

# **Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου**

**Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών**

**Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Διαχείριση και  
Προστασία Περιβάλλοντος**

## **Μεταπτυχιακή Διατριβή**



**Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα ως εργαλείο για τη  
μετάβαση στην αειφόρο παραγωγή τροφής**

**Ραφαήλ Κονάτζιη**

**Επιβλέπων Καθηγητής  
Βασίλης Λίτσκας**

**Μάιος 2022**

# **Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου**

**Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών**

**Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Διαχείριση και  
Προστασία Περιβάλλοντος**

## **Μεταπτυχιακή Διατριβή**

**Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα ως εργαλείο για τη  
μετάβαση στην αειφόρο παραγωγή τροφής**

**Ραφαήλ Κονάτζιη**

**Επιβλέπων Καθηγητής**

**Βασίλης Λίτσκας**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στη Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος από τη Σχολή Θετικών και εφαρμοσμένων Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

**Μάιος 2022**

ΛΕΥΚΗ ΣΕΛΙΔΑ

## Περίληψη

Η μεταπτυχιακή διατριβή έχει ως σκοπό να προσδιορίσει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα αγροτικών προϊόντων, όπως το κολοκάσι Σωτήρας, την πατάτα και το καρπούζι. Είναι η πρώτη φορά που επιχειρείται η μελέτη του κολοκασσιού Σωτήρας και του καρπουζιού στην Κύπρο. Μέσω προσωπικών συνεντεύξεων από τους παραγωγούς και με τη χρήση του λογισμικού Cool Farm Tool υπολογίστηκαν το Αποτύπωμα Άνθρακα (Carbon Footprint – CF), το Αποτύπωμα Νερού (Water Footprint – WF), η Ένταση Ενέργειας (Energy Intensity – EI) και η Παραγωγικότητα Ενέργειας (Energy Productivity – EP). Το Περιβαλλοντικό Αποτύπωμα Προϊόντος (Product Environmental Footprint - PEF) υπολογίστηκε για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και πετρελαίου, με τη χρήση του λογισμικού Open LCA. Χαρακτηριστικό είναι το υψηλό αποτύπωμα άνθρακα που υπολογίζεται για το κολοκάσι και την πατάτα που είναι ίσο με 0,798 (0,388) CO<sub>2</sub> eq/kg προϊόντος και 0,617 (0,635) CO<sub>2</sub> eq/kg προϊόντος, αντίστοιχα, ενώ το καρπούζι ακολουθεί με 0,204 CO<sub>2</sub> eq/kg προϊόντος. Όσον αφορά το αποτύπωμα νερού και το ενεργειακό αποτύπωμα, το κολοκάσι παρουσιάζει ιδιαίτερα ψηλές τιμές, συγκριτικά με τα άλλα δύο προϊόντα. Συνεπώς, τα υπό εξέταση προϊόντα παρουσιάζουν αυξημένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα, το οποίο οφείλεται κυρίως στη χρήση ενέργειας και κατά δεύτερο στην χρήση λιπασμάτων. Οι καλλιέργειες συγκρίνονται μεταξύ τους, ως προς τις τιμές των παραπάνω δεικτών, αλλά και με ήδη υπάρχουσες έρευνες που ασχολούνται με προϊόντα της ίδιας κατηγορίας. Τα αποτελέσματα της έρευνας μπορεί να αξιοποιηθούν ώστε να επιλεγούν πρακτικές που θα μειώνουν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της γεωργίας.

## Summary

The aim of the master's thesis is to determine the environmental footprint of agricultural products, such as the Sotira's kolokasi, the potato and the watermelon. This is the first time that the study of Sotira's kolokasi and watermelon is attempted in Cyprus. Carbon Footprint (CF), Water Footprint (WF), Energy Intensity (EI) and Energy Productivity were calculated after data collection via in-person interviews with producers and using Cool Farm Tool software. The Product Environmental Footprint (PEF) was calculated for electricity and oil consumption, using Open LCA software. Characteristic is the high carbon footprint calculated for kolokasi and potato which is equal to 0.798 (0.388) CO<sub>2</sub> eq / kg of product and 0.617 (0.635) CO<sub>2</sub> eq / kg of product, respectively, while watermelon follows with 0.204 CO<sub>2</sub> eq / kg product. In terms of water footprint and energy footprint, kolokasi has very high prices, compared to the other two products. Therefore, the products studied show an increased environmental footprint, which is mainly due to the use of energy and secondly to the use of fertilizers. The crops are compared with each other, in terms of the values of the above indicators, but also with existing research dealing with products of the same category. The results of the research can be used to select practices that will reduce the environmental footprint of agriculture.

## **Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους παραγωγούς και γεωπόνους των περιοχών της Σωτήρας Αμμοχώστου και Ξυλοτύμβου Λάρνακας, για τη θερμή ανταπόκριση τους και την πολύ καλή συνεργασία που είχαμε, κατά τη συλλογή πληροφοριών που αφορούσαν τις εισροές και εκροές στις καλλιέργειες τους. Ιδιαίτερα ευχαριστώ τον επιβλέποντα της μεταπτυχιακής μου διατριβής, Δρ Βασίλη Λίτσκα, για την πολύτιμη καθοδήγηση και υποστήριξη σε όλη την πορεία διεκπεραίωσης αυτής της προσπάθειας.

# Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1.....	1
Εισαγωγή.....	1
1.1 Εισαγωγή.....	1
1.2 Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης.....	2
1.3. Σκοπός - Στόχοι.....	2
1.4. Ερευνητικά Ερωτήματα.....	3
Κεφάλαιο 2.....	4
Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	4
2.1 Κυπριακή γεωργία - καλλιέργειες.....	4
2.1.1 Κολοκάσι.....	4
2.1.2. Πατάτα.....	5
2.1.3. Καρπούζι.....	6
2.2. Περιβαλλοντικό Αποτύπωμα Προϊόντων.....	7
2.2.1. Πολιτικές Ευρωπαϊκής Ένωσης.....	7
2.2.2. Αποτύπωμα άνθρακα.....	9
2.2.3. Αποτύπωμα νερού.....	10
2.2.4. Ένταση χρήσης ενέργειας.....	11
2.3 Γεωργία και περιβαλλοντικά προβλήματα.....	12
2.3.1. Νιτρορύπανση.....	12
2.3.2. Επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα.....	14
2.3.3. Κλιματική αλλαγή και γεωργία.....	15
2.3.3.1 Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τη γεωργία.....	17
2.3.3.2 Αποτύπωμα άνθρακα προϊόντων.....	18
Κεφάλαιο 3.....	23
Μεθοδολογία.....	23
3.1. Σχεδιασμός.....	23
3.2. Μέθοδος συλλογής δεδομένων.....	23
3.3. Ανάλυση Κύκλου Ζωής.....	24
3.3.1 Ανάλυση Κύκλου Ζωής.....	24
3.3.2 Εργαλείο Cool Farm Tool.....	25
3.3.2.1 Εκπομπές από την παραγωγή των λιπασμάτων.....	26
3.3.2.2 Εκπομπές από τη χρήση των λιπασμάτων.....	26
3.3.2.3 Εκπομπές από τη διαχείριση των υπολειμμάτων.....	27
3.3.2.4 Προσθήκη οργανικής ουσίας.....	27
3.3.2.5 Εκπομπές από τη χρήση των φυτοφαρμάκων.....	28
3.3.2.6 Εκπομπές λόγω της χρήσης ενέργειας.....	28

3.3.2.7 Εκπομπές που σχετίζονται με τη μεταφορά του προϊόντος.....	28
3.4.3 Λογισμικό Open LCA .....	28
3.4.3.1 Βάσεις Agribalyse και Ecoinvent .....	29
3.5 Επεξεργασία δεδομένων.....	30
Κεφάλαιο 4.....	31
Αποτελέσματα.....	31
4.1 Κύριες εισροές .....	31
4.1.1. Κολοκάσι .....	31
4.1.2. Πατάτα .....	33
4.1.3 Καρπούζι .....	35
4.2 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα .....	36
4.2.1. Κολοκάσι .....	36
4.2.2. Πατάτα .....	42
4.2.3 Καρπούζι .....	48
4.3 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα (ενέργεια).....	51
Κεφάλαιο 5.....	54
Συζήτηση-Συμπεράσματα-Εισηγήσεις .....	54
5.1 Συζήτηση .....	54
5.2 Συμπεράσματα.....	58
5.3 Προτάσεις.....	60
<b>Παραρτήματα .....</b>	<b>.....</b>
<b>A Ερωτηματολόγιο .....</b>	<b>62</b>
<b>B Αποτελέσματα ερωτηματολογίων.....</b>	<b>65</b>
<b>Γ Αποτελέσματα Cool Farm Tool.....</b>	<b>66</b>
<b>Βιβλιογραφία .....</b>	<b>67</b>



# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

### 1.1 Εισαγωγή

Στα πλαίσια του «Σχεδίου Δράσης Κυκλικής Οικονομίας», η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει προτείνει μεθόδους για τον προσδιορισμό του περιβαλλοντικού αποτυπώματος προϊόντος (Product Environmental Footprint, PEF) και περιβαλλοντικού αποτυπώματος οργανισμού (Organisation Environmental Footprint, OEF), ως έναν κοινό τρόπο μέτρησης της περιβαλλοντικής επίδοσης (European Commission, 2020). Η εφαρμογή του περιβαλλοντικού αποτυπώματος (Environmental Footprint, EF) αποσκοπεί στην παροχή μιας ενιαίας προσέγγισης για την συγκριτική αξιολόγηση των προϊόντων, ώστε ο καταναλωτής να μπορεί να επιλέξει το προϊόν με τις μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ο παραγωγός μπορεί να επιλέξει τρόπους για το μετριασμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, με έμφαση στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα μπορεί να ποσοτικοποιηθεί μέσω δεικτών όπως είναι τα αποτυπώματα άνθρακα (Carbon Footprint – CF), νερού (Water Footprint – WF), ενέργειας (Energy Intensity – EI). Επιπρόσθετα, μπορεί να χρησιμοποιηθούν και άλλοι δείκτες που σχετίζονται με την οικοτοξικότητα, τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία αλλά και τη χρήση γης.

Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των γεωργικών προϊόντων, ιδιαίτερα σε Μεσογειακές νησιώτικες περιοχές, δεν έχει μελετηθεί επαρκώς. Για την Κύπρο, υπάρχουν ορισμένες μελέτες, κυρίως για την αμπελοκαλλιέργεια και τα αρωματικά/φαρμακευτικά φυτά (Litskas 2017: 418-425, Litskas 2019: 084041).

## **1.2 Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης**

Σύμφωνα με τις πρόσφατες πολιτικές της ΕΕ (π.χ., Πράσινη Συμφωνία, Στρατηγική «από το αγρόκτημα στο πιάτο»), είναι άμεση ανάγκη για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε όλους τους παραγωγικούς κλάδους (European Commission, 2019). Επιπλέον, είναι επιβεβλημένη η μείωση των εισροών για τη γεωργία, όπως τα λιπάσματα και τα φυτοφάρμακα. Στην Κύπρο, όπου το νερό είναι περιοριστικός πόρος για την ανάπτυξη της γεωργίας, η μείωση της χρήσης του είναι επίσης σημαντική.

Υπό αυτή την οπτική, είναι απαραίτητη η αξιολόγηση των επιπτώσεων της γεωργίας, και ιδιαίτερα καλλιεργειών όπως τα λαχανικά και τα πεπονοειδή, που είναι ιδιαίτερα απαιτητικά σε εισροές, σε σχέση με καλλιέργειες όπως τα αρωματικά φυτά ή το αμπέλι (μη αρδευόμενες). Για να γίνει η αξιολόγηση αυτή, μεθοδολογίες όπως αυτή που προτείνεται μέσω της ανάλυσης κύκλου ζωής για τον υπολογισμό του περιβαλλοντικού αποτυπώματος, είναι σημαντικό να εισαχθούν.

Για το σκοπό αυτό, η έρευνα στοχεύει στην ποσοτικοποίηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος προϊόντος, στις καλλιέργειες πατάτας, κολοकाσιού και καρπουζιού. Η ποσοτικοποίηση θα συμβάλει στην κατανόηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της γεωργίας στην Κύπρο, με στόχο βιώσιμη γεωργική παραγωγή και το μετριασμό της κλιματικής αλλαγής. Δεν υπάρχουν στη σχετική βιβλιογραφία επαρκή δεδομένα για τις ετήσιες καλλιέργειες τόσο στην Κύπρο όσο και σε άλλες περιοχές της Μεσογείου, ιδιαίτερα στα νησιά.

## **1.3. Σκοπός - Στόχοι**

Σκοπός της μεταπτυχιακής διατριβής ήταν να εκτιμηθεί, για πρώτη φορά, το περιβαλλοντικό αποτύπωμα (π.χ., CF, WF, EI) σημαντικών για τη γεωργική οικονομία της Κύπρου, αλλά και των Μεσογειακών περιοχών, ετήσιων καλλιεργειών όπως είναι το κολοκάσι, η πατάτα και το καρπούζι και με βάση τα αποτελέσματα, να δοθούν κατευθύνσεις προς τη μείωση του αποτυπώματος.

## 1.4. Ερευνητικά Ερωτήματα

Τα βασικά ερευνητικά ερωτήματα που τίθενται προς μελέτη σε αυτή τη μεταπτυχιακή διατριβή είναι τα εξής:

- ✓ Ποιο είναι το αποτύπωμα (CF, WF, EI) για την καλλιέργεια της πατάτας, του κολοκασιού και του καρπουζιού;
- ✓ Ποιες είναι οι καλλιεργητικές πρακτικές που διαμορφώνουν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα (π.χ., λίπανση, φυτοπροστασία, άρδευση);
- ✓ Ποια από τις επιλεγμένες ετήσιες καλλιέργειες έχει το μεγαλύτερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα;
- ✓ Ποιες είναι οι καλλιεργητικές μέθοδοι που μειώνουν/μηδενίζουν το αποτύπωμα;
- ✓ Υπάρχουν επαρκή δεδομένα ώστε η μέθοδος του περιβαλλοντικού αποτυπώματος να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά, για τις καλλιέργειες στην Κύπρο;
- ✓ Σε σχέση με τη βιβλιογραφία, το αποτύπωμα των προϊόντων στην Κύπρο θεωρείται υψηλό ή χαμηλό;

Η έρευνα επιδιώκει να συμβάλει στην κατανόηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της γεωργίας στην Κύπρο, με στόχο βιώσιμη γεωργική παραγωγή και το μετριασμό της κλιματικής αλλαγής.

# Κεφάλαιο 2

## Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

### 2.1 Κυπριακή γεωργία - καλλιέργειες

Η κυπριακή γεωργία αποτελεί έναν από τους σημαντικούς πυλώνες της κυπριακής οικονομίας. Η συνολική αξία παραγωγής για το 2019 ξεπέρασε τα 228 εκατομμύρια ευρώ (Στατιστική Υπηρεσία, 2019). Οι βασικοί τομείς δραστηριότητας, η καλλιεργούμενη έκταση και το ύψος παραγωγής τους για το 2019 παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1.** Εκτάσεις και Παραγωγή Προϊόντων, 2019 (Στατιστική Υπηρεσία, 2019)

ΠΡΟΪΟΝ	2019			
	Έκταση (εκτάρια)	Παραγωγή (τόνοι)	Τιμή παραγωγού (€/τόνο)	Αξία παραγωγής (€)
ΦΥΤΑ ΜΕΓΑΛΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ	72.460	n.a.	n.a.	54.333.202
ΛΑΧΑΝΙΚΑ & ΠΕΠΟΝΟΕΙΔΗ	6.437	n.a.	n.a.	91.125.791
ΦΡΟΥΤΑ ΚΑΙ ΔΕΝΔΡΩΔΕΙΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	27.373	141.875	480	68.086.839
ΑΝΘΗ ΚΑΙ ΦΥΤΑ	162	n.a.	n.a.	14.618.355
ΣΥΝΟΛΟ	106.431	n.a.	n.a.	228.164.187

#### 2.1.1 Κολοκάσι

Ιστορικές αναφορές προσδιορίζουν την ύπαρξη του κολοκασιού σε διάφορες περιοχές του νησιού της Κύπρου από το 12<sup>ο</sup> αιώνα. Κυριότερες περιοχές καλλιέργειας του κολοκασιού ήταν τα κατεχόμενα χωριά της Λαπήθου, του Αγίου Ανδρονίκου και της ευρύτερης χερσονήσου της Καρπασίας. Σύμφωνα με κάποιες προφορικές μαρτυρίες, η καλλιέργεια κολοκασιού περιορίστηκε μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1950 σε τεμάχια που βρίσκονται κοντά στη θαλάσσια περιοχή του Δήμου Σωτήρας της επαρχίας

Αμμοχώστου, λόγω των διαθέσιμων πηγών νερού. Σταδιακά, η εισροή αλμυρού νερού στις πηγές, οδήγησε το σύνολο των καλλιεργειών να μεταφερθούν στην ενδοχώρα, όπου σχεδόν το σύνολο των καλλιεργούμενων εκτάσεων χαρακτηρίζονται ως κοκκινοχώματα.

Η σύσταση των κοκκινοχωμάτων και η μεγαλύτερη υδατοϊκανότητα βελτίωσε σημαντικά την ποιότητα με την αύξηση του μεγέθους, την ομοιομορφία του σχήματος και τη βελτιωμένη υφή του προϊόντος. Η καλλιέργεια του κολοκασιού επεκτάθηκε σταδιακά στην ευρύτερη περιοχή Σωτήρας, αλλά εντάθηκε μετά το 1974 για κάλυψη του κενού που δημιουργήσε η απώλεια των καλλιεργειών στο βόρειο τμήμα του νησιού (<https://www.cyprusalive.com/el/kolokasi-of-sotera>).

Το κολοκάσι αποτελεί επίσης σημαντικό στοιχείο του πολιτισμού και της κουλτούρας της περιοχής και έχει πρόσφατα κατοχυρωθεί ως Προϊόν Ονομασίας Προέλευσης (ΠΟΠ) με το όνομα Κολοκάσι Σωτήρας (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2016).

Για το έτος 2019, η παραγωγή κολοκασιού έφτασε τους 1.425 τόνους με συνολική αξία 1.847.228 ευρώ. Η καλλιεργούμενη έκταση ήταν 53 εκτάρια (Στατιστική Υπηρεσία, 2019). Σύμφωνα με τα στοιχεία που έχουν συλλεχθεί από τους ίδιους τους παραγωγούς, μέσω της διεξαγωγής της έρευνας, η καλλιέργεια του κολοκασιού χαρακτηρίζεται από τις μεγάλες ποσότητες νερού που απαιτούνται για την ανάπτυξη και συντήρηση του, αλλά και την περιορισμένη χρήση λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών ουσιών για τον έλεγχο εχθρών και ασθενειών.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2.** Έκταση και Παραγωγή κολοκασιού, 2019 (Στατιστική Υπηρεσία, 2019)

ΠΡΟΪΟΝ	Έκταση (εκτάρια)	Παραγωγή (τόνοι)	Τιμή παραγωγού (€/τόνο)	Αξία παραγωγής (€)
Κολοκάσι	53	1.425	1.296	1.847.228

### 2.1.2. Πατάτα

Η καλλιέργεια της πατάτας αποτελεί μια σημαντική πηγή εισοδήματος για τους παραγωγούς και εξίσου σημαντική πηγή συναλλάγματος για την κυπριακή οικονομία. Για το έτος 2019, η παραγωγή πατάτας έφτασε τους 82.100 τόνους με συνολική αξία 37.244.192 ευρώ. Η καλλιεργούμενη έκταση ήταν 3.883 εκτάρια (Στατιστική Υπηρεσία, 2019). Η πατάτα είναι το γεωργικό προϊόν με τη μεγαλύτερη εξαγωγική δραστηριότητα,

φτάνοντας τους 71.905 τόνους για το 2019, με συνολική αξία 47.299.000 ευρώ. Πιο κάτω παρουσιάζονται δεδομένα για την εξαγωγή πατάτας για την πενταετία 2015-2019.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3.** Εξαγωγές πατάτας, 2015-2019 (Στατιστική Υπηρεσία, 2019)

2015		2016		2017		2018		2019	
τόνοι	Αξία €000's	τόνοι	Αξία €000's	τόνοι	Αξία €000's	τόνοι	Αξία €000's	τόνοι	Αξία €000's
67.088	36.011	91.487	47.130	101.197	47.661	89.493	43.871	71.905	47.299

Η καλλιέργεια της πατάτας απαιτεί αυξημένες ποσότητες θρεπτικών, όπως το άζωτο, ο φώσφορος και το κάλιο. Μια σωστή και προγραμματισμένη παροχή των στοιχείων αυτών προς την καλλιέργεια, θα επιφέρει μια μεγάλη παραγωγή με άριστα ποιοτικά χαρακτηριστικά (Τμήμα Γεωργίας, 2005). Αντίθετα, η μη σωστή χρήση των λιπασμάτων, κυρίως των αζωτούχων, στο τελικό στάδιο ανάπτυξης των φυτών, μπορεί να επιφέρει αρνητικό αποτέλεσμα σε θέμα ποιότητας. Έρευνα του Τμήματος Γεωργίας έχει αποδείξει ότι από τις υπερβολικές λιπάνσεις του παρελθόντος, τα καλλιεργούμενα εδάφη είναι εμπλουτισμένα με μεγάλες ποσότητες αζώτου και φωσφόρου. Από την άλλη, προϊόντα που δεν έχουν τύχει λίπανσης, μπορούν να δώσουν εξίσου υψηλή ποιότητα. Είναι ξεκάθαρο ότι πρέπει να δοθεί μεγάλη σημασία στην ανάλυση του εδάφους και της αυστηρής τήρησης των οδηγιών λίπανσης, ώστε να επιτευχθεί η μείωση του κόστους παραγωγής, η αναβάθμιση της ποιότητας και η προστασία του περιβάλλοντος (Τμήμα Γεωργίας, 2005).

### 2.1.3. Καρπούζι

Για το έτος 2019, η παραγωγή καρπουζιού έφτασε τους 13.924 τόνους με συνολική αξία 4.177.200 ευρώ. Η καλλιεργούμενη έκταση ήταν 421 εκτάρια (Στατιστική Υπηρεσία, 2019). Τα πεπονοειδή, ως κατηγορία είναι ένα γεωργικό προϊόν με μικρή συγκριτικά εξαγωγική δραστηριότητα, φτάνοντας τους 7 τόνους για το 2019, με συνολική αξία 7.000 ευρώ. Πιο κάτω παρουσιάζονται δεδομένα για την εξαγωγή πεπονοειδών για την πενταετία 2015-2019.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4.** Εξαγωγές Πεπονοειδών, 2015-2019 (Στατιστική Υπηρεσία, 2019)

2015		2016		2017		2018		2019	
(τόνοι)	Αξία (€000's)	(τόνοι)	Αξία (€000's)	(τόνοι)	Αξία (€000's)	(τόνοι)	Αξία (€000's)	(τόνοι)	Αξία (€000's)
13	20	7	11	12	13	3	4	7	7

## 2.2. Περιβαλλοντικό Αποτύπωμα Προϊόντων

### 2.2.1. Πολιτικές Ευρωπαϊκής Ένωσης

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε την «Οικοδόμηση της Ενιαίας Αγοράς για Πράσινα Προϊόντα», της 9ης Απριλίου 2013, με γενικό στόχο την καλύτερη ενημέρωση σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιδόσεις των προϊόντων και των οργανισμών (<http://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/>). Περιέχει μεταξύ άλλων μια μέθοδο υπολογισμού του Περιβαλλοντικού Αποτυπώματος Προϊόντος (PEF) ή του Περιβαλλοντικού Αποτυπώματος Οργανισμού (OEF), ενώ πραγματοποιήθηκαν και πειραματικές μελέτες για κάποια προϊόντα όπως το κρασί, το γάλα και τα ζυμαρικά. Το Περιβαλλοντικό Αποτύπωμα Προϊόντος αποτελείται από συνολικά 16 δείκτες, οι οποίοι περιγράφουν με ολιστικό τρόπο τις επιπτώσεις του προϊόντος στο περιβάλλον (Πίνακας 1.6). Οι δείκτες αυτοί αποτελούν τη βάση για την έναρξη συζητήσεων σχετικά με την αποτελεσματικότητα των παραγωγικών διαδικασιών, τα όρια της κατανάλωσης πόρων και τη διεθνή κατανομή των φυσικών πόρων (Senbel 2003: 83–100).

**Πίνακας 2.5.** Δείκτες από τους οποίους αποτελείται το περιβαλλοντικό αποτύπωμα προϊόντος. Τροποποιημένο από Litskas et al. (2020).

Κατηγορία επίπτωσης	Δείκτης	Μονάδα	Προτεινόμενη μέθοδος LCIA
Climate change	Radiative forcing as Global Warming Potential (GWP100)	kg CO2 eq	Baseline model of 100 years of the IPCC (based on IPCC 2013)
Climate change-biogenic			
Climate change – land use and land transformation			

Ozone depletion	Ozone Depletion Potential (ODP)	kg CFC-11 eq	Steady-state ODPs 1999 as in WMO assessment
Human toxicity, cancer	Comparative Toxic Unit for humans (CTUh)	CTUh	USEtox model (Rosenbaum et al, 2008)
Human toxicity, non-cancer	Comparative Toxic Unit for humans (CTUh)	CTUh	USEtox model (Rosenbaum et al, 2008)
Particulate matter	Impact on human health	disease incidence	UNEP recommended model (Fantke et al 2016)
Ionising radiation, human health	Human exposure efficiency relative to U235	kBq U235 eq	Human health effect model as developed by Dreicer et al. 1995 (Frischknecht et al, 2000)
Photochemical ozone formation, human health	Tropospheric ozone concentration increase	kg NMVOC eq	LOTOS-EUROS model (Van Zelm et al, 2008) as implemented in ReCiPe
Acidification	Accumulated Exceedance (AE)	mol H+ eq	Accumulated Exceedance (Seppälä et al. 2006, Posch et al, 2008)
Eutrophication, terrestrial	Accumulated Exceedance (AE)	mol N eq	Accumulated Exceedance (Seppälä et al. 2006, Posch et al, 2008)
Eutrophication, freshwater	Fraction of nutrients reaching freshwater end compartment (P)	kg P eq	EUTREND model (Struijs et al, 2009b) as implemented in ReCiPe
Eutrophication, marine	Fraction of nutrients reaching marine end compartment (N)	kg N eq	EUTREND model (Struijs et al, 2009b) as implemented in ReCiPe
Ecotoxicity, freshwater	Comparative Toxic Unit for ecosystems (CTUe)	CTUe	USEtox model, (Rosenbaum et al, 2008)



Land use	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soil quality index</li> <li>• Biotic production</li> <li>• Erosion resistance</li> <li>• Mechanical filtration</li> <li>• Groundwater replenishment</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensionless (pt)</li> <li>• kg biotic production</li> <li>• kg soil</li> <li>• m<sup>3</sup> water</li> <li>• m<sup>3</sup> groundwater</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soil quality index based on LANCA (EC-JRC)10</li> <li>• LANCA (Beck et al. 2010)</li> <li>• LANCA (Beck et al. 2010)</li> <li>• LANCA (Beck et al. 2010)</li> <li>• LANCA (Beck et al. 2010)</li> </ul>
Water use	User deprivation potential (deprivation-weighted water consumption)	m <sup>3</sup> world eq	Available WATER Remaining (AWARE) Boulay et al., 2016
Resource use, minerals, and metals	Abiotic resource depletion (ADP ultimate reserves)	kg Sb eq	CML 2002 (Guinée et al., 2002) and van Oers et al. 2002.
Resource use, fossils	Abiotic resource depletion – fossil fuels (ADP-fossil)	MJ	CML 2002 (Guinée et al., 2002) and van Oers et al. 2002

### 2.2.2. Αποτύπωμα άνθρακα

Το Αποτύπωμα Άνθρακα (Carbon Footprint - CF) είναι το άθροισμα των αερίων του θερμοκηπίου (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) που εκπέμπονται κατά την παραγωγή, τη χρήση και την τελική διάθεση ενός προϊόντος (Clune 2017: 766–783, Michos 2018: 400–408). Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από καύσιμα, λιπάσματα, φυτοφάρμακα, άρδευση και τη διαχείριση του εδάφους υπολογίζονται με τους συντελεστές τους ισοδύναμου CO<sub>2</sub> σύμφωνα με πρωτόκολλα όπως αυτά παρέχονται από τον IPCC (R.T.Watson 1997: 517, Jim Penman 2006, Edenhofer 2014) και το EMEP / EEA ( European Environment Agency, 2009). Επιπλέον παράγοντες, η ζήτηση της αγοράς και η απόσταση από την αγορά (π.χ. εκπομπές λόγω μεταφοράς) και οι κλιματικές συνθήκες (π.χ. λιγότερες βέλτιστες συνθήκες, περισσότερες εισροές για τη γεωργική παραγωγή) θα μπορούσαν να

επιρεάσουν το Αποτύπωμα Άνθρακα. Το ισοδύναμο CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>-eq) χρησιμοποιείται ως μονάδα αναφοράς για το Αποτύπωμα Άνθρακα.

Η αξιοποίηση της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής για τον προσδιορισμό του αποτυπώματος άνθρακα, έχει ως σκοπό τον εντοπισμό της υπέρμετρης χρήσης εισροών, η οποία οδηγεί σε αυξημένο κόστος. Η διαχείριση των καλλιεργητικών πρακτικών κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας, τα μέσα μεταφοράς, η χρήση μηχανημάτων και λιπασμάτων είναι μεταξύ των παραγόντων που θα μπορούσαν να βελτιστοποιήσουν τη διαχείριση των εισροών και να μειώσουν το Αποτύπωμα Άνθρακα ενός αγροτικού προϊόντος (Kehagias 2015: 89–95).

### **2.2.3. Αποτύπωμα νερού**

Η έννοια του Αποτυπώματος Νερού (Water Footprint – WF) εισήχθη ως απάντηση στην ανάγκη για ένα δείκτη χρήσης γλυκού νερού με βάση την κατανάλωση (Hoekstra 2003). Είναι στενά συνδεδεμένο με την έννοια του εικονικού νερού (Allan 1998: 545–546), καθώς αντιπροσωπεύει την ιδιοποίηση του φυσικού κεφαλαίου όσον αφορά τους όγκους νερού που απαιτούνται για ανθρώπινη κατανάλωση (Hoekstra 2009: 1963–1974).

Το Αποτύπωμα Νερού εξετάζει τόσο την άμεση, όσο και την έμμεση χρήση νερού από τον καταναλωτή ή τον παραγωγό. Για τον υπολογισμό του απαιτείται η γνώση τριών επιμέρους ποσοτικοποιήσιμων όρων που είναι το μπλε αποτύπωμα νερού, το οποίο αναφέρεται στην κατανάλωση επιφανειακών και υπόγειων υδάτων, το πράσινο αποτύπωμα νερού, το οποίο σχετίζεται με την κατανάλωση βρόχινου νερού που διοχετεύεται στο έδαφος ως υγρασία του εδάφους και το γκριζο αποτύπωμα νερού που αναφέρεται στη ρύπανση και ορίζεται ως ο όγκος του γλυκού νερού που απαιτείται για την αραίωση του φορτίου των ρύπων με βάση τα υφιστάμενα πρότυπα ποιότητας νερού (Hoekstra 2009: 1963–1974).

Το Αποτύπωμα Νερού μπορεί να υπολογιστεί για ένα συγκεκριμένο προϊόν, για το οποίο καθορίζεται ξεκάθαρα το σύνολο των καταναλωτών ή παραγωγών του προϊόντος. Έτσι,

ορίζεται ως το σύνολο γλυκού νερού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή προϊόντων και υπηρεσιών που αξιοποιούνται από ένα σύνολο ατόμων ή παράγονται από μια επιχείρηση (Hoekstra 2008).

Για το κράτος της Κύπρου, κατά τη διάρκεια των χρόνων 1998 μέχρι το 2018, η μέση συνολική ετήσια άντληση νερού ήταν 221,2 ΕΚΜ (Εκατομμύρια Κυβικά Μέτρα), ενώ χαρακτηρίστηκε από μια αυξομείωση με μεγαλύτερη τιμή το 2004 (267,2 ΕΚΜ) και μικρότερη τιμή το 2008 (160,5 ΕΚΜ). Για την ίδια χρονική περίοδο, η μέση τιμή του ποσοστού νερού προερχόμενου από επιφανειακές πηγές έναντι υπόγειων πηγών ήταν 31% με 69%, αντίστοιχα. Κύριες πηγές επιφανειακών νερών στην Κύπρο είναι τα 108 φράγματα, αναβαθμοί και τεχνητές λιμνοδεξαμενές. Ο τομέας της γεωργίας αξιοποιεί ένα μεγάλο ποσοστό της συνολικής άντλησης νερού που φτάνει το 74,3%. (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2020).

Άλλες πηγές υδάτων στην Κύπρο είναι οι αφραλατώσεις και το ανακυκλωμένο νερό. Οι έξι σταθμοί αφραλάτωσης που λειτουργούν σήμερα έχουν τη συνολική δυναμικότητα 222.000 m<sup>3</sup>/ημέρα ή περίπου 73 ΕΚΜ/έτος (με θεώρηση λειτουργίας στο 90% του χρόνου). Παράλληλα, παράγεται 135.700 m<sup>3</sup>/ημέρα ανακυκλωμένο νερό, το πλείστο εκ του οποίου χρησιμοποιείται για άρδευση ή για εμπλουτισμό των υπογείων υδάτων (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2020).

#### **2.2.4. Ένταση χρήσης ενέργειας**

Ιστορικά, η οικονομική ανάπτυξη οδήγησε σε υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας, αυξάνοντας έτσι την πίεση που ασκείται από την παραγωγή και την κατανάλωση ενέργειας στο περιβάλλον. Το 2020 η ενεργειακή ζήτηση της ΕΕ ήταν η υψηλότερη για πετρέλαιο και προϊόντα πετρελαίου και ανερχόταν σε 19 944 PJ, εκ των οποίων το 97 % εισήχθη. Για φυσικό αέριο η ζήτηση το 2020 ανήλθε σε 13 696 PJ, με το 83,6 % της να καλύπτεται από εισαγωγές (Eurostat, 2020).

Παρακάτω παρουσιάζεται η κατανάλωση ενέργειας στην Κύπρο σε διάφορους τομείς για την περίοδο 2014-2018. Μέσα σε αυτή την πενταετία, παρατηρείται μια αύξηση στο γεωργικό τομέα (Στατιστική Υπηρεσία, 2018).

**Πίνακας 2.6.** Κατανάλωση ενέργειας στην Κύπρο για την περίοδο 2014-2018. (Στατιστική Υπηρεσία, 2018)

Έτος	Συνολική Κατανάλωση	Οικιακή	Εμπορική	Βιομηχανική	Γεωργική	Οδικός Φωτισμός
	000's kWh	000's kWh	000's kWh	000's kWh	000's kWh	000's kWh
2014	3.921.377	1.407.656	1.630.789	656.097	135.680	85.257
2015	4.038.086	1.475.972	1.659.588	685.864	129.447	85.211
2016	4.361.387	1.567.312	1.728.200	819.693	155.638	87.648
201	4.499.266	1.641.033	1.755.094	856.422	156.453	86.578
2018	4.572.478	1.622.544	1.816.143	883.962	154.878	91.137

Στον γεωργικό κλάδο, η ένταση χρήσης ενέργειας (Energy Intensity) για την παραγωγή ενός προϊόντος ορίζεται ως η ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή ενός kg (π.χ., 3 MJ/kg) ή για την καλλιέργεια ενός εκταρίου γης (π.χ., 300 MJ/ha).

## 2.3 Γεωργία και περιβαλλοντικά προβλήματα

Σε τοπικό και διεθνές επίπεδο, η γεωργία συμβάλλει αρνητικά στα εξής περιβαλλοντικά φαινόμενα:

- Νιτρορύπανση
- Κλιματική αλλαγή
- Βιοποικιλότητα

Παρακάτω, αναλύεται πώς η γεωργία επηρεάζει τα περιβαλλοντικά αυτά φαινόμενα.

### 2.3.1. Νιτρορύπανση

Η γεωργική δραστηριότητα ασκείται χωρικά σε ποσοστό 30% της συνολικής επιφάνειας της Κύπρου με το μεγαλύτερο μέρος της καλλιεργήσιμης γης να βρίσκεται στην ανατολική Κύπρο. Το μεγαλύτερο μέρος του φορτίου αζώτου οφείλεται στις καλλιέργειες (68%) (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2020). Το άζωτο είναι ο κύριος περιοριστικός παράγοντας για τη χερσαία και υδάτινη πρωτογενή παραγωγή (Steffen 2015: 347). Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες έχουν αλλάξει τον φυσικό κύκλο του αζώτου, αυξάνοντας μαζικά τη ροή

του ενεργού αζώτου στη βιόσφαιρα και προκαλώντας προβλήματα, όπως ο ευτροφισμός και η εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου. Οι απώλειες αζώτου από τη γεωργία προς το περιβάλλον καθορίζονται τόσο από εδαφοκλιματικές συνθήκες όσο και από γεωργικές στρατηγικές (π.χ., λίπανση) και παίρνουν κυρίως τη μορφή πτητικής αμμωνίας (NH<sub>3</sub>), έκπλυσης νιτρικών (NO<sub>3</sub>), εκπομπών οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) στον αέρα, λόγω νιτροποίησης και εκπομπών υποξειδίου του αζώτου (NO<sub>x</sub> και N<sub>2</sub>O) λόγω απονιτροποίησης (EMEP/EEA, 2016). Οι στρατηγικές λίπανσης διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην αποδοτικότητα του N στη γεωργία, μέσω των μη ισορροπημένων ποσοτήτων που υπερβαίνουν τις απαιτήσεις της καλλιέργειας, της χρονικής καθυστέρησης μεταξύ λίπανσης και απορρόφησης των καλλιεργειών και της έλλειψης διαχείρισης περιορισμού των εκπομπών για ορισμένες στρατηγικές λίπανσης (Padilla 2018: 400-413).

Παρακάτω παρουσιάζονται οι κύριοι τύποι λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται στην κυπριακή αγορά και οι ποσότητες που έχουν αγοραστεί μέσα στο 2019. Χαρακτηριστική είναι η αυξημένη κατανάλωση αζωτούχων λιπασμάτων, η χρήση των οποίων συμβάλει μεταξύ άλλων και σε εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που οδηγούν και σε αύξηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος της γεωργίας.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.6.** Χρήση λιπασμάτων για το έτος 2019 (Στατιστική Υπηρεσία, 2019)

ΕΙΔΟΣ ΛΙΠΑΣΜΑΤΟΣ	Ποσότητα (σάκοι 50 κιλών)	Τιμή (€/σάκκο)	Αξία λιπασμάτων (€)
Θειϊκή Αμμωνία (21-0-0)	20.832	17,05	355.187
Ουρία (46-0-0)	6.157	27,04	166.480
Ασβεστούχος Νιτρική Αμμωνία (26-0-0)	8.544	20,69	176.812
Νιτρική Αμμωνία (33/34,5-0-0)	30.372	22,55	684.762
Τριπλό Υπερφωσφορικό (0-46/48-0)	3.361	28,41	95.484
Θειϊκό Κάλιο (0-0-48/52)	2.497	36,52	91.192
Μικτά λιπάσματα			
(13-0-46)	9.499	48,02	456.193
(20-20-0)	94.671	20,18	1.910.180
(20-10-10)	39.002	19,32	753.592
(14-22-9)	57.471	26,80	1.540.237
Άλλα μικτά λιπάσματα	n.a.	n.a.	5.379.533

Κρυσταλλικά λιπάσματα	n.a.	n.a.	2.579.104
Υγρά λιπάσματα	n.a.	n.a.	724.196
Οργανικά και άλλα	n.a.	n.a.	815.218
<b>Σύνολο</b>	<b>263.871</b>		<b>15.728.170</b>

Η περιοχή των Κοκκινοχωρίων, στην οποία επικεντρώνεται η μεταπτυχιακή διατριβή, συγκεκριμένα για τα προϊόντα του κολοकाσιού και της πατάτας, εντάσσεται στις περιοχές που είναι ευαίσθητες στη ρύπανση με νιτρικά. Σημειώνεται μια αύξουσα πορεία των συγκεντρώσεων αζώτου, η οποία πιθανόν να μην προκαλείται εξ' ολοκλήρου από γεωργικές δραστηριότητες, αλλά και από άλλες ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Αυτή η διαπίστωση ενισχύεται και από τα αποτελέσματα μελέτης ισοτοπικών αναλύσεων για το προσδιορισμό των πηγών του αζώτου στα υπόγεια νερά και την εκτίμηση της ικανότητας απονίτρωσης στην ακόρεστη ζώνη. Η μελέτη δείχνει ότι το 50% των σταθμών παρακολούθησης που παρουσιάζουν αυξητική τάση στην συγκέντρωση νιτρικών αλάτων, δεν επηρεάζονται αποκλειστικά από γεωργικές δραστηριότητες. Επίσης, έξι από τους επτά σταθμούς που παρουσιάζουν συγκεντρώσεις νιτρικών πάνω από 40 mg/l προσεγγίζουν οικιστικές και τουριστικές περιοχές. Όπου η γεωργία είναι η βασική δραστηριότητα, οι μέσες συγκεντρώσεις των νιτρικών τείνουν να είναι χαμηλότερες (Υπουργείο Γεωργίας, 2020).

Έχοντας υπόψη ό,τι αναφέρθηκε πιο πάνω, δικαιολογημένα χαρακτηρίζεται η συγκεκριμένη περιοχή ως ευπρόσβλητη ζώνη σε νιτρικά άλατα. Επιπρόσθετα, είναι καλό να συνεχιστεί η προσπάθεια αναβάθμισης του δικτύου παρακολούθησης, έτσι ώστε να λαμβάνεται πιο αξιόπιστο και ακριβές υλικό, σχετικό με τις πιέσεις που προέρχονται από τις γεωργικές δραστηριότητες (Υπουργείο Γεωργίας, 2020).

### **2.3.2. Επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα**

Η βιοποικιλότητα στην Κύπρο δέχεται πιέσεις, στις οποίες συγκαταλέγεται και η εντατικοποίηση της γεωργικής και κτηνοτροφικής δραστηριότητας. Άλλες πιέσεις που διαδραματίζουν κύριο ρόλο είναι η αστική και τουριστική ανάπτυξη, η συνεχής ανάπτυξη του οδικού δικτύου, οι αλλαγές στη χρήση γης, η ρύπανση, η όχληση, η απερίμωση, οι πυρκαγιές, η κλιματική αλλαγή, η εξάπλωση χωροκατακτητικών/εισβλητικών ξένων ειδών και η υπερεκμετάλλευση των βιολογικών πόρων (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2020).

Οι κύριες αγροτικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες περιλαμβάνουν τις ετήσιες καλλιέργειες, τους σπωρώνες, την εκτροφή ζώων σε φάρμες, τη βόσκηση, καθώς και απολήψεις για σκοπούς άρδευσης. Η εντατικοποίηση αυτών των ενεργειών, έχει ως συνέπεια την αποψίλωση των φυσικών οικοτόπων και τη μετατροπή τους σε καλλιεργούμενες εκτάσεις. Σταδιακά, παρατηρείται υποβάθμιση των οικοτόπων και ενδαιτημάτων των ειδών άγριας ζωής, μέσω της υπερβόσκησης ενώ σε πολλές περιπτώσεις παρατηρείται το φαινόμενο του ευτροφισμού και υποβάθμιση υδάτινων οικοσυστημάτων, καθώς και εκχερσώσεις φυσικών οικοτόπων που αποτελούσαν εγκαταλελειμμένη γεωργική γη. Ακόμα ένα σημαντικό ζήτημα, είναι η χρήση τοξικών φυτοφαρμάκων και ζιζανιοκτόνων, καθώς και άλλων φυτοπροστατευτικών προϊόντων, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε εξαφάνιση εντόμων και διαφόρων οργανισμών, από τους οποίους εξαρτώνται πολλά είδη άγριας ζωής (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2020).

Από την άλλη πλευρά, η εγκατάλειψη της γεωργικής γης μπορεί να επιφέρει αρνητικές συνέπειες, λόγω της διαδοχής και αλλαγής βλάστησης που φέρνει ουσιώδεις μετατροπές στους οικοτόπους. Επιπρόσθετα, η νέα κατεύθυνση στη γεωργία προς τη χρήση μοντέρνων ποικιλιών και υβριδίων, όπως και η εγκατάλειψη της γεωργίας στις ορεινές περιοχές, καθιστούν ιδιαίτερα ευάλωτες για γενετική διάβρωση τις τοπικές παραδοσιακές ποικιλίες αφού διατηρούνται αποκλειστικά από τους γεωργούς (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2020).

### **2.3.3. Κλιματική αλλαγή και γεωργία**

Το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής αναμένεται να επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό τους τομείς της γεωργίας και την παραγωγής τροφίμων, μιας βιομηχανίας τρισεκατομμυρίων δολαρίων (World Bank, 2019). Οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (GHGE) από διάφορους τομείς της οικονομίας είναι οι κύριοι μοχλοί της Κλιματικής Αλλαγής. Η 21<sup>η</sup> σύνοδος της Διάσκεψης στο Παρίσι τόνισε τη σημασία της μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου για τον περιορισμό της υπερθέρμανσης του πλανήτη σε πολύ κάτω από τους 2 °C σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα. Η μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου μπορεί να επιτευχθεί με τη μείωση της χρήσης των φυσικών πόρων και με την αλλαγή των γεωργικών πρακτικών (Litskas 2017: 418-425, Michos 2018: 400-408).

Ωστόσο, η σταθεροποίηση της αύξησης της θερμοκρασίας κάτω από τους 2 °C ή 1,5 °C σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα θα απαιτήσει μια επείγουσα και θεμελιώδη απομάκρυνση από τις συνήθεις δραστηριότητες (IPCC, 2014). Η Πέμπτη Έκθεση Αξιολόγησης (IPCC, 2014) τονίζει ότι υπάρχουν διαθέσιμοι τρόποι περιορισμού της Κλιματικής Αλλαγής και των κινδύνων της, με πολλές λύσεις που επιτρέπουν τη συνεχή οικονομική και ανθρώπινη ανάπτυξη. Οι πρόσφατες πολιτικές για τη γεωργία παγκοσμίως τείνουν να μειώνουν τις εισροές (π.χ. λιπάσματα, νερό, καύσιμα) διατηρώντας παράλληλα υψηλές αποδόσεις (ECF, 2010, Abeliotis 2013: 89-96). Η Κλιματική Αλλαγή θεωρείται σημαντικό περιβαλλοντικό ζήτημα και αποτρέπει πολλές φορές την εστίαση σε άλλα εξίσου σημαντικά, για τη βιωσιμότητα, θέματα. Η παγκόσμια κατανάλωση σε νερό, τροφή, ξυλεία, αλιεύματα και πολλούς άλλους πόρους είναι επίσης σημαντική σε σχέση με τα όρια των πόρων (Ewing 2010, Fischer-Kowalski 2007, Giljum 2009, Krausmann 2009: 2696–2705, WWF 2010).

Σε ημίξηρες περιοχές του κόσμου, όπως η λεκάνη της Μεσογείου, η ακραία ξηρασία και οι υψηλές θερμοκρασίες έχουν ήδη επηρεάσει την παραγωγή των καλλιεργειών, ιδιαίτερα των καλλιεργειών υψηλού εισοδήματος, όπως τα φρούτα και τα λαχανικά (Iglesias and Garrote 2015: 113–124). Η σημαντική μείωση των βροχοπτώσεων σε χώρες της λεκάνης της Μεσογείου μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρές απώλειες καλλιεργειών (Carnicer 2011: 1474–1478, Ponti 2014: 5598–5603).

Οι διακυμάνσεις στις αποδόσεις των καλλιεργειών αναμένεται να αυξάνονται από χρόνο σε χρόνο λόγω ακραίων καιρικών φαινομένων και άλλων παραγόντων όπως παράσιτα και ασθένειες (Litskas 2019: 084041) . Η κλιματική αλλαγή έχει ήδη επηρεάσει τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, ειδικά σε μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη (Liu 2009: 2287–2299 ; Teixeira 2013: 206–215). Στη Βόρεια Ευρώπη, οι ημερομηνίες ανθοφορίας και συγκομιδής για τα δημητριακά εμφανίζονται νωρίτερα σε σύγκριση με τις προηγούμενες δεκαετίες (Rötter 2012: 23–36). Από την άλλη πλευρά, σε μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη, η αυξημένη συχνότητα των πλημμυρών και των κυμάτων καύσωνα, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, μπορεί να επηρεάσει σοβαρά τις καλλιέργειες (Rojas 2013: 1737–1751).



### 2.3.3.1 Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τη γεωργία

Σε παγκόσμια κλίμακα, η γεωργία αντιπροσωπεύει το 20% των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHGE). Στην ΕΕ, η γεωργία συμβάλει στις εκπομπές 470,6 Mt ισοδύναμου CO<sub>2</sub> ετησίως, που αντιστοιχεί στο 10% των συνολικών εκπομπών στην Ένωση (Eurostat, 2017). Επιπλέον, τα τρόφιμα παράγονται, επεξεργάζονται, αποθηκεύονται, συσκευάζονται, μεταφέρονται, προετοιμάζονται και σερβίρονται για να φτάσουν στους καταναλωτές. Όλα αυτά τα στάδια του κύκλου ζωής των τροφίμων απαιτούν ενέργεια και υλικά και συνεπώς, οδηγούν σε εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (EEA, 2015).

Η κτηνοτροφία θεωρείται επίσης ως δραστηριότητα που συμβάλλει στην Κλιματική Αλλαγή, λόγω της απελευθέρωσης μεθανίου (CH<sub>4</sub>) και οξειδίου του αζώτου (N<sub>2</sub>O) απευθείας από τα ζώα και έμμεσα από την αποδόμηση της κοπριάς (Chadwick 2011: 514-531, Herrero 2013: 20888-20893, Hou 2015: 1293-1312). Οι πολιτικές που εφαρμόστηκαν στην ΕΕ (1990 – σήμερα), είχαν ως αποτέλεσμα τη μείωση του αριθμού των ζώων και των αντίστοιχων εκπομπών (Herrero 2016: 452-461). Ωστόσο, πολιτικές και πρακτικές διαχείρισης για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από το ζωικό κεφάλαιο δεν εφαρμόζονται σε όλο τον κόσμο. Οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από την κτηνοτροφική παραγωγή αυξήθηκαν στις αναπτυσσόμενες χώρες τις τελευταίες δεκαετίες (CGIAR, 2019, Herrero 2016: 452-461). Ως αποτέλεσμα, οι εκπομπές από την εντερική ζύμωση (μυρρηκαστικά) αυξήθηκαν κατά 11% σε αυτήν την περίοδο και αντιστοιχούσαν στο 39% των συνολικών εκροών GHG του κλάδου το 2011 (CGIAR, 2019).

Πιο συγκεκριμένα, οι εισροές στη γεωργία καθορίζουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Σε έρευνα που αφορούσε την περιοχή Qinghai-Tibet Plateau, αποδείχθηκε ότι οι γεωργικές εισροές είχαν τη μεγαλύτερη συνεισφορά στη διαμόρφωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος. Η ηλεκτρική ενέργεια, το ντίζελ και τα μηχανήματα υπολογίστηκαν στο 36% - 90% των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ενώ η εφαρμογή λιπασμάτων αντιπροσώπευε λιγότερο από 20% (Yu 2022: 132563). Σε αντίθεση με την προηγούμενη έρευνα, οι Chen et al. διαπίστωσαν ότι η λίπανση ήταν ο βασικός παράγοντας που επηρέασε τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, ενώ η χρήση ενέργειας αντιπροσώπευε λιγότερο από το 30% των εκπομπών συνολικές εθνικές εκπομπές της κύριας φυτικής παραγωγής στην Κίνα (Chen 2021: 105661). Ο λόγος της

διαφοράς στις δύο έρευνες είναι η αυξημένη χρήση λιπασμάτων στη δεύτερη περίπτωση για τη μεγιστοποίηση της παραγωγής.

Σε άλλη έρευνα που αφορούσε την καλλιέργεια σπαραγγιών και αβοκάντο στο Περού, η παραγωγή και χρήση λιπασμάτων είναι η δραστηριότητα που έχει το μεγαλύτερο μερίδιο συνεισφοράς, το οποίο φτάνει το 70% για τις χρονιές 2017 και 2018 και κοντά στο 50% για το 2019. Περίπου το 20% των εκπομπών που σχετίζονται με τα λιπάσματα προέρχονται από τις εκπομπές στο χωράφι, ειδικά N<sub>2</sub>O και σε μικρότερο ποσοστό, CO<sub>2</sub> από την εφαρμογή ουρίας, ενώ το μεγαλύτερο μέρος συνδέεται με την παραγωγή συνθετικών λιπασμάτων. Ωστόσο, η χρήση ενέργειας παρουσιάζει επίσης σημαντική συνεισφορά (20–30%), η οποία συνδέεται κυρίως με τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας για άντληση νερό στη διαδικασία άρδευσης. Τέλος, περίπου το 10% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου συνδέονται με δραστηριότητες συσκευασίας και μεταφοράς (Esteve-Llorens 2022: 151686).

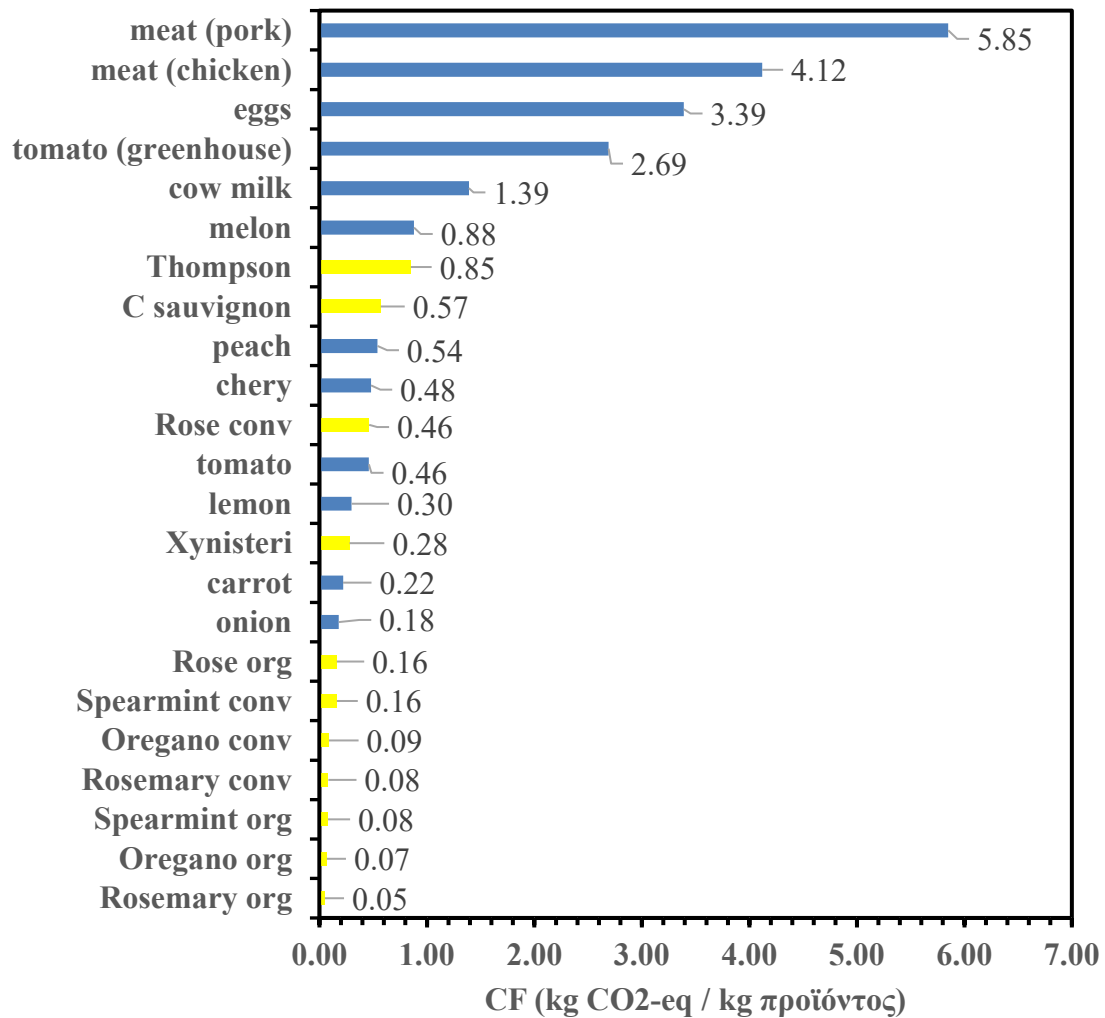
### **2.3.3.2 Αποτύπωμα άνθρακα προϊόντων**

Οι Clune et al. (2017: 766–783) εφάρμοσαν μια συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετική με τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου για ένα εύρος προϊόντων διατροφής μέσω της μελέτης της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής. Αυτή ήταν η πρώτη προσπάθεια συγκέντρωσης όλων των δεδομένων που σχετίζονται με το Αποτύπωμα Άνθρακα (Carbon Footprint – CF) στα γεωργικά προϊόντα. Η σύνοψη των αποτελεσμάτων, με τις τιμές που καταγράφηκαν σχετικά με το CF σε βασικές καλλιέργειες παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.7, ενώ οι τιμές του CF για μεμονωμένα τρόφιμα παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 1.1. Στο έργο των Clune et al., (2017), τα περισσότερα δεδομένα για το CF προέρχονται από ανεπτυγμένες χώρες.

Γενικά, τα λαχανικά που καλλιεργούνται σε υπαίθριους χώρους (π.χ. κρεμμύδι, καρότα) έχουν συνήθως χαμηλό CF, ενώ τα φρούτα (π.χ. ροδάκινα, κεράσια) έχουν μεγαλύτερο CF, λόγω υψηλότερων εισροών. Το υψηλότερο CF παρατηρείται για λαχανικά θερμοκηπίου και για το ρύζι, τα πρώτα λόγω της θέρμανσης και το ρύζι εξαιτίας της έκλυσης μεθανίου (αναερόβιες συνθήκες). Υψηλό CF επίσης παρουσιάζουν και τα ψάρια, το κρέας και τα γαλακτοκομικά προϊόντα, ενώ το πιο υψηλό CF βρέθηκε σε κρέας μηρυκαστικών (Clune 2017: 766–783, Litskas 2017: 418–425, Litskas 2019: 084041).

**Πίνακας 1.7.** Διάμεσες τιμές αποτυπώματος άνθρακα, CF (kg CO<sub>2</sub> -eq / kg προϊόντος) για διαφορετικά προϊόντα (Clune 2017: 766-783)

<b>Προϊόν</b>	<b>Διάμεσος CF (kg CO<sub>2</sub> -eq / kg προϊόντος)</b>
<b>Λαχανικά (καλλιεργούνται στον αγρό)</b>	0.37
<b>Φρούτα (καλλιεργούνται στον αγρό)</b>	0.42
<b>Σιτηρά</b>	0.50
<b>Όσπρια</b>	0.51
<b>Παθητικά (μη θερμαινόμενα) φρούτα και λαχανικά θερμοκηπίου</b>	1.10
<b>Συνδυασμός δένδρων ξηρών καρπών</b>	1.20
<b>Φρούτα και λαχανικά θερμοκηπίου (θερμαινόμενα)</b>	2.13
<b>Ρύζι</b>	2.55



**Διάγραμμα 1.1.** Ενδεικτικές τιμές CF για διάφορα βιολογικά (org) και συμβατικά (conv) προϊόντα διατροφής, δεδομένα για την κατασκευή του ελήφθησαν από τους πίνακες που παρουσιάζονται στους Clune et al. (2017; μπλε μπάρες) και Litskas et al. (2017; 2019; κίτρινες μπάρες)

Σε έρευνα που διεξάχθηκε στην Ινδία οι μέσες τιμές αποτυπώματος άνθρακα που υπολογίστηκαν για τις καλλιέργειες ρυζιού, σιταριού και αραβοσίτου ήταν 2,44, 1,27 και 0,80 τόνους CO<sub>2</sub>e/ ha αντίστοιχα. Ο μέσος όρος του ρυζιού ήταν 1,93 και 3,1 φορές υψηλότερος από αυτόν του σιταριού και αραβοσίτου, αντίστοιχα (Nayak 2022).

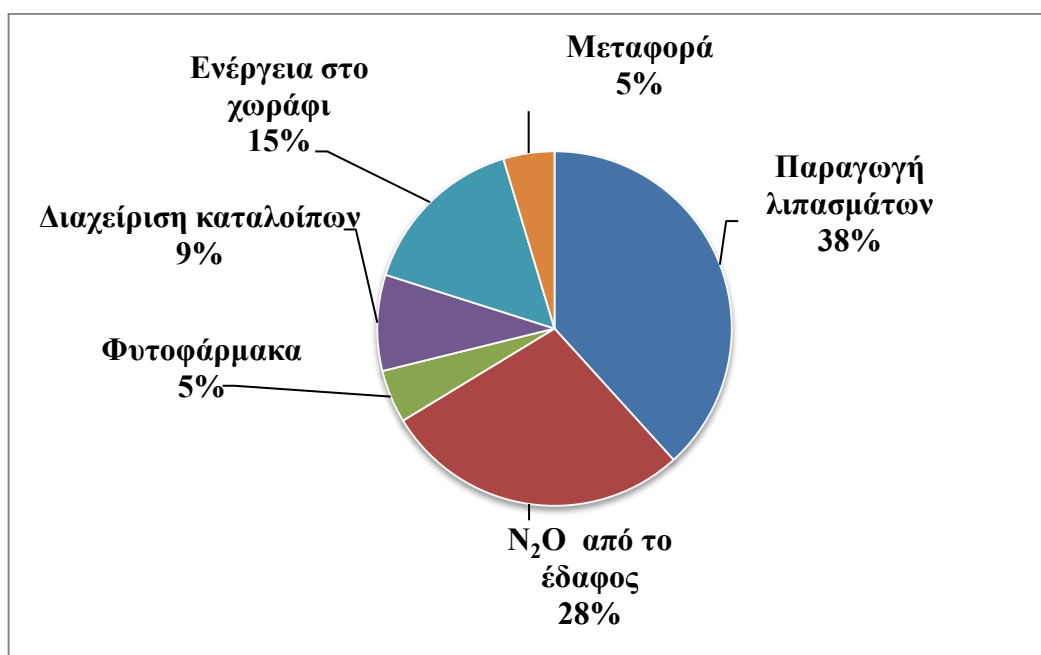
Ερευνητές στην Κίνα υπολόγισαν το αποτύπωμα άνθρακα της παραγωγής πατάτας στο ίσο με 0,17-0,23 kg CO<sub>2</sub>e/ kg προϊόντος (Zhongyue 2020: 120463) που ήταν συγκρίσιμη με την τιμή που βρέθηκε από τους Williams et al. που ήταν ίσο με 0,13-0,29 kg CO<sub>2</sub>e/kg

προϊόντος (Williams 2010: 855-868). Μία άλλη μελέτη στην Κίνα, έδειξε ότι οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου για την παραγωγή πατάτας ήταν 3636 (1140) kg CO<sub>2</sub>-eq/ha (Gao 2019: 2700). Μελέτη που έλαβε χώρα στη Χιλή υπολόγισε ότι κατά μέσο όρο σε όλα τα υπό εφαρμογή συστήματα παραγωγής πατάτας, οι συνολικές εκπομπές CO<sub>2</sub> ανά τόνο παραγόμενης φρέσκιας πατάτας ήταν 122 kg CO<sub>2</sub>/t. Οι κύριες πηγές των εκπομπών ήταν αυτές που προέρχονται από την παραγωγή λιπασμάτων (35%), τις εκπομπές που προκαλούνται από την εφαρμογή των λιπασμάτων στον αγρό (25%) και την παραγωγή του πατατόσπορου (15%) (Haverkort 2014:13-31).

Τα κρίσιμα σημεία στο CF, δηλαδή οι πρακτικές που συνεισφέρουν σημαντικά στην αύξηση του, ποικίλουν για διαφορετικές καλλιέργειες (Litskas 2019: 084041). Ένα από τα πιο σημαντικά κρίσιμα σημεία στο CF στην εντατική γεωργία είναι η χρήση λιπασμάτων. Η παραγωγή λιπασμάτων καταναλώνει υψηλές ποσότητες ενέργειας με αποτέλεσμα σημαντικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (Hillier 2012: 1880-1894). Επιπλέον, η εφαρμογή λιπασμάτων οδηγεί σε εκπομπές υποξειδίου του αζώτου, το οποίο προέρχεται από τους μετασχηματισμούς που συμβαίνουν στον κύκλο του αζώτου στο έδαφος (Chadwick 2011: 514-531, Herrero 2013: 20888-20893, Hou 2015: 1293-1312) (Διάγραμμα 1.2).

Η χρήση ενέργειας στον αγρό είναι ένα άλλο κρίσιμο σημείο όσον αφορά το CF (Διάγραμμα 1.2). Η παραγωγή και η κατανάλωση ενέργειας (π.χ. για άροση, άρδευση, μεταφορά) συμβάλει ουσιαστικά την εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου (Kaltsas 2007: 243-251, Kavargiris 2009: 1239-1250, Litskas 2017: 418-425, Michos 2017: 247-253). Είναι ζωτικής σημασίας η αξιολόγηση της χρήσης της ενέργειας στη γεωργία, καθώς είναι κυρίως από μη ανανεώσιμες πηγές (Kavargiris 2009: 1239-1250, Michos 2017: 247-253). Στον γεωργικό τομέα αντιστοιχεί το 5% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται στον κόσμο (IPCC, 2014). Η χρήση ενέργειας μπορεί να αξιολογηθεί μέσω μιας ενεργειακής ανάλυσης των γεωργικών συστημάτων (Litskas 2019: 084041), μια προσέγγιση που βασίζεται στη μετατροπή όλων των παραγόντων παραγωγής και των φυτικών προϊόντων, σε μονάδες ενέργειας (Litskas 2011: 1302-1310, Michos 2012: 22-28, Michos 2017: 247-253, Michos 2018: 400-408).

Άλλα σημαντικά κρίσιμα σημεία στο CF είναι η διαχείριση των υπολειμμάτων στο χωράφι, η εφαρμογή φυτοφαρμάκων και η μεταφορά των προϊόντων στην αγορά (Διάγραμμα 1.2) (Litskas 2017: 418-425, Litskas 2019: 084041).



**Διάγραμμα 1.2.** Τα «καυτά σημεία» του Αποτυπώματος Άνθρακα για εισαγόμενες ποικιλίες αμπέλου στην Κύπρο, δεδομένα ελήφθησαν από τους Litskas 2017: 418-425.

# Κεφάλαιο 3

## Μεθοδολογία

### 3.1. Σχεδιασμός

Για την επίτευξη των στόχων της μεταπτυχιακής διατριβής (βλ. παρ 1.3-1.4) έγινε:

- I. Καταγραφή των εισροών (π.χ., λιπάσματα, φυτοφάρμακα, νερό, μηχανήματα) και των εκροών (π.χ., τελικό προϊόν) στις καλλιέργειες που αναφέρονται, μέσω της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (AKZ). Η καταγραφή αυτή έγινε μέσω ειδικού ερωτηματολογίου (Παράρτημα Α).
- II. Χρήση του λογισμικού Cool Farm Tool και Open LCA και των σχετικών βάσεων δεδομένων (π.χ., Ecoinvent, Agribalyse) για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων για την ποσοτικοποίηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος.
- III. Σύγκριση του αποτυπώματος μεταξύ των προϊόντων και με τη βιβλιογραφία και προτάσεις για τη μείωση του αποτυπώματος.

### 3.2. Μέθοδος συλλογής δεδομένων

Για τον υπολογισμό των δεικτών CF (Αποτύπωμα Άνθρακα), WF (Αποτύπωμα Νερού) και EI (Ένταση Ενέργειας) για την παραγωγή του κολοकाσιού και της πατάτας, επιλέχθηκαν 10 και 9 παραγωγοί από την περιοχή της Σωτήρας Αμμοχώστου και της Ευλοτύμβου Λάρνακας, αντίστοιχα. Ο υπολογισμός των δεικτών για την καλλιέργεια του καρπουζιού έγινε με συλλογή δεδομένων από ειδικούς, όσον αφορά στις εισροές και τις καλλιέργητικές πρακτικές.

Για την πραγματοποίηση της έρευνας σχεδιάστηκε ένα ερωτηματολόγιο (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α), με βάση την προσέγγιση LCA (ISO, 2006), το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τη συνέντευξη των αγροτών και τη συλλογή δεδομένων που απαιτούνται για τους υπολογισμούς των δεικτών. Με βάση το ερωτηματολόγιο καταγράφηκαν οι διάφορες

πρακτικές διαχείρισης, οι μικροκλιματικές συνθήκες, οι τύποι των εδαφών, τα υλικά και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιούν οι γεωργοί. Επίσης ζητήθηκε η γνώμη γεωπόνων σχετικά με την επικύρωση των δεδομένων που συλλέχθηκαν από τους αγρότες. Τα δεδομένα του ερωτηματολογίου μεταφέρθηκαν σε excel και στη συνέχεια έγινε η συμπλήρωση του λογισμικού CFT (Cool Farm Tool).

### **3.3. Ανάλυση Κύκλου Ζωής**

#### **3.3.1 Ανάλυση Κύκλου Ζωής**

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Analysis – LCA) είναι μια μέθοδος για τη μέτρηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των προϊόντων. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των εισροών της γεωργίας και τη μέτρηση του αποτυπώματος άνθρακα (CF), αλλά και άλλων δεικτών του κύκλου ζωής ενός προϊόντος, μίας διεργασίας ή ενός αγροκτήματος (Michos 2018: 400–408). Μέσω αυτής της ανάλυσης, θα μπορούσαν να εφαρμοστούν βελτιώσεις στην διαδικασία παραγωγής, καταγραφές δεδομένων και διαφορετικές συγκρίσεις συστημάτων (Hillier 2011: 1070–1078, 2012: 1880-1894). Το πρωτόκολλο για την Ανάλυση Κύκλου Ζωής είναι το ISO 14040 (ISO 2006a, ISO 2006b, ISO 2013).

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής περιλαμβάνει τέσσερα στάδια:

- I. Καθορισμός στόχου και πεδίου εφαρμογής, μέσω των οποίων ορίζονται το εύρος της μελέτης καθώς και τα όρια του συστήματος της έρευνας.
- II. Απογραφή κύκλου ζωής (Life Cycle Inventory - LCI), όπου μοντελοποιείται το καθορισμένο σύστημα παραγωγής προϊόντων και καταγράφονται οι εισροές και οι εκροές.
- III. Αξιολόγηση των επιπτώσεων του κύκλου ζωής (Life Cycle Impact Assessment - LCIA) όπου γίνεται η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων μέσω δεικτών.
- IV. Ερμηνεία των αποτελεσμάτων και παρουσίαση προτάσεων βελτιστοποίησης των δεδομένων της μελέτης (ISO, 2006).

Στην έρευνα, χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση κύκλου ζωής το λογισμικό Cool Farm Tool και το λογισμικό Open LCA.



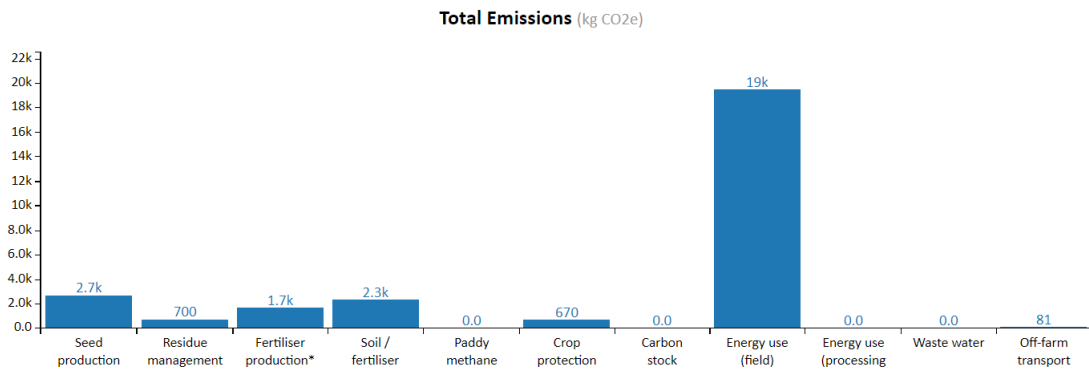
### 3.3.2 Εργαλείο Cool Farm Tool

Το διαδικτυακό εργαλείο Cool Farm Tool ([www.coolfarmtool.org](http://www.coolfarmtool.org)) (Διάγραμμα 3.1) χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και του ισοζυγίου C στα εδάφη των αγροτεμαχίων, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τα ερωτηματολόγια. Το εργαλείο ακολουθεί τις αρχές της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (LCA, Life Cycle Assessment) και το μεθοδολογικό πλαίσιο που παρέχεται στο IPCC (2019), για την παρακολούθηση και την αναφορά των αερίων του θερμοκηπίου.

Συνεπώς, οι ακόλουθοι παράγοντες λήφθηκαν υπόψη για τον υπολογισμό του CF του προϊόντος (Product Carbon Footprint – PCF) (kg CO<sub>2</sub>-eq/kg):

- 1) Λιπάσματα: εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από την παραγωγή και διανομή λιπασμάτων,
- 2) Εκπομπές N<sub>2</sub>O από το έδαφος ως αποτέλεσμα της εφαρμογής λιπασμάτων αζώτου και του μετασχηματισμού N στο έδαφος,
- 3) Παραγωγή και εφαρμογή φυτοπροστατευτικών,
- 4) Διαχείριση υπολειμμάτων καλλιεργειών,
- 5) Μεταβολές αποθεμάτων άνθρακα στο έδαφος μετά από τροποποιήσεις και υποβάθμιση της οργανικής ύλης,
- 6) Χρήση ενέργειας για όργωμα, φύτευση, άρδευση, εφαρμογή λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων και
- 7) Μεταφορά τελικού προϊόντος εκτός αγροκτήματος.

Το όριο του συστήματος για τη μελέτη ήταν από το τεμάχιο στην αγορά ή στον σύνδεσμο εξαγωγών.



**Διάγραμμα 3.1.** Σελίδα αποτελεσμάτων του εργαλείου Cool Farm Tool που χρησιμοποιήθηκε, [www.coolfarmtool.org](http://www.coolfarmtool.org)

### 3.3.2.1 Εκπομπές από την παραγωγή των λιπασμάτων

Για τα λιπάσματα, ελήφθησαν υπόψη οι εκπομπές από την παραγωγή και τη διανομή, την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων για την σύνθεση και τη μεταφορά στον αγρό, όπως βρίσκονται στο εργαλείο Cool Farm Tool.

### 3.3.2.2 Εκπομπές από τη χρήση των λιπασμάτων

Για τις εκτιμήσεις των εκπομπών N<sub>2</sub>O και NO που σχετίζονται με την εφαρμογή λιπασμάτων αζώτου, χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο Bouwman όπως παρουσιάζεται στο (Hillier 2011: 1070–1078). Το μοντέλο λαμβάνει υπόψη τις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους (π.χ. υφή, pH, ικανότητα συγκράτησης νερού, αποστράγγιση) καθώς και το κλίμα για τον κύκλο του αζώτου και για τις εκπομπές από το έδαφος. Οι εκπομπές N<sub>2</sub>O, NO και NH<sub>3</sub> (σε kg/ha) οι οποίες σχετίζονται με την εφαρμογή αζωτούχων λιπασμάτων στις καλλιέργειες, υπολογίζονται από τις πιο κάτω εμπειρικές εξισώσεις:

$$N_2O = e^{constant + \sum_{i=1}^{n=i} Factor(i)} \quad (\text{Εξίσωση 1}),$$

και

$$NH_3 = FA \times e^{\text{constant} + \sum_1^{n-i} \text{Factor}(i)} \quad (\text{Εξίσωση 2}).$$

Όπου οι κατηγορίες παραγόντων (Factor) που λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς είναι: τύπος λιπάσματος x ποσοστό εφαρμογής λιπάσματος, τύπος καλλιέργειας, υφή εδάφους, οργανικός άνθρακας εδάφους, αποστράγγιση εδάφους, pH εδάφους, ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων του εδάφους (CEC), τύπος κλίματος και μέθοδος εφαρμογής του. Στην εξίσωση για την αμμωνία, FA (Fertiliser applied) είναι η ποσότητα λιπάσματος που εφαρμόστηκε (kg/ha). Οι τιμές των παραγόντων για αυτά τα μοντέλα υιοθετήθηκαν από τους (Hillier 2011: 1070–1078) και στη συγκεκριμένη αναφορά βρίσκεται ο πίνακας με τις τιμές των παραγόντων για την εφαρμογή της εξίσωσης. Οι εκπομπές NO και NH<sub>3</sub> μετατρέπονται σε N<sub>2</sub>O με τον συντελεστή 0.01 όπως περιγράφεται στο (IPCC, 2014).

### 3.3.2.3 Εκπομπές από τη διαχείριση των υπολειμμάτων

Για εκπομπές που σχετίζονται με τη διαχείριση υπολειμμάτων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος που παρουσιάζεται στους (Hillier 2011: 1070–1078), λαμβάνοντας υπόψη διαφορετικές επιλογές διαχείρισης, όπως η καύση, η απομάκρυνση ή η ενσωμάτωση στο έδαφος. Για τις αλλαγές αποθεμάτων άνθρακα στο έδαφος του τεμαχίου και την ισορροπία C στο πεδίο, χρησιμοποιήθηκε η προσέγγιση του IPCC (tier 1) όπως περιγράφεται στους (Ogle 2005: 87-121) και (Hillier 2011: 1070–1078) . Μετά τον ποσοτικό προσδιορισμό, η αλλαγή στα αποθέματα C μετατράπηκε σε ετήσιες εκπομπές CO<sub>2</sub>.

### 3.3.2.4 Προσθήκη οργανικής ουσίας

Η επίδραση της προσθήκης οργανικών λιπασμάτων στο έδαφος (π.χ. κόμποστ, κοπριά), στην περίπτωση εφαρμογής τους, εκτιμήθηκε σύμφωνα με τους (Smith 1997), χρησιμοποιώντας τις πιο κάτω εμπειρικές εξισώσεις:

$$\%SOC = 0.038 \times FYM \quad (\text{Εξίσωση 3}),$$

$$\%SOC = 0.040 \times COMP \quad (\text{Εξίσωση 4}).$$

Όπου %SOC είναι το ποσοστό μεταβολής του οργανικού άνθρακα στο έδαφος και το FYM και COMP είναι τα ξηρά βάρη (σε tonnes/ha) κοπριάς και κόμποστ, αντίστοιχα.

### **3.3.2.5 Εκπομπές από τη χρήση των φυτοφαρμάκων**

Τα δεδομένα για τον ακριβή προσδιορισμό PCF σχετικά με τις εφαρμογές φυτοφαρμάκων είναι λιγοστά και ακολουθήθηκε η προσέγγιση των (Hillier 2011: 1070–1078, Litskas 2013: 1-7, Vasquez-Rowe 2013: 200-208), όπου χρησιμοποιείται μια τυπική τιμή 20.5 kg CO<sub>2</sub> eq/ha ανά κάθε εφαρμογή προϊόντος και περιλαμβάνει την παρασκευή και την εφαρμογή των φυτοπροστατευτικών.

### **3.3.2.6 Εκπομπές λόγω της χρήσης ενέργειας**

Για τις εκπομπές που σχετίζονται με τη χρήση ενέργειας στο τεμάχιο, εφαρμόστηκε το μοντέλο που παρουσιάζεται στα τεχνικά πρότυπα ASABE (ASABE, 2006) για τη χρήση καυσίμων για την λειτουργία των μηχανημάτων. Οι εκπομπές που προέρχονται από το ηλεκτρικό ρεύμα προέρχονται από το πρωτόκολλο GHG (Greenhouse Gas Protocol) (<http://www.ghgprotocol.org/>).

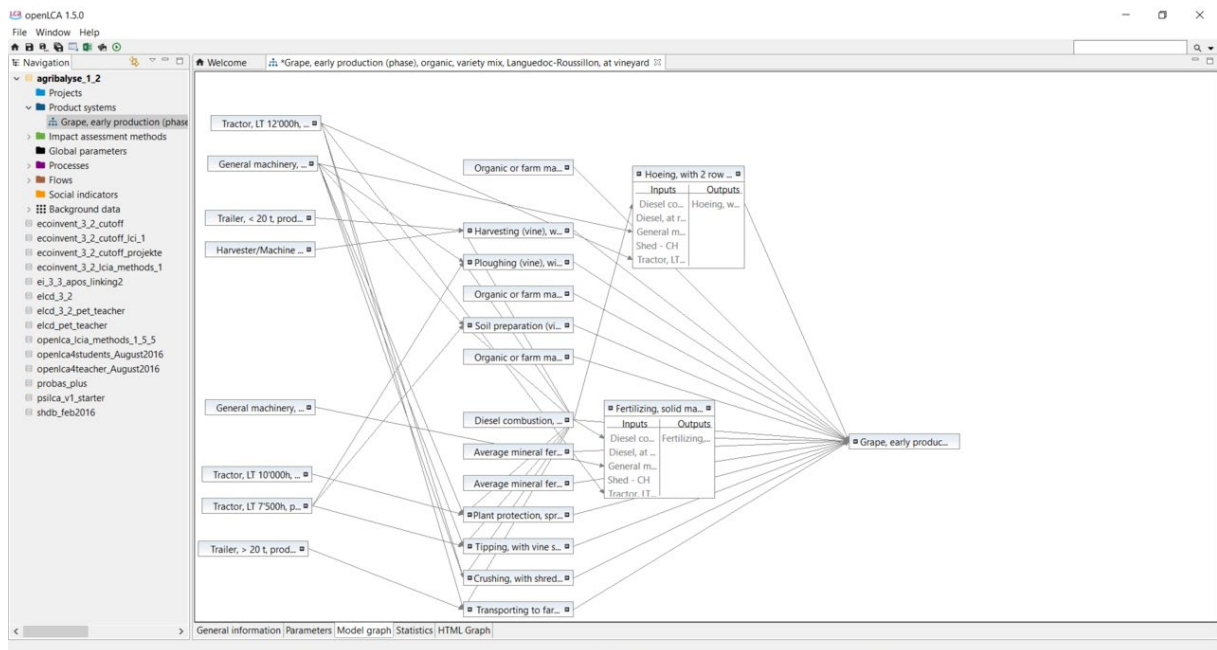
### **3.3.2.7 Εκπομπές που σχετίζονται με τη μεταφορά του προϊόντος**

Οι εκπομπές που σχετίζονται με τη μεταφορά υπολογίστηκαν μέσα από την κατανάλωση καυσίμων και τη χρήση των συντελεστών εκπομπών από τους (Hillier 2011: 1070-1078) και (FIVS INTERNATIONAL, 2016) για τα οχήματα που χρησιμοποιήθηκαν. Οι συντελεστές για τα καύσιμα περιλαμβάνουν τις εκπομπές από την καύση αλλά και την εξόρυξη/επεξεργασία του πετρελαίου.

## **3.4.3 Λογισμικό Open LCA**

Το openLCA (Διάγραμμα 3.2) είναι λογισμικό για την AKZ και είναι διαθέσιμο στο [www.openlca.org](http://www.openlca.org). Αναπτύχθηκε και συντηρείται από την GreenDelta στο Βερολίνο και χρησιμοποιείται από τη βιομηχανία, συμβούλους, ακαδημαϊκά και ερευνητικά ιδρύματα

παγκοσμίως. Αρχικά, η κύρια εφαρμογή του openLCA ήταν η (περιβαλλοντική) αξιολόγηση του κύκλου ζωής των προϊόντων. Αργότερα, το openLCA επεκτάθηκε για να επιτρέψει επίσης μοντέλα αξιολόγησης οικονομικού κύκλου ζωής, ειδικά σε συνδυασμό με AKZ, με τη μορφή κοστολόγησης κύκλου ζωής (Life Cycle Costing). Το OpenLCA, χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα για να υπολογιστούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας και του καυσίμου.



**Διάγραμμα 3.2** Το περιβάλλον εργασίας στο λογισμικό Open LCA

### 3.4.3.1 Βάσεις Agribalyse και Ecoinvent

Οι βάσεις Agribalyse (<https://doc.agribalyse.fr/documentation-en/>) και Ecoinvent (<https://ecoinvent.org/>), αξιοποιήθηκαν μέσω του λογισμικού OpenLCA για τους υπολογισμούς που σχετίζονται με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση του καυσίμου και της ηλεκτρικής ενέργειας στις τρεις καλλιέργειες που μελετήθηκαν. Περιλαμβάνουν όλα τα στάδια παραγωγής των προϊόντων αυτών (1 L diesel και 1 kWh ενέργειας παραγόμενης στην Κύπρο).

### 3.5 Επεξεργασία δεδομένων

Τα αποτελέσματα της συμπλήρωσης των ερωτηματολογίων (10 για το κολοκάσι και 9 για την πατάτα) τοποθετήθηκαν σε αρχεία excel. Υπολογίστηκε η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση της παραγωγής (π.χ., kg/ha), της χρήσης νερού και ηλεκτρικής ενέργειας και φτιάχτηκαν τα αντίστοιχα γραφήματα, επίσης στο excel. Επιπλέον, στην περίπτωση της πατάτας και του κολοκασιού, φτιάχτηκαν box-plots για την καλύτερη απεικόνιση των δεδομένων και των αποτελεσμάτων που σχετίζονται με τους περιβαλλοντικούς δείκτες. Επίσης με τη χρήση του excel φτιάχτηκαν τα γραφήματα (ραβδογράμματα και πίτες) για την απεικόνιση των αποτελεσμάτων της έρευνας.

# Κεφάλαιο 4

## Αποτελέσματα

### 4.1 Κύριες εισροές

Παρακάτω παρουσιάζονται οι εισροές για κάθε καλλιέργεια, με βάση τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τους παραγωγούς, αλλά και από το Ινστιτούτο Γεωργικών ερευνών στην περίπτωση του καρπουζιού.

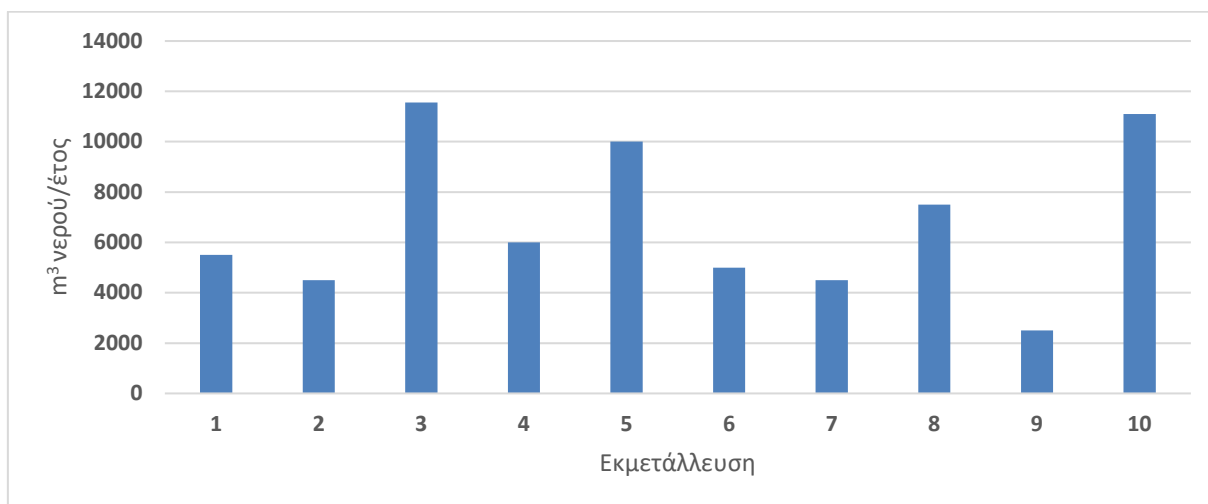
#### 4.1.1. Κολοκάσι

Η έκταση καθενός εκ των αγροτεμαχίων με κολοκάσι που συμμετείχαν στην έρευνα ήταν 1-7 δεκάρια και η μέση έκταση (τυπική απόκλιση) ήταν 4.2 (1.8) δεκάρια. Η παραγωγή ήταν 3667-5500 κιλά/δεκάριο και η μέση τιμή (τυπική απόκλιση) ήταν 4020 (774) κιλά/δεκάριο.

Τα εδάφη ήταν αργιλοπηλώδη, με την οργανική ουσία να είναι στο 2%, το pH ελαφρώς όξινο και η στράγγιση τους ικανοποιητική. Οι γεωργοί συνήθως εφαρμόζουν το λίπασμα 14-22-9 σε δόσεις 40-140 κιλά/δεκάριο καθώς και το λίπασμα 20-10-10, σε δόσεις 80-200 κιλά/δεκάριο. Συμπληρωματικά, εφαρμόζονται καλλιούχα λιπάσματα και ουρία, για την αύξηση των αποδόσεων.

Στο κολοκάσι, δεν εφαρμόζονται φυτοπροστατευτικά προϊόντα, στις ποσότητες τουλάχιστον που συναντώνται στην Κύπρο για τις άλλες καλλιέργειες. Συνήθως, πριν από την εγκατάσταση της φυτείας εφαρμόζονται ζιζανιοκτόνα. Σπανιότερα, χρησιμοποιούνται ακαρεοκτόνα και μυκητοκτόνα. Η μέση τιμή εφαρμογών φυτοφαρμάκων (τυπική απόκλιση) ήταν 1.5 (1.9). Κάθε δραστική ουσία θεωρείται ότι είναι μία εφαρμογή, για τις ανάγκες της συμπλήρωσης του εργαλείου CFT (Cool Farm Tool).

Στο Σχήμα 4.1 δίνεται η ποσότητα νερού ανά έτος για κάθε μία από τις δέκα εκμεταλλεύσεις (για το σύνολο της έκτασης) όπου συλλέχθηκαν στοιχεία. Η μέση κατανάλωση (τυπική απόκλιση) ανά ήταν 1675 (340) m<sup>3</sup>/δεκάριο ή mm ύψος νερού. Η ποσότητα αυτή, αντιστοιχεί περίπου σε 4 φορές τη μέση ετήσια βροχόπτωση στην Κύπρο.

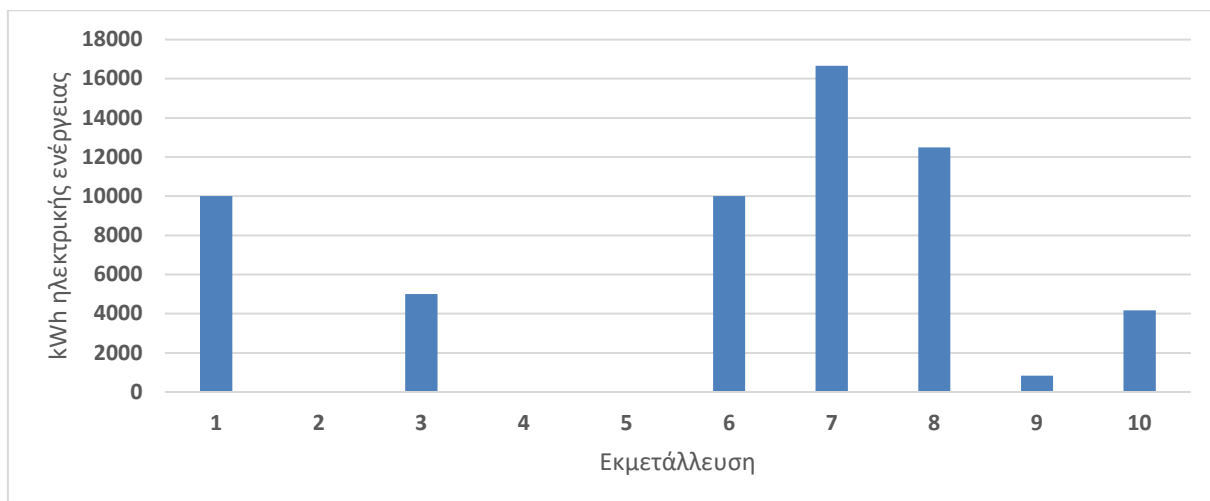


**Σχήμα 4.1.** Κατανάλωση αρδευτικού νερού στις εκμεταλλεύσεις που συμμετείχαν στην έρευνα

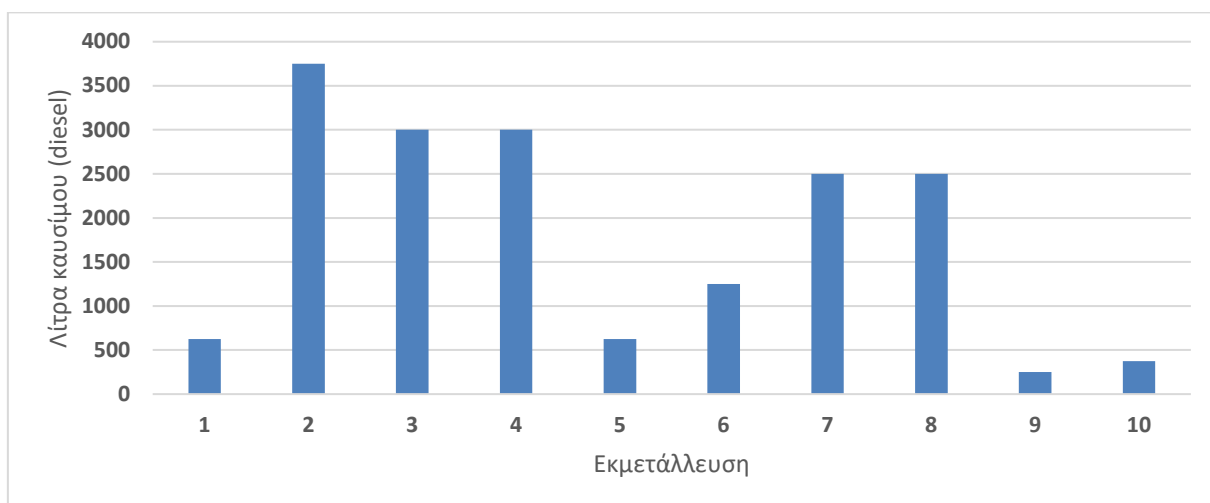
Η προσθήκη κοπριάς δεν είναι πρακτική που συνηθίζεται και αποφεύγεται για την αποφυγή εισαγωγής σπόρων ζιζανίων στο χωράφι. Ιδιαίτερα αυξημένη είναι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και πετρελαίου για την άρδευση και για τη μηχανική κατεργασία, αλλά και τις μεταφορές και μετακινήσεις.

Στο Σχήμα 4.2 δίνεται η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και πετρελαίου στις εκμεταλλεύσεις με κολοκάσι που συμμετείχαν στην έρευνα. Οι μέσες τιμές (τυπική απόκλιση) για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και καυσίμου ήταν 1613 (1830) kWh/δεκάριο και 470 (375) L/δεκάριο, αντίστοιχα.





**Σχήμα 4.2.** Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στις εκμεταλλεύσεις που συμμετείχαν στην έρευνα.



**Σχήμα 4.3.** Κατανάλωση καυσίμου στις εκμεταλλεύσεις που συμμετείχαν στην έρευνα.

#### 4.1.2. Πατάτα

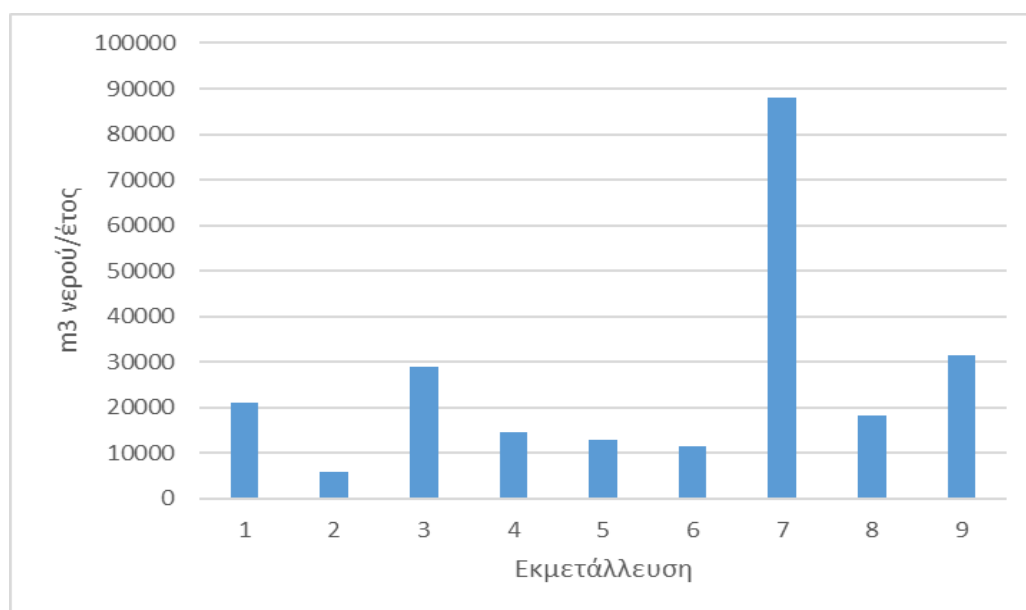
Η έκταση των αγροτεμαχίων με πατάτα που συμμετείχαν στην έρευνα ήταν 10-110 δεκάρια και η μέση έκταση (τυπική απόκλιση) ήταν 36.44 (30.59) δεκάρια. Η παραγωγή ήταν 1800-5000 κιλά/δεκάριο και η μέση τιμή (τυπική απόκλιση) ήταν 3608.32 (914.73) κιλά/δεκάριο.

Τα εδάφη ήταν αργιλοπηλώδη, με την οργανική ουσία να είναι στο 2%, το pH ελαφρώς όξινο και η στράγγιση τους ικανοποιητική. Οι γεωργοί συνήθως εφαρμόζουν το λίπασμα 14-22-9 σε δόσεις 25-200 κιλά/δεκάριο καθώς και το λίπασμα 15-15-15, σε δόσεις 100 κιλά/δεκάριο. Συμπληρωματικά, εφαρμόζονται καλλιούχα λιπάσματα και ουρία, για την

αύξηση των αποδόσεων, που πολλές φορές μπαίνουν μαζί με την άρδευση (υδρολίπανση).

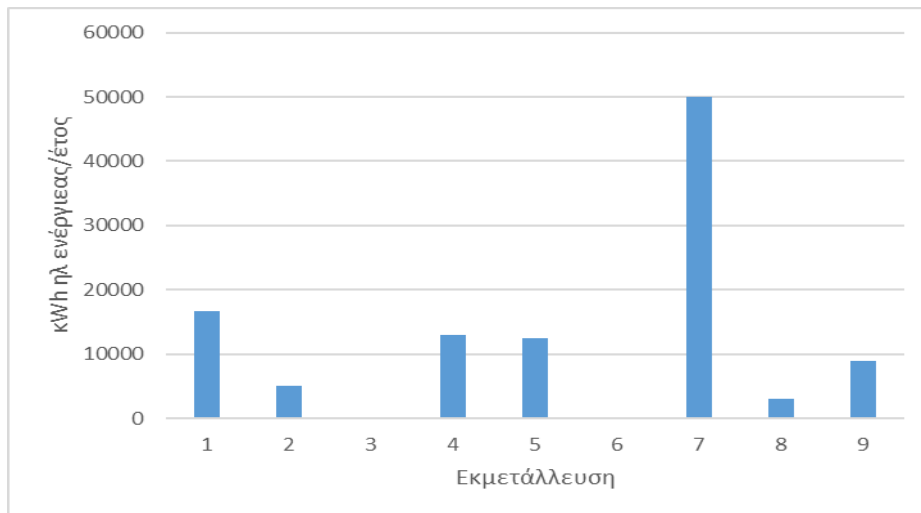
Στην πατάτα εφαρμόζονται διάφορα φυτοπροστατευτικά προϊόντα. Συνήθως, πριν από την εγκατάσταση της φυτείας εφαρμόζονται ζιζανιοκτόνα. Χρησιμοποιούνται ακαρεοκτόνα και μυκητοκτόνα. Η μέση τιμή εφαρμογών φυτοφαρμάκων (τυπική απόκλιση) ήταν 4.3 (1.1). Κάθε δραστική ουσία θεωρείται ότι είναι μία εφαρμογή, για τις ανάγκες της συμπλήρωσης του εργαλείου CFT.

Στο Σχήμα 4.4 δίνεται η ποσότητα νερού ανά έτος για κάθε μία από τις δέκα εκμεταλλεύσεις όπου συλλέχθηκαν στοιχεία. Η μέση κατανάλωση (τυπική απόκλιση) ήταν 684,44 (85,31) m<sup>3</sup>/δεκάριο ή mm νερού. Η ποσότητα αυτή, αντιστοιχεί περίπου σε 1.5 φορά τη μέση ετήσια βροχόπτωση στην Κύπρο.

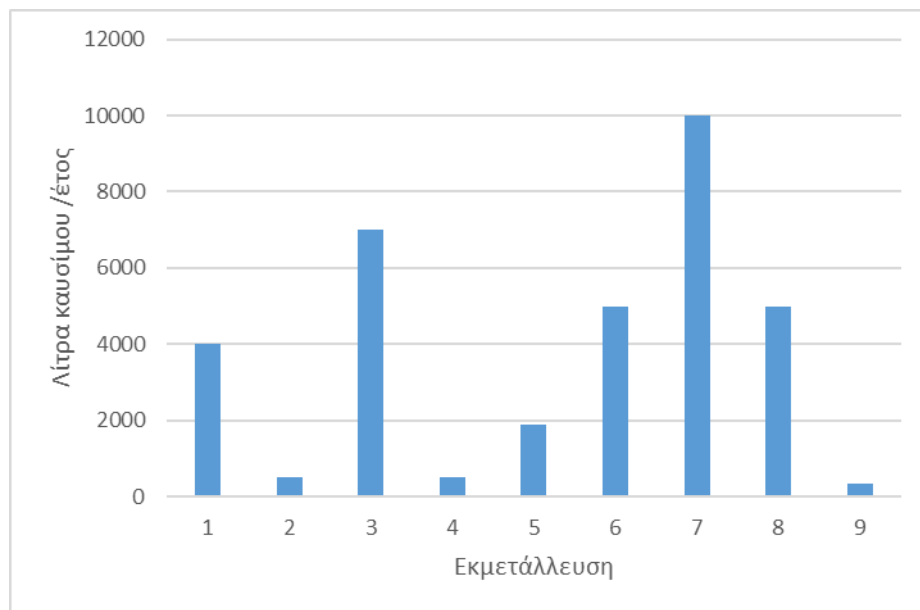


**Σχήμα 4.4.** Κατανάλωση αρδευτικού νερού στις εκμεταλλεύσεις που συμμετείχαν στην έρευνα.

Η προσθήκη κοπριάς δεν είναι πρακτική που συνηθίζεται και αποφεύγεται για την μη μπουν σπόροι ζιζανίων στο χωράφι. Ιδιαίτερα αυξημένη είναι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και πετρελαίου για την άρδευση και για τη μηχανική κατεργασία, αλλά και τις μεταφορές και μετακινήσεις. Στα σχήματα 4.5 και 4.6 δίνεται η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και πετρελαίου στις εκμεταλλεύσεις με πατάτα που συμμετείχαν στην έρευνα. Οι μέσες τιμές (τυπική απόκλιση) για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και καυσίμου ήταν 342.31 (268.11) kWh/δεκάριο και 119.77 (99.84) L/δεκάριο, αντίστοιχα.



**Σχήμα 4.5.** Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στις εκμεταλλεύσεις που συμμετείχαν στην έρευνα.



**Σχήμα 4.6.** Κατανάλωση καυσίμου στις εκμεταλλεύσεις που συμμετείχαν στην έρευνα.

### 4.1.3 Καρπούζι

Η εκτίμηση για τις εισροές και τις εκροές για την καλλιέργεια του καρπουζιού (Πίνακας 4.1), βασίστηκε σε στοιχεία από το Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών και το Τμήμα Γεωργίας, καθώς δεν παρατηρήθηκε η ανάλογη ανταπόκριση από τους παραγωγούς για την παραχώρηση στοιχείων, όπως έγινε με αυτές της πατάτας και του κολοकाσιού.

**Πίνακας 4.1.** Στοιχεία για την καλλιέργεια του καρπουζιού (Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών)

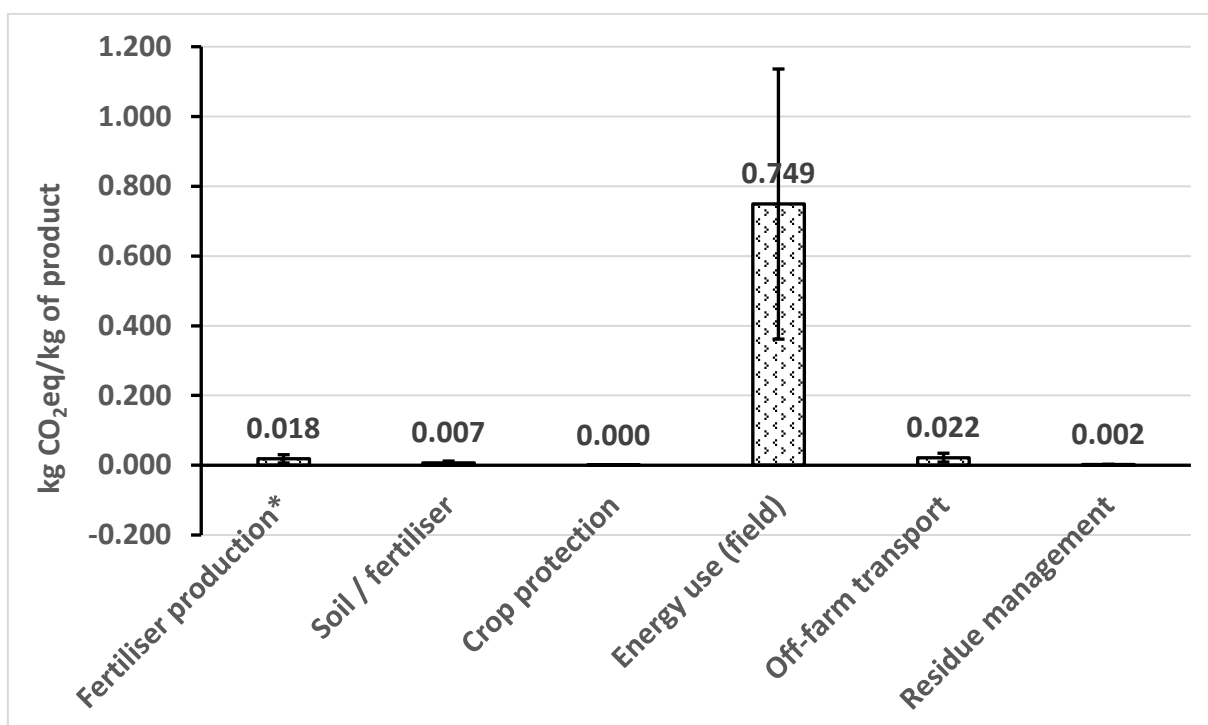
<b>Παράμετρος</b>	<b>Ποσότητα</b>	<b>Σχόλια</b>
Παραγωγή	60 τόνοι/εκτάριο	-
Υπολείμματα καλλιέργειας	1.07 τόνοι/εκτάριο	Ενσωμάτωση
Έδαφος	-	Πηλώδες με καλή στράγγιση και οργανική ουσία >2%
Λίπανση	20-10-10 300 kg/ha και 100/40/110 g NPK υδατοδιαλυτό ανά m <sup>3</sup> νερού	
Φυτοπροστασία	3 kg/ha εφαρμογή εντομοκτόνων/ακαρεοκτόνων (90% δραστική ουσία) 2 kg/ha εφαρμογή μυκητοκτόνων (80% δραστική ουσία)	Αντιμετώπιση της αφίδας (ψώρας), του αλευρώδη και του ωιδίου (στάχτης) πριν τη μεταφύτευση και αμέσως μετά την εγκατάσταση στο χωράφι.
Άρδευση	5100 m <sup>3</sup> /ha στάγδην ή με μικροκαταιονισμό	Απρίλης 150, Μάης 700, Ιούνης 1650, Ιούλης 2000, Αύγουστος 600.
Ηλεκτρική ενέργεια	2500 kWh / ha / έτος	Για άρδευση (άντληση και διανομή νερού)
Πετρέλαιο	2000 L / ha / έτος	Για καλλιέργεια εδάφους (όργωμα, 2 φρεζαρίσματα) και μεταφορές.

## 4.2 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα

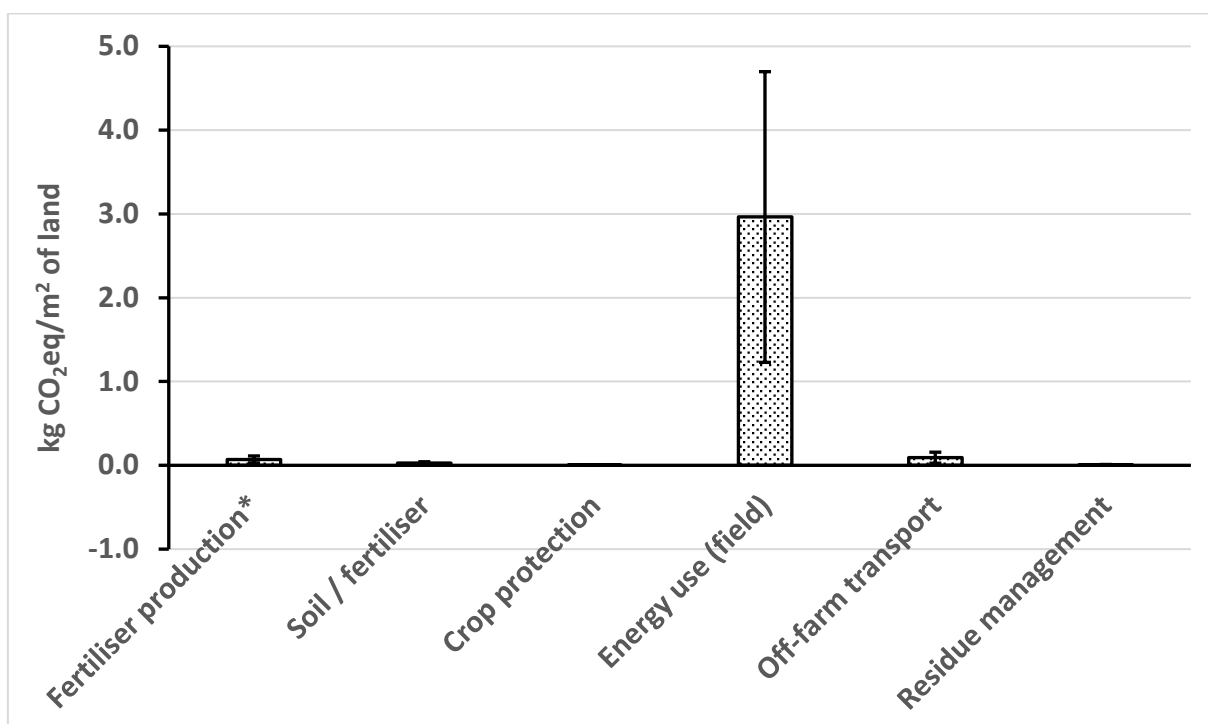
### 4.2.1. Κολοκάσι

Στα Σχήματα 4.7 και 4.8, δίνονται οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, σε ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>-eq), ανά κιλό προϊόντος και ανά m<sup>2</sup> γης, αντίστοιχα, και για τις εξής κατηγορίες: 1) παραγωγή λιπασμάτων, 2) εκπομπές από το έδαφος (εξαιτίας της

χρήσης λιπασμάτων), 3) παραγωγή και χρήση φυτοπροστατευτικών προϊόντων, 4) χρήση ενέργειας, 5) μεταφορές, 6) διαχείριση φυτικών υπολειμμάτων.



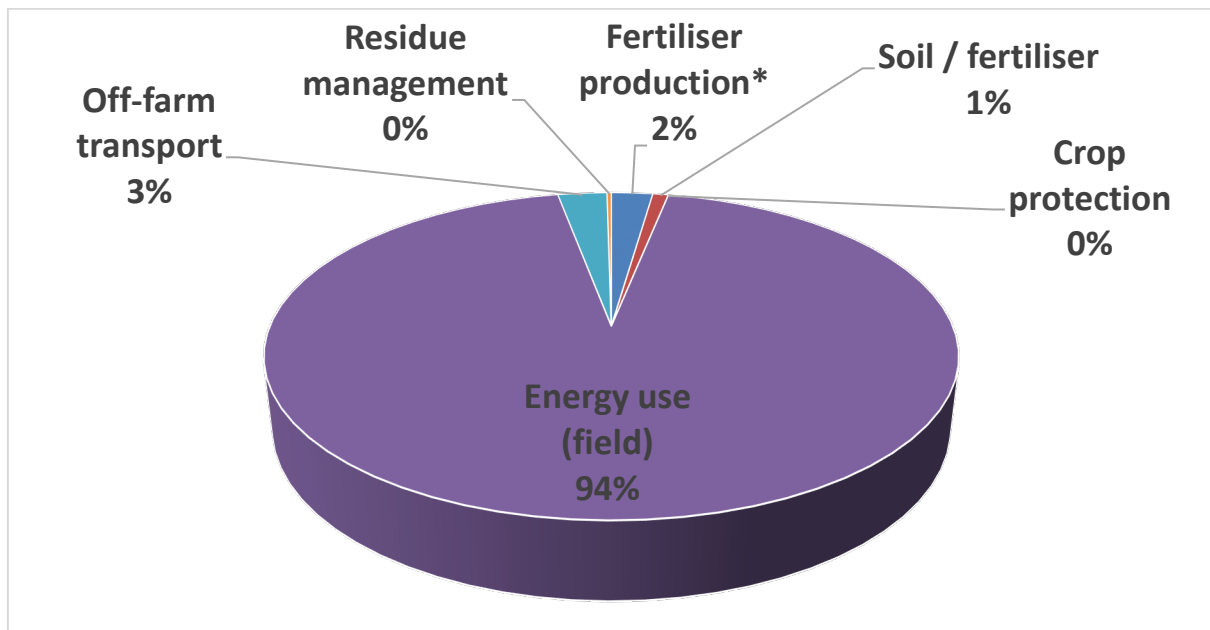
Σχήμα 4.7. Εμπομπές CO<sub>2</sub> eq/kg προϊόντος.



Σχήμα 4.8. Εμπομπές CO<sub>2</sub> eq/m<sup>2</sup> προϊόντος.

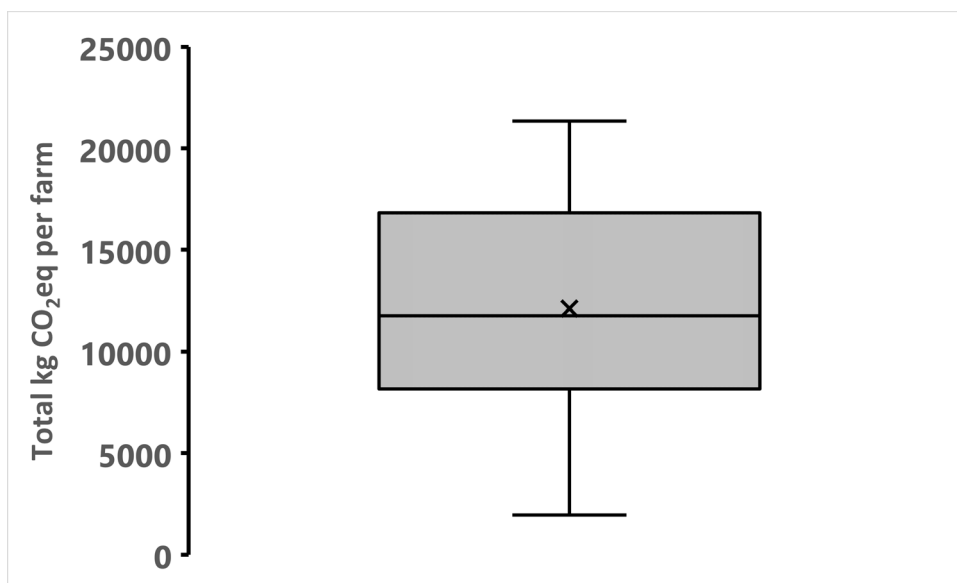
Στο Σχήμα 4.9, δίνεται η ποσοστιαία συμβολή κάθε παράγοντα, στη διαμόρφωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά την καλλιέργεια του κολοκασιού. Το γράφημα

αποτελεί και την ανάλυση «καυτών σημείων» (hotspots analysis) για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και δείχνει τη στόχευση για να επιτευχθεί μείωση.

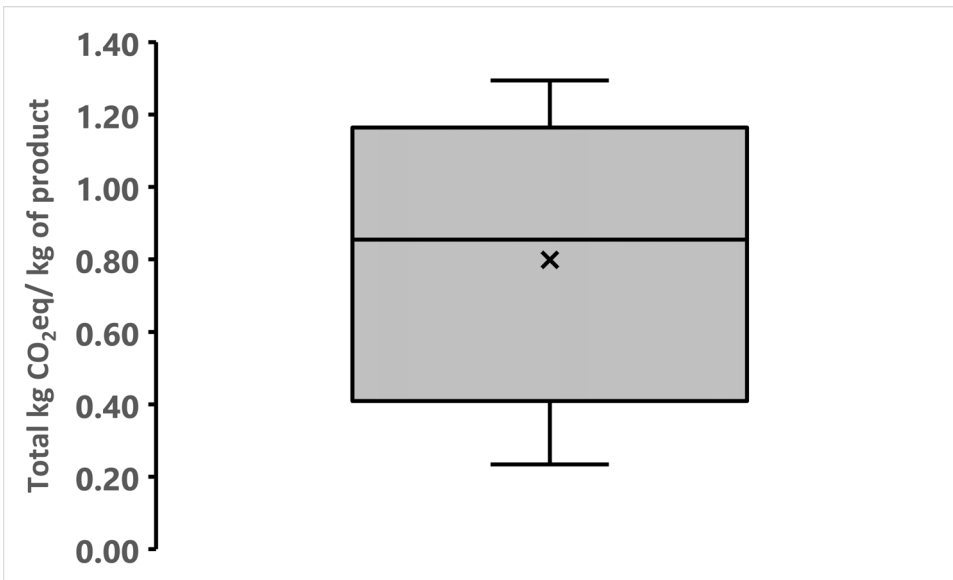


**Σχήμα 4.9.** Συνεισφορά των διαφόρων εισροών στη διαμόρφωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από την καλλιέργεια του κολοκασιού.

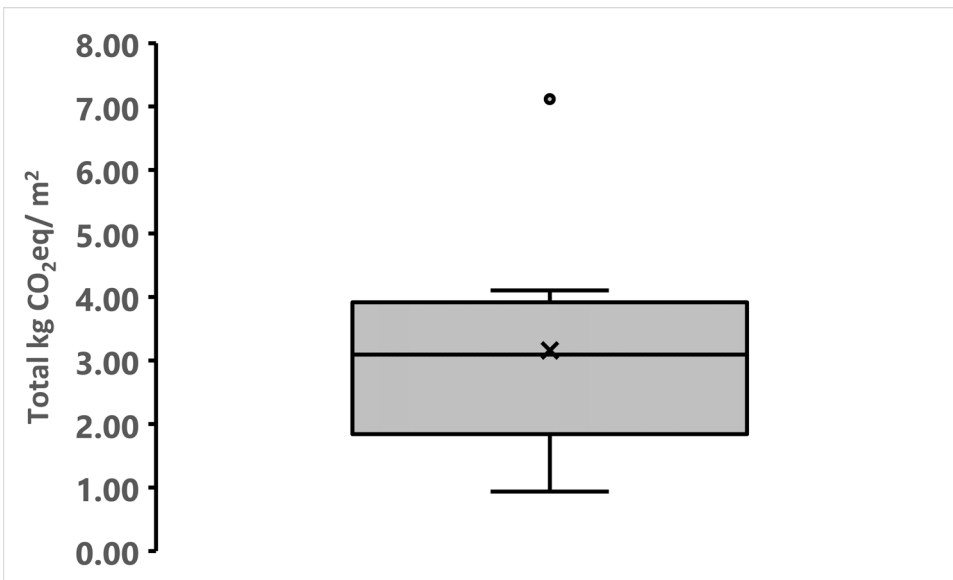
Στα Σχήματα 4.10, 4.11 και 4.12 δίνεται η συνολική εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου, για τις εκμεταλλεύσεις που μελετήθηκαν (n=10) καθώς και ανά κιλό παραγόμενου προϊόντος και ανά τετραγωνικό μέτρο έκτασης γης.



**Σχήμα 4.10.** Συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε επίπεδο εκμετάλλευσης (n=10)

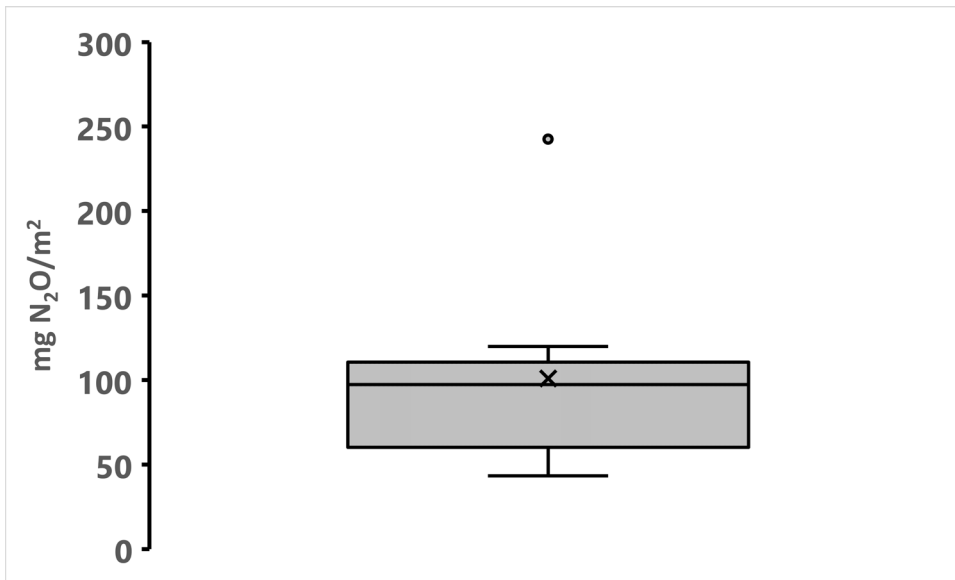


**Σχήμα 4.11.** Συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά κιλό προϊόντος (n=10)



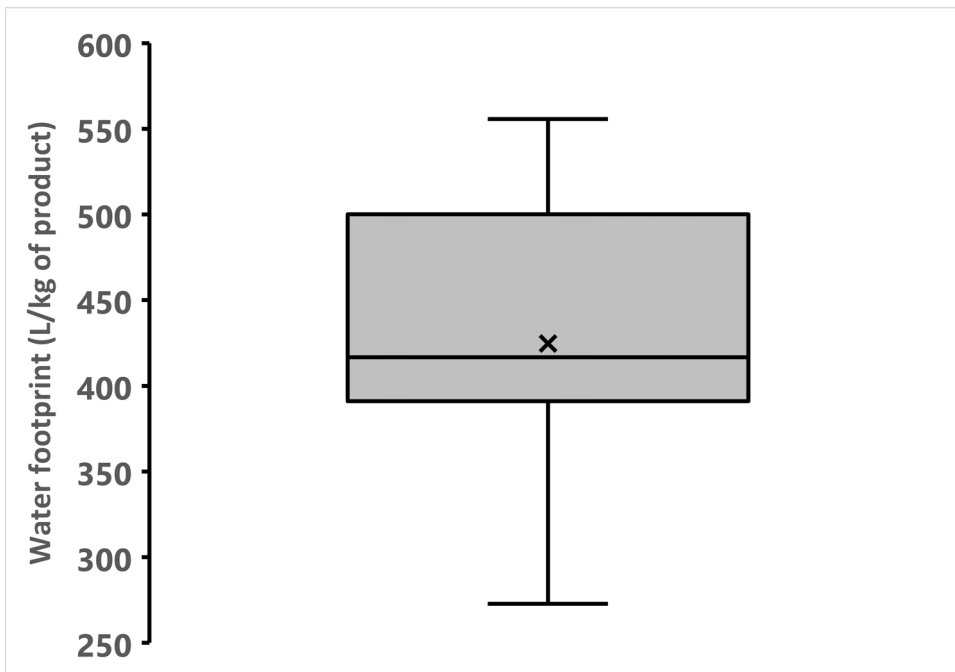
**Σχήμα 4.12.** Συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά τετραγωνικό μέτρο γης (n=10)

Τέλος, στο Σχήμα 4.13, δίνεται η εκπομπή του αερίου N<sub>2</sub>O (υποξείδιο του αζώτου), από τη γεωργική γη εξαιτίας της χρήσης των αζωτούχων λιπασμάτων.



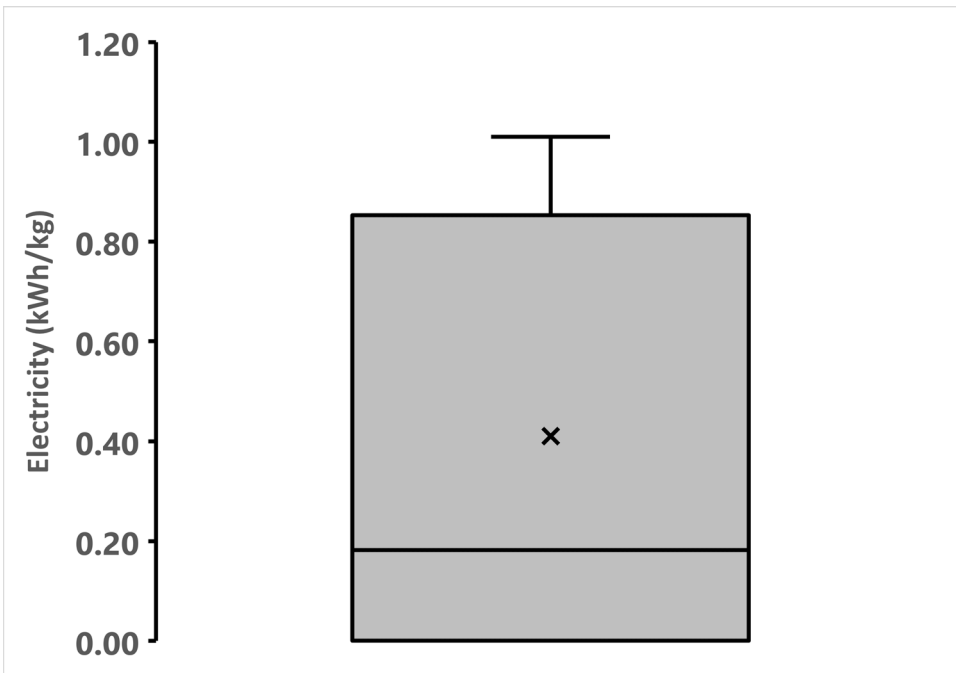
**Σχήμα 4.13.** Εκπομπές N<sub>2</sub>O, εξαιτίας της χρήσης αζωτούχων λιπασμάτων (n=10)

Πέραν των δεικτών που σχετίζονται με το αποτύπωμα άνθρακα των προϊόντων (CO<sub>2</sub>eq, N<sub>2</sub>O), υπολογίστηκαν το αποτύπωμα νερού (αρδευτικό νερό), η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και καυσίμου καθώς και η ένταση και η παραγωγικότητα της χρήσης της ενέργειας, που δίνονται στα Σχήματα 4.14, 4.15, 4.16, 4.17 και 4.18, παρακάτω.

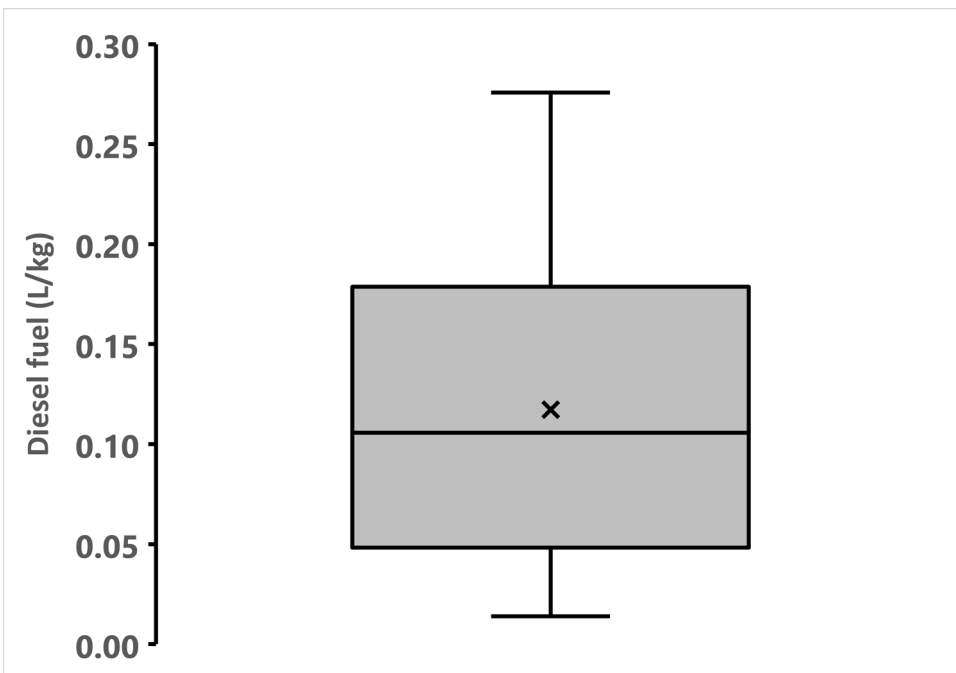


**Σχήμα 4.14.** Αποτύπωμα (αρδευτικού) νερού στο κολοκάσι (n=10)

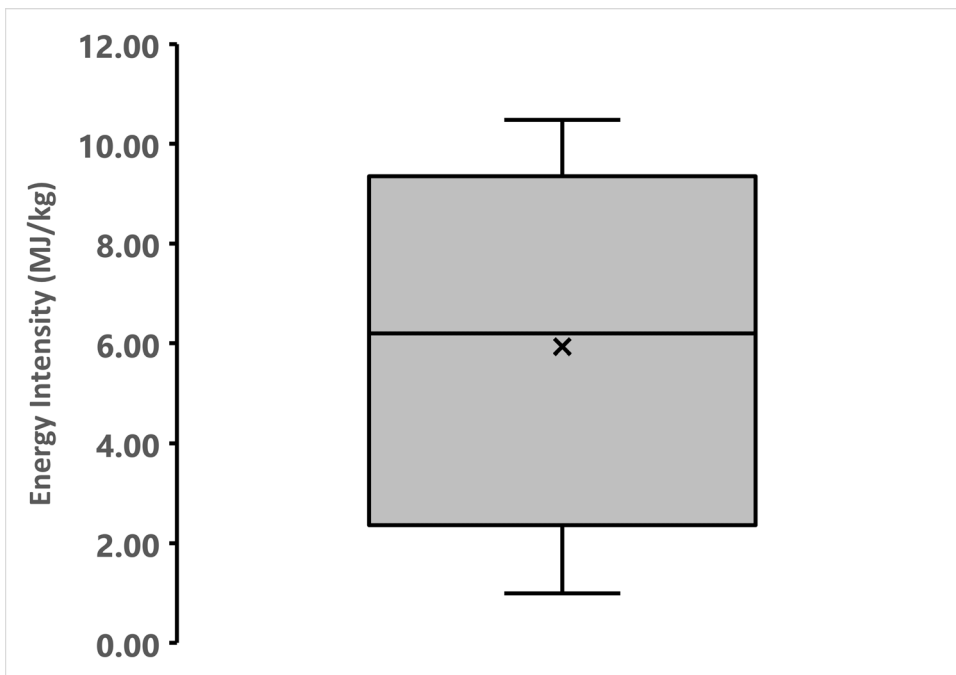




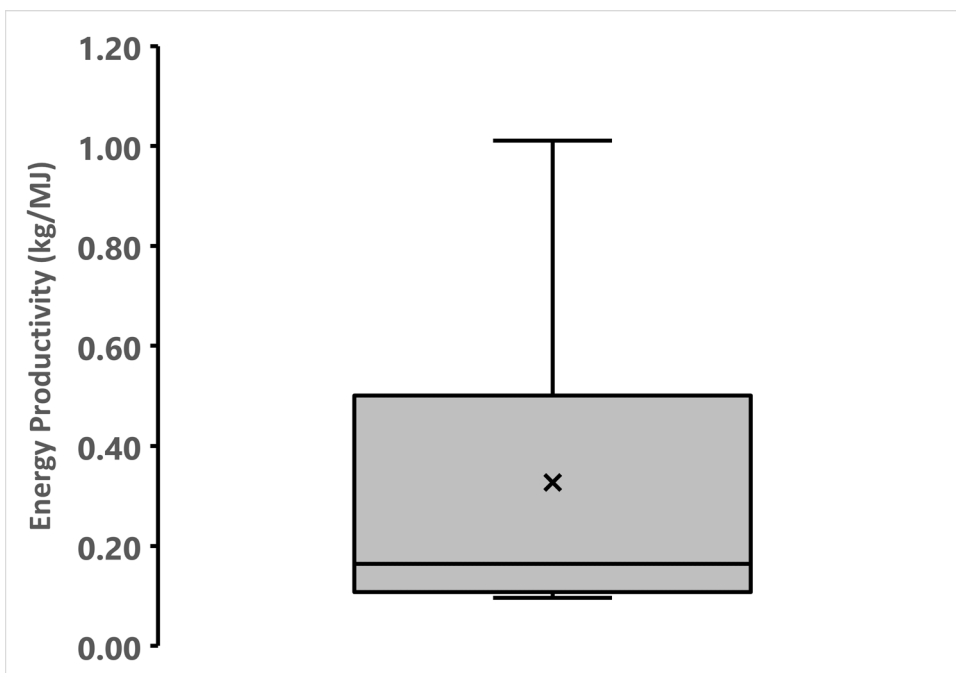
Σχήμα 4.15. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (n=10)



Σχήμα 4.16. Κατανάλωση πετρελαίου κίνησης (n=10)



Σχήμα 4.17. Ένταση ενέργειας (MJ/kg) (n=10)

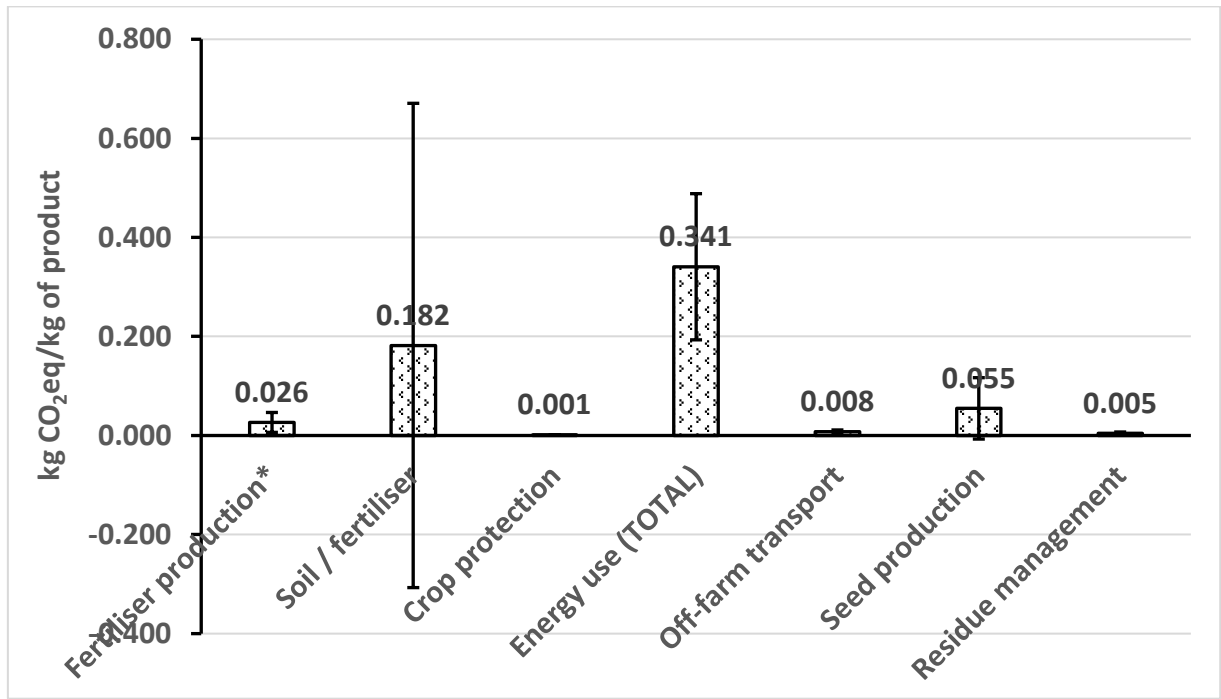


Σχήμα 4.18. Παραγωγικότητα ενέργειας (kg/MJ) (n=10)

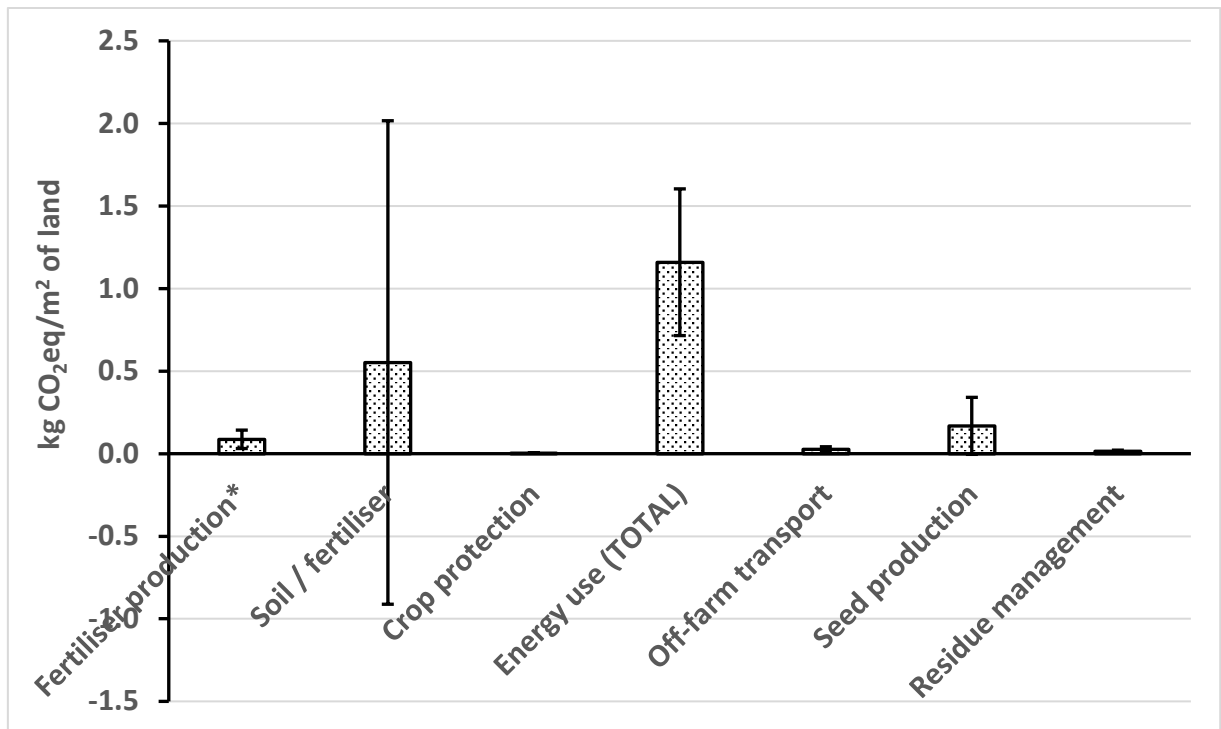
#### 4.2.2. Πατάτα

Στα Σχήματα 4.19 και 4.20, δίνονται οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, σε ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>-eq), ανά κιλό προϊόντος και ανά m<sup>2</sup> γης, αντίστοιχα, και για

τις εξής κατηγορίες: 1) παραγωγή λιπασμάτων, 2) εκπομπές από το έδαφος (εξαιτίας της χρήσης λιπασμάτων), 3) παραγωγή και χρήση φυτοπροστατευτικών προϊόντων, 4) χρήση ενέργειας, 5) μεταφορές, 6) παραγωγή του πατατόσπορου και 7) διαχείριση φυτικών υπολειμμάτων.

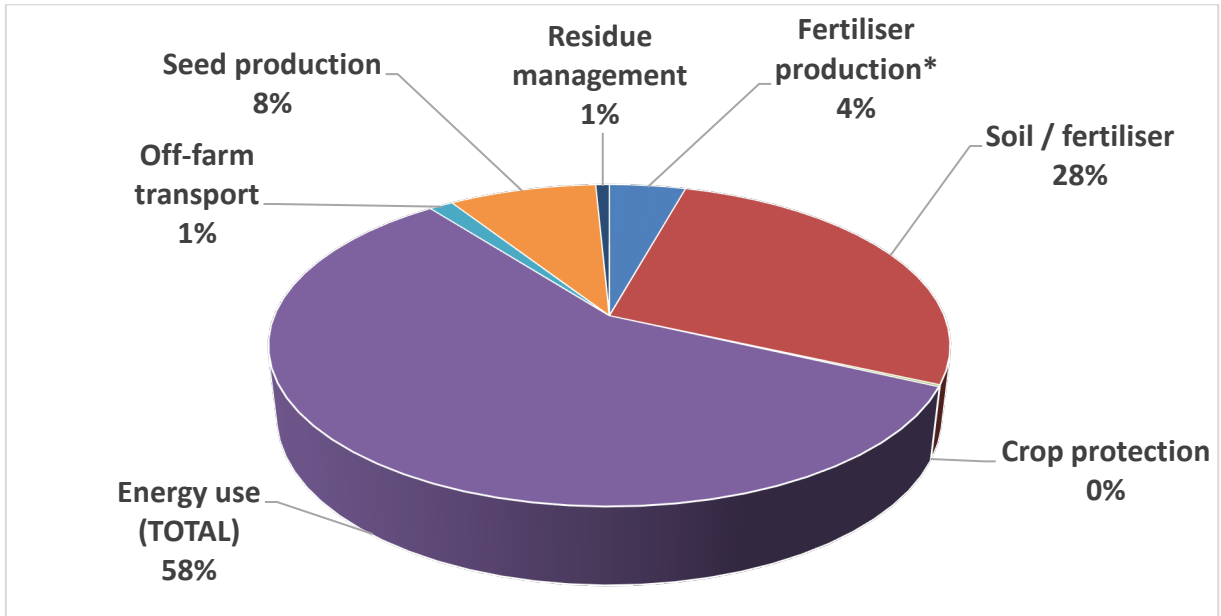


Σχήμα 4.19. Εκπομπές CO<sub>2</sub> eq/kg προϊόντος.



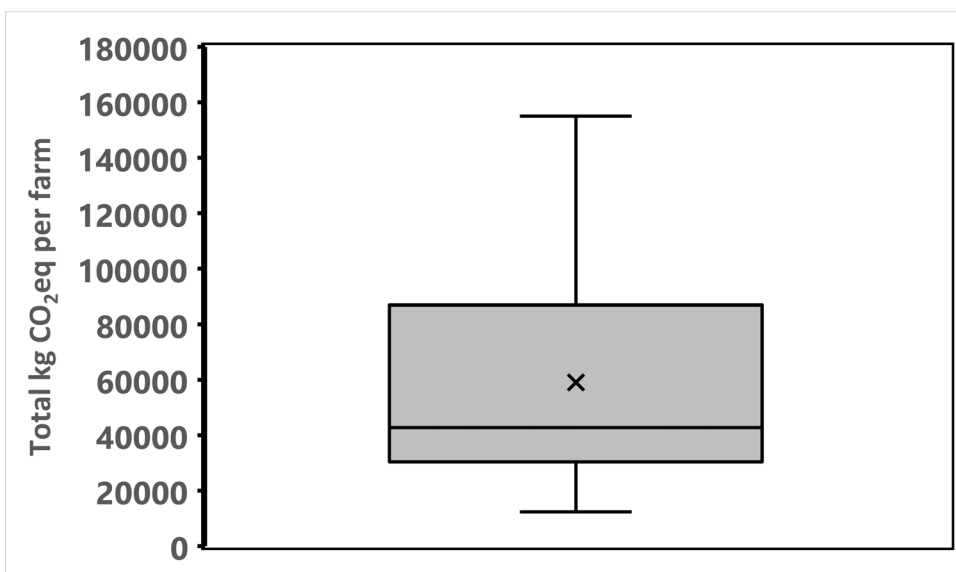
Σχήμα 4.20. Εμπομπές CO<sub>2</sub> eq/m<sup>2</sup> προϊόντος.

Στο Σχήμα 4.21, δίνεται η ποσοστιαία συμβολή κάθε παράγοντα, στη διαμόρφωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά την καλλιέργεια της πατάτας. Το γράφημα αποτελεί και την ανάλυση «καυτών σημείων» (hotspots analysis) για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και δείχνει τη στόχευση για να επιτευχθεί μείωση.

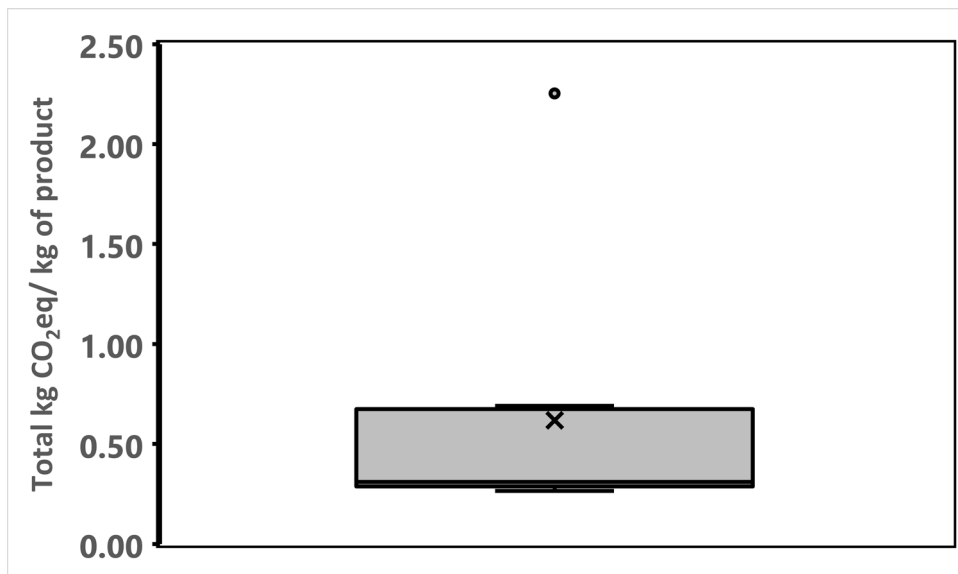


**Σχήμα 4.21.** Συνεισφορά των διαφόρων εισροών στη διαμόρφωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από την καλλιέργεια της πατάτας.

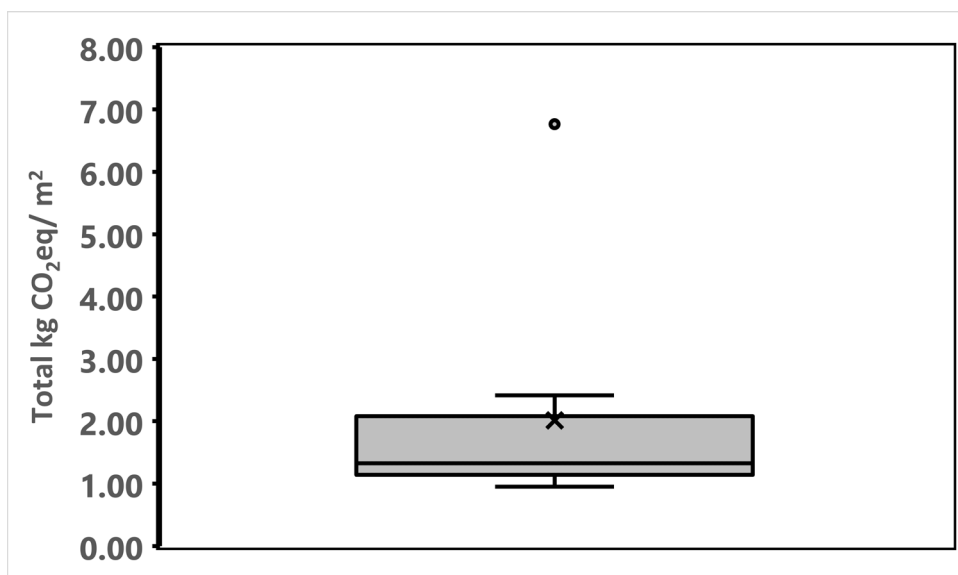
Στα Σχήματα 4.22, 4.23 και 4.24 δίνεται η συνολική εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου, για τις εκμεταλλεύσεις που μελετήθηκαν (n=10) καθώς και ανά κιλό παραγόμενου προϊόντος και ανά τετραγωνικό μέτρο έκτασης γης.



**Σχήμα 4.22.** Συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε επίπεδο εκμετάλλευσης (n=9)

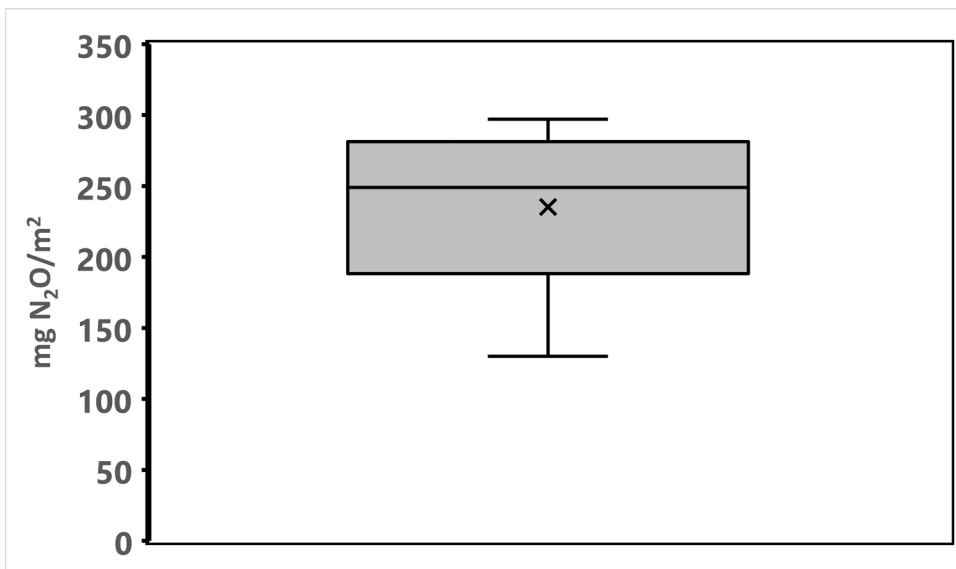


**Σχήμα 4.23.** Συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά κιλό προϊόντος (n=9)



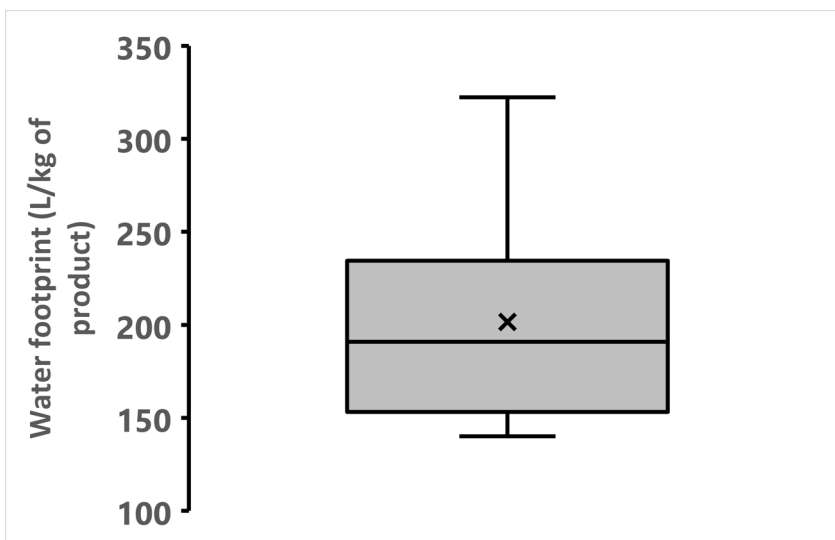
**Σχήμα 4.24.** Συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά τετραγωνικό μέτρο γης (n=9)

Τέλος, στο Σχήμα 4.25, δίνεται η εκπομπή του αερίου N<sub>2</sub>O (υποξείδιο του αζώτου), από τη γεωργική γη εξαιτίας της χρήσης των αζωτούχων λιπασμάτων.

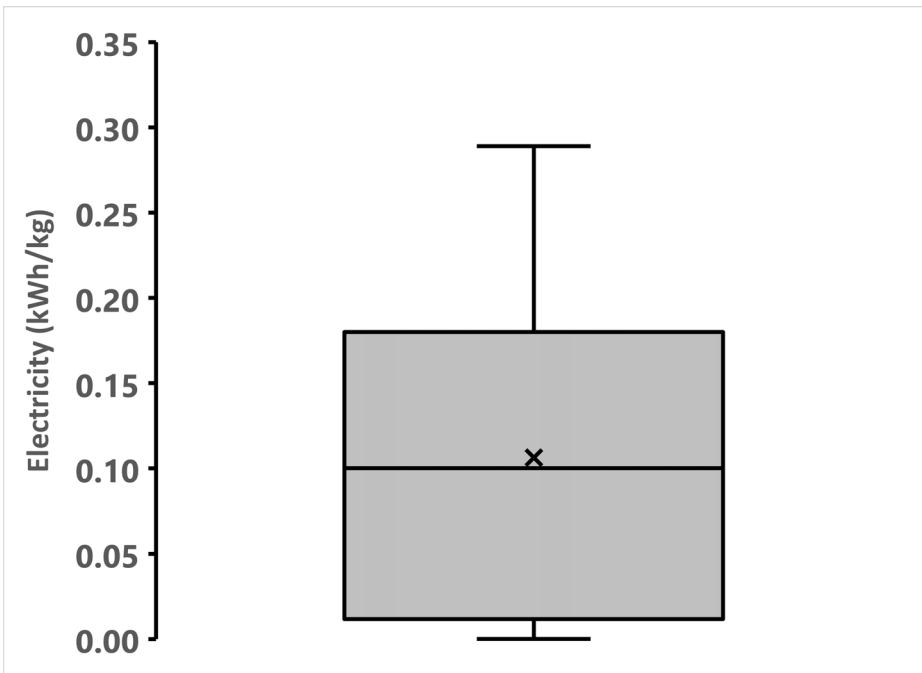


**Σχήμα 4.25.** Εκπομπές N<sub>2</sub>O, εξαιτίας της χρήσης αζωτούχων λιπασμάτων (n=9)

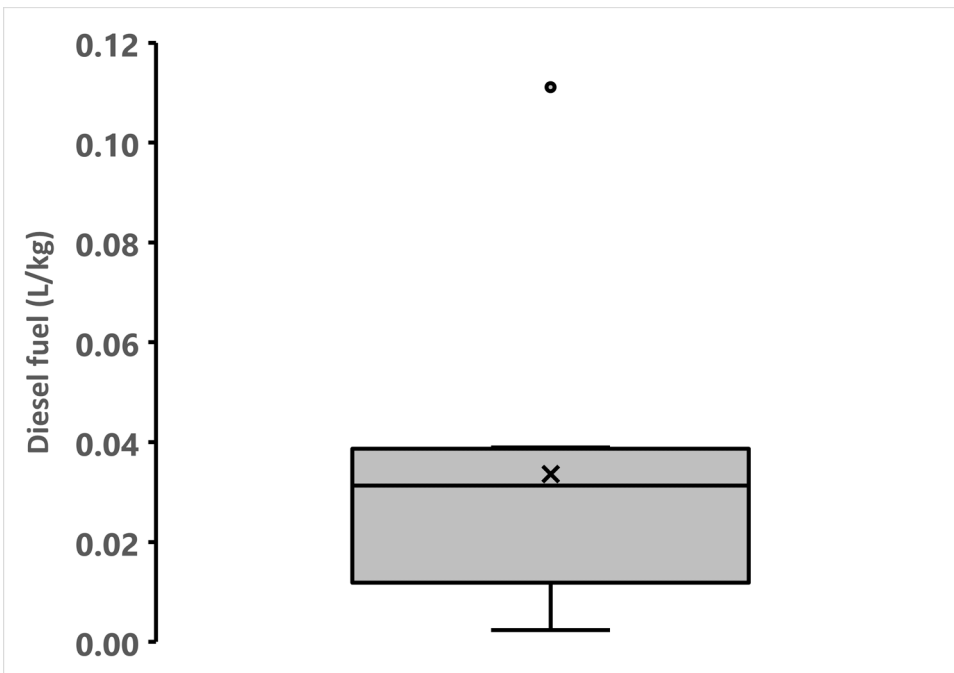
Πέραν των δεικτών που σχετίζονται με το αποτύπωμα άνθρακα των προϊόντων (CO<sub>2</sub>eq, N<sub>2</sub>O), υπολογίστηκαν το αποτύπωμα νερού (αρδευτικό νερό), η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και καυσίμου καθώς και η ένταση και η παραγωγικότητα της χρήσης της ενέργειας, που δίνονται στα Σχήματα 4.26, 4.27, 4.28, 4.29 και 4.30, παρακάτω.



**Σχήμα 3.26.** Αποτύπωμα (αρδευτικού) νερού στο κολοκάσι (n=9)



Σχήμα 4.27. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (n=9)

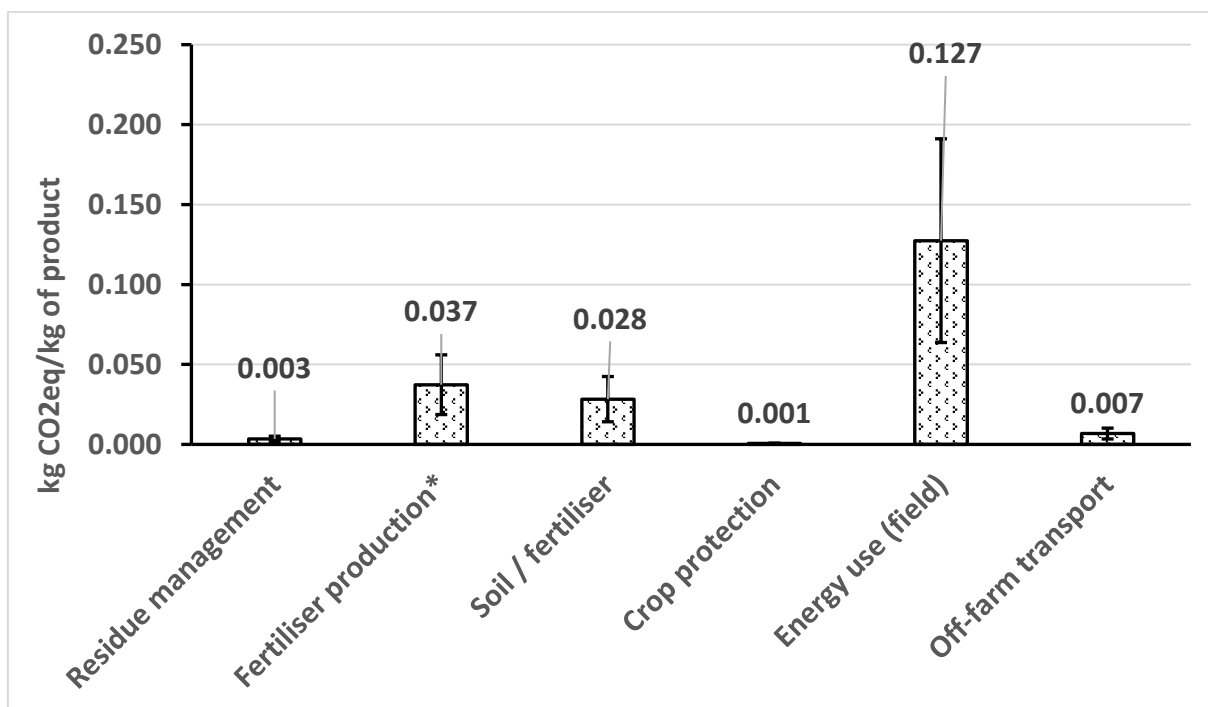


Σχήμα 4.28. Κατανάλωση πετρελαίου κίνησης (n=9)

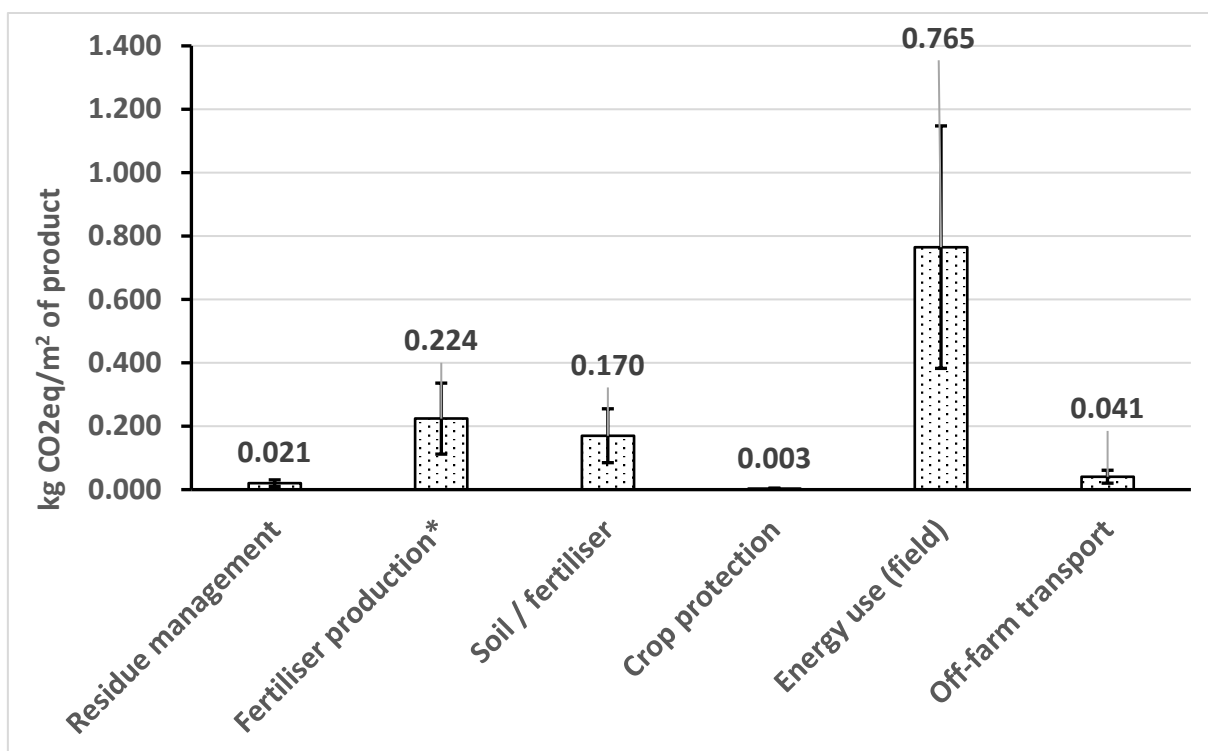




χρήσης λιπασμάτων), 3) παραγωγή και χρήση φυτοπροστατευτικών προϊόντων, 4) χρήση ενέργειας, 5) μεταφορές, 6) διαχείριση φυτικών υπολειμμάτων.

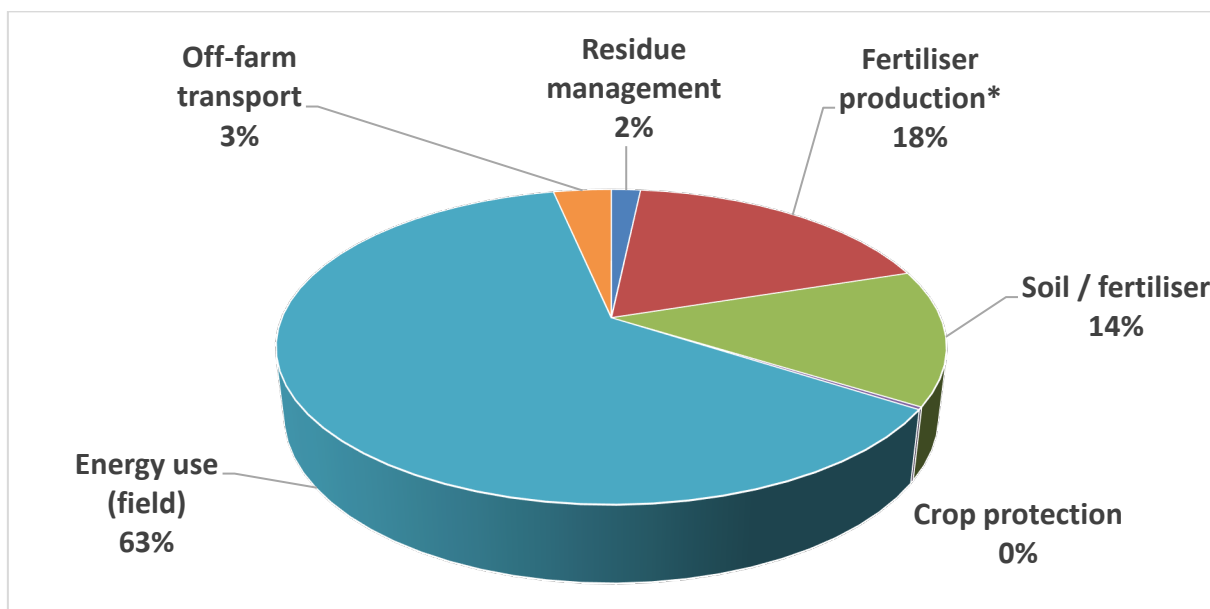


**Σχήμα 4.31.** Εκπομπές CO<sub>2</sub> eq/kg προϊόντος (Οι γραμμές σφάλματος αντιστοιχούν στο 50% της τιμής για κάθε παράμετρο).



**Σχήμα 4.32.** Εκπομπές CO<sub>2</sub> eq/m<sup>2</sup> προϊόντος (Οι γραμμές σφάλματος αντιστοιχούν στο 50% της τιμής για κάθε παράμετρο).

Στο Σχήμα 4.33, δίνεται η ποσοστιαία συμβολή κάθε παράγοντα, στη διαμόρφωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά την καλλιέργεια του καρπουζιού. Το γράφημα αποτελεί και την ανάλυση «καυτών σημείων» (hotspots analysis) για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και δείχνει τη στόχευση για να επιτευχθεί μείωση.



**Σχήμα 4.33.** Συνεισφορά των διαφόρων εισροών στη διαμόρφωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από την καλλιέργεια του καρπουζιού.

Στον Πίνακα 4.2, δίνονται οι τιμές των δεικτών για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του καρπουζιού, που αφορούν στη χρήση του νερού και της ενέργειας καθώς και η παραγωγή ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ).

**Πίνακας 4.2.** Δείκτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων για το νερό και την ενέργεια για την καλλιέργεια του καρπουζιού.

<b>WF</b> <b>(L/kg)</b>	<b>EI</b> <b>(MJ/kg)</b>	<b>EP</b> <b>(kg/MJ)</b>	<b>Diesel</b> <b>(L/kg)</b>	<b>Energy</b> <b>(kWh/kg)</b>	<b>Yield</b> <b>(kg/m<sup>2</sup>)</b>
85	1.417	0.706	0.033	0.033	0.042

Τέλος, οι εκπομπές  $\text{N}_2\text{O}$  από το έδαφος ως αποτέλεσμα της χρήσης των αζωτούχων λιπασμάτων υπολογίστηκαν σε  $697 \text{ mg}/\text{m}^2$ .

### 4.3 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα (ενέργεια)

Στον Πίνακα 4.3, δίνεται η χρήση ενέργειας και καυσίμου για τις 3 καλλιέργειες που μελετήθηκαν ενώ στους Πίνακες 4.4 και 4.5 δίνεται το περιβαλλοντικό αποτύπωμα από τη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας και του καυσίμου.

**Πίνακας 4.3.** Χρήση ενέργειας και καυσίμου στις καλλιέργειες κολοकाσιού, πατάτας και καρπούζιού

	<b>Κολοκάσι</b>	<b>Πατάτα</b>	<b>Καρπούζι</b>
<b>Ηλεκτρική ενέργεια (kWh/ha)</b>	16130	3423	2500
<b>Καύσιμο (L/ha)</b>	4700	1198	2000

**Πίνακας 4.4.** Περιβαλλοντικό αποτύπωμα για τη χρήση 1 kWh ηλεκτρικής ενέργειας (παραγόμενης στην Κύπρο)

<b>Environmental impact indicator</b>	<b>Unit</b>	<b>Value</b>
Acidification	mol H+ eq	0.006
Climate change	kg CO2 eq	0.871
Climate change-Biogenic	kg CO2 eq	1.03E-05
Climate change-Fossil	kg CO2 eq	0.871
Climate change-Land use and land use change	kg CO2 eq	1.49E-05
Eutrophication marine	kg N eq	0.0005
Eutrophication, freshwater	kg P eq	1.69E-07
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	0.0057
Ionising radiation, human health	kBq U-235 eq	0.0003
Ozone depletion	kg CFC11 eq	1.5E-13
Photochemical ozone formation - human health	kg NMVOC eq	0.0018
Resource use, fossils	MJ	10.708
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	4.99E-08
Water use	m3 depriv.	0.0661

**Πίνακας 4.5.** Περιβαλλοντικό αποτύπωμα για τη χρήση 1 kg diesel (=1.1765 L) σε μηχανή εσωτερικής καύσης

<b>Environmental impact indicator</b>	<b>Unit</b>	<b>Value</b>
Acidification	mol H+ eq	0.029
Climate change	kg CO2 eq	3.801
Climate change – biogenic	kg CO2 eq	0.000
Climate change – fossil	kg CO2 eq	3.800
Climate change - land use and transform.	kg CO2 eq	0.000
Eutrophication freshwater	kg P eq	0.000
Eutrophication marine	kg N eq	0.012
Eutrophication terrestrial	mol N eq	0.136
Ionising radiation, HH	kBq U-235 eq	0.248
Ozone depletion	kg CFC11 eq	0.000
Photochemical ozone formation, HH	kg NMVOC eq	0.036
Resource use, energy carriers	MJ	54.502
Resource use, mineral and metals	kg Sb eq	0.000
Water scarcity	m3 depriv.	0.247

Τέλος, στον Πίνακα 4.6, δίνεται το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της χρήσης ενέργειας και καυσίμου στις τρεις καλλιέργειες.

**Πίνακας 4.6. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα από τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας και καυσίμου στις 3 καλλιέργειες**

Environmental impact indicator	Unit	Κολοκάσι		Πατάτα		Καρπούζι	
		Diesel	Electricity	Diesel	Electricity	Diesel	Electricity
Acidification	mol H+ eq	160.35	96.78	40.87	20.54	68.24	15.00
Climate change	kg CO2 eq	21017.29	14049.23	5357.17	2981.43	8943.53	2177.50
Climate change - biogenic	kg CO2 eq	0.00	0.17	0.00	0.04	0.00	0.03
Climate change - fossil	kg CO2 eq	21011.76	14049.23	5355.76	2981.43	8941.18	2177.50
Climate change - land use and transform.	kg CO2 eq	0.00	0.24	0.00	0.05	0.00	0.04
Eutrophication freshwater	kg P eq	0.00	8.07	0.00	1.71	0.00	1.25
Eutrophication marine	kg N eq	66.35	0.00	16.91	0.00	28.24	0.00
Eutrophication terrestrial	mol N eq	752.00	91.94	191.68	19.51	320.00	14.25
Ionising radiation, HH	kBq U-235 eq	1371.29	4.84	349.53	1.03	583.53	0.75
Ozone depletion	kg CFC11 eq	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Photochemical ozone formation, HH	kg NMVOC eq	199.06	29.03	50.74	6.16	84.71	4.50
Resource use, energy carriers	MJ	301364.00	172720.04	76815.76	36653.48	128240.00	26770.00
Resource use, mineral and metals	kg Sb eq	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water scarcity	m3 depriv.	1365.76	1066.19	348.12	226.26	581.18	165.25

# Κεφάλαιο 5

## Συζήτηση-Συμπεράσματα-Εισηγήσεις

### 5.1 Συζήτηση

Στην παρούσα έρευνα, επιλέχθηκαν 10 εκμεταλλεύσεις με κολοκάσι στην περιοχή της Σωτήρας Αμμοχώστου και 9 εκμεταλλεύσεις με πατάτα στην περιοχή της κοινότητας της Ξυλοτύμβου που ανήκει στην επαρχία Λάρνακας. Σε αυτές και με τη βοήθεια ερωτηματολογίου, έγινε καταγραφή των εισροών και των εκροών. Επιπλέον, βιβλιογραφικά εντοπίστηκαν και οι αντίστοιχες εισροές και εκροές για την καλλιέργεια του καρπουζιού.

Στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Cool Farm Tool, ώστε να ποσοτικοποιηθούν οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου για τις τρεις καλλιέργειες. Επίσης, έγινε υπολογισμός του αποτυπώματος νερού (WF) και της έντασης χρήσης ενέργειας (EI) και της παραγωγικότητας της ενέργειας (EP). Καθώς η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας και πετρελαίου είναι αυτή που διαμορφώνει κατά κύριο λόγο το αποτύπωμα στις καλλιέργειες αυτές, έγινε, με τη χρήση του λογισμικού OpenLCA ο υπολογισμός του περιβαλλοντικού αποτυπώματος (14 δείκτες) για να δοθεί μια ολιστική εκτίμηση των επιπτώσεων σε Κυπριακό και διεθνές επίπεδο.

Με βάση τα αποτελέσματα, τις μεγαλύτερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά κιλό παραγόμενου προϊόντος τις είχε η καλλιέργεια του κολοκασιού, ακολουθούμενη από αυτή της πατάτας και του καρπουζιού. Ανά  $m^2$  καλλιεργούμενης έκτασης, η σειρά κατάταξης των 3 καλλιεργειών ήταν η ίδια με προηγουμένως και διαπιστώθηκε ότι η καλλιέργεια του κολοκασιού έχει 3 φορές μεγαλύτερες εκπομπές από αυτήν του καρπουζιού. Το γεγονός αυτό αποδίδεται στη μεγάλη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας και

καυσίμου για την άρδευση του κολοकाσιού. Η μεγάλη παραγωγή καρπουζιού (6 τόνοι ανά δεκάριο) μειώνει το αποτύπωμα των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Σχετικά με το αποτύπωμα νερού, το κολοκάσι είχε το μεγαλύτερο, πάνω από δύο φορές μεγαλύτερο από την πατάτα και περίπου 4 φορές μεγαλύτερο από το καρπούζι.

Το ενεργειακό αποτύπωμα, ήταν επίσης μεγαλύτερο στην περίπτωση του κολοκασιού κατά τέσσερις φορές περίπου σε σχέση με τα αντίστοιχα για την πατάτα και το καρπούζι.

Επομένως, λαμβάνοντας υπόψη τους δείκτες CF, WF και EI, το κολοκάσι είναι μια καλλιέργεια που συμβάλλει στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και συνεπώς στην κλιματική αλλαγή αλλά και στην κατανάλωση νερού και ενέργειας. Η χρήση της ενέργειας επίσης συμβάλλει στην κλιματική αλλαγή καθώς για την παραγωγή της στην Κύπρο καταναλώνονται ποσότητες ορυκτών καυσίμων.

Σχετικά με τις καλλιεργητικές πρακτικές που διαμορφώνουν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα, για το κολοκάσι κυριαρχεί η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας και του πετρελαίου για την άρδευση και την προετοιμασία του εδάφους (Σχήμα 3.9). Αξίζει να σημειωθεί όμως ότι η καλλιέργεια αυτή, σε σχέση με τις άλλες δύο, δεν επιβαρύνει το περιβάλλον από τη χρήση των φυτοφαρμάκων.

Στην περίπτωση της πατάτας, η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας και του καυσίμου είναι επίσης σημαντική αλλά όχι σε τέτοιο βαθμό, όσο στο κολοκάσι. Στην περίπτωση της πατάτας, οι εκπομπές που σχετίζονται με την παραγωγή και την εφαρμογή των λιπασμάτων είναι σημαντικές (Σχήμα 3.33). Παρόμοια εικόνα με την πατάτα, όσον αφορά στις πρακτικές που διαμορφώνουν το αποτύπωμα, εμφανίζει το καρπούζι. Η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας, του καυσίμου και των λιπασμάτων διαμορφώνουν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Συνεπώς, η στόχευση για τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των τριών καλλιεργειών θα πρέπει να είναι σχετική με τη μείωση της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο, καυσίμου και πετρελαίου. Σχετικά με την ηλεκτρική ενέργεια, η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων για την παραγωγή ενέργειας για την άρδευση, σε επίπεδο κοινότητας ή εκμετάλλευσης μπορεί να μειώσει σημαντικά το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του κολοκασιού. Η μείωση των λιπασμάτων μπορεί επίσης

να έχει σημαντικό όφελος στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Για το λόγο αυτό, είναι σημαντική η εφαρμογή προγράμματος λίπανσης με βάση τις απαιτήσεις των καλλιεργειών και μετά από εδαφολογικές αναλύσεις.

Η μελέτη αυτή, είναι η πρώτη που γίνεται για την καλλιέργεια του κολοκασιού και του καρπουζιού στην Κύπρο και τα αποτελέσματα μπορεί να αξιοποιηθούν για την παραγωγή φιλικών προς το περιβάλλον προϊόντων, ιδιαίτερα του κολοκασιού που είναι και προϊόν ΠΟΠ. Παρόμοια αποτελέσματα αναμένονται και στις υπόλοιπες καλλιέργειες λαχανικών, εξαιτίας της παρόμοιας χρήσης ενέργειας, νερού και λιπάσματος.

Το λογισμικό Cool Farm Tool, μπορεί να αξιοποιηθεί για τους υπολογισμούς αυτούς καθώς είναι σχετικά εύκολο να χρησιμοποιηθεί και οι γεωργοί κατέχουν τα απαιτούμενα δεδομένα, όπως φάνηκε από τη συλλογή των ερωτηματολογίων.

Όπως φάνηκε και από τον υπολογισμό επιπλέον δεικτών περιβαλλοντικής επιβάρυνσης (Πίνακας 3.6), η χρήση της ενέργειας και του καυσίμου στο κολοκάσι συμβάλλει και στην απελευθέρωση κατιόντων υδρογόνου (H<sup>+</sup>), στον ευτροφισμό και στη δημιουργία φωτοχημικού όζοντος.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα με τη βιβλιογραφία, στην βιβλιογραφική ανασκόπηση (review) των Clune et al, 2017 υπολογίζεται η διάμεσος τιμή (απόκλιση) του Αποτυπώματος Άνθρακα για την πατάτα που είναι ίση με 0,18 (0,08) CO<sub>2</sub> eq/kg προϊόντος και για το καρπούζι είναι ίση με 0,32 (0,09) CO<sub>2</sub> eq/kg προϊόντος. Επίσης, σε ένα γενικότερο πλαίσιο, υπολογίζεται και το αποτύπωμα άνθρακα για λαχανικά που καλλιεργούνται στον αγρό που είναι ίσο με 0,37 (0,39) CO<sub>2</sub> eq/kg προϊόντος, ενώ για τα φρούτα που καλλιεργούνται στον αγρό είναι ίση με 0,42 (0,32) CO<sub>2</sub> eq/kg προϊόντος. Συγκριτικά, σε αυτή τη μεταπτυχιακή διατριβή παρατηρείται υψηλότερο αποτύπωμα άνθρακα για το κολοκάσι και την πατάτα που είναι ίσο με 0,798 (0,388) CO<sub>2</sub> eq/kg προϊόντος και 0,617 (0,635) CO<sub>2</sub> eq/kg προϊόντος, αντίστοιχα. Είναι χαρακτηριστικό, ότι η παραγωγή του κολοκασιού, λαμβάνοντας υπόψη και την τυπική απόκλιση, προσεγγίζει ή ξεπερνά την παραγωγή βιομηχανικών προϊόντων, όπως το γάλα καρύδας (0,42 (0,03) CO<sub>2</sub> eq/kg προϊόντος) και το γάλα σόγιας (0,75 (0,27) CO<sub>2</sub> eq/kg προϊόντος), αλλά και την παραγωγή ψαριών (ιχθυοκαλλιέργεια), όπως η σαρδέλα και η ρέγγα (1,10 (0,45) CO<sub>2</sub> eq/kg προϊόντος και 1,16 (0,17) CO<sub>2</sub> eq/kg προϊόντος, αντίστοιχα). Από την άλλη, το



αποτύπωμα άνθρακα του καρπουζιού είναι χαμηλότερο, αλλά προσεγγίζει τη διάμεσο τιμή της έρευνας των Clune et al.

Στη σχετική βιβλιογραφία, απουσιάζουν αναφορές για τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα στο καρπούζι αλλά και στο κολοκάσι. Περισσότερα δεδομένα υπάρχουν για την πατάτα, όπως καλλιεργείται σε διάφορες χώρες. Το αποτύπωμα άνθρακα της πατάτας στην Κύπρο είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο στην Κίνα που υπολογίστηκε ίσο με 0,17-0,23 kg CO<sub>2</sub>eq/ kg προϊόντος (Zhongyue 2020: 120463) και στη Χιλή (122 kg CO<sub>2</sub>/t). Οι κύριες πηγές των εκπομπών στις δύο μελέτες ήταν αυτές που προέρχονται από την παραγωγή λιπασμάτων (35%), τις εκπομπές που προκαλούνται από την εφαρμογή των λιπασμάτων στον αγρό (25%) και την παραγωγή του πατατόσπορου (15%) (Haverkort 2014:13-31). Στην περίπτωση της δικής μας έρευνας, η χρήση καυσίμου και ηλεκτρικής ενέργειας για την άρδευση αυξάνει τις τιμές του αποτυπώματος.

Σχετικά με το αποτύπωμα νερού (WF) οι Mekonnen and Hoekstra (Mekonnen 2011: 1577-1600, Mekonnen 2014: 214-223) παρουσίασαν τιμές για τα ζαχαρότευτλα (197 L/kg), διάφορα λαχανικά (322 L/kg), φρούτα (962 L/kg), δημητριακά (1644 L/kg), τεύτλα (4055 L/kg) και καρύδια (9063 L/kg). Οι τιμές αυτές, είναι μεγαλύτερες από τις μέσες τιμές της έρευνας αυτής για το καρπούζι (85 L/kg), την πατάτα (202 L/kg) και το κολοκάσι (425 L/kg) αλλά είναι κοντά στις τιμές που δίνονται για τα λαχανικά.

Η ένταση της ενέργειας (EI) ήταν 1.417 MJ/kg για το καρπούζι, 1.658 MJ/kg για την πατάτα και 5.93 MJ/kg για το κολοκάσι. Στη σχετική βιβλιογραφία, οι αντίστοιχες τιμές για το σταφύλι (Ξυνιστέρι) κυμαίνονται από 5.718-9.180 MJ/kg και διαμορφώνονται από τις απαιτήσεις για καλλιέργεια του εδάφους. Η χαμηλή παραγωγή στο σταφύλι, επίσης είναι καθοριστική για τις υψηλές τιμές EI αφού εκφράζονται ανά κιλό προϊόντος. Οι τιμές της έρευνας είναι κοντά σε αυτές που διαπιστώθηκαν για διάφορα αρωματικά φυτά στην Κύπρο (0.18 - 5.8 MJ/kg, (Litskas 2019: 084041). Μία πρόσφατη έρευνα από

τους Michos et al. (Michos 2018: 400-408) αναφέρει τιμές EI για σταφύλι, ακτινίδιο και μήλα από 0.99 έως 15.52 MJ/kg, που διαμορφώνονται, όπως και στη δική μας έρευνα από τη χρήση του καυσίμου. Στην έρευνα των Michos et al. (2018) η χρήση των μηχανημάτων και η άντληση του νερού διαμορφώνουν την κατανάλωση ενέργειας. Τα αποτελέσματα της έρευνας και της σχετικής βιβλιογραφίας, οδηγούν στο συμπέρασμα ότι θα πρέπει να γίνεται προσεκτική επιλογή των καλλιεργειών σε μια περιοχή, λαμβάνοντας υπόψη και τις περιβαλλοντικές της επιδόσεις, πέραν των αποδόσεων. Η στροφή προς καλλιέργειες χαμηλών εισροών είναι ωφέλιμη για περιβαλλοντικούς και λόγους επισιτιστικής ασφάλειας.

## 5.2 Συμπεράσματα

Τα κύρια συμπεράσματα της μεταπτυχιακής διατριβής είναι:

- Κατά την παραγωγή του κολοκασιού, η χρήση ενέργειας μέσω του δικτύου ή με την καύση πετρελαίου είναι ο βασικός παράγοντας που συνεισφέρει στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (94%). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, η καλλιέργεια του κολοκασιού να συμβάλλει σημαντικά στην κλιματική αλλαγή, μέσω των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.
- Επιπλέον, η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας και καυσίμου στο κολοκάσι συμβάλλει στην απελευθέρωση κατιόντων υδρογόνου (H<sup>+</sup>), στον ευτροφισμό και στη δημιουργία φωτοχημικού όζοντος. Αξιοσημείωτη, είναι και η μεγάλη απαίτηση σε νερό. Από την άλλη δεν επιβαρύνει το περιβάλλον από τη χρήση των φυτοφαρμάκων.
- Κατά την παραγωγή πατάτας, παρατηρείται μικρότερη κατανάλωση ενέργειας σε σύγκριση με το κολοκάσι, που συμβάλλει λιγότερο (58%) στη διαμόρφωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος.
- Στην πατάτα, πολύ σημαντικές είναι οι εκπομπές που σχετίζονται με την εφαρμογή λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών με υπολόγισιμη συνεισφορά στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα της καλλιέργειας (32%).

- Σημαντικό είναι ότι το αποτύπωμα άνθρακα που υπολογίστηκε ήταν μεγαλύτερο, τουλάχιστον διπλάσιο σε σύγκριση με τη σχετική βιβλιογραφία που μελετήθηκε. Αυτό οφείλεται στην αυξημένη χρήση ενέργειας και λιπασμάτων αλλά και στη μικρότερη παραγωγή σε σχέση με άλλες πατατοπαραγωγές χώρες (π.χ., Χιλή, Κίνα).
- Κατά την παραγωγή καρπουζιού, παρατηρήθηκαν χαμηλότερες τιμές στους περιβαλλοντικούς δείκτες. Η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας και του καυσίμου συμβάλλουν σημαντικά στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα (63%). Οι εκπομπές που σχετίζονται με την παραγωγή και την εφαρμογή των λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών, ποσοστιαία είναι ανάλογες της πατάτας (32%). Σε σύγκριση με τις άλλες δύο καλλιέργειες παρουσιάζει το μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα.
- Στις αρδευόμενες καλλιέργειες όπως είναι τα λαχανικά, πολύ σημαντική συνεισφορά στη διαμόρφωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος έχει η χρήση της ενέργειας (ηλεκτρική και καύσιμο), που στην Κύπρο, όπως και σε άλλες χώρες παράγονται από μη ανανεώσιμες πηγές.
- Η απελευθέρωση  $H^+$ , N και μικροσωματιδίων (από την καύση του πετρελαίου) είναι επιπλέον προβλήματα που δημιουργούνται, σε τοπικό και διεθνές επίπεδο, από τη χρήση καυσίμου και ενέργειας, όπως εκτιμήθηκε από τη χρήση του λογισμικού Open LCA.
- Στόχευση για τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των τριών καλλιεργειών θα πρέπει να είναι σχετική με τη μείωση της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο, καυσίμου και πετρελαίου.
- Επιπλέον, η ορθολογική χρήση νερού και καυσίμων είναι ανάγκη να εφαρμόζεται για τη μείωση των επιπτώσεων της γεωργίας.
- Η προσπάθεια για αύξηση της παραγωγικότητας απαιτεί αυξημένες εισροές που οδηγούν και σε σημαντικό οικονομικό όφελος από τη γεωργία. Από την άλλη, η μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος μπορεί να επιτευχθεί όταν το σύστημα παραγωγής τροφίμων στηριχτεί σε χαμηλές εισροές και υψηλή αποδοτικότητα των πόρων.

## 5.3 Προτάσεις

Στόχος αυτής της μεταπτυχιακής διατριβής ήταν να προσδιοριστεί για πρώτη φορά το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των αγροτικών προϊόντων κολοκάσι Σωτήρας, πατάτας και το καρπουζιού και να συγκριθούν μεταξύ τους, αλλά και με ήδη υπάρχουσες έρευνες που ασχολούνται με προϊόντα της ίδιας κατηγορίας. Με τη χρήση του λογισμικού Cool Farm Tool εξάχθηκαν χρήσιμες πληροφορίες και δεδομένα, τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν για τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος της γεωργίας αλλά και μελλοντικά για περαιτέρω έρευνα.

Το επόμενο βήμα αυτής της μεταπτυχιακής διατριβής θα μπορούσε να είναι η μελέτη άλλων περιοχών για τις ίδιες καλλιέργειες ή η μελέτη άλλων καλλιεργειών και η σύγκριση τους. Η συλλογή αυτών των δεδομένων μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία μιας βάσης δεδομένων, η οποία θα διευκολύνει και θα κατευθύνει τους ειδικούς προς μια βελτιστοποιημένη διαδικασία παραγωγής.


Με τα όσα κατέδειξε αυτή η μελέτη, απαιτούνται στοχευμένες ενέργειες και πρακτικές για τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος, επιδιώκοντας κυρίως τη μείωση των εισροών που δέχεται το σύστημα παραγωγής. Τα λαχανικά που καλλιεργούνται υπαίθρια και οι τοπικές ποικιλίες που είναι καλά προσαρμοσμένες στο κλίμα της περιοχής θα μπορούσαν να είναι μια καλή επιλογή για τον μετριασμό των εισροών και τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου, της χρήσης νερού και ενέργειας. Επίσης, η χρήση των περιβαλλοντικών επιδόσεων των καλλιεργειών και προϊόντων στις ετικέτες των προϊόντων θα μπορούσε να είναι μια καλή επιλογή για την ενημέρωση των καταναλωτών, καθοδηγώντας τους στην επιλογή των περισσότερο φιλικών προς το περιβάλλον προϊόντων.

Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων για την παραγωγή ενέργειας για την άρδευση, σε επίπεδο κοινότητας ή εκμετάλλευσης μπορεί να μειώσει σημαντικά το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του κολοκασιού. Επίσης, η μείωση της χρήσης λιπασμάτων μέσω της εφαρμογής προγράμματος λίπανσης με βάση τις απαιτήσεις των καλλιεργειών και μετά από εδαφολογικές αναλύσεις, θα επιφέρει σημαντικό όφελος στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Η αξιοποίηση της τεχνολογίας και η εφαρμογή έξυπνων

συστημάτων, τα οποία θα προσφέρουν ελεγχόμενη άρδευση μπορούν να οδηγήσουν στην εξοικονόμηση φυσικών πόρων. Η μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος μπορεί να επιτευχθεί όταν το σύστημα παραγωγής τροφίμων στηριχτεί σε χαμηλές εισροές και υψηλή αποδοτικότητα των πόρων.

# Παράρτημα Α

## Ερωτηματολόγιο

 <b>OPEN UNIVERSITY OF CYPRUS</b> www.ouc.ac.cy	<b>Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου / Διαχείριση Προστασίας και Περιβάλλοντος/ Μεταπτυχιακή Διατριβή (ΔΠΠ701).</b>
---	---

**Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά την καλλιέργεια κολοकाσιού/πατάτας. Ειδικό ερωτηματολόγιο**

### Γενικές πληροφορίες

1. Τοποθεσία:
2. Έτος:
3. Έκταση (δεκάρια):
4. Βάρος παραγωγής (κιλά):

### Καλλιέργεια

#### 1. Έδαφος

- Υφή (π.χ. αργιλώδες, αμμώδες, πηλώδες)	
- Οργανική ουσία (0-1, 1-2, 2-5, >5 %)	
- Εδαφική υγρασία (Υψηλή/Μέτρια/Χαμηλή)	
- Στραγγισιη εδάφους (στραγγίζει ή κρατάει νερό)	
- pH (όξινο, ουδέτερο, αλκαλικό)	

#### 2. Λίπανση

Για κάθε χρησιμοποιούμενο λίπασμα σημειώστε:

- Τύπος λιπάσματος (π.χ. 20-10-10)
  - Εμπορικός οίκος (π.χ. Yara)
  - Εφαρμοζόμενη δόση (π.χ. 10 kg/ δεκάριο)
- (Π.χ. Νιτρική αμμωνία 35% N της εταιρίας Yara και εφαρμογή 50 κιλών στο δεκάριο)

Τύπος λιπάσματος	Δόση (kg/δεκάριο)	Μέθοδος εφαρμογής	Σχόλια
1			

2			
3			
4			
5			
6			

### 3. Φυτοπροστασία

- Σύνολο ψεκασμών (π.χ. 10):
- Χρησιμοποιούμενα σκευάσματα (εμπορικό όνομα, δραστική ουσία):
- Σύνολο ψεκασμών με κάθε σκεύασμα:

Σκεύασμα	Δόση	Μέθοδος εφαρμογής	Σχόλια
1			
2			
3			
4			
5			
6			

### 4. Διαχείριση φυτικών υπολειμμάτων

Υπολείμματα (kg/δεκάριο):

Πώς τα διαχειρίζεστε; (π.χ. ενσωμάτωση, καύση, κομποστοποίηση κ.λπ.)

.....

### Ενσωμάτωση C στο έδαφος

#### 1. Αλλαγές χρήσεων γης

Είδος αλλαγής	Χρόνος από τη μετατροπή (έτη)
Δάσος σε αγρό	
Λιβάδι σε αγρό	

#### 2. Αλλαγές στη διαχείριση

	Είδος αλλαγής	Χρόνος από την αλλαγή	% της έκτασης που εφαρμόζεται
Καλλιέργεια εδάφους			
Συγκαλλιέργεια			
Κομπόστα			
Κοπριά			
Ενσωμάτωση υπολειμμάτων			

### Χρήση ενέργειας

#### 1. Ετήσιες ανάγκες σε ενέργεια

Ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο που χρησιμοποιείται στον αγρό		kWh
Άλλο (π.χ. φωτοβολταϊκά)		kWh

Είδος καυσίμου	Ποσότητα	Μονάδα (π.χ. Λίτρα, κιλά κ.λπ.)
----------------	----------	---------------------------------

Diesel		
Petrol		
Biodiesel		
Bioethanol		
Άλλο (ονομάστε)		

## 2. Ειδικά για τη χρήση του Diesel:

Καλλιέργεια εδάφους	Τύπος μηχανήματος	Αριθμός επεμβάσεων	Λίτρα καυσίμου
	Φρέζα		
	Μονοαξονικός ελκυστήρας		
	Καλλιεργητής		
	Άροτρο		
	Άλλο (ονομάστε)		
<b>Ψεκασμοί</b>	Ψεκαστικό μηχάνημα		
	Άλλο (ονομάστε)		
<b>Λοιπά μηχάνηματα (ονομάστε)</b>			

## 3. Επεξεργασία του προϊόντος από τον παραγωγό (σε περίπτωση που ισχύει)

(Π.χ. καθαρισμός, συντήρηση σε ψυγεία κ.λπ.)

- ηλεκτρική ενέργεια (kwh):
- Diesel (L):
- Άλλο (ονομάστε και δώστε ποσότητα και μονάδα):

## 4. Μεταφορές

Μέσο (π.χ. Ελαφρύ φορτηγό μέχρι 3.5 ton)	Βάρος και ωφέλιμο φορτίο μέσου (kg)	Μεταφερόμενη ποσότητα προϊόντος (kg)	Απόσταση (km) ως τον προορισμό	Σχόλια

## Σημειώσεις/ Παρατηρήσεις



# Παράρτημα Β

## Αποτελέσματα

### Ερωτηματολογίων

Τα ακατέργαστα δεδομένα από τα ερωτηματολόγια είναι διαθέσιμα εδώ:

[ΚΟΛΟΚΑΣΙ](#)

[ΠΑΤΑΤΑ](#)

# Παράρτημα Γ

## Αποτελέσματα Cool Farm Tool

Τα αποτελέσματα για τις εκμεταλλεύσεις βρίσκονται εδώ:

[ΚΟΛΟΚΑΣΙ](#)

[ΠΑΤΑΤΑ](#)

[ΚΑΡΠΟΥΖΙ](#)

# Βιβλιογραφία

Abdalla, M., Hastings, A., Cheng, K., Yue, Q., Chadwick, D., Espenberg, M., Truu, J., Rees, R.M., Smith, P., 2019. A critical review of the impacts of cover crops on nitrogen leaching, net greenhouse gas balance and crop productivity. *Glob. Chang. Biol.* 25, 2530–2543. <https://doi.org/10.1111/gcb.14644>.

Abeliotis, K., Detsis, & V., Pappia, C. (2013). Life cycle assessment of bean production in the Prespa National Park, Greece. *J. Cleaner Prod.* 41, 89–96.

Allan, J.A., 1998. Virtual water: a strategic resource, global solutions to regional deficits. *Groundwater* 36 (4), 545–546.

CGIAR, 2019. Direct Agricultural Emissions. Available at: <https://ccafs.cgiar.org/bigfacts/#theme=food-emissions&subtheme=direct-agriculture>

Best, A., Giljum, S., Simmons, C., Blobel, D., Lewis, K., Hammer, M., Cavalieri, S., Lutter, S., Maguire, C., 2008. Potential of the Ecological Footprint for monitoring environmental impacts from natural resource use: analysis of the potential of the Ecological Footprint and related assessment tools for use in the EU's Thematic Strategy on the Sustainable Use of Natural Resources. Report to the European Commission, DG Environment.

Campbell, B.M., Beare, D.J., Bennett, E.M., Hall-spencer, J.M., Ingram, J.S.I., Jaramillo, F., 2017. Agriculture production as a major driver of the Earth system exceeding planetary boundaries. *Ecol. Soc.* 22.

Carnicer, J., Coll, M., Ninyerola, M., Pons, X., Sanchez, G., & Penuelas, J. (2011). Widespread crown condition decline, food web disruption, and amplified tree

mortality with increased climate change-type drought. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108, 1474–1478. <https://doi.org/10.1073/pnas.1010070108>

Chadwick, D., Sommer, S., Thorman, R., Fanguero, D., Cardenas, L., Amon, B., & Misselbrook, T. (2011). Manure management: Implications for greenhouse gas emissions. *Animal Feed Science and Technology, Special Issue: Greenhouse Gases in Animal Agriculture - Finding a Balance between Food and Emissions* 166–167, 514–531. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.036>

Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y., 2004. *Water Footprints of nations. Value of Water Research Report Series No. 16*, UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands. <http://www.waterfootprint.org/Reports/Report16Vol1.pdf>.

Chen, X., Ma, C., Zhou, H., Liu, Y., Huang, X., Wang, M., Cai, Y., Su, D., Muneer, M.A., Guo, M., Chen, X., Zhou, Y., Hou, Y., Cong, W., Guo, J., Ma, W., Zhang, W., Cui, Z., Wu, L., Zhou, S., Zhang, F., 2021. Identifying the main crops and key factors determining the carbon footprint of crop production in China, 2001–2018. *Resour. Conserv. Recycl.* 172. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105661>.

Clune, S., Crossin, E., & Verghese, K., 2017. Systematic review of greenhouse gas emissions for different fresh food categories. *Journal of Cleaner Production* 140, 766–783. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.082>

Daly, H.E., 1990. Towards some operational principles of sustainable development. *Ecological Economics* 2, 1–6.

ECF, 2010. Roadmap 2050. Available at: <https://www.roadmap2050.eu/>

EEA, 2015. Agriculture and Climate Change. Available at: <https://www.eea.europa.eu/signals/signals-2015/articles/agriculture-and-climate-change>

Esteve-Llorens Xavier, Diana Ita-Nagy, Eduardo Parodi, Sara González-García, María Teresa Moreira, Gumersindo Feijoo, Ian Vázquez-Rowe, Environmental footprint of critical agro-export products in the Peruvian hyper-arid coast: A case study for green asparagus and avocado, *Science of The Total Environment*, Volume 818, 2022, 151686, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151686>.

European Commission, 2020. A new action plan for the circular economy. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM%3A2020%3A98%3AFIN>

European Commission, 2019. The European Green Deal. Available at: [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_el](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_el)

Eurostat, 2017. GHGE statistics. Available: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Greenhouse\\_gas\\_emission\\_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Greenhouse_gas_emission_statistics)

Ewing B., Moore, D., Goldfinger, S., Oursler, A., Reed, A., Wackernagel, M., 2010. *Ecological Footprint Atlas 2010*. Global Footprint Network, Oakland. <http://www.footprintnetwork.org/images/uploads/Ecological%20Footprint%20Atlas%202010.pdf>

Fischer-Kowalski, M., Haberl, H., 2007. *Socioecological Transitions and Global Change: Trajectories of Social Metabolism and Land Use*. Edward Elgar, Cheltenham, UK.

Fowler, D., Coyle, M., Skiba, U., Sutton, M.A., Cape, J.N., Reis, S., Sheppard, L.J., Jenkins, A., Grizzetti, B., Galloway, J.N., Vitousek, P., Leach, A., Bouwman, A.F., Butterbach-Bahl, K., Dentener, F., Stevenson, D., Amann, M., Voss, M., 2013. The global nitrogen cycle in

the twenty-first century. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 368.  
<https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0164>.

Galli, A., Kitzes, J., Wermer, P., Wackernagel, M., Niccolucci, V., Tiezzi, E., 2007. An exploration of the mathematics behind the ecological footprint. *International Journal of Ecodynamics* 2 (4), 250–257.

Galloway, J.N., Aber, J.D., Erisman, J.W., Seitzinger, S.P., Howarth, R.W., Cowling, E.B., Cosby, B.J., 2003. The nitrogen cascade. *Bioscience* 53, 341.  
[https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2003\)053\[0341:tnc\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[0341:tnc]2.0.co;2).

Gao, B., Huang, W., Xue, X., Hu, Y., Huang, Y., Wang, L., Ding, S. & Cui, S. 2019, "Comprehensive environmental assessment of potato as staple food policy in China", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 16, no. 15, 2700.

Gao, W., Guo, H.C., 2014. Nitrogen research at watershed scale: a bibliometric analysis during 1959–2011. *Scientometrics* 99, 737–753. <https://doi.org/10.1007/s11192-014-1240-8>.

Giljum, S., Hinterberger, F., Lutter, S., Polzin, C., 2009. How to Measure Europe's Resource Use. An Analysis for Friends of the Earth Europe. Sustainable Europe Research Institute, Vienna.

Haverkort, A.J., Sandaña, P. & Kalazich, J. 2014, "Yield Gaps and Ecological Footprints of Potato Production Systems in Chile", *Potato Research*, vol. 57, no. 1, pp. 13-31.

Herrero, M., Havlik, P., Valin, H., Notenbaert, A., Rufino, M.C., Thornton, P.K., Blummel, M., Weiss, F., Grace, D., & Obersteiner, M. (2013). Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110, 20888–20893.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.1308149110>

Herrero, M., Henderson, B., Havlík, P., Thornton, P.K., Conant, R.T., Smith, P., Wiersenius, S., Hristov, A.N., Gerber, P., Gill, M., Butterbach-Bahl, K., Valin, H., Garnett, T., & Stehfest, E. (2016). Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector. *Nature Climate Change* 6, 452–461. <https://doi.org/10.1038/nclimate2925>

Hillier, J., Walter, C., Malin, D., Garcia-Suarez, T., Mila-i-Canals, L., & Smith, P. (2011). A farm-focused calculator for emissions from crop and livestock production. *Environmental Modelling & Software* 26, 1070–1078. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2011.03.014>

Hillier, J., Brentrup, F., Wattenbach, M., Walter, C., Garcia-Suarez, T., Mila-i-Canals, L., & Smith, P. (2012). Which cropland greenhouse gas mitigation options give the greatest benefits in different world regions? Climate and soil-specific predictions from integrated empirical models. *Global Change Biology*, 18(6), 1880-1894

Hoekstra, A.Y., 2009. Human appropriation of natural capital: a comparison of ecological footprint and water footprint analysis. *Ecological Economics* 68, 1963–1974.

Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., 2008. *Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources*. Blackwell Publishing, Oxford, UK.

Hoekstra, A.Y. (Ed.), 2003. *Virtual Water Trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade*. Delft, The Netherlands, 12–13 December 2002, Value of Water Research Report Series No. 12, UNESCOIHE, Delft, The Netherlands. [www.waterfootprint.org/Reports/Report12.pdf](http://www.waterfootprint.org/Reports/Report12.pdf)

Hoekstra, A.Y., Hung, P.Q., 2002. Virtual water trade: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. Value of Water Research Report Series No. 11. UNESCO-IHE. Delft, The Netherlands.

Hou, Y., Velthof, G.L., & Oenema, O. (2015). Mitigation of ammonia, nitrous oxide and methane emissions from manure management chains: a meta-analysis and integrated assessment. *Global Change Biology* 21, 1293–1312. <https://doi.org/10.1111/gcb.12767>

Iglesias, A., & Garrote, L. (2015). Adaptation strategies for agricultural water management under climate change in Europe. *Agricultural Water Management* 155, 113–124. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.03.014>

IPCC (2014): Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Lu Yu, Shiliang Liu, Fangfang Wang, Yixuan Liu, Hua Liu, Qingbo Wang, Lam-Son Phan Tran, Yuhong Dong, Weiqiang Li, Strategies for agricultural production management based on land, water and carbon footprints on the Qinghai-Tibet Plateau, *Journal of Cleaner Production*, Volume 362, 2022, 132563, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132563>.

ISO (2013). Carbon footprint of products—Requirements and guidelines for quantification and communication. ISONorm 14067:2013. International Organization for Standardization. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium. [http://www.iso.org/iso/iso\\_catalogue/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=59521](http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=59521).



ISO (2006a). Environmental Management-life Cycle Assessment-principles and Framework ISO-Norm 14040:2006. International Organization for Standardization. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

ISO (2006b). Environmental Management-life Cycle Assessment-requirements and Guidelines ISO-Norm 14044:2006. International Organization for Standardization. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

IPCC (2006). Software for national gas inventories, Intergovernmental Panel on Climate Change. <http://ipcc2006.air.sk/>

IPCC (1997). Greenhouse Gas Inventory Reference Manual, three volumes, Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Technical Support Unit, London.

Kaltsas, A. M., Mamolos, A. P., Tsatsarelis, C. A., Nanos, G. D., & Kalburtji, K. L. (2007). Energy budget in organic and conventional olive groves. *Agriculture, ecosystems & environment*, 122(2), 243-251.

Kavargiris, S.E., Mamolos, A.P., Tsatsarelis, C.A., Nikolaidou, A.E., & Kalburtji, K.L. (2009). Energy resources' utilization in organic and conventional vineyards: Energy flow, greenhouse gas emissions and biofuel production. *Biomass and Bioenergy* 33, 1239–1250. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2009.05.006>

Kehagias, M.C., Michos, M.C., Menexes, G.C., Mamolos, A.P., Tsatsarelis, C.A., Anagnostopoulos, C.D., & Kalburtji, K.L. (2015). Energy equilibrium and Carbon dioxide, Methane, and Nitrous oxide-emissions in organic, integrated and conventional apple orchards related to Natura 2000 site. *Journal of Cleaner Production* 91, 89–95. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.007>

Kitzes, J., Galli, A., Bagliani, M., Barrett, J., Dige, G., Ede, S., Erb, K.-H., Giljum, S., Haberl, H., Hails, C., Jungwirth, S., Lenzen, M., Lewis, K., Loh, J., Marchettini, N., Messinger, H., Milne, K., Moles, R., Monfreda, C., Moran, D., Nakano, K., Pyhälä, A., Rees, W., Simmons, C., Wackernagel, M., Wada, Y., Walsh, C., Wiedmann, T., 2009. A research agenda for improving national Ecological Footprint accounts.

Krausmann, F., Gingrich, S., Eisenmenger, N., Erb, K.H., Haberl, H., Fischer-Kowalski, M., 2009. Growth in global materials use GDP and population during the 20<sup>th</sup> century. *Ecological Economics* 68 (10), 2696–2705.

Litskas D. V., Migeon A., Navajas M., Tixier M-S., & Stavrinides C. M. (2019). Impacts of climate change on tomato, a notorious pest and its natural enemy: Small scale agriculture at higher risk. *Environmental Research Letters* 14 084041. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab3313>

Litskas, V.D., Irakleous, T., Tzortzakis, N. & Stavrinides, M.C. (2017). Determining the carbon footprint of indigenous and introduced grape varieties through Life Cycle Assessment using the island of Cyprus as a case study. *Journal of Cleaner Production* 156, 418–425. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.057>

Litskas, V.D., Karaolis, C.S., Menexes, G.C., Mamolos, A.P., Koutsos, T.M., & Kalburtji, K.L. (2013). Variation of energy flow and greenhouse gas emissions in vineyards located in Natura 2000 sites. *Ecological Indicators* 27, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.11.016>

Litskas, V.D., Mamolos, A.P., Kalburtji, K.L., Tsatsarelis, C.A., & Kiose-Kampasakali, E. (2011). Energy flow and greenhouse gas emissions in organic and conventional sweet cherry orchards located in or close to Natura 2000 sites. *Biomass and Bioenergy* 35, 1302–1310. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.12.023>

Liu, Y., Wang, E., Yang, X., & Wang, J. (2009). Contributions of climatic and crop varietal changes to crop production in the North China Plain, since 1980s: crop yield impacted by crop variety and climate. *Global Change Biology* 16, 2287–2299. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02077>

Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y., 2014. Water footprint benchmarks for crop production: A first global assessment. *Ecological Indicators* 46, 214–223. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.06.013>

Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y., 2011. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences* 15, 1577–1600. <https://doi.org/10.5194/hess-15-1577-2011>

Michos, M.C., Menexes, G.C., Mamolos, A.P., Tsatsarelis, C.A., Anagnostopoulos, C.D., Tsaboula, A.D., & Kalburtji, K.L. (2018). Energy flow, carbon and water footprints in vineyards and orchards to determine environmentally favourable sites in accordance with Natura 2000 perspective. *Journal of Cleaner Production* 187, 400–408. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.251>

Michos, M.C., Menexes, G.C., Kalburtji, K.L., Tsatsarelis, C.A., Anagnostopoulos, C.D., & Mamolos, A.P. (2017). Could energy flow in agro-ecosystems be used as a “tool” for crop and farming system replacement? *Ecol. Indicat.* 73, 247–253.

Michos, M.C., Mamolos, A.P., Menexes, G.C., Tsatsarelis, C.A., Tsirakoglou, V.M., & Kalburtji, K.L. (2012). Energy inputs, outputs and greenhouse gas emissions in organic, integrated and conventional peach orchards. *Ecol. Indicat.* 13, 22–28.

Nayak A.K., Rahul TRIPATHI, Manish DEBNATH, C.K. SWAIN, B. DHAL, Vijaykumar S., A.D. NAYAK, S. MOHANTY, Md. SHAHID, Anjani KUMAR, Manoj RAJAK, K.C. MOHARANA, D. CHATTERJEE, S. MUNDA, P. GURU, Rubina KHANAM, B. LAL, P. GAUTAM, S. PATTANAIK, A.K. SHUKLA, Nuala FITTON, P. SMITH, H. PATHAK. Carbon and water footprint of rice, wheat & maize crop productions in India, *Pedosphere*, 2022,ISSN 1002-0160, <https://doi.org/10.1016/j.pedsph.2022.06.045>.

Ogle, Stephen & Breidt, F. & Paustian, Keith. (2005). Agricultural management impacts on soil organic carbon storage under moist and dry climatic conditions of temperate and tropical regions. *Biogeochemistry*. 72. 87-121. 10.1007/s10533-004-0360-2.

Oenema, O., Velthof, G., Amann, M., Klimont, Z., Winiwarter, W., 2012. [Emissions From Agriculture and Their Control Potentials, TSAP Report #3, Version 1.0. DGEnvironment of the European Commission.](#)

Padilla, F.M., Gallardo, M., Manzano-Agugliaro, F., 2018. Global trends in nitrate leaching research in the 1960–2017 period. *Sci. Total Environ.* 643, 400–413. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.215>.

Ponti, L., Gutierrez, A.P., Ruti, P.M., & Dell’Aquila, A. (2014). Fine-scale ecological and economic assessment of climate change on olive in the Mediterranean Basin reveals winners and losers. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111, 5598–5603. <https://doi.org/10.1073/pnas.1314437111>

Rojas, R., Feyen, L. & Watkiss, P. (2013). Climate change and river floods in the European Union: Socio-economic consequences and the costs and benefits of adaptation. *Global Environmental Change* 23, 1737–1751. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.08.006>

Rötter, R.P., Palosuo, T., Kersebaum, K.C., Angulo, C., Bindi, M., Ewert, F., Ferrise, R., Hlavinka, P., Moriondo, M., Nendel, C., Olesen, J.E., Patil, R.H., Ruget, F., Takáč, J., & Trnka, M. (2012). Simulation of spring barley yield in different climatic zones of Northern and Central Europe: A comparison of nine crop models. *Field Crops Research* 133, 23–36. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.03.016>

Senbel, M., McDaniels, T., Dowlatabadi, H., 2003. The Ecological Footprint: a nonmonetary metric of human consumption applied to North America. *Global Environmental Change* 13, 83–100.

Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Smith, N. O. ; Maclean, I. ; Miller, F. A. ; Carruthers, S. R., 1997. Crops for industry and energy in Europe. University of Reading, European Commission, Directorate General XII E-2, Agro-Industrial Research Unit

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M., Biggs, R., Carpenter, S.R., Vries, W.De, Wit, C.A.De, Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G.M., Persson, L.M., Ramanathan, V., Reyers, B., Sörlin, S., 2015. Planetary boundaries: guiding changing planet. *Science* (80- ), 347. <https://doi.org/10.1126/science.1259855>.

Teixeira, E.I., Fischer, G., van Velthuisen, H., Walter, C., & Ewert, F. (2013). Global hot-spots of heat stress on agricultural crops due to climate change. *Agricultural and Forest Meteorology* 170, 206–215. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2011.09.002>

Vázquez-Rowe, Ian & Villanueva-Rey, Pedro & Mallo, Juan & Cerda, Juanjo & Vilar, Ma & Feijoo, Gumersindo. (2013). Carbon footprint of a multi-ingredient seafood product from a business-to business perspective. *Journal of Cleaner Production*. 44. 200-208. [10.1016/j.jclepro.2012.11.049](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.049).

Williams, A.G., Audsley, E., Sandars, D.L., 2010. Environmental burdens of producing bread wheat, oilseed rape and potatoes in England and Wales using simulation and system modelling. *Int. J. Life Cycle Assess.* 15 (8), 855 - 868.

World Bank (2019). Agriculture, forestry, and fishing, value added (current US\$). <https://data.worldbank.org/indicator/NV.AGR.TOTL.CD?end=2017&start=1980>

WWF (WWF International), Global Footprint Network, ZSL (Zoological Society of London), 2010. Living Planet Report 2010. WWF, Gland, Switzerland. ISBN978-2-940443-08-6. <http://assets.panda.org/downloads/lpr2010.pdf>.

Yang, B., Huang, K., Sun, D., Zhang, Y., 2017. Mapping the scientific research on non-point source pollution: a bibliometric analysis. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 24, 4352–4366. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-8130-y>.

Zhongyue Xu, Zhineng Fu, Zongyao Zhai, Xiaoke Yang, Fanjing Meng, Xin Feng, Jianlan Zhong, Yongwu Dai, Weijun Xu, Jun-Hu Cheng, Zhihang Zhang, Comparative evaluation of carbon footprints between rice and potato food considering the characteristic of Chinese diet, *Journal of Cleaner Production*, Volume 257, 2020, 120463, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120463>.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2016. ΕΚΤΕΛΕΣΤΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) 2016/1322 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ Της 1<sup>ης</sup> Αυγούστου 2016

Στατιστική Υπηρεσία, 2019. Γεωργικές Στατιστικές

Στατιστική Υπηρεσία, 2018. Στατιστικές Ενέργειας

Τμήμα Γεωργίας, 2005. Η καλλιέργεια της πατάτας, Έκδοση 9/2005

Τμήμα Περιβάλλοντος, 2020. Έκθεση για την κατάσταση του περιβάλλοντος στην Κύπρο

Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος, 2020. Έκθεση σε σχέση με την Εφαρμογή της Οδηγίας για την Προστασία των Νερών από την Νιτρορύπανση Γεωργικής Προέλευσης (91/676/ΕΟΚ), Άρθρο 10