



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ & ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΙΑΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΜΣ ΒΙΩΣΙΜΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

«Περιβαλλοντική Αξιολόγηση της Καλλιέργειας Βατόμουρων στη Θεσσαλία»

Διπλωματική Εργασία

Παπαπούλιου Μαρία – Ευφροσύνη



ΑΘΗΝΑ 2016



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

**ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ & ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ**

ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΙΑΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΜΣ ΒΙΩΣΙΜΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Αμπελιώτης Κωνσταντίνος (Επιβλέπων)

**Αναπλ. Καθηγητής, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας & Οικολογίας, Χαροκόπειο
Πανεπιστήμιο**

Δέτσης Βασίλειος

**Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας & Οικολογίας, Χαροκόπειο
Πανεπιστήμιο**

Κωσταρέλλη Βασιλική

**Επίκουρη Καθηγήτρια, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας & Οικολογίας, Χαροκόπειο
Πανεπιστήμιο**

Ο/Η Παπαπούλιου Μαρία-Ευφροσύνη

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

- 1)** Είμαι ο κάτοχος των πνευματικών δικαιωμάτων της πρωτότυπης αυτής εργασίας και από όσο γνωρίζω η εργασία μου δε συκοφαντεί πρόσωπα, ούτε προσβάλει τα πνευματικά δικαιώματα τρίτων.

- 2)** Αποδέχομαι ότι η ΒΚΠ μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μου, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από τη ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφότυπο καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να αποδώσω ευχαριστίες σε όσους προσέφεραν την πολύτιμη βοήθεια τους καθ' όλη την εκπόνησή της.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Αμπελιώτη Κωνσταντίνο για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, τη διαρκή καθοδήγηση του, την υπομονή του, την κατανόησή του και την ενθάρρυνση του. Επίσης, θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για την επίβλεψή του κατά την εκπόνηση και συγγραφή της εργασίας.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον παραγωγό και θείο μου Τσίγκα Δημήτριο για την πολύτιμη βοήθειά του στη συλλογή δεδομένων για την καλλιέργεια βατόμουρων, όπως επίσης, τον παραγωγό Τσίγκα Γεώργιο, ιδιοκτήτη της καλλιέργειας βατόμουρων στο Μουζάκι Καρδίτσας και τη γεωπόνο Μπούγα Βαία για τη βοήθειά τους στη λήψη όλων των πρωτογενών δεδομένων.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω το Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο για τη διάθεση του εργαστηριακού χώρου όπου έγινε η επεξεργασία δεδομένων και διεξήχθησαν τα αποτελέσματα της μελέτης, ενώ ευχαριστίες θα ήθελα να αποδώσω και στα υπόλοιπα δύο μέλη της επιτροπής, Δέτση Βασίλειο και Κωσταρέλλη Βασιλική.

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	8
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	9
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	10
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
ΜΕΡΟΣ Α: ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ.....	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.....	13
1.1. ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ.....	13
1.2. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ.....	14
1.3. ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΒΑΤΟΜΟΥΡΩΝ	17
2.1. ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	17
2.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΥΤΟΥ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	17
2.3. ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ.....	19
2.3.1. ΕΔΑΦΟΣ.....	19
2.3.2. ΚΛΙΜΑ	20
2.3.3. ΑΡΔΕΥΣΗ.....	20
2.3.4. ΛΙΠΑΝΣΗ.....	20
2.3.5. ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΟΜΗΣ.....	21
2.3.6. ΚΛΑΔΕΜΑ.....	21
2.3.7. ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΙΑ.....	22
2.3.8. ΕΧΘΡΟΙ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ	22
2.3.9. ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΗ	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΑΞΙΑ	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΣΥΝΑΦΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ	28

ΜΕΡΟΣ Β: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	42
5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	42
5.2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗΣ ΕΡΕΥΝΑ	42
5.3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ-ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΡΕΥΝΑ.....	42
5.4. SimaPro5	43
5.5. CML2 Baseline 2000	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ.....	44
6.1. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΣΚΟΠΟΥ ΚΑΙ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	44
6.2. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	45
6.3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ	45
6.4. ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	46
6.4.1. ΕΚΤΑΣΗ & ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ ΤΩΝ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΑΓΡΟΚΤΗΜΑΤΩΝ	46
6.4.2. ΠΟΤΙΣΜΑ.....	46
6.4.3. ΛΙΠΑΝΣΗ.....	47
6.4.4. ΚΛΑΔΕΜΑ.....	47
6.4.5. ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	47
6.4.6. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΖΙΖΑΝΙΩΝ.....	48
6.4.7. ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ	48
6.4.8. ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ	49
7.1. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	52
7.2. ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΣΗ	58
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	63
ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	65
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	66
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΕΙΚΟΝΕΣ.....	70
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΠΙΝΑΚΕΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	73

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσης διπλωματικής εργασίας ήταν η περιβαλλοντική αξιολόγηση της καλλιέργειας βατόμουρων στη Θεσσαλία. Στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας εφαρμόστηκε η μέθοδος της Αξιολόγησης Κύκλου Ζωής (AKZ) για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων με τη χρήση του λογισμικού SimaPro5.1 και τη μέθοδο CML Baseline 2000. Αντικείμενο της έρευνας αποτελούν όλες οι δραστηριότητες και οι εισροές που απαιτούνται για την καλλιέργεια των βατόμουρων στο αγρόκτημα, ενώ συμπεριλαμβάνεται και η αποθήκευσή τους μετά τη συγκομιδή.

Για την πραγματοποίηση της εργασίας χρησιμοποιήθηκαν πρωτογενή δεδομένα από δύο καλλιέργειες βατόμουρων. Επιπλέον, παρουσιάστηκαν σχετικές μελέτες που έχουν διεξαχθεί για την περιβαλλοντική αξιολόγηση καλλιεργειών βατόμουρων και συναφών φρούτων της ίδιας οικογένειας σε άλλες χώρες.

Το βασικότερο συμπέρασμα που προέκυψε είναι ότι η άρδευση και η αποθήκευση του προϊόντος είναι οι δύο διεργασίες που προκαλούν τη μεγαλύτερη περιβαλλοντική επιβάρυνση στο εξεταζόμενο σύστημα. Η συνεισφορά τους στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις προέρχεται από τη χρήση πολυαιθυλενίου για την κατασκευή του σωλήνα άρδευσης και των μπολ αποθήκευσης του προϊόντος, όπως επίσης, από τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας και κατά συνέπεια της εξόρυξης και της χρήσης ορυκτών πόρων.

Η αντικατάσταση του πολυαιθυλενίου με ένα υλικό πιο φιλικό στο περιβάλλον θα αποτελούσε την ιδανική λύση για την ελαχιστοποίηση της συνεισφοράς αυτών των δύο δραστηριοτήτων στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Από την άλλη, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα μπορούσε να συμβάλλει σημαντικά στη βελτίωση του συστήματος, ώστε να γίνει περισσότερο περιβαλλοντικά φιλικό.

Λέξεις Κλειδιά: περιβαλλοντική αξιολόγηση, AKZ, βατόμουρα, καλλιέργεια, Θεσσαλία

ABSTRACT

The aim of this study was the environmental life cycle assessment of blackberries' cultivation in Thessaly. In the context of this work, the method of Life Cycle Assessment (LCA) was applied to estimate the environmental impacts with the use of the SimaPro 5 software and the CML 2 baseline 2000 method. The objective of the study is all activities and inputs required for the cultivation of blackberries in the farm, including the storage after harvesting.

Primary data were used from two farms, cultivating blackberries. Furthermore, relevant studies were presented, which have been conducted for the environmental assessment of blackberry crops and similar fruit of the same family in other countries.

The main conclusion is that the irrigation and the storage of the product are the two processes that cause the greatest environmental damage in the examined system. Their contribution to the environmental impacts is a result of the use of polyethylene in the construction of the irrigation pipe and the product's bowls of storage, as well as the usage of electricity and consequently, the extraction and use of mineral resources.

The replacement of the polyethylene with a more environmentally friendly material would be an ideal solution to minimize the contribution of these two processes in environmental impacts. On the other hand, the use of renewable energy sources could significantly contribute to improve the system and make it more environmentally friendly.

Keywords: environmental assessment, LCA, blackberries, cultivation, Thessaly

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικ.5.1.: Βασικά Όρια του συστήματος στην παραγωγή φρούτων.....	30
Εικ.6.1: Οριοθέτηση του συστήματος.....	45
Εικόνα Π.1: Αγρόκτημα Α πριν την υποστύλωση των φυτών κατά τον πρώτο χρόνο καλλιέργειας.....	70
Εικόνα Π.2.: Αγρόκτημα Α μετά την υποστύλωση των φυτών.....	70
Εικόνα Π.3: Αγρόκτημα Α.....	71
Εικόνα Π.4.: Καρποί βατόμουρων	71
Εικόνα Π.5.: Καρποί βατόμουρων	72

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίν.7.1.: Χαρακτηρισμός ανά κατηγορία επιπτώσεων για το Β αγρόκτημα.....	54
Πίν.7.2.: Χαρακτηρισμός ανά κατηγορία επίπτωσης με ποσοστά % για το Β αγρόκτημα.....	55
Πίν.7.3: Κανονικοποίηση ανά κατηγορία επίπτωσης για το Β αγρόκτημα.....	60
Πίν.1: Καταγραφή δεδομένων για το Α αγρόκτημα	73
Πίν.2: Καταγραφή δεδομένων για το Β αγρόκτημα.....	74

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 7.1.: Χαρακτηρισμός ανά κατηγορία επιπτώσεων για το Β αγρόκτημα	53
Διάγραμμα 7.2.: Κανονικοποίηση ανά κατηγορία επίπτωσης για το Β αγρόκτημα	59

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διπλωματική μελέτη αποτελεί μία περιβαλλοντική αξιολόγηση κύκλου ζωής προϊόντος. Πιο συγκεκριμένα, στόχος της εργασίας είναι να αξιολογηθεί περιβαλλοντικά η καλλιέργεια των βατόμουρων στη Θεσσαλία, εξετάζοντας όλα τα στάδια που ακολουθούνται και λαμβάνοντας υπόψη όλες τις αναγκαίες εισροές και εκροές για την παραγωγή τους. Το εργαλείο που χρησιμοποιείται για την αποτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι η μεθοδολογία Life Cycle Assessment (LCA) ή αλλιώς Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) στην ελληνική ορολογία. Η ΑΚΖ αποτελεί ένα εργαλείο περιβαλλοντικής διαχείρισης και λήψης αποφάσεων που συμβάλλει ουσιαστικά στη βιώσιμη ανάπτυξη, στην πρόληψη της ρύπανσης και στην εξοικονόμηση φυσικών πόρων.

Η εργασία αποτελείται από μία θεωρητική προσέγγιση των βατόμουρων και της καλλιέργειάς τους, ενώ ακολουθεί η μελέτη περίπτωσης με τα αποτελέσματά της. Οι θεματικές ενότητες διαπραγματεύονται θέματα όπως τα επικρατέστερα γεωργικά συστήματα παραγωγής, ορισμένα γενικά στοιχεία για τα βατόμουρα ως φρούτα, καλλιεργητικές τεχνικές τους και διατροφική αξία.

Πιο αναλυτικά, στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μία εισαγωγή στα γεωργικά συστήματα παραγωγής. Συγκεκριμένα, γίνεται αναφορά στη συμβατική γεωργία, τη βιολογική γεωργία και το ολοκληρωμένο σύστημα παραγωγής, καταγράφοντας βασικές έννοιες και στόχους. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται λόγος για την καλλιέργεια βατόμουρων, σύμφωνα με βιβλιογραφικές αναφορές. Αρχικά, παρουσιάζεται μία ιστορική αναδρομή, ενώ στη συνέχεια γίνεται μια περιγραφή του φυτού με τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του. Το κεφάλαιο καταλήγει με τις καλλιεργητικές φροντίδες που απαιτούνται για την ανάπτυξη του φυτού, όπως αναφέρονται στη βιβλιογραφία. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μία σύντομη παρουσίαση της διατροφικής αξίας των βατόμουρων και της σημασίας τους για την ανθρώπινη υγεία και ευημερία. Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται μία ανασκόπηση μελετών σχετικές με την εφαρμογή της Αξιολόγησης Κύκλου Ζωής στην καλλιέργεια φρούτων για την εκτίμηση περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων.

Τα επόμενα κεφάλαια που ακολουθούν αφορούν τη μελέτη περίπτωσης της εργασίας. Το πέμπτο κεφάλαιο αφορά τη μεθοδολογία έρευνας, συμπεριλαμβάνοντας της πηγές των πληροφοριών και των δεδομένων, ενώ καταγράφονται το λογισμικό και η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκαν. Στο έκτο κεφάλαιο καθορίζονται ο σκοπός της μελέτης, το αντικείμενό της, τα όρια του συστήματος και η λειτουργική μονάδα, ενώ καταγράφονται τα δεδομένα και οι παραδοχές του συστήματος. Στο έβδομο κεφάλαιο γίνεται η καταγραφή των αποτελεσμάτων από την εφαρμογή της μεθοδολογίας.

Τέλος, ακολουθεί η καταγραφή συμπερασμάτων και προτάσεων που προέκυψαν από τα αποτελέσματα της μελέτης των αγροκτημάτων, στα οποία εφαρμόστηκε η περιβαλλοντική αξιολόγηση.

ΜΕΡΟΣ Α: ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

1.1. Συμβατική Γεωργία

Μετά την Πράσινη Επανάσταση, ο τρόπος καλλιέργειας της γης άλλαξε ριζικά. Η συμβατική γεωργία πρόκειται για την εντατική μορφή γεωργίας που συνοδεύεται από εκτεταμένη εκμετάλλευση φυσικών πόρων, μεγάλες ποσότητες χημικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, εκμηχάνιση, μονοκαλλιέργεια και υψηλή παραγωγικότητα. Σκοπός της είναι η μεγιστοποίηση της παραγωγής και του κέρδους, αδιαφορώντας για τις μελλοντικές επιπτώσεις στους φυσικούς πόρους, δηλαδή στο έδαφος, στο νερό και στον αέρα. Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο, έχει συνδεθεί με μια σειρά προβλημάτων, περιβαλλοντικών και όχι μόνο (Γεωργόπουλος, 2006; Κουτσός, 2010).

Καταρχήν, ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα της συμβατικής γεωργίας είναι η εξάντληση των υπόγειων αποθεμάτων νερού και η ρύπανσή τους από τα χρησιμοποιούμενα λιπάσματα και φυτοφάρμακα. Επιπλέον, η χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων δεν είναι επιβλαβής μόνο στα υπόγεια, αλλά και στα επιφανειακά ύδατα, ενώ είναι υπεύθυνα για τη μεταφορά νιτρικών αλάτων μέσα στο ανθρώπινο σώμα. Κάτι άλλο που παρατηρείται στις εντατικά καλλιεργούμενες εκτάσεις είναι η απώλεια επιφανειακού χώματος εξαιτίας της διάβρωσης του εδάφους. Επίσης, καταναλώνονται τεράστια ποσοστά ενέργειας, ενώ απαιτείται η χρήση ορυκτών καυσίμων για τις περισσότερες εισροές του συστήματος, όπως η λειτουργία των αγροτικών μηχανημάτων, η μεταφορά των προϊόντων, η εξόρυξη και η παρασκευή λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Ένα ακόμα πρόβλημα της συμβατικής γεωργίας αποτελεί το κόστος των μεταφορών για τη διανομή των προϊόντων, ενώ η αύξηση του κόστους των λιπασμάτων, των φυτοφαρμάκων, της γης και των καυσίμων έχει επιβαρύνει σημαντικά τους αγρότες. Τέλος, οι μονοκαλλιέργειες αποτελούνται από υβρίδια, τα οποία είναι ευάλωτα σε έντομα και ασθένειες, καθώς μειώνεται η γενετική ποικιλότητα των παραδοσιακών ποικιλιών. Να σημειωθεί ότι τα τρόφιμα εντατικής καλλιέργειας έχουν χάσει μεγάλη ποσότητα θρεπτικών σε σύγκριση με τα παραδοσιακά (Γεωργόπουλος, 2006).

Κάθε χρόνο, περίπου 10 εκατομμύρια εκτάρια καλλιεργήσιμης γης χάνονται λόγω της διάβρωσης του εδάφους, μειώνοντας έτσι τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις που διατίθενται για παραγωγή τροφίμων παγκοσμίως. Η απώλεια καλλιεργήσιμων εκτάσεων είναι ένα σοβαρό πρόβλημα, αφού όπως αναφέρεται από τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας, τα δύο τρίτα του παγκόσμιου πληθυσμού είναι υποσιτισμένα. Συνολικά, χάνεται έδαφος από γεωργικές περιοχές 10 έως 40 φορές ταχύτερα από τον ρυθμό που μπορεί να αναπληρωθεί. Ως αποτέλεσμα της διάβρωσης του εδάφους, κατά τη διάρκεια των τελευταίων 40 ετών, περίπου το 30% των καλλιεργήσιμων εκτάσεων παγκοσμίως έχει καταστεί μη παραγωγικό και ένα μεγάλο μέρος έχει εγκαταλειφθεί για καλλιέργειες. Εκτιμάται ότι περίπου 75 δισεκατομμύρια τόνοι γόνιμου εδάφους χάνονται από τα γεωργικά συστήματα κάθε χρόνο. Η καθαρή αρόσιμη επέκταση της καλλιεργήσιμης γης στις αναπτυσσόμενες χώρες, προβλέπεται να μειωθεί από περίπου 5 εκατομμύρια εκτάρια σε λιγότερο από 3,8 εκατομμύρια εκτάρια έως το 2030 (Pimentel and Burgess, 2013; FAO, 2003).

1.2. Βιολογική Γεωργία

Η βιολογική, ή αλλιώς οργανική¹, γεωργία είναι ένα σύστημα παραγωγής που βασίζεται σε χαμηλές εξωτερικές εισροές, συντηρώντας την υγεία των εδαφών, των οικοσυστημάτων και των ανθρώπων. Βασίζεται σε οικολογικές διαδικασίες, στη βιοποικιλότητα και στους κύκλους, προσαρμοσμένοι στις τοπικές συνθήκες παρά στη χρήση εισροών με αρνητικές επιπτώσεις. Συνδυάζει την παράδοση, την καινοτομία και την επιστήμη προς όφελος του κοινού περιβάλλοντος, ενώ προωθεί τις δίκαιες σχέσεις και μία καλή ποιότητα ζωής για όλους τους εμπλεκόμενους (IFOAM, 2005).

Σύμφωνα με την IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements) 1994, οι βασικοί στόχοι – αρχές της βιολογικής γεωργίας είναι οι ακόλουθοι:

- Η παραγωγή τροφής υψηλής θρεπτικής αξίας σε επαρκή ποσότητα

¹ Ο όρος «βιολογική» επικρατεί στην Ελλάδα, τη Γαλλία, την Ιταλία, την Πορτογαλία και την Ολλανδία, ενώ ο όρος «οργανική» επικρατεί στις αγγλόφωνες χώρες και την Ευρωπαϊκή Ένωση. Στη Δανία, τη Γερμανία και την Ισπανία έχει επικρατήσει ο όρος «οικολογική» (Σιάρδος, 2002).

- Ο εποικοδομητικός και ζωτικός τρόπος αλληλεπίδρασης με όλα τα φυσικά συστήματα του κύκλου
- Η ενθάρρυνση και η αύξηση των βιολογικών κύκλων στα γεωργικά συστήματα, συμπεριλαμβανομένων των μικροοργανισμών, της εδαφικής χλωρίδας και πανίδας, των φυτών και των ζώων
- Η μακροπρόθεσμη διατήρηση και αύξηση της γονιμότητας του εδάφους
- Η χρήση, όσο είναι δυνατόν, ανανεώσιμων πηγών στα γεωργικά συστήματα
- Η χρήση επαναχρησιμοποιήσιμων ή ανακυκλώσιμων υλικών
- Η εργασία μέσα σε, όσο το δυνατό, κλειστά συστήματα σε σχέση με την οργανική ουσία και τα θρεπτικά στοιχεία
- Η προσφορά τέτοιων συνθηκών στα ζώα εκτροφής, ώστε να αναπτύξουν βασικές πτυχές της έμφυτης συμπεριφοράς τους
- Ο περιορισμός όλων των μορφών ρύπανσης που προέρχονται από γεωργικές πρακτικές
- Η διατήρηση της γενετικής ποικιλομορφίας των γεωργικών συστημάτων, συμπεριλαμβάνοντας την προστασία των φυτών και των άγριων ζώων
- Η κάλυψη των βασικών αναγκών των παραγωγών και διαβίωση σύμφωνα με τα ανθρώπινα δικαιώματα
- Η εξέταση του ευρύτερου κοινωνικού και οικολογικού αντίκτυπου των αγροοικοσυστημάτων

Αυτό που διακρίνει τη βιολογική γεωργία είναι η εστίαση στον τρόπο διαχείρισης. Κατά την άσκησή της, ο παραγωγός συνεργάζεται με τη φύση και αναπτύσσει τις κατάλληλες διεργασίες κατά την παραγωγική διαδικασία. Οι πρακτικές της βιολογικής γεωργίας στοχεύουν στον περιορισμό της ανθρώπινης παρέμβασης στο ελάχιστο, περιορίζοντας έτσι και τις αντίστοιχες επιπτώσεις στο περιβάλλον (Σιάρδος, 2002). Ενδεικτικά, ορισμένες από τις πρακτικές είναι η καλλιέργεια «ζωντανού» εδάφους με μεγάλη ποικιλότητα πανίδας και μικροοργανισμών, αμειψισπορά και αγρανάπαυση, ήπια κατεργασία εδάφους, βιολογικός έλεγχος παρασίτων, λίπανση με κοπριά σύμφωνα με τις κατάλληλες οδηγίες και πολυκαλλιέργειες με κριτήρια την υγεία και τη βιωσιμότητα του γεωργικού οικοσυστήματος (Γεωργόπουλος, 2006).

Οι θετικές επιδράσεις της βιολογικής γεωργίας είναι περιβαλλοντικές, αγρονομικές, οικονομικές και κοινωνικές. Ωστόσο, υπάρχουν και κάποιες αρνητικές επιπτώσεις, όπως η

μείωση της απόδοσης των καλλιεργειών και η μικρότερη παραγωγή ανά μονάδα γης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το κόστος ανά μονάδα προϊόντος να είναι μεγαλύτερο. Επιπλέον, στη βιολογική γεωργία συναντώνται ορισμένοι περιορισμοί, όπως ο υψηλός βαθμός αβεβαιότητας, η έλλειψη πληροφόρησης και η σπάνια θεσμική υποστήριξη (Σιάρδος, 2002).

1.3. Ολοκληρωμένο Σύστημα Παραγωγής

Η ολοκληρωμένη διαχείριση καλλιεργειών, αποτελεί έναν τρόπο γεωργικής παραγωγής ο οποίος βρίσκεται μεταξύ της βιολογικής και της συμβατικής γεωργίας. Αποτελεί μια ολιστική άποψη της γεωργίας που εκφράζει τη βαθιά αλληλεξάρτηση μεταξύ ζώντων οργανισμών της γεωργικής εκμετάλλευσης, της παραγωγής και του συνολικού περιβάλλοντος (Mannion, 1995). Σύμφωνα με την IOBC 2004 (International Organisation for Biological and Integrated Control), ολοκληρωμένη παραγωγή/γεωργία είναι ένα αγροτικό σύστημα που παράγει υψηλής ποιότητας τροφίμων και άλλα προϊόντα με τη χρήση των φυσικών πόρων και τη ρύθμιση των μηχανισμών με σκοπό την αντικατάσταση των ρυπογόνων εισροών και την εξασφάλιση μίας βιώσιμης γεωργίας. Δίνεται έμφαση σε μια προσέγγιση ολιστικών συστημάτων που αφορούν το σύνολο της γεωργικής εκμετάλλευσης ως βασικής μονάδας, στον κεντρικό ρόλο των αγρο-οικοσυστημάτων, στους ισορροπημένους κύκλους θρεπτικών συστατικών και στην ευημερία όλων των ειδών στην κτηνοτροφία. Οι βιολογικές, τεχνικές και χημικές μεθόδους εξισορροπούνται προσεκτικά, λαμβάνοντας προσεκτικά υπόψη την προστασία του περιβάλλοντος, την κερδοφορία και κοινωνικές απαιτήσεις.

Στην Ελλάδα, εφαρμόζεται το Σύστημα Ολοκληρωμένης Διαχείρισης σύμφωνα με τα πρότυπα AGRO 2.1 & AGRO 2.2. Το AGRO 2.1 περιλαμβάνει τις γενικές απαιτήσεις στο σύνολο της γεωργίας που μπορούν να επιθεωρηθούν αντικειμενικά, ενώ αποτελεί το σύνολο των αρχών για την πιστοποίηση του Συστήματος Ολοκληρωμένης Διαχείρισης που είναι εφαρμόσιμο σε κάθε γεωργική εκμετάλλευση ανεξάρτητα από κάθε είδος της παραγωγικής της κατεύθυνσης. Το AGRO 2.2 περιγράφει τις τεχνικές και νομικές απαιτήσεις του συστήματος στη φυτική παραγωγή που συνοδεύουν το πρότυπο AGRO 2.1, δηλαδή περιλαμβάνει τους γενικούς κανόνες ορθής γεωργικής πρακτικής και τα συνοδευτικά μέτρα φιλοπεριβαλλοντικής άσκησης της γεωργίας (φυτικής παραγωγής), ώστε να παράγονται ασφαλή και ποιοτικά προϊόντα και να επιτυγχάνεται η άριστη διαχείριση του περιβάλλοντος (www.agrocert.gr).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΒΑΤΟΜΟΥΡΩΝ

2.1. Ιστορικά Στοιχεία

Η παραγωγή βατόμουρου έχει λάβει μεγάλη έμφαση και σημασία τα τελευταία δέκα χρόνια, αυξάνοντας δραματικά την καλλιέργειά του. Η παρουσία απολιθωμάτων αποδεικνύουν ότι τα βατόμουρα ήταν μέρος της καθημερινής διατροφής των ανθρώπων στα αρχαία χρόνια, ενώ συναντώνται σε πολλά έργα τέχνης και απεικονίσεις εκείνης της εποχής. Σημαντικό αποτελεί το γεγονός ότι αναφέρονται σε έργα του Αισχύλου (525-456 π.Χ.), όπως επίσης, ο Ιπποκράτης (460-375 π. Χ.) συνιστούσε φύλλα και βλαστούς του φυτού ως μέρος για κατάπλασμα πληγών. Επιπλέον, ο Διοσκουρίδης συνιστά το αφέψημα των κορυφών του φυτού για την αντιμετώπιση κοιλιακών νοσημάτων, εσωτερικών πληγών στη στοματική κοιλότητα, για τη στερέωση των ούλων με το μάσημα των φύλλων και την αντιμετώπιση των κονδυλωμάτων και των αιμορροΐδων. Πρότεινε, ακόμη, το χυλό του καρπού για στομαχικά και κοιλιακά νοσήματα, το ξύδι που έβγαζαν από τους καρπούς για τον ερεθισμένο λαιμό και τον βήχα, το σιρόπι των καρπών για την πρόληψη της συσσώρευση πλάκας στους αυχένες των δοντιών, ενώ τη ρίζα του φυτού την χρησιμοποιούσαν ως στυπτικό, αντιαρθρικό, διουρητικό και υποτασικό βότανο (Finn and Clark, 2012).

Τα δύο μεγάλα κέντρα προέλευσης των άγριων βατόμουρων είναι η Βόρεια Αμερική και η Ευρώπη. Από το 1600, τα βατόμουρα είχαν αρχίσει να αναφέρονται σε βιβλία κηπουρικής, ενώ μέχρι το 1800 είχε αρχίσει να αναπτύσσεται το ενδιαφέρον εξημέρωσης και αναπαραγωγής τους. Η Αμερική έχει τη μεγαλύτερη παραγωγή (65%) με το 32% να παράγεται στο Μεξικό, ενώ από το 2002 έως το 2004, η παραγωγή τους διπλασιάστηκε. Η Ευρώπη είναι η δεύτερη πιο παραγωγική περιοχή, με τη Σερβία να αντιπροσωπεύει το 69% της ευρωπαϊκής παραγωγής, ενώ στην τρίτη θέση έρχεται η Ασία με την Κίνα να αντιπροσωπεύει το σύνολο της ασιατικής παραγωγής (Δεκάζος, 1991; Finn and Clark, 2012).

2.2. Περιγραφή φυτού και μορφολογικά χαρακτηριστικά

Η βατομουριά ανήκει στην οικογένεια των ροδιίδων (Rosaceae), στο γένος *Rubus* και υπογένος *Eubatus*. Η λατινική ονομασία είναι *Rubus Fruticosus* (Ρούβος ο θαμνώδης), ενώ το συναντούμε με τα ονόματα βάτος, άγριος βάτος, χαμαίβατος, μοραντζίδα, βατσινιά σε Ήπειρο

και Κύθηρα και Βαβάτσινα στην Κύπρο. Ο βάτος ευδοκimei στην Ευρώπη και λόγω του ότι το υπογένος *Eubatus* περιλαμβάνει είδη που προέρχονται από διασταυρώσεις, είναι δύσκολη η ταξινόμησή τους. Υπάρχουν τόσο έρποντα όσο και ορθόκλαδα φυτά, όπως επίσης, αιθαλή και φυλλοβόλα. Τα ορθόκλαδα πολλαπλασιάζονται με παραφυάδες και μοσχεύματα ριζών, ενώ τα έρποντα με καταβολάδες και μοσχεύματα βλαστών. Τα ορθόκλαδα αναπτύσσονται χωρίς υποστύλωση, σε αντίθεση με τα έρποντα που φέρουν έρπουσες κληματίδες, οι οποίες υποστηρίζονται με μία σειρά σύρμα ή με δύο ή τρεις σειρές σύρματος, δεμένες σε πασσάλους. Οι δύο τύποι παρουσιάζουν, επίσης, και διαφορές στα χαρακτηριστικά του καρπού (Δεκάζος, 1991; Βασιλακάκης, 1997; Finn and Clark, 2012).

Σε γενικές γραμμές, το συναντούμε συνήθως σαν αναρριχώμενο φυτό με αγκάθια. Τα φυτά χωρίς αγκάθια είναι φυτά με αναμειγμένο γενετικό υλικό, οι οποίες ποικιλίες αποκαλούνται χίμαιρες. Τον πρώτο χρόνο έχει συνήθως μόνο φύλλα, ενώ τον δεύτερο εμφανίζονται τα άνθη και οι καρποί, τα γνωστά βατόμουρα. Η παραγωγή αυξάνεται μέχρι το τέταρτο και πέμπτο έτος και παραμένει σταθερή για 5 με 7 χρόνια. Η παραγωγική ζωή μιας καλλιέργειας βατόμουρων είναι 12-13 έτη. Τα φύλλα του είναι πτεροειδή, αποτελούνται από 3 ή 5 τριχωτά και σκληρά φυλλάκια και η γεύση τους είναι στυπτική. Όσον αφορά τα άνθη του, είναι μικρά, λιλά, ροζ ή λευκά. Το ριζικό τους σύστημα είναι πολυετές, ενώ οι κληματίδες τους είναι διετείς, οι οποίες μπορούν να φτάσουν μέχρι και τα 5 μέτρα. Επιπλέον, είναι ένα φυτό που διανύει περίοδο λήθαργου και μάλιστα, διαφορετικά είδη βατόμουρων έχουν διαφορετική περίοδο λήθαργου. Αυτό σημαίνει ότι απαιτούν διαφορετικά διαστήματα με χαμηλές θερμοκρασίες για τη διακοπή του και εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες στις οποίες έχει προσαρμοστεί το κάθε είδος (Δεκάζος, 1991; Βασιλακάκης, 1997; Finn and Clark, 2012).

Τα βατόμουρα μπορούν να καλλιεργηθούν σε εύκρατες περιοχές, καθώς αποδίδουν καλύτερα σε καλά σταγγιζόμενα, γόνιμα εδάφη με επαρκή υγρασία, δηλαδή σε περιοχές με ήπιους χειμώνες και καλοκαίρια (Finn and Clark, 2012). Ο βάτος είναι ευρέως διαδεδομένος σε θαμνώδεις περιοχές και δάση σε όλη την Ευρώπη, ενώ στην Ελλάδα συναντάται σε άγρια κατάσταση σε τοιχώματα και φράκτες. Οι ποικιλίες βατόμουρου που προωθούνται στη χώρα μας σύμφωνα με την αριθ. 136473/8.3.2011 (ΥΕΚ Β' 468/24.3.2011) απόφαση είναι οι *rubus fruticosus*, *ursinus fruticosus*, *daeus occidentalis*, *rubus idaeus*, *vaccinium corymbosum*, καθώς και οι υβριδικές μορφές τους (Βασιλακάκης, 1997).

2.3. Καλλιεργητικές φροντίδες

Τα βατόμουρα παρουσιάζουν δυσκολία ως προς τη διάθεσή τους, καθώς είναι πολύ ευαίσθητοι καρποί. Αυτό δυσχεραίνει τη συστηματική τους καλλιέργεια, με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν πολλά δεδομένα στον ελλαδικό χώρο. Το γεγονός, όμως, ότι έχουν μεγάλη προσαρμοστικότητα σε πλήθος εδαφών, τα τοποθετούν μεταξύ των αξιόλογων επιλογών ανάμεσα στις μοντέρνες καλλιέργειες (Βασιλακάκης, 1997).

Είναι πολύ σημαντικό κατά την εγκατάσταση μιας φυτείας, να έχει εξασφαλιστεί η διάθεση του προϊόντος στην αγορά. Επίσης, κάποιοι ακόμα παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι οι εξής (Βασιλακάκης, 1997):

- Η επιλογή της κατάλληλης ποικιλίας, διότι θα επηρεάσει την καρπόδεση, τον τρόπο συγκομιδής και την εμπορευσιμότητα του καρπού.
- Η άρδευση της φυτείας
- Τα έξοδα της συγκομιδής και η μεταχείριση του καρπού μετά τη συλλογή
- Η φροντίδα που πρέπει να επιδείξει ο γεωργός για την καλή ανάπτυξη των φυτών. Σ' αυτή περιλαμβάνεται το κλάδεμα το κλάδεμα μόρφωσης και καρποφορίας, η καλλιέργεια του εδάφους, η ζιζανιοκτονία και η φυτοπροστασία.

2.3.1. Έδαφος

Όπως έχει προαναφερθεί, τα βατόμουρα μπορούν να καλλιεργηθούν σε εδάφη που διαφέρουν πολύ μεταξύ τους, καθώς δεν έχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις. Ωστόσο, μπορούν να αποδώσουν καλύτερα σε ελαφριά, δροσερά και καλά αποστραγγισμένα εδάφη. Επιπλέον, προτιμούνται τοποθεσίες με καλή κυκλοφορία του αέρα και προστασία από τον παγετό, ενώ προτιμούνται εδάφη με βαθιά και σταθερή υγρασία. Ένα έδαφος κατάλληλο για καλλιέργεια φυτείας πρέπει να έχει pH 5,5-6,5, ώστε να δώσει τις άριστες συνθήκες. Να σημειωθεί ότι τα φυτά δύσκολα αντέχουν σε γρήγορα αποξηραμένα εδάφη και σε εδάφη με μεγάλη περιεκτικότητα σε άργιλο ή ασβέστιο. Τέλος, είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ότι τα βατόμουρα είναι ευπαθή στο βερτιτσίλλιο, πράγμα που σημαίνει ότι δεν μπορούν να φυτευτούν σε αγρούς μετά από καλλιέργεια ντομάτας, πατάτας και μελιτζάνας, διότι είναι πολύ πιθανό να είναι μολυσμένοι (Δεκάζος, 1991; Κούκος, 2000; Finn and Clark, 2012).

2.3.2. Κλίμα

Οι φυτείες βατόμουρων είναι αρκετά ανθεκτικές, αφού ορισμένες ποικιλίες μπορούν να αντέξουν ακόμα και στους -23°C , ενώ απαιτούν χειμωνιάτικο ψύχος για να βγουν από τον λήθαργο. Είναι ικανές να αντέξουν τους ανοιξιάτικους παγετούς, καθώς οι πρώτοι ανθοφόροι οφθαλμοί σχηματίζονται από τον Απρίλιο. Ωστόσο, είναι ευαίσθητα στους ισχυρούς ανέμους, αφού ζεστοί και ξηροί άνεμοι μπορούν να ελαττώσουν τόσο την καρπώδηση όσο και την παραγωγή. Επίσης, σε υψηλές καταστάσεις υγρασίας, η παραγωγή μπορεί να μηδενιστεί αν δεν ελεγχθεί το ωΐδιο² (Δεκάζος, 1991; Κούκος, 2000).

2.3.3. Άρδευση

Παρόλο που η βατομουριά πρόκειται για ένα φυτό που αντέχει την παρατεταμένη ξηρασία, στις εμπορικές ποικιλίες η άρδευση κρίνεται απαραίτητη, ιδιαίτερα κατά το πρώτο έτος εγκατάστασης της φυτείας και κατόπιν στις περιόδους αύξησης τους. Η μη επαρκής ποσότητα νερού είναι πιθανό να οδηγήσει σε μείωση της απόδοσης του φυτού, αλλά και μείωση του μεγέθους του καρπού. Συγκεκριμένα, η έλλειψη νερού κατά τους μήνες της άνοιξης μπορεί να επηρεάσει την αύξηση του καρπού, ενώ έλλειψη κατά την υπόλοιπη περίοδο, μπορεί να έχει αρνητική επιρροή στην παραγωγή της επόμενης χρονιάς. Η σωστή άρδευση κρίνεται απαραίτητη ειδικά κατά το πρώτο έτος της εγκατάστασης της φυτείας, αφού μπορεί να επηρεάσει την απόδοση της φυτείας καθ' όλη την διάρκεια της ζωής της. Κατά την ξηρή περίοδο, δηλαδή τέλος άνοιξης αρχές καλοκαιριού, η άρδευση πρέπει να γίνεται εβδομαδιαία με 25mm νερού για κάθε εφαρμογή ποτίσματος (Δεκάζος, 1991; Βασιλακάκης, 1997; Κούκος, 2000).

2.3.4. Λίπανση

Πριν τη φύτευση εφαρμόζεται στο έδαφος η κατάλληλη για την καλλιέργεια λίπανση, όπως και η ενσωμάτωση μίας ποσότητας οργανικής ουσίας. Συνήθως εφαρμόζεται οργανική λίπανση με προσθήκη κοπριάς (4-5 τόνοι ανά στρέμμα), καθώς και ανόργανη λίπανση με φώσφορο (12

² Ασθένεια που προκαλείται από τον παθογόνο μύκητα *Sphaerotheca humuli* και εμφανίζεται με νανισμό και περιέλιξη των κορυφαίων φύλλων, νωρίς την άνοιξη. Επιβάλλεται η χρήση κατάλληλων ωιδιοκτόνων (Δεκάζος, 1991; Βασιλακάκης, 1997).

μονάδες ανά στρέμμα) και κάλιο (20 μονάδες ανά στρέμμα). Τις μεγαλύτερες απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία τα βατόμουρα τις έχουν από την έναρξη της ανθοφορίας έως την περίοδο βλάστησης των νέων κληματίδων. Αν τα φυτά αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια του προηγούμενου φθινοπώρου ή χειμώνα, δεν απαιτείται επιπλέον λίπανση μέχρι τον τελευταίο Φεβρουάριο ή Μάρτιο. Στη συνέχεια, μπορεί να προστεθεί λίπασμα 8-8-8 σε κάθε φυτό. Η ετήσια λίπανση που πρέπει να γίνεται είναι 6 μονάδες αζώτου για τα τρία πρώτα χρόνια και κατόπιν, 10 μονάδες αζώτου, 6 μονάδες φωσφόρου και 12 μονάδες καλίου. Οι δόσεις πρέπει να επαναλαμβάνονται κάθε 8-10 εβδομάδες μέχρι νωρίς το Σεπτέμβριο. Να σημειωθεί ότι η λίπανση είναι άμεσα εξαρτημένη από τη γονιμότητα και τις ιδιαιτερότητες του εδάφους, τις κλιματικές συνθήκες και την ίδια την καλλιέργεια (Δεκάζος, 1991; Βασιλακάκης, 1997).

2.3.5. Διαμόρφωση κόμης

Τόσο στις ορθόκλαδες ποικιλίες όσο και στις έρποντες ποικιλίες, πραγματοποιείται διαμόρφωση της κόμης. Όσον αφορά τις ορθόκλαδες ποικιλίες, τα φυτά διαμορφώνονται είτε σε σχήμα θάμνου είτε σε παλμέττα, δηλαδή δίκλωνη διαμόρφωση. Στην περίπτωση που τα φυτά κλαδεύονται σε σχήμα θάμνου, δε χρειάζονται καμία υποστύλωση, ενώ στη δίκλωνη διαμόρφωση απαιτούνται πάσσαλοι και σύρματα για τα δεσίματα. Στις έρποντες ποικιλίες, γίνεται προσεκτικό δέσιμο των κληματίδων για να μη σπάσουν και η υποστήριξη γίνεται είτε με μία σειρά σύρμα είτε με δύο ή τρεις σειρές σύρματος (Δεκάζος, 1991; Βασιλακάκης, 1997).

2.3.6. Κλάδεμα

Εκτός από τη διαμόρφωση κόμης, πραγματοποιείται και κλάδεμα καρποφορίας ή αλλιώς κορυφολόγημα, το οποίο είναι είτε χειμερινό είτε θερινό και πρέπει να εφαρμόζεται κάθε χρόνο με σχολαστικότητα. Το κορυφολόγημα είναι η αφαίρεση ενός μέρους της κορυφής του βλαστού μαζί με έναν μικρό ή μεγάλο αριθμό φύλλων και έχει στόχο την πρόληψη της ανάγκης για υποστήριξη και την ανάπτυξη του φυτού και των καρπών. Από τη βάση του φυτού αναπτύσσονται κάθε χρόνο νέες κληματίδες, οι οποίες είναι αυτές που θα καρποφορήσουν την επόμενη χρονιά. Μετά την καρποφορία, οι κληματίδες ξηραίνονται και αφαιρούνται κατά το κλάδεμα, ενώ επιλέγονται οι νέες και ισχυρές που θα καρποφορήσουν την επόμενη χρονιά (Δεκάζος, 1991; Βασιλακάκης, 1997; Κούκος, 2000).

Το θερινό κορυφολόγημα γίνεται όταν οι βλαστοί αποκτήσουν μήκος 90-120 εκατοστών, ενώ ταυτόχρονα εφαρμόζεται και αραίωμα κληματίδων, αφήνοντας ανά φυτό 5-6 ζωηρές κληματίδες. Κατά το χειμερινό κλάδεμα εφαρμόζεται βράχυνση των κληματίδων και οι πλάγιοι βλαστοί ύψους 40-50 εκατοστών αφαιρούνται. Το άριστο ύψος του κορυφολογήματος διαφέρει ανάλογα με την ποικιλία, την ζωηρότητα των κληματίδων, τις κλιματικές συνθήκες, αλλά και τη μέθοδο συλλογής. Οι βλαστοί που καρποφόρησαν πρέπει να αφαιρούνται το καλοκαίρι αμέσως μετά τη συγκομιδή. Στις έρποντες ποικιλίες βατόμουρων πραγματοποιείται κλάδεμα καρποφορίας κατά τη χειμερινή περίοδο, όταν οι κληματίδες βρίσκονται σε λήθαργο (Βασιλακάκης, 1997; Κούκος, 2000).

2.3.7. Ζιζανιοκτονία

Όσον αφορά την καταπολέμηση των ζιζανίων, η πρακτική που εφαρμόζεται είναι η καλλιέργεια του εδάφους ανάμεσα στις σειρές. Η καλλιέργεια γίνεται με προσοχή ώστε να μην καταστραφούν τα νέα φυτά, τα οποία παρουσιάζουν αυξημένη ευαισθησία. Συνήθως γίνεται με τη χρήση τσάπας, ωστόσο η καταπολέμηση των ζιζανίων επί της σειράς γίνεται ιδιαίτερα δύσκολη, γι' αυτό προτιμάται η χρήση ζιζανιοκτόνων. Υπάρχουν ζιζανιοκτόνα επιλογής ή γενικής χρήσης. Τα επιλεκτικά χρησιμοποιούνται την άνοιξη για την καταπολέμηση ετήσιων ζιζανίων, ενώ τα γενικής χρήσης εφαρμόζονται για την καταπολέμηση πολυετών ζιζανίων. Τα ζιζανιοκτόνα γενικής χρήσης μπορούν να εφαρμοστούν ακόμα και όταν οι κληματίδες βρίσκονται σε λήθαργο το φθινόπωρο ή τον χειμώνα (Δεκάζος, 1991; Βασιλακάκης, 1997; Κούκος, 2000).

2.3.8. Εχθροί και Ασθένειες

Τα βατόμουρα υπόκεινται γενικά σε πολύ λιγότερα προβλήματα από ότι τα κόκκινα και τα μαύρα σμέουρα. Ωστόσο, μπορούν να προσβληθούν από ασθένειες που οφείλονται είτε σε μύκητες, είτε σε βακτήρια, είτε σε ιώσεις. Ιστορικά, οι μυκητολογικές ασθένειες είναι αυτές που έχουν αποτελέσει το μεγαλύτερο πρόβλημα, όμως, χάρη στην αυξανόμενη επίγνωση των ιών, έχει διαπιστωθεί ότι έχουν περισσότερη επίδραση από ό, τι νόμιζαν. Επίσης, περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως η προσβολή από παγετό, η ανεπαρκής εδαφική αποστράγγιση, ο ξηρός άνεμος και η ελλειμματική ή μη ισορροπημένη λίπανση είναι πιθανό να προκαλέσουν συμπτώματα παρόμοια με εκείνα των ασθενειών. Οι ασθένειες που περιγράφονται στη συνέχεια, είναι αυτές

που εμφανίζονται κυρίως σε καλλιέργειες βατόμουρων του Ευρωπαϊκού χώρου (Ellis et al, 1997; Κούκος, 2000; Finn and Clark, 2012).

Μυκητολογικές Ασθένειες:

Όσον αφορά τις ασθένειες που προκαλούνται από μύκητες, σ' αυτές συναντάμε την *ανθράκωση*, η οποία προκαλείται από τον μύκητα *Etsince veneta* και προσβάλλει βλαστούς φύλα και καρπούς. Για την καταπολέμηση της ανθράκωσης υπάρχουν προληπτικά μέτρα, όπως η τοποθεσία φύτευσης με καλή κυκλοφορία αέρα και με έδαφος να στραγγίζει ικανοποιητικά, απομάκρυνση των καρποκληματίδων αμέσως μετά την συλλογή, κλάδευση των φυτών κοντά στο έδαφος, έλεγχος ζιζανίων και αραίωμα κληματίδων για γρήγορο στέγνωμα του φυλλώματος και τέλος, ψεκασμοί κάλυψης των κληματίδων και του φυλλώματος με μυκητοκτόνο (Δεκάζος, 1991; Βασιλακάκης, 1997; Κούκος, 2000).

Μία ακόμα ασθένεια είναι η *Ερύσιβη της κληματίδας* και προκαλεί μικρές ζημιές συνήθως σε φυτά αδύνατα ή προσβλημένα από άλλη ασθένεια, ενώ προέρχεται από τον μύκητα *Leptoshaeria coniothrioun*. Σ' αυτή την περίπτωση, οι παλιές κληματίδες πρέπει να καίγονται, το κλάδεμα και το κορφολόγημα να γίνονται τις ξερές και ηλιόλουστες μέρες και όταν δεν αναμένεται βροχόπτωση, αργά το φθινόπωρο και αρχές της άνοιξης. Επίσης, η εφαρμογή υγρού θεικού ασβεστίου επιδρά κατά της ασθένειας (Δεκάζος, 1991; Κούκος, 2000).

Η *Πορτοκαλόχρους σκωρίαση* είναι μια σημαντική ασθένεια όπου τα προσβεβλημένα φύλλα έχουν φωτεινό πορτοκαλί και προέρχεται από τον μύκητα *Gymnoconia interstitialis*. Ο μύκητας αναπτύσσεται την άνοιξη με την ανάπτυξη νέων βλαστών και προκαλεί εξογκώματα στην κάτω επιφάνεια των φύλλων. Φυτά που προσβάλλονται από την ασθένεια αυτή δεν αναρρώνουν (Jennings, 1988; Δεκάζος, 1991; Βασιλακάκης, 1997; Κούκος, 2000).

Ο μύκητας *Sphaerotheca humuli* προκαλεί το *Ωίδιο*, δηλαδή νανισμό και περιέλιξη των κορυφαίων φύλλων. Ωστόσο, προσβολή στα βατόμουρα δεν συναντάται συχνά. Ο ζεστός και υγρός καιρός βοηθά την ασθένεια, η οποία καταπολεμάται με θείο όταν η προσβολή είναι μικρή,

ενώ όταν είναι μεγάλη το φυτό ψεκάζεται με θειικό ασβέστιο (Δεκάζος, 1991; Βασιλακάκης, 1997; Κούκος, 2000).

Η Ροζέτα ή διπλοανθία (*Cercospora rubi*) προκαλεί την δημιουργία διπλού άνθους. Στην περίπτωση αυτή, τα σέπαλα και τα πέταλα αυξάνονται σε μέγεθος και αριθμό, προκαλώντας φυλλομανία πάνω στις κληματίδες (Δεκάζος, 1991; Κούκος, 2000).

Μία πολύ σοβαρή ασθένεια των βατόμουρων είναι η Σήψη Καρπού που προέρχεται από τον μύκητα *Botrytis cinerea* και προκαλεί την σήψη των καρπών λίγο πριν ή και μετά τη συγκομιδή. Ο ψυχρός και βροχερός καιρός συμβάλλει στην εξάπλωση της ασθένειας, ενώ το πότισμα με τεχνητή βροχή πριν τη συγκομιδή μπορεί να επιδεινώσει την κατάσταση. Η ασθένεια καταπολεμάται με τον ψεκασμό διάφορων μυκητοκτόνων πριν και κατά την ωρίμανση των καρπών, καθώς θα πρέπει να αποφεύγεται ο τραυματισμός των καρπών. Τέλος, οι καρποί θα πρέπει να μεταφέρονται σε ψυγείο όσο πιο γρήγορα γίνεται μετά τη συγκομιδή (Jennings, 1988; Δεκάζος, 1991; Βασιλακάκης, 1997; Κούκος, 2000).

Δύο ακόμα ασθένειες που οφείλονται σε μύκητες είναι η Κηλίδωση φύλλων που προκαλείται από τα γένη *Mycosphaerella* και *Septoria*, και η Βερτισιλλίωση. Στην Κηλίδωση, οι μύκητες εισέρχονται στα φύλλα και προκαλούν κηλιδώσεις και φυλλόπτωση, ευνοημένοι από το υγρό περιβάλλον. Όσον αφορά τη Βερτισιλλίωση, προκαλεί κιτρίνισμα και πτώση των φύλλων, βραχεία μεσογονάτια διαστήματα και μαρασμό κληματίδων (Δεκάζος, 1991; Κούκος, 2000). Τέλος, μπορούμε να συναντήσουμε τον Καρκίνο των κληματίδων που προκαλείται από τον *Gnomonia rubi*, τη Σεπτορίαση των βατόμουρων από τον *Septoria rubi*, τη Σκωρίαση που οφείλεται στον μύκητα *Phragmidium violaceum* και το Κάψιμο στημόνων ή Στεγνός καρπός από τον *Hapalosphaeria deformans* (Βασιλακάκης, 1997).

Βακτηριώσεις:

Στις ασθένειες που οφείλονται σε βακτήρια συναντάμε τον Βακτηριακός καρκίνος (*Argobacterium tumefaciens*, *Agrobacterium rubi*), ο οποίος ευνοείται όταν το ριζικό σύστημα

είναι τραυματισμένο. Έχει συνέπεια τη διόγκωση των ριζών και σπανιότερα των βλαστών. Επιπλέον, τα φυτά που προσβάλλονται από τη συγκεκριμένη ασθένεια έχουν αδυνατισμένες κληματίδες, ενώ παρατηρείται μείωση της αύξησης και της παραγωγής. Η ασθένεια μπορεί να εξαπλωθεί με το κλάδεμα, τα καλλιεργητικά εργαλεία και την βροχή, ενώ για την καταπολέμησή της πρέπει να χρησιμοποιείται υγιές πολλαπλασιαστικό υλικό. Επιπροσθέτως, τα προσβεβλημένα φυτά πρέπει να εκριζώνονται και να καίγονται (Δεκάζος, 1991; Βασιλακάκης, 1997; Κούκος, 2000).

Ιώσεις:

Δύο είναι οι ιώσεις που εμφανίζονται συνήθως στις καλλιέργειες βατόμουρων, το *Μωσαϊκό* και το *Κατσάρωμα φύλλων*. Στην πρώτη περίπτωση, έχουμε την παρουσία κηλίδων κίτρινου και πράσινου χρώματος, ενώ στη δεύτερη ασθένεια, τα φύλλα γίνονται περισσότερο πράσινα, είναι μικρά, κατσαρωμένα και τα φρούτα είναι μικρού μεγέθους (Δεκάζος, 1991; Βασιλακάκης, 1997; Κούκος, 2000).

Προσβολές από έντομα και ακάρεα:

Τα κύρια έντομα που προσβάλλουν τις φυτείες είναι ο *Σκόληκας της κληματίδας*, ο *Σκόληκας των φρούτων* και οι *Αφίδες*. Στον Σκόληκα της κληματίδας, τα ενήλικα τοποθετούν τα αυγά τους πάνω στα φύλλα των νεαρών βλαστών και όταν εκκολαφτούν, εισχωρούν στον βλαστό, παραμένοντας μέσα έως την επόμενη άνοιξη που θα γίνει τέλειο έντομο. Ο βλαστός κάμπτεται, αφυδατώνεται και ξεραίνεται. Στον Σκόληκα των φρούτων, οι κάμπιες τρέφονται από τον πυρήνα της ράγας του καρπού, υποβαθμίζοντας την ποιότητά του, ενώ εναποθέτουν τα αυγά τους κατά την άνθιση. Οι Αφίδες κατηγορούνται για την μεταφορά ιώσεων και ο έλεγχός τους είναι δύσκολος αφού πολλαπλασιάζονται γρήγορα και έχουν ξενιστές πολλά ζιζάνια (Δεκάζος, 1991; Κούκος, 2000). Άλλοι εχθροί που προσβάλλουν τα βατόμουρα είναι η *Κηκιδόμυγα των βατόμουρων*, ο *Βλαστορύκτης*, το *Κολεόπτερο*, ο *Φυτόπτης των βατόμουρων* και το *Λεπιδόπτερο* (Jennings, 1988; Βασιλακάκης, 1997).

Στα ακάρεα συμπεριλαμβάνονται το *κόκκινο αραχνοειδές ακάρι*, το *ακάρι με τις δύο κηλίδες* και το *ακάρι βατόμουρου*. Το κόκκινο αραχνοειδές ακάρι ευνοείται από τον ζεστό και ξηρό

καιρό, προκαλώντας καφέτιασμα και ξήρανση των φύλλων. Το ακάρι με τις δύο κηλίδες είναι πράσινου με ωχροκίτρινου χρώματος με δύο μεγάλες μαύρες κηλίδες στο πίσω μέρος του σώματος και προκαλεί στιγματισμό της πάνω επιφάνειας των φύλλων. Τα φύλλα ξεραίνονται και πέφτουν εν τέλει. Τέλος, το ακάρι βατόμουρου προκαλεί την «κόκκινη ράγα των βατόμουρων», δηλαδή οι ράγες αποκτούν πιο έντονο χρώμα από τις ανώριμες, γίνονται σκληρές και παραμένουν στους θάμνους. Οι ράγες δεν μπορούν να ωριμάσουν (Δεκάζος, 1991; Κούκος, 2000).

2.3.9. Συγκομιδή και Διάθεση

Η συγκομιδή του καρπού γίνεται συνήθως με το χέρι και είναι σταδιακή. Η ωρίμανση των καρπών έχει συνεχή και σταθερό ρυθμό, γι' αυτό η συγκομιδή πρέπει να γίνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα. Τα βατόμουρα δεν πρέπει να φτάσουν σε προχωρημένο στάδιο ωρίμανσης, γιατί υφίστανται ζημιά από τους χειρισμούς και προσβάλλονται από μύκητες, ενώ δεν μπορούν να διατηρηθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα ούτε να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις. Σε περίπτωση που οι καρποί προορίζονται για νωπή κατανάλωση, η συγκομιδή πρέπει να γίνεται κάθε μέρα ή κάθε δεύτερη μέρα ώστε να εξασφαλίζεται η ομοιομορφία του σταδίου ωρίμανσης (Κούκος, 2000; Βασιλακάκης, 1997).

Μηχανική συλλογή είναι εφικτό να εφαρμοστεί σε μεγάλης έκτασης καλλιέργειες, ωστόσο τα φυτά πρέπει να διαμορφώνονται και να κλαδεύονται κατάλληλα. Επιπλέον, μόνο ποικιλίες που ρίχνουν εύκολα τους καρπούς είναι κατάλληλες για μηχανική συλλογή. Το μηχάνημα συλλογής προωθούμενο πάνω από την σειρά φύτευσης τινάζει τα φρούτα από τα φυτά και τα συλλέγει. Από τα φρούτα τινάζονται μόνο εκείνα που είναι ώριμα, ενώ τα υπόλοιπα παραμένουν στο φυτό για να συλλεχθούν αργότερα (Κούκος, 2000; Βασιλακάκης, 1997).

Επειδή είναι πολύ ευαίσθητοι καρποί, μετά τη συλλογή, η διάθεσή τους στην αγορά θα πρέπει να είναι άμεση, αφού μπορούν να συντηρηθούν στο ψυγείο 4-6 μέρες. Πρέπει να προψύχονται στους 5°C και να συντηρούνται στους 0°C, ενώ η μεταφορά τους πρέπει να γίνεται στους 0°C και σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα με υψηλή περιεκτικότητα σε διοξείδιο του άνθρακα. Μπορούν να καταναλωθούν νωποί, ωστόσο μόνο ένα μικρό μέρος πηγαίνει για άμεση κατανάλωση. Το

μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής καταψύχεται και πηγαίνει για μεταποίηση. Οι καρποί που καταψύχονται, στη συνέχεια χρησιμοποιούνται στη ζαχαροπλαστική, στην παρασκευή παγωτού, πίτας, προσθετικά σε γιαούρτι, μαρμελάδες, σιρόπια, παρασκευή ποτών, φυσικών χρωμάτων και αρωμάτων (Βασιλακάκης, 1997).

Υπάρχουν χαρακτηριστικά που μπορούν να επηρεάσουν την εμπορευσιμότητά τους, όπως το χρώμα, το μέγεθος του καρπού, η σκληρότητά του, η συνεκτικότητα της σάρκας του και το pH του χυμού (Κούκος, 2000; Βασιλακάκης, 1997). Ο βαθμός ωρίμανσης μπορεί να επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα των καρπών, ιδιαίτερα τα επίπεδα ζάχαρης και οξέων, επηρεάζοντας με τη σειρά του τη διάθεση στην αγορά. Επίσης, η παρουσία αποσύνθεσης, η διαρροή χυμού και η πολτοποίηση των καρπών μπορούν να λειτουργήσουν ως αποτρεπτικοί παράγοντες στην άμεση κατανάλωση από τους καταναλωτές (Finn and Clark, 2012).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΑΞΙΑ

Τα βατόμουρα έχουν γίνει πολύ δημοφιλή τα τελευταία χρόνια λόγω της υψηλής θρεπτικής σύνθεσης που διαθέτουν, ενώ περιέχουν ποικίλα θρεπτικά συστατικά, τα οποία είναι ευεργετικά για την ανθρώπινη υγεία. Εκτός από μια ποικιλία βιταμινών και ανόργανων στοιχείων, τα βατόμουρα περιέχουν υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα που παρέχεται από τα φλαβονοειδή και φαινολικά συστατικά τους. Επιπλέον, λιγνάνες, στερόλες και στυλβένια βρίσκονται σε αφθονία στον καρπό και είναι όλα τους φυτοχημικά που προάγουν την υγεία (Howard and Hager, 2007; Paredes-Lopez et al, 2010).

Σύμφωνα με τους Paredes-Lopez et al (2010), η ανεπάρκεια αντιοξειδωτικών μηχανισμών άμυνας στον οργανισμό συνδέεται με την παθολογία χρόνιων νόσων όπως οι καρδιαγγειακές παθήσεις ή ο διαβήτης. Έτσι, η αντιοξειδωτική ικανότητα των βατόμουρων τα καθιστά καρπούς υψηλής διατροφικής αξίας. Επίσης, η ύπαρξη ορισμένων φαινολών έχει συσχετιστεί με τη λειτουργία της γήρανσης στον οργανισμό και την έναρξή της, ενώ μπορούν να ενεργήσουν και ως φυσικοί αντιμικροβιακοί παράγοντες, βοηθώντας στον έλεγχο παθογόνων. Αυτό προσφέρει

πολλές δυνατότητες και ευκαιρίες για τη χρήση των καρπών στη βιομηχανία τροφίμων, αλλά και στην ιατρική.

Βατόμουρα και καρκίνος

Αποτελέσματα μελετών έχουν δείξει ότι τα βατόμουρα μπορούν να έχουν ευεργετικές επιδράσεις σε διάφορους τύπους καρκίνων και αυτό οφείλεται στην πληθώρα φωτοχημικών που περιέχουν ο καρποί τους. Οι βιοδραστικές ουσίες έχουν την ικανότητα να αντιμετωπίσουν, να μειώσουν και να αποκαταστήσουν ζημιές που προκύπτουν από το οξειδωτικό στρες και τις φλεγμονές, ενώ ρυθμίζουν τα καρκινογόνα και ξενοβιοτικά ένζυμα του μεταβολισμού, διάφορους παράγοντες μεταγραφής και ανάπτυξης, φλεγμονώδεις κυτοκίνες και υποκυτταρικά μονοπάτια σηματοδότησης του πολλαπλασιασμού των καρκινικών κυττάρων, την απόπτωση και αγγειογένεση του όγκου. Επιπλέον, κάνουν πιο ευαίσθητα τα καρκινικά κύτταρα σε χημειοθεραπευτικούς παράγοντες, φέροντας λιγότερη αντίσταση στη θεραπεία, ενώ παρέχουν προστασία από την τοξικότητα της θεραπείας (Seeram, 2008).

Συγκεκριμένα, οι αποξηραμένοι καρποί των βατόμουρων μπορούν να αναστείλουν κατά 30-60% τον καρκίνο του οισοφάγου, ο οποίος είναι ο όγδοος πιο συχνός καρκίνος σε διάγνωση και κατά 80% τον καρκίνο του παχέως εντέρου. Είναι αποτελεσματικά τόσο στην έναρξη όσο και στην εξέλιξη των σταδίων ανάπτυξης του καρκίνου, ενώ επηρεάζουν τον μεταβολισμό των καρκινογόνων κυττάρων, έχοντας ως αποτέλεσμα τις μειωμένες βλάβες στο DNA από την καρκινογόνα ουσία. Επιπλέον, έρευνες σε μοντέλα ζώων, όπως τρωκτικά, έχουν δείξει ότι τα βατόμουρα περιέχουν συστατικά που αναστέλλουν αποτελεσματικά τον σχηματισμό όγκου στην καρκινογένεση στόματος, ο οποίος είναι ο έκτος σε συχνότητα καρκίνος διεθνώς (Stoner et al, 2007; Casto et al, 2011).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΜΕΛΕΤΩΝ

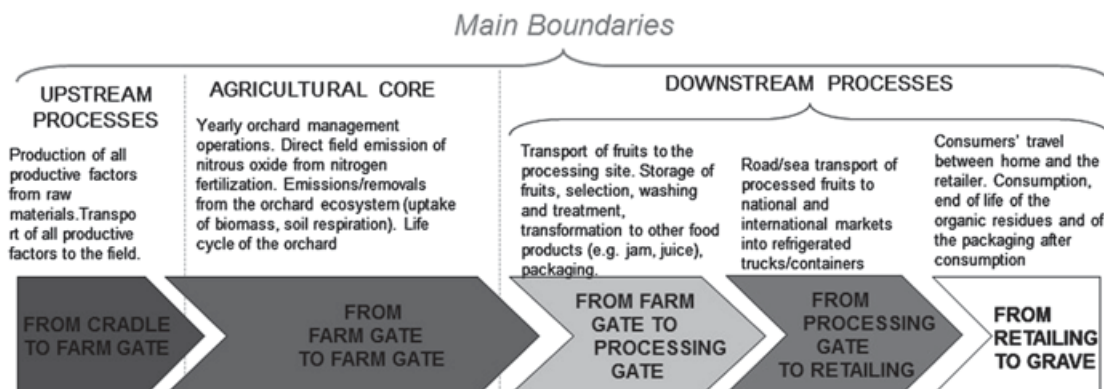
Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο πρόκειται να ακολουθήσουν έρευνες σχετικές με την εφαρμογή της αξιολόγησης κύκλου ζωής (LCA) στην καλλιέργεια φρούτων για την εκτίμηση

περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων. Οι μελέτες αφορούν την παραγωγή βατόμουρων, αλλά και φρούτων, των οποίων η παραγωγή είναι συναφής με αυτή των βατόμουρων, όπως σμέουρα και φράουλες που ανήκουν στην ίδια τάξη.

Σε γενικές γραμμές, η παραγωγή φρούτων θεωρείται ένας γεωργικός τομέας με χαμηλό περιβαλλοντικό αντίκτυπο σε σύγκριση με άλλους τομείς. Ωστόσο, η αξιολόγηση του κύκλου ζωής της καλλιέργειας φρούτων δείχνει ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια. Προκειμένου να αξιολογηθούν οι περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις των συστημάτων τους, είναι απαραίτητο να προσδιοριστούν ποιες διεργασίες εμπλέκονται, ποιοι πόροι χρησιμοποιούνται και τι είδους εκπομπές προκύπτουν. Οι διεργασίες που πραγματοποιούνται σε μία καλλιέργεια και σχετίζονται με τις μεγαλύτερες επιπτώσεις, μπορούν να ομαδοποιηθούν σε έξι βασικές κατηγορίες: διαχείριση των παρασίτων, άρδευση, λίπανση, διαχείριση του εδάφους, πρόληψη ζημιών από καιρικές συνθήκες και διαχείριση των φυτών ή δέντρων (Cerutti et al, 2015).

Είναι πολύ σημαντικό να καθοριστούν τα όρια του συστήματος πριν εφαρμοστεί η αξιολόγηση, ενώ θα πρέπει να είναι σύμφωνα με τους στόχους της μελέτης. Αρχικά θα πρέπει να καθοριστούν τα «βασικά όρια», τα οποία σχετίζονται με διάφορες φάσεις της παραγωγής και της εφοδιαστικής αλυσίδας των φρούτων, όπως επίσης, μπορεί να συμπεριληφθεί η κατανάλωση και τα υπολείμματα μετά της κατανάλωσή τους. Όπως φαίνεται στην εικόνα 5.1., υποδεικνύεται το σύνολο του κύκλου ζωής των φρούτων, διαιρούμενο σε προγενέστερες διαδικασίες, γεωργικά βασικές διαδικασίες και μεταγενέστερες διαδικασίες. Όσον αφορά το χρόνο κατά τον οποίο θα γίνει η συλλογή δεδομένων, θα πρέπει να είναι τέτοιος ώστε να μπορεί να ξεπεράσει το πρόβλημα της μεταβλητότητας των παραμέτρων, όπως οι κλιματικές αλλαγές, οι πρακτικές των γεωργών ή τα χαρακτηριστικά του εδάφους (Cerutti et al, 2015).

Εικόνα 5.1.: Βασικά όρια του συστήματος στην παραγωγή φρούτων



Πηγή: Cerutti et al, 2015

Τέλος, να επισημανθεί ότι η επιλογή της λειτουργικής μονάδας επηρεάζει σημαντικά τα αποτελέσματα της αξιολόγησης και την ερμηνεία τους. Ως εκ τούτου, κάθε υπόθεση πρέπει να εξηγηθεί και να αιτιολογηθεί με σαφήνεια, αφού σύμφωνα με το ISO, η λειτουργική μονάδα αντιπροσωπεύει την ποσοτικοποιημένη απόδοση ενός συστήματος προϊόντος που θα χρησιμοποιηθεί ως μονάδα αναφοράς. Από τη στιγμή που η Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής είναι μια συγκριτική προσέγγιση, όλη η διαδικασία αξιολόγησης είναι δομημένη γύρω από αυτή (Cerutti et al, 2015).

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών του 20^{ου} αιώνα, οι αντιλήψεις της σχέσης μεταξύ γεωργίας και περιβάλλοντος άλλαξαν σημαντικά με τη ζήτηση για περισσότερο φιλικά προς το περιβάλλον τρόφιμα να αυξάνεται σταθερά. Σύμφωνα με μια ανασκόπηση ερευνών που πραγματοποιήθηκε από τους Cerutti et al (2011), η παραγωγή φρούτων συγκαταλέγεται μεταξύ των συστημάτων παραγωγής που έχουν τη μεγαλύτερη αλληλεπίδραση με τα φυσικά συστήματα. Στόχος της συγκεκριμένης μελέτης ήταν η επανεξέταση ερευνών που αξιολογούν τη βιωσιμότητα ή τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της παραγωγής φρούτων κάτω από διαφορετικές συνθήκες και ο προσδιορισμός πτυχών της παραγωγής φρούτων με ιδιαίτερη σημασία για το περιβάλλον. Συνολικά, έγινε ανασκόπηση 24 άρθρων και αξιολογήθηκαν τέσσερις μέθοδοι εκτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων που μπορούν να εφαρμοστούν στην παραγωγή τροφίμων, μία εκ των οποίων ήταν η Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής (LCA).

Επιπλέον, από τη μελέτη τους διαπιστώθηκε ότι οι οπωρώνες μπορούν να θεωρηθούν ως σύνδεσμος μεταξύ του φυσικού και του τεχνικού πεδίου, γι' αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη αυτή η πολυπλοκότητα των αλληλεπιδράσεων κατά την εφαρμογή των μεθόδων εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Επίσης, είναι σημαντικό να τηρείται η τυποποίηση των ερευνητικών μεθόδων και πρωτοκόλλων κατά την εφαρμογή των περιβαλλοντικών μεθόδων αξιολόγησης της παραγωγής φρούτων, ιδιαίτερα σχετικά με τον τρόπο μοντελοποίησης του συστήματος του οπωρώνα. Διαφορετικά, μπορεί να γίνει αδύνατη η σύγκριση των αποτελεσμάτων από σύστημα σε σύστημα και αυτή η σύγκριση είναι πολύ σημαντική για τον προσδιορισμό της βιωσιμότητάς τους. Ορισμένες προτάσεις που έγιναν για την τυποποίηση των μεθόδων αξιολόγησης περιλαμβάνουν τη χρήση ιστορικών στοιχείων ή τη μοντελοποίηση του οπωρώνα, περισσότερες μελέτες πάνω στα φυτώρια αφού αποτελούν τη θεμελιώδη εισροή των οπωρώνων, περισσότερες μελέτες σχετικά με τις εκπομπές των φυτοφαρμάκων, η καταγραφή των επιπτώσεων των λιπασμάτων και τέλος, ο προσδιορισμός της κατάλληλης λειτουργικής μονάδας που σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να είναι πάνω από μία (Cerutti et al, 2011).

Οι Clune et al (2017) προσθέτουν ότι η παραγωγή φρούτων έχει τον χαμηλότερο αντίκτυπο στο περιβάλλον όσον αφορά τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε σύγκριση με άλλες κατηγορίες τροφίμων. Στόχος της μελέτης τους ήταν η αξιοποίηση των υπαρχουσών τιμών του δυναμικού υπερθέρμανσης του πλανήτη (GWP) μέσω μιας συστηματικής ανασκόπησης ερευνών αξιολόγησης κύκλου ζωής (LCA) σε διάφορες κατηγορίες τροφίμων μεταξύ 2000-2015. Για την εκπλήρωση της μελέτης έγινε επανεξέταση 369 δημοσιευμένων ερευνών που παρουσίαζαν τιμές των 1718 δυναμικού υπερθέρμανσης του πλανήτη (GWP) για 168 ποικιλίες νωπών προϊόντων. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε μία μετα-ανάλυση των αποτελεσμάτων των ερευνών για τις κατηγορίες τροφίμων: φρέσκα λαχανικά, φρέσκα φρούτα, σπόροι όπως ξηροί καρποί, όσπρια, ρύζι και δημητριακά, γαλακτοκομικά, μη μηρυκαστικά ζώα κτηνοτροφίας και τέλος, μηρυκαστικά.

Η μετα-ανάλυση υποδεικνύει μία σαφή ιεραρχία των αερίων του θερμοκηπίου αναδυόμενη από όλες τις κατηγορίες τροφίμων, με τους σπόρους, τα φρούτα και τα λαχανικά να έχουν τη μικρότερη επίπτωση. Ωστόσο, τα φρούτα και τα λαχανικά που παράχθηκαν σε θερμοκήπια παρουσίαζαν μεγαλύτερες τιμές από αντίστοιχα που καλλιεργούνταν σε χωράφι. Να σημειωθεί ότι για να γίνει εφικτή η σύγκριση, κάθε τιμή GWP που καταγράφηκε, μετατράπηκε σε μια

κοινή λειτουργική μονάδα και όριο συστήματος, δηλαδή σε kg ισοδυνάμου CO₂/kg οστού χωρίς κρέας ή παραγωγής. Εν κατακλείδι, τα δεδομένα που προέκυψαν έδωσαν τη δυνατότητα για εξορθολογισμό των υπολογισμών του GWP στην ανθρώπινη διατροφή, ενώ τα αποτελέσματα απεικονίστηκαν σε μία σύντομη μελέτη περίπτωσης ενός εβδομαδιαίου καταστήματος μιας Αυστραλιανής οικογένειας. Σύμφωνα με αυτή, το 54% του GWP σε σχέση με τα τρόφιμα οφειλόταν το κρέας, τα ψάρια και τις αγορές των αυγών (Clune et al, 2017).

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Soode et al (2015), στόχος ήταν να υπολογιστεί και να αναλυθεί το ανθρακικό αποτύπωμα κηπευτικών όπως φράουλες, σπαράγγια, τριαντάφυλλα και ορχιδέες που παράγονται στη Γερμανία, κάνοντας σύγκριση μεταξύ των φυτών που καλλιεργούνται σε ανοικτό πεδίο και αυτών που καλλιεργούνται με θερμαινόμενο σύστημα. Επιπλέον, έγινε μία σύγκριση των αποτελεσμάτων με αντίστοιχα προϊόντα από άλλες χώρες, αποκτώντας πληροφορίες για το στάδιο όπου το προϊόν περνάει στους πελάτες και καθορίζοντας τα σημεία με την έκλυση των περισσότερων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Να σημειωθεί ότι στη συγκεκριμένη έρευνα τα όρια του συστήματος δεν σταματάνε στο αγρόκτημα, αλλά συμπεριλαμβάνουν όλες τις διαδικασίες που σχετίζονται με το προϊόν, από την αγορά των πρώτων υλών έως την κατανάλωση ή τη διάθεση του προϊόντος στο τέλος του κύκλου ζωής. Λαμβάνοντας υπόψη τις φράουλες, ως λειτουργική μονάδα καθορίστηκε το 1 κιλό φράουλες σε πλαστικά κουπάκια.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, οι φράουλες είχαν την μικρότερη παραγωγή αερίων του θερμοκηπίου, ενώ το ανθρακικό τους αποτύπωμα κυμαίνεται από 0,1 έως 10,2 kg ισοδυνάμου CO₂. Φράουλες που καλλιεργήθηκαν σε θερμοκήπιο έχουν αρκετές φορές υψηλότερο ανθρακικό αποτύπωμα από αυτές του ανοιχτού πεδίου. Σημαντικό είναι ότι ένα προϊόν δεν μπορεί να έχει μια ακριβή τιμή ανθρακικού αποτυπώματος αφού ανάλογα με τη χρήση θέρμανσης, τον τύπο της μεταφοράς και της συμπεριφοράς των καταναλωτών, είναι δυνατό μόνο να καθοριστεί ένα ευρύ φάσμα τιμών. Επιπλέον, έπειτα από σύγκριση των αποτελεσμάτων με άλλες χώρες, φράουλες που καλλιεργήθηκαν σε θερμοκήπιο στην Ιαπωνία, είχαν υψηλότερες εκπομπές. Στο αυστραλιανό σύστημα παραγωγής, η λειτουργία γεωργικών μηχανημάτων συνεισέφερε κατά 58% στις συνολικές εκπομπές αερίου του θερμοκηπίου. Η παραγωγή φράουλας ήταν ιδιαίτερα μηχανοποιημένη, εξηγώντας έτσι τις υψηλές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Ως αποτέλεσμα, οι εκπομπές τους ήταν υψηλότερες τόσο από καλλιέργειες

ανοιχτού πεδίου όσο και από θερμοκήπια της Γερμανίας. Επίσης, όπως διαπιστώθηκε, το στάδιο πριν την παραγωγή και το στάδιο παραγωγής συνέβαλαν σε ποσοστό πάνω από 50% των συνολικών εκπομπών, ενώ οι εκπομπές από τις μεταφορές μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στο συνολικό ανθρακικό αποτύπωμα. Συγκεκριμένα, η χρήση ιδιωτικών αυτοκινήτων από τους καταναλωτές για την αγορά του προϊόντος ήταν σημαντικός παράγοντας διαμόρφωσης του ανθρακικού αποτυπώματος και της φάσης του κύκλου ζωής με τις μεγαλύτερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (Soode et al, 2015).

Το γεγονός ότι το στάδιο πριν την παραγωγή και το στάδιο παραγωγής αποτελούν τα πλέον επιβαρυντικά στάδια στον κύκλο ζωής ενός προϊόντος για την εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου, επαληθεύεται και από την έρευνα των Gunady et al (2012). Η συγκεκριμένη έρευνα εστιάζει στον προσδιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από ορισμένα φρέσκα προϊόντα και συγκεκριμένα τις φράουλες, τα μαρούλια και τα λευκά μανιτάρια, τα οποία παράγονται και διανέμονται στη δυτική Αυστραλία, ενώ εντοπίζει τα σημεία στον κύκλο ζωής τους με τη μεγαλύτερη επιβάρυνση. Στη μελέτη περιλαμβάνονταν εκπομπές που προέκυπταν πριν το αγρόκτημα, στο αγρόκτημα, αλλά και μετά το αγρόκτημα. Ο λόγος για τον οποίο επιλέχθηκαν τα τρία αυτά προϊόντα είναι ότι είναι ιδιαίτερα ευπαθή και απαιτούν περισσότερη ενέργεια για την αποθήκευση και τη συσκευασία τους. Η λειτουργική μονάδα που ορίστηκε ήταν το 1 kJ ενεργειακής αξίας φραουλών, μαρουλιού και λευκών μανιταριών, ενώ όπως προαναφέρθηκε, στα όρια του συστήματος περιλαμβάνονται το στάδιο πριν την παραγωγή, το στάδιο παραγωγής και το στάδιο μετά την παραγωγή. Το στάδιο πριν το αγρόκτημα περιλαμβάνει εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τα γεωργικά μηχανήματα, τα χημικά της παραγωγής και των μεταφορών των πρώτων υλών, ενώ το στάδιο του αγροκτήματος περιλαμβάνει εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τη λειτουργία των γεωργικών μηχανημάτων, η χρήση χημικών, κατανάλωση νερού για άρδευση, τα απόβλητα που παράγονται, καθώς και την κατανάλωση ενέργειας. Στο στάδιο μετά το αγρόκτημα περιλαμβάνονται η μεταφορά των προϊόντων προς τα κέντρα διανομής, η αποθήκευση στο κέντρο διανομής και η μεταφορά στα καταστήματα λιανικής.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στον κύκλο ζωής των φραουλών και των μαρουλιών ήταν υψηλότερες από ό, τι στα μανιτάρια και αυτό γιατί απαιτούσαν περισσότερο τη χρήση γεωργικών μηχανημάτων στο στάδιο της παραγωγής.

Επιπλέον, τα μανιτάρια έχουν υψηλότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια του σταδίου πριν την παραγωγή, εξαιτίας της μεγάλης απόστασης που πρέπει να διακινηθούν οι πρώτες ύλες για να φτάσουν στο αγρόκτημα. Ωστόσο, συγκρίνοντας αυτά τα τρία προϊόντα, αυτό με τις μεγαλύτερες εκπομπές είναι το μαρούλι λόγω μάζας που απαιτείται για την παραγωγή 1 kJ ενέργειας (έχουν τη χαμηλότερη ενεργειακή αξία- περισσότερα μαρούλια κατά μάζα απαιτούνται για την παροχή 1 kJ ενέργειας) και της συσκευασίας για την κατανάλωσή του (Gunady et al, 2012).

Η έρευνα των Tabatabaie και Murthy (2016) αντιπροσωπεύει την πρώτη αξιολόγηση κύκλου ζωής (LCA) για την παραγωγή φράουλας στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής. Για τη διεξαγωγή της συγκεκριμένης έρευνας, έγινε μία εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της παραγωγής φράουλας σε τέσσερις πολιτείες (Καλιφόρνια, Φλόριντα, Βόρεια Καρολίνα και Όρεγκον), οι οποίες αντιπροσωπεύουν το 99% της παραγωγής στις ΗΠΑ. Τα όρια του συστήματος ξεκινούν και τελειώνουν στο στάδιο παραγωγής της φράουλας, ενώ δεν περιλαμβάνεται το στάδιο πριν την παραγωγή με την καλλιέργεια του σπόρου στο φυτώριο και το στάδιο μετά την παραγωγή με την πώληση και την κατανάλωση του προϊόντος. Συγκεκριμένα, οι διαδικασίες που συμπεριλήφθησαν ήταν η καλλιέργεια και η συσκευασία του προϊόντος. Δεδομένου ότι η φράουλα είναι ένα φρέσκο προϊόν στην αγορά, η λειτουργική μονάδα που ορίστηκε ήταν το 1 κιλό παραγωγής στο αγρόκτημα (πριν από τη μεταφορά στο σημείο πώλησης).

Όπως προέκυψε, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τον κύκλο ζωής της φράουλας εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη γεωγραφική θέση και από τις πρακτικές παραγωγής. Συγκεκριμένα, το δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη (GWP) για την Καλιφόρνια, Φλόριντα, Βόρεια Καρολίνα και το Όρεγκον εκτιμήθηκε ότι ήταν 1.75, 2.50, 5.48 και 2.21 kg ισοδυνάμου CO₂ ανά 1 κιλό φράουλας αντίστοιχα. Το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη από την παραγωγή φράουλας στη Βόρεια Καρολίνα ήταν μεγαλύτερο από τις υπόλοιπες πολιτείες, ακόμα και σε σύγκριση με άλλες χώρες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι έχει την υψηλότερη απόδοση της φράουλας. Τέλος, οι πλαστικές ύλες, τα καύσιμα και τα λιπάσματα ήταν οι εισροές με την υψηλότερη συμβολή στις κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων με μεγαλύτερες συνέπειες την αύξηση του ευτροφισμού, τη φωτοχημική οξείδωση, την αύξηση της οξίνισης και την καταστροφή της στοιβάδας του όζοντος (Tabatabaie and Murthy, 2016).

Αντίστοιχα, οι Girgenti et al (2013), προσπάθησαν να εκτιμήσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, δηλαδή το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη (GWP), από όλο τον κύκλο ζωής των σμέουρων και των μύρτιλων. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε καλλιέργειες στην περιοχή Πιεμόντε της Βόρειας Ιταλίας, οι οποίες χρησιμοποιούν ολοκληρωμένα συστήματα παραγωγής. Στόχος τους ήταν η αξιολόγηση του αντίκτυπου των σμέουρων και μύρτιλων στην υπερθέρμανση του πλανήτη και ο προσδιορισμός πιθανών στρατηγικών για τη μείωση της παραγωγής αερίων του θερμοκηπίου. Η εξέταση του συστήματος ξεκινά από τη φάση πριν το αγρόκτημα, λαμβάνοντας υπόψη τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου από την παραγωγή των φυτών στο φυτώριο και τη μεταφορά τους στο αγρόκτημα και συνεχίζει με τη φάση του αγροκτήματος όπου εμπλέκονται οι εκπομπές από τα χημικά προϊόντα, το νερό που χρησιμοποιείται για άρδευση, η παραγωγή αποβλήτων και η κατανάλωση ηλεκτρικής και άλλων μορφών ενέργειας. Στη συνέχεια, καταλήγει με τη φάση μετά το αγρόκτημα, στην οποία περιλαμβάνονται η μεταφορά και η αποθήκευση των προϊόντων στο κέντρο διανομής. Η φάση της χρήσης δεν συμπεριλαμβάνεται στο σύστημα, ούτε η μεταφορά από το σουπερμάρκετ στο σπίτι του τελικού καταναλωτή, ωστόσο, λαμβάνεται υπόψη η διάθεση της συσκευασίας τους. Ως λειτουργική μονάδα ορίστηκε το πραγματικό πακέτο πώλησης, δηλαδή ένα πακέτο 125 γραμμαρίων ($9.5 \times 14.5 \times 2.5$ cm).

Όπως διαπιστώθηκε, η χρήση των παραδοσιακών πλαστικών υλικών τόσο στις φάσεις πριν και στο αγρόκτημα όσο και στη φάση μετά τη συγκομιδή (συσκευασία), είναι αυτή που έχει τις δυσμενέστερες επιπτώσεις. Όσον αφορά το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη (GWP) για τα σμέουρα, λαμβάνοντας υπόψη όλη την αλυσίδα παραγωγής τους, ανέρχεται στα 0.053 kg ισοδυνάμου CO₂ και απαιτείται περίπου 1.119 MJ μη ανανεώσιμης ενέργειας. Για το μύρτιλο αντίστοιχα, το δυναμικό υπερθέρμανσης είναι 0.055 kg ισοδυνάμου CO₂, ενώ καταναλώνει 1.123 MJ μη ανανεώσιμη ενέργεια. Ως πιθανές λύσεις στη μείωση των εκπομπών προτείνονται η μείωση της ποσότητας του υποστρώματος που χρησιμοποιείται στο φυτώριο, του οποίου η παραγωγή και η μεταφορά συνεπάγεται την περισσότερη χρήση ενέργειας και την εισαγωγή βιοαποικοδομήσιμων πλαστικών ως εναλλακτικό υλικό τόσο στην παραγωγή όσο και στη διάθεσή τους στην αγορά (Girgenti et al, 2013).

Οι Foster et al (2014), από την άλλη, προσπάθησαν να διερευνήσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του εποχικού εφοδιασμού τροφίμων και συγκεκριμένα των σμέουρων. Η μελέτη

πραγματοποιήθηκε στο Ηνωμένο Βασίλειο σε διαφορετικές χρονικές στιγμές του έτους. Ο εφοδιασμός σμέουρων σε διαφορετικές χρονικές στιγμές του έτους έχει ως συνέπεια διαφορετικά συστήματα παραγωγής και διαφορετικές τοποθεσίες. Το χρονοδιάγραμμα των γεωργικών δραστηριοτήτων σε οποιοδήποτε μέρος μπορεί να αλλάξει τις επιπτώσεις τους στο ευρύτερο περιβάλλον, ακόμη και αν αυτές παραμένουν οι ίδιες. Όταν η παραγωγή τροφίμων για τον εφοδιασμό μετατοπίζεται μακριά από τον κανονικό χρόνο παραγωγής τότε είτε αλλάζει το είδος των παραγωγικών δραστηριοτήτων είτε αλλάζει ο τόπος παραγωγής. Επιπλέον, η διατήρηση και η αποθήκευση επιτρέπουν τον διαχωρισμό του χρόνου παραγωγής από τον χρόνο προσφοράς, εισάγοντας περαιτέρω ευελιξία στο σύστημα τροφοδοσίας. Επιπροσθέτως, οι καταναλωτές έχουν πρόσβαση στη συντήρηση και την αποθήκευση, ώστε να μπορούν να διαχωρίσουν το χρόνο της προσφοράς από το χρόνο της κατανάλωσης. Κάθε μία από αυτές τις αναπροσαρμογές μεταβάλλει την αλληλεπίδραση μεταξύ του συστήματος τροφίμων και του φυσικού περιβάλλοντος γύρω από αυτό, αφού διαφορετικά συστήματα παραγωγής για το ίδιο τρόφιμο επιφέρουν διαφορετικές αποδόσεις και απαιτούν διαφορετικές εισόδους και ενεργειακές εισροές.

Ωστόσο, τα αποτελέσματα από την αξιολόγηση του κύκλου ζωής έδειξαν ότι υπάρχουν σχετικά μικρές διαφορές στις επιπτώσεις σε διαφορετικούς χρόνους εφοδιασμού, εκτός από την περίπτωση του υδατικού αποτυπώματος. Αυτό οφείλεται στο ό,τι τα αποτελέσματα της αξιολόγησης είναι πιο ευαίσθητα στην απόδοση καρπών, δηλαδή η απόδοση και η γεωργική πρακτική είναι πιο ισχυρές κινητήριες δυνάμεις της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης στην παραγωγή των σμέουρων από ό,τι είναι ο χρόνος εφοδιασμού. Για τη διεξαγωγή της έρευνας, ορίστηκαν τρεις λειτουργικές μονάδες: Α. 1 κιλό σμέουρα διανεμημένα φρέσκα σ' ένα κατάστημα σουπερμάρκετ λιανικής πώλησης τον Μάιο, Β. 1 κιλό σμέουρα διανεμημένα φρέσκα σ' ένα κατάστημα σουπερμάρκετ λιανικής πώλησης τον Ιούλιο και Γ. 1 κιλό σμέουρα διανεμημένα κατεψυγμένα σ' ένα κατάστημα σουπερμάρκετ λιανικής πώλησης τον Νοέμβριο. Η Γ λειτουργική μονάδα προέκυψε λόγω του ότι τον Νοέμβριο υπάρχει μικρός έως και καθόλου εφοδιασμός από πρωτογενείς παραγωγούς. Να σημειωθεί ότι εξετάστηκε μόνο το αποτέλεσμα του χρόνου παραγωγής και εφοδιασμού έως την παράδοση στο σύστημα λιανικής πώλησης και όχι έως την αγορά του τροφίμου από τους καταναλωτές και την αποθήκευσή του. Συγκεκριμένα, στα όρια του συστήματος συμπεριλήφθηκαν η παραγωγή λιπασμάτων, κληματίδων, συσκευασίας, τα καύσιμα και όλες οι υπόλοιπες εισροές, ενώ στην περίπτωση του Β και Γ

συστήματος συμπεριλήφθηκε ένας επιπλέον χρόνος εφαρμογής χωρίς την παραγωγή του φυτού ως περιθώριο για την ανάπτυξη των κληματίδων (Foster et al, 2014).

Αρκετές μελέτες αξιολόγησης κύκλου ζωής (LCA) έχουν διεξαχθεί στην παραγωγή φρέσκων προϊόντων ως ένα εργαλείο για τη βελτίωση της βιωσιμότητάς τους κατά μήκος της αλυσίδας εφοδιασμού, αλλά και για τη διαφοροποίηση των προϊόντων, αποκτώντας έτσι καλύτερη θέση στην αγορά. Αυτές οι μελέτες έχουν σχεδιαστεί κυρίως για να εκτιμήσουν το «οικολογικό προφίλ» ενός προϊόντος και να εντοπίσουν τις φάσεις στον κύκλο ζωής του που συμβάλλουν σημαντικά στη συνολική περιβαλλοντική του επίπτωση. Έτσι λοιπόν, σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Peano et al (2015), έγινε η εφαρμογή της μεθοδολογίας αξιολόγησης κύκλου ζωής (LCA) στην αλυσίδα εφοδιασμού προϊόντων της μάρκας “Delizie di Bosco del Piemonte” της Ιταλίας και συγκεκριμένα, ποσοτικοποιήθηκαν οι εκπομπές από τις φράουλες και τα μούρα. Σκοπός της ήταν να εντοπίσουν την πρόκληση και τα προβλήματα που σχετίζονται με τη δημιουργία οικολογικού σήματος από ομάδες παραγωγών γεωργικών προϊόντων.

Η μελέτη χωρίστηκε σε δύο στάδια. Σε πρώτο στάδιο έγινε μία προσεκτική εξέταση της τρέχουσας κατάστασης όσον αφορά τη βιωσιμότητα του τομέα της γεωργίας και των τροφίμων, ενώ σε δεύτερο στάδιο έγινε ο υπολογισμός αντιστάθμισης του άνθρακα των ίδιων συστημάτων παραγωγής και αυτό γιατί η γεωργία έχει το αναμφισβήτητο πλεονέκτημα να εκτελεί λειτουργίες, οι οποίες δεν αφορούν μόνο εκπομπές αλλά και αντιστάθμιση του άνθρακα. Τα προϊόντα που παράγονται κάτω από το όνομα της “Delizie di Bosco del Piemonte” είναι οι φράουλες, τα σμέουρα, τα βατόμουρα, το μύρτιλο και τα φραγκοστάφυλα. Ωστόσο, επειδή τα χαρακτηριστικά και οι γεωργικές τεχνικές στην αλυσίδα εφοδιασμού είναι όμοιες μεταξύ των βατόμουρων και σμέουρων και μεταξύ του μύρτιλου και του φραγκοστάφυλου, η αξιολόγηση του κύκλου ζωής (LCA) περιορίστηκε στις φράουλες, τα σμέουρα και το μύρτιλο που περιλαμβάνουν ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα των παραγωγών που ανήκουν στο συνεταιρισμό. Η μεθοδολογία περιλαμβάνει την εκτίμηση του δυναμικού υπερθέρμανσης του πλανήτη (GWP) σε kg ισοδυνάμου CO₂ και την κατανάλωση μη ανανεώσιμης ενέργειας σε MJ. Τα όρια του συστήματος περιλαμβάνουν τις κύριες λειτουργίες, τις εισροές και εκροές στη φάση του φυτώριου, στη φάση της παραγωγής στο αγρόκτημα και στη μετασυλλεκτική φάση μέχρι το σημείο πώλησης, ενώ λαμβάνονται υπόψη τα απόβλητα σε κάθε στάδιο. Η φάση της χρήσης δεν

περιλαμβάνεται στο σύστημα, δηλαδή η μεταφορά από το σούπερ μάρκετ στο σπίτι του τελικού καταναλωτή, όμως, λαμβάνεται υπόψη η διάθεση της συσκευασίας. Οι λειτουργικές μονάδες που ορίστηκαν είναι το 1 φυτό για μεταφύτευση στη φάση του φυτωρίου, τα 125 γραμμάρια (φραουλών, σμέουρων ή μύρτιλων) μεταφερόμενα στην αποθήκη του συνεταιρισμού και τα 250 γραμμάρια (φραουλών, σμέουρων ή μύρτιλων) μεταφερόμενα στο κατάστημα λιανικής πώλησης (Peano et al, 2015).

Όσον αφορά τις φράουλες, οι δύο πρώτες φάσεις, του φυτωρίου και του αγροκτήματος αντιστοιχούν στο 59% του δυναμικού υπερθέρμανσης του πλανήτη και στο 66% της κατανάλωσης μη ανανεώσιμης ενέργειας. Λαμβάνοντας υπόψη τον συνολικό αντίκτυπο της εφοδιαστικής αλυσίδα της φράουλας είναι 0.138 κιλά ισοδυνάμου CO₂ και χρησιμοποιεί 3699 MJ μη ανανεώσιμης ενέργειας. Στην περίπτωση των σμέουρων, οι δύο πρώτες φάσεις αναλογούν σε ποσοστά 46% και 43% για το δυναμικό υπερθέρμανσης και την κατανάλωση μη ανανεώσιμης ενέργειας αντίστοιχα. Ο συνολικός αντίκτυπος ανέρχεται στα 0.053 kg ισοδυνάμου CO₂ και απαιτεί 1.119MJ μη ανανεώσιμης ενέργειας. Τέλος, οι δύο πρώτες φάσεις του μύρτιλου αναλογούν σε 38% για το δυναμικό υπερθέρμανσης και 36% για την κατανάλωση μη ανανεώσιμης ενέργειας. Συνολικά, βλέπουμε αντίκτυπο 0.055 kg ισοδυνάμου CO₂, απαιτώντας 1.123 MJ μη ανανεώσιμης ενέργειας. Όσον αφορά τον υπολογισμό αντιστάθμισης των εκπομπών τους, οι μετρήσεις διεξήχθησαν σε σταθμούς παρακολούθησης στην περιοχή όπου βρίσκεται ο Συνεταιρισμός. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από δάση κυριαρχούμενα από καστανιές. Έπειτα από σύγκριση των εκπομπών και της αναμενόμενης απορρόφησης της καστανιάς, διαπιστώθηκε ότι η περιοχή επιφάνειας της καστανιάς που απαιτείται για την απορρόφηση των εκπομπών από την εφοδιαστική αλυσίδα είναι 21 εκτάρια (Peano et al, 2015).

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Girgenti et al (2014), αναλύθηκε το περιβαλλοντικό προφίλ της βιομηχανίας φράουλας στη Βόρεια Ιταλία, χρησιμοποιώντας δύο σενάρια ως συστήματα αναφοράς. Το πρώτο σενάριο περιλαμβάνει την καλλιέργεια φράουλας σε μη θερμαινόμενες πλαστικές σήραγγες με τη χρήση των υπαρχόντων τυπικών τεχνικών καλλιέργειας, πρακτικών διαχείρισης μετά τη συγκομιδή και προτύπων κατανάλωσης. Το δεύτερο σενάριο αφορά την ίδια καλλιέργεια φράουλας, στην οποία μερικά από τα υλικά που χρησιμοποιούνται αντικαταστάθηκαν με βιοαποικοδομήσιμα. Στόχος της μελέτης ήταν να αξιολογήσουν την κατανάλωση ενέργειας και την περιβαλλοντική επιβάρυνση της καλλιέργειας,

προσδιορίζοντας τα στοιχεία της εφοδιαστικής αλυσίδας με την υψηλότερη επίπτωση και να γίνει η επιλογή των βέλτιστων οικολογικών πρακτικών, αποσκοπώντας στη μείωση του περιβαλλοντικού αντίκτυπου της φράουλας. Ως προϊόν επιλέχθηκε η φράουλα διότι είναι ιδιαίτερα ευπαθές και απαιτεί περισσότερη ενέργεια για την αποθήκευση και τη συσκευασία.

Τα όρια του συστήματος ξεκινάνε από τη φάση του φυτωρίου πριν το αγρόκτημα και φτάνουν μέχρι το σημείο πώλησης. Λαμβάνονται υπόψη όλες οι διαδικασίες που απαιτούνται για τη διαχείριση της καλλιέργειας πριν και μετά τη συγκομιδή, συμπεριλαμβάνοντας και συναφείς βοηθητικές διαδικασίες, όπως η μεταφορά των χρησιμοποιούμενων υλικών και αποβλήτων που παράγονται σε κάθε στάδιο. Η φάση της χρήσης και η μεταφορά από το σημείο πώλησης στον καταναλωτή δεν εξετάστηκαν, όμως, εξετάστηκε η διάθεση των υλικών συσκευασίας. Ως λειτουργική μονάδα ορίστηκε η μονάδα κατανάλωσης, δηλαδή το πακέτο 250 γραμμαρίων ($9.5 \times 14.5 \times 2.5$ cm). Στο δεύτερο σενάριο αναφοράς γίνεται η αντικατάσταση της παραδοσιακής μεμβράνης εδαφοκάλυψης με ένα βιοαποικοδομήσιμο προϊόν κατά τη φάση της καλλιέργειας, ενώ στη φάση μετά τη συγκομιδή, επίκεντρο είναι η χρήση των νέων υλικών συσκευασίας που αυξάνουν τη διάρκεια ζωής των φραουλών, μειώνοντας τις απώλειες του προϊόντος και αυξάνοντας την αποτελεσματικότητα της διαχείρισης των αποβλήτων. Να σημειωθεί ότι το συγκεκριμένο υλικό είναι κομποστοποιήσιμο (Girgenti et al, 2014).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, λαμβάνοντας υπόψη το πρώτο σενάριο αναφοράς, προέκυψε ότι για το σύνολο της αλυσίδας εφοδιασμού της φράουλας, το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη ανέρχεται στα 0.003804 kg ισοδυνάμου CO₂ και η κατανάλωση μη ανανεώσιμης ενέργειας εκτιμάται ότι είναι 0.006677 MJ. Οι φάσεις του φυτωρίου και του χωραφιού αντιπροσωπεύουν το 60% τόσο για το δυναμικό υπερθέρμανσης όσο και για την κατανάλωση ενέργειας. Όσον αφορά το δεύτερο σενάριο αναφοράς, η αντικατάσταση του υλικού εδαφοκάλυψης έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή αποβλήτων 0 kg / ha βιοαποικοδομήσιμου προϊόντος σε σύγκριση με τα 260 kg / ha αποβλήτων για το πολυαιθυλένιο (PE) που χρησιμοποιούνταν ως βασικό υλικό για την κατασκευή της μεμβράνης. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, το προστατευτικό στρώμα δεν είναι ανάγκη να αφαιρεθεί και να απορριφθεί αφού θα βιοδιασπαστεί στο έδαφος. Στην περίπτωση αντικατάστασης του υλικού συσκευασίας, το πακέτο μπορεί να απορριφθεί μαζί με τα οργανικά απόβλητα και να κομποστοποιηθεί, έχοντας μικρότερο αντίκτυπο από την υγειονομική ταφή ή την αποτέφρωση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα

τη μείωση του δυναμικού υπερθέρμανσης του πλανήτη και τη χρήση μη ανανεώσιμης ενέργειας κατά 20%. Συνολικά, το δεύτερο σενάριο θα μπορούσε οδηγήσει σε εξοικονόμηση 0.000229 MJ (Girgenti et al, 2014).

Σε μια πιο πρόσφατη μελέτη, οι Tecco et al (2016) προσπαθούν να αξιολογήσουν την εισαγωγή της καινοτομίας στα συστήματα των γεωργικών προϊόντων με το συνδυασμό της περιβαλλοντικής αξιολόγησης κύκλου ζωής (LCA) και της κοινωνικής αξιολόγησης του κύκλου ζωής (s-LCA) στην καλλιέργεια των σμέουρων. Οι LCA και s-LCA εφαρμόστηκαν ανεξάρτητα κάτω από συγκεκριμένες απαιτήσεις συνέπειας, ενώ επιλέχθηκαν δύο σενάρια σύγκρισης. Το πρώτο σενάριο αφορά την καλλιέργεια σμέουρων, η οποία πραγματοποιείται σύμφωνα με τις τυπικές παραδοσιακές διαδικασίες, ενώ το δεύτερο σενάριο αναφέρεται στην καλλιέργεια σμέουρων, στην οποία έχουν υιοθετηθεί καινοτόμες τεχνικές για την αγρονομική διαχείριση της παραγωγής τους, όπως προστατευτική εδαφοκάλυψη και κάλυψη των φυτών. Το προστατευτικό στρώμα χρησιμοποιείται ως μέθοδος περιορισμού των ζιζανίων, ενώ το κάλυμμα βοηθάει στην προστασία ενάντια στις δυσμενείς κλιματικές συνθήκες. Ως μελέτη περίπτωσης εξετάστηκε ένας συνεταιρισμός επονομαζόμενος Agrifrutta που βρίσκεται στη βορειοδυτική Ιταλία. Στα όρια του συστήματος συμπεριλήφθηκε η φάση πριν το αγρόκτημα και η φάση της παραγωγής στο αγρόκτημα, ενώ λειτουργική μονάδα αποτέλεσε το 1 κιλό σμέουρων της παραγωγής. Για την κοινωνική αξιολόγηση του κύκλου ζωής των σμέουρων, ως ενδιαφερόμενα μέρη θεωρήθηκαν τα μέλη του συνεταιρισμού και οι εργαζόμενοι.

Όπως αποδείχτηκε, το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη στο πρώτο σενάριο ήταν 0.1682 kg ισοδυνάμου CO₂, ενώ στο δεύτερο σενάριο με την εισαγωγή των νέων τεχνικών, έφτασε τα 2.2840 kg ισοδυνάμου CO₂. Η αύξηση οφείλεται κυρίως στις νέες κατηγορίες επιπτώσεων που σχετίζονται με τα βιο-πλαστικά υλικά, τα οποία χρησιμοποιούνται στο προστατευτικό στρώμα, το πλαστικό που χρησιμοποιείται από την κάλυψη και οι δομές υποστήριξης, όπως πάσσαλοι και τα σύρματα σιδήρου. Παρ' όλα αυτά, να σημειωθεί ότι η εισαγωγή καινοτόμων τεχνικών επέφερε 50% αύξηση στην απόδοση παραγωγής. Όσον αφορά την ανάλυση των κοινωνικών επιπτώσεων από την s-LCA μεθοδολογία, διαπιστώθηκε ότι στο δεύτερο σενάριο οι εργαζόμενοι είναι περισσότερο ικανοποιημένοι για τις συνθήκες εργασίας και τη διαχείριση των καιρικών κινδύνων. Αυτό συμβαίνει επειδή οι λειτουργίες ελέγχου και προστασίας επιτυγχάνονται πλέον με προστατευτικό στρώμα και κάλυμμα, αφού το προστατευτικό στρώμα μπορεί να μειώσει τον

αριθμό των παρεμβάσεων με στόχο τη συγκράτηση των ζιζανίων, ενώ το κάλυμμα προστατεύει από τη βροχή και χαλάζι στο χωράφι. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα απλοποιημένες εργασίες συγκομιδής, μειώνοντας το χρόνο για την επιλογή των σμέουρων, δεδομένης της μειωμένης βλάβης του προϊόντος από τα καιρικά φαινόμενα (Tecco et al, 2016).

ΜΕΡΟΣ Β: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

5.1. Εισαγωγή

Για την εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας χρησιμοποιήθηκε πρωτογενής και δευτερογενής έρευνα. Η πρωτογενής έρευνα πραγματοποιήθηκε σε καλλιέργεια βατόμουρων στο χωριό Πατουλιά του νομού Τρικάλων και στο Μουζάκι Καρδίτσας. Για την ανάλυση των δεδομένων έγινε χρήση του λογισμικού SimaPro 5.1 και της μεθόδου CML 2 baseline 2000/ West Europe 1995. Η δευτερογενής έρευνα βασίστηκε τόσο σε εθνική όσο και σε διεθνή αρθρογραφία και βιβλιογραφία.

5.2. Βιβλιογραφία – Δευτερογενής Έρευνα

Ως κύριες πηγές πληροφοριών για την παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκε σχετική βιβλιογραφία από έγκυρα άρθρα, επιστημονικά περιοδικά και βιβλία. Η έρευνα έχει βασιστεί σε εθνική και διεθνή βιβλιογραφία (άρθρα και βιβλία) που βρίσκονται σε ακαδημαϊκές βιβλιοθήκες, όπως επίσης, και σε πηγές που προέρχονται από το διαδίκτυο, από έγκυρα διαδικτυακά περιοδικά, έγκυρες διαδικτυακές βιβλιοθήκες και ιστοσελίδες, όπως www.scopus.com, www.scholar.google.com, www.sciencedirect.com, www.springerlink.com. Όλες οι προαναφερθείσες πηγές είναι αποδεκτές, υποστηρίζονται από έρευνες και συμπεριλαμβάνουν θέματα που σχετίζονται με το αντικείμενο της παρούσας εργασίας.

5.3. Στατιστικά Στοιχεία – Πρωτογενής Έρευνα

Για την έρευνα αυτή, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από συγκεκριμένα αγροκτήματα καλλιέργειας βατόμουρων, τα οποία βρίσκονται στο χωριό Πατουλιά του Νομού Τρικάλων και στο Μουζάκι του Νομού Καρδίτσας. Η ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν έγινε με το πρόγραμμα SimaPro 5 και τη μέθοδο CML 2 baseline 2000. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης ακολουθούν στο κεφάλαιο επτά.

Τα δεδομένα που ακολουθούν στην επόμενη ενότητα έχουν συλλεχθεί σε συνεργασία με τους ιδιοκτήτες των δύο αγροκτημάτων βατόμουρων έπειτα από κατ' ιδίαν συνέντευξη. Τα δεδομένα αυτά αφορούν συγκεκριμένα μόνο τις συγκεκριμένες καλλιέργειες, αφού ανάλογα την περιοχή και τους παραγωγούς τα δεδομένα μπορούν να μεταβληθούν, διότι οι καλλιεργητικές πρακτικές μπορούν να αλλάξουν και να δώσουν διαφορετικά αποτελέσματα. Να σημειωθεί ότι οι δύο παραγωγοί χρησιμοποιούν τις ίδιες διαδικασίες και μέσα για την καλλιέργεια βατόμουρων, ενώ ακολουθείται ο παραδοσιακός (συμβατικός) τύπος παραγωγής.

Οι υπολογισμοί που έχουν πραγματοποιηθεί για την ποσοτικοποίηση των δεδομένων ώστε να εισαχθούν στο λογισμικό SimaPro5, παρατίθενται στο παράρτημα που βρίσκεται στο τέλος της εργασίας.

Στη συνέχεια, γίνεται μία γενική περιγραφή του προγράμματος SimaPro 5 και της μεθόδου που χρησιμοποιήθηκαν.

5.4. SimaPro 5

Το SimaPro είναι το συνηθέστερο λογισμικό που χρησιμοποιείται για μελέτες από μεγάλες εταιρίες, συμβουλευτικές επιχειρήσεις και πανεπιστήμια για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιδόσεων διαφόρων προϊόντων, διαδικασιών και υπηρεσιών. Κυκλοφόρησε για πρώτη φορά το 1990, ενώ αναπτύσσεται και διανέμεται από την PRé Consultants. Χρησιμοποιείται στην παρακολούθηση και ανάλυση του κύκλου ζωής (συμπεριλαμβάνοντας πολύπλοκους κύκλους) με συστηματικό και διαφανή τρόπο που ακολουθεί τις συστάσεις της του προτύπου ISO 14040. Η βασική δομή των μεθόδων εκτίμησης των επιπτώσεων στο SimaPro είναι ο χαρακτηρισμός (characterization), η εκτίμηση ζημιών (damage assessment), η κανονικοποίηση (normalization), η στάθμιση (weighting) και η προσθήκη (addition). Το SimaPro αποτελεί το κορυφαίο πακέτο λογισμικού AKZ στον κόσμο για 25 χρόνια και χρησιμοποιείται στη βιομηχανία και στα ακαδημαϊκά ιδρύματα σε πάνω από 80 χώρες (ISO, 2006; Herrman and Moltesen, 2015, PRé Consultants, 2016).

5.5. CML 2 baseline 2000

Η μέθοδος αναπτύχθηκε αρχικά από το Κέντρο Περιβαλλοντικών Μελετών (CML) του Πανεπιστημίου του Leiden στην Ολλανδία, το 1992 και παρέχει δύο σελτ κανονικοποίησης, ένα για την Ολλανδία και ένα για τη Δυτική Ευρώπη. Περιλαμβάνει τις εξής κατηγορίες επιπτώσεων (PRé Consultants, 2016):

- ✓ Υπερθέρμανση του Πλανήτη
- ✓ Οξίνιση βροχής
- ✓ Καταστροφή του Στρατοσφαιρικού Όζοντος
- ✓ Ευτροφισμός
- ✓ Φωτοχημική Οξείδωση
- ✓ Οικοτοξικότητα του γλυκού νερού
- ✓ Θαλάσσια Οικοτοξικότητα
- ✓ Χερσαία Οικοτοξικότητα
- ✓ Τοξικότητα για τον άνθρωπο
- ✓ Εξάντληση αβιοτικών πόρων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

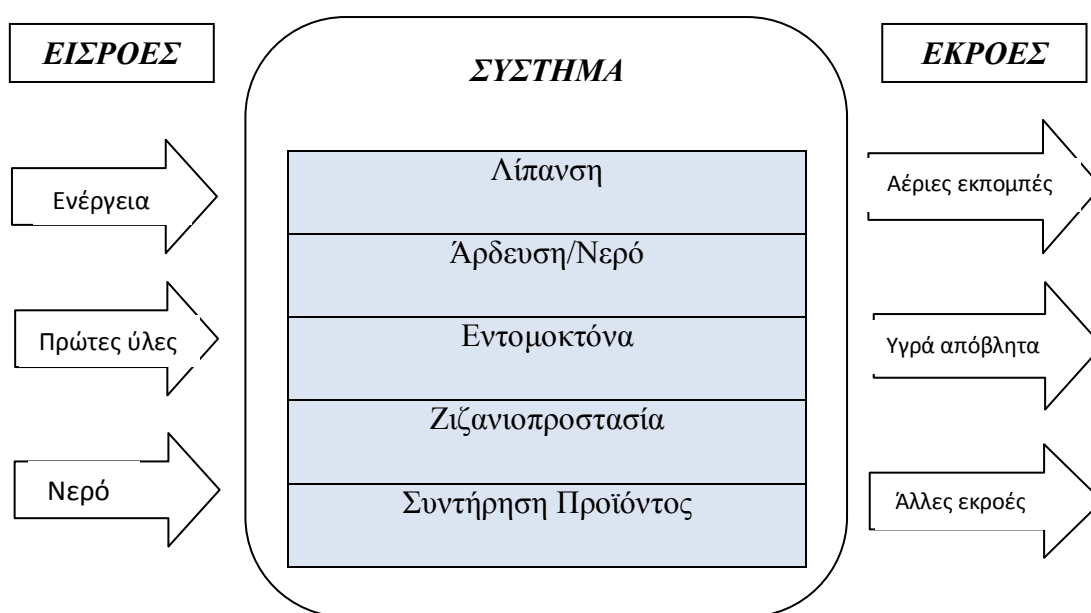
6.1. Καθορισμός Σκοπού και Αντικειμένου Μελέτης

Σκοπός της μελέτης είναι να υπολογιστούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλούνται από την καλλιέργεια βατόμουρων στην περιοχή της Θεσσαλίας ώστε να δοθούν λύσεις και προτάσεις για τη βελτιστοποίησή της. Αντικείμενο της μελέτης αποτελούν οι καλλιεργητικές τεχνικές παραγωγής και συντήρησης των βατόμουρων που χρησιμοποιούνται για τα δύο αγροκτήματα της μελέτης. Αυτό σημαίνει ότι επίκεντρο της μελέτης ήταν η παραγωγή και η αποθήκευση του προϊόντος και όχι η διανομή και κατανάλωσή τους.

6.2. Καθορισμός Ορίων Συστήματος

Τα όρια του συστήματος περιλαμβάνουν όλα τα στάδια που ακολουθούνται για την παραγωγή των βατόμουρων στο κάθε αγρόκτημα, τη λίπανση που απαιτείται, τη χρήση εντομοκτόνων, το νερό που χρειάζεται για τα ραντίσματα, την άρδευση της καλλιέργειας και τα καύσιμα που ίσως καταναλώνονται για τη λειτουργία και χρήση ορισμένων μηχανημάτων. Επίσης, στα όρια του συστήματος περιλαμβάνεται και η συντήρηση του προϊόντος μετά τη συλλογή του.

Εικόνα 6.1.: Οριοθέτηση συστήματος



Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

6.3. Λειτουργική Μονάδα

Υπάρχουν διάφορες λειτουργικές μονάδες που μπορούν να υιοθετηθούν, όπως η ποσοτική, η μονάδα της καλλιεργήσιμης γης και οικονομική μονάδα. Στην περίπτωση μας, η λειτουργική μονάδα που χρησιμοποιήθηκε είναι η ποσοτική και συγκεκριμένα, καθορίστηκε ως η παραγωγή των βατόμουρων ανά 1 κιλό. Η συγκεκριμένη λειτουργική μονάδα που δηλώνει ποσότητα, είναι ανεξάρτητη της ποιότητας και της εμπορικής αξίας των φρούτων. Η ποσοτική λειτουργική μονάδα είναι εύκολη για την κατανόηση των αποτελεσμάτων και χρησιμοποιείται ευρέως στην αξιολόγηση κύκλου ζωής των φρούτων.

6.4. Παραδοχές του Συστήματος

Στην υποενότητα αυτή αναφέρονται οι βασικότερες παραδοχές που έγιναν για την διεξαγωγή της ΑΚΖ.

6.4.1. Έκταση και ποικιλίες των υπό μελέτη αγροκτημάτων

Τα δύο αγροκτήματα έχουν συνολική έκταση 9,5 στρέμματα. Συγκεκριμένα, το Α αγρόκτημα είναι έκτασης 2,5 στρεμμάτων και το Β αγρόκτημα είναι 7 στρέμματα. Το Α αγρόκτημα διαθέτει συνολικά 560 φυτά, ενώ το Β αγρόκτημα διαθέτει 1568 φυτά. Η πυκνότητα φύτευσης είναι περίπου 220 φυτά ανά στρέμμα. Και στα δύο αγροκτήματα καλλιεργείται η ίδια ποικιλία βατόμουρων τύπου blackberry.

Όσον αφορά την ετήσια στρεμματική απόδοση, για το Α αγρόκτημα είναι 400 κιλά ανά στρέμμα τη δεύτερη χρονιά και για το Β αγρόκτημα είναι 500 κιλά στα τέσσερα έτη. Η απόδοση αυξάνεται με το πέρασμα των χρόνων και μπορεί να δώσει 4-5 κιλά το κάθε φυτό, δηλαδή 800 κιλά με 1 τόνο το στρέμμα όταν τα φυτά βρίσκονται σε πλήρη ανάπτυξη.

6.4.2. Πότισμα

Το πότισμα ξεκινάει αρχές Ιουνίου και σταματάει περίπου 10-15 Σεπτεμβρίου. Η φυτεία ποτίζεται ανά 10 περίπου μέρες. Η άρδευση και στα δύο αγροκτήματα γίνεται με τη μέθοδο της σταγόνας (στάγδην πότισμα), η οποία αποτελείται από επίγειο σωληνωτό δίκτυο με ενσωματωμένους σταλακτήρες. Το νερό εφαρμόζεται σε μέρος του εδάφους και πιο συγκεκριμένα στη ρίζα του φυτού. Το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένος ο σωλήνας είναι το πολυαιθυλένιο και έχει συνολικό μήκος 800 μέτρα για το Α αγρόκτημα (50 μέτρα ανά σειρά, σύνολο 16 σειρές) και 2240 μέτρα για το Β αγρόκτημα (70 μέτρα ανά σειρά, σύνολο 32 σειρές). Το βάρος του σωλήνα ανέρχεται στα 35 γραμμάρια τα 10cm και έχει χρόνο ζωής 10 έτη. Οι σταλακτήρες βρίσκονται τοποθετημένοι σε κάθε ρίζα, ενώ ανάλογα με τις ανάγκες του φυτού, ρυθμίζεται η ροή του νερού. Σε γενικές γραμμές, η παροχή τους είναι της τάξεως 2-3 λίτρων/ώρα, ενώ το πότισμα διαρκεί περίπου 1 με 1,5 ώρα τη φορά. Το νερό προέρχεται από

γεώτρηση και η άντλησή του γίνεται με χρήση τρακτέρ, το οποίο καταναλώνει πετρέλαιο diesel, 4 λίτρα σε κάθε πότισμα.

6.4.3. Λίπανση

Στην καλλιέργεια χρησιμοποιείται κυρίως οργανικό λίπασμα. Στον πρώτο χρόνο σποράς έγινε η εφαρμογή νιτράσβεστου (15,5% N + 28% CaO) για την ανάπτυξη των φυτών και εφαρμόζεται 3-4 φορές το χρόνο, τους θερινούς μήνες Ιούνιο με τέλος Ιουλίου, ανά 20 μέρες. Στο Α αγρόκτημα χρειάστηκαν 25 κιλά για τα 2,5 στρέμματα, ενώ στο Β αγρόκτημα χρησιμοποιήθηκαν 70 κιλά για τα 7 στρέμματα. Το λίπασμα είναι υδροδιαλυτό και η εφαρμογή του γίνεται με υδρολίπανση, δηλαδή η λίπανση αποδίδεται μαζί με το νερό διαμέσου του συστήματος άρδευσης. Σ' αυτή την περίπτωση το πότισμα με ή χωρίς λίπανση γίνεται εναλλάξ, δηλαδή μία φορά εφαρμόζεται καθαρό πότισμα, μία υδρολίπανση. Συνολικά, καταναλώνονται περίπου 160 κιλά υδρολίπανσης ανά φυτό στις τέσσερις εφαρμογές (περίπου 1,5 κιλό τη φορά ανά φυτό). Όταν η καλλιέργεια βρίσκεται σε ανάπτυξη χρησιμοποιείται ένα γενικό λίπασμα μία φορά το χρόνο και συγκεκριμένα τον Ιανουάριο, ενώ εφαρμόζονται 100 γραμμάρια ανά φυτό. Ειδικά, απαιτούνται 10 μονάδες αζώτου, 6 μονάδες φωσφόρου και 12 μονάδες καλίου. Κατά τη διάρκεια της καρποφορίας μπορεί να εφαρμοστεί επιπλέον κάλιο, μία φορά το χρόνο, 3 κιλά ανά στρέμμα. Η εφαρμογή και η αναλογία τους γίνεται έπειτα από εξέταση του εδάφους κάθε φορά για να διαπιστωθεί πόσες μονάδες χρειάζονται.

6.4.4. Κλάδεμα

Η περίοδος του κλαδέματος ξεκινάει τους φθινοπωρινούς μήνες, συνήθως Οκτώβριο ή Νοέμβριο. Το κλάδεμα γίνεται με κλαδευτήρι χειρός. Τα κλαδιά που κόβονται πηγαίνουν προς απόθεση, ξήρανση και καύση.

6.4.5. Φυτοπροστασία

Η περίοδος των ραντισμάτων ξεκινάει την άνοιξη όταν αρχίσει να αναπτύσσεται η βλάστηση. Όσον, αφορά τους μύκητες, εφαρμόζεται ένα ράντισμα το χρόνο, και συγκεκριμένα τον Μάιο, στον καρπό για την αντιμετώπιση του βοτρυτή που προκαλεί τη σήψη του καρπού.

Λαμβάνοντας υπόψη την αντιμετώπιση εντόμων, χρησιμοποιείται πυρεθρινοειδές εντομοκτόνο επαφής και στομάχου (δραστική ουσία deltamethrin) που βοηθά στην καταπολέμηση της πεταλούδας, η οποία προσβάλλει τα φύλλα του φυτού και ο ψεκασμός γίνεται συνήθως μέσα Ιουλίου μέχρι Αύγουστο, ενώ εφαρμόζονται 2-3 ραντίσματα ετησίως. Η ποσότητα φαρμάκου που εφαρμόζεται είναι 25-50cm³ ανά στρέμμα. Για την αντιμετώπιση του βοτρυτή, εφαρμόζεται μη διασυστηματικό μυκητοκτόνο επαφής (δραστική ουσία fenhexamid) που ανήκει στην ομάδα υδροξυανιιδίων. Η δόση που απαιτείται είναι 150 γραμμάρια σκευάσματος ανά στρέμμα. Η εφαρμογή τους γίνεται με ψεκαστικό μηχάνημα τύπου σκούπας με πλάγια μπεκ (πλαγιοψεκασμός), φορώντας μιας χρήσεως γάντια. Το μηχάνημα καταναλώνει 8 λίτρα βενζίνης ανά στρέμμα, ενώ χρησιμοποιεί νερό (2500 κιλά ανά στρέμμα) με παροχή 22-33 λίτρα ανά λεπτό.

6.4.6. Αντιμετώπιση ζιζανίων

Τα ζιζάνια αντιμετωπίζονται κυρίως με φρεζάρισμα, δηλαδή σκάψιμο γύρω από το φυτό με φρέζα χειρός. Το φρεζάρισμα γίνεται συνήθως από Μάιο μέχρι Ιούλιο και μπορεί να επαναληφθεί όταν έχουμε επανεμφάνιση ζιζανίων. Σε περίπτωση που κριθεί αναγκαία η χρήση ζιζανιοκτόνου, αυτό εφαρμόζεται 40 με 50 πόντους μακριά από το φυτό, ενώ η εφαρμογή του γίνεται με ψεκασμό. Η εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων γίνεται μόνο πριν ή μετά τη συγκομιδή της καλλιέργειας. Συγκεκριμένα χρησιμοποιείται ζιζανιοκτόνο δραστικής ουσίας Glyphosate για την καταπολέμηση αγρωστωδών και πλατύφυλλων. Η δόση που απαιτείται είναι 600-1000 cm³ σκευάσματος ανά στρέμμα.

6.4.7. Συγκομιδή

Η περίοδος συγκομιδής ξεκινάει τους θερινούς μήνες και συγκεκριμένα μέσα Ιουλίου, ενώ ολοκληρώνεται τέλος Αυγούστου με αρχές Σεπτεμβρίου. Η διάρκειά της είναι 1,5 μήνας. Οι καρποί συλλέγονται με τα χέρια, φορώντας πλαστικά γάντια και τοποθετούνται σε πλαστικά κεσεδάκια μιας χρήσης, χωρητικότητας 120 με 150 γραμμαρίων. Το υλικό κατασκευής τους είναι το πολυαιθυλένιο, ενώ το καθαρό βάρος τους είναι 25 γραμμάρια. Για τη συλλογή 1 κιλού βατόμουρων χρειάζονται 8 κεσεδάκια.

6.4.8. Αποθήκευση

Τα βατόμουρα που προορίζονται για νωπή κατανάλωση φεύγουν απευθείας από το αγρόκτημα. Τα υπόλοιπα αποθηκεύονται στο ψυγείο για 1-2 ημέρες μέχρι να γίνει η μεταφορά τους στο συσκευαστήριο, ενώ διατηρούνται στους 5°C. Η τυπική κατανάλωση ενός ψυγείου ισχύος 90 Watt είναι 0,50 KWh για 24 ώρες λειτουργίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα γίνει η ανάλυση και η συζήτηση των αποτελεσμάτων από την επεξεργασία των δεδομένων με το λογισμικό SimaPro 5.1 και την μέθοδο CML 2 baseline 2000 / West Europe, 1995 για τη μελέτη περίπτωσης της καλλιέργειας βατόμουρων. Να σημειωθεί ότι τα δύο αγροκτήματα εξετάστηκαν ξεχωριστά αφού το αγρόκτημα Α είχε λιγότερες εισροές από το αγρόκτημα Β, λόγω του ό,τι διένυε τον πρώτο χρόνο καλλιέργειας. Για παράδειγμα, στο Α αγρόκτημα χρησιμοποιήθηκε μόνο ο νιτράσβαστος από τα λιπάσματα και μόνο ένα εντομοκτόνο, ενώ δεν χρησιμοποιήθηκε καθόλου ζιζανιοκτόνο. Ωστόσο, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του Β αγροκτήματος ως μελέτη περίπτωσης, διότι περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες εισροές και τα αποτελέσματα είναι πιο αντιπροσωπευτικά για μία καλλιέργεια βατόμουρων. Τα δεδομένα που αντιστοιχούν σε κάθε αγρόκτημα παρουσιάζονται αναλυτικά στους πίνακες στο παράρτημα II.

Το σύστημα εξετάζεται για 10 κατηγορίες επιπτώσεων όπως δίνεται η δυνατότητα από τη μέθοδο CML 2 baseline 2000. Αυτές είναι εξάντληση των αβιοτικών πόρων, η παγκόσμια υπερθέρμανση, η απώλεια του στρατοσφαιρικού όζοντος, η τοξικότητα στον άνθρωπο, η οικοτοξικότητα του γλυκού νερού, η θαλάσσια υδατική οικοτοξικότητα, η εδαφική οικοτοξικότητα, η φωτοχημική οξείδωση, η οξίνιση και ο ευτροφισμός. Συγκεκριμένα:

Η **εξάντληση των αβιοτικών πόρων** καθορίζεται για κάθε εξόρυξη μεταλλευμάτων και ορυκτών καυσίμων, με βάση τη συγκέντρωση των αποθεμάτων και τον ρυθμό αποσυμφόρησης. Αυτή η κατηγορία επιπτώσεων αφορά την προστασία της ανθρώπινης ευημερίας, την ανθρώπινη

υγεία και την υγεία των οικοσυστημάτων. Εκφράζεται με ισοδύναμα Sb (αντιμονίου)/kg εξόρυξης. Το γεωγραφικό πεδίο εφαρμογής αυτού του δείκτη είναι σε παγκόσμια κλίμακα (PRé Consultants, 2016).

Η **παγκόσμια υπερθέρμανση** ή αλλιώς το **Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη** είναι η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας και των ωκεανών. Μπορεί να οδηγήσει σε δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία των οικοσυστημάτων, την ανθρώπινη υγεία και την καλή διαβίωση των υλικών, ενώ έχει σχέση με τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Εκφράζεται για ένα χρονικό ορίζοντα 100 ετών (GWP100), με ισοδύναμα CO₂ (διοξείδιο του άνθρακα)/kg εκπομπών. Το γεωγραφικό πεδίο εφαρμογής αυτού του δείκτη είναι σε παγκόσμια κλίμακα (PRé Consultants, 2016).

Λαμβάνοντας υπόψη την **απώλεια του στρατοσφαιρικού όζοντος**, οφείλεται στις εκπομπές ουσιών που καταστρέφουν το στρατοσφαιρικό όζον και έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της υπεριάδους ακτινοβολίας. Αυτό μπορεί να έχει επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, την υγεία των ζώων, τα χερσαία και υδάτινα οικοσυστήματα, τους βιοχημικούς κύκλους και τα υλικά. Εκφράζεται με ισοδύναμα CFC-11(χλωροφθοράνθρακες)/kg εκπομπών. Η συγκεκριμένη κατηγορία σχετίζεται κυρίως με τις εξόδους του συστήματος, το γεωγραφικό πεδίο εφαρμογής αυτού του δείκτη είναι σε παγκόσμια κλίμακα και το χρονικό διάστημα είναι άπειρο (PRé Consultants, 2016).

Η κατηγορία **τοξικότητας στον άνθρωπο** είναι μία από τις πιο δύσκολες στο χειρισμό κατηγορίες, αφού οι ανθρώπινες τοξικολογικές επιδράσεις εξαρτώνται από την έκθεση στις χημικές και βιολογικές ουσίες και τις επιπτώσεις τους. Η πιθανή επίδραση στον άνθρωπο εξαρτάται από την πραγματική εκπομπή και την κατάληξη των συγκεκριμένων ουσιών που εκπέμπονται στο περιβάλλον. Η κατηγορία αυτή αφορά επιδράσεις των τοξικών ουσιών στο ανθρώπινο περιβάλλον, όμως, κίνδυνοι για την υγεία από την έκθεση στο εργασιακό περιβάλλον δεν περιλαμβάνονται. Σε γενικές γραμμές, εκφράζεται με ισοδύναμα 1,4-DB(1,4 διχλωροβενζόλιο)/kg εκπομπών. Το γεωγραφικό πεδίο εφαρμογής αυτού του δείκτη καθορίζει την τύχη μιας ουσίας και μπορεί να ποικίλει μεταξύ της τοπικής και παγκόσμιας κλίμακας (PRé Consultants, 2016).

Η **οικοτοξικότητα του γλυκού νερού** αναφέρεται στις επιπτώσεις επί των οικοσυστημάτων γλυκών υδάτων, οι οποίες είναι αποτέλεσμα των εκπομπών τοξικών ουσιών στον αέρα, το νερό και το έδαφος. Εκφράζεται με ισοδύναμα 1,4-DB/kg εκπομπών. Ο χρονικός ορίζοντας είναι άπειρος, ενώ ο δείκτης εφαρμόζεται σε παγκόσμια , ηπειρωτική , περιφερειακή και τοπική κλίμακα (PRé Consultants, 2016).

Η **θαλάσσια υδατική οικοτοξικότητα** εκφράζεται ισοδύναμα 1,4-DB/kg εκπομπών και έχει να κάνει με τις επιπτώσεις που έχουν οι τοξικές ουσίες στα θαλάσσια οικοσυστήματα (PRé Consultants, 2016).

Αντίστοιχα, η **εδαφική οικοτοξικότητα** αφορά τις επιπτώσεις των τοξικών ουσιών στα χερσαία οικοσυστήματα. Όπως και στις προηγούμενες, εκφράζεται με ισοδύναμα 1,4-DB/kg εκπομπών (PRé Consultants, 2016).

Η **φωτοχημική οξείδωση** εκφράζεται με ισοδύναμα C_2H_2 (ακετυλένιο)/kg εκπομπών και είναι ο σχηματισμός δραστικών ουσιών (κυρίως όζοντος), τα οποία είναι επιβλαβή για την ανθρώπινη υγεία, τα οικοσυστήματα και μπορούν να βλάψουν και τις καλλιέργειες. Το πρόβλημα αυτό αναφέρεται επίσης με το "καλοκαιρινό νέφος". Η χειμερινή αιθαλομίχλη είναι εκτός του πεδίου εφαρμογής της κατηγορίας αυτής. Ωστόσο, η πραγματική επίπτωση εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις κλιματικές συνθήκες (μέση ακτινοβολία, θερμοκρασία και υγρασία, “αναστροφή θερμοκρασίας”) και την ταυτόχρονη παρουσία οξειδίων του αζώτου στην τροπόσφαιρα. Το χρονικό διάστημα είναι 5 ημέρες και η γεωγραφική κλίμακα κυμαίνεται μεταξύ της τοπικής και ηπειρωτικής κλίμακας (PRé Consultants, 2016).

Όσον αφορά την **οξίνιση**, το διοξείδιο του θείου επιλέγεται ως όξινο αέριο αναφοράς, ενώ ο αντίκτυπος των άλλων εκπομπών υπολογίζεται με τη βοήθεια των συντελεστών ισοδυναμίας με βάση τη σχετική οξύτητα. Οι όξινες ουσίες προκαλούν ένα ευρύ φάσμα επιπτώσεων στο έδαφος, τα υπόγεια ύδατα, τα επιφανειακά ύδατα, τους οργανισμούς, τα οικοσυστήματα και τα υλικά (κτίρια). Η συγκεκριμένη κατηγορία επιπτώσεων εκφράζεται με ισοδύναμα SO_2 (διοξείδιο του θείου)/kg εκπομπών και αποτελεί μια προειδοποιητική υπόδειξη των πιθανών επιπτώσεων,

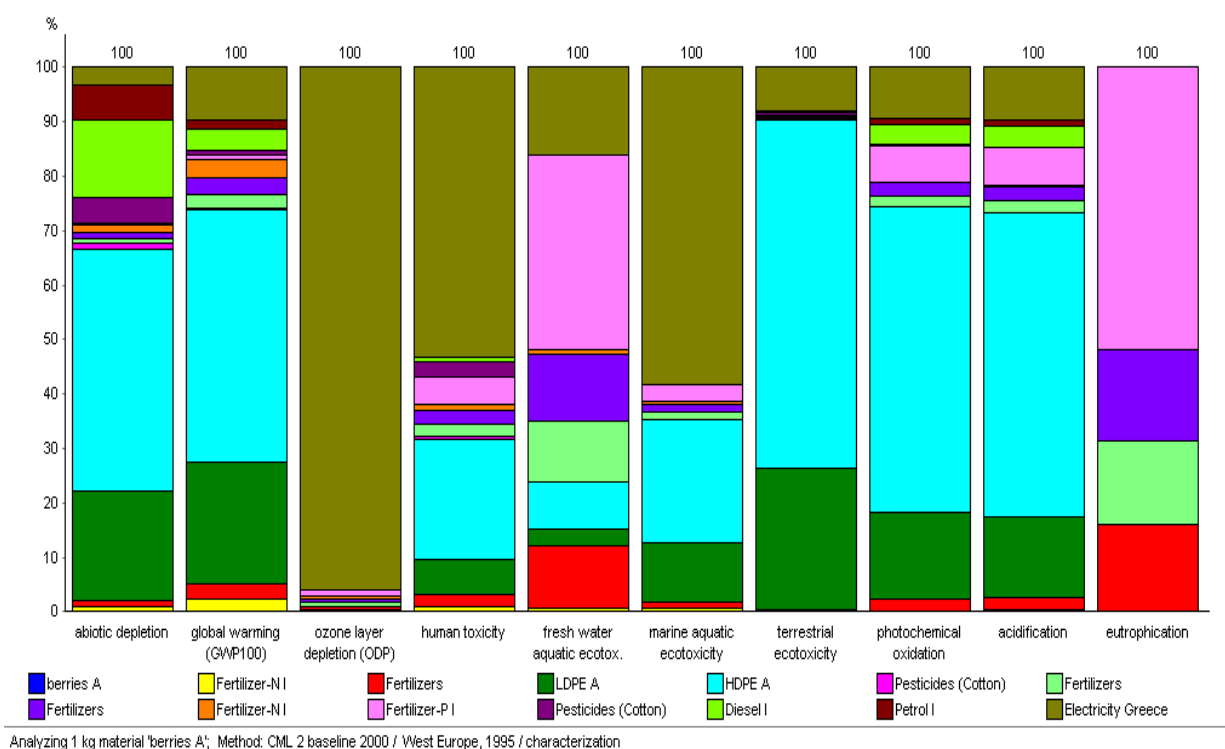
δεδομένου ότι, στην πραγματικότητα, ο αντίκτυπος της όξινης βροχής εξαρτάται από την αλκαλικότητα του αποδεχόμενου περιβαλλοντικού διαμερίσματος (έδαφος, λίμνη κτλ). Για παράδειγμα, τα εδάφη της Βόρειας Ευρώπης είναι πολύ πιο ευαίσθητα στην οξίνιση σε σύγκριση με τα Μεσογειακά εδάφη. Το χρονικό διάστημα είναι άπειρο και η γεωγραφική κλίμακα κυμαίνεται μεταξύ τοπικού και ηπειρωτικού επιπέδου (PRé Consultants, 2016).

Τέλος, ο **ευτροφισμός** δηλώνει την εξάντληση του διαλυμένου οξυγόνου στους υδάτινους αποδέκτες λόγω της υπέρμετρης αύξησης θρεπτικών συστατικών όπως άζωτο και φώσφορο. Εκφράζεται με ισοδύναμα SO_4 (φωσφορικών)/kg εκπομπών. Το χρονικό διάστημα είναι άπειρο και η γεωγραφική κλίμακα κυμαίνεται μεταξύ τοπικού και ηπειρωτικού επιπέδου (PRé Consultants, 2016).

7.1. Χαρακτηρισμός

Χαρακτηρισμός είναι η ανάλυση και η ποσοτικοποίηση του αθροίσματος των επιπτώσεων ανά κατηγορία επίπτωσης. Συγκεκριμένα, οι ουσίες που συμβάλλουν σε μια κατηγορία επιπτώσεων, πολλαπλασιάζονται με τον συντελεστή χαρακτηρισμού που εκφράζει τη σχετική συμβολή της ουσίας (PRé Consultants, 2016). Με άλλα λόγια, το μέγεθος των περιβαλλοντικών επιπτώσεων υπολογίζεται ανά κατηγορία επίπτωσης με την χρήση των συντελεστών ισοδυναμίας που έχουν αναφερθεί για κάθε μία από αυτές.

Διάγραμμα 7.1.: Χαρακτηρισμός ανά κατηγορία επιπτώσεων για το Β αγρόκτημα



Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

Πίνακας 7.1.: Χαρακτηρισμός ανά κατηγορία επιπτώσεων για το Β αγρόκτημα

Κατηγορία Επίπτωσης	Μονάδα	Σύνολο	Λίπανση N	Λίπανση Cao	Πολυαιθυλένιο Χαμηλής Πυκνότητας	Πολυαιθυλένιο Υψηλής Πυκνότητας	Ζιζανιοκτόνο	Λίπανση K (12)	Λίπανση K	Λίπανση N (10)	Λίπανση P (6)	Εντομοκτόνα-Μυκητοκτόνα	Diesel	Πετρέλαιο	Ηλεκτρική Ενέργεια (Ελλάδα)
Εξάντληση Αβιοτικών Πόρων	kg Sb eq	0,0307	0,00027	0,000325	0,00618	0,0137	0,00028	0,000312	0,000348	0,000394	0,0000984	0,00148	0,00437	0,00196	0,00102
Παγκόσμια Υπερθέρμανση	kg CO2 eq	1,44	0,0337	0,04	0,323	0,669	0,0023	0,0383	0,0428	0,0485	0,0119	0,0121	0,056	0,0242	0,143
Απώλεια Στρατοσφαιρικού Οζοντος	kg CFC-11 eq	2,3E-08	6E-11	1,54E-10	x	x	x	1,47E-10	1,65E-10	8,67E-11	2,92E-10	x	x	x	2,19E-08
Τοξικότητα στον άνθρωπο	kg 1,4-DB eq	0,0389	0,00029	0,000913	0,00246	0,00859	0,000209	0,000876	0,000978	0,000413	0,00199	0,0011	0,00036	9,89E-06	0,0207
Οικοτοξικότητα γλυκού νερού	kg 1,4-DB eq	0,0089	5,3E-05	0,00102	0,00027	0,000769	0,00000297	0,00098	0,0011	0,0000767	0,00318	0,0000156	7,83E-06	3,28E-07	0,00143
Θαλάσσια υδατική οικοτοξικότητα	kg 1,4-DB eq	154	0,648	2,06	16,6	34,9	0,0203	1,98	2,21	0,934	4,49	0,107	0,0351	0,000375	89,7
Εδαφική οικοτοξικότητα	kg 1,4-DB eq	0,00573	1,7E-06	8,48E-06	0,00149	0,00367	0,00000625	8,13E-06	9,08E-06	0,00000239	0,0000221	0,0000329	9,65E-06	5,16E-28	0,000465
Φωτοχημική Οξείδωση	kg C2H2	0,00046	2,6E-07	0,0000097	0,0000722	0,000256	7,93E-08	0,0000093	1,04E-05	3,78E-07	0,000031	0,000000417	1,75E-05	4,94E-06	0,0000429
Οξίνιση	kg SO2 eq	0,0105	1,8E-05	0,00024	0,00155	0,00589	0,00000138	0,00023	0,000257	0,0000262	0,000727	0,00000726	0,000426	0,000118	0,00101
Ευτροφισμός	kg PO4—eq	0,0044	3,1E-06	0,000695	0,00000306	0,00000358	2,81E-10	0,000667	0,000745	0,00000447	0,00228	1,48E-09	4,34E-08	3,92E-07	0,000000159

Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

Πίνακας 7.2.: Χαρακτηρισμός ανά κατηγορία επίπτωσης με ποσοστά % για το Β αγρόκτημα

Κατηγορία Επίπτωσης	Μονάδα	Σύνολο	Λίπανση N	Λίπανση Cao	Πολυαιθυλένιο Χαμηλής Πυκνότητας	Πολυαιθυλένιο Υψηλής Πυκνότητας	Ζιζανιοκτόνο	Λίπανση K (12)	Λίπανση K	Λίπανση N (10)	Λίπανση P (6)	Εντομοκτόνα-Μυκητοκτόνα	Diesel	Πετρέλαιο	Ηλεκτρική Ενέργεια (Ελλάδα)
Εξάντληση Αβιοτικών Πόρων	%	100	0,89	1,06	20,1	44,6	0,912	1,01	1,13	1,28	0,32	4,8	14,2	6,38	3,33
Παγκόσμια Υπερθέρμανση	%	100	2,33	2,77	22,4	46,3	0,159	2,65	2,96	3,36	0,826	0,837	3,88	1,67	9,88
Απώλεια Στρατοσφαιρικού Όζοντος	%	100	0,264	0,672	x	x	x	0,645	0,721	0,38	1,28	x	x	x	96
Τοξικότητα στον άνθρωπο	%	100	0,737	2,35	6,32	22,1	0,537	2,25	2,52	1,06	5,12	2,83	0,926	0,0254	53,2
Οικοτοξικότητα γλυκού νερού	%	100	0,598	11,5	3,03	8,64	0,0334	11	12,3	0,861	35,7	0,176	0,088	0,00368	16,1
Θαλάσσια υδατική οικοτοξικότητα	%	100	0,422	1,34	10,8	22,7	0,0132	1,29	1,44	0,608	2,92	0,0696	0,0228	0,000244	58,4
Εδαφική οικοτοξικότητα	%	100	0,0289	0,148	26	64,1	0,109	0,142	0,158	0,0417	0,385	0,574	0,168	8,99E-24	8,12
Φωτοχημική Οξείδωση	%	100	0,0577	2,13	15,9	56,2	0,0174	2,05	2,28	0,0831	6,82	0,0918	3,84	1,09	9,44
Οξίνιση	%	100	0,173	2,29	14,8	56	0,0131	2,19	2,45	0,249	6,92	0,0691	4,05	1,13	9,65
Ευτροφισμός	%	100	0,0706	15,8	0,0695	0,0813	0,00000638	15,1	16,9	0,102	51,8	0,0000336	0,000986	0,00892	0,00362

Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

Όπως παρατηρούμε από το διάγραμμα 7.1 και τον πίνακα 7.2, παρουσιάζονται επιπτώσεις και στις 10 κατηγορίες επιπτώσεων. Κύρια αιτία στις 5 από τις 10 επιπτώσεις είναι το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας, στις 3 από τις 10 η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και ακολουθούν τα λιπάσματα φωσφόρου, καλίου και ασβεστίου που επηρεάζουν στο μέγιστο τον ευτροφισμό και στο μεγαλύτερο βαθμό τη θαλάσσια υδατική οικοτοξικότητα. Εξίσου σημαντική είναι και η επίδραση του πολυαιθυλενίου χαμηλής πυκνότητας στις περισσότερες κατηγορίες επιπτώσεων. Το νερό άρδευσης και το νερό που καταναλώνεται για το ράντισμα των φυτών δεν φέρουν καμία επίδραση σε καμία από τις κατηγορίες, γι' αυτό και δεν συμπεριλαμβάνεται στους παραπάνω πίνακες.

Λαμβάνοντας υπόψη κάθε μία από τις κατηγορίες χωριστά, η πρώτη κατηγορία επιπτώσεων που παρατηρούμε είναι η εξάντληση αβιοτικών πόρων, στην οποία το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας έχει τη μεγαλύτερη συνεισφορά με 44,6%. Τη δεύτερη θέση συνεισφοράς κατέχει το πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας με 20,1%, ενώ ακολουθεί το πετρέλαιο diesel με 6,38%, το οποίο χρησιμοποιείται για τη λειτουργία του τρακτέρ κατά το πότισμα της καλλιέργειας.

Η παγκόσμια υπερθέρμανση είναι η δεύτερη κατηγορία επιπτώσεων, η οποία επιβαρύνεται κατά κύριο λόγο, επίσης, από το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας με ποσοστό 46,3% και σε μικρότερο βαθμό από το πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας με 22,4%. Η τρίτη αξιοσημείωτη συνεισφορά είναι από την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται για τη λειτουργία των ψυγείων αποθήκευσης του προϊόντος με ποσοστό 9,88%. Μικρότερη επίδραση έχουν τα λιπάσματα, φυτοφάρμακα και ζιζανιοκτόνα στη συγκεκριμένη κατηγορία.

Επιπροσθέτως, όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε από τον πίνακα 7.1., το Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη ανέρχεται σε 1,44 kg ισοδυνάμου CO₂, το οποίο είναι σχετικά υψηλότερο σε σχέση με άλλες μελέτες, όπως για παράδειγμα στην έρευνα των Peano et al (2015) όπου το δυναμικό υπερθέρμανσης ήταν 0,055 kg ισοδυνάμου CO₂. Να σημειωθεί ότι στη συγκεκριμένη έρευνα, η αξιολόγηση του κύκλου ζωής (LCA) περιορίστηκε στα σμέουρα διότι τα χαρακτηριστικά και οι γεωργικές τεχνικές στην αλυσίδα εφοδιασμού είναι όμοιες μεταξύ των βατόμουρων και σμέουρων. Αντίστοιχα, στην έρευνα των Girgenti et al (2013), το δυναμικό υπερθέρμανσης είναι 0,053 kg ισοδυνάμου CO₂, αρκετά μικρότερο σε σχέση με τα

αποτελέσματά μας. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι το σύστημά μας περιλαμβάνει μόνο τη φάση της καλλιέργειας του προϊόντος στο αγρόκτημα και όχι τη φάση του φυτωρίου και τη μετασυλλεκτική φάση, όπως συμβαίνει στις έρευνες που εξετάσαμε. Αυτό σημαίνει ότι το είδος και το μέγεθος των εισροών μπορούν να αλλάξουν αν αλλάξουν τα όρια του συστήματος, συνεισφέροντας διαφορετικά σε κάθε κατηγορία επιπτώσεων. Επιπλέον, στην έρευνα των Peano et al (2015) αναφέρθηκε ότι οι δύο πρώτες φάσεις αναλογούν σε ποσοστό 46% για το δυναμικό υπερθέρμανσης, πράγμα που σημαίνει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό (54%) που επηρεάζει τη συγκεκριμένη κατηγορία αφορά τη φάση μετά τη συλλογή του προϊόντος από το αγρόκτημα.

Ως τρίτη κατηγορία διακρίνουμε την απώλεια στρατοσφαιρικού όζοντος, η οποία σε αντίθεση με τις δύο προηγούμενες, δεν επηρεάζεται καθόλου από το πολυαιθυλένιο. Η κατηγορία αυτή είναι η μόνη που επηρεάζεται σχεδόν αποκλειστικά από την ηλεκτρική ενέργεια με ποσοστό 96%. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι δεν επηρεάζεται ούτε από τα ζιζανιοκτόνα και τα εντομοκτόνα, αλλά ούτε και από την κατανάλωση πετρελαίου για τον ψεκασμό και diesel για την άρδευση.

Η τέταρτη κατηγορία είναι αυτή της τοξικότητας στον άνθρωπο και μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι τη μεγαλύτερη συνεισφορά έχει ξανά η ηλεκτρική ενέργεια με 53,2%, ενώ ακολουθεί πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας με ποσοστό 22,1%. Στη συγκεκριμένη κατηγορία μπορούμε να διακρίνουμε και το πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας με 6,32% και τη συμβολή του λιπάσματος φωσφόρου με 5,12%.

Η οικοτοξικότητα του γλυκού νερού είναι η πέμπτη κατηγορία επιπτώσεων και παρατηρούμε ότι τη σημαντικότερη συνεισφορά φέρουν τα λιπάσματα στο σύνολό τους με κύρια αιτία τον φώσφορο σε ποσοστό 35,7%. Αξιόλογη είναι και η επίδραση της ηλεκτρικής ενέργειας με 16,1%.

Η επόμενη κατηγορία είναι αυτή της θαλάσσιας υδατικής οικοτοξικότητας και παρουσιάζει παρόμοια αποτελέσματα με την κατηγορία της τοξικότητας στον άνθρωπο, αφού τη μεγαλύτερη συνεισφορά κατέχει η ηλεκτρική ενέργεια με ποσοστό 58,4%. Η δεύτερη εισροή με τη

μεγαλύτερη επίδραση είναι το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας με ποσοστό 22,7%, ενώ την τρίτη θέση κατέχει το πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας με 10,8%.

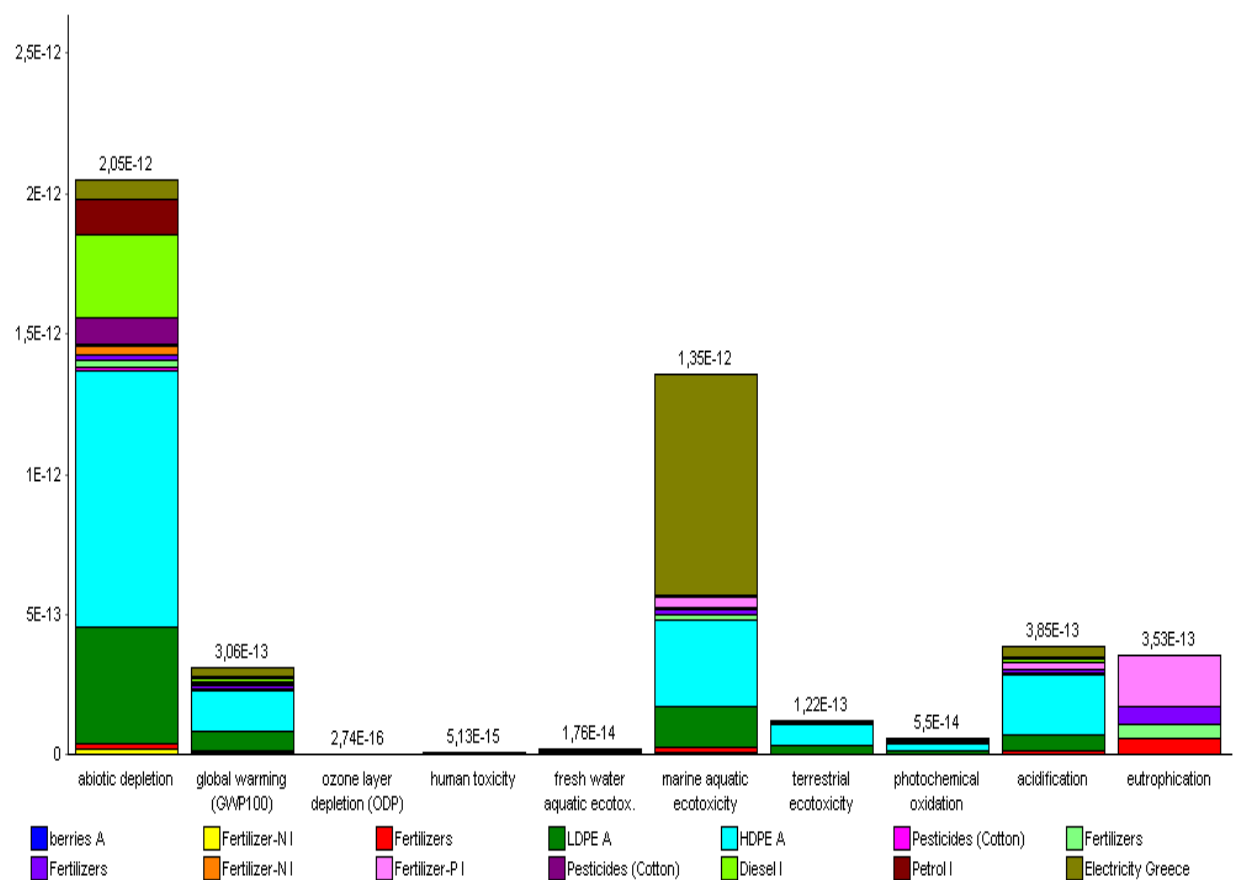
Οι επόμενες τρεις κατηγορίες, οι οποίες είναι η εδαφική οικοτοξικότητα, η φωτοχημική οξείδωση και η οξίνιση, παρουσιάζουν παρόμοιο μοτίβο αποτελεσμάτων με το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας να έχει τη μεγαλύτερη συνεισφορά με ποσοστά 64,1%, 56,2% και 56% αντίστοιχα. Ακολουθεί το πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας και στις τρεις κατηγορίες με ποσοστά 26%, 15,9% και 14,8 αντίστοιχα, ενώ την τρίτη μεγαλύτερη συμβολή κατέχει η ηλεκτρική ενέργεια με 8,12%, 9,44% και 9,65% αντίστοιχα.

Η τελευταία κατηγορία επίπτωσης είναι ο ευτροφισμός, όπου τα λιπάσματα στο σύνολό τους κατέχουν τη συντριπτική πλειοψηφία συνεισφοράς. Ειδικότερα, ο φώσφορος επιδρά με ποσοστό 51,8%, ενώ ακολουθεί το κάλιο με 32% στο σύνολό του και τέλος, το ασβέστιο με 15,8%.

7.2. Κανονικοποίηση

Κανονικοποίηση είναι η συσχέτιση των αποτελεσμάτων με το συνολικό μέγεθος κάθε κατηγορίας επιπτώσεων. Στόχος να γίνει αντιληπτό το σχετικό μέγεθος των επιπτώσεων, προβάλλοντας τη βαρύτητα που έχει η κάθε μία επίπτωση. Τα αποτελέσματα της κανονικοποίησης δεν αφορούν μόνο τη λειτουργική μονάδα, αλλά το σύνολο των χρησιμοποιούμενων μονάδων. Μετά την κανονικοποίηση οι δείκτες των κατηγοριών επιπτώσεων έχουν όλοι την ίδια μονάδα, γεγονός που καθιστά ευκολότερη τη σύγκρισή τους (PRé Consultants, 2016).

Διάγραμμα 7.2.: Κανονικοποίηση ανά κατηγορία επίπτωσης για το Β αγρόκτημα



Analyzing 1 kg material 'berries A'; Method: CML 2 baseline 2000 / West Europe, 1995 / normalization

Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

Πίνακας 7.3.: Κανονικοποίηση ανά κατηγορία επίπτωσης για το Β αγρόκτημα

Κατηγορία Επίπτωσης	Σύνολο	Λίπανση N	Λίπανση Cao	Πολυαιθυλένιο Χαμηλής Πυκνότητας	Πολυαιθυλένιο Υψηλής Πυκνότητας	Ζιζανιοκτόνο	Λίπανση Κ (12)	Λίπανση Κ	Λίπανση Ν (10)	Λίπανση Ρ (6)	Εντομοκτόνα-Μυκητοκτόνα	Diesel	Πετρέλαιο	Ηλεκτρική Ενέργεια (Ελλάδα)
Εξάντληση Αβιοτικών Πόρων	2,05E-12	1,82E-14	2,16E-14	4,11E-13	9,12E-13	1,87E-14	2,08E-14	2,32E-14	2,62E-14	6,55E-15	9,83E-14	2,91E-13	1,31E-13	6,82E-14
Παγκόσμια Υπερθέρμανση	3,06E-13	7,14E-15	8,47E-15	6,85E-14	1,42E-13	4,87E-16	8,13E-15	9,08E-15	1,03E-14	2,53E-15	2,56E-15	1,19E-14	5,13E-15	3,03E-14
Απώλεια Στρατοσφαιρικού Οζοντος	2,74E-16	7,22E-19	1,84E-18	x	x	x	1,77E-18	1,97E-18	1,04E-18	3,51E-18	x	x	x	2,63E-16
Τοξικότητα στον άνθρωπο	5,13E-15	3,78E-17	1,21E-16	3,24E-16	1,13E-15	2,76E-17	1,16E-16	1,29E-16	5,45E-17	2,63E-16	1,45E-16	4,76E-17	1,3E-18	2,73E-15
Οικοτοξικότητα γλυκού νερού	1,76E-14	1,05E-16	2,02E-15	5,34E-16	1,52E-15	5,88E-18	1,94E-15	2,17E-15	1,52E-16	6,3E-15	3,09E-17	1,55E-17	6,49E-19	2,83E-15
Θαλάσσια υδατική οικοτοξικότητα	1,35E-12	5,71E-15	1,82E-14	1,47E-13	3,07E-13	1,79E-16	1,74E-14	1,95E-14	8,22E-15	3,96E-14	9,42E-16	3,09E-16	3,3E-18	7,9E-13
Εδαφική οικοτοξικότητα	1,22E-13	3,52E-17	1,8E-16	3,16E-14	7,79E-14	1,32E-16	1,72E-16	1,93E-16	5,06E-17	4,68E-16	6,97E-16	2,05E-16	1,09E-38	9,86E-15
Φωτοχημική Οξείδωση	5,5E-14	3,17E-17	1,17E-15	8,74E-15	3,09E-14	9,59E-18	1,13E-15	1,26E-15	4,57E-17	3,76E-15	5,05E-17	2,11E-15	5,98E-16	5,2E-15
Οξίνιση	3,85E-13	6,65E-16	8,79E-15	5,69E-14	2,15E-13	5,05E-17	8,43E-15	9,42E-15	9,58E-16	2,66E-14	2,66E-16	1,56E-14	4,33E-15	3,71E-14
Ευτροφισμός	3,53E-13	2,49E-16	5,57E-14	2,45E-16	2,87E-16	2,25E-20	5,35E-14	5,97E-14	3,59E-16	1,83E-13	1,19E-19	3,48E-18	3,15E-17	1,28E-17

Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

Όπως μπορούμε να διαπιστώσουμε από το παραπάνω διάγραμμα και τον πίνακα, η κατηγορία επίπτωσης με το μεγαλύτερο μέγεθος είναι η εξάντληση αβιοτικών πόρων με $2,05 \text{ E-12}$. Στο μέγεθος της συγκεκριμένης κατηγορίας συμβάλλει κυρίως η κατανάλωση πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας (44,6%) από την παραγωγή των πλαστικών μπολ για την αποθήκευση του προϊόντος, ενώ ακολουθεί σε σημαντικό βαθμό το πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας (20,1%) που χρησιμοποιείται στην κατασκευή του σωλήνα άρδευσης και η κατανάλωση πετρελαίου diesel (14,2%) που προέρχεται από τη χρήση του τρακτέρ για το πότισμα της καλλιέργειας. Σε μικρότερο βαθμό παρατηρούμε τη συμβολή του πετρελαίου σε ποσοστό 6,38% που καταναλώνεται για τη χρήση του ψεκαστικού μηχανήματος και τη συμβολή των εντομοκτόνων και μυκητοκτόνων.

Η αμέσως επόμενη αξιολογή επιρροή φαίνεται να είναι στη θαλάσσια υδατική οικοτοξικότητα με $1,35 \text{ E-12}$, στην οποία συμβάλλει πάνω από το μισό η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (58,4%) από τη χρήση των ψυγείων αποθήκευσης του προϊόντος. Τη συγκεκριμένη κατηγορία επίπτωσης επηρεάζει, επίσης, σε μεγάλο βαθμό το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (22,7%), ενώ σε μικρότερο ποσοστό συμβάλλει και το πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας (10,8%).

Στη συνέχεια, μπορούμε να διακρίνουμε ότι οι κατηγορίες της οξίνισης και του ευτροφισμού έχουν σχεδόν την ίδια βαρύτητα με $3,85 \text{ E-13}$ και $3,53 \text{ E-13}$. Κύρια αιτία για την οξίνιση αποτελεί η κατανάλωση πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας με ποσοστό 56%, ενώ τον ευτροφισμό επηρεάζει σχεδόν εξ' ολοκλήρου η χρήση των λιπασμάτων με μεγαλύτερο ποσοστό να το κατέχει ο φώσφορος (51,8%).

Τέλος, ακολουθεί η κατηγορία της παγκόσμιας υπερθέρμανσης με $3,06 \text{ E-13}$. Για ακόμα μία φορά η χρήση του πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας είναι η κύρια αιτία επιρροής (46,3%), όπως επίσης, σημαντική συμβολή έχει και το πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας (22,4%).

Με βάση το διάγραμμα, στις υπόλοιπες κατηγορίες δεν παρατηρούνται αξιολογες επιπτώσεις, ενώ η οικοτοξικότητα του γλυκού νερού, η τοξικότητα στον άνθρωπο και η απώλεια στρατοσφαιρικού όζοντος έχουν μηδαμινές τιμές.

Συνοψίζοντας, η αποθήκευση και η άρδευση είναι οι δραστηριότητες με τη μεγαλύτερη βαρύτητα σε όλες τις κατηγορίες επιπτώσεων, εκτός του ευτροφισμού όπου η λίπανση κατέχει τη μεγαλύτερη επίδραση. Τα αποτελέσματα της μελέτης συνάδουν με εκείνα των Tabatabaie and Murthy (2016), αλλά και των Girgenti et al (2013) που υποστηρίζουν ότι οι παραδοσιακές πλαστικές ύλες, τα καύσιμα και τα λιπάσματα είναι οι εισροές με τις δυσμενέστερες επιπτώσεις. Αυτό αποδεικνύεται από τη σημαντική συμβολή του πολυαιθυλενίου σε όλες τις κατηγορίες επιπτώσεων, το οποίο χρησιμοποιείται στην παραγωγή των μολ αποθήκευσης των βατόμουρων και για την κατασκευή του σωλήνα άρδευσης, αλλά και της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από τη λειτουργία των ψυγείων αποθήκευσης. Η μικρή μάζα των φρούτων ανά μονάδα πώλησης είναι η αιτία που η συσκευασία έπαιξε βασικό ρόλο στον καθορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων όπως αναφέρουν χαρακτηριστικά στην έρευνά τους οι Girgenti et al (2013), ενώ το μεγάλο μήκος του σωλήνα για την εφαρμογή του ποτίσματος με σταγόνα και η κατανάλωση ενέργειας από μη ανανεώσιμες πηγές αποτέλεσαν καθοριστικοί παράγοντες στη διαμόρφωση τους.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η συγκεκριμένη εργασία είχε σκοπό την εφαρμογή της Αξιολόγησης Κύκλου Ζωής (AKZ), προκειμένου να εντοπιστούν οι περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις που προκύπτουν από την καλλιέργεια βατόμουρων. Στα πλαίσια της μελέτης, πραγματοποιήθηκε δευτερογενής έρευνα σε υπάρχουσες βιβλιογραφικές πηγές και πρωτογενής έρευνα σε δύο καλλιέργειες βατόμουρων στη Θεσσαλία. Τα δεδομένα της μελέτης περιλάμβαναν όλες τις δραστηριότητες και τις εισροές που χρησιμοποιούνται κατά την φάση της παραγωγής, ενώ τα όρια του συστήματος σταματούν στην αποθήκευση του προϊόντος μετά τη συγκομιδή του. Η λειτουργική μονάδα του συστήματος ήταν ο 1 τόνος παραγόμενων βατόμουρων.

Όπως προέκυψε, η κατηγορία επίπτωσης που δέχεται τη μεγαλύτερη επιβάρυνση είναι αυτή της εξάντλησης αβιοτικών πόρων με κύρια αιτία το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας που χρησιμοποιείται ως υλικό παρασκευής των πλαστικών μπολ αποθήκευσης των καρπών μετά τη συγκομιδή τους. Στη συνέχεια, ακολουθούν η θαλάσσια υδατική οικοτοξικότητα, η οξίνιση, ο ευτροφισμός και η παγκόσμια υπερθέρμανση, με την οξίνιση και την παγκόσμια υπερθέρμανση να επηρεάζονται και αυτές στο μεγαλύτερο βαθμό τους από το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας. Η θαλάσσια υδατική οικοτοξικότητα επηρεάζεται κυρίως από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και ο ευτροφισμός από τα λιπάσματα. Η οικοτοξικότητα του γλυκού νερού, η τοξικότητα στον άνθρωπο και η απώλεια στρατοσφαιρικού όζοντος παρουσιάζουν μηδαμινές τιμές.

Όσον αφορά τις εισροές, την κύρια συνεισφορά στις μισές από τις κατηγορίες επιφέρει το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας. Εξαίρεση αποτελούν η απώλεια στρατοσφαιρικού όζοντος, η τοξικότητα στον άνθρωπο και η θαλάσσια υδατική οικοτοξικότητα, οι οποίες επηρεάζονται κυρίως από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για την αποθήκευση του προϊόντος, ενώ στην οικοτοξικότητα του γλυκού νερού και στον ευτροφισμό, κύρια συνεισφορά έχουν τα λιπάσματα με κύρια αιτία τον φώσφορο. Εξίσου σημαντική είναι και η επίδραση του πολυαιθυλενίου χαμηλής πυκνότητας στις περισσότερες κατηγορίες επιπτώσεων. Το νερό άρδευσης και το νερό που καταναλώνεται για το ράντισμα των φυτών δεν φέρουν καμία επίδραση σε καμία από τις κατηγορίες.

Συμπερασματικά, οι δραστηριότητες που προκαλούν τις μεγαλύτερες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις είναι η αποθήκευση του προϊόντος μετά τη συγκομιδή και η άρδευση, κυρίως με τον τρόπο που εφαρμόζεται. Για την αποθήκευσή τους χρησιμοποιούνται πλαστικά κεσεδάκια πολυαιθυλενίου που συνεισφέρει σε πολύ σημαντικό βαθμό στις κατηγορίες των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, ενώ απαιτείται η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τη συντήρησή τους. Η καλλιέργεια βατόμουρων στην Ελλάδα μπορεί να αποτελέσει αντικείμενο περεταίρω μελέτης, διευρύνοντας τα όρια του συστήματος στη μεταφορά, μεταποίηση και διάθεση του προϊόντος. Μέσω της εφαρμογής του εργαλείου AKZ μπορούν να προταθούν βιώσιμες εναλλακτικές προτάσεις σε όλο τον κύκλο ζωής του προϊόντος, ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι επιπτώσεις στο περιβάλλον.

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Σύμφωνα με την Αξιολόγηση του Κύκλου Ζωής της καλλιέργειας βατόμουρων στη Θεσσαλία, οι δραστηριότητες που επιφέρουν τις μεγαλύτερες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις είναι η αποθήκευση του προϊόντος και η άρδευση. Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η άρδευση είναι το στάγδην πότισμα, το οποίο επιφέρει σημαντική συνέπεια, παρά το γεγονός ότι θεωρείται μια μέθοδος άρδευσης με αρκετά πλεονεκτήματα. Αυτό συμβαίνει επειδή το υλικό του σωλήνα είναι το πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας, το οποίο επιβαρύνει σημαντικά το περιβάλλον. Σ' αυτή την περίπτωση, θα μπορούσε να γίνει η αντικατάσταση του υλικού με κάποιο βιοδιασπώμενο ή λιγότερο επιβαρυντικό στο περιβάλλον.

Όσον αφορά την αποθήκευση, απαιτείται η χρήση πλαστικών μπολ και η συντήρησή τους σε ψυγεία. Τα κεσεδάκια, στα οποία αποθηκεύονται, έχουν ως υλικό κατασκευής το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας με σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Για την ελαχιστοποίηση της επιβάρυνσης στις κατηγορίες επιπτώσεων, προτείνεται η αντικατάσταση του υλικού με κάποιο ανακυκλώσιμο ή βιοαποικοδομήσιμο. Αυτό θα μπορούσε να επιφέρει και σημαντικές συνεισφορές όσον αφορά τη διάθεση τους, αφού η ανακύκλωσή τους θα είχε ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση των πρώτων υλών που χρειάζονται για την παραγωγή τους. Στην περίπτωση που το υλικό ήταν βιοαποικοδομήσιμο θα μπορούσε να απορριφθεί μαζί με τα οργανικά απόβλητα, έχοντας μικρότερο αντίκτυπο στη διάθεσή του.

Η συντήρηση του προϊόντος στα ψυγεία απαιτεί την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Σ' αυτή την περίπτωση, μπορεί να γίνει η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως για παράδειγμα η ηλεκτροδότηση της αποθήκης με τη χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

- Βασιλακάκης Μ. (1997), “*Μικρά Οπωροφόρα*”, Εκδόσεις Γ. Δεδούση, Θεσσαλονίκη
- Γεωργόπουλος Α. (2006), “*Γη, Ένας Μικρός και Εύθραυστος Πλανήτης*”, Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα
- Δεκάζος Η. (1991), “*Μικροί Καρποί. Τόμος Α*”, Ιδιωτική Έκδοση, Αθήνα
- Κούκος Α. (2000), “*Καλλιέργεια Βατόμουρου - Προοπτικές Εξέλιξης*”, Πτυχιακή Εργασία, Τεχνικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Μεσολογίου, Μεσολόγιο
- Κουτσός Θ. (2010), “*Η Τέχνη του Καλλιεργείν*”, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη
- Σιάρδος Γ. (2002), “*Αειφορική Γεωργία και Ανάπτυξη*”, Εκδόσεις Ζυγός, Θεσσαλονίκη

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

- Casto B. et al (2011), “*Inhibition of Oral Cancer in Animal Models by Black Raspberries and Berry Components*”, Cited in Stoner G. and Seeram N. (Eds), “*Berries and Cancer Prevention*”, Springer, New York, pp. 189- 207
- Cerutti A. et al (2011), “A review of studies applying environmental impact assessment methods on fruit production systems”, *Journal of Environmental Management*, Vol. 92, pp. 2277-2286
- Cerutti A. et al (2015), “*Life Cycle Assessment in the Fruit Sector*”, Cited in Notarnicola B. et al (Eds), “*Life Cycle Assessment in the Agri-food Sector*”, Springer, Switzerland, pp. 333-388
- Clune S. et al (2017), “Systematic review of greenhouse gas emissions for different fresh food categories”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 140, pp. 766-783
- Ellis M. et al (1997), “*Compendium of Raspberry and Blackberry Diseases and Insects*”, APS PRESS, Minnesota

- FAO (2003), “*World agriculture: towards 2015/2030. AN FAO PERSPECTIVE*”, Earthscan Publications Ltd, London
- Finn C. and Clark J. (2012), “*Blackberry*”, Cited in Badenes M. and Byrne D.(Eds), “*Fruit Breeding*”, Springer, New York, pp. 151-190
- Foster C. et al (2014), “The environmental effects of seasonal food purchase: a raspberry case study”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 73, pp. 269-274
- Girgenti V. et al (2013), “A life cycle assessment of non-renewable energy use and greenhouse gas emissions associated with blueberry and raspberry production in northern Italy”, *Science of the Total Environment*, Vol. 458-460, pp. 414-418
- Girgenti V. et al (2014), “From “farm to fork” strawberry system: Current realities and potential innovative scenarios from life cycle assessment of non-renewable energy use and greenhouse gas emissions”, *Science of the Total Environment*, Vol. 473-474, pp. 48-53
- Gunady M. et al (2012), “Evaluating the global warming potential of the fresh produce supply chain for strawberries, romaine/cos lettuces (*Lactuca sativa*), and button mushrooms (*Agaricus bisporus*) in Western Australia using life cycle assessment (LCA)”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 28, pp. 81-87
- Herrman I. and Moltesen A. (2015), “Does it matter which Life Cycle Assessment (LCA) tool you choose? - a comparative assessment of SimaPro and GaBi”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 86, pp. 163-169
- Howard L. and Hager T. (2007), “*Berry Fruit Phytochemicals*” Cited in Zhao Y. (Ed), “*Berry Fruit*”, CRC Press, Florida
- IOBC (2004), “*Integrated Production: Principles and Technical Guidelines, 4th edition*”, Commission “IP-Guidelines and Endorsement”, Switzerland
- ISO (2006), “*ISO 14040:2006 environmental management- life cycle assessment -principles and framework*”, International Organization for Standardization (ISO), Switzerland
- Jennings D. (1988), “*Raspberries and Blackberries: Their Breeding, Diseases and Growth*”, Academic Press, UK
- Mannion A. (1995), “*Agriculture and Environmental Change. Temporal and Spatial Dimensions.*”, Wiley, UK

- Paredes-Lopez O. et al (2010), “Berries: Improving Human Health and Healthy Aging, and Promoting Quality Life—A Review”, *Plant Foods for Human Nutrition*, Vol. 65, pp. 299-308
- Peano C. et al (2015), “Green marketing tools for fruit growers associated groups: application of the Life Cycle Assessment (LCA) for strawberries and berry fruits ecobranding in northern Italy”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 104, pp. 59-67
- Pimentel D. and Burgess M. (2013), “Soil Erosion Threatens Food Production”, *Agriculture*, Vol. 3, pp. 443-463
- PRé Consultants (2016), “*SimaPro Database Manual. Methods Library*”, PRé Consultants, Netherlands
- Seeram N. (2008), “Berry Fruits for Cancer Prevention: Current Status and Future Prospects”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 56 (3), pp. 630-635
- Soode E. et al (2015), “Carbon footprints of the horticultural products strawberries, asparagus, roses and orchids in Germany”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 87, pp. 168-179
- Stoner G. et al (2007), “Cancer prevention with freeze-dried berries and berry components”, *Seminars in Cancer Biology*, Vol. 17 (5), pp. 403-410
- Tabatabaie S. M. and Murthy G. (2016), “Cradle to farm gate life cycle assessment of strawberry production in the United States”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 127, pp. 548-554
- Tecco N. et al (2016), “Innovation strategies in a fruit growers association impacts assessment by using combined LCA and s-LCA methodologies”, *Science of the Total Environment*, Vol. 568, pp. 253-262

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

- AGROCERT (Οργανισμός Πιστοποίησης και Επίβλεψης Γεωργικών Προϊόντων), www.agrocert.gr , Τελευταία επίσκεψη: 9/9/2016
- FAO (Food and Agricultural Organization), www.fao.org, Τελευταία επίσκεψη: 12/9/2016
- IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements), www.ifoam.bio , Τελευταία επίσκεψη: 7/9/2016
- IOBC (International Organization for Biological and Integrated Control),

iobc-wprs.org , Τελευταία επίσκεψη: 9/9/2016

ISO (International Standard Organization), www.iso.org , Τελευταία επίσκεψη: 17/9/2016

PRé Consultants, www.pre-sustainability.com, Τελευταία επίσκεψη: 2/10/2016

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΕΙΚΟΝΕΣ



Εικόνα Π.1: Αγρόκτημα Α πριν την υποστύλωση των φυτών κατά τον πρώτο χρόνο καλλιέργειας , Πηγή: Ιδία Επεξεργασία



Εικόνα Π.2: Αγρόκτημα Α μετά την υποστύλωση των φυτών , Πηγή: Ιδία Επεξεργασία



Εικόνα Π.3: Αγρόκτημα Α , Πηγή: Ιδία Επεξεργασία



Εικόνα Π.4: Καρποί βατόμουρων , Πηγή: Ιδία Επεξεργασία



Εικόνα Π.5: Καρποί βατόμουρων, Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Π: ΠΙΝΑΚΕΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Πίνακας 1: Καταγραφή δεδομένων για το Α αγρόκτημα

Δεδομένα	Μονάδα		Μονάδα		Συμπληρωματικά Δεδομένα
Στρεμματική Απόδοση	Kg/στρέμμα	400			Τη δεύτερη χρονιά
Πυκνότητα Φύτευσης	Φυτά/στρέμμα	220			
Νερό Άρδευσης	Kg/στρέμμα	9240	Kg/1 kg βατόμουρων	23,1	11 ποτίσματα το χρόνο ανά 10 μέρες
Συνολική Λίπανση (N-Cao)	Kg/στρέμμα	10	g/1 kg βατόμουρων	25	3-4 φορές τον πρώτο χρόνο ανά 20 μέρες
Άζωτο	Kg/στρέμμα	1,56	g/1 kg βατόμουρων	3,9	
Ασβέστιο	Kg/στρέμμα	2,8	g/1 kg βατόμουρων	7	
Νερό Ραντίσματος	Kg/στρέμμα	2500	Kg/1 kg βατόμουρων	6,25	
Εντομοκτόνο	g/στρέμμα	40	g/1 kg βατόμουρων		
Βενζίνη Ραντίσματος	Lt/στρέμμα	8	Lt/1 kg βατόμουρων	0,02	
Βάρος Σωλήνα Ποτίσματος	Kg/στρέμμα	112	g/1 kg βατόμουρων	22,4	Χρόνος ζωής: 10 έτη
Πετρέλαιο Diesel για άρδευση	Lt/στρέμμα	17,6	Lt/1 kg βατόμουρων	0,044	
Ηλεκτρική Ενέργεια	Kwh/24 ώρες	0,50			1-2 μέρες συντήρηση
Βάρος πλαστικών μολ αποθήκευσης	Kg/στρέμμα	64	g/1 kg βατόμουρων	160	

Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

Πίνακας 2: Καταγραφή δεδομένων για το Β αγρόκτημα

Δεδομένα	Μονάδα		Μονάδα		Συμπληρωματικά Δεδομένα
Στρεμματική Απόδοση	Kg/στρέμμα	500			Στα τέσσερα έτη
Πυκνότητα Φύτευσης	Φυτά/στρέμμα	220			
Νερό Άρδευσης	Kg/στρέμμα	9240	Kg/1 kg βατόμουρων	18,48	11 ποτίσματα το χρόνο ανά 10 μέρες
Συνολική Λίπανση (N-Caο-K-P)	Kg/στρέμμα	29,76	g/1 kg βατόμουρων	59,52	3-4 φορές τον πρώτο χρόνο ανά 20 μέρες
Αζωτο	Kg/στρέμμα	1,56	g/1 kg βατόμουρων	3,12	Τον πρώτο χρόνο
Ασβέστιο	Kg/στρέμμα	2,8	g/1 kg βατόμουρων	5,6	Τον πρώτο χρόνο
Αζωτο (10)	Kg/στρέμμα	2,2	g/1 kg βατόμουρων	4,4	
Κάλιο (12)	Kg/στρέμμα	2,64	g/1 kg βατόμουρων	5,28	
Φώσφορος (6)	Kg/στρέμμα	1,32	g/1 kg βατόμουρων	2,64	
Κάλιο	Kg/στρέμμα	3	g/1 kg βατόμουρων	6	1 φορά το χρόνο
Νερό Ραντίσματος	Kg/στρέμμα	2500	Kg/1 kg βατόμουρων	6,25	
Εντομοκτόνο	g/στρέμμα	40	g/1 kg βατόμουρων	0,08	
Μυκητοκτόνο	g/στρέμμα	150	g/1 kg βατόμουρων	0,3	
Ζιζανιοκτόνο	g/στρέμμα	1000	g/1 kg βατόμουρων	2	
Βενζίνη Ραντίσματος	Lt/στρέμμα	8	Lt/1 kg βατόμουρων	0,016	
Βάρος Σωλήνα Ποτίσματος	Kg/στρέμμα	112	g/1 kg βατόμουρων	22,4	Χρόνος ζωής: 10 έτη
Πετρέλαιο Diesel	Lt/στρέμμα	17,6	Lt/1 kg	0,0352	

για άρδευση			βατόμουρων		
Ηλεκτρική Ενέργεια	Kwh/24 ώρες	0,50			1-2 μέρες συντήρηση
Βάρος πλαστικών μολ αποθήκευσης	Kg/στρέμμα	64	g/1 kg βατόμουρων	128	

Πηγή: Ιδία Επεξεργασία