεν επιβαρύνει το περιβάλλον με CO₂ καθώς η ποσότητα του αερίου αυτού που απελευθερώνεται κατά την καύση είναι ισοδύναμο με την ποσότητα του CO₂ που είχε δεσμευτεί κατά τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης και έτσι ο λόγος του αερίου σε όλο το σύστημα παραμένει σταθερός. (Touloumis, 2010)

III.1 ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ ΠΡΩΤΗΣ ΓΕΝΙΑΣ

Τα πιο γνωστά πρώτης γενιάς βιοκαύσιμα είναι η βιοαιθανόλη που παράγεται από τη ζύμωση σακχάρων που προέρχονται από τα ζαχαρότευτλα ή αμυλούχων σακχάρων προερχόμενα από τους καρπούς του αραβόσιτου, καθώς και το biodiesel το οποίο παράγεται από φυτά με ελαιούχους σπόρους (United Nations, 2008).

III.2 ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΓΕΝΙΑΣ

Τα δεύτερης γενιάς βιοκαύσιμα παράγονται κυρίως από βιομάζα λιγνοκυτταρινούχας φύσεως. Τα πλεονεκτήματα είναι πως η παραγωγή τους είναι χαμηλού κόστους και οι πρώτες ύλες είναι μη edώδιμες, μειώνοντας έτσι τον ανταγωνισμό μεταξύ βιοκαυσίμων και τροφής. Τα δεύτερης γενιάς βιοκαύσιμα μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες ανάλογα τη μέθοδο μετατροπής της βιομάζας σε καύσιμο: τη βιοχημική και τη θερμοχημική. Δεύτερης γενιάς αιθανόλη μπορεί να παραχθεί μέσω της βιοχημικής μεθόδου, ενώ άλλα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς παράγονται με το δεύτερο τρόπο (United Nations, 2008).

III.3 ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ

Στις 23 Απριλίου 2009, Η Ε.Ε. υιοθέτησε την οδηγία (2009/23/EC) περί ανανεώσιμης ενέργειας το οποίο περιελάμβανε και το στόχο του 10% στη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον τομέα των καυσίμων για μεταφορές μέχρι το 2020. Επίσης καθιερώθηκαν περιβαλλοντικά βιώσιμα κριτήρια στα οποία η παραγωγή και η χρήση των βιοκαυσίμων θα έπρεπε να συμμορφωθούν. Αυτό περιελάμβανε και ένα ελάχιστο ποσοστό μείωσης των αερίων

του θερμοκηπίου της τάξης του 35 %, για το 2009 που θα φτάσει το 50% το 2017, καθώς επίσης και κάποιοι περιορισμοί για το είδος των εδαφών που θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν για την καλλιέργεια ενεργειακών φυτών. Η αναθεωρημένη οδηγία για την ποιότητα των βιοκαυσίμων που υιοθετήθηκε την ίδια στιγμή με την οδηγία 2009/23/EC συμπεριλαμβάνει παρόμοια κριτήρια που στοχεύουν στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από καύσιμα που καταναλώνονται στην Ε.Ε. κατά 6% μέχρι το 2020.

Τα τελευταία χρόνια η παραγωγή και η χρήση πρώτης γενιάς βιοκαυσίμων θεωρείται από τις πιο διαδεδομένες ανάμεσα σε ένα μεγάλο εύρος βιοκαυσίμων. Αυτά προέρχονται από μια μεγάλη ποικιλία τυπικών καλλιεργούμενων φυτών (αραβόσιτος, σιτάρι, ελαιοκράμβη, ηλίανθος). Από τη δεύτερη γενιά βιοκαυσίμων μόνο λίγα είναι κοντά στην παραγωγή σε μεγάλη κλίμακα και προέρχονται από μια μεγάλη ποικιλία πρώτων υλών όπως ειδικές ποικιλίες ενεργειακών φυτών όπως ο μίσχανθος, οργανικά υπολείμματα και άλλα.

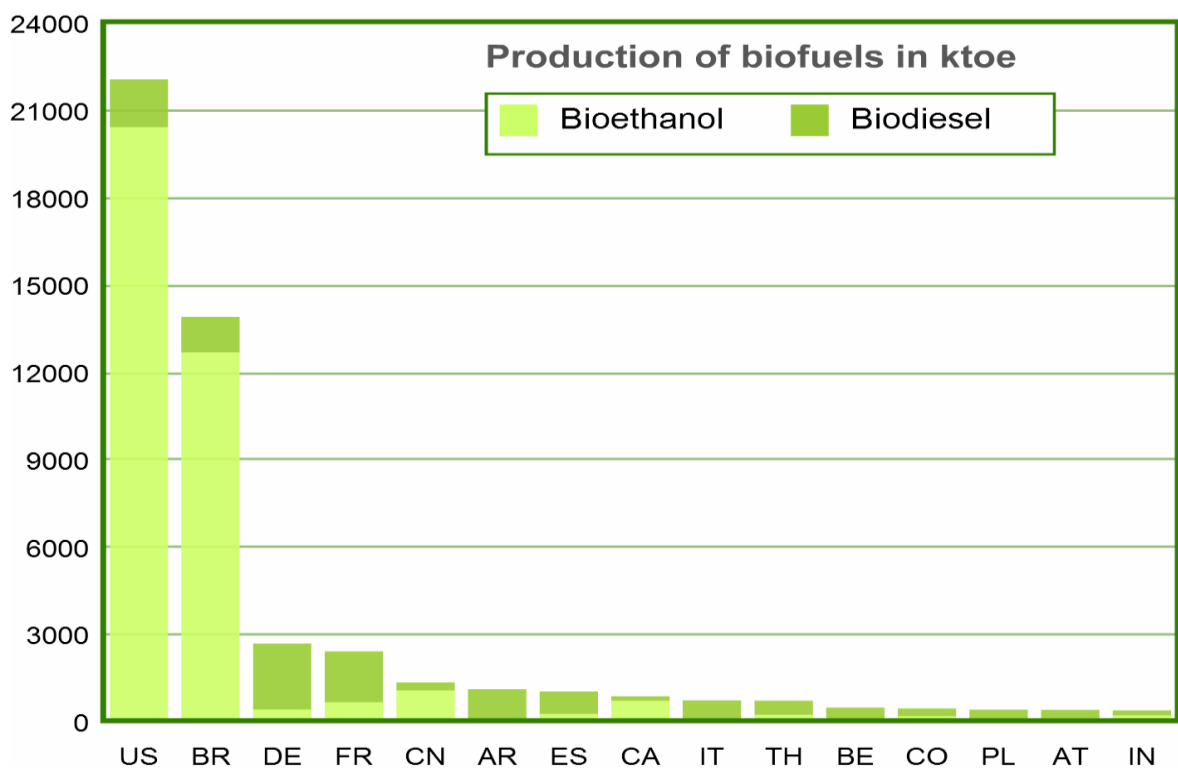
Οι κύριες περιοχές παραγωγής βιοκαυσίμων είναι οι Η.Π.Α, η Βραζιλία, και χώρες της Ευρώπης (πίνακας 1, γράφημα 5) οι οποίες όμως διέπονται από διαφορετικές πολιτικές στρατηγικές με αποτέλεσμα οι παραγωγικές διαδικασίες καθώς και οι μελλοντικοί στόχοι να είναι αρκετά διαφορετικοί όπως επεξηγούνται και παρακάτω.

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

ΧΩΡΑ	Παραγωγή 2009 (Ktoe)	
Η.Π.Α	22014	43%
Βραζιλία	13863	27%
Γερμανία	2647	5%
Γαλλία	2383	5%
Κίνα	1309	3%
Αργεντινή	1080	2%
Ισπανία	1003	2%
Καναδάς	833	2%
Ιταλία	694	1%
Ταϊλάνδη	687	1%
Βέλγιο	444	1%
Κολομβία	419	1%
Πολωνία	381	1%
Αυστρία	368	1%
Ινδία	352	1%
Άλλες χώρες	3292	6%
ΣΥΝΟΛΟ	51769	100%
Ε.Ε	9954	19%

Πίνακας 1. . Παγκόσμια παραγωγή βιοκαυσίμων για το 2009 (ktoe)

(πηγή: Biofuel Platform, Production of biofuels in the world)



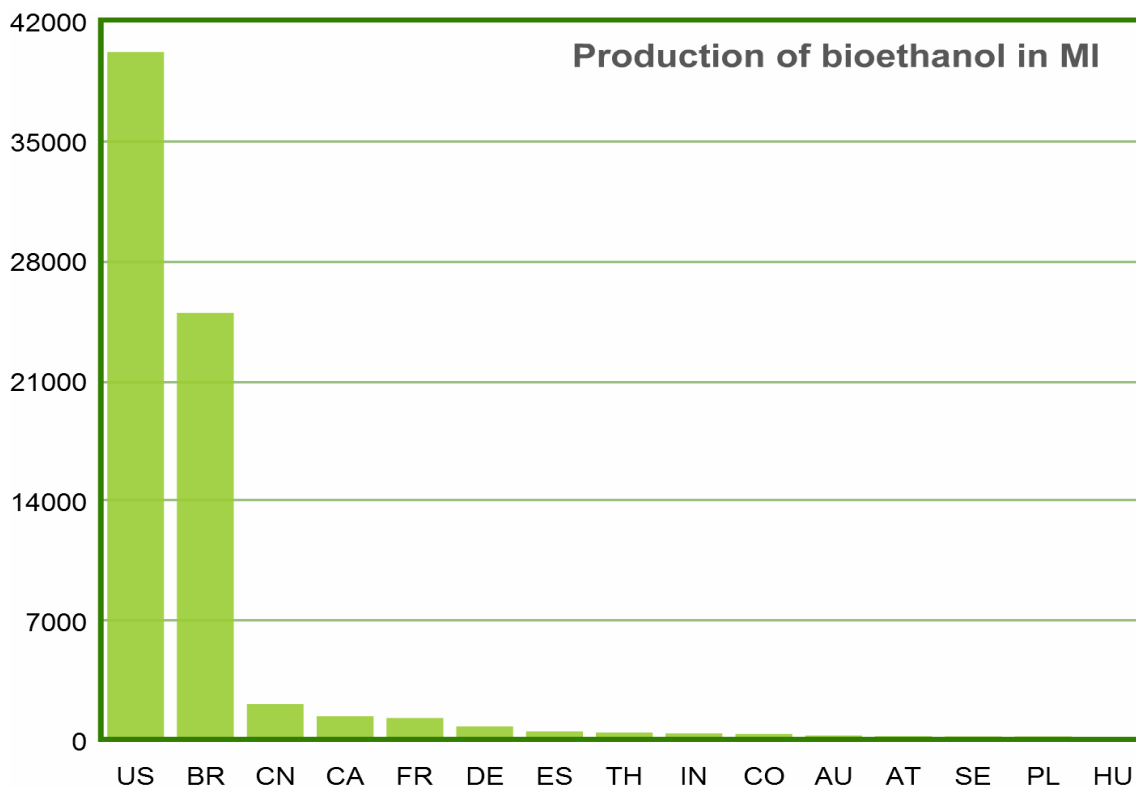
Διάγραμμα 5. Παγκόσμια παραγωγή βιοκαυσίμων (ktoe)

Στην παραγωγή Βιοαιθανόλης πρώτες παραμένουν οι Η.Π.Α με ποσοστό 54% ενώ δεύτερη είναι η Βραζιλία με 34% και ακολουθούν οι άλλες χώρες (Πίνακας 2, Γράφημα 6). Ωστόσο σημαντική είναι η αύξηση της παραγωγής βιοαιθανόλης στις χώρες της Ε.Ε όπως φαίνεται και στον Πίνακα 3. Μετά από μία τεράστια αύξηση το 2008 (περίπου 60%), η ευρωπαϊκή παραγωγή βιοαιθανόλης συνέχισε να αυξάνεται και το 2009 κατά 31%. Πολλές χώρες της Ε.Ε. αύξησαν σημαντικά την παραγωγή βιοαιθανόλης το 2009 και ιδιαίτερα η Γαλλία με παραγωγή 1250 Μl. Αυτό μεταφράζεται σε αύξηση 25% σε σύγκριση με το 2008. Η Γερμανία ήταν η δεύτερη παραγωγός χώρα βιοαιθανόλης στην Ε.Ε. με παραγωγή 750 Μl με αύξηση παραγωγής 32% με σύγκριση με το 2008, και τρίτη η Ισπανία με παραγωγή 465 Μl και αύξηση παραγωγής 46%. Την ίδια χρονιά η Αυστρία και η Σουηδία διπλασίασαν την παραγωγή τους κατά 102% και 124% αντίστοιχα και ακολουθούν την Ισπανία σε σχέση με την παραγωγή βιοαιθανόλης ανάμεσα στις χώρες της Ε.Ε. 27.

ΧΩΡΑ	Παραγωγή 2009 (Ktoe)	
Η.Π.Α	40130	54%
Βραζιλία	24900	34%
Κίνα	2050	3%
Καναδάς	1348	2%
Γαλλία	1250	2%
Γερμανία	750	1%
Ισπανία	465	1%
Ταϊλάνδη	401	1%
Ινδία	350	0%
Κολομβία	310	0%
Αυστραλία	220	0%
Αυστρία	180	0%
Σουηδία	175	0%
Πολωνία	166	0%
Ουγγαρία	150	0%
Άλλες χώρες	1110	2%
ΣΥΝΟΛΟ	73954	100%
Ε.Ε.	2855	4%

Πίνακας 2. Παγκόσμια παραγωγή βιοαιθανόλης για το 2009 (ktoe)

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ



Διάγραμμα 6. Παγκόσμια παραγωγή βιοαιθανόλης (MI)

Χρονιά	Παραγωγή		Αύξηση [%/yr]
	[MI/yr]	[PJ/yr]	
1992	44	1	-
1993	60	1	+36%
1994	101	2	+68%
1995	136	3	+35%
1996	202	4	+49%
1997	241	5	+19%
1998	248	5	+3%
1999	222	5	-10%
2000	292	6	+31%
2001	424	9	+46%
2002	488	10	+15%
2003	446	9	-9%
2004	528	11	+18%
2005	913	19	73%
2006	1608	34	+73%
2007	1803	28	+12%
2008	2855	61	+58%
2009	3703	78	+31%

Πίνακας 3. Παραγωγή βιοαιθανόλης στην Ε.Ε 27

Σημαντική αύξηση επίσης παρατηρήθηκε και στην κατανάλωση βιοαιθανόλης στην Ε.Ε. Η συνολική κατανάλωση στην Ε.Ε. υπολογίζεται γύρω στα 4,3 δισεκατομμύρια λίτρα που αυτό μεταφράζεται σε μία αύξηση της τάξης του 23% με σύγκριση το 2008. Οι μεγαλύτεροι καταναλωτές ήταν η Γερμανία (1143 Μl), η Γαλλία (798 (Μl) και η Σουηδία (377 Μl). Αναλογικά όμως με την έκταση και τον πληθυσμό της κάθε χώρας, η Σουηδία είναι η χώρα με τη μεγαλύτερη κατανάλωση.

Η παγκόσμια παραγωγή biodiesel για το 2009 ήταν 18000 Μl με αύξηση 11% σε σύγκριση με το 2008. Με μια αύξηση παραγωγής 17% για το 2009 σε σχέση με το 2008 η Ε.Ε. παραμένει ο κύριος παραγωγός biodiesel παγκοσμίως και αν και υπήρξε μείωση του ρυθμού αύξησης της παράγωγης biodiesel, η Ευρώπη παραμένει στην πρώτη θέση παραγωγής biodiesel με ποσοστό περίπου 49% (Πίνακας 4, Γράφημα 7), καθώς επίσης η παραγωγή biodiesel παραμένει πρώτη στην κατηγορία της παραγωγής βιοκαυσίμων με ποσοστό 75%, καθώς η παραγωγή βιοαιθανόλης ήταν περίπου 3 εκατομμύρια τόνοι. Δεύτερη στην παραγωγή biodiesel είναι οι Η.Π.Α (2060 Μl) μπροστά από Βραζιλία (1535 Μl) και από Αργεντινή (1340 Μl). Η παραγωγή biodiesel στις χώρες της Ασίας (Ταϊλάνδη, Κίνα, Κορέα, Ινδία, Μαλαισία, Φιλιππίνες, Ινδονησία κλπ) για το 2009 υπολογίζεται σε 2000 Μl.

Η Γερμανία παραμένει η πρώτη παραγωγός χώρα μέσα στην Ε.Ε. με παραγωγή κοντά στα 2,9 δισεκατομμύρια λίτρα. Έπειτα ακολουθεί η Γαλλία που η παραγωγή της είναι περίπου 2,2 δισεκατομμύρια λίτρα και μετά ακολουθούν η Ισπανία (967 Μl) και η Ιταλία (830 Μl). Η παραγωγή biodiesel στην Ε.Ε έχει αυξηθεί τα τελευταία 10 χρόνια, με ένα μέσο όρο αύξησης 35% κάθε χρόνο από το 1992 μέχρι το 2009. Ωστόσο ο ρυθμός αύξησης ανάμεσα στο 2008 και στο 2009 ήταν μόνο 17% (European Biodiesel Board, 2010).

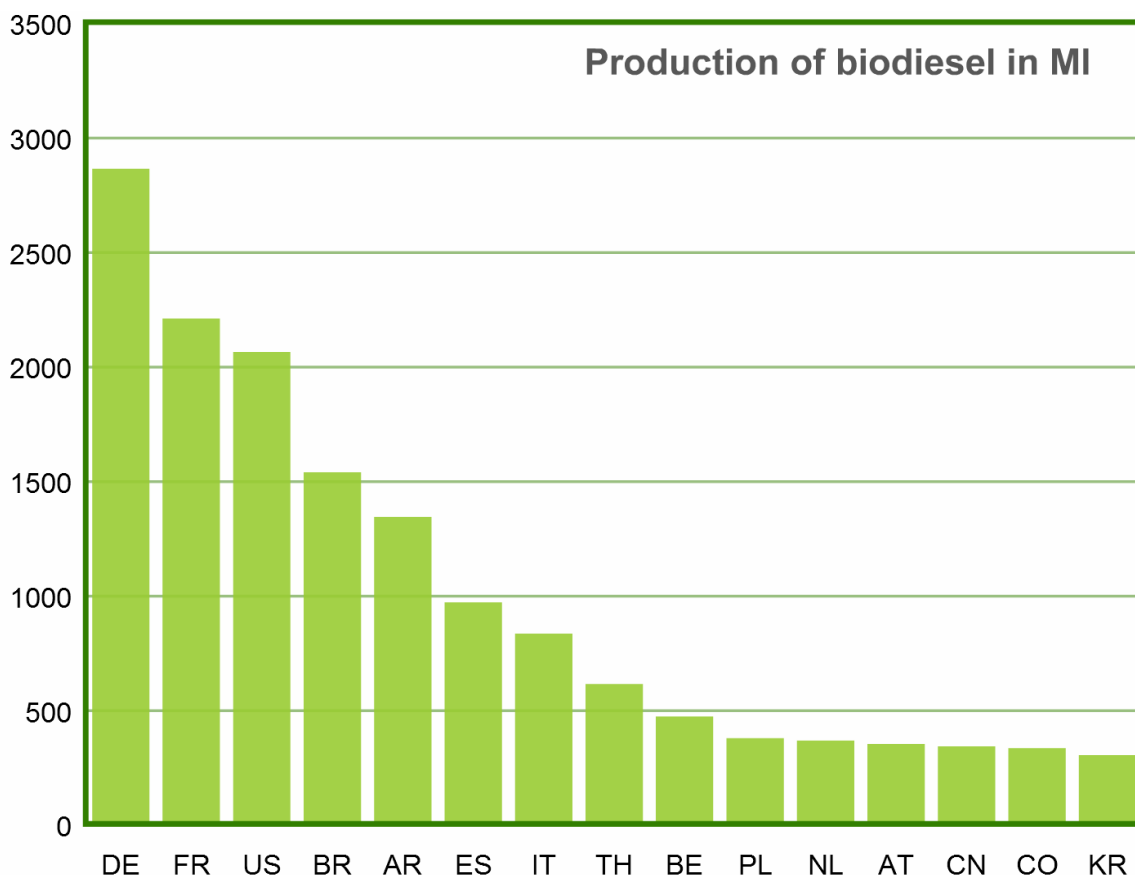
Η δυνητική παραγωγή biodiesel στην Ευρώπη θεωρείται πως μπορεί να φτάσει τους 22 εκατομμύρια τόνους. Οι εγκαταστάσεις biodiesel σε όλη την Ευρώπη φτάνανε τις 245 τον Ιούλιο του 2010. Αν και έχουν επενδυθεί μεγάλα ποσά στη βιομηχανία παραγωγής biodiesel, ένα μεγάλο μέρος παραμένει ανενεργό.

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

ΧΩΡΑ	Παραγωγή 2009 (ΜΙ)	
Γερμανία	2859	16%
Γαλλία	2206	12%
Η.Π.Α	2060	11%
Βραζιλία	1535	9%
Αργεντινή	1340	7%
Ισπανία	967	5%
Ιταλία	830	5%
Ταϊλάνδη	610	3%
Βέλγιο	468	3%
Πολωνία	374	2%
Ολλανδία	364	2%
Αυστρία	349	2%
Κίνα	338	2%
Κολομβία	330	2%
Νότια Κορέα	300	2%
Άλλες χώρες	2998	17%
ΣΥΝΟΛΟ	17929	100%
Ε.Ε.	8733	49%

Πίνακας 4. Παγκόσμια παραγωγή Biodiesel (ΜΙ)

Το μικρό ποσοστό αύξησης της παραγωγής biodiesel στην Ε.Ε. των τελευταίων χρόνων καθώς και η μικρή εκμετάλλευση της παραγωγικής ικανότητας δημιουργείται λόγω ισχυρών και συνήθως “αθέμιτων” εμπορικών τεχνικών που χρησιμοποιούνται στην παγκόσμια αγορά biodiesel. Μέχρι τις αρχές του 2007, η κερδοφορία των παραγωγών biodiesel στην Ε.Ε. είχε σοβαρές επιπτώσεις από την εισαγωγή βιοκαυσίμων από τις Η.Π.Α τα οποία δεχόντουσαν ισχυρές επιδοτήσεις με αποτέλεσμα, η εισαγωγή των βιοκαυσίμων στις χώρες της Ευρώπης να γίνεται σε πολύ χαμηλές τιμές. Γι’ αυτόν το λόγο πάρθηκαν αντισταθμιστικά μέτρα από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (European Biodiesel Board, 2010).

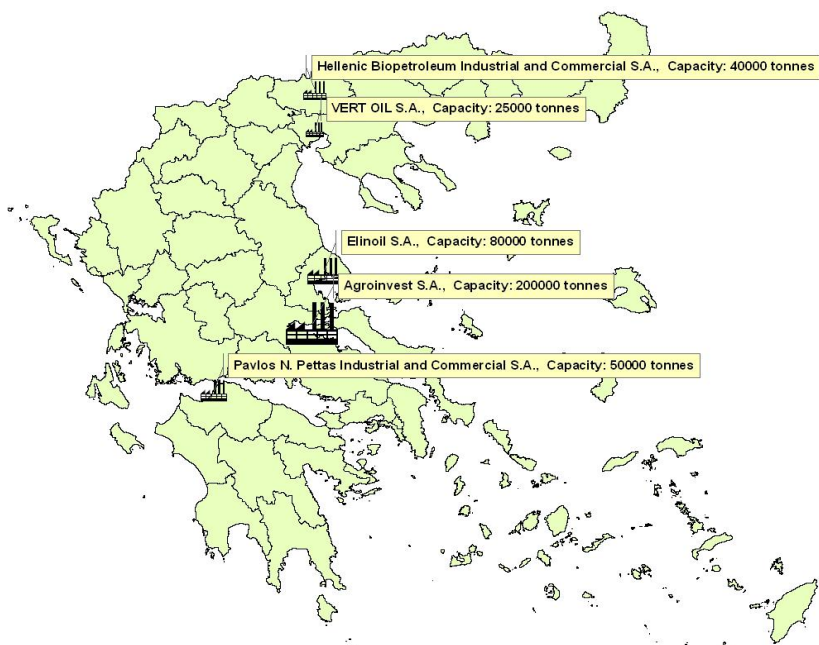


Διάγραμμα 7. Παγκόσμια παραγωγή βιοαιθανόλης (MI)

Η οδηγία 2009/23/EC δημιούργησε μία ισχυρή βάση για την ανάπτυξη της βιομηχανίας biodiesel στην Ευρώπη, και ο στόχος της συμμετοχής του 10% των βιοκαυσίμων στον τομέα των μεταφορών φαίνεται εφικτός. Για την επίτευξη του στόχου θα πρέπει να αυξηθεί η συνολική έκταση σε 13,5 εκατομμύρια εκτάρια (ξαναδές τη φράση αυτή) από 10 εκατομμύρια εκτάρια που χρησιμοποιούνται τώρα. Ωστόσο η παραγωγή biodiesel μπορεί να πραγματοποιηθεί και με διαφορετικές πρώτες ύλες εκτός από ενεργειακά και συμβατικά φυτά όπως η χρήση ανακυκλωμένων λαδιών καθώς και υπό-προϊόντα ζώων. Επίσης γίνονται πολλές έρευνες για εναλλακτικές πρώτες ύλες όπως η χρήση άλγεων. Αυτό σημαίνει πως η παραγωγή μπορεί να γίνει βιώσιμη και να μη χρειαστούν περισσότερες εκτάσεις. Η ίδια οδηγία επίσης έχει ενσωματώσει οδηγίες για τη παρακολούθηση και για τη μείωση των αέριων καθώς και για τη χρήση πιο καθαρών καυσίμων (European Biodiesel Board, 2010).

V.4 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Αρχικά η οδηγία 2003/30 ενσωματώθηκε στην ελληνική νομοθεσία μέσω του νόμου 3423/2005 και αναφερόταν στην εισαγωγή των βιοκαυσίμων και άλλων ανανεώσιμων πηγών στην ελληνική αγορά. Ο συγκεκριμένος νόμος αναφερόταν στο στόχο της συμμετοχής κατά 5,75% των βιοκαυσίμων στη συνολική κατανάλωση καυσίμων στον τομέα των μεταφορών για το 2010. Η πρώτη εγχώρια παραγωγή πραγματοποιήθηκε από την Hellenic Biopetroleum Industrial and Commercial S.A. στο Κιλκίς με ετήσια παραγωγική ικανότητα 40000 τόνων και άρχισε να λειτουργεί το Δεκέμβριο του 2005. Το δεύτερο εργοστάσιο παραγωγής biodiesel της VERT OIL S.A κατασκευάστηκε στη Θεσσαλονίκη, με ετήσια παραγωγική ικανότητα 25000 τόνων. Η τρίτη εγκατάσταση που κατασκευάστηκε ήταν το εργοστάσιο Pavlos N. Pettas Industrial and Commercial S.A και έχει παραγωγική ικανότητα 50000 τόνους. Την ίδια στιγμή άρχισε η παραγωγή από το εργοστάσιο Agroinvest S.A με παραγωγική ικανότητα 200000 τόνους, το Νοέμβριο του 2006. Η πέμπτη εγκατάσταση της Elinoil S.A. είχε έδρα τον Βόλο και άρχισε να λειτουργεί το Δεκέμβριο του 2006 (Χάρτης 1).



Χάρτης 1. Αρχικές εγκαταστάσεις παραγωγής βιοκαυσίμων στην Ελλάδα

Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή biodiesel ήταν περίπου 70 – 80% εισαγόμενα λάδια (ελαιοκράμβη, σόγια), ενώ περίπου το 30% ήταν εγχώριας παραγωγής (σπόρος βαμβακιού, ηλίανθος κ.ά.). Εισαγωγή biodiesel γίνεται συνήθως από κράτη μέλη της Ε.Ε. αλλά και από χώρες που συνεργάζονται με την Ε.Ε. όπως η Τουρκία. Η διανομή του biodiesel στην Ελλάδα ξεκίνησε το Δεκέμβριο του 2005, όταν οι πρώτες ποσότητες διανεμηθήκαν στα διυλιστήρια από την Hellenic Biopetroleum S.A. Η συγκέντρωση του biodiesel στο συμβατικό πετρέλαιο ήταν αρχικά 2%. Το ποσοστό αυτό αυξήθηκε στο 3,55% στο τέλος του 2006 και τέλος έφτασε το 5% το 2007 (Μ.Ε.Ε.Κ., 2010).

Οι ενεργειακές καλλιέργειες διακρίνονται σε ετήσιες και πολυετείς ανάλογα με τον κύκλο ζωής τους που μπορεί να είναι ετήσιος ή πολυετής, αντίστοιχα. Στην Ελλάδα έχει εξετασθεί ένας μεγάλος αριθμός ενεργειακών καλλιεργειών που θεωρούνται κατάλληλες για τις μεσογειακές εδαφοκλιματικές συνθήκες (Xristou M. et al., 2005). Στην χώρα μας η παραγωγή biodiesel προέρχεται από ενεργειακά φυτά λόγω των επιδοτήσεων και της απαιτούμενης αναδιάρθρωσης της αγροτικής παραγωγής.

Τα τελευταία χρόνια πολλά ελαιοφόρα φυτά όπως η αραχίδα, η σόγια, ο ηλίανθος και άλλα καλλιεργούνται στην Ελλάδα για την παραγωγή των σπόρων τους. Ωστόσο μεταξύ αυτών των καλλιεργειών η σόγια και η αραχίδα καλλιεργούνται σε μικρή κλίμακα, ενώ η καλλιέργεια ηλίανθου καταλαμβάνει πολύ μεγαλύτερες εκτάσεις. Άλλη μια καλλιέργεια που είναι ευρέως διαδεδομένη στην Ελλάδα είναι του βαμβακιού και αποτελεί μια από τις πιο δυναμικές καλλιέργειες καθώς οι εκτάσεις όπου καλλιεργείται έχουν διπλασιαστεί από το 1996 (Karagiannidis et al., 2006).

Στις αρχές του 2006 οι ελληνικές τοπικές αρχές για να προωθήσουν τις ενεργειακές καλλιέργειες και σε συνεργασία με τον Αγροτικό Συνεταιρισμό Ελασσόνας ξεκίνησαν κάποιες πιλοτικές καλλιέργειες ελαιοκράμβης (2000 m³), ηλίανθου (4000 m³) και σόγιας (4000 m³) για την παραγωγή biodiesel. Τα τελευταία χρόνια γίνεται προσπάθεια προώθησης της παραγωγής βιοαιθανόλης και η καλλιέργεια ζαχαρότευτλου μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο καθώς έχει υψηλή απόδοση βιοαιθανόλης ανά εκτάριο και καλλιεργείται ήδη σε πολλά μέρη της Ελλάδας (Karagiannidis et al., 2006).

Από δοκιμαστικές καλλιέργειες στην Ελλάδα προέκυψε ότι οι στρεμματικές αποδόσεις των ενεργειακών φυτών είναι γενικά ικανοποιητικές, αλλά υπερέρχουν ο ηλίανθος και η

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

ελαιοκράμβη για το biodiesel και τα τεύτλα για τη βιοαιθανόλη όπως παρουσιάζεται και στον Πίνακα 5 (CRES, 2006).

ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΟ	ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ	ΑΠΟΔΟΣΗ (κιλά/εκτάριο)	ΑΠΟΔΟΣΗ σε βιοκαύσιμο (κιλά/εκτάριο)	ΑΠΟΔΟΣΗ σε βιοκαύσιμο (λίτρα/εκτάριο)
BIODIESEL	Ηλίανθος- Ελαιοκράμβη	1500-3000	500-1000	580-1160
	Αγριαγκινάρα;	1000-1500	240-360	280-410
	Βαμβάκι	1200-1600	170-230	200-270
	Σόγια	1600-2400	270-410	320-480
ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ	Σιτάρι	1500-8000	360-1920	460-2430
	Αραβόσιτος	8000-12000	1890-2840	2400-3600
	Τεύτλα	55000	4350-5540	5500-7000
	Σόργο	7000-9000	5530-7110	7000-9000

Πίνακας 5. Παραγόμενα βιοκαύσιμα από διάφορα ενεργειακά φυτά & αποδόσεις/εκτάριο

IV. ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ

Ο αραβόσιτος (*Zea mays*) (τα είδη γράφονται με πλάγια γράμματα, η δεύτερη λέξη με μικρό) είναι σιτηρό της οικογένειας των Ποοειδών (Poaceae) ή Αγρωστωδών (Graminae). Στην κατάταξη των πιο εμπορικών δημητριακών έρχεται τρίτος, μετά από το σιτάρι και το ρύζι, με παγκόσμια παραγωγή 822 εκατομμύρια τόνους ανά χρόνο και οι καλλιέργειες αραβοσίτου καταλαμβάνουν έκταση 160 εκατομμυρίων εκταρίων (FAOSTAT, 2011). Είναι ετήσιο φυτό με συμπαγή βλαστό και μακριά φύλλα. Στην κορυφή του φυτού υπάρχει η αρσενική ταξιανθία που σχηματίζει θύσανο. Η θηλυκή ταξιανθία αποτελείται από ένα πλατύ στάχυ με παχύ άξονα στον οποίο βρίσκονται τα άνθη σε σειρές. Η ταξιανθία αυτή ονομάζεται σπάδικας. Στη συνέχεια τη θέση των ανθών παίρνουν οι κόκκοι που καλύπτονται από φύλλα ενώ στην κορυφή του σπάδικα υπάρχει θύσανος αποτελούμενος από πολλές τριχοειδείς κλωστές. Η καλλιέργεια αραβόσιτου γίνεται σε περιοχές που βρίσκονται σε γεωγραφικά πλάτη από 57° μέχρι 40° και από την επιφάνεια της θάλασσας μέχρι και 3800 μέτρα υψόμετρο. Η καλλιέργειά του χαρακτηρίζεται αρδευόμενη και η κύρια παραγωγός χώρα παγκοσμίως θεωρούνται οι Η.Π.Α (Dioudis et al., 2009), καθώς αποτελεί ένα από τα κυριότερα φυτά για την παραγωγή βιοαιθανόλης, που αντιπροσωπεύει το 31% της παγκόσμιας παραγωγής δημητριακών (Filintas et al., 2008).

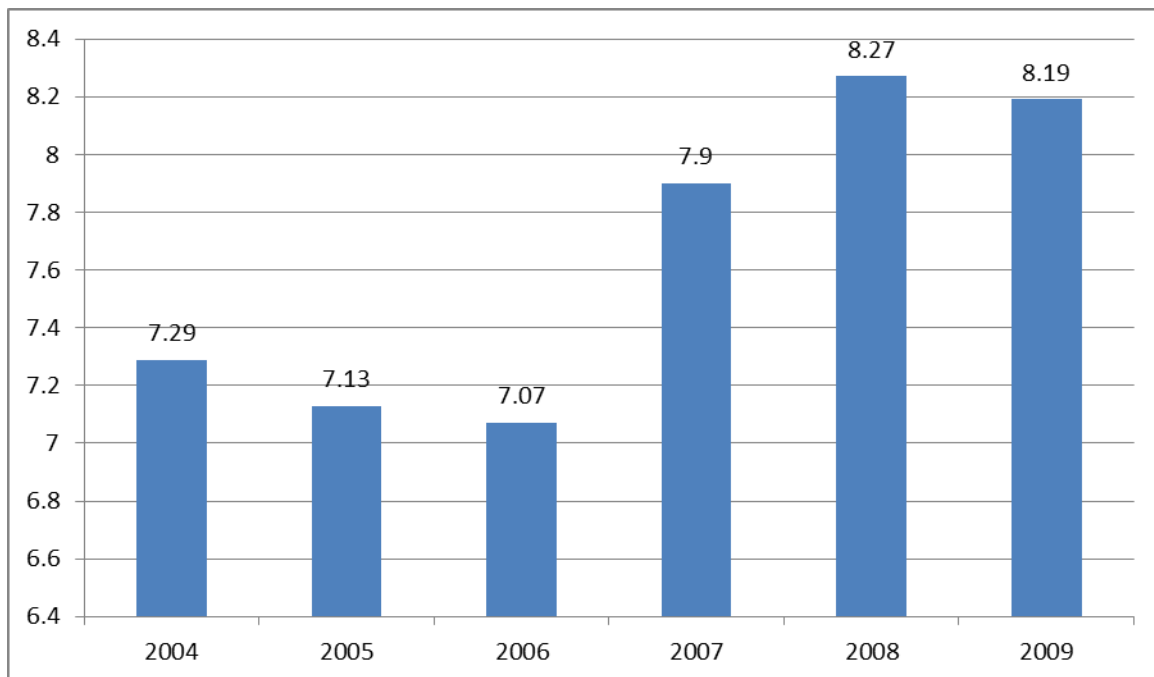
IV.1 ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

Ο αραβόσιτος θεωρείται ως βασική πηγή φαγητού κυρίως στη Λατινική Αμερική και στην Αφρική αλλά λόγω της χαμηλής τιμής του και της παγκόσμιας εξάπλωσής του, χρησιμοποιείται εκτενώς και ως πρώτη ύλη για τις ζωοτροφές καθώς και για βιομηχανικές χρήσεις. Το 65% του παραγόμενου αραβόσιτου χρησιμοποιείται στην κτηνοτροφία, ενώ το 15% χρησιμοποιείται για την παραγωγή τροφής και το υπόλοιπο 20% για βιομηχανικούς σκοπούς. Ο αραβόσιτος ή αλλιώς καλαμπόκι είναι ένα πολύ ευπροσάρμοστο φυτό, και αναπτύσσεται σε πολλά είδη εδαφών, ανεξάρτητα από το υψόμετρο και τη γονιμότητα των εδαφών και αυτό εξηγεί την παγκόσμια προσαρμοστικότητα και το μεγάλο αριθμό ποικιλιών (UNDP, 2010).

Ο αραβόσιτος ταξινομείται σε διαφορετικές τάξεις και κλάσεις για εμπορικούς λόγους ή με χαρακτηριστικά του κόκκου. Οι πιο γνωστοί είναι: ο οδοντωτός τύπος που χρησιμοποιείται κυρίως ως ζωοτροφή, ο σκληρός τύπος ή Ινδικός αραβόσιτος που καλλιεργείται κυρίως στην

Κεντρική και Λατινική Αμερική και ο σακχαρώδης τύπος ή πράσινος αραβόσιτος. Στις Η.Π.Α ο διαχωρισμός γίνεται μέσω του χρώματος του κόκκου: οι άσπροι κόκκοι χρησιμοποιούνται για ανθρώπινη κατανάλωση ενώ οι κίτρινοι κόκκοι χρησιμοποιούνται για ζωοτροφή και για βιομηχανικές χρήσεις.

Οι κυριότεροι πέντε παραγωγοί αραβόσιτου παγκοσμίως είναι οι Η.Π.Α, η Κίνα, η Βραζιλία, η Ινδία, και το Μεξικό. Οι Η.Π.Α παράγουν περίπου το $\frac{1}{4}$ της παγκόσμιας παραγωγής. Η παραγωγή του αραβόσιτου αυξάνεται κάθε χρόνο με ρυθμό αύξησης περίπου 1,8% τις τρεις τελευταίες δεκαετίες. Ωστόσο η παγκόσμια παραγωγή από το 2004 έως το 2006 είχε πτωτική πορεία αλλά μετά το 2007 υπήρξε σημαντική αύξηση μέχρι το 2008, ενώ μετά ακολούθησε μια μείωση για το 2009 όπως παρουσιάζεται στο διάγραμμα 8.



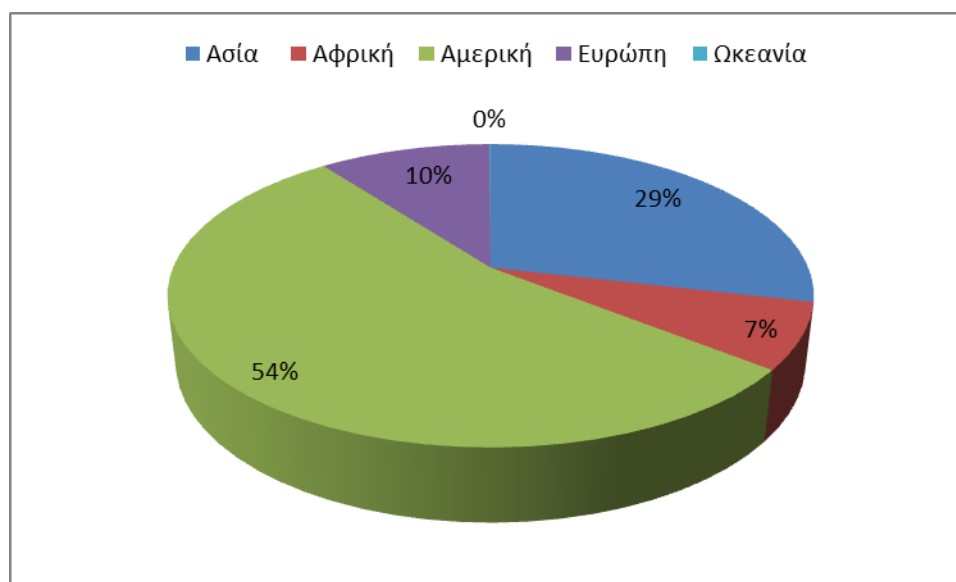
Διάγραμμα 8. Παγκόσμια παραγωγή αραβόσιτου (10⁸ tn)

Η παραγωγή αραβόσιτου επηρεάζεται άμεσα από την ανάπτυξη της τεχνολογίας όπως μηχανοποίηση της παραγωγής, χρήση εξωτερικών εισροών καθώς και χρήση υβριδίων υψηλής απόδοσης που παραμένει όμως περιοριστικός παράγοντας για τις αναπτυσσόμενες χώρες (CIMMYT, 2008). Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι πως στη Γαλλία 1,7 εκατομμύρια εκτάρια χρησιμοποιούνται για την καλλιέργεια αραβόσιτου και η ποσότητα που παράγεται είναι

περίπου ίδια με αυτή της Ινδονησίας που όμως χρησιμοποιεί τη διπλάσια έκταση. Άλλο ένα παράδειγμα είναι πως οι Η.Π.Α είχαν απόδοση σοδειάς 9,7 τόνους ανά εκτάριο ενώ το Μεξικό είχε 3,3 τόνους ανά εκτάριο για το έτος 2008 (UNDP, 2010).

Για το 2009 από τους μεγαλύτερους παραγωγούς στην Ευρώπη ήταν η Γαλλία, η Ουκρανία και η νεοεισερχόμενη στην Ε.Ε., Ρουμανία. Η συνολική παραγωγή στην Ευρώπη ήταν 84 εκατομμύρια τόνοι. Στην Αμερική οι κύριοι παραγωγοί ήταν η Η.Π.Α, η Βραζιλία, το Μεξικό και η Αργεντινή, παράγοντας συνολικά 442,4 εκατομμύρια τόνους για το 2009. Στην Ασία η Κίνα, η Ινδία, η Ινδονησία, οι Φιλιππίνες και η Ταϊλάνδη ήταν οι κύριοι παραγωγοί και η συνολική παραγωγή ήταν 234 εκατομμύρια τόνους, ενώ στην Αφρική η παραγωγή έφτασε τα 57,4 εκατομμύρια τόνους με κύριους παραγωγούς την Αίγυπτο, την Αιθιοπία και τη Νιγηρία. Τέλος, η Ωκεανία με κύριο παραγωγό την Αυστραλία έφτασε την παραγωγή των 0,6 τόνων (Διάγραμμα 9)(FAOSTAT, 2011).

Οι Η.Π.Α εκτός από μεγαλύτερη παραγωγός χώρα του αραβόσιτου είναι και πρώτη στην κατανάλωσή του. Σύμφωνα με το FAO (2006), από τη συνολική παραγωγή του αραβόσιτου, το 55% χρησιμοποιείται για την παραγωγή ζωοτροφών, το 18% εξάγεται, το 14% χρησιμοποιείται για την παραγωγή αιθανόλης, με το 5% παράγεται ισογλυκόζη (High Fructose Corn Syrup), ενώ το 4% χρησιμοποιείται για βιομηχανικές χρήσεις. Τέλος το 3% χρησιμοποιείται ως σπόρος. (UNDP, 2010)



Διάγραμμα 9. Συμμετοχή ανά ήπειρο στην παγκόσμια παραγωγή αραβόσιτου

Ο FAOSTAT (2011) αναφέρει ότι η συνολική έκταση που καταλαμβάνουν οι εκτάσεις αραβόσιτου είναι 161 εκατομμύρια εκτάρια. Η Αμερική έχει αφιερώσει τη μεγαλύτερη έκταση για την καλλιέργεια αραβόσιτου που φτάνει τα 62,3 εκατομμύρια εκτάρια, ενώ μετά ακολουθεί η Ασία με 52 εκατομμύρια εκτάρια. Ωστόσο, ένα ενδιαφέρον στοιχείο είναι πως οι χώρες με τις μεγαλύτερες εκτάσεις καλλιέργειών αραβόσιτου παγκοσμίως δεν είναι απαραίτητα από τις παραγωγικότερες χώρες παγκοσμίως (Πίνακας 6).

ΧΩΡΑ	ΕΚΤΑΣΗ (Ha)	ΧΩΡΑ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (tn)
Η.Π.Α	32209300	Η.Π.Α	333011000
Κίνα	31203727	Κίνα	164107560
Βραζιλία	13791200	Βραζιλία	51232400
Ινδία	8330000	Μεξικό	20142800
Μεξικό	6223050	Ινδονησία	17629700
Ινδονησία	4160660	Ινδία	16680000
Νιγηρία	3335860	Γαλλία	15288200
Τανζανία	2961330	Αργεντινή	13121400
Φιλιππίνες	2683900	Δυτική Αφρική	12050000
Δυτική Αφρική	2427500	Ουκρανία	10486300

Πίνακας 6. 10 πρώτες χώρες σε καλλιεργούμενη έκταση και συνολική παραγωγή

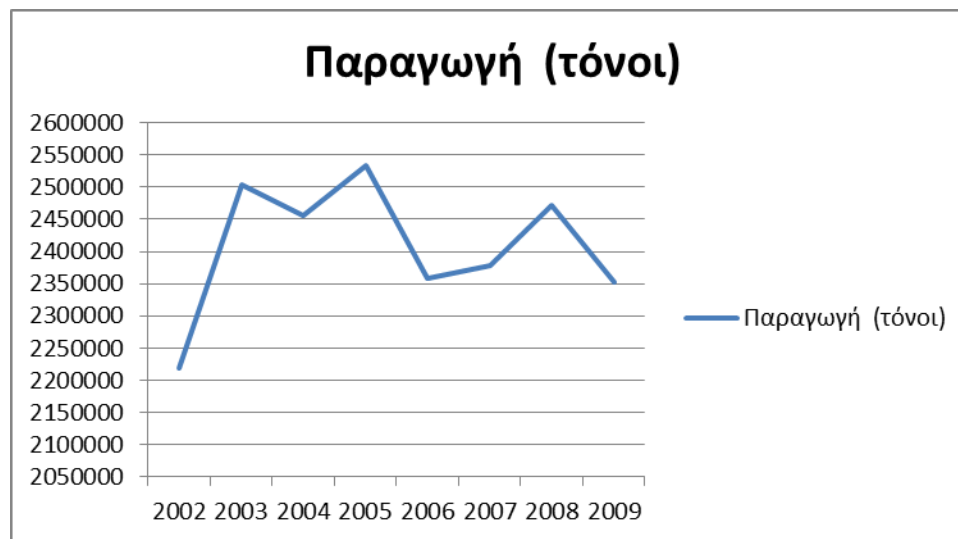
Η δομή της αγοράς του αραβόσιτου έχει υποστεί σημαντικές αλλαγές σε θέματα παραγωγής και χρήσης, ως αποτέλεσμα της απελευθέρωσης του εμπορίου καθώς και με τη δυναμική εισαγωγή της Κίνας και της Ινδίας στις παγκόσμιες αγορές. Άλλος ένας σημαντικός παράγοντας που οδήγησε σε αυτές τις αλλαγές είναι η εισαγωγή της βιοτεχνολογίας και η παραγωγή καινούριων πιο παραγωγικών υβριδίων.

Ο μεγαλύτερος εισαγωγέας αραβόσιτου είναι η Ιαπωνία, που το έτος 2008 εισήγαγε περίπου 16,5 εκατομμύρια τόνους. Δεύτερη χώρα εισαγωγής αραβόσιτου για το ίδιο έτος ήταν το Μεξικό με ποσότητα που έφτασε τα 9,2 εκατομμύρια τόνους (FAO, 2011).

IV.2 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Σύμφωνα με το FAO το 2009 στην Ελλάδα 240.000 εκτάρια χρησιμοποιήθηκαν για την καλλιέργεια αραβόσιτου σε σύνολο 3.699.300 εκταρίων καλλιεργούμενων εκτάσεων η αλλιώς το 6,48% του συνόλου. Από αυτά, μόνο το 1,47% συγκαλλιεργείται με άλλα είδη ενώ στις υπόλοιπες εκτάσεις ακολουθείται η μέθοδος της μονοκαλλιέργειας. Ο μέσος όρος απόδοσης βιομάζας του αραβόσιτου είναι 10104,37 kg/Ha (Filintas A.T.,2003), και η απόδοση σε καρπούς είναι 10407,5 kg/Ha (Filintas et al.,2007). Η καλλιέργεια αραβόσιτου στην Ελλάδα είναι από τις πιο κοινές σε αρδευόμενα εδάφη στην κεντρική και βόρεια Ελλάδα. Θεωρείται επίσης μία από τις καλλιέργειες με σχετικά μεγάλες περιβαλλοντικές επιπτώσεις συγκριτικά με άλλες, κυρίως λόγω των μεγάλων ποσοτήτων εισροών που απαιτούνται (λιπάσματα, φυτοφάρμακα, μεγάλες ποσότητες νερού για άρδευση κ.ά.) και επίσης γιατί αφήνει το έδαφος χωρίς κάλυψη για αρκετό χρονικό διάστημα (Filintas et al.,2008).

Η παραγωγή για το 2009 ήταν 2.352.000 τόνοι που αυτό μεταφράζεται σε μείωση 120000 τόνων από το 2008. Γενικότερα μετά τη μεγάλη αύξηση παραγωγής που υπήρξε το 2003, η παραγωγή αραβόσιτου ακολουθεί μια πτωτική τάση τα τελευταία χρόνια με κάποιες εξαιρέσεις (Διάγραμμα 10)(FAOSTAT, 2011).



Διάγραμμα 10. Παραγωγή αραβόσιτου στην Ελλάδα

Όπως προαναφέρθηκε, η καλλιέργεια καλαμποκιού είναι πολύ απαιτητική σε νερό και η έλλειψή του περιορίζει σημαντικά την απόδοση της καλλιέργειας. Το καλαμπόκι, για να

συνθέσει 1 kg ξηράς ουσίας χρειάζεται 350 – 400 kg νερού. Έτσι οι ανάγκες της καλλιέργειας ανέρχονται σε 500-600 Mt ή αλλιώς περίπου 500-600 χιλιοστά βροχής κατά την καλλιεργητική περίοδο. Η ετήσια βροχόπτωση στην Ελλάδα είναι περίπου 250-300 χιλιοστά βροχής που σημαίνει πως η άλλη μισή ποσότητα των 250-300 χιλιοστών θα πρέπει να συμπληρωθεί με τις απαραίτητες αρδεύσεις. Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται τόσο η άρδευση με καταιονισμό, όσο και η άρδευση με αυλάκια, άλλα μερικές φορές και η άρδευση με σταγόνες. Οι μέθοδοι άρδευσης με σταγόνες και αυλάκια πλεονεκτούν από την άποψη ότι γίνεται καλύτερη οικονομία στο νερό, αλλά ο καταιονισμός φαίνεται ότι απαιτεί λιγότερο εργατικό κόστος και είναι ο επικρατέστερος (Cereal Institute, 2004).

V. ΗΛΙΑΝΘΟΣ

Ο ηλίανθος (*Helianthus*) ανήκει στην οικογένεια των Σύνθετων (Compositae) της τάξης των Αστερωδών (Asterales). Είναι ένα φυτό που καλλιεργείται σε πολλά μέρη του πλανήτη κυρίως λόγω της μικρής περιόδου ανάπτυξής του. Το πιο σημαντικό είδος του είναι ο ηλίανθος ο ετήσιος (*Helianthus annuus*). Τα καλλιεργήσιμα είδη ηλίανθου έχουν ένα μόνο μίσχο καταλήγοντας σε ένα μεγάλο άνθος. Κατά την περίοδο ανάπτυξης κάθε άνθος γονιμοποιείται ξεχωριστά. Η παραγωγή σπόρων ξεκινά από το εξωτερικό των ανθέων και τελειώνει προς το εσωτερικό του. Γενικότερα χρειάζεται 30 μέρες μετά τη γονιμοποίηση για να ωριμάσουν οι σπόροι.

Συνήθως τα φυτά ηλίανθου φτάνουν τα 1,5 με 2 μετρά ύψος. Η διάμετρος των ανθέων είναι σχετικά μεγάλη και συνήθως κυμαίνεται από 7,62 έως 15,24 cm. Ωστόσο υπάρχουν κάποιες εξαιρέσεις, καθώς οι ποικιλίες νάνοι έχουν ύψος από 0,91 έως 1,20 m και έχουν μικρότερα άνθη. Ένα κύριο χαρακτηριστικό του ηλίανθου καθώς και προέλευση της ονομασίας του, είναι πως η ταξιανθία ακολουθεί τον ήλιο καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και στρέφεται πάλι προς την ανατολή το πρωί. Η κίνηση αυτή οφείλεται σε κάμψη του βλαστού και σταματά μετά την άνθηση και τη γονιμοποίηση των ανθέων οπότε τα κεφάλια παραμένουν στραμμένα προς την ανατολή. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται ηλιοτροπισμός και έχει το όφελος να μειώνονται οι ζημιές από τα πουλιά καθώς και να εμποδίζει την ανάπτυξη ασθενειών.

V.1 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΙΑΝΘΟΥ

Οι ηλίανθοι αναπτύσσονται σε ημι – άγονες περιοχές, από την Αργεντινή μέχρι τον Καναδά και από την Κεντρική Αφρική μέχρι την Κοινοπολιτεία Ανεξάρτητων Κρατών. Ο πάγος είναι ένας σημαντικός παράγοντας που μπορεί να βλάψει την καλλιέργεια σε οποιοδήποτε στάδιο του. Η βέλτιστη θερμοκρασία για την ανάπτυξη του φυτού είναι 20 με 25°C, ενώ θερμοκρασίες πάνω των 25°C μειώνουν τις αποδόσεις καθώς και την περιεκτικότητα των σπόρων σε έλαιο. Η σπορά του ηλίανθου γίνεται όταν η θερμοκρασία εδάφους φθάσει τους 8°C. Αυτό εξασφαλίζεται για τις περισσότερες πεδινές περιοχές της Ελλάδας κατά την εποχή Μαρτίου. Η καλλιέργεια θεωρείται ξηρική αλλά οι αποδόσεις και η περιεκτικότητα του καρπού

σε έλαια μειώνεται σημαντικά αν εκτεθούν σε παρατεταμένη διάρκεια ξηρασίας κατά τη διάρκεια της άνθησης. Για βέλτιστη απόδοση σοδειάς απαιτείται περίπου 500-750 mm τον χρόνο.

Ο ηλίανθος μπορεί να καλλιεργηθεί σε πολλούς τύπου εδαφών αλλά αποδίδει καλύτερα σε εδάφη που είναι κατάλληλα για καλλιέργεια αραβόσιτου και σιταριού. Η ανάπτυξη του ηλίανθου εξαρτάται ισχυρά από την συγκέντρωση του αζώτου στο έδαφος. Το ριζικό σύστημα του ηλίανθου μπορεί να εκμεταλλευθεί εδαφικό άζωτο που βρίσκεται σε εδαφικούς ορίζοντες, οι οποίοι είναι απρόσβατοι σε άλλες καλλιέργειες όπως του σιταριού του αραβόσιτου και άλλων καλλιεργειών. Η χρήση μεγαλύτερης ποσότητας αζώτου από την κανονική μπορεί να προκαλέσει πλάγιασμα.

Η καλλιέργεια του ηλίανθου σε χώρες των δυτικών Βαλκανίων και της Ανατολικής Ευρώπης γίνεται από τον Μάρτιο. Επίσης η καλλιεργητική περίοδος του ηλίανθου θεωρείται από τις μικρότερες σε σύγκριση με άλλα φυτά. Πρώιμες ποικιλίες ηλίανθου είναι έτοιμες για συγκομιδή 90 με 120 μέρες μετά το φύτεμα. Όψιμες ποικιλίες ηλίανθου έχουν ανεπιθύμητα χαρακτηριστικά στην ποιότητα των ελαίων, καθώς αυξάνουν τα λιπαρά οξέα. Η εποχή συλλογής είναι όταν η κεφαλή του ηλίανθου γίνει μαύρη η καφέ και η υγρασία των σπόρων φτάσει το 10-12%. Η συγκομιδή γίνεται με την προσθήκη ειδικής κεφαλής στους γεωργικούς ελκυστήρες αλλά έχει παρατηρηθεί στην Ελλάδα και η χρήση κεφαλών που χρησιμοποιούνται για την συγκομιδή αραβόσιτου.

Στην παγκόσμια παραγωγή ελαιούχων σπόρων, η παραγωγή σπόρων ηλίανθου εκπροσωπεί το 8%. Η μεγαλύτερη παραγωγή ελαιούχων σπόρων είναι από σόγια (55%), δεύτερη είναι η ελαιοκράμβη (14%) και τρίτη είναι η παραγωγή βαμβακόσπορου (10%). Το 2008-2009, η παραγωγή σπόρων ηλίανθου ήταν 33 εκατομμύρια τόνοι που μεταφράζεται σε αύξηση της τάξης του 23% σε σύγκριση με το 2007/2008 (FAO, 2010) (πίνακας 7.).

Οι μεγαλύτερες εκτάσεις καλλιέργειας ηλίανθου βρίσκονται στην Ε.Ε και κυρίως στην Ρωσία και στην Ουκρανία. Οι αποδόσεις των καλλιεργειών σε αυτά τα μέρη είναι υψηλές λόγω του ξηρού και ήπιου κλίματος. Η Ρωσία, η Ουκρανία και η Αργεντινή είναι οι κύριοι παραγωγοί και προμηθευτές ηλίανθου και προϊόντων του, παγκοσμίως. Αυτές οι τρεις χώρες παράγουν πάνω από την μισή ποσότητα σπόρων ηλίανθου που παράγεται παγκοσμίως και αναφέρονται συνήθως σαν το “ τρίγωνο του ηλίανθου”, και είναι οι χώρες που επηρεάζουν άμεσα την παγκόσμια αγορά σπόρων ηλίανθου και υποπροϊόντων ηλίανθου(FAO, 2010) (πίνακας 8).

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

Παραγωγή	Σπόροι Ηλίανθου		
	2006/2007	2007/2008	2008/2009
Ρώσικη Ομοσπονδία	6750	5650	7400
Ε.Ε 27	6502	4771	6950
Ουκρανία	5300	4200	6300
Αργεντινή	3500	4650	3630
Τουρκία	850	700	850
Άλλες χώρες	6910	7225	8291
ΣΥΝΟΛΟ	29812	27196	33421

Πίνακας 7. Παραγωγή σπόρων ηλίανθου (10³ tn)

	2008/2009	2007/2008	2006/2007	2005/2006	2004/2005
Αρχικά αποθέματα	2,05	1,65	2,44	2,23	2,14
Παραγωγή	32,62	28,95	30,08	30,28	26,39
Ε.Ε -27	6,72	4,94	6,41	5,72	6,30
Ρώσικη Ομοσπονδία	6,95	5,50	6,35	6,44	4,80
Ουκρανία	6,30	4,75	5,55	4,95	3,28
Η.Π.Α	1,55	1,31	1,00	1,72	0,93
Αργεντινή	2,50	4,40	3,12	3,84	3,73
Τουρκία	0,85	0,67	0,82	0,78	0,64
Συνολικά αποθέματα	34,67	30,6	32,52	32,51	28,53
Ζήτηση	32,36	28,55	30,87	30,07	26,3
Τελικά αποθέματα	2,31	2,05	1,65	2,44	2.23

Πίνακας 8. Αποθέματα και ζήτηση σπόρων ηλίανθου (10⁶ tn)

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση οι χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή ηλιέλαιου είναι η Γαλλία, η Ισπανία και η Ρουμανία με την παραγωγή κατά μέσο όρο την τελευταία δεκαετία 491.078, 402.888 και 278.525 τόνους ανά έτος αντίστοιχα. Ακολουθούν οι Ολλανδία, Ουγγαρία, Ιταλία, Γερμανία και Βουλγαρία (FAO, 2010).

Όπως παρουσιάζεται παραπάνω οι κύριοι προμηθευτές είναι η Αργεντινή, η Ουκρανία και η Ρωσία. Αυτές οι χώρες όμως έχουν περιορισμούς για την εξαγωγή σπόρων. Η Ουκρανία έχει 13% δασμούς εξαγωγής, στην Ρωσία φτάνει το 20% ενώ στην Αργεντινή το 30%. Ωστόσο η μεγαλύτερη εισαγωγή σπόρων ηλιάνθου γίνεται από τις χώρες της Ε.Ε που το 2008/2009 έφτασε τις 650.000 τόνους. Δεύτερη μεγαλύτερη εισαγωγέας σπόρων ήταν η Τουρκία με ποσότητα 550.000 τόνων.

V.2 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η παράγωγή ηλιάνθου στην Ελλάδα γίνεται κυρίως σε βόρειες περιοχές (Μακεδονία και Θράκη). Η απόδοση σπόρων κυμαίνεται από 1 έως 3 τόνους ανά εκτάριο, και γίνεται κυρίως σε μη αρδευόμενες συνθήκες. Η έκταση η οποία καταλάμβανε η καλλιέργεια ηλιάνθου μειώθηκε σημαντικά το 2004 σε σύγκριση με το 2003, αλλά μετά ακολούθησε ανοδική πορεία και το 2009 καταλαμβάνει το 0,63% της συνολικής καλλιεργούμενης έκτασης (3.699.300 Ha). Την ίδια πορεία ακολούθησε και η συνολική παραγωγή καθώς και η παραγωγή σπόρων όπως παρουσιάζονται στον πίνακα 9 (FAOSTAT, 2011).

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Καλλιεργούμενη Έκταση (Ha)	17076	9900	4745	5200	9057	12015	14700	23500
Απόδοση (Kg/Ha)	1405.5	1515.2	1610.1	1706.7	1751.7	1588.6	1061.2	1200
Σύνολο Παραγωγής (tn)	24000	15000	7640	8875	15865	19087	15600	28200
Παραγωγή Σπόρων (tn)	297	142	156	272	360	441	705	705

Πίνακας 9. Καλλιεργούμενη έκταση, απόδοση και παραγωγή ηλιάνθου στην Ελλάδα

VI. ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Οι απαιτήσεις σε φαγητό εξαρτάται από την μελλοντικό ανθρώπινο πληθυσμό και τις ατομικές απαιτήσεις σε φαγητό που περιγράφεται από ένα καταναλωτικό μοντέλο. Τα τελευταία χρόνια (1950 -2006) αν και ο πληθυσμός της Γης υπερδιπλασιάστηκε από 2.5 σε 6.5 εκατομμύρια, η συνολική καλλιεργούμενη έκταση δεν αυξήθηκε ιδιαίτερα, λόγω της αύξησης της γεωργικής παραγωγικότητας. Όταν η αύξηση της παραγωγικότητας δεν θα αναλογεί με τις αυξανόμενες απαιτήσεις, οι πιέσεις για την αύξηση των καλλιεργούμενων εκτάσεων για την παραγωγή τροφής συνεχώς και θα αυξάνονται.

Μέχρι πρόσφατα ο IEA (International Energy Agency) είχε προβλέψει ότι τα αποθέματα πετρελαίου θα κάλυπταν τις αυξανόμενες παγκόσμιες ενεργειακές ανάγκες. Ωστόσο, στο 2007-2008 οι προβλέψεις άλλαξαν και η IEA εκτίμησε πως υπάρχει σοβαρός κίνδυνος ώστε να μεγαλώσει το ενεργειακό χάσμα περίπου σε 12% ανάμεσα στις απαιτήσεις και στην παραγωγή ενέργειας (IEA, 2008,2009) για τις δύο επόμενες δεκαετίες. Αυτό προέκυψε από τις υποθέσεις που έγιναν ανάλογα με τις ενεργειακές προμήθειες ιδιαίτερα της Κεντρικής Ανατολής σε συνδυασμό με τις αυξανόμενες απαιτήσεις κυρίως των αναπτυσσόμενων χωρών όπως η Κίνα και η Ινδία (Harvey & Pilgrim, 2011).

Σαν συνέπεια της μείωσης των αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων, οι απαιτήσεις για την εύρεση εναλλακτικών καυσίμων ειδικότερα στον τομέα των μεταφορών έχουν αυξηθεί. Η IEA έχει αναγνωρίσει την Κίνα και την Ινδία σαν τις κύριες οικονομίες που θα συμβάλουν κυρίως στην αύξηση της χρήσης αυτοκινήτων κινούμενα με υγρά καύσιμα καθώς έχουν ξεπεράσει ήδη την Ιαπωνία στην αγορά αυτοκινήτων από το 2005 και πρόκειται να ξεπεράσουν τις ΗΠΑ το 2015. Έτσι η αυξανόμενη ζήτηση για υγρά καύσιμα σε συνδυασμό με την μείωση των αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων κάνουν τα βιοκάυσιμα να είναι μία από τις πιο βιώσιμες λύσεις για τα επόμενα χρόνια.

Στις Η.Π.Α υπήρξε μια μείωση των καλλιεργούμενων εκτάσεων από το 1980 μέχρι το 2010 από 300 εκατομμύρια εκτάρια σε 245 εκατομμύρια εκτάρια το 2005 και προβλέπεται να παραμείνει σε αυτό τον αριθμό μέχρι το 2015. Ωστόσο οι καλλιέργειες αραβοσίτου αυξήθηκαν λόγω της αύξησης της ζήτησης της βιοαιθανόλης (USDA, 2006). Η αύξηση των εκτάσεων καλλιεργούμενου αραβόσιτου προκάλεσε την μείωση της έκτασης που καλλιεργούνταν σόγια.

Ωστόσο πολλές ενεργειακές καλλιέργειες δεν είναι τόσο απαιτητικές όσο οι συμβατικές εδώδιμες καλλιέργειες και μπορεί να καλλιεργηθούν σε λιγότερο παραγωγικές εκτάσεις και έτσι ο ανταγωνισμός μεταξύ ενεργειακών και εδώδιμων καλλιεργειών μπορεί να μειωθεί (Harvey & Pilgrim, 2011).

Στην Ευρώπη, μια πρόσφατη έρευνα χρησιμοποιώντας την μέθοδο των Αγρό – Οικολογικών Ζωνών (AOZ), εκτιμήθηκαν περιοχές που δέχονται βροχοπτώσεις και δεν χρησιμοποιούνται για την παραγωγή φαγητού και υπολογίσθηκε πως υπάρχουν πολλές διαθέσιμες εκτάσεις (Fischer et al.,2010). Από τα 164 εκατομμύρια εκτάρια που χρησιμοποιούνται, συμπεριλαμβάνοντας και την Ουκρανία, τα 76 εκατομμύρια χρησιμοποιούνται σαν βοσκοτόπια. Το μοντέλο (AOZ) πρότεινε ότι μεταξύ γύρω τα 48 εκατομμύρια εκτάρια θα γίνουν σταδιακά διαθέσιμα μέχρι το 2030. Ωστόσο πάρα πολλά εξαρτώνται από τις μελλοντικές πολιτικές αποφάσεις που αναφέρονται για την βιωσιμότητα των καλλιεργειών. Ωστόσο μέχρι τώρα υπάρχει έλλειψη πολιτικής στρατηγικής στην προώθηση καθώς και στην επένδυση στις καλλιέργειες βιομάζας στην Ευρώπη σε σύγκριση με τις ΗΠΑ, καθώς θα πρέπει να υπάρξουν σημαντικές αναθεωρήσεις αφού μέχρι τώρα υπάρχει υψηλή εξάρτηση μόνο από τα βιοκάυσιμα. Πιο συγκεκριμένα στην Ευρώπη εξακολουθεί η καλλιέργεια ελαιοκράμβης για την παραγωγή βιοκαυσίμων που συγκριτικά με τις καλλιέργειες παραγωγής βιοαιθανόλης αποδίδει χαμηλά ποσά ενέργειας ανά εκτάριο και υψηλές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (Unruh, 2000), καθώς και η έλλειψη προώθησης των βιοκαυσίμων δεύτερης γενιάς ή άλλων εναλλακτικών βιοκαυσίμων (Porter et al.,2009; Harvey & Pilgrim, 2011). Σύμφωνα με την παραπάνω μέθοδο (AOZ) υπάρχουν 1550 εκατομμύρια εκτάρια καλλιεργήσιμης έκτασης παγκοσμίως που μπορεί να παραχθεί βιοαιθανόλη και θεωρητικά αυτή είναι η παγκόσμια παραγωγική ικανότητα για την βιοαιθανόλη.

Σενάρια για τα μελλοντικά βιοενεργειακά αποθέματα αναφέρουν ότι οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις που θα πρέπει να αφιερωθούν στην καλλιέργεια ενεργειακών φυτών μπορεί να είναι οι ίδιες που τώρα χρησιμοποιούνται για την καλλιέργεια εδώδιμων προϊόντων και είναι περίπου 1.500 ΜHa (Berndes et al.,2003). Ο ίδιος ερευνητής αναφέρει πως οι απαιτήσεις για βιομάζα με σκοπό την παραγωγή ενέργειας θα αυξηθούν, σαν αποτέλεσμα των νόμων που σχετίζονται με τις εκπομπές CO₂. Το ποσοστό ενέργειας που θα προέρχεται από την βιομάζα εξαρτάται ισχυρά από τα διαθέσιμα αποθέματα βιομάζας καθώς και από τον ανταγωνισμό με άλλες εναλλακτικές ενεργειακές τεχνολογίες.

Σύμφωνα με το σενάριο της USEPA (Lashof, 1990), οι μελλοντικές απαιτήσεις για βιομάζα που προορίζεται για ενέργεια θα παραμείνουν οι ίδιες. Ωστόσο υπάρχουν και σενάρια που αναφέρουν χαμηλότερες απαιτήσεις (47 EJ yr^{-1}) στο μέλλον και συγκεκριμένα το 2050 (Battjes J., 1994), ενώ για τη ίδια χρονιά ο Fischer (2010) εκτιμά πως οι απαιτήσεις θα είναι σχεδόν δεκαπλάσιες (450 EJ yr^{-1}). Ο IPCC (2000) κατά την πρόβλεψη του για την ζήτηση βιομάζας αναφέρει μια συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση που κλιμακώνεται το 2060 και μετά μειώνεται. Αυτό οφείλεται στη μείωση της συνολικής χρήσης της ενέργειας παρά του ανταγωνισμού της βιομάζας με άλλες ενεργειακές πηγές.

Σύμφωνα με το σενάρια A2 και A3 της IIASA – WEC (Nakicenovic, 1998) οι απαιτήσεις για βιομάζα στο μέλλον μπορεί να είναι σημαντικά υψηλότερες ακόμα και από την απουσία νόμων και μέτρων που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή. Στα δύο πρώτα σενάρια που χαρακτηρίζονται από υψηλή οικονομική ανάπτυξη και τεχνολογική εξέλιξη, θα υπάρξουν μεγάλες απαιτήσεις σε βιομάζα ενώ το οικολογικό σενάριο C1 στην ίδια έρευνα παρουσιάζει μικρούς στόχους για το ατμοσφαιρικό CO_2 και συνεπώς μικρότερες απαιτήσεις για βιομάζα.

Στην έρευνα FFES (Lazarus et al., 1993), τα παγκόσμια αποθέματα ενέργειας μειώνονται αργά και τα ποσοστά βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας αυξάνονται μετά το 2030. Επίσης μετά το 2030 οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συμμετέχουν ποιο πολύ στην παραγωγή ενέργειας και η παραγωγή ενέργειας αυξάνεται γραμμικά (85 EJ ανά δεκαετία) μέχρι το 2100, ενώ η συμμετοχή της βιομάζας στην παραγωγή ενέργειας αυξάνεται αργά, και τα ορυκτά καύσιμα δεν χρησιμοποιούνται καθόλου.

Όπως αναφέρεται στην έρευνα του Berndes (2003) η ποιο σημαντική πηγή για την παραγωγή ενέργειας από βιομάζα θα προέρχεται από τις ενεργειακές καλλιέργειες, και η διαθεσιμότητα καλλιεργούμενης γης καθώς και απόδοσης των καλλιεργειών είναι από τους παράγοντες που επηρεάζουν ισχυρά τις απαιτήσεις σε φυτική βιομάζα. Με σκοπό τα 500 Mha που θα πρέπει να καλλιεργούνται το 2050, κάθε χρόνο ένας μέσος όρος των 10 Mha καλλιεργήσιμης γης θα πρέπει να αφιερώνονται στην καλλιέργεια βιομάζας. Ο Edmonds (1996) στην έρευνα του υποστηρίζει πως η αύξηση της ζήτησης της φυτικής βιομάζας δεν θα προκαλέσει αύξηση της τιμής της ενέργειας μέχρι να επέλθει ανταγωνισμός μεταξύ ενεργειακών και εδωδιμων καλλιεργειών. Ωστόσο υποστηρίζει πως την πίεση που προκαλούν οι ενεργειακές καλλιέργειες θα υποστούν τα δασικά και φυσικά οικοσυστήματα, παρά οι εδωδιμες

καλλιέργειες. Ο Leemans (1996) ωστόσο αναφέρει πως σε περιοχές της Αφρικής καθώς και τις Ασίας μπορεί να υπάρξουν ισχυρός ανταγωνισμός μεταξύ των προαναφερθέντων καλλιεργειών.

Οι Mathews (2007) και Woods et al. (2009) στην έρευνα τους αναφέρουν ότι το ενεργειακό κέρδος στην υποτροπικές ζώνες είναι πολύ μεγαλύτερο από αυτό στην εύκρατη ζώνη και η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε βιομάζα προάγεται σημαντικά. Το ενεργειακό περιεχόμενο επίσης των φυτών που καλλιεργούνται σε αυτές τις ζώνες είναι και αυτό πολύ μεγαλύτερο και αυτό σημαίνει πως για την παραγωγή μιας συγκεκριμένης ποσότητας ενέργειας χρειάζεται πολύ λιγότερο έκταση. Έτσι τα τελευταία χρόνια έχει προκύψει εθνικό και εμπορικό ενδιαφέρον για τα διαθέσιμα εδάφη στην Αφρική (WWF, 2007; Greenpeace, 2007; Cotula et al., 2009; Harvey & Pilgrim, 2011)

Οι Wolf et al. (2003) υποστηρίζουν πως το 55% της καλλιεργήσιμης γης θα χρειαστεί στο μέλλον για τις εδωδιμες καλλιέργειες ενώ το άλλο 45 % μπορεί να διατεθεί για τις ενεργειακές καλλιέργειες. Αυτό θα συμβεί μόνο αν οι εξωτερικές εισροές αυξηθούν κατά μεγάλες ποσότητες (Υψηλό Σύστημα Εισροών, Υ.Σ.Ε) στο σύστημα της καλλιέργειας. Διαφορετικά αν οι ποσότητες εισροών είναι χαμηλές (χαμηλό σύστημα εισροών, Χ.Σ.Ε), δεν υπάρχουν διαθέσιμες καλλιεργήσιμες εκτάσεις για την παραγωγή βιομάζας. Η πρόβλεψη των Ηνωμένων Εθνών (2010) για τον ανθρώπινο παγκόσμιο πληθυσμό για το 2050 και το 2100 στηρίζεται σε τρία σενάρια ανάλογα. Το σενάριο που αναφέρεται στην μέγιστη ανάπτυξη πληθυσμού υπολογίζει πως το 2050 ο παγκόσμιος πληθυσμός θα έχει φτάσει τα 10,6 τρισεκατομμύρια και το 2100 τα 15,8 τρισεκατομμύρια. Το σενάριο που αναφέρεται ελάχιστη ανάπτυξη πληθυσμού υπολογίζει πως το 2050 θα έχει φτάσει τα 8,1 τρισεκατομμύρια ενώ για το 2100 αναφέρει μείωση του πληθυσμού σε σύγκριση με τον σημερινό που είναι περίπου 7 τρισεκατομμύρια, καθώς αναφέρεται σε 6,2 τρισεκατομμύρια. Οι ανάγκες για φαγητό εξετάζονται στην έρευνα των Wolf et al. (2003), σε τρία σενάρια ανάλογα με το είδος της διατροφής: την διατροφή χωρίς κρέας, τη μέτρια διατροφή, και την πλούσια διατροφή, καλύπτοντας και τα τρία είδη, τις καθημερινές θερμιδικές ανάγκες. Έτσι προκύπτει για το 2050, ανάλογα με το είδος διατροφής, καθώς και ανάλογα με το σενάριο ανάπτυξης, ο πίνακας 10 όπως αναφέρεται στους Wolf et al. (2003).

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

Χορτοφαγική Διατροφή			Ήπια Διατροφή			Πλούσια Διατροφή		
Μικρή Αύξηση	Μέτρια Αύξηση	Μεγάλη Αύξηση	Μικρή Αύξηση	Μέτρια Αύξηση	Μεγάλη Αύξηση	Μικρή Αύξηση	Μέτρια Αύξηση	Μεγάλη Αύξηση
3.63	4.45	5.3	6.71	8.21	9.78	11.74	14.36	17.11

Πίνακας 10. Παγκόσμιες ανάγκες φαγητού ανάλογα με τα τρία διαφορετικά σενάρια διατροφής και τρία διαφορετικά σενάρια αύξησης του πληθυσμού σε grain equivalents (10^{12} kg ξηράς ουσίας ανά χρόνο)

Σύμφωνα με την παραπάνω έρευνα ο λόγος της δυνητικής παραγωγής φαγητού με τις δυνητικές ανάγκες για φαγητό στο μέλλον θα είναι ανάμεσα σε 1.8 και 20 ανάλογα με το σύστημα παραγωγής όπως παρουσιάζεται και στον πίνακα 11.

Παραγωγικό Σύστημα	Χορτοφαγική διατροφή			Ήπια Διατροφή			Πλούσια Διατροφή		
	Μικρή Αύξηση	Μέτρια Αύξηση	Μεγάλη Αύξηση	Μικρή Αύξηση	Μέτρια Αύξηση	Μεγάλη Αύξηση	Μικρή Αύξηση	Μέτρια Αύξηση	Μεγάλη Αύξηση
Υ.Σ.Ε _{δυν}	19.9	16.2	13.6	10.8	8.8	7.4	6.2	5.0	4.2
Χ.Σ.Ε _{δυν}	8.4	6.9	5.8	4.6	3.7	3.1	2.6	2.1	1.8
Υ.Σ.Ε _{παρ}	12.6	10.3	8.7	6.8	5.6	4.7	3.9	3.2	2.7
Χ.Σ.Ε _{παρ}	5.4	4.4	3.7	2.9	2.4	2.0	1.7	1.4	1.1

Πίνακας 11. Λόγος Δυνητικής παραγωγής φαγητού προς δυνητικών αναγκών ανάλογα με το παραγωγικό σύστημα

Όπως παρουσιάζεται και στον πίνακα 11, ο λόγος μειώνεται όταν η παραγωγή φαγητού υπολογίζεται για την παρούσα καλλιεργήσιμη έκταση και κυμαίνεται από 1.1 μέχρι 1.3. Όταν το Υ.Σ.Ε σύστημα παραγωγής εφαρμόζεται στην μελλοντική δυνητική καλλιεργήσιμη έκταση, ο λόγος που προκύπτει για την πλούσια διατροφή υποδηλώνει πως είναι επαρκής για τον παγκόσμιο πληθυσμό για το έτος 2050 και πως μεγάλες καλλιεργήσιμες εκτάσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για άλλους σκοπούς, όπως η καλλιέργεια ενεργειακών φυτών και η παραγωγή βιομάζας. Ο λόγος για το Χ.Σ.Ε παραγωγικό σύστημα υποδηλώνει πως η πλούσια διατροφή μπορεί να είναι διαθέσιμη για τον παγκόσμιο πληθυσμό αλλά δεν υπάρχει επαρκής καλλιεργήσιμη έκταση για την παραγωγή βιομάζας. Αν μόνο η παρούσα καλλιεργήσιμη έκταση χρησιμοποιούταν στο μέλλον, η πλούσια διατροφή θα ήταν διαθέσιμη μόνο με το Υ.Σ.Ε

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

παραγωγικό σύστημα, και οι καλλιεργούμενες εκτάσεις που προορίζονταν για την παραγωγή βιομάζας θα ήταν πολύ περιορισμένες.

Στην ίδια μελέτη υπολογίζεται η μέγιστη έκταση καλλιεργήσιμης γης παγκοσμίως που είναι δυνητικά διαθέσιμες για την παραγωγή βιομάζας, ανάλογα με τα δύο διαφορετικά παραγωγικά συστήματα φαγητού, τρία διαφορετικά σενάρια για την αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού καθώς και τρία διαφορετικά είδη διατροφής, και παρουσιάζονται στον πίνακα 12.

	Χορτοφαγική διατροφή			Ήπια Διατροφή			Πλούσια Διατροφή		
	Μικρή Αύξηση	Μέτρια Αύξηση	Μεγάλη Αύξηση	Μικρή Αύξηση	Μέτρια Αύξηση	Μεγάλη Αύξηση	Μικρή Αύξηση	Μέτρια Αύξηση	Μεγάλη Αύξηση
Κλάσμα									
Υ.Σ.Ε _{παρ}	0.90	0.88	0.85	0.81	0.77	0.73	0.68	0.60	0.52
Χ.Σ.Ε _{παρ}	0.76	0.71	0.66	0.57	0.46	0.35	0.23	0.05	0.00
Υ.Σ.Ε _{δυν}	0.84	0.81	0.77	0.71	0.64	0.57	0.49	0.38	0.26
Χ.Σ.Ε _{δυν}	0.63	0.55	0.46	0.31	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00
Έκταση									
Υ.Σ.Ε _{παρ}	7.00	6.82	6.64	6.34	6.01	5.68	5.27	4.67	4.08
Χ.Σ.Ε _{παρ}	5.93	5.52	5.10	4.40	3.57	2.76	1.80	0.37	0.00
Υ.Σ.Ε _{δυν}	4.16	3.98	3.80	3.49	3.18	2.84	2.41	1.85	1.28
Χ.Σ.Ε _{δυν}	3.11	2.69	2.27	1.53	0.82	0.00	0.00	0.00	0.00

Πίνακας 12. Κλάσματα και εκτάσεις καλλιεργήσιμης γης (σε 10⁹ Ha) σε παγκόσμια κλίμακα

Εάν τα συστήματα παραγωγής Υ.Σ.Ε εφαρμοστούν για την παραγωγή φαγητού σε όλες τις περιοχές μπορούν να καλύψουν ακόμα και τις μέγιστες απαιτήσεις φαγητού. Αν τα συστήματα παραγωγής Χ.Σ.Ε εφαρμοστούν μελλοντικά για την παραγωγή εδώδιμων προϊόντων, τα αποτελέσματα θα είναι μικρότερες εκτάσεις για την παραγωγή βιομάζας. Αν μόνο οι παρούσες καλλιεργήσιμες εκτάσεις χρησιμοποιηθούν στο μέλλον, αυτό μειώνει ακόμα παραπάνω τις εκτάσεις που προορίζονται για την παραγωγή βιομάζας.

Στην ίδια έρευνα η δυνητική παραγωγή της βιομάζας εκτιμάται μέσω των δυνητικών διαθέσιμων περιοχών και υπολογίζεται ανάλογα με τα συστήματα παραγωγής Υ.Σ.Ε και Χ.Σ.Ε,

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

τα τρία διαφορετικά σενάρια αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού καθώς και τρία διαφορετικά είδη διατροφής όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 13 (Wolf et al.,2003).

Λόγος παραγωγής Βιομάζας Φαγητού /	Χορτοφαγική διατροφή			Ήπια Διατροφή			Πλούσια Διατροφή		
	Μικρή Αύξηση	Μέτρια Αύξηση	Μεγάλη Αύξηση	Μικρή Αύξηση	Μέτρια Αύξηση	Μεγάλη Αύξηση	Μικρή Αύξηση	Μέτρια Αύξηση	Μεγάλη Αύξηση
² X.Σ.Ε/Υ.Σ.Ε _{δυν}	28.00	27.28	26.56	25.36	24.04	22.72	21.08	18.68	16.32
³ X.Σ.Ε/X.Σ.Ε _{δυν}	23.72	22.08	20.40	17.60	14.28	11.04	7.20	1.48	0.00
⁴ X.Σ.Ε/Υ.Σ.Ε _{παρ}	16.64	15.92	15.20	13.96	12.72	11.36	9.64	7.40	5.12
⁵ X.Σ.Ε./X.Σ.Ε _{πα}	12.44	10.76	9.08	6.12	3.28	0.00	0.00	0.00	0.00
⁶ Υ.Σ.Ε./Υ.Σ.Ε _{δυν}	51.10	49.76	48.47	46.28	43.87	41.46	38.47	34.09	29.78
⁷ Υ.Σ.Ε./Υ.Σ.Ε _{παρ}	30.37	29.05	27.74	25.48	23.21	20.73	17.59	13.51	9.34

Πίνακας 13. Μέγιστος λόγος παραγωγής βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας (10¹² kg ξηράς ουσίας ανά χρόνο)

Η δυνητική παραγωγή βιομάζας για το Χ.Σ.Ε παραγωγικό σύστημα βιομάζας κυμαίνεται από μηδέν μέχρι 28*10¹² kg ξηράς ουσίας ανά χρόνο ανάλογα με το σύστημα παραγωγής τροφής. Σε μια καλώς ανεπτυγμένη κοινωνία με υψηλές απαιτήσεις σε τροφή καθώς και σε σύστημα παραγωγής Υ.Σ.Ε τα αποτελέσματα για την δυνητική παραγωγή βιομάζας είναι 20*10¹² ξηράς ουσίας ανά χρόνο και σε μία λιγότερο ανεπτυγμένη και φτωχή κοινωνία με σύστημα παράγωγης Χ.Σ.Ε σε συνδυασμό με χαμηλές απαιτήσεις σε τροφή τα αποτελέσματα είναι περίπου τα ίδια για την δυνητική παραγόμενη βιομάζα. Αυτή η ποσότητα είναι ίση με 360 EJ/χρόνο.

² Χ.Σ.Ε /Υ.Σ.Ε δυν =Δυνητικές καλλιεργήσιμες εκτάσεις με Χ.Σ.Ε παραγωγικό σύστημα βιομάζας /Υ.Σ.Ε παραγωγικό σύστημα τροφής

³ Χ.Σ.Ε /Χ.Σ.Ε_{δυν} = Δυνητικές καλλιεργήσιμες εκτάσεις με Χ.Σ.Ε παραγωγικό σύστημα βιομάζας /Χ.Σ.Ε παραγωγικό σύστημα τροφής

⁴ Χ.Σ.Ε /Υ.Σ.Ε_{δυν} = Τωρινές καλλιεργήσιμες εκτάσεις με Χ.Σ.Ε παραγωγικό σύστημα βιομάζας /Υ.Σ.Ε παραγωγικό σύστημα τροφής

⁵ Χ.Σ.Ε /Χ.Σ.Ε_{δυν} = Τωρινές καλλιεργήσιμες εκτάσεις με Χ.Σ.Ε παραγωγικό σύστημα βιομάζας /Χ.Σ.Ε παραγωγικό σύστημα τροφής

⁶ Υ.Σ.Ε /Υ.Σ.Ε_{δυν} = Δυνητικές καλλιεργήσιμες εκτάσεις με Υ.Σ.Ε παραγωγικό σύστημα βιομάζας /Υ.Σ.Ε παραγωγικό σύστημα τροφής

⁷ Υ.Σ.Ε /Υ.Σ.Ε_{δυν} = Δυνητικές καλλιεργήσιμες εκτάσεις με Χ.Σ.Ε παραγωγικό σύστημα βιομάζας /Χ.Σ.Ε παραγωγικό σύστημα τροφής

Αν για την παραγωγή βιομάζας και τροφής χρησιμοποιούνταν μόνο οι παρούσες καλλιεργήσιμες εκτάσεις, τότε η παγκόσμια παραγωγή βιομάζας θα κυμαινόταν από 0 μέχρι $17 \cdot 10^{12}$ kg ξηράς ουσίας ανά χρόνο για σύστημα παράγωγης Χ.Σ.Ε για την παραγωγή τροφής σε περιοχές με μέτριες και υψηλές απαιτήσεις σε τροφή καθώς και για σύστημα παραγωγής Υ.Σ.Ε σε περιοχές με πολύ χαμηλές απαιτήσεις σε τροφή. Το σύστημα παραγωγής σε συνδυασμό με υψηλές απαιτήσεις φαγητού έχουν ως αποτέλεσμα την παραγωγή $9 \cdot 10^{12}$ kg βιομάζας ανά χρόνο καθώς και το σύστημα παραγωγής Χ.Σ.Ε αν συνδυασθεί με χαμηλές απαιτήσεις σε φαγητό προκύπτει ότι η παραγόμενη βιομάζα είναι περίπου η ίδια. Αυτό είναι ισοδύναμο με 162 EJ ανά χρόνο.

Αν το παραγωγικό σύστημα εφαρμοστεί όχι μόνο σε παραγωγικές διαδικασίες τροφής αλλά και για την παραγωγή βιομάζας, η δυνητική παραγόμενη βιομάζα κυμαίνεται από $9 \cdot 10^{12}$ μέχρι και $51 \cdot 10^{12}$ kg ξηράς βιομάζας ανά χρόνο για αντίστοιχα ένα σύστημα παραγωγής Υ.Σ.Ε σε περιοχές με υψηλές απαιτήσεις σε τροφή και παραγωγή μόνο στις παρούσες καλλιεργήσιμες εκτάσεις και ένα σύστημα παραγωγής Υ.Σ.Ε για περιοχές με χαμηλές απαιτήσεις σε τροφή αλλά σε συνδυασμό με την χρήση δυνητικών καλλιεργήσιμων εκτάσεων. Τέλος το σύστημα Υ.Σ.Ε σε συνδυασμό με υψηλές απαιτήσεις σε τροφή αναμένονται $36 \cdot 10^{12}$ και $16 \cdot 10^{12}$ kg βιομάζας ανά χρόνο, αν αντίστοιχα δυνητικές και παρούσες αγροτικές εκτάσεις χρησιμοποιηθούν.

Ωστόσο υπάρχει και η αντίθετη άποψη κατά πόσο μπορεί να αυξηθεί η παγκόσμια καλλιεργούμενη έκταση καθώς και κατά πόσο ακόμα μπορούν να βελτιωθούν οι αποδόσεις. Το ενδεχόμενο για βελτίωση των αποδόσεων σταδιακά μειώνεται σε πολλές ανεπτυγμένες χώρες, κυρίως γιατί η διαφορά μεταξύ του μέσου όρου των καλλιεργητικών αποδόσεων στους αγρούς και η μέγιστη γενετική απόδοση των καλλιεργειών έχει μειωθεί στο ελάχιστο. Η βελτίωση πλέον της γενετικής δυνητικής απόδοσης των κύριων φυτών είναι εξαιρετικά δύσκολη έως απίθανη, καθώς ακόμα και η διατήρηση των τωρινών αποδόσεων μπορεί να αποδειχθεί πολύ δύσκολο καθώς λόγω της συνεχόμενης εντατικότητας των καλλιεργειών έχουν υπάρξει σημάδια υποβάθμισης που συνδέονται κυρίως με την εδαφική υποβάθμιση (Cassman, 1999; Pingali & Heisey, 1999). Επίσης για την επίτευξη υψηλών επιδόσεων απαιτούνται υψηλές ποσότητες θρεπτικών, νερού και φυτοφαρμάκων, και γενικότερα εισροές που μπορούν να έχουν αρνητικές συνέπειες στο οικοσύστημα όπως η ευτροφικότητα (Tilman et al., 2002; Wirsén et al., 2010).

Η βελτίωση της απόδοσης των καλλιεργειών είναι σημαντική για την διάσωση εδαφών και του οικοσυστήματος αλλά οι προοπτικές βελτίωσης σε σύγκριση με αυτές που υπήρξαν τα

τελευταία 40 χρόνια είναι ασαφής (Ruttan, 1999, 2002; Barnett et al., 1995). Οι περισσότερες εκτάσεις υψηλής γονιμότητας χρησιμοποιούνται ήδη στην γεωργία, και το οποίο σημαίνει ότι η περαιτέρω χρήση εκτάσεων για την γεωργία θα έχει ως αποτέλεσμα την αμφίβολη απόδοση των καλλιεργειών καθώς επίσης αυξάνεται και ο κίνδυνος της περαιτέρω υποβάθμισης εδαφών (Cassman, 1996; Young, 1996). Σε κάποιες από τις κύριες χώρες παραγωγής σιτηρών της ανατολικής και νοτιοανατολικής Ασίας, ο λόγος της αύξησης στην απόδοση της καλλιέργειας ρυζιού έχει μειωθεί και οι αποδόσεις των καλλιεργειών προσεγγίζουν την μέγιστη δυνατή απόδοση. Η συνεχής παραγωγή σιτηρών, συμπεριλαμβάνοντας και συστήματα με δύο ή τρία καλλιεργούμενα είδη το χρόνο μπορεί να γίνει σταδιακά πολύ ευπαθής σε ασθένειες και έντομα λόγω της ανεπαρκούς ποικιλομορφίας κατά την καλλιεργητική αμειψισπορά (Tilman, 2002).

VI.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΡΟΦΗΣ

Οι Searchinger et al. (2008) μέσα από την έρευνα τους συμφωνούν πως η αύξηση της τιμής του αραβόσιτου στις ΗΠΑ οφείλεται από την αλλαγή χρήσης του από εδωδιμο σαν βιοκαύσιμο καθώς και την έμμεση αλλαγή χρήσεων γης για την παραγωγή τροφής σε άλλα περιοχές του κόσμου. Αυτή η γνώμη υποστηρίζεται και σε άλλες έρευνες (World Bank, 2008; FAO, 2008) αναδεικνύοντας τον μεγάλο ρόλο των βιοκαυσίμων στην αύξηση των τιμών φαγητού. Οι τρεις κύριοι “πόλοι” κριτικής κατά των βιοκαυσίμων ήταν:

- Ο ρόλος τους στην αύξηση των τιμών φαγητού κατά το 2007-2008
- Η φύση και η θέση των αλλαγών χρήσεων γης
- Ο προσδιορισμός των επιπτώσεων στις ΗΠΑ κατά την παραγωγή βιοαιθανόλης από αραβόσιτο

Ωστόσο η αύξηση της τιμής του πετρελαίου φαίνεται να είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες για την αύξηση των τιμών του φαγητού (EREC, 2008) καθώς από άλλους παράγοντες όπως η μειωμένη παραγωγικότητα και το κερδοσκοπικό εμπόριο (DEFRA, 2008, 2009a; Wiggins, 2008). Οι Piesse και Thirtle (2009) καθώς και ο Mitchell (2008) αναφέρουν ότι τα βιοκάσιμα μπορεί μακροχρόνια να μειώσουν τις τιμές φαγητού. Ωστόσο αυτές οι έρευνες δεν λαμβάνουν υπόψη τους, τις επιπτώσεις της συνεχόμενης και αυξανόμενης εξάρτησης στα

υγρά καύσιμα καθώς και την έλλειψη άλλων εναλλακτικών μορφών ενέργειας ειδικά στο τομέα των μεταφορών.

VI. ΕΜΜΕΣΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ

Για την ολοκληρωμένη εκτίμηση των επιπτώσεων της παραγωγής βιοκαυσίμων θα πρέπει να γίνεται και εκτίμηση των έμμεσων αλλαγών χρήσεων γης καθώς η καλλιέργεια ενεργειακών φυτών θα αντικαταστήσει εδώδιμες καλλιέργειες. Η αντικατάσταση αυτή σημαίνει πως η συγκεκριμένη ποσότητα φαγητού που παραγόταν σε αυτές τις εκτάσεις δεν θα σταματήσει να παράγεται αλλά θα πρέπει να παραχθεί κάπου αλλού.

Οι αυξημένες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που προκαλούνται από τις έμμεσες αλλαγές χρήσεων γης είναι πολύ περίπλοκο να ερευνηθούν (Liska & Perrin, 2009). Ένα από τα πιο ακραία παραδείγματα μπορεί να είναι αν τα δάση του Αμαζονίου αποψιλωθούν ώστε να παράγουν όσπρια σαν αντικαταστατό των υπολειμμάτων του αραβόσιτου που χρησιμοποιούνταν σαν ζωοτροφή. Τα αποτελέσματα των αλλαγών χρήσεων γης στην Ευρώπη έχουν εξετασθεί από τον Searchinger (2008) και οι επιπτώσεις από τις αλλαγές χρήσεων γης είναι πιο ευδιάκριτες σε σύγκριση με αντίστοιχες στην Αμερική. Σύμφωνα με τον FAO (2006) 2,5 εκατομμύρια τόνοι από φοινικέλαιο εισήχθησαν από το 2002 έως το 2006, λόγω της χρήσης του κραμβέλαιου για βιοκαύσιμο. Για την πρόσθετη αυτή παραγωγή χρειάστηκαν 500,000 Ha. Στην Ευρώπη οι εκτάσεις που χρησιμοποιούνται για την καλλιέργεια ελαιοκράμβης έχουν αυξηθεί κατά 31% από το 2002 έως το 2007 και το 25% των εκτάσεων αυτών χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιοκαυσίμου (Harvey & Pilgrim, 2011).

Ένα από τα μεγαλύτερα παραδείγματα παγκοσμίως για τις αλλαγές χρήσης γης από την παραγωγή βιοκαυσίμων είναι η παραγωγή βιοαιθανόλης από ζαχαροκάλαμο (Nasser et al., 2009). Στις παραπάνω μελέτες φαίνεται πως η επέκταση της παραγωγής ζαχαροκάλαμων έχει συμβεί στην περιοχή της Κεντρικής Βραζιλίας, και έχει επιτευχθεί λόγω της βελτίωσης της παραγωγικής διαδικασίας καθώς και την χρήση εκτάσεων που χρησιμοποιούνταν ως βοσκότοποι. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την εντατικοποίηση της χρήσης των εναπομεινάντων βοσκότοπων που βρίσκοντουσαν σε γειτονικές περιοχές αλλά όχι όμως η περαιτέρω επέκταση των βοσκότοπων. Η αποψίλωση του Αμαζονίου εντάσσεται στην κατηγορία των άμεσων αλλαγών χρήσεων γης για την παραγωγή όσπριων και ξυλείας (Nepstad et al., 2006, 2008).

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

Γενικότερα υπάρχουν μεγάλες δυσκολίες στο ανιχνευθούν οι έμμεσες επιπτώσεις από τις αλλαγές χρήσεων γης την περίπτωση της γεωργίας.

VII. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ

Η μέθοδος Ανάλυση Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) θεωρείται ένα από τα πιο σύνθετα εργαλεία για την ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από ανθρώπινες δραστηριότητες. Ο λόγος αυτού του χαρακτηρισμού είναι όχι μόνο η εξέταση όλων των παραμέτρων μιας δραστηριότητας κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες αλλά μπορεί να ανιχνεύσει όλες τις σχετικές επιπτώσεις που μπορούν να δημιουργηθούν κάτω από ορισμένες συνθήκες. Αυτό προσφέρει την δυνατότητα στην μέθοδο ΑΚΖ να εξετάσει, να υπολογίσει και να συγκρίνει σε παγκόσμια κλίμακα και όχι μόνο σε τοπικό επίπεδο. Όπως η SETAC ορίζει την ΑΚΖ (Consoli et al.,1993) :

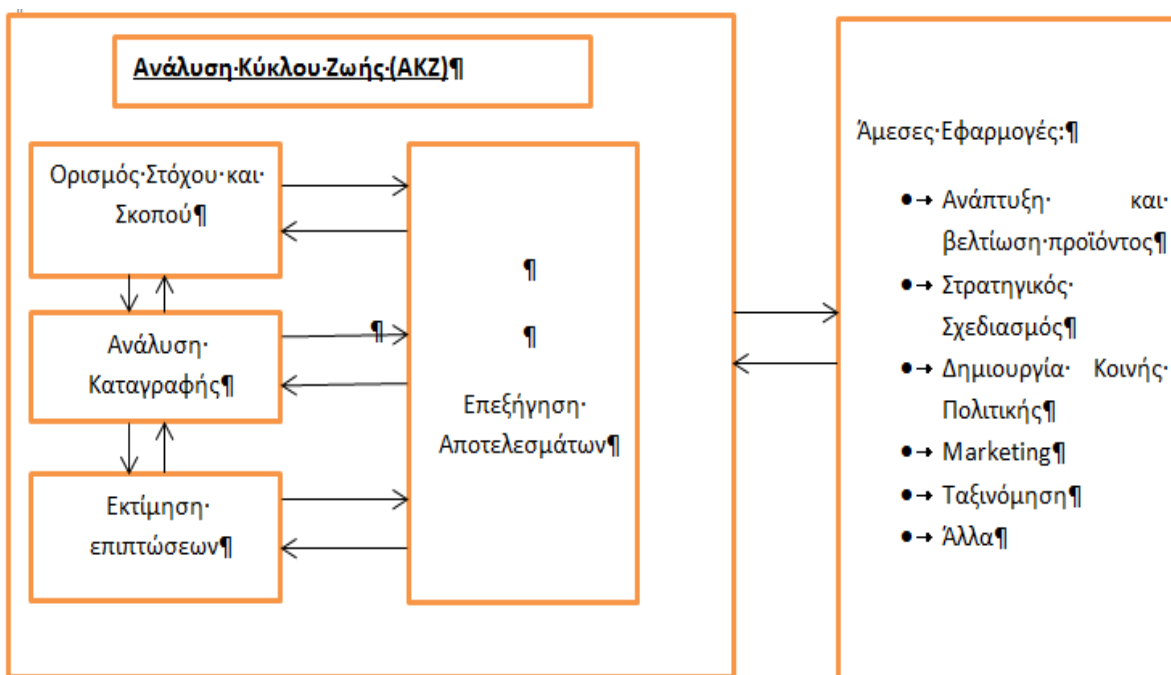
“Η Ανάλυση κύκλου Ζωής είναι ένα αντικειμενική διαδικασία για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με ένα προϊόν, μια διαδικασία ή δραστηριότητα αναγνωρίζοντας και ποσοτικοποιώντας την ενέργεια και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και τα απόβλητα που ελευθερώθηκαν στο περιβάλλον, και εκτιμά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις αυτών. Η εκτίμηση αυτή περιλαμβάνει ολόκληρο τον κύκλο ζωής του προϊόντος, διαδικασίας ή δραστηριότητας καλύπτοντας και την εξαγωγή και επεξεργασία των πρώτων υλών: κατασκευή, μεταφορά και διανομή, χρήση επαναχρησιμοποίηση, συντήρηση, ανακύκλωση και τελική διάθεση.”

Η μέθοδος ΑΚΖ δημιουργήθηκε αρχικά για βιομηχανικές ανάγκες, με σκοπό να μειώσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των βιομηχανικών δραστηριοτήτων σε όλα τα επίπεδα της παραγωγικής διαδικασίας: από την εξαγωγή πρώτων υλών μέχρι την διαχείριση απόβλητων και είχε ως σκοπό να μειώσει την ενεργειακή κατανάλωση σε όλα τα στάδια παραγωγής. Η πρώτη επίσημη έρευνα που χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος ΑΚΖ ήταν για λογαριασμό της Coca Cola Company από το Midwest Research Institute το 1969, και αναφερόταν στην σύγκριση διαφορετικών τρόπου πακεταρίσματος με σκοπό την εκτίμηση των εκπομπών των υλικών και της ενεργειακής κατανάλωσης για την κάθε τρόπο αντίστοιχα(Fullana & Puig, 1997).

Οι περισσότερες έρευνες έγιναν την δεκαετία του 1970 αλλά κατά τα τέλη και μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1980, το ενδιαφέρον για τέτοιου είδους αναλύσεις

μειώθηκε, και η μείωση αυτή πιθανώς να προήλθε από την βελτίωση της οικονομίας (Fullana & Puig, 1997). Αυτό αναστράφηκε στα τέλη της δεκαετίας του 80 καθώς επανήλθε το. Την δεκαετία του 90 η χρήση της μεθόδου AKZ σαν εργαλείο λήψης αποφάσεων γενικεύτηκε σε όλους τους τομείς (Milà i Canals L. 2003)

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Τυποποίησης (International Organization for Standardization, ISO), η μέθοδος AKZ χωρίζεται σε τέσσερις κύριες φάσεις, οι οποίες αλληλοσυνδέονται:



Σχήμα 1. Σχεδιασμός της μεθόδου Ανάλυση Κύκλου Ζωής (ISO 1997)

Στην AKZ ο στόχος και ο σκοπός πρέπει να δηλώνουν ξεκάθαρα το αντικείμενο πάνω στο οποίο Η AKZ εφαρμόζεται, και να ορίζεται το υπό εξέταση σύστημα: η λειτουργία του, η λειτουργική μονάδα του συστήματος, τα όρια του συστήματος, οι υποθέσεις οι οποίες μπορεί να γίνουν, τα δεδομένα που απαιτούνται κ.α.

Κατά τον ορισμό του σκοπού και του συστήματος θα πρέπει να εξετάζεται κατά πόσο οι παραδοχές και οι απλοποιήσεις που θα γίνουν στα πλαίσια αυτών δεν θα αλλοιώσουν τα τελικά αποτελέσματα. Επίσης κατά τον καθορισμό του αντικειμενικού στόχου θα πρέπει να παγιωθούν και οι σταθεροί στόχοι και το απώτερο ενδιαφέρον της AKZ.

Η λειτουργική μονάδα θεωρείται ένα βασικό στοιχείο της ΑΚΖ, καθώς είναι ένα μέτρο της λειτουργίας του συστήματος και παρέχει μια αναφορά τόσο για τα εισαγόμενα στοιχεία όσο και για τα αποτελέσματα, επιτρέποντας την σύγκριση δύο διαφορετικών συστημάτων. (Τσακιρίδη, 2010).

Τα όρια του συστήματος καθορίζουν ποιες διεργασίες θα πρέπει να συμπεριληφθούν στο σύστημα. Όπως αναφέρει η Τσακιρίδη (2010) στην εργασία της *“ο καθορισμός των ορίων είναι εν μέρει υποκειμενικός και τα όρια που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι για παράδειγμα τα όρια μεταξύ της τεχνόσφαιρας και οικόσφαιρας, γεωγραφικά και χρονικά όρια και τα όρια μεταξύ του κύκλου ζωής υπό μελέτη και των κύκλων ζωής άλλων συστημάτων.”*

Έπειτα η καταγραφή κύκλου ζωής (Life Cycle Inventories) πρέπει να εντοπίσουν τα στοιχεία τα οποία βρίσκονται εντός των ορίων του συστήματος αλλά και αυτά που μπορεί να έχουν περιβαλλοντική επιρροή στο σύστημα. Ο βαθμός της περιβαλλοντικής επιρροής αυτών των στοιχείων εκτιμάται από την Ανάλυση Επιπτώσεων Κύκλου Ζωής (Life Cycle Impact Assessment). Η επεξήγηση των αποτελεσμάτων είναι το τελευταίο στάδιο της ΑΚΖ, και τα αποτελέσματα της Καταγραφής Κύκλου Ζωής και της Ανάλυσης Επιπτώσεων Κύκλου Ζωής ερμηνεύονται με στόχο να φανεί κατά πόσο επιτεύχθηκε ο σκοπός που είχε αρχικά οριστεί. Η ΑΚΖ είναι μια επαναλαμβανόμενη διαδικασία, και τα αποτελέσματα ενός σταδίου μπορεί να επηρεάσουν τις απαιτήσεις και τον καθορισμό των άλλων σταδίων. (Milà i Canals L. 2003)

VII.1 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΑΚΖ ΣΤΗΝ ΓΕΩΡΓΙΑ

Αν και η χρήση της μεθόδου ΑΚΖ ξεκίνησε, όπως προαναφέρθηκε, για τις ανάγκες της βιομηχανίας, τα τελευταία χρόνια έχει υιοθετηθεί για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκαλούνται από την γεωργία. Η δυσκολία της εφαρμογής της μεθόδου στην γεωργία, είναι πως σε αυτή την παραγωγική διαδικασία η κατανάλωση πόρων δεν ακολουθεί γραμμική σχέση όπως στις βιομηχανικές παραγωγικές διαδικασίες. Πολλές γεωργικές “πρώτες ύλες” όπως το έδαφος, η γονιμότητα οι σπόροι κ.α. έχουν την δυνατότητα και παράγονται μόνα τους (RIRDC, 2009).

“Ο όρος ΑΚΖ για την εφαρμογή στην γεωργία μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένα συμπεράσματα καθώς στον κύριο γεωργικό κύκλο ζωής και σε συνηθισμένα αγροτικά συστήματα οι εισροές του συστήματος βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές χρησιμοποιώντας

τις φυσικές διαδικασίες. Ο όρος ‘eco – balance’ που χρησιμοποιείται για την ΑΚΖ στην Γαλλία και στην Γερμανία φαίνεται να είναι καταλληλότερος. (Haas et al.,2000).

VII.1.A ΠΕΡΙΠΤΩΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ

Η παραγωγή ψωμιού έχει μελετηθεί από πολλούς ερευνητές (Andersson and Ohlsson,1999, Holderbeke et al.,2003, Braschkat et al.,2003, Rosing & Nielsen 2003, Meisterling et al, 2009). Οι παραπάνω έρευνες συμπεριλαμβάνουν και τις μεθόδους καλλιέργειας (οργανική και συμβατική), καθώς και την επεξεργασία, την παρασκευή ψωμιού, την συσκευασία. Το καλύτερο σενάριο προέκυψε πως είναι ο συνδυασμός οργανικής καλλιέργειας σιταριού ,βιομηχανικής επεξεργασίας και μίας ενός μεγάλου εργοστάσιου παραγωγής ψωμιού. Ωστόσο, η οργανική καλλιέργεια φαίνεται να απαιτεί μεγαλύτερες εκτάσεις γης για την παραγωγή μίας μονάδας σιτηρών σε σύγκριση με την συμβατική. Η πρωτογενής παραγωγή μαζί με τις μεταφορικές διαδικασίες φαίνεται να επηρεάζουν ισχυρά τις κατηγορίες επιπτώσεων. Η κατηγορία της ευτροφικότητας επηρεάζεται ισχυρά από την καλλιέργεια και ιδιαίτερα από την απορροή νιτρικών από το χωράφι, καθώς και από τις εκπομπές νιτρικών ενώσεων κατά την παρασκευή νιτρικών λιπασμάτων και την χρήση γεωργικών μηχανημάτων.

Στην περίπτωση της παρασκευής της μύρας οι μεγαλύτερες εκπομπές είναι κατά την παραγωγή της βύνης. Έπειτα τα στάδια του φιλτραρίσματος καθώς και της συσκευασίας είναι τα επόμενα πιο ρυπογόνα και τέλος τα στάδια της ζύμωσης και της αποθήκευσης είναι τα τελευταία στην παραγωγή εκπομπών. (Takamoto., 2006). Στην έρευν τους όμως οι Koroneos et al., (2005), αναφέρουν ότι η κατασκευή μπουκαλιού καθώς και η συσκευασία ήταν τα υποσυστήματα τα οποία είχαν τις περισσότερες εκπομπές.

Οι επιπτώσεις της παραγωγής γαλακτοκομικών προϊόντων έχει εξετασθεί πολύ σε Ευρωπαϊκές χώρες και έχει αναφερθεί πως η οργανική παραγωγή γάλακτος μπορεί να μειώσει την χρήση φυτοφαρμάκων αλλά χρειάζεται περισσότερη καλλιεργήσιμη έκταση σε σύγκρισης με την συμβατική παραγωγή γάλακτος. Οι προτεινόμενες βελτιώσεις για την συμβατική παραγωγή είναι η μείωση των πλεονασμάτων σε θρεπτικές ουσίες στις φάρμες καθώς και των παρασιτοκτόνων που είναι ενσωματωμένα στις ζωοτροφές. Για την οργανική παραγωγή προτείνεται η χρήση υψηλών επιδόσεων καλλιεργειών που προορίζονται για ζωοτροφές. Η συσκευασία καθώς και η διαχείριση αποβλήτων ευθύνονται και προκαλούν σοβαρές επιπτώσεις σύμφωνα με τους Eide (2002) και Casey και Holden (2003).

Ο Breiling (1999) εφάρμοσε την AKZ στην καλλιέργεια ρυζιού στην Ιαπωνία για να υπολογίσει την εκπομπή των αερίων που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, και κατέληξε πως εξαρτάται ισχυρά από την τοποθεσία της καλλιέργειας, το μέγεθος της φάρμας καθώς και την ποικιλία του ρυζιού. Οι Roy et al (2005) μελέτησαν τον κύκλο ζωής του προβρασμένου ρυζιού που παραγότανε σε μικρής και τοπικής κλίμακας επιχείρηση και μελέτησε τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις διαφόρων ποικιλιών ρυζιού. Τα συμπεράσματα ήταν πως οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις ήταν μεγαλύτερες κατά την παραγωγή του προβρασμένου ρυζιού σε σύγκριση με την παραγωγή ακατέργαστου ρυζιού.

Η καλλιέργεια ζαχαρότευτλων αναλύθηκε με την μέθοδο Eco Indicator 95 από τους Brentrup et al. (2001). Η μεθοδολογία AKZ εφαρμόστηκε επίσης και στην καλλιέργεια χειμερινού σιταριού. Τα συμπεράσματα ήταν πως τα υψηλής παραγωγικότητας συστήματα μπορούν να έχουν χαμηλές περιβαλλοντικές επιπτώσεις με χαμηλή οικονομική επιβάρυνση. Σημαντικό σημείο σε αυτά τα συστήματα ήταν η ποσότητα νιτρικών λιπασμάτων. Οι Bernett et al. (2004) ανέφερε πως οι γενετικά τροποποιημένες ποικιλίες ζαχαρότευτλων μπορεί να είναι λιγότερο επιβλαβής στην ανθρώπινη υγεία σε σύγκριση με την συμβατική καλλιέργεια λόγω των λιγότερων εκπομπών από την παραγωγή ζιζανιοκτόνων, μεταφορών και καλλιεργητικών τεχνικών.

Ο Haas et al.(2000) μελέτησε τρία διαφορετικά συστήματα ανάλογα με τις ποσότητες N και P που χρησιμοποιήθηκαν – εντατική (N: 80.1 και P : 5.3 kg /Ha), εκτενής (N:31.4 και P4.5 kg/Ha) και οργανική (N:31.1 και P: 2.3 kg/Ha) στην περιοχή Allgau της Γερμανίας. Η μονάδα αναφοράς ήταν το εκτάριο (Ha) και ο παραγόμενος τόνος (tn). Η έρευνα αποκάλυψε πως η εκτενής καθώς και η οργανική καλλιέργεια έχουν την δυνατότητα να μειώσουν τις αρνητικές επιδράσεις στην κατηγορία επιπτώσεων χρήσης ενέργειας, καθώς και στο δυνητικό παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας και τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες περιορίζοντας ή εξαλείφοντας την χρήση ορυκτών νιτρικών λιπασμάτων. Η οξίνιση και ο ευτροφισμός βρέθηκαν να είναι υψηλότερα στην εντατική καλλιέργεια σε σύγκριση με την εκτενή και την οργανική καλλιέργεια.

Τέλος η καλλιέργεια της πατάτας έχει εξετασθεί από τους Mattson και Wallen (2003) καθώς και τους Williams et al. (2006) που εξέτασαν διάφορες καλλιεργητικές τεχνικές καθώς και τοποθεσίες που γινόταν η παραγωγή. Οι Mattson και Wallen (2003) ανέφεραν ότι στην οργανική καλλιέργεια φαίνεται να είναι χαμηλότερη η κατανάλωση ενέργειας. Η λειτουργική

μονάδα που χρησιμοποιήθηκε ήταν η μάζα του παραγόμενου προϊόντος. Μετατρέποντας την συμβατική καλλιέργεια σε οργανική, η ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή λιπασμάτων αντικαταστάθηκε από την ενέργεια για τα πρόσθετα μηχανήματα και τις πρόσθετες καλλιεργητικές τεχνικές, καθώς και ότι η οργανική καλλιέργεια απαιτεί μεγαλύτερες καλλιεργήσιμες εκτάσεις.

Οι Brandão et al. (2009) πραγματοποίησαν μια συγκριτική μελέτη ανάμεσα σε τέσσερις ενεργειακές καλλιέργειες : την ελαιοκράμβη (Oilseed Rape), τον μίσχανθο (Miscanthus), τις συστάδες σύντομης εναλλαγής ιτιάς (Short Rotation Coppice) καθώς και υπολείμματα από δασικές δραστηριότητες. Ο στόχος της ΑΚΖ ήταν η ανίχνευση της αλλαγής του Εδαφικού Οργανικού Άνθρακα (EOA), εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, οξίνισης και ευτροφικότητας. Τα συμπεράσματα είναι πως οι αλλαγές του Εδαφικού Οργανικού Άνθρακα είναι ο κύριος παράγοντας εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ακολουθούμενο από την χρήση πετρελαίου και την χρήση λιπασμάτων. Επίσης η καλλιέργεια ελαιοκράμβης προκαλεί την μεγαλύτερη υποβάθμιση στον EOA και στην ποιότητα εδάφους. Εκτός από το CO₂ που εκπέμπεται από την μεταβολή του EOA, υπάρχουν και άλλες εκπομπές όπως οι εκπομπές διαφόρων αζωτούχων ενώσεων που επηρεάζουν σημαντικά τις κατηγορίες επιπτώσεων: των αερίων θερμοκηπίου με την μορφή N₂O, οξίνισης με την μορφή NH₃, και ευτροφισμού με τις μορφές NH₃ και NO₃. Σε σχέση με την κατηγορία των αερίων του θερμοκηπίου, η πιο φιλική κατηγορία φαίνεται να είναι η καλλιέργεια μίσχανθου καθώς έχει τις λιγότερες επιπτώσεις στον εδαφικό άνθρακα. Ωστόσο η καλλιέργεια του δεν είναι η καλύτερη επιλογή από την άποψη άλλων κατηγοριών επιπτώσεων καθώς φαίνεται να έχει μεγάλες επιπτώσεις στις κατηγορίες ευτροφισμού και οξίνισης. Επίσης η έρευνα έδειξε ότι τα λιγνοκυτταρινούχα ενεργειακά φυτά και τα υπολείμματα από δασικές δραστηριότητες έχουν μεγαλύτερες αποδόσεις και λιγότερες εκπομπές αερίων από ότι η καλλιεργήσιμη ελαιοκράμβη.

VIII.A ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ GaBi

Για την περιβαλλοντική αξιολόγηση του συστήματος χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό σύστημα GaBi 4. Το πρόγραμμα GaBi είναι ένα εργαλείο για την δημιουργία σύνθεσης και ανάλυσης κύκλων ζωής. Το πρόγραμμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν λογισμικό εργαλείο για την απόδοση εκτενών αποτελεσμάτων, όπως ήταν και η αρχική του χρήση. Ο δεύτερος τρόπος είναι να χρησιμοποιηθεί σαν μέθοδο για την εκτίμηση τεχνικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων προϊόντων, υπηρεσιών και συστημάτων, χρησιμοποιώντας την μεθοδολογία της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής, σύμφωνα με τα πρότυπα ISO 14040. Το λογισμικό και οι βάσεις δεδομένων GaBi δημιουργήθηκαν στο Ινστιτούτο για την Δοκιμή και Επιστήμη Πολυμερών στο Πανεπιστήμιο της Στουτγάρδης σε συνεργασία με την εταιρία PE Europe GmbH. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η έκδοση GaBi 4 education.

Αρχικά γίνεται η επιλογή των κατάλληλων μεθόδων εκτίμησης επιπτώσεων. Αυτοί οι μέθοδοι συνεχώς αναβαθμίζονται και βελτιώνονται από διαφορετικές επιστημονικές ομάδες και οι οποίες βασίζονται σε διαφορετικές μεθόδους. Στις μεθόδους εκτίμησης επιπτώσεων κύκλου ζωής, όπως η μέθοδος TRACI και CML, δύο κύριες προσεγγίσεις χρησιμοποιούνται για τον χαρακτηρισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων: η προσέγγιση προσανατολιζόμενη στο πρόβλημα (μέσο σημείο) και η προσέγγιση προσανατολιζόμενη στην βλάβη η ζημιά που προκαλείται (τελικό σημείο). Στην προσέγγιση προσανατολιζόμενη στη βλάβη η ζημιά, οι ροές ταξινομούνται σε κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων στις οποίες συμμετέχουν. Η μέθοδος CML είναι μια μέθοδος από το Κέντρο Περιβαλλοντικών Σπουδών (Centre for Environmental Studies), που εστιάζεται σε μια σειρά κατηγοριών περιβαλλοντικών επιπτώσεων που εκφράζονται σε όρους των εκπομπών στο περιβάλλον. Η μέθοδος CML περιέχει τα βήματα της ταξινόμησης, χαρακτηρισμού, κανονικοποίησης και στάθμισης. Οι κατηγορίες επιπτώσεων για το δυναμικό παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας καθώς και για το στρώμα του όζοντος στηρίζεται σε παράγοντες που έχουν οριστεί από το IPCC.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν την πρώτη προσέγγιση ξεκινάνε επίσης με την ταξινόμηση ενός συστημάτων ροών μέσα σε διάφορες κατηγορίες επιπτώσεων, αλλά οι κατηγορίες επιπτώσεων ομαδοποιούνται επίσης σε κατηγορίες τελικού σημείου όπως οι

κατηγορίες: βλάβες στην ανθρώπινη υγεία, βλάβες στο οικοσύστημα και βλάβες στους πόρους. Η μέθοδος Eco Indicator είναι χαρακτηριστική της προσέγγισης αυτής.

Η επιλογή των κατηγοριών επιπτώσεων εξαρτάται από τον σκοπό της έρευνας. Οι επιλεγμένες κατηγορίες επιπτώσεων θα πρέπει να καλύπτουν τις επιδράσεις στο περιβάλλον του εξεταζόμενου συστήματος.

Το επόμενο βήμα είναι η ταξινόμηση. Μετά την επιλογή των σχετικών κατηγοριών, τα αποτελέσματα της απογραφής του κύκλου ζωής εκχωρούνται σε μία ή περισσότερες κατηγορίες επιπτώσεων. Η ταξινόμηση γίνεται όταν ένα από τα περιεχόμενα συμβάλουν σε περισσότερες από μία κατηγορίες επιπτώσεων.

Στην συνέχεια ακολουθεί ο χαρακτηρισμός. Ο χαρακτηρισμός περιγράφει και ποσοτικοποιεί τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του εξεταζόμενου συστήματος. Μετά την εκχώρηση των δεδομένων σε κατηγορίες επιπτώσεων, παράγοντες χαρακτηρισμού εφαρμόζονται στις σχετικές ποσότητες. Οι συντελεστές χαρακτηρισμού περιέχονται στις μεθόδους CML ή TRACI. Έτσι τα αποτελέσματα της απογραφής κύκλου ζωής μετατρέπονται σε μονάδες αναφοράς χρησιμοποιώντας τους συντελεστές χαρακτηρισμού

Στην συνέχεια οι επόμενες διεργασίες είναι προαιρετικές, όπως η κανονικοποίηση, η ομαδοποίηση, η εκτίμηση και η στάθμιση που εκτελούνται για να ολοκληρώσουν τα αποτελέσματα της ΑΚΖ.

Η κανονικοποίηση περιλαμβάνει την αναφορά ενός μεγέθους ενός δείκτη επιπτώσεων σε σχέση με μια αναφερόμενη μονάδα. Οι ενδεχόμενες επιπτώσεις ποσοτικοποιούν την πιθανότητα για κάποιες συγκεκριμένες οικολογικές επιπτώσεις. Στην κανονικοποίηση, τα αποτελέσματα της κατηγορίας επιπτώσεων συγκρίνονται με κάποιες τιμές αναφοράς ώστε να διερευνηθεί αν είναι φυσιολογικές ή όχι. Για την κανονικοποίηση, οι τιμές αναφοράς χαρακτηρίζουν μια συγκεκριμένη χώρα ή περιοχή και για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Η κατηγοριοποίηση περιλαμβάνει την ταξινόμηση και την κατάταξη των διάφορων κατηγοριών επιπτώσεων. Η διαδικασία αυτή έχει δύο προσεγγίσεις. Οι κατηγορίες επιπτώσεων μπορούν να καταταχτούν σε μία φυσιολογική βάση ανάλογα με τα χαρακτηριστικά εισροών και εκροών σε παγκόσμια ή τοπική κλίμακα. Οι κατηγορίες επιπτώσεων μπορούν επίσης να ταξινομηθούν ιεραρχικά που ορίζονται διαφορετικά καθώς διαφορετικοί οργανισμοί και κοινωνίες έχουν διαφορετικές προτεραιότητες. Η στάθμιση βασίζεται στην επιλογή τιμών – αξιών και όχι σε επιστημονικές αρχές. Η στάθμιση χρησιμοποιείται για την σύγκριση διαφόρων

δεικτών επιπτώσεων ανάλογα με την σημαντικότητα τους. Η στάθμιση της σημαντικότητας των κατηγοριών επιπτώσεων εκφράζεται με διάφορους συντελεστές, οι οποίοι αξιολογούνται από διάφορες ερευνητικές ομάδες.

Στην φάση της ερμηνείας αποτελεσμάτων, τα αποτελέσματα ελέγχονται και αξιολογούνται αν είναι σύμφωνα με τον σκοπό και την ολοκλήρωση της εργασίας. Αυτή η φάση αποτελείται από δύο κύρια βήματα:

1. Στην αναγνώριση των σημαντικών ζητημάτων
2. Εκτίμηση των αποτελεσμάτων

ΙΧ. ΟΡΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ – ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΤΩΝ ΔΥΟ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

ΙΧ.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Στα γεωργικά συστήματα που εξετάζονται σαν χρονικό όριο ορίστηκε η μία καλλιεργητική περίοδος. Ωστόσο στις καλλιέργειες έγινε η υπόθεση πως δεν ακολουθείται σύστημα αμεινισποράς και η έκταση μετά τις καλλιέργειες αφήνεται σε αγρανάπαυση. Έτσι η καλλιεργητική περίοδο σε συνδυασμό με την παραπάνω υπόθεση συμπίπτει με τον χρόνο (**yr**). Σαν χωρικό όριο ορίστηκε το εκτάριο (**Ha**). Τα συστήματα που εξετάστηκαν περιλαμβάνει τις διαδικασίες των γεωργικών εργασιών, η παραγωγή και η μεταφορά πρώτων υλών όπως αναλυτικά φαίνονται και στα παρακάτω κεφάλαια.

IX.2 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η καλλιέργεια ηλίανθου είναι μια από τις πιο ευπροσάρμοστες καλλιέργειες σε σχέση με τους τύπους εδαφών και τις κλιματικές συνθήκες, αν και αποδίδει καλύτερα σε αεριζόμενα και καλώς στραγγιζόμενα εδάφη που δεν περιορίζεται η διείσδυση της ρίζας. Μπορεί να αναπτυχθεί σε εδαφικά pH από 5,7-8 αλλά το άριστο είναι 6-7,2. Η καλλιέργεια του στην Ελλάδα θεωρείται ανοιξιάτικη και η σπορά του γίνεται συνήθως τον Απρίλιο και η συγκομιδή του γίνεται τον Αύγουστο. Καλλιέργειες ηλίανθου βρίσκονται κυρίως στην Θράκη και στην Κεντρική Μακεδονία (Skoulou et al., 2011). Η καλλιέργεια θεωρείται ξηρική και συνήθως το ύψος των βροχοπτώσεων στην βόρεια Ελλάδα μπορούν να εξασφαλίσουν μια ικανοποιητική σοδειά (Kallivrousis et al., 2002).

Για την καλλιέργεια του ηλίανθου εκτιμήθηκαν οι εισροές και οι εκροές σύμφωνα με την ελληνική και ξένη βιβλιογραφία και αναλύθηκαν μέσω της μεθοδολογίας AKZ.

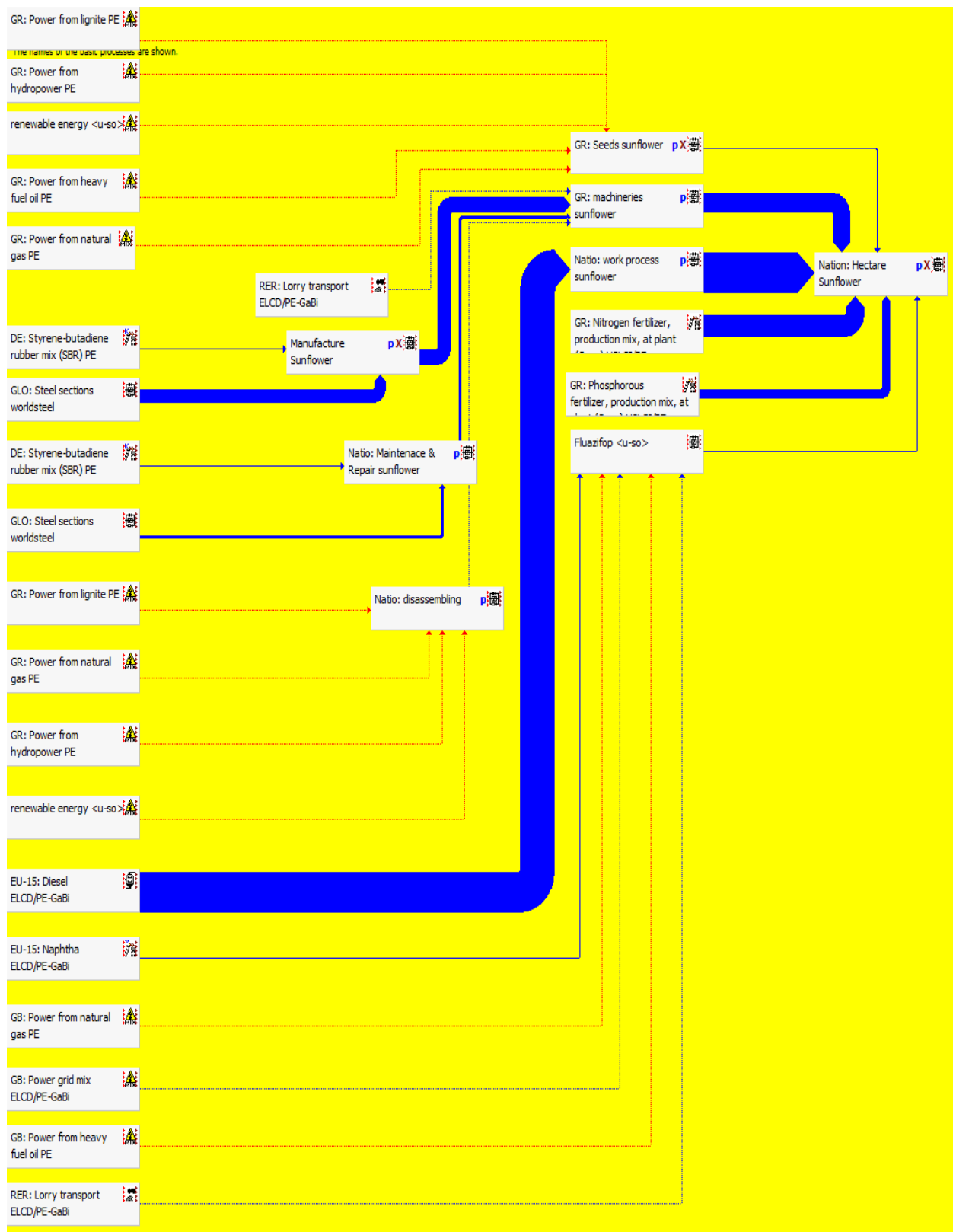
IX.2.A ΣΥΣΤΗΜΑ ΡΟΗΣ – ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΗΛΙΑΝΘΟΥ

Στο διάγραμμα 11 παρουσιάζεται το αναλυτικό σύστημα ροής όπως σχεδιάστηκε με το λογισμικό πρόγραμμα GaBi.

Για την παραγωγή των σπόρων απαιτούνται 26,3 MJ/kg (McIntosh et al., 1984) και η συνολική ποσότητα σπόρων που απαιτείται σε ένα εκτάριο είναι 3,5 kg/Ha (Kallivrousis et al., 2003). Σύμφωνα με τον HTSO (2011) στην Ελλάδα για τον μήνα Μάρτιο, η ηλεκτρική παραγωγή προέρχονταν από 55,02% λιγνίτη, 32,62% φυσικό αέριο, 7,22% υδροηλεκτρική ενέργεια και το 5,13 από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ).

Έπειτα έγινε η καταγραφή των γεωργικών τεχνικών και των μηχανημάτων που χρησιμοποιήθηκαν. Στον πίνακα 14 παρουσιάζονται οι γεωργικές τεχνικές και ο γεωργικός εξοπλισμός (Kallivrousis et al., 2003) καθώς και η κατανάλωση πετρελαίου (Nemecsek T. & Kăgi T, 2007) που απαιτούνται για την καλλιέργεια ηλίανθου. Κάθε καλλιεργητική τεχνική έγινε μία φορά.

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ



Διάγραμμα 11. Αναλυτικό διάγραμμα ροής καλλιέργειας ηλιάνθου

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

Γεωργικές δραστηριότητες	Γεωργικός εξοπλισμός	Κατανάλωση πετρελαίου (kg/Ha)
Γεωργικός Ελκυστήρας	Τράκτορας (65-94 kW)	
Όργωμα	Άροτρο	26,11
Σβάρνισμα	Δισκοσβάρνα	4,44
Εφαρμογή λιπάσματος	Διανομέας λιπάσματος	5,29
Εφαρμογή ζιζανιοκτόνων – εντομοκτόνων	Ψεκαστήρας	1,76
Καλλιέργεια	Υπεδαφοκαλλιεργητής	15,52
Μηχανικό σκάλισμα	Καλλιεργητής για βοτανισμό	3,28
Σπορά	Σπαρτική μηχανή	16,8
Θερισμός	Θερίζοαλωνιστική μηχανή	33,31
μεταφορά	Τράκτορας, μεταφορέας	2,9
Σύνολο		109,41

Πίνακας 14. Γεωργικές δραστηριότητες, γεωργικός εξοπλισμός και κατανάλωση πετρελαίου για την καλλιέργεια ηλιάνθου

Για τον σωστό προσδιορισμό της ποσότητας ενέργειας που απαιτείται για κάθε γεωργική δραστηριότητα θα πρέπει να προσδιοριστεί πρώτα μια λειτουργική μονάδα που θα ορίζει την ποσότητα των μηχανημάτων. Η ποσότητα των μηχανημάτων είναι μια θεωρητική έννοια και δηλώνει την ποσότητα μηχανήματος που χρησιμοποιείται και έμμεσα την ενέργεια παραγωγής, διατήρησης και επισκευής για κάθε γεωργική δραστηριότητα. Ο τύπος που δίνει την ποσότητα μηχανήματος παρουσιάζεται στην εξίσωση 1.

Εξίσωση 1. Λειτουργική μονάδα ποσότητας μηχανήματος

$$\text{Λειτουργική Μονάδα Ποσότητας Μηχανήματος} \left[\frac{\text{kg}}{\text{yr}} \right] = \frac{\text{Βάρος [kg]} \cdot \frac{\text{Διάρκεια γεωργικής εργασίας} \left[\frac{\text{h}}{\text{yr}} \right]}{\text{Χρόνος ζωής [h]}}$$

Ο χρόνος ζωής, το βάρος και η διάρκεια των καλλιεργητικών εργασιών παρουσιάζονται στον πίνακα 15. Σύμφωνα με τις ποσότητες που παρουσιάζονται στον πίνακα 15, εκτός από την εκτίμηση της απαιτούμενης ενέργειας για την κατασκευή των γεωργικών μηχανημάτων έγινε και

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

η εκτίμηση της ενέργειας για την συντήρηση και την επισκευή. Ο Ammann (2001) όρισε ένα συντελεστή επιδιόρθωσης ανάλογα με την τάξη που ανήκουν τα γεωργικά μηχανήματα όπως φαίνεται και στον πίνακα 16. Σύμφωνα με τον Ammann οι τάξεις των γεωργικών μηχανημάτων είναι :

1. Τράκτορες (TP),
2. Αγροτικός εξοπλισμός – κατεργασία εδάφους (ΑΕ-ΚΕ)
3. Αγροτικός εξοπλισμός – γενικός (ΑΕ-Γ)
4. Ρυμουλκούμενοι Μεταφορείς (PM)
5. Θεριζοαλωνιστικές Μηχανές (ΘΜ)
6. Δεξαμενές φυτοφαρμάκων (ΔΨ)

Γεωργικές δραστηριότητες	Γεωργικός εξοπλισμός	Βάρος [kg]	Διάρκεια Ζωής [h]	Διάρκεια Γεωργικής δραστηριότητας [h]	Λειτουργική μονάδα Ποσότητα Μηχανήματος [kg/yr]
Γεωργικός Ελκυστήρας	Τράκτορας (65-94 kW)	5300	7200	18,3	13,47
Όργωμα	Άροτρο	750	360	2.1	4.375
Σβάρνισμα	Δισκοσβάρνα	1400	750	0.8	1.493
Εφαρμογή λιπάσματος	Διανομέας λιπάσματος	200	1000	1.5	0.3
Εφαρμογή ζιζανιοκτόνων – εντομοκτόνων	Δεξαμενή - Ψεκαστήρας	1050	6000	0.7	0.122
Καλλιέργεια	Υπεδαφοκαλλιεργητής	550	480	1.2	1.375
Μηχανικό σκάλισμα	Καλλιεργητής για βοτανισμό	500	525	1	0.952
Σπορά	Σπαρτική μηχανή	500	525	10	9.523
Θερισμός	Θεριζοαλωνιστική μηχανή	7000	900	1.3	10.111
μεταφορά	Μεταφορέας	1900	6000	1	0.316
ΣΥΝΟΛΟ					42,040

Πίνακας 15. Λειτουργική μονάδα ποσότητας μηχανήματος ανά γεωργική δραστηριότητα

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

Γεωργικός εξοπλισμός	Βάρος [kg]	Τάξη	Συντελεστής επιδιόρθωσης	Λειτουργική μονάδα Επιδιορθωμένων ποσοτήτων Μηχανήματος [kg/yr]
Τράκτορας (65-94 kW)	5300	TP	0,20	2,694
Άροτρο	750	ΑΕ-ΚΕ	0,45	1,968
Δισκοσβάρνα	1400	ΑΕ-ΚΕ	0,45	0,672
Διανομέας λιπάσματος	200	ΑΕ-Γ	0,34	0,102
Δεξαμενή -Ψεκαστήρας	1050	ΔΨ	0,21	0,025
Υπεδαφοκαλλιεργητής	550	ΑΕ-ΚΕ	0,45	0,618
Καλλιεργητής για βοτανισμό	500	ΑΕ-ΚΕ	0,45	0,428
Σπαρτική μηχανή	500	ΑΕ-Γ	0,34	3,238
Θεριζοαλωνιστική μηχανή	7000	ΘΜ	0,32	3,235
Μεταφορέας	1900	ΡΜ	0,11	0,034
Σύνολο				13,018

Πίνακας 16. Λειτουργική μονάδα επιδιορθωμένων ποσοτήτων μηχανημάτων

Για τον προσδιορισμό της ποσότητας των υλικών για την κατασκευή και την επιδιόρθωση των γεωργικών μηχανημάτων, υιοθετήθηκε η υπόθεση των Audsley et al. (1997) και Milà i Canals L., (2003), πως για τα αυτοπροωθούμενα απαιτείται η χρήση 95% ατσάλι και 5% ελαστικών, ενώ τα άλλα εξαρτήματα θεωρούνται πως είναι κατασκευασμένα από 100% ατσάλι. Έτσι προκύπτει πως για την ορισμένη λειτουργική μονάδα μηχανημάτων που χρησιμοποιείται και επιδιορθώνεται χρειάζονται συνολικά 53,583 kg ατσάλι και 1,475kg ελαστικών. Η κατασκευή των μηχανημάτων καθώς και των ανταλλακτικών που υπολογίστηκε πως απαιτούνται, θεωρήθηκε πως έγινε στην Γερμανία και πως διανύθηκε η απόσταση των 2337km για να έρθουν στην Ελλάδα.

Για την ολοκληρωμένη αποτίμηση των γεωργικών μηχανημάτων στην καλλιέργεια του ηλιάνθου εκτιμήθηκε επίσης και η αποσυναρμολόγηση των γεωργικών μηχανημάτων. Σύμφωνα λοιπόν με τους Frischknecht et al.(1996) και Maibach et al. (1999), η ενεργειακή κατανάλωση για την αποσυναρμολόγηση των γεωργικών μηχανημάτων εκτιμήθηκε στο 0,5 MJ/kg. Η

υπόθεση που έγινε ήταν, πως η αποσυναρμολόγηση έγινε στην Ελλάδα, έτσι και μορφές ενέργειας που χρησιμοποιήθηκαν βρέθηκαν μέσω του HTSO (2011). Συνολικά η κατανάλωση ενέργειας για την αποσυναρμολόγηση ήταν 21,018 MJ/Ha.

Κατά τις γεωργικές εργασίες εκτός από τις εκπομπές που οφείλονται στην καύση Diesel, υπάρχουν και οι εκπομπές Cd, Pb, και Zn που οφείλονται στην φθορά των ελαστικών. Σύμφωνα με τους Nemecek T. & Kägi T.(2007) και Friscknecht et al.(1996) υπολογίζονται με την εξίσωση 2.

Εξίσωση 2. Εκπομπές Βαρέων Μετάλλων από την φθορά ελαστικών

$$BM [g/Ha] = (\Delta Z_{μηχ.}[h]/\Delta Z_{ελαστ.}[h]) * Βαρος[kg_{ελαστ.}/kg_{μηχ.}] * \Phi\theta[\frac{kg_{καουτσ.}}{kg_{ελαστ}}] * BM_{συγκ.}[g_{BM}/kg_{καουτσ.}] * \Lambda M[kg_{μηχ.}/yr]$$

. Για τη συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων ανα kg συνθετικό καουτσούκ είναι 16 gr/kg καουτσ για τον Ψευδάργυρο (Zn), 2.6 gr/kg καουτσ για τον Μόλυβδο (Pb), και 0,6 gr/kg καουτσ για το Κάδμιο (Cd).

	ΤΑΞΗ				
	TP	ΘΜ	PM	ΑΕ-Γ	ΔΨ
Χρόνος ζωής ελαστικών [h]	2.500	1.080	750	2.500	2.500
Βάρος του συνόλου των ελαστικών	0,00975	0,00675	0,0475	0,0275	0,0475
Παράγοντας φθοράς	0,29	0,29	0,56	0,56	0,56

Πίνακας 17. Χρόνος ζωής, βάρος ελαστικών και παράγοντας φθοράς

Η τάξη Αγροτικός εξοπλισμός –κατεργασία εδάφους θεωρείται πως δεν έχει λάστιχα και τελικά υπολογίστηκαν οι εκπομπές 3.64421E-6 kg /Ha για τον ψευδάργυρο, 5.92184E-7 kg/Ha για τον μόλυβδο και 1.36658E-6 kg /Ha για το Cd.

Οι ποσότητες λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται σύμφωνα με τους Kallivroussis et al., (2002) είναι 60 kg αζωτούχου λιπάσματος και 30 κιλά φωσφορικού λιπάσματος. Οι εκπομπές έχουν εκτιμηθεί μέσω της βάσης δεδομένων GaBi. Παραγωγή φωσφορικών και αζωτούχων

λιπασμάτων γίνεται στην Βιομηχανία Φωσφορικών Λιπασμάτων που βρίσκεται στην Καβάλα. Η καλλιέργεια ηλίανθου γίνεται κυρίως στους νομούς Κομοτηνής και Έβρου. Έτσι υπολογίστηκε για την μεταφορά των λιπασμάτων θα πρέπει να διανυθούν 255km που είναι η απόσταση μεταξύ της πόλεως Καβάλας και Ορεστιάδας, καθώς και η ακτίνα των 255 km γύρω από την πόλη της Καβάλας περιλαμβάνει και πολλές περιοχές με μεγάλη περιοχή αραβόσιτου.

Σαν ζιζανιοκτόνο χρησιμοποιήθηκε το Fusilade, ένα από τα πιο κοινά στον ελληνικό αγροτικό χώρο. Το ενεργό συστατικό είναι το Fluazifop – p – butyl σε συγκέντρωση 12,5% β.ο, και η ποσότητα του σκευάσματος που χρησιμοποιείται σε ένα εκτάριο είναι 200 cm³ η αλλιώς 0,0025 kg του ενεργού συστατικού. Το προϊόν παρασκευάστηκε στην Αγγλία που σημαίνει πως για την μεταφορά του προϊόντος διανύθηκαν 3083 km με φορτηγό. Η ενέργεια που δαπανήθηκε για την παραγωγή του ενεργού συστατικού Fluazifop –p – butyl ήταν 518 MJ/kg (17,22% Νάφθα, 13,82% φυσικό αέριο, 1,66% από την καύση βαρέως πετρελαίου, 35,40% ηλεκτρισμός, 31,9% θέρμανση μέσω ατμών⁸)(Audsley E. et al., 2009; Green M., 1976).

Η απόδοση των καλλιεργειών ηλίανθου είναι 1800 kg/Ha (Kallivrousis et al., 2002; Panoutsou et al.,2008) ενώ τα υπολείμματα της καλλιέργειας υπολογίζονται περίπου σε 4200 (Gemtos, 1991).

⁸ Οι Nemecek T. & Kägi T (2007) υποθέτουν πως αυτή η μορφή ενέργειας προέρχεται από την καύση βαρέως πετρελαίου

IX.3 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Ο Αραβόσιτος είναι θερμοφίλο φυτό, που ευδοκimeί σε θερμοκρασίες 21-27° C, γι' αυτό και η καλλιέργεια αραβόσιτου στην Ελλάδα θεωρείται ανοιξιιάτικη. Πρόκειται για καλλιέργεια υψηλών θρεπτικών και υδατικών απαιτήσεων, αλλά ευρείας εδαφικής προσαρμοστικότητας. Αναπτύσσεται σε εδάφη επαρκώς στραγγιζόμενα και αεριζόμενα εδάφη ελαφρής έως μέσης μηχανικής σύστασης, καλής υδατοϊκανότητας ώστε να ευνοείται η ανάπτυξη πλούσιου ριζικού συστήματος και η συγκράτηση της εδαφικής υγρασίας. Η καλλιέργεια του ευνοείται σε εδαφικό pH ελαφρώς όξινο έως αλκαλικό. Οι καλλιέργειες αραβόσιτου είναι μία από τις πιο κοινές καλλιέργειες στην Ελλάδα, και κυρίως σε αρδευόμενες πεδιάδες στην κεντρική και βόρεια Ελλάδα (Filintas et al., 2008).

Σύμφωνα λοιπόν με την ελληνική και ξένη βιβλιογραφία εκτιμήθηκαν οι εισροές και οι εκροές σε ένα σύστημα καλλιέργειας αραβόσιτου όπως φαίνεται κα παρακάτω μέσω της μεθοδολογίας AKZ.

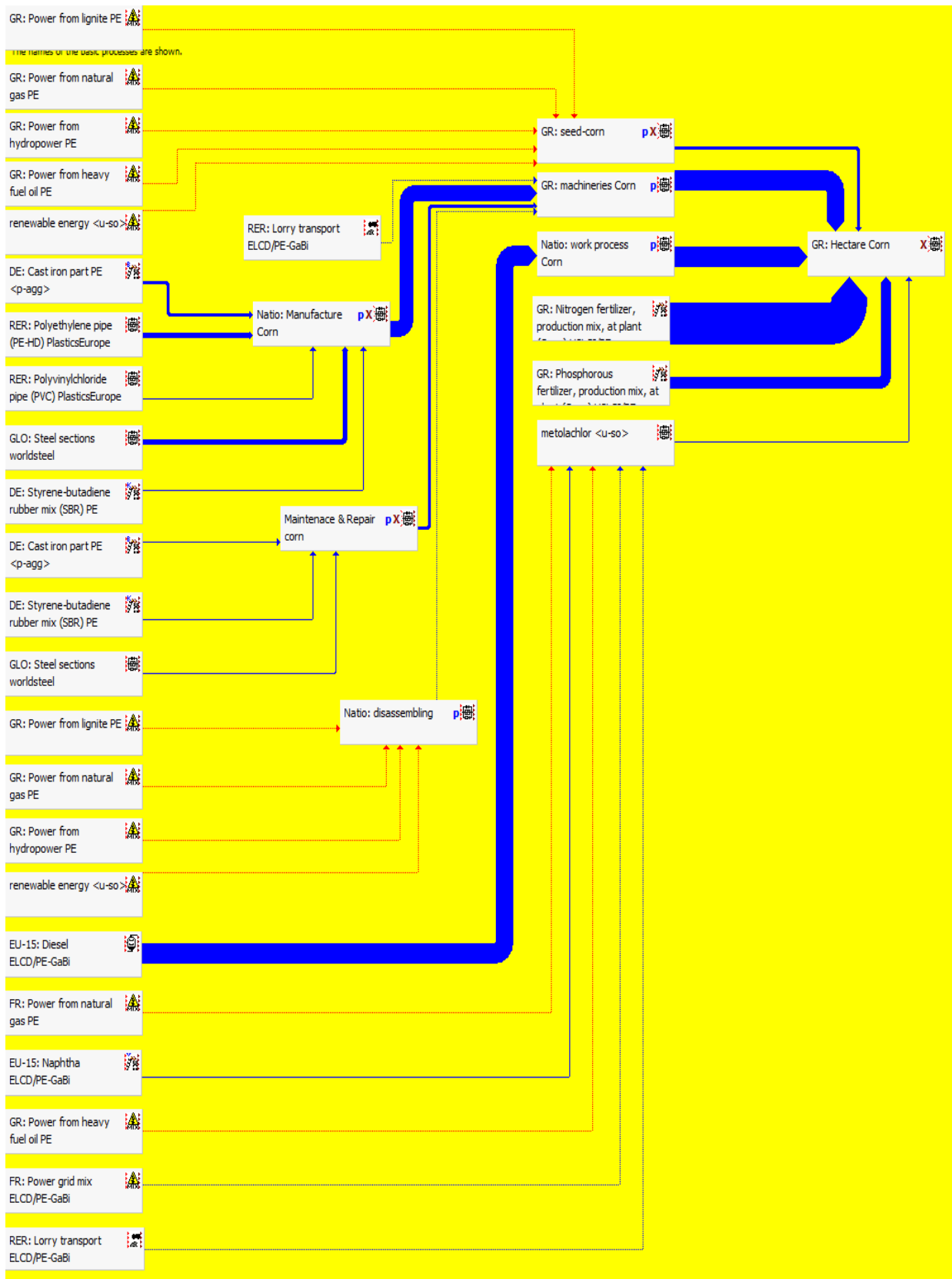
IX.3.A ΣΥΣΤΗΜΑ ΡΟΗΣ – ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

Στο διάγραμμα 12 παρουσιάζεται το αναλυτικό σύστημα ροής όπως σχεδιάστηκε με το λογισμικό πρόγραμμα GaBi. Οι εισροές του συστήματος όπως παρουσιάζονται είναι τα λιπάσματα, τα φυτοφάρμακα, οι σπόροι, το νερό και οι διάφορες μορφές ενέργειας.

Για την παραγωγή των σπόρων απαιτούνται 15,7 MJ/kg (Khaledian M.R et al., 2010), ενώ η ποσότητα σπόρων που απαιτείται προκύπτει από τον μέσο όρο φυτών που είναι 77500 φυτά ανά εκτάριο ή περίπου 20 kg σπόρων ανά στρέμμα των τριών ελληνικών υβριδίων (Cereal Insitute, 2004). Έτσι προκύπτει πως η συνολική ενέργεια για την παραγωγή σπόρων ανά εκτάριο ήταν 314 MJ/kg (55.02% λιγνίτης, 32,62 % φυσικό αέριο, 7,22% υδροηλεκτρική ενέργεια και 5,13% Α.Π.Ε).

Οι καλλιεργητικές τεχνικές όπως περιγράφονται από τους Lithourgidis et al. (2005) δεν διαφέρουν πολύ από την καλλιέργεια ηλίανθου και οι καταναλώσεις πετρελαίου προσδιορίζονται από τους Nemecek T. & Kăgi T.(2007) και παρουσιάζονται στον πίνακα 18. Η άρδευση έγινε με την μέθοδο του καταιονισμού που είναι η συνηθέστερη μέθοδος στην Ελλάδα.

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ



Διάγραμμα 12. Αναλυτικό διάγραμμα ροής καλλιέργειας αραβόσιτου

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

Γεωργικές δραστηριότητες	Γεωργικός εξοπλισμός	Κατανάλωση πετρελαίου (kg/Ha*yr)
Γεωργικός Ελκυστήρας	Τράκτορας (65-94 kW)	
Όργωμα	Άροτρο	26,11
Σβάρνισμα	Δισκοσβάρνα	4.44
Εφαρμογή λιπάσματος	Διανομέας λιπάσματος	5,29
Εφαρμογή ζιζανιοκτόνων – εντομοκτόνων	Ψεκαστήρας	1,76
Καλλιέργεια	Υπεδαφοκαλλιεργητής	15,52
Μηχανικό σκάλισμα	Καλλιεργητής για βοτάνισμα	3,28
Σπορά	Σπαρτική μηχανή	16,8
Θερισμός	Θεριζοαλωνιστική μηχανή	33,31
μεταφορά	Τράκτορας, μεταφορέας	2,9
Άρδευση	Αντλία – κινητός εκτοξευτήρας	11.205
Σύνολο		120.62

Πίνακας 18. Γεωργικές εργασίες, γεωργικός εξοπλισμός και κατανάλωση πετρελαίου για την καλλιέργεια αραβόσιτου (kg/Ha)

Σύμφωνα με το Cereal institute (2004) απαιτούνται περίπου 350 mm χιλιοστά νερού μέσω της άρδευσης ή περίπου 3500 m³ Νερού ο συνολικός χρόνος άρδευσης ήταν 120 ώρες ενώ η αντλία βάρους 300 kg έφερε μηχανή 22kW, η ογκομετρική ικανότητα ήταν 30 m³/h και ικανότητα πίεσης κατάθλιψης 7 με 8 bar. Η αντλία σύμφωνα με τους Khaledian et al. (2010) έχει χρόνο ζωής 15 χρόνια. Η αντλία συνδεόταν με το υδροστόμιο, το οποίο βρίσκεται στο χωράφι και το βάρος του είναι 60 kg, όμως μπορεί να εξυπηρετήσει 3 εκτάρια έτσι το βάρος του ανά εκτάριο υπολογίζεται στα 20 kg. Η αντλία καθώς και το υδροστόμιο ήταν κατασκευασμένα από χυτοσίδηρο. Η σύνδεση της αντλίας με το υδροστόμιο έγινε με σωλήνες πολυαιθυλενίου 100 μέτρων και βάρους 4.1 kg/m. Ο χρόνος ζωής των σωλήνων υπολογίστηκε περίπου στα 50 χρόνια (Frank et al., 2009). Η σύνδεση του υδροστόμιου με τον εκτοξευτήρα έγινε με σωλήνες PVC 50 μέτρων και βάρους 0,9 kg/m. Ο εκτοξευτήρας αποτελείται κυρίως από την μάνικα

πολυαιθλενίου 300 μέτρων και βάρους 400 kg. Για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών στην Ελλάδα η λήψη του αρδευόμενου νερού γίνεται κυρίως από κανάλια η ποτάμια. Για την κάλυψη αυτής της ποσότητας χρειάζονται 12 αρδεύσεις διάρκειας 10 ωρών ανά καλλιεργητική περίοδο. Η υπόθεση για την μεταφορά του συστήματος καταιονισμού έγινε με τράκτορα που χρειάστηκε 0,25 h. Έτσι προκύπτει πως η κατανάλωση καυσίμου για την άρδευση ήταν :

$$12 \cdot 0,25 \text{ h} \cdot 4.5 \text{ l/Ha} \cdot 0.83 \text{ kg/l} = 11.025 \text{ kg/Ha.}$$

Καθώς οι καλλιεργητικές τεχνικές δεν διαφέρουν πολύ από τις αντίστοιχες στην καλλιέργεια του ηλίανθου, η λειτουργική μονάδα για τις ποσότητες μηχανήματος παραμένουν οι ίδιες όπως παρουσιάζονται στο κεφάλαιο του ηλίανθου, που προκύπτουν μέσω της εξίσωσης 1 (Πίνακας 19), καθώς και η λειτουργική μονάδα για τις επιδιορθωμένες ποσότητες μηχανήματος (Πίνακας 20). Για την λειτουργική μονάδα των επιδιορθωμένων ποσοτήτων δεν υπολογίστηκαν τα βάρη των σωληνώσεων καθώς μετά το πέρας του χρόνου ζωής τους αντικαθίστανται με καινούριους.

Συνολικά, οι ποσότητες των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή και την επιδιόρθωση των γεωργικών μηχανημάτων και των εξαρτημάτων άρδευσης ήταν 54,5 kg ατσάλι, 1,5 kg ελαστικών 9,07 kg σιδήρου, 0,6 kg σωλήνων PVC και 32,2 kg σωλήνες πολυαιθυλενίου. Η υπόθεση που έγινε ήταν πως η κατασκευή των γεωργικών μηχανημάτων και των διάφορων εξαρτημάτων έγινε στην Γερμανία και η μεταφορά τους στην Ελλάδα έγινε μέσω μεγάλων φορτηγών που διένυσαν την απόσταση των 2337 km, ενώ τα διάφορα είδη σωλήνων κατασκευάστηκαν στην Ελλάδα.

Η συνολική ενέργεια για την αποσυναρμολόγηση των γεωργικών μηχανημάτων εκτιμήθηκε πως ήταν 34,35 MJ/Ha.

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

Γεωργικές δραστηριότητες	Γεωργικός εξοπλισμός	Βάρος [kg]	Διάρκεια Ζωής [h]	Διάρκεια Γεωργικής δραστηριότητας [h]	Λειτουργική μονάδα Ποσότητα Μηχανήματος [kg/Ha *yr]
Γεωργικός Ελκυστήρας	Τράκτορας (65-94 kW)	5300	7200	18,3	14.27
Όργωμα	Άροτρο	750	360	2.1	4.375
Σβάρνισμα	Δισκοσβάρνα	1400	750	0.8	1.493
Εφαρμογή λιπάσματος	Διανομέας λιπάσματος	200	1000	1.5	0.3
Εφαρμογή ζιζανιοκτόνων – εντομοκτόνων	Δεξαμενή – Ψεκαστήρας	1050	6000	0.7	0.122
Καλλιέργεια	Υπεδαφοκαλλιεργητής	550	480	1.2	1.375
Μηχανικό σκάλισμα	Καλλιεργητής για βοτανισμό	500	525	1	0.952
Σπορά	Σπαρτική μηχανή	500	525	10	9.523
Θερισμός	Θεριζοαλωνιστική μηχανή	7000	900	1.3	10.111
μεταφορά	Μεταφορέας	1900	6000	1	0.316
Σύστημα άρδευσης	Αντλία	300	1440	120	25
Σύστημα άρδευσης	Υδροστόμιο	20	1440	120	1,67
Σύστημα άρδευσης	Σωλήνες PVC	45	9000	120	0,6
Σύστημα άρδευσης	Σωλήνες πολυαιθυλενίου ¹	410	6000	120	8,2
Σύστημα άρδευσης	Σωλήνες πολυαιθυλενίου ¹	1200	6000	120	24
ΣΥΝΟΛΟ					86,302

Πίνακας 19. Λειτουργική μονάδα ποσότητας μηχανήματος ανά γεωργική δραστηριότητα (kg/Ha*yr)

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

Γεωργικός εξοπλισμός	Βάρος [kg]	Τάξη	Συντελεστής επιδιόρθωσης	Λειτουργική μονάδα Επιδιορθωμένων ποσοτήτων Μηχανήματος [kg/yr]
Τράκτορας (65-94 kW)	5300	TP	0,20	2,694
Άροτρο	750	ΑΕ-ΚΕ	0,45	1,968
Δισκοσβάρνα	1400	ΑΕ-ΚΕ	0,45	0,672
Διανομέας λιπάσματος	200	ΑΕ-Γ	0,34	0,102
Δεξαμενή -Ψεκαστήρας	1050	ΔΨ	0,21	0,025
Υπεδαφοκαλλιεργητής	550	ΑΕ-ΚΕ	0,45	0,618
Καλλιεργητής για βοτανισμό	500	ΑΕ-ΚΕ	0,45	0,428
Σπαρτική μηχανή	500	ΑΕ-Γ	0,34	3,238
Θεριζοαλωνιστική μηχανή	7000	ΘΜ	0,32	3,235
Μεταφορέας	1900	ΡΜ	0,11	0,034
Αντλία	300	ΑΕ-Γ	0,34	8,5
Υδροστόμιο	20	ΑΕ-Γ	0,34	0,57
Σύνολο				22,085

Πίνακας 20. Λειτουργική μονάδα επιδιορθωμένων ποσοτήτων μηχανημάτων

Συνολικά, οι ποσότητες των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή και την επιδιόρθωση των γεωργικών μηχανημάτων και των εξαρτημάτων άρδευσης ήταν 54,5 kg ατσάλι, 1,5 kg ελαστικών 9,07 kg σιδήρου, 0,6 kg σωλήνων PVC και 32,2 kg σωλήνες πολυαιθυλενίου. Η υπόθεση που έγινε ήταν πως η κατασκευή των γεωργικών μηχανημάτων και των διάφορων εξαρτημάτων έγινε στην Γερμανία και η μεταφορά τους στην Ελλάδα έγινε μέσω μεγάλων φορτηγών που διένυσαν την απόσταση των 2337 km, ενώ τα διάφορα είδη σωλήνων κατασκευάστηκαν στην Ελλάδα.

Η συνολική ενέργεια για την αποσυναρμολόγηση των γεωργικών μηχανημάτων εκτιμήθηκε πως ήταν 34,35 MJ/Ha.

Κατά τις γεωργικές δραστηριότητες υπάρχει εκπομπή βαρέων μετάλλων που εκτιμώνται μέσω της εξίσωσης 2. Για την καλλιέργεια αραβόσιτου εκτιμήθηκε πως εκπέμπονται $1.49\text{E}-9 \text{ kg /Ha Cd}$, $6.46\text{E}-10 \text{ kg/Ha Pb}$ και $3.97\text{E}-9 \text{ kg/Ha Zn}$.

Οι ποσότητες λιπασμάτων για την καλλιέργεια αραβόσιτου σύμφωνα με τους Lithourgidis et al. (2005) απαιτούνται 240 kg/Ha αζωτούχων λιπασμάτων και 70 kg/Ha φωσφορικών λιπασμάτων. Για την μεταφορά λιπασμάτων έγινε η ίδια υπόθεση όπως στην καλλιέργεια ηλίανθου πως διανύθηκε η απόσταση των 255 km .

Ένα από τα πιο κοινά ζιζανιοκτόνα για την καλλιέργεια αραβόσιτου είναι το Grandoprin Gold Plus. Το ενεργό συστατικό αυτού του ζιζανιοκτόνου είναι το s-metolachlor. Η συγκέντρωση του ενεργού συστατικού στο σκεύασμα είναι $31,2\%$ β.ο. Η ποσότητα του σκευάσματος που χρησιμοποιείται ανά εκτάριο είναι 400 cm^3 η αλλιώς $0,0125 \text{ kg}$ ενεργού συστατικού. Η ενέργεια που δαπανήθηκε για την παρασκευή του s-metolachlor σύμφωνα με τους Audsley et al (2009) και Green (1976) ήταν $275,8 \text{ MJ/Kg}$ από τα οποία το $36,9\%$ προέρχονταν από την καύση νάφθας, 10% από φυσικό αέριο, $24,95\%$ από την καύση βαρέως πετρελαίου και $28,35\%$ από ηλεκτρισμό.

Τέλος η ποσότητα νερού που καταναλώθηκε για την καλλιέργεια αραβόσιτου ανά εκτάριο ανά χρόνο είναι $3,500 \text{ m}^3$

Η απόδοση των καλλιεργειών αραβόσιτου σε σπόρο ήταν 9800 kg/Ha (M.R.D.F, 2011) ενώ τα υπολείμματα της καλλιέργειας υπολογίζονται περίπου σε 9500 kg/Ha (European bioenergy networks, 2003).

X. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Αρχικά η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε και στις δύο καλλιέργειες για τις μεθόδους επιπτώσεων ήταν η CML2001(Dec. 07) και οι κατηγορίες επιπτώσεων παρουσιάζονται στον πίνακα 21.

Κατηγορίες επιπτώσεων	Μονάδες
Μείωση Αβιοτικών Πόρων	Kg Sb – Equiv
Δυνητική οξίνιση	Kg SO ₂ – Equiv
Δυνητική ευτροφικότητα	Kg Phosphate – Equiv.
Δυνητική Οικοτοξικότητα Θαλάσσιων υδάτων	Kg DCB – Equiv
Δυνητική Παγκόσμια Αύξηση Θερμοκρασίας (100 χρόνια)	Kg CO ₂ – Equiv
Δυνητική Ανθρώπινη Τοξικότητα	Kg DCB – Equiv
Δυνητική Οικοτοξικότητα Γλυκών υδάτων	Kg DCB – Equiv
Δυνητική Μείωση του Στρώματος του Όζοντος	Kg R11 – Equiv.
Δυνητική Δημιουργία Φωτοχημικού Όζοντος	Kg Ethene – Equiv.
Δυνητική Επίγεια Οικοτοξικότητα	Kg DCB – Equiv

Πίνακας 21. Κατηγορίες μονάδων και μονάδες κατηγοριών

Η κατηγορία μείωση αβιοτικών πόρων αναφέρεται στη μείωση των ορυκτών και των ορυκτών καυσίμων. Η κατηγορία δυνητικής αύξησης της θερμοκρασίας αναφέρεται στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και οι δείκτες αυτής της κατηγορίας δημιουργήθηκαν και αναπτύχθηκαν από το IPCC. Η κατηγορία που αναφέρεται στην μείωση του στρώματος του όζοντος αναφέρεται στην εκπομπή αερίων κυρίως χλωροφθορανθράκων (CFC). Το μοντέλο χαρακτηρισμού αυτής της κατηγορίας αναπτύχθηκε από τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό (WMO). Η

κατηγορία δυνητική ανθρώπινη τοξικότητα περιλαμβάνει εκπομπές τοξικών ουσιών για την ανθρώπινη υγεία για ένα αόριστο χρονικό ορίζοντα. Οι κατηγορίες δυνητικής οικοτοξικότητας θαλασσιών και γλυκών υδάτων αναφέρονται στην εκπομπή τοξικών ουσιών σε έδαφος αέρα ή νερό και τελικό αποδέκτη τους υδάτινους πόρους. Η κατηγορία δυνητικής δημιουργίας φωτοχημικού όζοντος αναφέρεται κυρίως στην δημιουργία καλοκαιρινής αιθαλομίχλης και υπολογίζει τις εκπομπές μέσω του μοντέλου UNECE. Η δυνητική οξίνιση αναφέρεται στις αέριες εκπομπές και υπολογίζονται μέσω του μοντέλου RAINS 10 που προσδιορίζει την διάθεση των οξεοποιητικών ουσιών. Τέλος η κατηγορία της ευτροφικότητας αναφέρεται στις επιπτώσεις της ευτροφικότητας λόγω εκπομπής θρεπτικών σε αέρα, υδάτινους πόρους και έδαφος, και είναι βασισμένη στην στοιχειομετρική μέθοδο του Heijungs (1992).

Το επόμενο βήμα ήταν η κανονικοποίηση των αποτελεσμάτων με την μέθοδο CML 2001 – Dec 07, EU25+3 και η στάθμιση των αποτελεσμάτων με την μέθοδο CML 2001-Dec. 07 Experts IKP (Southern Europe) και που βρίσκονται ενσωματωμένες στο λογισμικό πρόγραμμα GaBi. Τα αποτελέσματα της κανονικοποίησης για κάθε κατηγορία επιπτώσεων και περιοχής αποκτούνται μέσω του πολλαπλασιασμού των συντελεστών χαρακτηρισμού από αντιπροσωπευτικές εκπομπές κάθε κατηγορίας. Το άθροισμα των προϊόντων σε κάθε κατηγορία επίπτωσης δίνει τον συντελεστή κανονικοποίησης.

X.1 ΗΛΙΑΝΘΟΣ

Αρχικά οι εισροές στην καλλιέργεια ηλίανθου εκτιμήθηκαν σε 1861 kg. Το μεγαλύτερο ποσοστό εισροών ήταν οι ποσότητες ατσαλιού (45,2%) για την κατασκευή και επιδιόρθωση των αγροτικών μηχανημάτων. Η ποσότητα λιγνίτη ακολουθεί δεύτερη με ποσοστό 22,2% ενώ τρίτο μεγαλύτερο ποσοστό στις εισροές είναι ποσότητα καυσίμου καταλαμβάνει το 14,9%. Οι συνολικές εκπομπές ανήλθαν σε 1326,2 kg. Η συνολική ενέργεια που καταναλώθηκε ήταν 10307 MJ. Ο κύριος παράγων ήταν η χρήση πετρελαίου με ποσοστό 57,4% , ενώ η παραγωγή νιτρικών λιπασμάτων είναι δεύτερη με ποσοστό 24%. Η συνολική τιμή της ενέργειας συμφωνεί απόλυτα με τους Kallivrousis et al (2002) και McIntosh (1984) που αναφέρονται σε ξηρικές καλλιέργειες ηλίανθου ενώ οι Iriarte et al. (2010) αναφέρουν 15,4 GJ/Ha yr και οι Venturi et al (2003) αναφέρουν πως οι ενεργειακές εισροές για την καλλιέργεια ηλίανθου είναι περίπου 25

GJ/Ha. Αυτό οφείλεται σε διαφορετικές γεωργικές πρακτικές καθώς και στην χρήση μεγαλύτερων ποσοτήτων λιπασμάτων.

Τα αποτελέσματα σύμφωνα με την μέθοδο CML 2001 – Nov.07, χωρίς την κανονικοποίηση και την στάθμιση παρουσιάζονται στον πίνακα 22. Στην κατηγορία μείωση αβιοτικών πόρων 4,5442 kg Sb - Equiv, οι μεγαλύτερες επιπτώσεις είναι από την χρήση πετρελαίου (58,1%) και την χρήση νιτρικών λιπασμάτων (23,6%). Στην κατηγορία δυνητική οξίνιση ο κύριος παράγων είναι η παραγωγή και χρήση νιτρικών και φωσφορικών λιπασμάτων με 46,4% και 21,8% αντίστοιχα. Στην κατηγορία της δυνητικής ευτροφικότητας η χρήση φωσφορικών λιπασμάτων με ποσοστό 94,2% είναι η διαδικασία που επιβαρύνει ισχυρά αυτή την κατηγορία. Στην κατηγορία δυνητική οικοτοξικότητα γλυκών υδάτων, η χρήση νιτρικών (74,1%) και φωσφορικών (22,1%) λιπασμάτων επηρεάζουν ισχυρά την κατηγορία μέσω των εκπομπών τους. Για την δυνητική αύξηση της θερμοκρασίας, οι κύριοι συντελεστές είναι η χρήση νιτρικών λιπασμάτων (39,5%) και η παραγωγή ατσαλιού για την παρασκευή και επιδιόρθωση των αγροτικών μηχανημάτων (21,4%). Για την δυνητική ανθρώπινη τοξικότητα, οι εκπομπές που προκαλούνται κατά την παραγωγή και την χρήση των νιτρικών λιπασμάτων θεωρούνται ως ο κύριος παράγων με ποσοστό 79,6%. Στην κατηγορία δυνητική οικοτοξικότητα θαλάσσιων υδάτων οι εκπομπές από την παραγωγή και χρήση νιτρικών και φωσφορικών λιπασμάτων έχουν την μεγαλύτερη συμμετοχή με 62,8% και 11,3% αντίστοιχα ενώ μεγάλη συμμετοχή φέρεται να έχει και η παραγωγή ατσαλιού (14,2%). Για την δυνητική μείωση του στρώματος του όζοντος την μεγαλύτερη συμμετοχή έχουν οι εκπομπές από την παραγωγή ατσαλιού (66%) και από την χρήση πετρελαίου (27,4). Για την δυνητική δημιουργία φωτοχημικού όζοντος ευθύνεται κυρίως η χρήση νιτρικών λιπασμάτων (34,6%) καθώς και οι εκπομπές από την χρήση πετρελαίου. Τέλος στην κατηγορία δυνητική επίγεια οικοτοξικότητα κύριοι συντελεστές είναι παραγωγή ατσαλιού (39,3%) καθώς και οι εκπομπές που προέρχονται από την καύση πετρελαίου (Διάγραμμα 13).

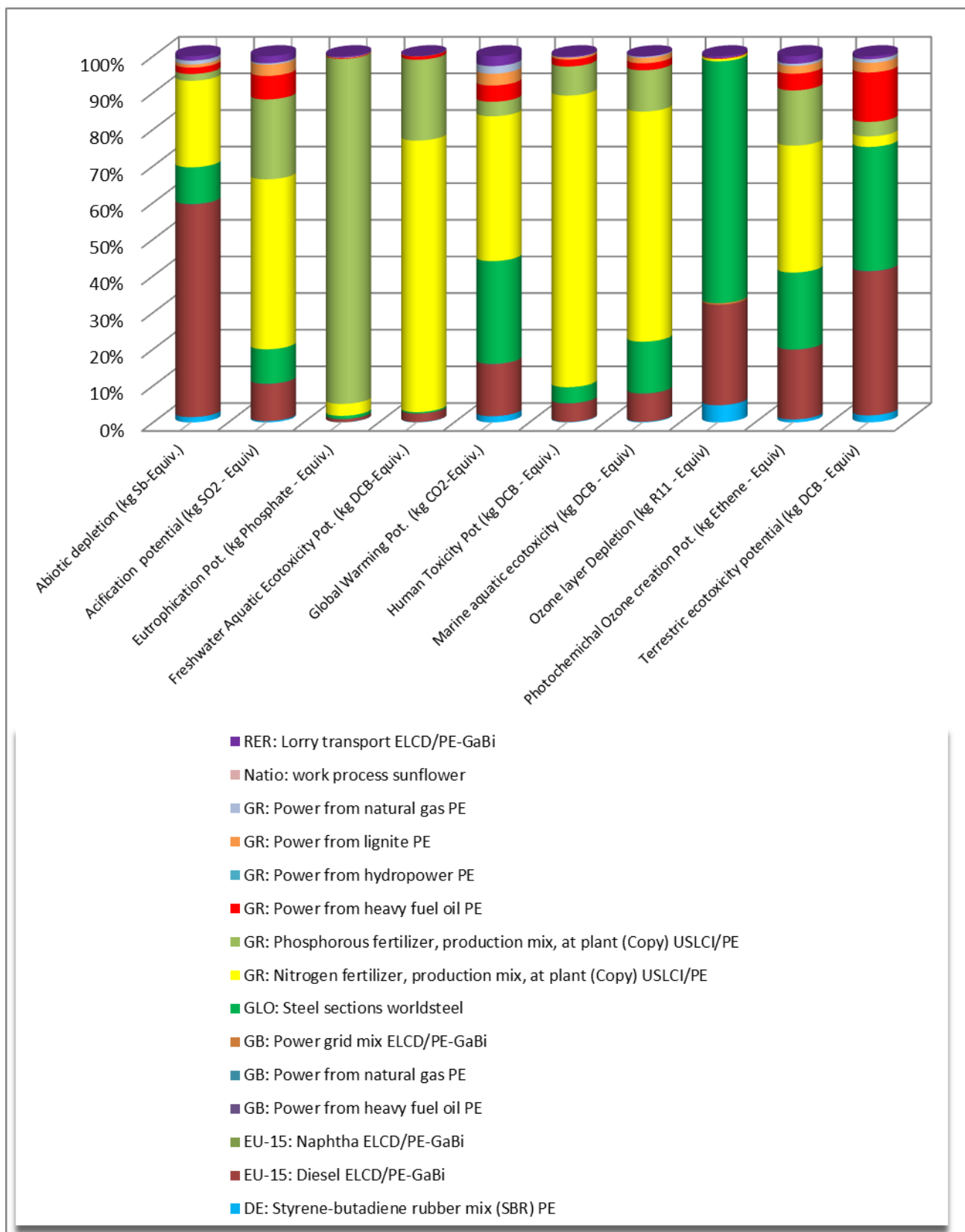
Τα αποτελέσματα της κανονικοποίησης με την μέθοδο που περιγράφεται στην αρχή του κεφαλαίου παρουσιάζονται στον πίνακα 23 και διάγραμμα 14 και 15

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

Κατηγορία Επιπτώσεων	Τιμή	Μονάδες
Μείωση Αβιοτικών Πόρων	4,5442	Kg Sb – Equiv
Δυνητική οξίνιση	2,5845	Kg SO ₂ – Equiv
Δυνητική ευτροφικότητα	2.141	Kg Phosphate – Equiv.
Δυνητική Οικοτοξικότητα Θαλασσιών Υδάτων	89970	Kg DCB – Equiv
Δυνητική Οικοτοξικότητα Γλυκών Υδάτων	18.788	Kg DCB – Equiv
Δυνητική Παγκόσμια Αύξηση Θερμοκρασίας (100 χρόνια)	298.52	Kg CO ₂ – Equiv
Δυνητική Ανθρώπινη Τοξικότητα	85.867	Kg DCB – Equiv
Δυνητική Μείωση του Στρώματος του Όζοντος	1,707E-006	Kg R11 – Equiv.
Δυνητική Δημιουργία Φωτοχημικού Όζοντος	0.20308	Kg Ethene – Equiv.
Δυνητική Επίγεια Οικοτοξικότητα	0.49871	Kg DCB – Equiv

Πίνακας 22. Τιμές ανά κατηγορία επιπτώσεων στην καλλιέργεια ηλίανθου ανά εκτάριο ανά χρόνο

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

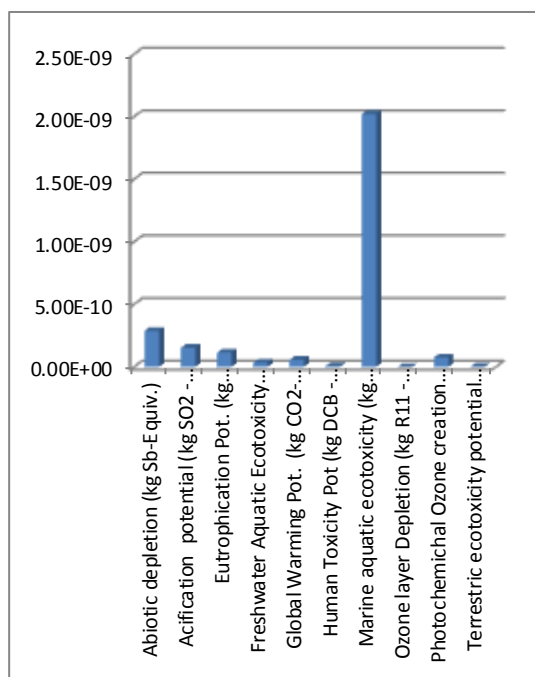


Διάγραμμα 13. Ποσοστό συμμετοχής εισροών ανά κατηγορία επίπτωσης στην καλλιέργεια ηλίανθου

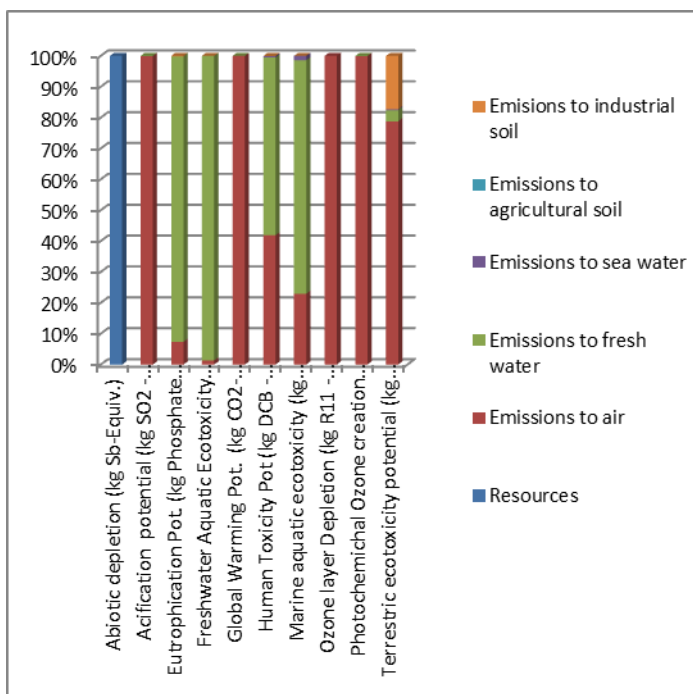
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

Κατηγορία Επιπτώσεων	Τιμή	Μονάδες
Μείωση Αβιοτικών Παραγόντων	2,69E-10	Kg Sb – Equiv
Δυνητική οξίνιση	1.54E-10	Kg SO ₂ – Equiv
Δυνητική ευτροφικότητα	1.16E-10	Kg Phosphate – Equiv.
Δυνητική Οικοτοξικότητα Θαλασσιών Υδάτων	2,02E-09	Kg DCB – Equiv
Δυνητική Οικοτοξικότητα Γλυκών Υδάτων	3.67E-11	Kg DCB – Equiv
Δυνητική Παγκόσμια Αύξηση Θερμοκρασίας (100 χρόνια)	5,73E-11	Kg CO ₂ – Equiv
Δυνητική Ανθρώπινη Τοξικότητα	8,50E-12	Kg DCB – Equiv
Δυνητική Μείωση του Στρώματος του Όζοντος	3.52E-13	Kg R11 – Equiv.
Δυνητική Δημιουργία Φωτοχημικού Όζοντος	7.63E-11	Kg Ethene – Equiv.
Δυνητική Επίγεια Οικοτοξικότητα	4.30E-12	Kg DCB – Equiv

Πίνακας 23. Κανονικοποιημένες τιμές ανά κατηγορία επιπτώσεων στην καλλιέργεια ηλιανθού ανά εκτάριο



Διάγραμμα 15. Αποτελέσματα κανονικοποίησης ανα κατηγορία επιπτώσεων στην καλλιέργεια ηλιανθού ανά εκτάριο



Διάγραμμα 14. Ποσοστό κύριων αποδεκτών ανά κατηγορία επιπτώσεων στην καλλιέργεια ηλιανθού

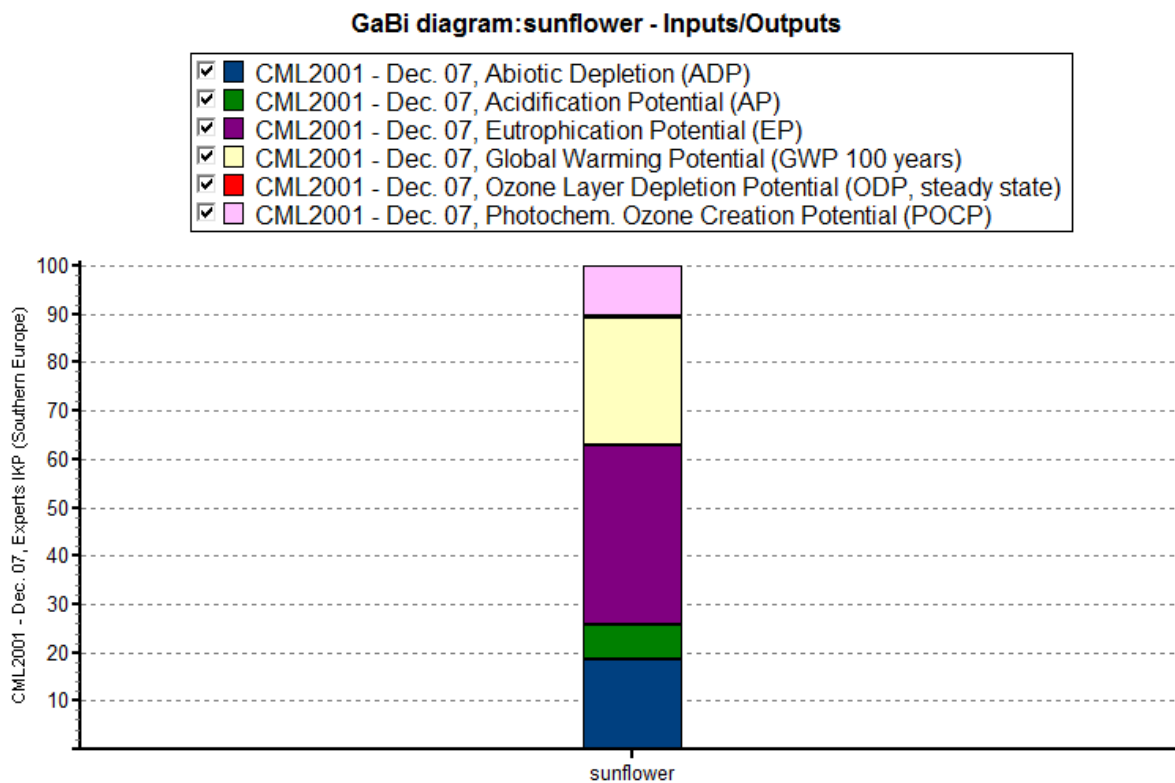
Οι υψηλές τιμές που χαρακτηρίζουν την κατηγορία δυνητική οικοτοξικότητα θαλάσσιων υδάτων ($2,02\text{E}-09 \text{ kg DCB} - \text{Equiv.}$) έχουν παρουσιαστεί και σε άλλες εργασίες (Iriarte et al., 2010), καθώς φαίνεται πως οι εκπομπές του βαρίου (Ba) σε γλυκούς υδατικούς πόρους κατά την παραγωγή και χρήση των νιτρικών λιπασμάτων καθώς και οι αέριες εκπομπές υδροφθορίου (HF) κυρίως κατά την παρασκευή ατσαλιού επηρεάζουν ισχυρά αυτή την κατηγορία. Δεύτερη είναι η κατηγορία αβιοτικών πόρων με $2,69 \text{ E} -10 \text{ kg Sb} - \text{Equiv.}$. Έπειτα ακολουθεί η κατηγορία της δυνητικής οξίνισης με τιμή $1,16\text{E}-10 \text{ kg SO}_2 - \text{Equiv}$ που προέρχονται κυρίως από την αέριους ρύπους και ένα μικρό ποσοστό από ρύπους που καταλήγουν σε γλυκά ύδατα. Στην τέταρτη θέση είναι η κατηγορία δυνητικής ευτροφικότητας από εκπομπές σε γλυκούς υδατικούς πόρους καθώς και από αέριες εκπομπές κατά την χρήση των φωσφορικών λιπασμάτων. Η κατηγορία δυνητικής δημιουργίας φωτοχημικού όζοντος είναι πέμπτη με τιμή $7,63\text{E} -11$ ενώ η δυνητική αύξηση της θερμοκρασίας είναι επόμενη με τιμή $5,73\text{E}-11$. Και στις δύο κατηγορίες οι κύριες υπεύθυνες είναι οι εκπομπές αέριων ρύπων. Ακολουθεί η κατηγορία δυνητικής οικοτοξικότητας των γλυκών υδάτων με τιμή $3,67\text{E} -11$. Στην όγδοη θέση είναι η κατηγορία της δυνητικής ανθρώπινης τοξικότητας με τιμή $8,50\text{E}-12$ και οι κύριοι συντελεστές είναι αέριοι ρύποι καθώς και εκπομπές που καταλήγουν σε γλυκά ύδατα. Στις δύο τελευταίες θέσεις βρίσκονται οι κατηγορίες δυνητική επίγεια οικοτοξικότητα που οι κύριες εκπομπές είναι αέριοι ρύποι και ρύποι που καταλήγουν σε βιομηχανικά εδάφη, και η δυνητική μείωση του στρώματος του όζοντος με τιμές $4,30\text{E}-12$ και $3,52\text{E}-13$ αντίστοιχα.

Στην συνέχεια το επόμενο βήμα ήταν η εκτέλεση της στάθμισης με την μέθοδο που περιγράφηκε στην αρχή του κεφαλαίου. Η στάθμιση μέσω του λογισμικού GaBi γίνεται μόνο σε 6 κατηγορίες επιπτώσεων όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 24 και διάγραμμα 16.

Κατηγορία Επιπτώσεων	Τιμή
Μείωση αβιοτικών πόρων	4.03E-09
Δυνητική οξίνιση	1.54E-10
Δυνητική ευτροφικότητα	8.10E-10
Δυνητική αύξηση της θερμοκρασίας	5.73E-10
Δυνητική Μείωση του Στρώματος του όζοντος	7.03E-13
Δυνητική δημιουργία φωτοχημικού όζοντος	2.29E-10

Πίνακας 24. Αποτελέσματα στάθμισης ανά κατηγορία επίπτωσης στην καλλιέργεια ηλίανθου ανά εκτάριο

Στο διάγραμμα 16 φαίνεται πως η μεγαλύτερη συμβολή (37,3%) είναι από την κατηγορία της δυνητικής ευτροφικότητας. Η κατηγορία της δυνητικής παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας είναι ο δεύτερος κυριότερος παράγων με ποσοστό 26,4% , ενώ τρίτη είναι η κατηγορία της δυνητικής μείωσης αβιοτικών πόρων (18,6%). Στην συνέχεια ακολουθεί η κατηγορία της δυνητικής δημιουργίας φωτοχημικού όζοντος με ποσοστό 10,6%. Τέλος οι κατηγορίες της δυνητικής οξίνισης και η κατηγορία της δυνητικής μείωσης του στρώματος του όζοντος βρίσκονται στις τελευταίες θέσεις με ποσοστά 7,09% και 0,324% αντίστοιχα. Η κατηγορία δυνητικής μείωσης του στρώματος του όζοντος παρουσιάζει γενικά χαμηλές τιμές καθώς η κατηγορία αυτή εκτιμά την εκπομπή χλωροφθορανθράκων (CFC) και παρόμοιων ουσιών, που όμως γενικά εκπέμπονται σε πολύ χαμηλές τιμές σε συστήματα καλλιεργειών.



Διάγραμμα 16. Αποτελέσματα στάθμισης (%) ανά κατηγορία επιπτώσεων στην καλλιέργεια ηλιάνθου ανά εκτάριο

X.2 ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ

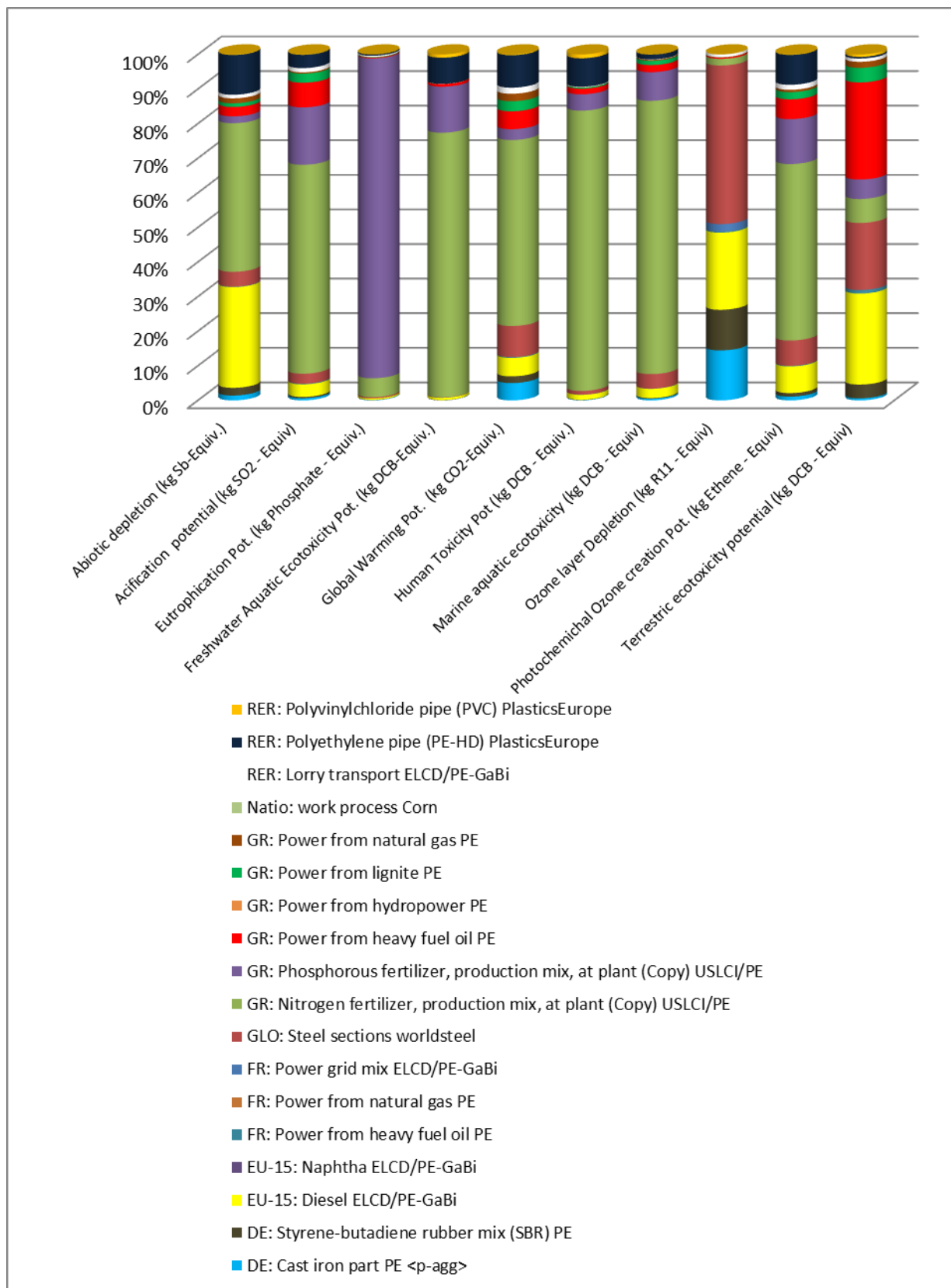
Οι εισροές στην καλλιέργεια αραβόσιτου ήταν 3,5E6 kg κυρίως λόγω της ποσότητας νερού που χρησιμοποιήθηκε κατά την άρδευση, ενώ οι συνολικές εκπομπές ήταν 2843,1 kg και κυρίως ήταν εκπομπές στον αέρα και σε υδατικούς πόρους, ιδιαίτερα κατά την χρήση βαρέως πετρελαίου (24,6%) και λιγνίτη (19,8) για την παραγωγή ενέργειας. Η συνολική ενέργεια που καταναλώθηκε σε όλο το σύστημα είναι 22.937 MJ. Οι κύριοι παράγοντες είναι η παραγωγή νιτρικών λιπασμάτων (43,1%) η χρήση πετρελαίου (28,4%) καθώς η ενέργεια για την παραγωγή σωλήνων πολυαιθυλενίου. Η τιμή που αναφέρεται συμφωνούν απόλυτα με τους Barut et al. (2011) (22.959 MJ/Ha yr) ενώ παρόμοια αποτελέσματα (21.003 MJ/Ha yr) αναφέρονται και στην έρευνα του Khaledian (2010).

Όπως και στην καλλιέργεια ηλίανθου χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος CML 2001 – Nov.2007. Τα αποτελέσματα χωρίς την κανονικοποίηση και την στάθμιση παρουσιάζονται στον πίνακα 2 και στο διάγραμμα 17.

Κατηγορία Επιπτώσεων	Τιμή	Μονάδες
Μείωση Αβιοτικών Πόρων	9,9983	Kg Sb – Equiv
Δυνητική οξίνιση	7,9403	Kg SO ₂ – Equiv
Δυνητική ευτροφικότητα	5,0898	Kg Phosphate – Equiv.
Δυνητική Οικοτοξικότητα Θαλασσιών Υδάτων	2,8617E005	Kg DCB – Equiv
Δυνητική Οικοτοξικότητα Γλυκών Υδάτων	72,814	Kg DCB – Equiv
Δυνητική Παγκόσμια Αύξηση Θερμοκρασίας (100 χρόνια)	878	Kg CO ₂ – Equiv
Δυνητική Ανθρώπινη Τοξικότητα	337,44	Kg DCB – Equiv
Δυνητική Μείωση του Στρώματος του Όζοντος	3,6753E-006	Kg R11 – Equiv.
Δυνητική Δημιουργία Φωτοχημικού Όζοντος	0.55133	Kg Ethene – Equiv.
Δυνητική Επίγεια Οικοτοξικότητα	0.82158	Kg DCB – Equiv

Πίνακας 25. Τιμές ανά κατηγορία επιπτώσεων στην καλλιέργεια αραβόσιτου ανά εκτάριο ανά χρόνο

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ



Διάγραμμα 17. Ποσοστό συμμετοχής εισροών ανά κατηγορία επίπτωσης στην καλλιέργεια αραβόσιτου

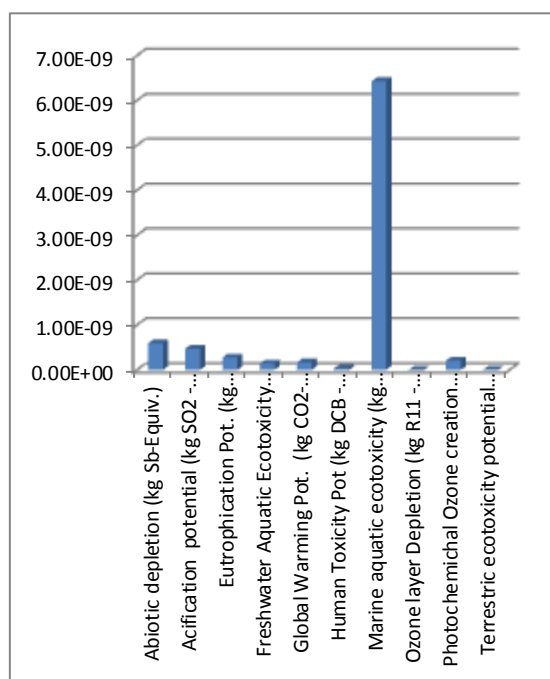
Στην κατηγορία δυνητική μείωση αβιοτικών πόρων, οι κυριότεροι συντελεστές είναι η παραγωγή νιτρικών λιπασμάτων (43%), η παραγωγή και χρήση πετρελαίου (29,1%) καθώς και η παραγωγή σωλήνων πολυαιθυλενίου (11,5%). Στη κατηγορία της δυνητικής οξίνισης η παραγωγή και χρήση νιτρικών και φωσφορικών λιπασμάτων φαίνεται να έχουν την μεγαλύτερη συμβολή με ποσοστά 60,4% και 16,6% αντίστοιχα. Στην κατηγορία της δυνητικής ευτροφικότητας όπως είναι φυσιολογικό ο κυριότερος παράγων είναι η παραγωγή και χρήση φωσφορικών λιπασμάτων με ποσοστό 92,5%. Η παραγωγή και χρήση νιτρικών και φωσφορικών λιπασμάτων φαίνεται να είναι οι κύριοι συντελεστές και στην κατηγορία της δυνητικής οικοτοξικότητας με ποσοστά 76,5% και 13,3% αντίστοιχα. Η παραγωγή και κυρίως η χρήση νιτρικών λιπασμάτων συμβάλει επίσης σε υψηλό ποσοστό (53,8%) και στην κατηγορία της δυνητικής αύξησης της θερμοκρασίας, όπως και στις κατηγορίες της δυνητικής ανθρώπινης τοξικότητας και δυνητικής οικοτοξικότητας θαλάσσιων υδάτων με ποσοστό 81% και 79% αντίστοιχα. Στην κατηγορία δυνητική μείωση του στρώματος του όζοντος οι κύριοι συμβαλλόμενοι είναι η παραγωγή ατσαλιού για την κατασκευή και επιδιόρθωση γεωργικών μηχανημάτων με ποσοστό 45,8%. Δεύτερο σε συμμετοχή είναι η παραγωγή και χρήση πετρελαίου με ποσοστό 22,3%, ενώ σημαντική συμβολή έχουν η παραγωγή σιδήρου και πολυαιθυλενίου που χρησιμοποιούνται στο σύστημα άρδευσης με ποσοστά 14,4% και 11,8% αντίστοιχα. Στην κατηγορία δυνητική δημιουργία φωτοχημικού όζοντος η παραγωγή και χρήση νιτρικών και φωσφορικών λιπασμάτων είναι πάλι οι κύριοι συντελεστές με ποσοστά 51% και 31%. Τέλος στην δυνητική επίγεια οικοτοξικότητα η χρήση του αργού πετρελαίου είναι ο κύριος συντελεστής με ποσοστό 28,1% καθώς και η χρήση πετρελαίου κατά τις γεωργικές διαδικασίες με ποσοστό 26,3%.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται στον πίνακα 26 και διάγραμμα 18 και 19 τα αποτελέσματα της κανονικοποίησης με την μέθοδο που περιγράφηκε στην αρχή του κεφαλαίου.

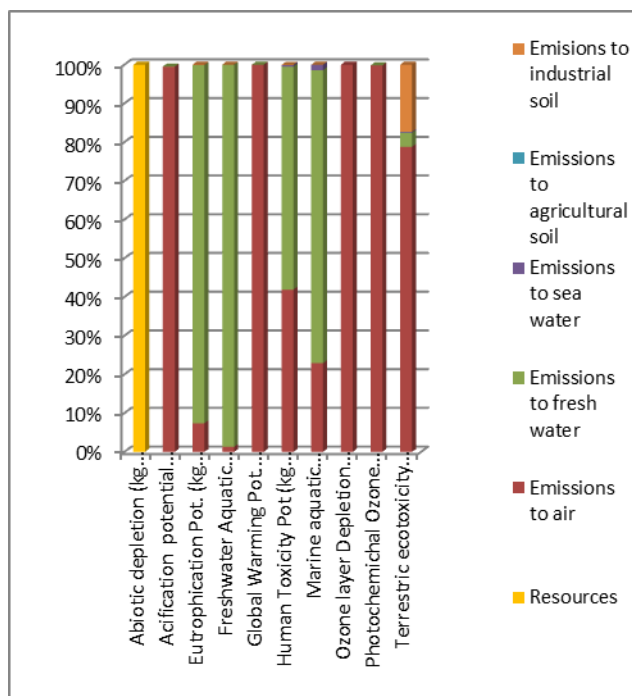
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

Κατηγορία Επιπτώσεων	Τιμή	Μονάδες
Μείωση Αβιοτικών Πόρων	5,9162E-010	Kg Sb – Equiv
Δυνητική οξίνιση	4,7264E-010	Kg SO ₂ – Equiv
Δυνητική ευτροφικότητα	2,7512E-010	Kg Phosphate – Equiv.
Δυνητική Οικοτοξικότητα Θαλασσιών Υδάτων	1,4221E-010	Kg DCB – Equiv
Δυνητική Οικοτοξικότητα Γλυκών Υδάτων	6,4307E-009	Kg DCB – Equiv
Δυνητική Παγκόσμια Αύξηση Θερμοκρασίας (100 χρόνια)	1,6852E-010	Kg CO ₂ – Equiv
Δυνητική Ανθρώπινη Τοξικότητα	3,341E-011	Kg DCB – Equiv
Δυνητική Μείωση του Στρώματος του Όζοντος	6,4,7731E-013	Kg R11 – Equiv.
Δυνητική Δημιουργία Φωτοχημικού Όζοντος	2,0727E-010	Kg Ethene – Equiv.
Δυνητική Επίγεια Οικοτοξικότητα	7,0826E-012	Kg DCB – Equiv

Πίνακας 26. Κανονικοποιημένες τιμές ανά κατηγορία επιπτώσεων στην καλλιέργεια αραβόσιτου ανά εκτάριο



Διάγραμμα 18. Αποτελέσματα κανονικοποίησης στην κατηγορία επιπτώσεων στην καλλιέργεια αραβόσιτου ανά εκτάριο



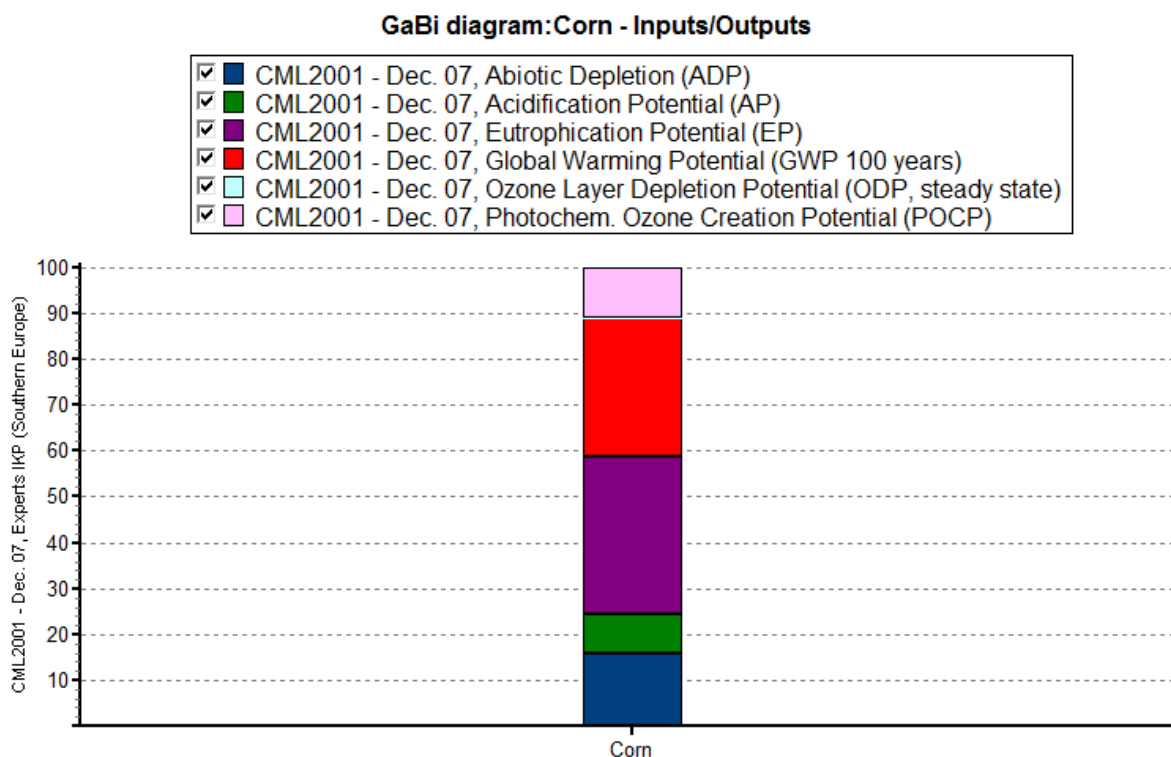
Διάγραμμα 19. Ποσοστό κύριων αποδεκτών ανά κατηγορία επιπτώσεων στην καλλιέργεια αραβόσιτου

Όπως φαίνεται και στα διαγράμματα 18 και 19, η κατηγορία δυνητική οικοτοξικότητα θαλάσσιων υδάτων είναι η ποιο επιβαρυνμένη, με τιμή 6,43E-09 kg DCB – Equiv. κυρίως λόγω εκπομπών σε θαλάσσιους υδατικούς πόρους και αέριων εκπομπών Στην συνέχεια ακολουθεί η κατηγορία δυνητική μείωση αβιοτικών πόρων με τιμή 5,92E-10 kg Sb – Equiv. Τρίτη είναι η κατηγορία της δυνητικής οξίνισης με τιμή 4,73E-10 kg SO₂ –Equiv που προκαλείται κυρίως από την εκπομπή αέριων ρύπων. Στην συνέχεια ακολουθεί η κατηγορία της δυνητικής ευτροφικότητας με τιμή 2,75E-10 kg Phosphate-Equiv. και προκαλείται κυρίως από τις εκπομπές σε υδάτινους αποδέκτες. Πέμπτη είναι η κατηγορία της δυνητικής δημιουργίας φωτοχημικού όζοντος με τιμή 2,07E-10 kg DCB – Equiv. Στην συνέχεια η κατηγορία δυνητικής αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας είναι έκτη με τιμή 1,94E-10 kg CO₂– Equiv. Στην έβδομη θέση είναι η κατηγορία της δυνητικής οικοτοξικότητας γλυκών υδάτων με τιμή 1,42E-10 kg DCB – Equiv. και προκαλείται εκτός από εκπομπές σε γλυκά ύδατα αλλά και από αέριες εκπομπές. Ακολουθεί η κατηγορία της δυνητικής ανθρώπινης τοξικότητας με τιμή 3,43E-11 kg DCB – Equiv. με το μεγαλύτερο ποσοστό να οφείλεται σε αέριες εκπομπές αλλά και σε εκπομπές σε γλυκούς υδατικούς πόρους. Στις δύο τελευταίες θέσεις είναι η κατηγορία της δυνητικής επίγειας οικοτοξικότητας και η κατηγορία δυνητική μείωση του όζοντος με τιμές 7,08E-12 kg DCB – Equiv. και 4,77E-13 kg R11 – Equiv. Στην κατηγορία δυνητική επίγεια οικοτοξικότητα κύριοι παράγοντες είναι οι αέριες εκπομπές καθώς και οι εκπομπές σε βιομηχανικά εδάφη.

Η επόμενη διαδικασία είναι η στάθμιση που γίνεται μόνο σε 6 κατηγορίες επιπτώσεων όπως προαναφέρθηκε. Τα αποτελέσματα της στάθμισης παρουσιάζονται στον πίνακα 27 και διάγραμμα 20.

Κατηγορία Επιπτώσεων	Τιμή
Μείωση αβιοτικών πόρων	8,88E-10
Δυνητική οξίνιση	4,73E-10
Δυνητική ευτροφικότητα	1,93E-9
Δυνητική αύξηση της θερμοκρασίας	1,69E-9
Δυνητική Μείωση του Στρώματος του όζοντος	9,55E-13
Δυνητική δημιουργία φωτοχημικού όζοντος	6,22E-10

Πίνακας 27. Αποτελέσματα στάθμισης ανά κατηγορία επίπτωσης στην καλλιέργεια αραβόσιτου ανά εκτάριο



Διάγραμμα 20. Αποτελέσματα στάθμισης (%) ανά κατηγορία επιπτώσεων στην καλλιέργεια αραβόσιτου ανά εκτάριο

Στο διάγραμμα 20 φαίνεται πως το μεγαλύτερο ποσοστό συμβολής είναι της δυνητικής ευτροφικότητας (34,4), και ακολουθεί η κατηγορία της δυνητικής αύξησης της θερμοκρασίας με ποσοστό 30,1% . Τρίτη είναι η κατηγορία της δυνητικής μείωσης αβιοτικών πόρων με ποσοστό 15,9%. Στην τέταρτη θέση βρίσκεται η κατηγορία της δυνητικής δημιουργίας φωτοχημικού όζοντος με ποσοστό 11,1%. Στις δύο τελευταίες θέσεις βρίσκονται οι κατηγορίες της δυνητικής οξίνισης και δυνητικής μείωσης του στρώματος του όζοντος με ποσοστά 11,1% και 0,0171% αντίστοιχα.

Χ.3 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΔΥΟ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Η περιβαλλοντική σύγκριση γίνεται μεταξύ των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την περιβαλλοντική εκτίμηση ανά εκτάριο. Στην συνέχεια γίνεται και η σύγκριση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την περιβαλλοντική εκτίμηση ανά kg παραγόμενου

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

προϊόντος, καθώς είναι πρακτικά ορθότερο αφού οι αποδόσεις των δύο καλλιεργειών διαφέρουν κατά πολύ. Έτσι θα είναι δυνατό να ενσωματωθεί και η κατηγορία της χρήσης γης για την ορθή σύγκριση των αποτελεσμάτων.

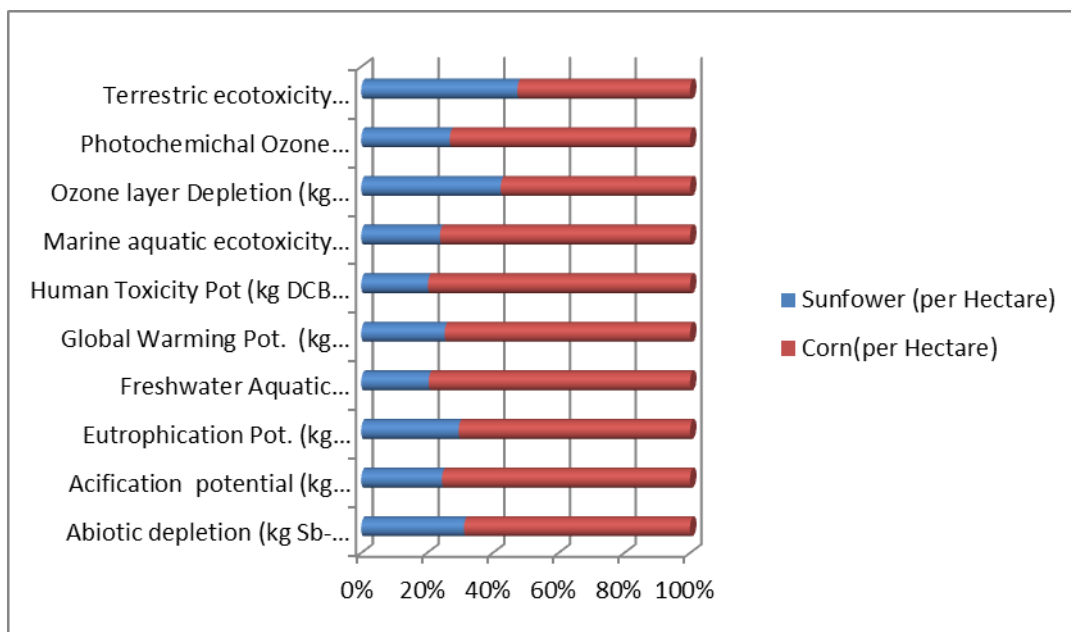
Αρχικά συγκρίνονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν όπως παρουσιάστηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια. Στον πίνακα 28 παρουσιάζεται η σύγκριση των τιμών χωρίς την κανονικοποίηση.

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 Στρώματος του Όζοντος	1,707E-006	3,6753E-006	Kg R11 – Equiv.
Δυνητική Δημιουργία Φωτοχημικού Όζοντος	0.20308	0.55133	Kg Ethene – Equiv.
Δυνητική Επίγεια Οικοτοξικότητα	0.49871	0.82158	Kg DCB – Equiv

Πίνακας 28. Τιμές ανά κατηγορία επιπτώσεων στην καλλιέργεια ηλίανθου και αραβόσιτου ανά εκτάριο ανά χρόνο

Στο διάγραμμα 21 παρουσιάζεται η ποσοστιαία σύγκριση των δύο διαφορετικών καλλιεργειών ανά κατηγορία επίπτωσης. Φαίνεται χαρακτηριστικά πως το μεγαλύτερο ποσοστό επιπτώσεων σε όλες τις κατηγορίες προκαλείται από την καλλιέργεια του αραβόσιτου.

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ



Διάγραμμα 21. Ποσοστιαία σύγκριση των καλλιεργειών ηλίανθου και αραβόσιτου ανά εκτάριο ανά χρόνο

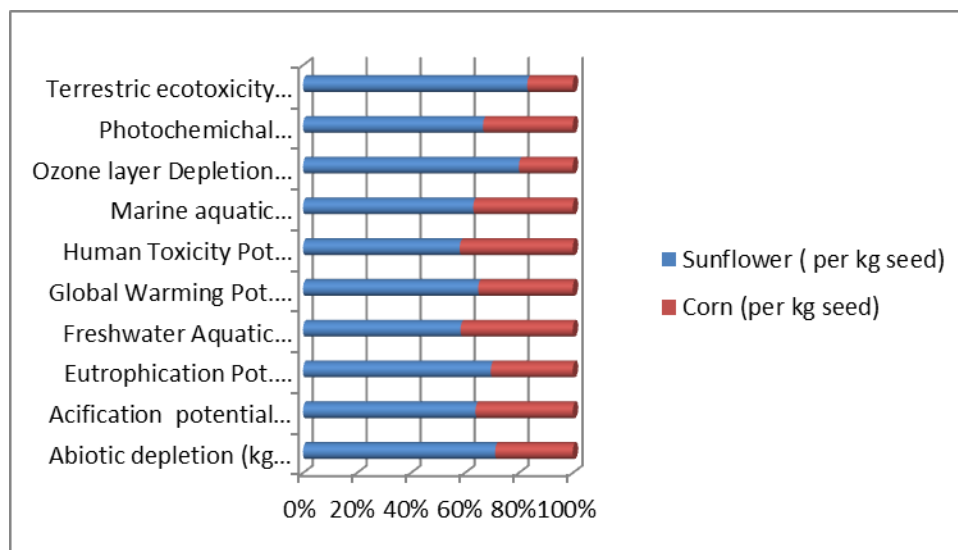
Τα αποτελέσματα όμως είναι τελείως διαφορετικά αν το σύστημα εξεταστεί σε σχέση με την παραγόμενη ποσότητα. Στον πίνακα 29 παρουσιάζονται οι τιμές ανά κατηγοριών επίπτωσης ανα kg παραγόμενου προϊόντος. Οι τιμές αυτές προέκυψαν διαιρώντας τις αρχικές τιμές (πίνακας 28) με την απόδοση της κάθε καλλιέργειας σε παραγόμενο προϊόν (1800 kg /Ha σπόροι ηλίανθου και 9800 kg/Ha κόκκοι αραβόσιτου αντίστοιχα)

Στο διάγραμμα 22 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ποσοστιαίας σύγκρισης των δύο καλλιεργειών. Φαίνεται καθαρά πως οι επιπτώσεις της καλλιέργειας ηλίανθου είναι πολύ σημαντικότερες σε όλες τις κατηγορίες επιπτώσεων. Αυτό εξηγείται πως οι εισροές σε σχέση με την παραγόμενη ποσότητα στην καλλιέργεια ηλίανθου προκαλούν σημαντικότερες επιπτώσεις σε σύγκριση με την καλλιέργεια αραβόσιτου. Παρατηρείται πως ειδικά στις κατηγορίες της δυνητικής επίγειας οικοτοξικότητας και στην κατηγορία της δυνητικής μείωσης του στρώματος του όζοντος οι επιπτώσεις της καλλιέργειας ηλίανθου είναι συντριπτικά μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες της καλλιέργειας αραβόσιτου.

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

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 Όζοντος	1,707E-006	3,6753E-006	Kg R11 – Equiv.
Δυνητική Δημιουργία Φωτοχημικού Όζοντος	0.20308	0.55133	Kg Ethene – Equiv.
Δυνητική Επίγεια Οικοτοξικότητα	0.49871	0.82158	Kg DCB – Equiv

Πίνακας 29. Τιμές ανά κατηγορία επιπτώσεων στην καλλιέργεια και ηλίανθου και αραβόσιτου ανά kg παραγόμενου προϊόντος



Διάγραμμα 22. Ποσοστιαία σύγκριση των καλλιεργειών ηλίανθου και αραβόσιτου ανά kg παραγόμενου προϊόντος

Χ.4 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ ΜΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

Για το 2009, η συνολική έκταση που καταλάμβανε η καλλιέργεια ηλίανθου ήταν 23500 Ha, ενώ η συνολική παραγόμενη ποσότητα έφτασε τους 28200 tn. Σύμφωνα με τους Panoutsou et al. (2008), αυτό αντιστοιχεί στην παραγωγή 11.844 tn biodiesel. Για την επίτευξη του στόχου για το 2020 αναφορικά με την συμμετοχή βιοκαυσίμων στις μεταφορές, υπολογίζεται πως απαιτούνται περίπου 608.619 tn biodiesel (M.E.E.C.C, 2010). Αν υποτεθεί πως η παραγωγή biodiesel γίνεται εξ' ολοκλήρου από έλαιο παραγόμενο από ηλίανθο, τότε θα πρέπει να επιτευχθεί αύξηση 596775 παραγομένων τόνων biodiesel, που αυτό μεταφράζεται σε 1.167.693 Ha.

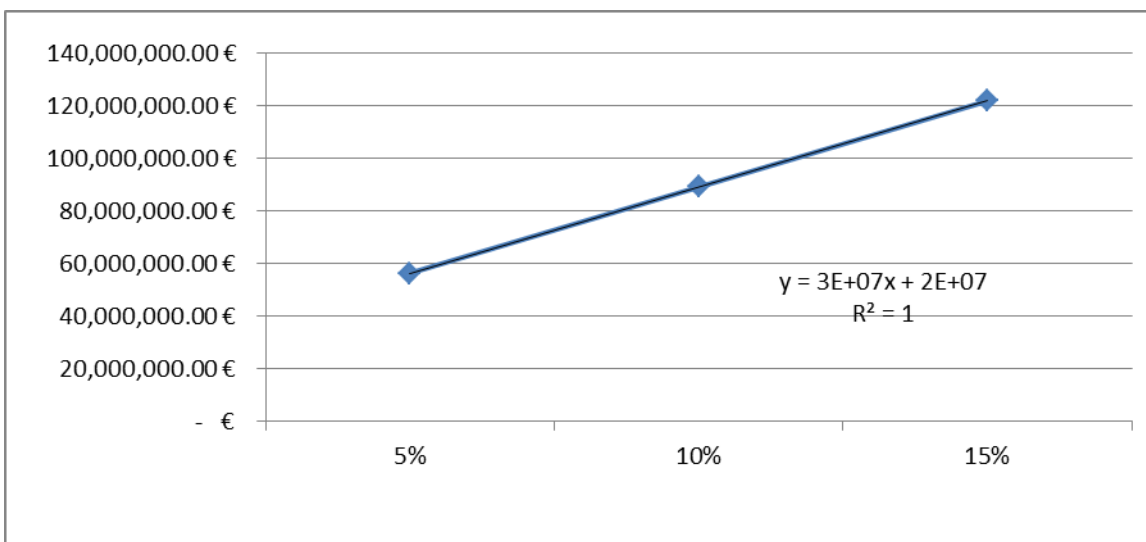
Για το 2009, η συνολική έκταση που καταλάμβανε η καλλιέργεια ηλίανθου ήταν 23500 Ha, ενώ η συνολική παραγόμενη ποσότητα έφτασε τους 28200 tn. Σύμφωνα με τους Panoutsou et al. (2008), αυτό αντιστοιχεί στην παραγωγή 11.844 tn biodiesel. Για την επίτευξη του στόχου για το 2020 αναφορικά με την συμμετοχή βιοκαυσίμων στις μεταφορές, υπολογίζεται πως απαιτούνται περίπου 608.619 tn biodiesel (M.E.E.C.C, 2010). Αν υποτεθεί πως η παραγωγή biodiesel γίνεται εξ' ολοκλήρου από έλαιο παραγόμενο από ηλίανθο, τότε θα πρέπει να επιτευχθεί αύξηση 596775 παραγομένων τόνων biodiesel, που αυτό μεταφράζεται σε 1.167.693 Ha.

Στην έκτη έκθεση του Υπουργείου περιβάλλοντος, ενέργειας και κλιματικής αλλαγής (M.E.E.C.C.,2010) για το 2009, από την συνολική παραγωγή biodiesel, μόνο το 35% θα προέρχεται από φυτικά έλαια ενεργειακών καλλιεργειών τότε θα πρέπει η παραγωγή biodiesel να ανέλθει σε 213016,65 tn. Η δυνητική παραγωγή biodiesel για το 2009 ήταν 102653,1 tn (18444 tn εγχώρια δυνητική παραγωγή ηλιέλαιου, 63438 tn εισαγόμενο ηλιέλαιο, και 49455 tn ηλιέλαιο παραγόμενο από εισαγόμενη ποσότητα σπόρων). Έτσι προκύπτει πως η αύξηση παραγωγής biodiesel αν παραμείνει το μέτρο θα πρέπει να ήταν 110363,52 tn για την επίτευξη του στόχου του 2020. Για την παραγωγή αυτής της ποσότητας biodiesel απαιτούνται 218975,24 Ha με τις παρούσες συνθήκες παραγωγής. Αν αυτή η έκταση χρησιμοποιούνταν μόνο από την σταδιακή αλλαγή των καλλιεργειών αραβόσιτου σε καλλιέργειες ηλίανθου, αυτό σημαίνει πως το 2020 η έκταση που θα καταλάμβανε η καλλιέργεια αραβόσιτου θα ήταν 21024,76 Ha. Αν γίνει η υπόθεση πως ο πληθυσμός της Ελλάδας παραμένει σταθερός, και η ποσότητα που

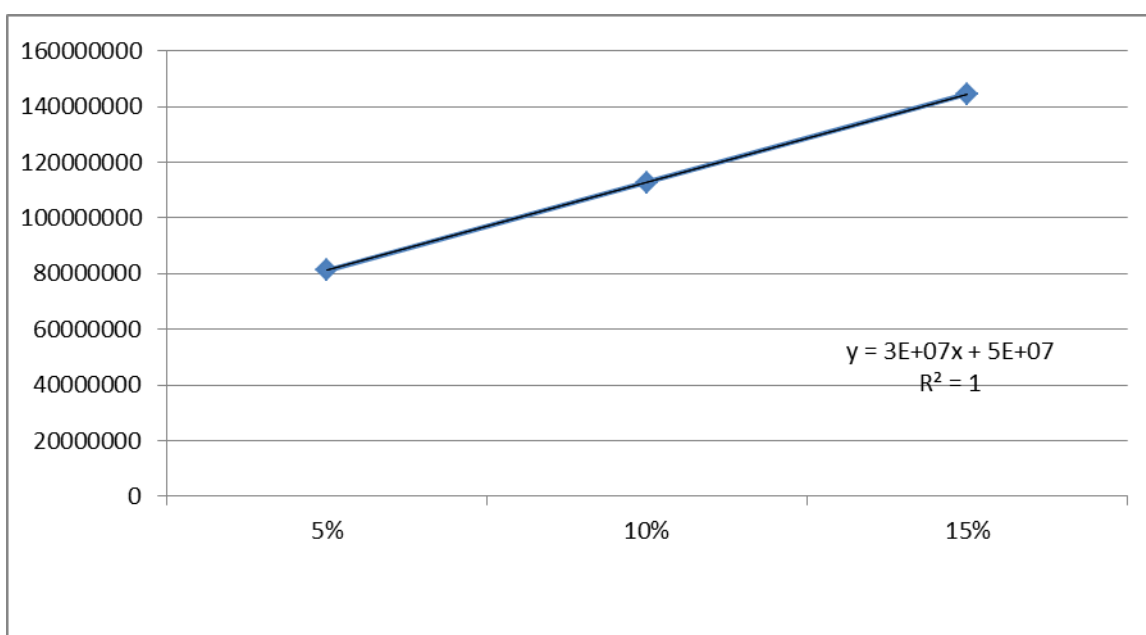
καλύπτει την εγχώρια κατανάλωση ήταν 2.434.907 tn (ποσότητα που προκύπτει για το 2009 από την εγχώρια παραγωγή που ήταν 2352000 tn και το ισοζύγιο εισαγωγών - εξαγωγών που ήταν 103907 tn) τότε η ποσότητα αραβόσιτου που απαιτείται να εισαχθεί είναι 2.228.864,35 tn που αυτό μεταφράζεται οικονομικά σε 624.082.018 €, αν παραμείνει ο μέσος όρος τιμής εισαγωγής σε 0,28€/kg (FAOSTAT, 2011).

Γενικότερα η μείωση της έκτασης που καταλαμβάνει η καλλιέργεια αραβόσιτου επιφέρει την αύξηση των εισαγόμενων ποσοτήτων αραβόσιτου ώστε να καλύπτεται η εγχώρια παραγωγή. Ποιο συγκεκριμένα, παρακάτω παρουσιάζονται κάποια σενάρια μείωσης της έκτασης της καλλιέργειας αραβόσιτου και το αποτέλεσμα που έχουν στην ποσότητα των εισαγωγών. Αρχικά έγινε η υπόθεση πως υπήρξε μείωση της έκτασης της τάξης του 5, 10 και 15%. Έτσι προκύπτει πως αν υπάρξει μείωση 5 % η συνολική έκταση θα είναι 228.000 και αποτέλεσμα θα είναι η εισαγωγή 200.907 tn, ή αλλιώς εισαγωγή ποσοτήτων των αραβόσιτου συνολικού ποσού 56.253.960 €. Για τα σενάρια μείωσης 10 και 15% τα αποτελέσματα είναι εισαγωγή ποσοτήτων 318.107 tn και 435.000 tn αντίστοιχα και αυτό μεταφράζεται σε εισαγωγή αραβόσιτου συνολικού ύψους 89.069.960€ για μείωση 10% και 121.801.960€ για μείωση 15%. Για τα παραπάνω αποτελέσματα έγινε η παραδοχή πως δεν έγιναν καθόλου εξαγωγές. Αν προστεθεί και το ποσοστό των εξαγωγών τα αποτελέσματα είναι διαφορετικά. Για το 2009 οι εξαγωγές αποτέλεσαν περίπου το 4% της συνολικής εγχώριας παραγωγής. Έτσι προκύπτει πως για μείωση 5% χρειάζεται αύξηση εισαγωγών ύψους 81.274.760€ ενώ για 10 και 15% το ποσό των εισαγωγών αραβόσιτου φτάνει τα 112.778.120€ και 144.453.960€ αντίστοιχα. Και οι δύο περιπτώσεις ακολουθούν τις εξισώσεις που παρουσιάζονται στα διαγράμματα 23 και 24

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ



Διάγραμμα 23. Συσχέτιση συνολικού ποσού εισαγωγών με το ποσοστό μείωσης της συνολικής έκτασης καλλιέργειας αραβόσιτου



Διάγραμμα 24. Συσχέτιση συνολικού ποσού εισαγωγών με το ποσοστό μείωσης της συνολικής έκτασης καλλιέργειας αραβόσιτου (με εξαγωγές 4%)

Τέλος για το 2009 η ποσότητα φαγητού παραγόμενη από αραβόσιτο ανά κάτοικο Ελλάδος ήταν 1,28 kg/yr. Στην περίπτωση που στο μέλλον δεν θα γινόντουσαν καθόλου εξαγωγές η εισαγωγές, τα αποτελέσματα από την μείωση έκτασης καλλιεργούμενου αραβόσιτου και εν συνέπεια από την μείωση παραγωγής αραβόσιτου θα ήταν:

- Για μείωση 5%, 1,08 kg/ κάτοικο

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

- Για μείωση 10%. 1,06 kg/ κάτοικο
- Για μείωση 15%, 1,01kg/κάτοικο

XI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με το Εθνικό Σχέδιο Ανάπτυξης Στρατηγικής Αγροτικής Ανάπτυξης 2007-2013, τα επόμενα χρόνια θα δοθεί η ώθηση προς τους αγρότες στην καλλιέργεια ενεργειακών φυτών μέσω των επιδοτήσεων καθώς και ταυτόχρονη αποδέσμευση συμβατικών καλλιεργειών από αυτές, όπως η καλλιέργεια ηλίανθου. Μία από τις αποδοτικότερες ενεργειακές καλλιέργειες που ταυτόχρονα είναι ήδη συμβατή με το κλίμα της Ελλάδος θεωρείται ο ηλίανθος. Έτσι είναι πολύ πιθανόν στο μέλλον να υπάρξει μια τέτοια αλλαγή στον χώρο της γεωργίας. Σε αυτή την εργασία έγινε μια προσπάθεια περιβαλλοντικής κυρίως εκτίμησης, μιας τέτοιας αλλαγής με την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των προαναφερθέντων καλλιεργειών μέσω της μεθοδολογίας της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής, ένα εργαλείο που βοηθά στην εκτίμηση των τελικών επιπτώσεων αλλά και στην εκτίμηση της συμμετοχής των επιμέρους διαδικασιών ενός συστήματος στις τελικές επιπτώσεις.

Αρχικά έγινε η περιβαλλοντική εκτίμηση των καλλιεργειών ηλίανθου και αραβόσιτου. Όταν η μονάδα αναφοράς ήταν το εκτάριο, τα αποτελέσματα έδειξαν πως η καλλιέργεια ηλίανθου έχει λιγότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον σε σύγκριση με την καλλιέργεια αραβόσιτου. Όμως για να ενσωματωθεί και η απόδοση των δύο προαναφερθέντων καλλιεργειών, ακολούθησε και η περιβαλλοντική σύγκριση με βάση το κιλό παραγόμενης μονάδας. Κάτω από αυτή την οπτική γωνία τα αποτελέσματα ήταν πολύ διαφορετικά. Η υψηλή απόδοση του αραβόσιτου φαίνεται να αποσβένει τις υψηλές εισροές του συστήματος σε αντίθεση με την καλλιέργεια ηλίανθου που η χαμηλή απόδοση του δεν φαίνεται να υπερκαλύπτει τις μέτριες εισροές του συστήματος. Έτσι προκύπτει πως οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του ηλίανθου ανά kg παραγόμενου προϊόντος είναι κατά πολύ υψηλότερες από αυτές του αραβόσιτου.

Στην συνέχεια υπολογιστήκαν πιθανές μειώσεις συνολικής έκτασης του αραβόσιτου και επιπτώσεις στην συνολική ποσότητα εισαγωγής του αραβόσιτου αν διατηρηθούν μελλοντικά κάποιοι παράμετροι ίδιοι όπως η τιμή εισαγωγής και ο πληθυσμός της Ελλάδας.

Μέσω των αποτελεσμάτων που προέκυψαν, φαίνεται να είναι ιδιαίτερα δύσκολη η επίτευξη του στόχου με τις παρούσες συνθήκες. Επίσης για την επίτευξη του ίδιου στόχου θα

πρέπει να υπάρχει και η συμμετοχή της βιοαιθανόλης στα καύσιμα μεταφορών. Αυτό όμως πρόκειται να επιφέρει περαιτέρω αύξηση της πίεσης εις βάρος των εδώδιμων καλλιεργειών και να αυξήσει τον ανταγωνισμό.

Η παραγωγή των ενεργειακών καλλιεργειών θα πρέπει να αυξηθεί μέσω της εισαγωγής στην ελληνική γεωργία, αποδοτικότερων υβριδίων αλλά θα πρέπει να υπάρξει ταυτόχρονα και αύξηση της εντατικοποίησης των ενεργειακών καλλιεργειών και ιδιαίτερα του ηλίανθου. Επίσης θα πρέπει να διερευνηθεί περιβαλλοντικά και οικονομικά, η εισαγωγή δεύτερης γενιάς βιοκαυσίμων που θεωρούνται ποιο αποδοτικά.

Πέρα των αποτελεσμάτων αυτής της εργασίας, μελλοντικά θα πρέπει να διερευνηθούν περιβαλλοντικά και άλλες αντίστοιχες αλλαγές χρήσεων γης αλλά και να εξετασθούν εκτενέστερα οι επιπτώσεις των αλλαγών χρήσεων γης στις τιμές των εδώδιμων προϊόντων και γενικότερα οι οικονομικές επιπτώσεις που πρόκειται να συμβούν. Επίσης θα πρέπει να εξεταστεί περιβαλλοντικά και οικονομικά η ενσωμάτωση της δεύτερης γενιάς βιοκαυσίμων όπως προαναφέρθηκε και γενικότερα συστημάτων και τεχνολογιών που δεν θα αυξάνουν την ανταγωνιστικότητα μεταξύ ενεργειακών και εδώδιμων καλλιεργειών. Επίσης δεν θα πρέπει να παραλείπονται σε τέτοιου είδους έρευνες οι περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις των έμμεσων αλλαγών χρήσεων γης.

XII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ammann, H., Maschinenkosten 2002. FAT-Berichte Nr. 569. Agroscope FAT Taenikon, Swiss Federal Research Station for Agricultural Economics and Engineering, Ettenhausen, Switzerland, 2001.
- Andersson, K. & Ohlsson, T. (1999). Including Environmental Aspects in Production Development: A Case Study of Tomato Ketchup. *LWT - Food Science and Technology* 32(3): 134-141.
- Andersson, K., Ohlsson, T. & Olsson, P. (1998). Screening life cycle assessment (LCA) of tomato ketchup: a case study. *Journal of Cleaner Production* 6(3-4): 277-288.
- Audsley, E., Alber, S., Clift, R., Cowell, S., Crettaz, S., Gaillard, G., Hausheer, J., Joilet, O., Kleijn, R., Mortensen, B., Pearce, D., Roger, E., Teulon, H., Weidema, B. & Van Zeijts, H., Harmonisation of Environmental Life Cycle Assessment for Agriculture. Final Report. Concerted Action AIR3-CT94-2028. , DG VI Agriculture, European Commission, 1997.
- Audsley, E., Stacey, K., Parsons, D.J. & Williams, A.G., Estimation of the greenhouse gas emissions from agricultural pesticide manufacture and use, Cranfield University, Bedford, 2009.
- Barnett, V., Payne, R. & Steiner, R. (1995). *Agricultural Sustainability: Economic, Environmental and Statistical Considerations*. Chichester, New York: Wiley
- Barut, Z.B., Ertekin, C. & Karaagac, H.A. (2011). Tillage effects on energy use for corn silage in Mediterranean Coastal of Turkey. *Energy* 36(9): 5466-5475.
- Battjes, J.J. (1994). *Global options for biofuels from plantations according to IMAGE simulations*. Groningen: RUG.
- Berndes, G., Hoogwijk, M. & van den Broek, R. (2003). The contribution of biomass in the future global energy supply: a review of 17 studies. *Biomass and Bioenergy* 25(1): 1-28.
- Biofuel Platform, Production of Biofuels on the world, Lausanne, Switzerland, 2009.
- Brandão, M., Clift, R., Canals, L.M.i. & Basson, L. (2010). A Life-Cycle Approach to Characterising Environmental and Economic Impacts of Multifunctional Land-Use Systems: An Integrated Assessment in the UK. *Sustainability* 2(12): 3747-3776.
- Braschkat, J., Patyk, A., Quirin, M. & Reinhardt, G.A., Life cycle assessment of bread

- production – a comparison of eight different scenarios, Proceedings of the Fourth International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector, Bygholm, Denmark., 2003.
- Breiling, M., Tatsuo, H. & Matsuhashi, R., Contribution of rice production to Japanese greenhouse gas emissions applying life cycle assessment as a methodology, University of Tokyo, Tokyo, Japan, 1999.
- Brenttrup, F., Küsters, J., Kuhlmann, H. & Lammel, J. (2001). Application of the Life Cycle Assessment methodology to agricultural production: an example of sugar beet production with different forms of nitrogen fertilizers. *European Journal of Agronomy* 14(3): 221-233.
- Brenttrup, F., Küsters, J., Kuhlmann, H. & Lammel, J. (2004). Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment methodology: I. Theoretical concept of a LCA method tailored to crop production. *European Journal of Agronomy* 20(3): 247-264.
- Brenttrup, F., Küsters, J., Lammel, J., Barraclough, P. & Kuhlmann, H. (2004). Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment (LCA) methodology II. The application to N fertilizer use in winter wheat production systems. *European Journal of Agronomy* 20(3): 265-279.
- Buschbacher, R., Uhl, C. & Serrao, E.A.S. (1988). Abandoned pastures in eastern Amazonia. II. Nutrient stocks in the soil and vegetation. *Journal of Ecology* 76(3): 682-699.
- Casey, J.W. & Holden, N.M., A systematic description and analysis of GHG emissions resulting from Ireland's milk production using LCA methodology, Proceedings of the Fourth International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector, Bygholm, Denmark., 2003.
- Cassman, K.G., Ecological intensification of cereal production systems: yield potential, soil quality, and precision agriculture, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 96, 1999, pp. 5952–5959.
- Cereal Institute Irrigation of corn, Cereal Institute of Thessaloniki, Thessaloniki, 2004.
- CIMMYT, Science for farmers and a better food future., Mexico, 2008, pp. 28.
- Consoli, F., Allen, D., Boustead, I., De Oude, N., Fava, J., Franklin, W., Quay, B., Parrish, R., Perriman, R., Postlethwaite, D., Seguin, J. & Vigon, B., Guidelines for Life Cycle Assessment: A Code of Practice, SETAC., Pesnacula, USA, 1993.
- Cotula, L.e.a. (Ed.) (2009). *Land grab or development opportunity? Agricultural*

Development and International Land Deals in Africa.: FAO and IIED.

CRES, Energy cultivations for the production of solid and liquid biofuels in Greece, Center of Renewable Sources, 2006.

DEFRA (Ed.) (2008). *The Impact of Biofuels on Commodity Prices*. London: HMSO.

DEFRA (Ed.) (2009a). *The 2007/08 Agricultural Price Spikes: Causes and Policy Implications*. London: HMSO.

Denman, K.L., Brasseur, G., Chidthaisong, A., Ciais, P., Cox, P.M., Dickinson, R.E., Hauglustaine, D., Heinze, C., Holland, E., Jacob, D., Lohmann, U., Ramachandran, S., da Silva Dias, P.L., Wofsy, S.C. & Zhang, X. (2007). Couplings between Changes in the Climate System and Biogeochemistry. in: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. & Miller, H.L. (Eds.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK and New York, NY, USA,: Cambridge University Press.

Dioudis, P.S., Filintas, A.T. & Papadopoulos, A.H. (2009). Corn yield response to irrigation interval and the resultant savings in water and other overheads. *Irrigation and Drainage* 58(1): 96-104.

EC (European Commission), DIRECTIVE 2009/23/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 April 2009, EC, 2009.

EC (European Commission). REGIONS 2020 : THE CLIMATE CHANGE CHALLENGE FOR EUROPEAN REGIONS¹. in: Kelemen A., M.W., Poelman H., Gakova Z., & Dijkstra L. and Torighelli B. (Eds.), BACKGROUND DOCUMENT TO COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT SEC(2008) 2868 FINAL REGIONS 2020, AN ASSESSMENT OF FUTURE CHALLENGES FOR EU REGIONS, Brussels, March, 2009.

Edmonds, J.A., Wise, M.A., Sands, R.D., Brown, R.A. & Kheshgi, H. (Eds.) (1996). *Agriculture, land use, and commercial biomass energy: A preliminary integrated analysis of the potential role of biomass energy for reducing future greenhouse related emissions*.

Eide, M. (2002). Life cycle assessment (LCA) of industrial milk production. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 7(2): 115-126.

E-PRTR (European Pollutant Release and Transfer Register), 2008.

EREC (European Renewable Energy Council) (Ed.) (2008). *EREC Position Paper on*

Biofuels: A Critical Energy Source and a Historic Opportunity for the EU.
Brussels: EREC.

EU (European Council), Common Agricultural Policy Council Regulation (EC) No 1782/2003, 2003.

European Biodiesel Board, 2009-2010: EU biodiesel industry restrained growth in challenging times, Bruxelles, 2010.

European bioenergy networks, Country report in Greece, Eubionet - biomass survey in Greece, Greece, 2003.

FAO, Maize: International Market Profile, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Economic and Social Department, Trade and Markets Division, 2006.

FAO (Ed.) (2006). *The State of Food In security in the World*. Rome.

FAO (Ed.) (2008). *The state of Food and Agriculture. Biofuels: prospects, risks and opportunities*,. Rome.

FAO, Crop Prospects and Food Situation, Trade and Markets Division, Rome, 2009.

FAO, Sunflower, Crude and Refined Oil, Rome, Italy, 2010.

FAOSTAT, FAO Statistics Division, 2011.

Fedoroff, N.V. & Cohen, J.E., Plants and population: is there time?, Proceedings of the National Academy of Sciences, USA, 1999, pp. 5903-5907.

Filintas, A.T. (2003). *Cultivation of Maize in Greece : Increase and growth, management, output yield and environmental sequences*. Mitilini, Greece: University if Aegean

Filintas, A.T., Dioudis, P., Hatzopoulos , J. & Karantounias, G., Corn Biomass Spatial Variability Modeling and Drip Irrigation Water Management Effects with the Use of GIS Techniques and Methods. In: HAICTA (Ed.), Proc. of 4thInternational Conference HAICTA 2008 on: Information & Communication Technologies in Bio & Earth Sciences, Athens, Greece, 2008, pp. 78-88.

Filintas, A.T., Dioudis, P., Koutseris, E. & Papadopoulos, A., Soils Nitrates GIS mapping, Irrigation water and applied N-fertilizer effects in soils nitrogen depletion in a drip irrigated experimental field in Thessaly basin, 3rd IASME/WSEAS Int. Conf. on Energy, Environment, Ecosystems and Sustainable Development, Agios Nikolaos, 2007, pp. 487-492.

- Fischer, G., Prieler, S., van Velthuizen, H., Berndes, G., Faaij, A., Londo, M. & de Wit, M. (2010). Biofuel production potentials in Europe: Sustainable use of cultivated land and pastures, Part II: Land use scenarios. *Biomass and Bioenergy* 34(2): 173-187.
- Fischer, G., Prieler, S., van Velthuizen, H., Lensink, S.M., Londo, M. & de Wit, M. (2010). Biofuel production potentials in Europe: Sustainable use of cultivated land and pastures. Part I: Land productivity potentials. *Biomass and Bioenergy* 34(2): 159-172.
- Fischer, G. & Schrattenholzer, L. (2001). Global bioenergy potentials through 2050. *Biomass and Bioenergy* 20(3): 151-159.
- Frank, A., Pinter, G. & Lang, R.W. (2009). Prediction of the remaining lifetime of polyethylene pipes after up to 30 years in use. *Polymer Testing* 28(7): 737-745.
- Frischknecht, R., Bollens, U., Bosshart, S., Ciot, M., Ciser, i.L., Doka, G., Dones, R., Gantner, U., Hischier, R. & Martin, A., Ökoinventare von Energiesystemen: Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Energiesystemen und den Einbezug von Energiesystemen in Ökobilanzen für die Schweiz. in: Gruppe Energie - Stoffe - Umwelt (ESU), E.T.H.Z.u.S.G.S. (Ed.), Paul Scherrer Institut, Villigen, Bundesamt für Energie (Hrsg.), Bern, CH,, 1996.
- Fu, B., Ma, K., Zhou, H. & Chen, L. (1999). The effect of land use structure on the distribution of soil nutrients in the hilly area of the Loess Plateau, China. *Chinese Science Bulletin* 44(8): 732-736.
- Fullana, P. & Puig, R., El análisis de Ciclo de Vida, Barcelona, Spain, 1997.
- Gemtos, T., The production of residues in Greece and the possibility to use them. , Yearbook, Technological Educational Institution of Piraeus, Athens, Greece, 1991.
- Green, M.B. (1976). Energy in Agriculture. *Chemistry and industry* 15641-646.
- Green, R.E., Cornell, S.J., Scharlemann, J.P.W. & Balmford, A. (2005). Farming and the Fate of Wild Nature. *Science* 307(5709): 550-555.
- Greenpeace (Ed.) (2007). *Cooking the Climate*. London: Greenpeace.
- Haas, G., Wetterich, F. & Geier, U. (2000). Life cycle assessment framework in agriculture on the farm level. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 5(6): 345-348.
- Haas, G., Wetterich, F. & Köpke, U. (2001). Comparing intensive, extensified and

- organic grassland farming in southern Germany by process life cycle assessment. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 83(1-2): 43-53.
- Harvey, M. & Pilgrim, S. (2011). The new competition for land: Food, energy, and climate change. *Food Policy* 36, Supplement 1(0): S40-S51.
- Heijungs, R.et.al., Environmental life cycle assessment of products, Guide, October 1992, NOH report 9266, Leiden Netherlands, 1992.
- Holderbeke, M.V., Sanjuan, N. & Geerken, T., The history of bread production: using LCA in the past, Proceedings of the Fourth International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector, Bygholm, Denmark, 2003.
- HTSO, Transmission system energy balance monthly report (March), Athens, 2011.
- Huang, J., Pray, C. & Rozelle, S. (2002). Enhancing the crops to feed the poor. *Nature* 418(6898): 678-684.
- Hulme, M., Barrow, E.M., Arnell, N.W., Harrison, P.A., Johns, T.C. & Downing, T.E. (1999). Relative impacts of human-induced climate change and natural climate variability. *Nature* 397(6721): 688-691.
- International Energy Agency (Ed.) (2008). *World Energy Outlook 2007*. OECD.
- International Energy Agency (Ed.) (2009). *World Energy Outlook 2008*. OECD.
- IPCC (Ed.) (2000). *Special report on emission scenarios*. Cambridge: Cambridge University Press.
- IPCC, Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. in: Houghton, J.T., Ding Y. , Griggs D.J., Noguer M., P.J. van der Linden, Dai X. , Maskell K., and Johnson C.A. (Ed.), 2001, pp. 881.
- IPCC, Synthesis Report : An Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Fourth Assessment Report, Valencia, Spain 2007.
- Iriarte, A., Rieradevall, J. & Gabarrell, X. (2010). Life cycle assessment of sunflower and rapeseed as energy crops under Chilean conditions. *Journal of Cleaner Production* 18(4): 336-345.
- Janzen, H.H. (2004). Carbon cycling in earth systems—a soil science perspective. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 104(3): 399-417.

- Kallivroussis, L., Natsis, A. & Papadakis, G. (2002). RD—Rural Development: The Energy Balance of Sunflower Production for Biodiesel in Greece. *Biosystems Engineering* 81(3): 347-354.
- Karagiannidis, A., Theodoseli, M., Babassi, C. & Samaras, Z., Biofuels market in Greece and the potential role of captive fleets. in: Kungolos A., Aravossis K., Karagiannidis A. & Samaras P. (Eds.), Proceedings of the International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics, Skiathos 2007, pp. 1973-1978.
- Khaledian, M.R., Mailhol, J.C., Ruelle, P., Mubarak, I. & Perret, S. (2010). The impacts of direct seeding into mulch on the energy balance of crop production system in the SE of France. *Soil and Tillage Research* 106(2): 218-226.
- Kong, X., Zhang, F., Wei, Q., Xu, Y. & Hui, J. (2006). Influence of land use change on soil nutrients in an intensive agricultural region of North China. *Soil and Tillage Research* 88(1-2): 85-94.
- Koroneos, C., Roumbas, G., Gabari, Z., Papagiannidou, E. & Moussiopoulos, N. (2005). Life cycle assessment of beer production in Greece. *Journal of Cleaner Production* 13(4): 433-439.
- Lal, R. (2004). Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. *Science* 304(5677): 1623-1627.
- Lashof, D.A. & Tirpak, D.A., Policy options for stabilizing global climate. in: USEPA (Ed.), Hemisphere Publishing Corporation, New York, Washington, Philadelphia, London, 1990.
- Lazarus, M., Greber, L., Hall, J., Bartels, C., Bernow, S., Hansen, E., Raskin, P. & Von Hippel, D. (Eds.) (1993). *Towards a Fossil Free Energy Future*. Stockholm Environmental Institute - Boston Center: Boston.
- Leemans, R., van Amstel, A., Battjes, C., Kreileman, E. & Toet, S. (1996). The land cover and carbon cycle consequences of large-scale utilizations of biomass as an energy source. *Global Environmental Change* 6(4): 335-357.
- Liska, A.J.M. & Perrin, R.K. (2009). Indirect land use emissions in the life cycle of biofuels: regulation vs science. *Biofuels, Bioproducts, and Biorefining*(3): 318-328.
- Lithourgidis, A.S., Tsatsarelis, C.A. & Dhima, K.V. (2005). Tillage effects on corn emergence, silage yield, and labor and fuel inputs in double cropping with wheat. *Crop Science* 45(6): 2523-2528.

- M.E.E.C.C. (Ministry for the environment energy and climate change), National Renewable Energy Plan in The Scope of Directive 2009/28/EC, Athens, 2009.
- M.E.E.C.C. (Ministry for the environment energy and climate change), Regarding promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport in Greece for the period 2005-2010, Athens, 2010.
- M.R.D.F (Ministry of Rural Development and Food), Evolution of corn cultivation, 2011.
- Maibach, M., Peter, D. & Seiler, B. (1999). *Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Transportsystemen und den Einbezug von Transportsystemen in Ökobilanzen*. Zürich: INFRAS.
- Mathews, J.A. (2007). Biofuels: What a Biopact between North and South could achieve. *Energy Policy* 35(7): 3550-3570.
- Mattson, B. & Wallen, E., Environmental LCA of organic potatoes, Proceedings of the 26th International Horticultural Congress, ISHS, Acta Horticulture 691, 2003.
- McIntosh, C.S., Smith, S.M. & Withers, R.V. (1984). Energy balance of on-farm production and extraction of vegetable oil for fuel in the United States' inland northwest. *Energy in Agriculture* 3(0): 155-166.
- Meisterling, K., Samaras, C. & Schweizer, V. (2009). Decisions to reduce greenhouse gases from agriculture and product transport: LCA case study of organic and conventional wheat. *Journal of Cleaner Production* 17(2): 222-230.
- Milà i Canals, L., Contributions to LCA methodology for agricultural systems. *Site - Dependency and soil degradation impact assessment*, University of Barcelona, Barcelona, 2003.
- Mitchell, D. (Ed.) (2008). *A Note on Rising Food Prices. Policy Research Working Paper, No.4682*. Washington, DC.: World Bank, Development Prospects Group.
- Mitchell D., Biofuels in Africa: Prospects for Sustainable Development, World Bank, Draft Report, 2010.
- Mosier, A. & Kroeze, C. (2000). Potential impact on the global atmospheric N₂O budget of the increased nitrogen input required to meet future global food demands. *Chemosphere - Global Change Science* 2(3-4): 465-473.
- Mosier, A.R., Duxbury, J.M., Freney, J.R., Heinemeyer, O., Minami, K. & Johnson, D.E. (1998). Mitigating Agricultural Emissions of Methane. *Climatic Change* 40(1): 39-80.

- Nakicenovic, N., Grubler, A. & McDonald, A., Global energy perspectives: International Institute for Applied Systems Analysis/World Energy Council, Cambridge University Press. 1998.
- Nasser, A.M., Prospects for sugarcane expansion in Brazil: impacts on land use allocation and changes, Presentation at Chatham House, 2009.
- Nemecek, T. & Kägi, T. (Eds.) (2007). *Life Cycle Inventories of Agricultural Production Systems*. Zurich and Dubendorf, Switzerland, Swiss Centre for Life Cycle Inventories.
- Nepstad, D.C., Stickler, C.M. & Almeida, O.T. (2006). Globalization of the Amazon Soy and Beef Industries: Opportunities for Conservation Globalización de las Industrias de Soya y Ganado del Amazonas: Oportunidades para la Conservación. *Conservation Biology* 20(6): 1595-1603.
- Nepstad, D.C.e.a. (2008). Interactions among Amazon land use, forests and climate: prospects for a near-term forest tipping point. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B – Biological Sciences* 363:1737-1746.
- NSSG, Statistical Yearbook of Greece, Athens, 2007.
- Oenema, O., Wrage, N., Velthof, G., Groenigen, J.W., Dolfing, J. & Kuikman, P. (2005). Trends in Global Nitrous Oxide Emissions from Animal Production Systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 72(1): 51-65.
- Panoutsou, C., Namatov, I., Lychnaras, V. & Nikolaou, A. (2008). Biodiesel options in Greece. *Biomass and Bioenergy* 32(6): 473-481.
- Piesse, J. & Thirtle, C. (2009). Three bubbles and a panic: An explanatory review of recent food commodity price events. *Food Policy* 34(2): 119-129.
- Pingali, P.L. & Heisey, P.W., Cereal Crop Productivity in Developing Countries: Past Trends and Future Prospects, Economics Working Papers, 1999
- Porter, J.e.a., 2009, The value of producing food, energy and ecosystem services within an agro-ecosystem, *Ambio* 38, 2009, pp. 186–193.
- RIRDC (Rural industries Research and Development Corporation) (Ed.) (2009). *A literature Review of Life Cycle Assessment in Agriculture*. Barton, Australia: RIRDC.
- Rosillo-Calle, F. & Hall, D.O. (1987). Brazilian alcohol: Food versus fuel? *Biomass* 12(2): 97-128.

- Rosing, L. & Nielsen, A.M., When a hole matters – the story of the hole in a bread from French hotdog, Proceedings of the Fourth International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector, Bygholm, Denmark, 2003.
- Roy, P., Shimizu, N. & Kmura, T. (2005). Life cycle inventory analysis of rice produced by local processes. *Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery* 57(1): 61-67.
- Ruttan, V.W. (1999). The transition to agricultural sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 96(11): 5960-5967.
- Ruttan, V.W. (2002). Productivity Growth in World Agriculture: Sources and Constraints. *Journal of Economic Perspectives* 16(4): 161-184.
- Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R.A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., Tokgoz, S., Hayes, D. & Yu, T.-H. (2008). Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change. *Science* 319(5867): 1238-1240.
- Skoulou, V., Mariolis, N., Zanakis, G. & Zabaniotou, A. (2011). Sustainable management of energy crops for integrated biofuels and green energy production in Greece. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15(4): 1928-1936.
- Smith, P. & Conen, R. (2004). *Engineered biological sinks on land*. Washington D.C.,: Island Press
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O'Mara, F., Rice, C., Scholes, B. & Sirotenko, O., Agriculture in Climate Change 2007. in: Metz B., D.O.R., Bosch P.R. , Dave R. , Meyer L.A., (Ed.), Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA., 2007.
- Spedding, C.R.W. (1975). *the biology of agricultural systems*. London (UK): Academic Press Inc.
- SRES, I., Emissions Scenarios, A special Report of IPCC Working Group III, 2000.
- Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R. & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418(6898): 671-677.
- Touloumis A. G., Biofuels for Transport, Department of Mechanical Engineering, National Technical University of Athens, Athens, 2010, pp. 125.
- Trewavas, A. (2002). Malthus foiled again and again. *Nature* 418(6898): 668-670.

UNDP, Global Maize Production, Environmental Impacts and Sustainable Production Opportunities: A Scoping Paper, 2010.

UNFCCC, List of Annex I Parties to the Convention, 2010.

United Nations, Biofuel production technologies: status, prospects and implications for trade and development, United Nations Conference on Trade and Development, United Nations, New York and Geneva, 2008,

United Nations (Ed.) (2010). *World Population Prospects, 1950–2050*. New York, USA.

Unruh G. C (2000). Understanding carbon lock-in. *Energy Policy* 28(12): 817-830.

USDA, USDA Baseline Projections, 2006,

US-EPA, Global Anthropogenic Non-CO₂ Greenhouse Gas Emissions: 1990 -2020, United States Environmental Protection Agency, Washington D.C., 2006.

Van Oost, K., Govers, G., Quine, T.A. & Heckrath, G. (2004). Comment on "Managing Soil Carbon" (I). *Science* 305(5690): 1567,

Venturi, P. & Venturi, G. (2003). Analysis of energy comparison for crops in European agricultural systems. *Biomass and Bioenergy* 25(3): 235-255.

Watson, R.T., Noble I.R., Bolin, B., Ravindranath N.H., Verardo D.J. & Dokken D.J., Land Use, land-Use Change and Forestry; A Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Geneva, Switzerland 2001.

Weidema B.P., Can resource depletion to be omitted from environmental impact assessment?, Text version of poster presented to the 3rd SETEC World Congress, Brighton UK, 2000.

Wiggins, S. (Ed.) (2008). *Is the Global Food System Broken? Opinions*. Overseas Development Institute.

Williams, A.G., Audsley, E. & D.L., S., Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities., Main Report, Defra Research Project IS0205, Cranfield University and Defra, 2006.

Wirsenius, S., Azar, C. & Berndes, G. (2010). How much land is needed for global food production under scenarios of dietary changes and livestock productivity increases in 2030? *Agricultural Systems* 103(9): 621-638.

Wolf, J., Bindraban, P.S., Luijten, J.C. & Vleeshouwers, L.M. (2003). Exploratory study

- on the land area required for global food supply and the potential global production of bioenergy. *Agricultural Systems* 76(3): 841-861.
- Woods, e.a. (Ed.) (2009). *Future feedstocks for biofuel systems*. SCOPE.
- World Bank, The challenges of high food and fuel prices, Paper to the Commonwealth Finance Ministers Meeting, 2008.
- WWF (Ed.) (2007). *Rain Forest for Biodiesel: Ecological Effects of using Palm Oil as a Source of Energy*,. Frankfurt/Main, WWF Germany.
- Xristou M., Aleksopoulou E., Mardikis M. & Namatov E., Perspectives of energy cultivations in Greek Agriculture, 3 rd National Conference for renewable sources of energy, Athens, 2005.
- Young, A. (1999). Is there Really Spare Land? A Critique of Estimates of Available Cultivable Land in Developing Countries. *Environment, Development and Sustainability* 1(1): 3-18.
- Τσακίριδη Χ., Master, Department of Home Economics and Ecology, Master of Sustainable Development, Xarokopion University Athens, 2010, pp. 264.