



**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**‘Αποτυπώματα ενέργειας και άνθρακα της καλλιέργειας της  
ακτινιδιάς στην περιοχή της Ξάνθης’**

**Όνομα Φοιτητή: Βασίλειος Τσάλης**

**Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Περσεφόνη Μαλέτσικα**

**ΒΟΛΟΣ 2023**

### **Τίτλος πτυχιακής εργασίας:**

‘Αποτυπώματα ενέργειας και άνθρακα της καλλιέργειας της ακτινιδιάς στην περιοχή της Ξάνθης’

Αγγλικός τίτλος: ‘Energy and carbon footprints of kiwifruit cultivation in the Xanthi region’

Η Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή αποτελείται από τους:

- Περσεφόνη Μαλέτσικα, Επίκουρος Καθηγήτρια Δενδροκομίας – Ελαιοκομίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (επιβλέπων μέλος ΔΕΠ)
- Νικόλαος Δαναλάτος, Καθηγητής Γεωργίας-Οικολογίας Φυτών Μεγάλης Καλλιέργειας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Μέλος)
- Δρ. Χρήστος Καβαλάρης, Μέλος ΕΔΙΠ Γεωργικής Μηχανολογίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Μέλος)

### **Υπεύθυνη δήλωση**

«Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας, η οποία εκπονήθηκε σύμφωνα με τον Κανονισμό Εκπόνησης Πτυχιακής Εργασίας του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος».

## **Ευχαριστίες**

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου διατριβής, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλαν στην εκπόνησή της.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα μου, Επίκουρη Καθηγήτρια Περσεφόνη Μαλέτσικα, για την καθοδήγηση και τη στήριξή της κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας μου. Η γνώση, η εμπειρία της, η συνεχής της υποστήριξη και το αμείωτο ενδιαφέρον που έδειξε από την αρχή μέχρι το τέλος συνέβαλαν στην ποιότητα και την επιτυχία της πτυχιακής μου εργασίας. Ευχαριστώ τον Δρ. Χρήστο Καβαλάρη, Μέλος ΕΔΙΠ, για την καθοδήγηση και τις συμβουλές του στα θέματα Γεωργικής Μηχανολογίας αλλά και ως μέλος της τριμελούς επιτροπής. Επίσης ευχαριστώ τον καθηγητή Δαναάτο Νικόλαο ως μέλος της τριμελούς επιτροπής.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ, εκφράζω στον γεωπόνο Βασίλη Στεφανή και όλους τους παραγωγούς που συμμετείχαν στην έρευνα προσφέροντας τον χρόνο τους και τις απαραίτητες πληροφορίες που χρειάστηκα.

Θέλω επίσης να ευχαριστήσω τους συμφοιτητές μου και τους φίλους μου για την αμοιβαία στήριξη και την ανταλλαγή ιδεών καθώς η αλληλεπίδραση μαζί τους συνέβαλε στην ενίσχυση της εμπειρίας μου και στην ευρύτερη κατανόηση του αντικειμένου μας.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου που με στηρίζει έμπρακτα με αγάπη και πίστη στις επιλογές μου.

## Περιεχόμενα

1.	Εισαγωγή.....	1
1.1.	Σημαντικότητα και εξάπλωση της καλλιέργειας της ακτινιδιάς.....	1
1.2.	Εδαφοκλιματικές συνθήκες .....	3
1.3.	Καλλιεργητικές φροντίδες.....	4
1.4.	Πιστοποιήσεις αγροτικών προϊόντων .....	8
1.5.	Κλιματική αλλαγή και Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία .....	10
1.6.	Νέα Κοινή Γεωργική Πολιτική .....	11
1.7.	Περιβαλλοντικό αποτύπωμα καλλιεργειών.....	11
1.9.	Δέσμευση CO <sub>2</sub> από τις καλλιεργείες .....	17
1.10.	Ενέργεια στη γεωργία .....	19
1.11.	Ενεργειακή ανάλυση .....	20
2.	Υλικά και Μέθοδοι .....	23
2.1.	Περιοχή μελέτης.....	23
2.2.	Μεθοδολογία για την ενεργειακή ανάλυση και τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα .....	25
2.3.	Στατιστική επεξεργασία .....	32
3.	Αποτελέσματα .....	33
3.1.	Καταγραφή της παρούσας κατάστασης της καλλιέργειας της ακτινιδιάς στην περιοχή της Ξάνθης.....	33
3.2.	Ενεργειακή ανάλυση της καλλιέργειας της ακτινιδιάς.....	41
3.3.	Αποτύπωμα άνθρακα της καλλιέργειας της ακτινιδιάς.....	44
3.4.	Οικονομική ανάλυση της καλλιέργειας της ακτινιδιάς.....	46
4.	Συζήτηση .....	49
5.	Συμπεράσματα .....	57
	Βιβλιογραφία .....	59

## Περίληψη

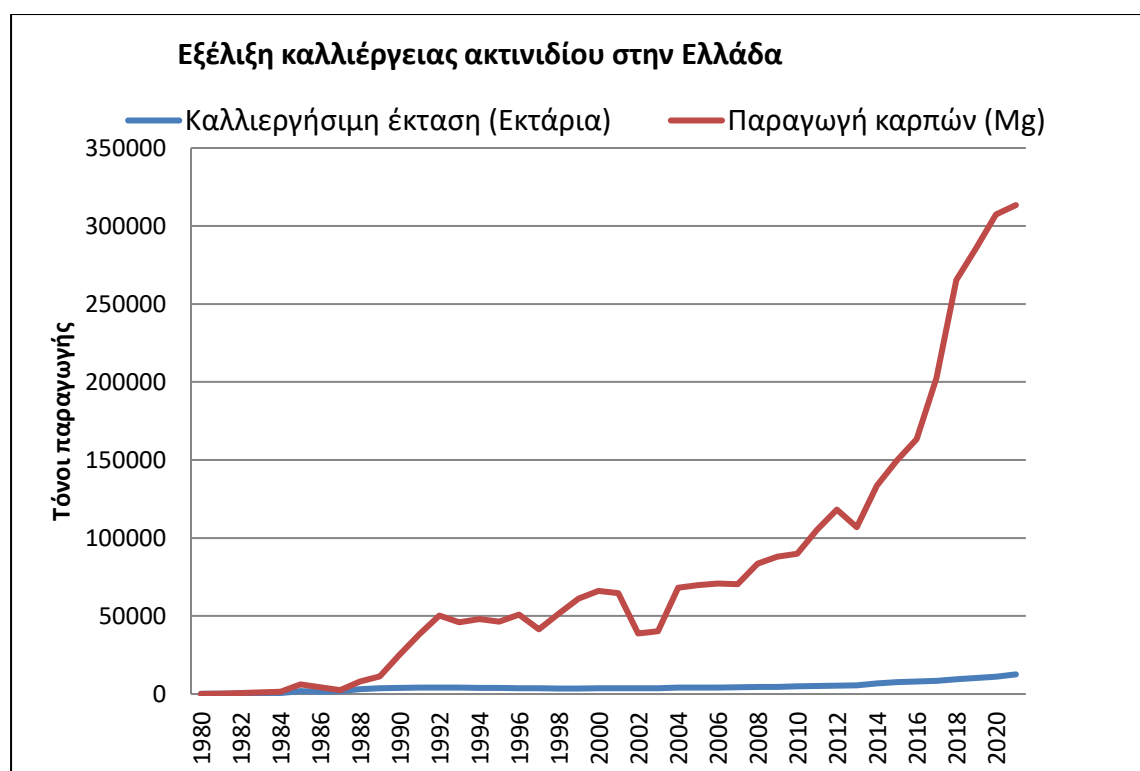
Σκοπός της εργασίας ήταν η ανάλυση των εισροών-εκροών ενέργειας και ο υπολογισμός των εκπομπών ισοδυνάμων CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>eq) όλων των εισροών που εφαρμόζουν οι παραγωγοί στην περιοχή της Ξάνθης για την καλλιέργεια της ακτινιδιάς σε δείγμα 20 εκμεταλλεύσεων. Υπολογίστηκαν οι εισροές ενέργειας ανά καλλιεργητική εργασία και ανά συντελεστή παραγωγής, οι εκροές ενέργειας, και οι εκπομπές CO<sub>2</sub>eq ανά καλλιεργητική τεχνική και συντελεστή παραγωγής. Το σύνολο των εισροών ενέργειας για την καλλιέργεια της ακτινιδιάς βρέθηκε να είναι 6044 MJ/στρ. με την άρδευση και τη λίπανση να καταλαμβάνουν τα υψηλότερα ποσοστά στην κατανάλωση ενέργειας (49,3% και 35,4%, αντίστοιχα). Μικρότερη συμμετοχή στην κατανάλωση ενέργειας είχαν η διαχείριση των ζιζανίων, η φυτοπροστασία και το κλάδεμα, ενώ το αραίωμα των καρπών, το δέσιμο των κληματίδων και η συγκομιδή που γίνονται χειρωνακτικά ήταν οι καλλιεργητικές εργασίες με την ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας. Όσον αφορά τους συντελεστές παραγωγής, βρέθηκε ότι τα λιπάσματα, η ηλεκτρική ενέργεια, το νερό άρδευσης, τα καύσιμα και τα μηχανήματα προσέθεσαν τις υψηλότερες εισροές ενέργειας στην παραγωγή του ακτινιδίου. Το σύνολο των εκροών ενέργειας του ακτινιδίου βρέθηκε να είναι 10009 MJ/στρ. με την παραγωγή καρπών να είναι 3925 kg/στρ. Το σύνολο των εκπομπών CO<sub>2</sub>eq ήταν 247 kg CO<sub>2</sub>eq/στρ. και η ένταση των εκπομπών ήταν 65,7 g CO<sub>2</sub>eq kg<sup>-1</sup> καρπών με την άρδευση να έχει τις υψηλότερες εκροές CO<sub>2</sub>eq (60,4%), τη λίπανση (20,5%) και τη ζιζανιοκτονία (8,49%), τη φυτοπροστασία (4,65%) και το κλάδεμα (4,39%) να ακολουθούν. Από τα αποτελέσματα συμπεραίνεται ότι για τη βελτίωση της χρήσης ενέργειας και τη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα της καλλιέργειας της ακτινιδιάς στην περιοχή της Ξάνθης είναι αναγκαία η ορθολογική διαχείριση της άρδευσης και της λίπανσης, ώστε να αποφεύγονται οι περιττές εφαρμογές αρδευτικού νερού, αγροχημικών και μετακινήσεις στον αγρό γεγονός που θα συμβάλλει και στη μείωση της κατανάλωσης καυσίμων και στη μείωση του κόστους καλλιέργειας.

Λέξεις κλειδιά: *Actinidia deliciosa*, περιβαλλοντικό αποτύπωμα, αέρια θερμοκηπίου, εισροές ενέργειας.

# 1. Εισαγωγή

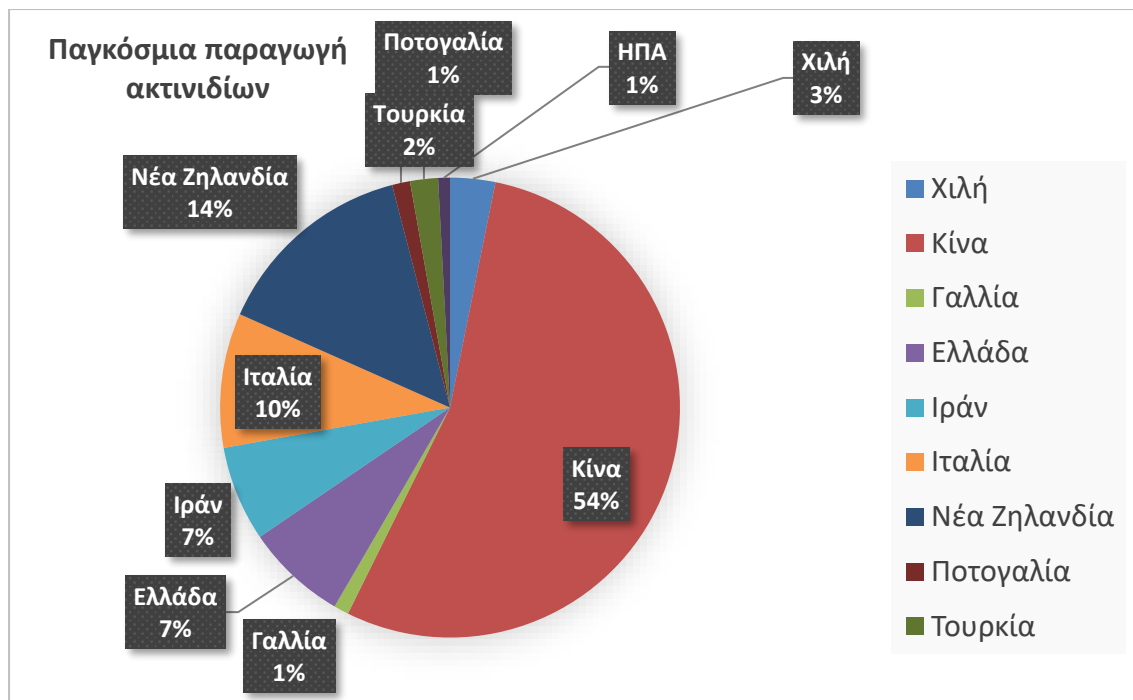
## 1.1. Σημαντικότητα και εξάπλωση της καλλιέργειας της ακτινιδιάς

Η ακτινιδιά ανήκει στην τάξη Theales και στην οικογένεια Actinidiaceae και το σπουδαιότερο καλλιεργούμενο είδος είναι το *Actinidia deliciosa* (Βασιλακάκης 2016). Η ακτινιδιά κατάγεται από την Κίνα και εισήχθη πρώτη φορά στη Γαλλία το 1903 ενώ στην Ελλάδα τα πρώτα φυτά εισήχθησαν το 1971 από το Ινστιτούτο Γενετικής Βελτίωσης & Φυτογενετικών Πόρων (Σωτηρόπουλος 2017). Σήμερα θεωρείται μια από τις πιο δυναμικές καλλιέργειες στη χώρα μας καθώς μέχρι και το 2021 φαίνεται ότι καλλιεργούνται 125700 στρέμματα τα οποία παρήγαγαν 313390 τόνους καρπών (Διάγραμμα 1) (Σωτηρόπουλος 2017). Η παραγωγή αυτή κατατάσσει την Ελλάδα στην τέταρτη χώρα σε ποσότητα παραγωγής ακτινιδίων στον κόσμο (Διάγραμμα 2) (Σωτηρόπουλος 2017).



**Διάγραμμα 1.** Καλλιεργήσιμη έκταση και παραγωγή καρπών ακτινιδίου.

Πηγή: Food and Agriculture Organization of the United Nations 2023. FAOSTAT database. <http://www.fao.org/faostat> (Πρόσβαση στις 26 Ιουνίου 2023).

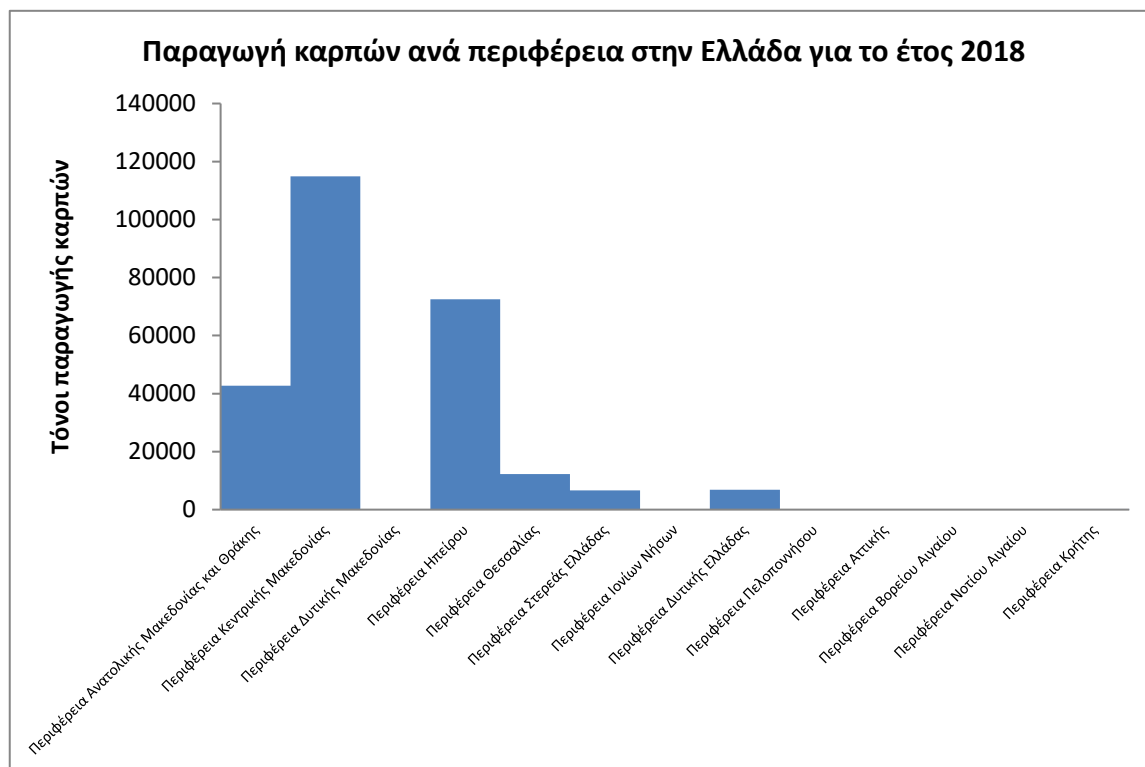


**Διάγραμμα 2.** Ποσοστιαία συμμετοχή των 10 επικρατέστερων κρατών στην παγκόσμια παραγωγή ακτινιδίων.

Πηγή: Food and Agriculture Organization of the United Nations 2023. FAOSTAT database. <http://www.fao.org/faostat> (Πρόσβαση στις 26 Ιουνίου 2023)

Οι κύριες περιοχές καλλιέργειας της ακτινιδιάς στη χώρα μας είναι η Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας, η Περιφέρεια Ηπείρου και έπειτα η Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης ενώ σε μικρότερες εκτάσεις καλλιεργείται στις Περιφέρειες Θεσσαλίας, Στερεάς Ελλάδας και Δυτικής Ελλάδας (Διάγραμμα 3).





**Διάγραμμα 3.** Παραγωγή καρπών ανά περιφέρεια στην Ελλάδα για το έτος 2018.

Πηγή: Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2023. ΕΛΣΤΑΤ <https://www.statistics.gr/> (Πρόσβαση στις 26 Ιουνίου 2023)

Το ελληνικό ακτινίδιο βρίσκεται στην πρώτη θέση στις ελληνικές εξαγωγές όσον αφορά σε αξία στον κλάδο των φρούτων και λαχανικών (Παϊσιάδης 2020). Είναι περιζήτητο στις διεθνείς αγορές και οι εξαγόμενες ποσότητες αυξάνονται συνεχώς χρόνο με το χρόνο (Παϊσιάδης 2020). Το 60% της παραγωγής εξάγεται κυρίως σε ευρωπαϊκές αγορές όπως η Ισπανία, Ιταλία, Γερμανία, κ.α. ενώ από τις τρίτες χώρες ανοδικά κινούνται οι εξαγωγές στην Κίνα, Ινδία, ΗΠΑ, Καναδά κ.α. ειδικά μετά τον αποκλεισμό από τη ρωσική αγορά λόγω του εμπάργκο (Παϊσιάδης 2020).

## 1.2. Εδαφοκλιματικές συνθήκες

Οι καλλιεργούμενες ποικιλίες ακτινιδιάς που κυκλοφορούν εμπορικά ανήκουν στα είδη *A. deliciosa* και *A. chinensis* τα οποία είναι υποτροπικά (Βασιλακάκης 2016). Οι ποικιλίες αυτές χαρακτηρίζονται ανθεκτικές σε χαμηλές θερμοκρασίες καθώς αντέχουν έως  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$  και έχουν υψηλές απαιτήσεις σε χαμηλές θερμοκρασίες για την διακοπή του λήθαργου, 850-1100 ώρες (Βασιλακάκης 2016). Οι παγετοί συνήθως δεν αποτελούν πρόβλημα για την καλλιέργεια, ωστόσο οι πρώιμοι φθινοπωρινοί και οι όψιμοι της άνοιξης θα μπορούσαν να ζημιώσουν τις νεαρές

κληματίδες που φέρουν τους ανθοφόρους οφθαλμούς (Βασιλακάκης 2016). Το φυτό χαρακτηρίζεται από τις υψηλές ανάγκες σε νερό οι οποίες οφείλονται τόσο στο έντονα διαπνέον φύλλωμά του αλλά και στην ταχεία αύξηση των κληματίδων (Βασιλακάκης 2016).

Τα καταλληλότερα εδάφη για την καλλιέργεια της ακτινιδιάς είναι τα γόνιμα και καλά στραγγιζόμενα εδάφη ενώ τα μη καλά στραγγιζόμενα εδάφη είναι απαγορευτικά. Ακόμα πρέπει να αποφεύγονται ασβεστούχα εδάφη με pH υψηλότερο του 7,5 διότι τα φυτά θα βρίσκονται συχνά σε τροφопενία σιδήρου (Βασιλακάκης 2016).

### **1.3. Καλλιεργητικές φροντίδες**

#### Πολλαπλασιασμός

Η ακτινιδιά πολλαπλασιάζεται με σπόρο, με εμβολιασμό της επιθυμητής ποικιλίας στο κατάλληλο υποκείμενο και με φυλλοφόρα μοσχεύματα, ενώ σήμερα εμπορικά πολλαπλασιάζεται και με ιστοκαλλιέργεια. Η εγκατάσταση του οπωρώνα γίνεται είτε με απευθείας φύτευση σπορόφυτου της επιθυμητής ποικιλίας είτε με εμβολιασμένα φυτά ποικιλίας σε υποκείμενα που φέρουν επιθυμητά χαρακτηριστικά για κάθε έδαφος και περιοχή (Βασιλακάκης 2016).

#### Εγκατάσταση οπωρώνα

Τα συστήματα διαμόρφωσης που εφαρμόζονται είναι αυτά του T, της ημικρεβατίνας και της κρεβατίνας. Οι αποστάσεις φύτευσης είναι στα 4-5×4-5 μ εκτός της περίπτωσης του T με μονό κορδόνι όπου συστήνεται 4-5×2 μ. Η εγκατάσταση ενός οπωρώνα ακτινιδιάς απαιτεί και τοποθέτηση πασσάλων και συρμάτων για στήριξη. Κάθε πρέμνο απαιτεί ένα πάσσαλο σε ύψος περίπου 2 μέτρων και σύρματα για το δέσιμο των κληματίδων (Βασιλακάκης 2016).

#### Κλάδεμα

Το κλάδεμα έχει ως στόχο την εξασφάλιση ικανοποιητικής παραγωγής για την χρονιά που έπεται, τη διατήρηση της διαμορφωμένης κόμης και την δημιουργία βλάστησης για την επόμενη χρονιά. Τα διαφορετικά κλαδέματα που

πραγματοποιούνται είναι ανάλογα των προσδοκιών στις αποδόσεις και διακρίνονται σε πολύ μακρύ, μακρύ και βραχύ (Βασιλακάκης 2016).

### Αραίωμα καρπών

Το αραίωμα είναι μια απαραίτητη πρακτική για την επίτευξη εμπορεύσιμων καρπών και μιας ικανοποιητικής εμπορεύσιμης παραγωγής. Ένα ακτινίδιο θεωρείται εμπορεύσιμο όταν το βάρος του καρπού είναι πάνω από 65 g ενώ μια καλή παραγωγή είναι όταν το μέσο βάρος των καρπών είναι περίξ των 100 g (Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1673/2004). Το αραίωμα μπορεί να ξεκινήσει από τον Μάιο όπου δεν έχουν ανθίσει ακόμα τα πρέμνα ώστε να αραιωθούν οι οφθαλμοί, ειδάλλως πραγματοποιείται στην καρπόδεση. Πολλές φορές γίνεται και επαναληπτικό αραίωμα για αφαίρεση μη εμπορικά ορθώς ανεπτυγμένων καρπών. Το αραίωμα πραγματοποιείται με το χέρι και είναι μια από τις πιο χρονοβόρες καλλιεργητικές εργασίες που πραγματοποιούνται στα ακτινίδια (Βασιλακάκης 2016).

### Λίπανση

Ένας επαρκής εφοδιασμός σε θρεπτικά στοιχεία είναι πολύ σημαντικός για την άριστη αύξηση του ακτινιδίου (Θεριός και Δημάση-Θεριου 2013). Για την εφαρμογή ορθολογικής λίπανσης στην ακτινιδιά πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι εκροές θρεπτικών στοιχείων (βασικά με τον καρπό) ενώ τα θρεπτικά στοιχεία των φύλλων, των κλαδεμάτων και των ζιζανίων επιστρέφουν στο έδαφος (Ξυλογιάννης Χ. και Ξυλογιάννης Ε. 2022). Αυτό ισχύει για όλα τα στοιχεία εκτός από το άζωτο, το οποίο απορροφάται από τις ρίζες βασικά σε νιτρική μορφή και επομένως προερχόμενο από οργανικά υλικά (βλαστοί, ζιζάνια κ.α.) πρέπει να επέλθει η ανοργανοποίησή του για να μπορέσει να απορροφηθεί από τα φυτά, με τους μικροοργανισμούς του εδάφους να διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο σε αυτή (Ξυλογιάννης Χ. και Ξυλογιάννης Ε. 2022). Επίσης για τη σωστή διαχείριση της λίπανσης θα πρέπει να συμβαίνει συγχρονισμός μεταξύ θρεπτικών αναγκών των δένδρων και διαθεσιμότητας των διαφόρων θρεπτικών στοιχείων (Ξυλογιάννης Χ. και Ξυλογιάννης Ε. 2022).

Σύμφωνα με τα ανωτέρω, μια γενική σύσταση για λίπανση για ένα ακτινιδεώνα σε πλήρη παραγωγή (4,5 τόνους/στρέμμα) είναι: - Άζωτο 12-13 μονάδες με τις 5-6 μονάδες να εφαρμόζονται 10 ημέρες πριν αρχίσει η βλάστηση και το υπόλοιπο με υδρολίπανση από αρχές Μαΐου με εβδομαδιαίες επεμβάσεις μέχρι τέλη Αυγούστου, -

Φώσφορο, συνολικά 3 μονάδες ανά έτος, - Κάλιο 11-12 μονάδες ανά έτος, μόνο εφόσον απαιτείται σύμφωνα με την εδαφολογική ανάλυση, - Ασβέστιο 0,5 μονάδες ανά έτος, - Μαγνήσιο 1 μονάδα ανά έτος και τα ιχνοστοιχεία Fe, B, Cu, Zn, Mn, Cl, Mo σε ποσότητες 3 έως 10 γραμμάρια ανά στρέμμα ανά έτος (Ξυλογιάννης X. και Ξυλογιάννης E. 2022).

### Άρδευση

Η άρδευση θεωρείται από τις σπουδαιότερες καλλιεργητικές φροντίδες για την επιτυχή καλλιέργεια της ακτινιδιάς (Χαρτζουλάκης 2019). Η ακτινιδιά είναι γνωστή για τις υψηλές της ανάγκες σε νερό, τόσο ως προς την ποσότητα νερού όσο και προς την ποιότητά του. Η ακτινιδιά είναι αρκετά ευαίσθητη στην έλλειψη νερού και δεν αντέχει σε επίπεδα υδατικής καταπόνησης που το υδατικό δυναμικό των φύλλων πριν την ανατολή του ήλιου είναι χαμηλότερο από -1,5 MPa (Χαρτζουλάκης 2019). Ακόμη και ήπια έλλειψη νερού προκαλεί γρήγορο κλείσιμο των στομάτων και αύξηση της θερμοκρασίας των φύλλων που αρχικά έχει ως αποτέλεσμα τη συστροφή των νεαρών φύλλων, την ξήρανση της άκρης των φύλλων και αργότερα οδηγεί σε πλήρη νέκρωση του ελάσματος και φυλλόπτωση ιδιαίτερα το καλοκαίρι (Χαρτζουλάκης 2019). Η έλλειψη νερού κατά την αρχική ανάπτυξη των καρπών ή αργότερα κατά τη διάρκεια ανάπτυξης των καρπών προκαλεί μείωση στο μέγεθος των καρπών. Ακόμα, η έλλειψη νερού οδηγεί σε μείωση του ρυθμού φωτοσύνθεσης και επομένως σε μειωμένο ξηρό βάρος καρπού. Το ελάχιστο ξηρό βάρος του καρπού για να είναι εμπορεύσιμος ο καρπός είναι 14% του νωπού βάρους (Βασιλακάκης 2016). Η ακτινιδιά είναι αρκετά ευαίσθητη στην έλλειψη νερού καθ' όλη την καλλιεργητική περίοδο και γι' αυτό η υγρασία του εδάφους πρέπει να διατηρείται κοντά στην υδατοϊκανότητα και δεν πρέπει να μειωθεί κάτω από το 70% της διαθέσιμης υγρασίας στο έδαφος στο ριζικό σύστημα (Χαρτζουλάκης 2019). Το διάστημα μεταξύ των αρδεύσεων κατά τους κρίσιμους μήνες δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 3-4 ημέρες ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες ενώ η χρήση οργάνων που δείχνουν την εδαφική υγρασία στη ζώνη των ριζών όπως τα τασίμετρα βοηθά στον προσδιορισμό του χρόνου άρδευσης (Χαρτζουλάκης 2019).

Οι Chartzoulakis κ.α. (1991) ισχυρίζονται ότι οι ανάγκες της ακτινιδιάς στην κεντρική και βόρεια Ελλάδα για την περίοδο Μαΐου - Οκτωβρίου είναι στα 800-1000 mm νερού με χρήση εκτοξευτήρων. Φυσικά οι ανάγκες σε νερό είναι ανάλογες των κλιματικών συνθηκών όπου τα τελευταία χρόνια παρατηρούνται ακραία καιρικά

φαινόμενα με έντονες περιόδους ξηρασίας και υψηλών θερμοκρασιών κατά τους θερινούς μήνες (Chartzoulakis et al. 1991).

Οι μέθοδοι άρδευσης που μπορούν να εφαρμοστούν στην ακτινιδιά είναι η επιφανειακή άρδευση, η τεχνητή βροχή, οι σταλάκτες, οι μικροεκτοξευτήρες ή και η υπόγεια στάγδην άρδευση (Chartzoulakis et al. 1991). Η άρδευση με σταγόνες (μία ή δύο γραμμές σταλακτήρων 4-6 λίτρων ανά 0,75 m επί της γραμμής ανά σειρά δένδρων) επικρατεί σε μέσης σύστασης εδάφη ενώ είναι μικροεκτοξευτήρες (ένας ανά φυτό πλήρους κύκλου 80-100 λίτρων ή δύο μισού κύκλου 30-40 λίτρων) επικρατούν σε ελαφρά εδάφη (Χαρτζουλάκης 2019).

Η ακτινιδιά είναι ευαίσθητη στην αλατότητα και το νερό άρδευσης πρέπει να είναι άριστης ποιότητας με ηλεκτρική αγωγιμότητα μέχρι 0,7 dS/m (Χαρτζουλάκης 2019).

### Φυτοπροστασία

Ως καλλιέργεια δεν έχει εμφανίσει ακόμα έντονα προβλήματα σε μυκητολογικές και εντομολογικές προσβολές, το οποίο καθιστά την καλλιέργεια σχετικά εύκολη στην φυτοπροστασία της (Παστόπουλος 2014). Οι κύριες ασθένειες που αντιμετωπίζει η καλλιέργεια είναι το βακτηριακό έλκος *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*, ο βακτηριακός καρκίνος *Agrobacterium tumefaciens*, και μυκητολογικές προσβολές από φυτόφθορα *Phytophthora spp*, ίσκα *Phomitiptoria mediteranea* και βοτρυτή *Botrytis cinerea*. Οι εχθροί που αντιμετωπίζει το φυτό είναι έντομα βαμβακάδας *Pseudalacapsis pentagona*, *Metcalfa pruinosa* και η μύγα *Drosophilla suzukii*. Ακόμα είναι ευαίσθητο σε νηματώδεις (Παστόπουλος 2014).

### Διαχείριση ζιζανίων

Η ανάπτυξη της αυτοφυούς βλάστησης εντός του οπωρώνα λειτουργεί αρνητικά προς τα φυτά και τον παραγωγό (Βασιλακάκης 2016). Τα ζιζάνια καταναλίσκουν νερό και θρεπτικά από την καλλιέργεια και συχνά μπορούν να αποτελέσουν ενδιάμεσο ξενιστή για εχθρούς και ασθένειες ενώ αν αναπτυχθούν σε πολύ μεγάλο βαθμό δυσχεραίνουν την ανθρώπινη εργασία εντός του οπωρώνα (Βασιλακάκης 2016).

Για την αντιμετώπισή τους συστήνεται η καταστροφή τους με μηχανικές και χημικές μεθόδους και η διατήρησή τους εντός του οπωρώνα όποτε αυτό είναι δυνατό

ως χλωρά λίπανση. Ακόμα για την αποφυγή της διασποράς τους πρέπει να καταστρέφονται πριν την σοριοποίησή τους και να απολυμαίνονται τα μηχανήματα και τα προϊόντα εφαρμογών (νερό, κοπριά κ.α.) (Βασιλακάκης 2016).

### Συγκομιδή

Τα ακτινίδια πρέπει να συγκομιστούν στο κατάλληλο στάδιο ωρίμανσης για να εμπορευθούν (Βασιλακάκης 2016). Το καλύτερο κριτήριο ωρίμανσης είναι η μέτρηση των διαλυτών στερεών συστατικών (ΔΔΣ%) ή °Brix με διαθλασίμετρο (Βασιλακάκης 2016). Το κατώτατο όριο που έχει οριστεί στη Νέα Ζηλανδία για την ποικιλία Hayward είναι 6,25% (Βασιλακάκης 2016). Η ξηρή ουσία αποτελεί το δεύτερο κριτήριο συγκομιδής και ποσοστά  $\geq 14\%$  θεωρούνται ικανοποιητικά (Βασιλακάκης 2016). Καρποί που πληρούν τα δυο αυτά κριτήρια μπορούν να συντηρηθούν για 4-6 μήνες χωρίς να αλλοιωθούν πολύ η ποιότητα και τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά (Βασιλακάκης 2016). Για τα ελληνικά δεδομένα η ωρίμανση του καρπού αρχίζει κατά τον Νοέμβριο (Βασιλακάκης 2016). Αν οι καρποί συγκομιστούν νωρίτερα του κανονικού στερούνται γεύσης και ποιότητας ενώ αν αργήσουν να συγκομιστούν χάνουν την ικανότητα επί μακρό συντήρησης (Βασιλακάκης 2016).

## **1.4. Πιστοποιήσεις αγροτικών προϊόντων**

Για τη διασφάλιση της ποιότητας των αγροτικών προϊόντων, την αύξηση της ανταγωνιστικότητας, την επίτευξη υψηλότερης τιμής πώλησης και την εξασφάλιση μεριδίου στις αγορές, η πιστοποίηση των αγροτικών προϊόντων κρίνεται απόλυτα αναγκαία και επιτακτική. Τα πιο διαδεδομένα πρότυπα πιστοποίησης των αγροτικών προϊόντων αφορούν την ολοκληρωμένη διαχείριση στη γεωργική παραγωγή, τη βιολογική γεωργία, τα προϊόντα προστατευόμενης ονομασίας προέλευσης (ΠΟΠ) ή προστατευόμενης γεωγραφικής ένδειξης (ΠΓΕ), με τον ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ να αποτελεί τον αρμόδιο εθνικό φορέα για την σύνταξη-έκδοση των εθνικών προτύπων και προδιαγραφών, πρωτοκόλλων, οδηγιών και κανονισμών στον τομέα των αγροτικών προϊόντων και των τροφίμων (ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ 2023). Με την πιστοποίηση και τη θέσπιση εθνικών σημάτων αυξάνεται η προστιθέμενη αξία των

προϊόντων, οι παραγωγοί απολαμβάνουν υψηλότερες τιμές εμπορίας και αναπτοκρίνονται στις απαιτήσεις των καταναλωτών (Πολυράκης 2003).

Προτεραιότητα της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης της γεωργικής παραγωγής είναι η προστασία του περιβάλλοντος και τα υψηλής ποιότητας παραγόμενα προϊόντα (ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ 2023). Αποσκοπεί στην ελαχιστοποίηση των εισροών μέσω της εισαγωγής καινοτόμων τεχνολογιών ακριβείας στη γεωργία αλλά κυρίως λόγω της επιστημονικής αιτιολόγησης (τεκμηρίωσης) της εφαρμογής των επεμβάσεων (ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ 2023). Η μείωση των εισροών, εκτός από τη μείωση του κόστους παραγωγής των προϊόντων, συμβάλλει ταυτόχρονα και στη μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης (ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ 2023). Η πιστοποίηση των γεωργικών προϊόντων ως Ολοκληρωμένης Διαχείρισης παρέχεται μέσω των προτύπων AGRO 2-1 και 2-2 και η σήμανση που αποκτούν τα παραγόμενα προϊόντα αυξάνει την προστιθέμενη αξία τους δίνοντάς τους τη δυνατότητα να αποκτήσουν σημαντικό προβάδισμα στις αγορές υψηλού ανταγωνισμού και να κατακτήσουν την εμπιστοσύνη των καταναλωτών (ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ 2023).

Σε συμμόρφωση με τους διεθνείς κανόνες εμπορίας και πιστοποίησης αγροτικών προϊόντων έχει θεσπιστεί το πρότυπο GLOBALG.A.P. Το πρότυπο GLOBALG.A.P είναι ένα διεθνώς αποδεκτό και αναγνωρίσιμο πρότυπο και αφορά στη διασφάλιση της ποιότητας των τροφίμων γεωργικής παραγωγής χρησιμοποιώντας ορθές γεωργικές πρακτικές. Βασίζεται στην τήρηση των κωδικών Ορθής Γεωργικής Πρακτικής (Good Agricultural Practice-GAP) και αφορά τη πιστοποίηση του γεωργικού προϊόντος. Βασίζεται στις αρχές του HACCP και στην τήρηση εθνικής και διεθνούς νομοθεσίας (EUROCERT 2023). Το Πλαίσιο Ορθής Γεωργικής Πρακτικής (G.A.P.) συμπεριλαμβάνει την εφαρμογή: - Ολοκληρωμένων συστημάτων καταπολέμησης εχθρών (IPM) και - Ολοκληρωμένων συστημάτων διαχείρισης καλλιεργειών (ICM) (EUROCERT 2023).

Η βιολογική καλλιέργεια επεκτείνεται ταχύτατα στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.), λόγω του αυξανόμενου ενδιαφέροντος των καταναλωτών για βιολογικά προϊόντα. Από 1/1/2022, τέθηκε σε εφαρμογή ο νέος Κανονισμός (ΕΕ) 2018/848 "για τη βιολογική παραγωγή και την επισήμανση των βιολογικών προϊόντων και για την κατάργηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 834/2007 του Συμβουλίου". Η βιολογική γεωργία είναι πιο επίκαιρη από ποτέ καθώς ένας από τους στόχους της στρατηγικής «Από το αγρόκτημα στο πιάτο» της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας είναι το 25% της γεωργίας της ΕΕ να καταστεί βιολογικής καλλιέργειας έως το έτος 2030

(Ευρωπαϊκή Επιτροπή 2021). Άλλοι στόχοι είναι η μείωση κατά 50% της χρήσης φυτοφαρμάκων έως το έτος 2030, η μείωση της χρήσης λιπασμάτων κατά 20% έως το έτος 2030 και η μείωση της απώλειας θρεπτικών ουσιών κατά τουλάχιστον 50% (Ευρωπαϊκή Επιτροπή 2021). Στον κανονισμό (ΕΕ) 2018/848 αναφέρονται ρητά οι αρχές στις οποίες στηρίζεται η βιολογική παραγωγή.

Σήμερα η πιστοποίηση των αγροτικών προϊόντων αποτελεί πλέον μονόδρομο για την εμπορευματοποίηση αυτών σε διεθνές επίπεδο. Αν και δεν αποτελεί ακόμη υποχρέωση η πιστοποίηση των αγροτικών προϊόντων για την περιβαλλοντική επιβάρυνση που επιφέρει η παραγωγική διαδικασία, αναγνωρίζεται ήδη από τις ομάδες παραγωγών και τους συνεταιρισμούς η αναγκαιότητα της ύπαρξης ενός πιστοποιητικού, ενός οικολογικού σήματος συνοδευτικού του προϊόντος, που να αποδεικνύει τη συμμόρφωση του τρόπου καλλιέργειας, της παραγωγικής διαδικασίας, της αποθήκευσης, της διακίνησης και της διάθεσης ενός προϊόντος με μειωμένες εισροές και χαμηλό περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Κάποια από τα ευρύτερα γνωστά πιστοποιητικά υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα ενός προϊόντος, μιας υπηρεσίας, ενός φορέα, μίας δράσης ή μίας επιχείρησης είναι τα εξής: - PAS 2050: 2011, - Greenhouse Gas Protocol WRI/WBCSD, - ISO 14067: 2018.

### **1.5. Κλιματική αλλαγή και Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία**

Το ζήτημα των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και της δέσμευσης άνθρακα έχει πάρει μεγάλες διαστάσεις στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) από τον Δεκέμβριο του 2019 όπου παρουσιάστηκε η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία (Ε.Π.Σ.). Η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία δεσμεύει την Ε.Ε. για την επίτευξη κλιματικής ουδετερότητας έως το 2050. Έπειτα προστέθηκαν ενδιάμεσοι στόχοι, όπως η μείωση των καθαρών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 55% (συγκριτικά με τα επίπεδα του 1990) έως το 2030. Για να επιτευχθεί ο στόχος αυτός πρέπει σαφώς να υπάρχει απορρόφηση άνθρακα από την ατμόσφαιρα για να εξισορροπήσει τις εκπομπές που δεν μπορούν να εξαιρεθούν. Η απορρόφηση αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί από βιομηχανικές τεχνολογίες όπως η βιοενέργεια. Ακόμα μπορεί να ενισχυθεί με πρακτικές ανθρακοδεσμευτικής γεωργίας οι οποίες μπορούν να ενισχύσουν με βιώσιμο τρόπο την αποθήκευση άνθρακα στο έδαφος και στα δάση ή να μειώσουν την έκλυση άνθρακα από το έδαφος, και να δημιουργήσουν ένα νέο επιχειρηματικό μοντέλο για τους γεωργούς και τους δασοκόμους. Από τον Νοέμβριο του 2022 έχει



προταθεί η πιστοποίηση των απορροφήσεων άνθρακα ώστε να υπάρχει ποσοτικοποίηση και μεγαλύτερη διαφάνεια στις ανθρακοδεσμευτικές πρακτικές.

### **1.6. Νέα Κοινή Γεωργική Πολιτική**

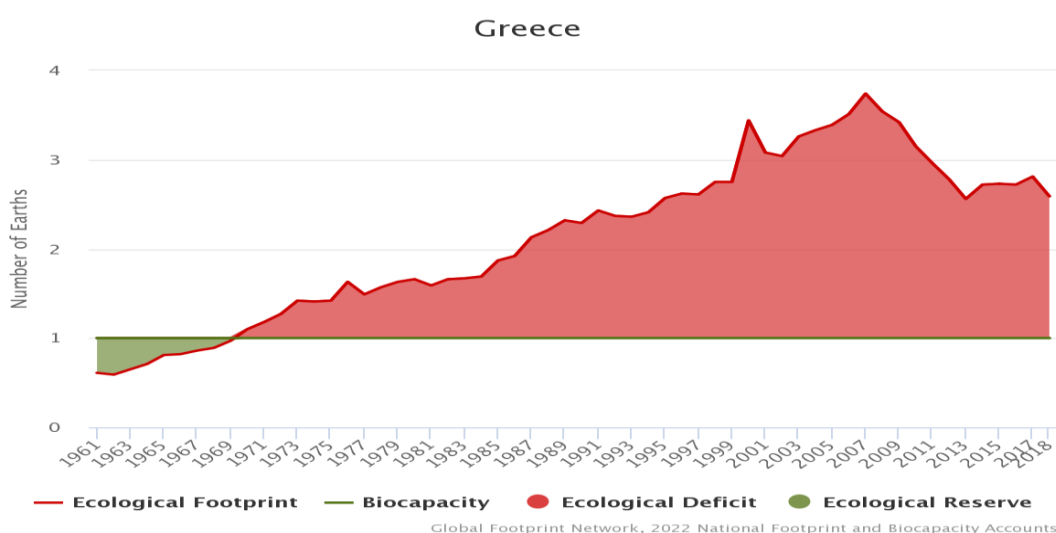
Επιπροσθέτως, από το 2023 έχει ξεκινήσει η Νέα Κοινή Γεωργική Πολιτική (ΚΓΠ) η οποία για την επίτευξη των στόχων της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας περιλαμβάνει οικολογικά προγράμματα, βιολογικής γεωργίας, αγροοικολογίας, ανθρακοδεσμευτικής γεωργίας κ.λπ., στα οποία θα διατεθεί τουλάχιστον το 25% του προϋπολογισμού των άμεσων ενισχύσεων (Επίσημος ιστότοπος της Ευρωπαϊκής Ένωσης 2023).

### **1.7. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα καλλιεργειών**

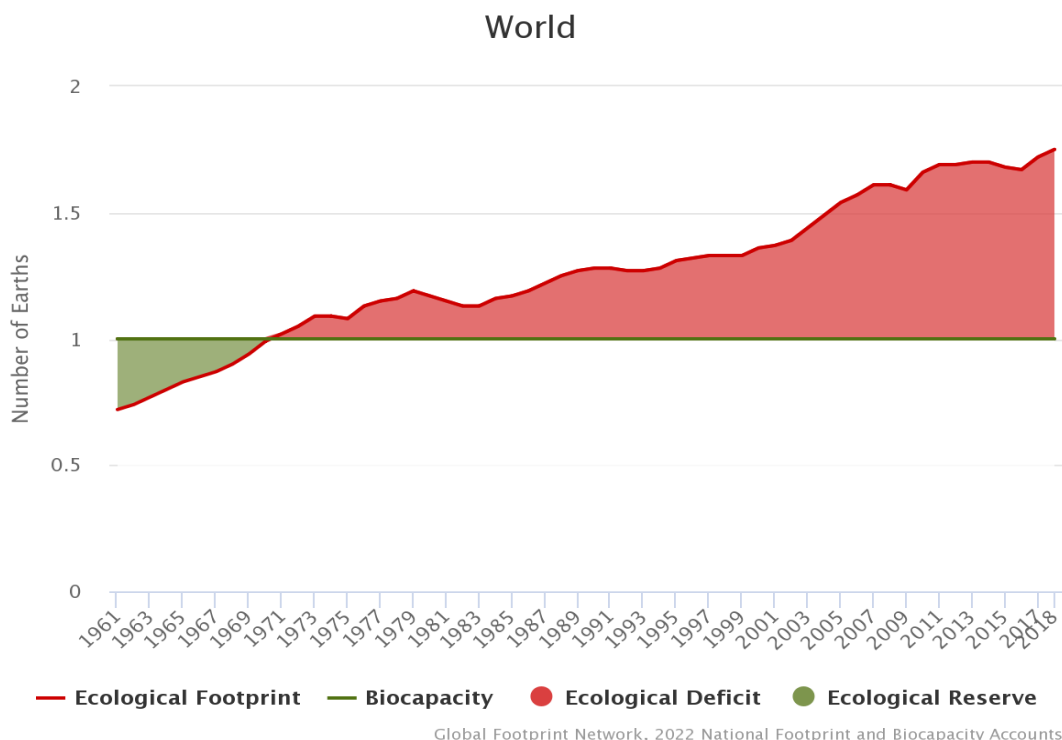
Αν και αρχικά «αποτύπωμα» σήμαινε, κυριολεκτικά, μια περιοχή γης που ιδιοποιήθηκε από κάποια οντότητα και το αποτύπωμά της στη γη (Rees and Wackernagel 1996), αργότερα ο γενικός ορισμός επεκτάθηκε στους «δείκτες ανθρώπινης πίεσης στο περιβάλλον» (Hoekstra και Wiedmann 2014). Ο ορισμός αυτός είναι πολύ γενικός και έτσι οι σημερινές αναφορές περιβαλλοντικών αποτυπωμάτων αναφέρονται κυρίως στο αποτύπωμα οικολογίας, άνθρακα και νερού.

Το οικολογικό αποτύπωμα ήταν ο πρώτος δημοσιευμένος δείκτης αποτυπώματος. Παρουσιάστηκε τη δεκαετία του 1990 από τον Rees και Wackernagel (που εισήχθη για πρώτη φορά στην αναφορά (Rees 1992)) και περαιτέρω αναπτύχθηκε, μεταξύ άλλων, από τους Rees and Wackernagel (1996) ως ένας δείκτης της ανθρώπινης οικειοποίησης των φυσικών πόρων της γης. Οι πρώτες μελέτες οικολογικού αποτυπώματος στόχευαν να μετρήσουν τη «συνολική έκταση γης που απαιτείται για τη διατήρηση μιας αστικής περιοχής» (Rees 1992). Σήμερα το οικολογικό αποτύπωμα έχει οριστεί ως «Η συνολική έκταση γης και νερού σε κάθε οικοσύστημα που απαιτείται από τους συμμετέχοντες της εκάστοτε οικονομίας, για την παραγωγή των πόρων που καταναλώνονται και την απόρριψη όλων των απόβλητων που προκύπτουν σε συνεχή βάση, χρησιμοποιώντας την επικρατούσα τεχνολογία» (Wackernagel and Rees 1997).

Ένας άλλος δημοφιλής περιβαλλοντικός δείκτης είναι το Water Footprint (WF). Εισήχθη το 2002 από τον Arjen Y. Hoekstra (2003) ως «δείκτης χρήσης νερού πίσω από όλα τα αγαθά και υπηρεσίες που καταναλώνονται από ένα άτομο ή τα άτομα μιας χώρας» (Hoekstra 2017). Αν και, όπως και το οικολογικό αποτύπωμα, αρχικά επικεντρώθηκε σε εθνικές αξιολογήσεις, γύρω στο 2007 το πεδίο εφαρμογής διευρύνθηκε σε επίπεδο εταιριών – επιχειρήσεων, προϊόν κ.λπ. (Hoekstra 2017). Μέσω της πρωτοβουλίας του Water Footprint Assessment (WFN) (waterfootprint.org), και σε συνεννόηση με τους ενδιαφερόμενους φορείς, αναπτύχθηκε ένα Παγκόσμιο Πρότυπο Αξιολόγησης Αποτυπώματος Υδάτων (Hoekstra et al. 2011). Βασισμένοι στον Falkenmark (2000) η αξιολόγηση αποτυπώματος νερού από το 2008 (Hoekstra and Chapagain 2008) περιλαμβάνει τρία τμήματα: το «πράσινο αποτύπωμα νερού» που μετρά το νερό της βροχής που εξατμίζεται ή ενσωματώνεται από τα φυτά, το «μπλε αποτύπωμα νερού» που μετρά το επιφανειακό ή υπόγειο νερό που αποσύρεται από ένα υδάτινο σώμα και το «γκρίζο αποτύπωμα νερού» που μετρά μια υποθετική ποσότητα νερού που είναι απαραίτητη για να αφομοιώσει το ρυπαντικό φορτίο ώστε η ποιότητα του νερού να παραμείνει μέσα σε καθορισμένα επίπεδα (Hoekstra et al. 2011). Το αποτύπωμα νερού παρουσιάζεται ως δείκτης ιδιοποίησης νερού και ένας όγκος νερού (συνήθως m<sup>3</sup>) που απαιτείται για έναν συγκεκριμένο σκοπό και επομένως δεν είναι διαθέσιμος για άλλο σκοπό (Hoekstra 2017).



**Διάγραμμα 4.** Οικολογικό αποτύπωμα συγκριτικά με την Βιοχωρητικότητα για την Ελλάδα για τα έτη από 1961-2018.



**Διάγραμμα 5.** Παγκόσμιο οικολογικό αποτύπωμα συγκριτικά με την Βιοχωρητικότητα για τα έτη από 1961-2018.

Πηγή: Global Footprint Network Advancing the Science of Sustainability, 2023. <https://data.footprintnetwork.org> (Πρόσβαση στις 26 Ιουνίου 2023)

Κάτω από την ονομασία «αποτύπωμα άνθρακα» (AA) κρύβεται μια μεγάλη ποικιλία μεθοδολογικών προσεγγίσεων που στοχεύουν στη μέτρηση του αντίκτυπου μιας δραστηριότητας στο κλίμα της Γης. Υπάρχει ένα ευρύ φάσμα χρησιμοποιούμενων ορισμών για το αποτύπωμα άνθρακα (Alvarez et al. 2016). Από τη μία πλευρά, υπάρχει ο ορισμός του χερσαίου αποτυπώματος άνθρακα που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του οικολογικού αποτυπώματος (Rees and Wackernagel 1996) δηλαδή μια δασική γη που απαιτείται για τη δέσμευση των εκπομπών CO<sub>2</sub> (Mancini et al. 2016), που ονομάζεται επίσης «ενεργειακό αποτύπωμα» (Fang and Heijungs 2015a). Στην άλλη πλευρά του φάσματος υπάρχει το αποτύπωμα άνθρακα που θεωρείται ως εκτίμηση του κύκλου ζωής που περιορίζεται μόνο στην κατηγορία των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής (Laurent et al. 2012). Εκτός από το χερσαίο αποτύπωμα άνθρακα του οποίου η λειτουργική μονάδα είναι ένα εκτάριο, το αποτύπωμα άνθρακα συνήθως εκφράζεται σε μονάδες μάζας (κιλά) ισοδύναμου CO<sub>2</sub> που προκύπτει από το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη (IPCC 2007) ή, όχι τόσο συχνά, από το Δυναμικό Παγκόσμιας Θερμοκρασίας (GTP). Οι μονάδες μέτρησης GWP και GTP επιτρέπουν στους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής που

σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή να συγκρίνουν ευκαιρίες για μείωσης εκπομπών σε διάφορους τομείς (Παππά 2022). Ωστόσο, ένα από τα κύρια ζητήματα του αποτυπώματος άνθρακα είναι ποια αέρια θερμοκηπίου (GHG) πρέπει να ληφθούν υπόψη (Wright et al. 2011). Έτσι, κάποιιοι υπολογίζουν μόνο το ορυκτό CO<sub>2</sub>, άλλοι επίσης το μη ορυκτό CO<sub>2</sub>, κάποιιοι μόνο τα ανθρακούχα αέρια (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO), ορισμένοι τα έξι αέρια θερμοκηπίου που αναφέρονται στο πρωτόκολλο του Κιότο (Διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), Μεθάνιο (CH<sub>4</sub>), υποξείδιο του Αζώτου (N<sub>2</sub>O), υδροφθοράνθρακες (HFCs), υπερφθοράνθρακες (PFCs) και εξαφθοριούχο θείο (SF<sub>6</sub>)) UNFCCC, 2008), και ορισμένοι αναφέρουν και άλλα αέρια θερμοκηπίου. Αυτό, προφανώς, οδηγεί σε ασύγκριτα αποτελέσματα. Όταν υπολογίζονται πολλαπλά αέρια θερμοκηπίου, ο δείκτης ονομάζεται επίσης «αποτύπωμα αερίων θερμοκηπίου» (Čuček et al. 2015) ή «Κλιματικό Αποτύπωμα» (Wright et al. 2011). Λαμβάνοντας υπόψη τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα, οι Wright et al. (2011) πρότειναν έναν καθολικό ορισμό του αποτυπώματος άνθρακα: «Ένα μέτρο της συνολικής ποσότητας εκπομπών CO<sub>2</sub> και CH<sub>4</sub> ενός καθορισμένου πληθυσμού, συστήματος ή δραστηριότητας, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις σχετικές πηγές, καταβόθρες και αποθήκευση εντός των χωρικών και χρονικών ορίων του πληθυσμού, σύστημα ή δραστηριότητα ενδιαφέροντος. Υπολογίστηκε ως CO<sub>2</sub>eq [ισοδύναμο] χρησιμοποιώντας τη σχετική υπερθέρμανση του πλανήτη 100 ετών (GWP100). Το πιο συνηθισμένο όμως είναι το αποτύπωμα άνθρακα που μετρείται σε τόνους ισοδυνάμου του διοξειδίου του άνθρακα (t CO<sub>2</sub>eq). Το ισοδύναμο του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>eq) επιτρέπει τα διαφορετικά αέρια του θερμοκηπίου να είναι συγκρίσιμα μεταξύ τους σε μια βάση υπολογισμού η οποία ως μονάδα μέτρησης έχει τη μια μονάδα διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Χρησιμοποιείται για τη σύγκριση των εκπομπών από διάφορα αέρια θερμοκηπίου με βάση το δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη (GWP) για 100 χρόνια, μετατρέποντας ποσότητες άλλων αερίων στην ισοδύναμη ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα με το ίδιο δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη. Υπάρχουν, γενικά, δύο προσεγγίσεις για τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα: Ανάλυση Κύκλου Ζωής και Ανάλυση Εισροών-Εκροών, αλλά και οι τροποποιήσεις και οι υβριδοποιήσεις τους (Giama and Papadopoulos 2018). Τα αποτυπώματα άνθρακα υπολογίζονται σε πολλά, συχνά αλληλένδετα, επίπεδα: παγκόσμιο, εθνικό, εδαφικό, οργανισμό, δραστηριότητα ή προϊόν. Αυτό οδηγεί σε προβλήματα τυποποίησης (Alvarez et al. 2016): για παράδειγμα, υπάρχει το ISO 14067 για το αποτύπωμα άνθρακα ενός προϊόντος (ISO 2018b) και το ISO 14064 για

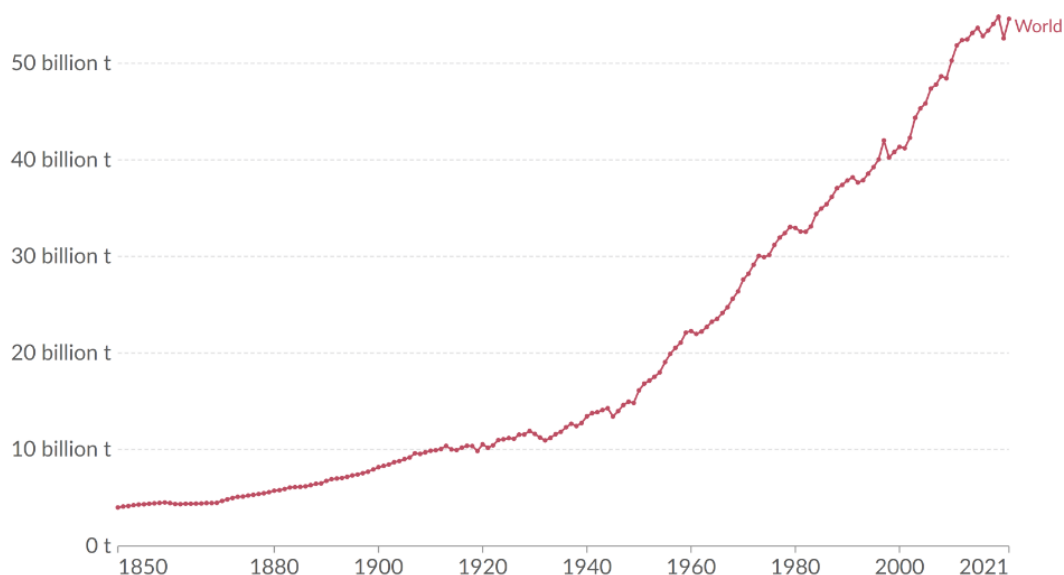
την απογραφή των αερίων του θερμοκηπίου ενός οργανισμού (ISO 2018a). Το κύριο πλεονέκτημα του αποτύπωματος άνθρακα είναι βεβαίως η ικανότητά του να γνωστοποιείται σε ένα ευρύ κοινό (Alvarez et al. 2016). Δεδομένου ότι εξετάζει την αιτία ενός από τα κύρια τρέχοντα περιβαλλοντικά ζητήματα, την κλιματική αλλαγή, το αποτύπωμα άνθρακα έχει αποκτήσει ευρεία δημοτικότητα και συνέβαλε στην ευαισθητοποίηση του κοινού τις τελευταίες δεκαετίες. Ωστόσο, υπάρχουν σαφείς κίνδυνοι καθώς χρησιμοποιείται συχνά ως ο μόνος δείκτης περιβαλλοντικής απόδοσης και μπορεί να οδηγήσει σε ανεπιθύμητους συμβιβασμούς και μετατόπιση προβλημάτων (Alvarez et al. 2016), δηλαδή βελτιώσεις στο αποτύπωμα άνθρακα με αντίστοιχο τίμημα π.χ. καταστρέφοντας τα τροπικά δάση για την καλλιέργεια με φοίνικες για την παραγωγή βιοντίζελ. Επιπλέον, μαζί με τα αποτελέσματα σπάνια κοινοποιούνται οι περιορισμοί και οι μεθοδολογικές επιλογές, ειδικά στα μέσα. Λαμβάνοντας υπόψη την πληθώρα των μεθοδολογικών προσεγγίσεων για το αποτύπωμα άνθρακα, η μεγαλύτερη διαφάνεια θα ήταν σίγουρα απαραίτητη (Matustík and Kocí 2020).

### **1.8. Ο ρόλος της γεωργίας στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου**

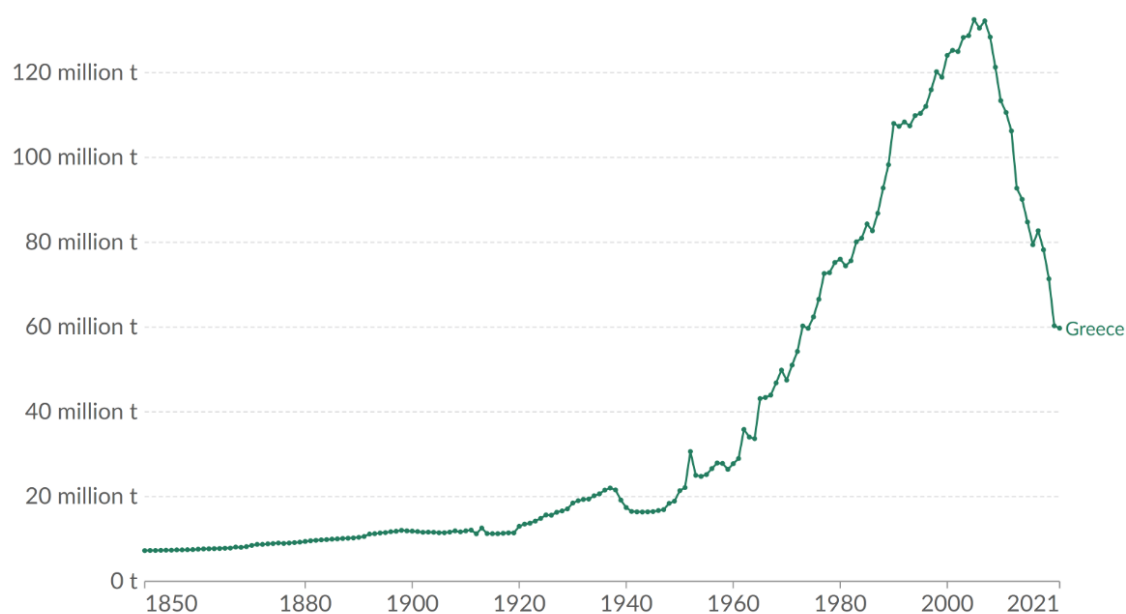
Ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως η καύση ορυκτών καυσίμων και των δασών, η αποψίλωση των δασών, η ερημοποίηση, η αστικοποίηση και οι σύγχρονες γεωργικές πρακτικές είναι υπεύθυνες για την αύξηση της συγκέντρωσης CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα, η οποία έφτασε την τιμή των 370 mmol mol<sup>-1</sup> το 2000, και εκτιμάται ότι αυτή η τιμή θα μπορούσε να διπλασιαστεί έως το τέλος αυτού του αιώνα εάν δεν ληφθούν ανάλογα διορθωτικά μέτρα (Sofa et al., 2005).

Το 2019 οι παγκόσμιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από ανθρωπογενείς δραστηριότητας έφτασαν τους 54 δισεκατομμύρια τόνους ισοδυνάμου διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>eq). Τα αγροδιατροφικά συστήματα ήταν υπεύθυνα για 17 δισεκατομμύρια τόνους CO<sub>2</sub>eq (31% των συνολικών εκπομπών) εκ των οποίων 7,2 δισεκατομμύρια τόνοι CO<sub>2</sub>eq προήλθαν από καλλιεργητικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες εντός του αγροκτήματος, 5,8 δισεκατομμύρια τόνοι CO<sub>2</sub>eq προήλθαν από διεργασίες πριν και μετά την παραγωγή, συμπεριλαμβανομένης της μεταφοράς και της μεταποίησης, ενώ 3,5 δισεκατομμύρια τόνοι CO<sub>2</sub>eq προήλθαν από διαδικασίες αλλαγής χρήσης γης που προκλήθηκαν κυρίως από αποψίλωση, αποστράγγιση και καύση οργανικών εδαφών. Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου

των παγκόσμιων συστημάτων αγροδιατροφής αυξήθηκαν κατά 16% μεταξύ 1990 και 2019 (FAO 2021).



**Διάγραμμα 6.** Παγκόσμιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα για τα έτη 1850-2021.



**Διάγραμμα 7:** Πανελλαδικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα για τα έτη 1850-2021.

Πηγή: Our World in Data, 2023 <https://ourworldindata.org> (Πρόσβαση στις 26 Ιουνίου 2023)

### 1.9. Δέσμευση CO<sub>2</sub> από τις καλλιέργειες

Η οργανική ουσία (ΟΟ) των καλλιεργήσιμων εδαφών εξαντλείται σε σύγκριση με εδάφη με φυσική βλάστηση. Η καλλιέργεια οδηγεί σε απώλειες ΟΟ 30-40% σε σύγκριση με τη φυσική ή ημιφυσική βλάστηση (Don et al. 2011, Poerlau et al. 2011). Ιστορικά, περίπου 32,5 με 35,7 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα φυσικής βλάστησης όπως δάση, δασικές εκτάσεις, σαβάνες, λιβάδια και στέπες έχουν μετατραπεί σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις (DeFries et al. 1999). Κατά συνέπεια, τα εδάφη καλλιεργήσιμων εκτάσεων αποτελούν μια τεράστια δυνητική παγκόσμια δεξαμενή άνθρακα. Η παγκόσμια ανάγκη παραγωγής τροφίμων αυξάνεται λόγω του αυξανόμενου παγκόσμιου πληθυσμού και του αυξανόμενου πλούτου των αναδυόμενων οικονομιών. Η πιθανή έκταση καλλιεργούμενης γης, η οποία μπορεί να μετατραπεί εκ νέου σε φυσική βλάστηση ή λιβάδι είναι επομένως περιορισμένη. Στο νότιο ημισφαίριο, το ποσοστό της γεωργικής γης εξακολουθεί να αυξάνεται (McGuire et al. 2001). Ως εκ τούτου, είναι ζωτικής σημασίας να βρεθούν αποτελεσματικά μέτρα για την αύξηση των αποθεμάτων ΟΟ με ταυτόχρονη ενίσχυση και διατήρηση υψηλής γεωργικής παραγωγικότητας.

Οι αλλαγές στα αποθέματα ΟΟ είναι αποτέλεσμα της ανισορροπίας μεταξύ των εισροών άνθρακα, κυρίως με τη μορφή νεκρού φυτικού υλικού ή κοπριάς και εκροών, που προκαλούνται κυρίως από αποσύνθεση, έκπλυση και διάβρωση. Μια συχνά συνιστώμενη προσέγγιση για τη μείωση της αποσύνθεσης ΟΟ σε γεωργικά εδάφη είναι η μείωση ή η μη κατεργασία του εδάφους για τη διατήρηση της φυσικής συσσωμάτωσης των εδαφών για την προστασία της ΟΟ από τη μικροβιακή δράση. Η κύρια επιλογή διαχείρισης για την αύξηση της αποθήκευσης ΟΟ θα πρέπει επομένως να είναι η αύξηση των εισροών άνθρακα. Οι συνήθεις προτεινόμενες προσεγγίσεις για την αύξηση των εισροών άνθρακα είναι η προσθήκη οργανικής κοπριάς ή λυματολάσπης, η ενσωμάτωση άχρουν (Smith et al. 1997), και πρόσφατα επίσης η καλλιέργεια χειμερινών καλλιεργειών (Mazzoncini et al. 2011). Οι καλλιέργειες εδαφοκάλυψης, είναι καλλιέργειες που αντικαθιστούν τη γυμνή αγρανάπαυση κατά τη χειμερινή περίοδο και οργώνονται ως χλωρή λίπανση πριν από τη σπορά της

επόμενης κύριας καλλιέργειας (Dabney et al. 2001). Εκτός από την αυξημένη εισροή άνθρακα, οι καλλιέργειες εδαφοκάλυψης έχει αποδειχθεί ότι αυξάνουν τη βιοποικιλότητα (Lal 2004) καθώς και ότι μειώνουν τη διάβρωση του εδάφους και την καταπόνηση λόγω ξηρασίας για την ακόλουθη καλλιέργεια όταν χρησιμοποιούνται ως φυτοκάλυψη σε εδάφη με περιορισμένο νερό (Frye et al. 1988). Καλλιεργούμενες το φθινόπωρο και το χειμώνα, οι καλλιέργειες εδαφοκάλυψης μπορούν να προσλάβουν περίσσεια αζώτου από το έδαφος και να μειώσουν την έκπλυση αζώτου (Blombäck et al. 2003).

Η γεωργία παίζει βασικό ρόλο στη δέσμευση και στις εκπομπές CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα (Janssens et al. 2003). Οι αγροτικές εργασίες αντιπροσωπεύουν το ένα πέμπτο των ετήσιων εκπομπών CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> και N<sub>2</sub>O (Reicosky et al. 2000). Μεταξύ 1,5 και 3,0 Gt του CO<sub>2</sub> ανά έτος 1 θα μπορούσε να ακινητοποιηθεί παγκοσμίως στα γεωργικά εδάφη με την εφαρμογή κατάλληλων πρακτικών διαχείρισης για την αύξηση της παραγωγικότητας (Intergovernmental Panel on Climate Change, 1995). Αυτές οι τιμές είναι ισοδύναμες με 47 και το 94% του CO<sub>2</sub> που απελευθερώνεται ετησίως στην ατμόσφαιρα, που ανέρχεται σε 3,2 Gt CO<sub>2</sub> (Lal, 1997).

Στα αγροοικοσυστήματα οποιαδήποτε αύξηση της δεξαμενής άνθρακα όπως ο χούμος προέρχεται σχεδόν εξ ολοκλήρου από τη βιοτική δεξαμενή άνθρακα. Η οργανική ουσία του εδάφους εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την περιοδική εισαγωγή οργανικών υλικών και την ταχύτητά ανοργανοποίησής τους (Kimmins, 1997). Η ανοργανοποίηση άνθρακα, που είναι η μετατροπή του οργανικού άνθρακα του εδάφους σε CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O και μεταλλικά άλατα επιδεινώνεται από τους ανθρωπογενείς παράγοντες (Janssens et al. 2003). Ο ρυθμός δέσμευσης του CO<sub>2</sub> σχετίζεται επίσης με την ποσότητα της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας που λαμβάνεται από τα φυτά, η οποία παίζει βασικό ρόλο στον καθορισμό της παραγωγικότητας ενός οπωρώνα. Σύμφωνα με τους Sofu et al. (2005) η επιλογή του κατάλληλου σχήματος διαμόρφωσης των δένδρων, η πυκνότητα φύτευσης και η χρήση αειφόρων γεωργικών πρακτικών σε συνδυασμό με την ορθολογική άρδευση μπορούν να αυξήσουν την ικανότητα ενός οπωρώνα να μετατρέπει σημαντικές ποσότητες CO<sub>2</sub> σε βιομάζα και χούμο.

Στην περιοχή της Μεσογείου, το 16% της συνολικά καλλιεργούμενης έκτασης καταλαμβάνεται από καλλιέργειες οπωροφόρων δένδρων. Η δέσμευση του άνθρακα στη βιομάζα του φυτού και στο χούμο του εδάφους διαφέρει ανάλογα με τον τρόπο καλλιέργειας. Έτσι, η καλλιέργεια της ελιάς θα μπορούσε να συμβάλλει σημαντικά



στη δέσμευση άνθρακα δεδομένου σε παγκόσμιο επίπεδο καταλαμβάνει  $9.8 \times 10^6$  ha και περιέχει περίπου  $1.2 \times 10^9$  ελαιόδενδρα (Sofa et al. 2005). Γενικότερα οι οπωρώνες της Μεσογείου θα μπορούσαν να βοηθήσουν στο μετριασμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα μέσω της ακινητοποίησης του άνθρακα και της παραγωγής χούμου (Sofa et al. 2005).

### **1.10. Ενέργεια στη γεωργία**

Σε παγκόσμια κλίμακα η αγροτική παραγωγή είναι υπεύθυνη για το 5% της ολικής χρησιμοποιούμενης ενέργειας (Deike et al. 2008). Η ζήτηση για χρήση ενέργειας και φυσικών πόρων είναι συνεχώς αυξανόμενη εξαιτίας της ταχείας αύξησης του πληθυσμού, της βιομηχανοποίησης, της αστικοποίησης και της παγκοσμιοποίησης (Akdemir et al. 2012). Η χρήση της ενέργειας στη γεωργία έχει αυξηθεί ως απόκριση στην αύξηση του πληθυσμού, στον περιορισμό των εκτάσεων καλλιεργούμενης γης και στην επιθυμία για αύξηση του βιοτικού επιπέδου (FAO 2000). Σε όλες τις κοινωνίες οι παράγοντες αυτοί οδηγούν σε αύξηση των εισροών ενέργειας προκειμένου να επιτευχθεί η μεγιστοποίηση της παραγωγής και η ελαχιστοποίηση της ανθρώπινης εργασίας ή και των δύο. Η ενέργεια παίζει καθοριστικό ρόλο για την οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη αλλά γενικώς υπάρχει μια έλλειψη πολιτικής για τη διαχείριση της ενέργειας στη γεωργία. Η γεωργία έχει διττό ρόλο ως καταναλωτής ενέργειας αλλά και ως παραγωγός ενέργειας μέσω της βιοενέργειας. Αυτή η ενέργεια είναι σημαντική για την αγροτική ανάπτυξη αλλά αποτελεί και ένα μέσο για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής μέσω της αντικατάστασης των ορυκτών καυσίμων με τη βιοενέργεια (Havlicek and Capps 1977).

Η εντατικοποίηση της γεωργίας την καθιστά άμεσα εξαρτώμενη από ενεργειακούς πόρους όπως είναι η ηλεκτρική ενέργεια, τα ορυκτά καύσιμα τα χημικά και τα λιπάσματα (Singh et al. 2002). Οι ανάγκες της γεωργίας σε ενέργεια μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες, τις άμεσες και τις έμμεσες. Η άμεση κατανάλωση ενέργειας σχετίζεται με την εκπόνηση διαφόρων δραστηριοτήτων που σχετίζονται με τη γεωργική παραγωγή όπως είναι η προετοιμασία της γης, η άρδευση, η καλλιέργεια, ο αλωνισμός, η συγκομιδή, η μεταφορά γεωργικών προϊόντων. Οι έμμεσες ανάγκες σε ενέργεια έχουν τη μορφή εισροών φυτικής παραγωγής όπως σπόροι, λιπάσματα και φυτοπροστατευτικές ουσίες (Singh et al. 2002). Η αποτελεσματική χρήση της

ενέργειας βοηθά στην επίτευξη αύξησης της παραγωγής και της παραγωγικότητας και συμβάλλει στην οικονομία, την κερδοφορία, την ανταγωνιστικότητα και τη βιωσιμότητα της γεωργίας (Singh et al. 2002). Η εκροή ενέργειας λαμβάνεται με τη μορφή των ζωοτροφών, φρούτων, λαχανικών, σπόρων και δημητριακών (Singh 2002).

Στις ανεπτυγμένες χώρες η παραγωγή γεωργικών προϊόντων εξαρτάται άμεσα από την εισροή στα αγροικοσυστήματα μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας που προέρχεται κυρίως από ορυκτά καύσιμα (είτε άμεσα για τη χρήση των γεωργικών μηχανημάτων όσο και έμμεσα για την κατασκευή τους, την παραγωγή λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών ουσιών κ.α.). Όμως, ο ρυθμός κατανάλωσης της εν λόγω ενέργειας είναι μεγαλύτερος από το ρυθμό παραγωγής της (Conforti and Giampietro 1997). Αυτό σημαίνει ότι οι εφαρμοζόμενες καλλιεργητικές πρακτικές δεν είναι αιφορικές αφού η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να μειώσει τη διαθεσιμότητα κατανάλωσης για τις επόμενες γενιές. Επιπλέον, εναλλακτικές πηγές ενέργειας που μπορεί να ανακαλυφθούν στο μέλλον ίσως να μην αποδειχθούν τόσο αποδοτικές όσο τα ορυκτά καύσιμα (Conforti και Giampietro 1997).

### **1.11. Ενεργειακή ανάλυση**

Η οικονομική χρήση των καλλιεργειών απαιτεί συνεχή μείωση του κόστους παραγωγής, ώστε να αυξάνεται το καθαρό εισόδημα των παραγωγών. Προκειμένου να διατηρείται ένας συνεχής έλεγχος του κόστους σε όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας, χρησιμοποιούνται διάφορες οικονομικές μέθοδοι, όπου όλοι οι συντελεστές παραγωγής και οι εκροές των καλλιεργειών αποτιμώνται σε χρηματικές μονάδες (Tsatsarelis 1991). Οι οικονομικές αυτές αναλύσεις βασίζονται σε μεθόδους που αναπτύχθηκαν επί πολλά χρόνια και τα αποτελέσματα είναι κατανοητά από όλους όσους ενδιαφέρονται άμεσα για τις επιχειρήσεις στην πράξη (Γεράκης κ.ά. 2008).

Υπάρχει επίσης η δυνατότητα μιας ενεργειακής προσέγγισης. Αυτή βασίζεται στη μετατροπή όλων των εισροών της παραγωγής και όλων των εκροών της καλλιέργειας σε μονάδες ενέργειας. Συνεπώς, όλες οι εισροές και οι εκροές εκφράζονται σε μονάδες ενέργειας. Η προσέγγιση αυτή χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της βοηθητικής ενέργειας που εισρέει στο οικοσύστημα με κάθε τρόπο κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας και της ενέργειας που εξέρχεται με τα προϊόντα. Τα

αποτελέσματα έχουν οικονομικό και οικολογικό ενδιαφέρον για τον σχεδιασμό σχεδίων διαχείρισης (Καλτσάς 2005).

Η εκτίμηση και αξιολόγηση των αγροοικοσυστημάτων από ενεργειακή άποψη αποδεικνύεται ιδιαίτερα σημαντική για την κατάλληλη κατανομή των πόρων και τη διαχείριση της ευημερίας της γεωργικής παραγωγής (Chen et al. 2006). Ως εκ τούτου, η αποτελεσματικότερη αξιοποίηση των ενεργειακών πόρων είναι σημαντική για την αύξηση της γεωργικής παραγωγικότητας και ανταγωνιστικότητας. Ως εκ τούτου, η ενεργειακή ανάλυση χρησιμοποιείται ευρέως για την αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στα συστήματα παραγωγής (Ozcan et al. 2007). Η αποδοτική χρήση των ενεργειακών πόρων στη γεωργία αποτελεί μία από τις προϋποθέσεις για τη βιώσιμη γεωργική παραγωγή. Αυτό συμβαίνει επειδή μειώνει το κόστος, εξοικονομεί ορυκτά καύσιμα και μειώνει τη ρύπανση (Pervanchon et al. 2002).

Η ενεργειακή ανάλυση δεν επηρεάζεται από τις τρέχουσες τιμές της αγοράς και είναι συγκρίσιμη σε όλα τα οικοσυστήματα ανεξάρτητα από την τοποθεσία ή τον χρόνο (Γεράκης κ.α. 2008). Η ενεργειακή ανάλυση μπορεί επίσης να επιτύχει οικονομικά αποτελέσματα αποτιμώντας κάθε τύπο ενέργειας σε χρηματικούς όρους και κάνοντας τη βασική παρατήρηση ότι το μοναδιαίο κόστος κάθε ενεργειακής εισροής ή εκροής είναι διαφορετικό (Τσατσαρέλης 2000).

## **1.12. Σκοπός της εργασίας**

Οι αυξανόμενες προσδοκίες των καταναλωτών για πιο αειφόρα προϊόντα σε επίπεδο οικονομίας, διαχείρισης φυσικών πόρων και κλιματικής αλλαγής, καθώς επίσης και σε επίπεδο υγείας και ασφάλειας παραγωγών και καταναλωτών επιτάσσουν την ποσοτικοποίηση του περιβαλλοντικού αντίκτυπου του παραγόμενου προϊόντος. Η ανάλυση των εισροών-εκροών ενέργειας μιας καλλιέργειας εφαρμόζεται αφενός να προσδιορίσει το περιβαλλοντικό κόστος σε ενέργεια της παραγωγής μιας μονάδας προϊόντος και αφετέρου να υποδείξει τρόπους μείωσης των εισροών και βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης μιας καλλιέργειας. Το αποτύπωμα άνθρακα μιας καλλιέργειας, δηλαδή οι εκπομπές ισοδυνάμων διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{kg CO}_2\text{eq}$ ) μιας καλλιέργειας, συνδέεται άμεσα με το περιβαλλοντικό αποτύπωμα όπως το καταλαβαίνουν οι καταναλωτές σήμερα. Ο υπολογισμός των αποτυπωμάτων

ενέργειας και άνθρακα μπορούν να συμβάλλουν στην κατανόηση των παραγόντων που οδηγούν στην αύξηση των ενεργειακών εισροών και των εκπομπών CO<sub>2</sub>eq κατά την παραγωγή ενός προϊόντος και βοηθά στο να αναδειχθούν και εφαρμοστούν οι αποτελεσματικότεροι τρόποι για τη μείωση τους (Strapatsa et al. 2006, Michos et al. 2012, Ingraio et al. 2015).

Σκοπός της ερευνητικής εργασίας ήταν η ανάλυση των εισροών-εκροών ενέργειας και ο υπολογισμός των εκπομπών CO<sub>2</sub>eq όλων των εισροών που εφαρμόζουν οι παραγωγοί στην περιοχή της Ξάνθης για την παραγωγή του ακτινιδίου. Με αυτόν τον τρόπο θα εκτιμηθεί το περιβαλλοντικό κόστος της καλλιέργειας και να προταθούν βελτιώσεις στις καλλιεργητικές πρακτικές με απώτερο σκοπό τη αποτελεσματικότερη χρήση της ενέργειας και τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>eq στην ατμόσφαιρα σε επίπεδο καλλιέργειας.

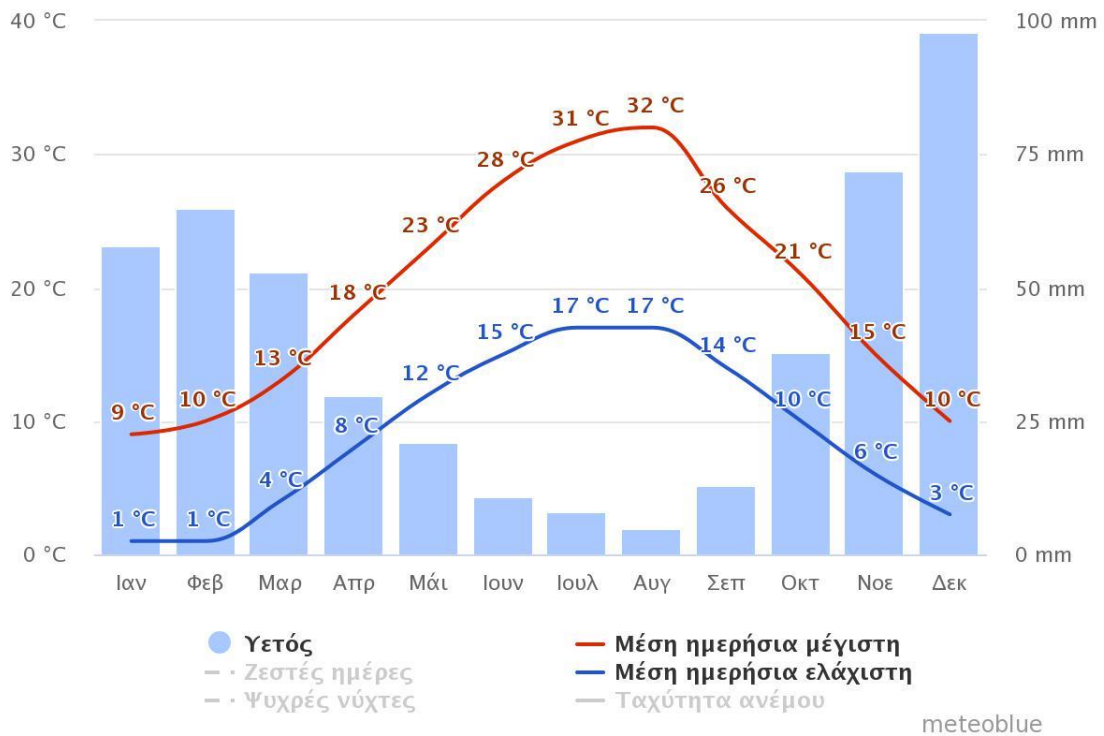
## **2. Υλικά και Μέθοδοι**

### **2.1. Περιοχή μελέτης**

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε το 2022 στην περιοχή της Ξάνθης και τα δεδομένα αφορούν την καλλιεργητική χρονιά του 2021. Η Ξάνθη είναι πόλη της Θράκης στη Βόρεια Ελλάδα. Αποτελεί την πρωτεύουσα της ομώνυμης Περιφερειακής Ενότητας και την έδρα του ομώνυμου Δήμου. Υπάγεται διοικητικά στην Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης. Ο πληθυσμός της πόλης ανέρχεται σε 58.760 μόνιμους κατοίκους σύμφωνα με την απογραφή του 2021 και η συνολική της έκταση είναι 1.796 τ.χλμ από τα οποία τα 486,4 είναι γεωργική γη (ΕΛΣΤΑΤ 2009). Βρίσκεται κτισμένη στις παρυφές του Αχλαδόβουνου ή Τσαλ και τη διαρρέει ο ποταμός Κόσυνθος. Προς τον βορρά συνορεύει με τη Βουλγαρία, στα ΒΔ βρίσκεται ο Νομός Δράμας και στα ΝΔ ο Νομός Καβάλας, ανατολικά συνορεύει με το Νομό Ροδόπης, ενώ νοτιώς βρέχεται από το Θρακικό πέλαγος. Το κλίμα του νομού είναι ηπειρωτικό. Η μέση βροχόπτωση είναι 472 mm ανα έτος με τους χειμερινούς μήνες να δέχονται το 50%. Η μέση ανώτερη θερμοκρασία του καλοκαιριού είναι οι 32 °C με τη μέση κατώτερη του χειμώνα τον 1 °C. Στην Ξάνθη βρίσκονται το 25% των ακτινιδίων της περιφέρειας και το 5% της Ελλάδας. Η κύρια ποικιλία που καλλιεργείται και η αποκλειστική που μελετήθηκε στην εργασία είναι η Hayward.



**Εικόνα 1.** Χάρτης της Ελλάδας με επίσημανση της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης και με κόκκινο χρώμα τον νομό Ξάνθης.



**Διάγραμμα 8.** Διάγραμμα μέσου όρου υετού και μέσων ανώτερων και κατώτερων θερμοκρασιών για τον νομό Ξάνθης .

Πηγή: Meteoblue Weather Close to You, 2023 <https://www.meteoblue.com>

(Πρόσβαση στις 26 Ιουνίου 2023)

## 2.2. Μεθοδολογία για την ενεργειακή ανάλυση και τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα

Τα στοιχεία για την παρούσα εργασία συλλέχθηκαν με κατάλληλα δομημένο ερωτηματολόγιο μέσω προσωπικών συνεντεύξεων από 20 παραγωγούς. Οι παραγωγοί δεν ανήκουν σε κάποια ομάδα παραγωγών και ακολουθούν συμβατικές μεθόδους καλλιέργειας. Ο υπολογισμός των ειροών ενέργειας και των εκπομπών του CO<sub>2</sub> που αφορούν την καλλιέργεια της ακτινιδιάς βασίστηκε στο πρόγραμμα εργασίας των παραγωγών, στον απαιτούμενο χρόνο για κάθε εργασία, τον αριθμό των εργατών και των μηχανημάτων, σε όλες τις εισροές που οφείλονται στις καλλιεργητικές εργασίες (κλάδεμα, άρδευση, λίπανση, συγκομιδή κ.λπ.) και στους συντελεστές παραγωγής (καύσιμα, λιπάσματα, προϊόντα φυτοπροστασίας κ.λπ.). Για τον υπολογισμό καταγράφηκε ο απαιτούμενος χρόνος για την ολοκλήρωση κάθε καλλιεργητικής εργασίας και υπολογίστηκε η κατανάλωση καυσίμου.

Οι πληροφορίες που συλλέχθηκαν για τους μελετώμενους αγρούς παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

**Πίνακας 1.** Καλλιεργητικές πρακτικές και σύντομη περιγραφή τους.

Απόσταση οπωρώνα από την οικία	0-12 χιλιόμετρα
Ηλικία οπωρώνα	5-40 ετών
Έκταση οπωρώνα	5-220 στρέμματα
Βάθος άντλησης νερού άρδευσης	0-65 μέτρα
<b>Καλλιεργητικές Πρακτικές</b>	
Ιπποδύναμη γεωργικού ελκυστήρα	20-85 hp
Κλάδεμα / διαχείριση κλαδευτικών	Δεκέμβριο έως Φεβρουάριο με χειροψάλιδα. Απαιτούνται 8- 30 εργατοώρες ανά στρέμμα. Τα κλαδευτικά τοποθετούνται μεταξύ των γραμμών και ψιλοτεμαχίζονται με χρήση καταστροφέα.
Αραίωμα καρπών	Τέλη Μαΐου με τέλη Ιουλίου, αναλόγως με το πόσες φορές θα πραγματοποιηθεί. Από το έδαφος χειρωνακτικά. Απαιτούνται 6-16 ώρες ανά στρέμμα.

<p>Λίπανση</p>	<p>Αρχές Μαρτίου, βασική λίπανση με πλήρη κοκκώδη λιπάσματα γενικής χρήσης από 120 έως 180 κιλά ανά στρέμμα σε 1 έως 3 δόσεις. Η εφαρμογή γίνεται είτε με χρήση λιπασματοδιανομέα είτε με το χέρι. Υδρολίπανση με λίπασμα γενικής χρήσης από 5 κιλά ανά στρέμμα μέσα Απριλίου, τέλη Μαΐου και τέλη Ιουνίου. Επίσης με υδρολίπανση 12 κιλά ανά στρέμμα νιτρικού ασβεστίου στις αρχές Ιουνίου και 10 κιλά ανά στρέμμα νιτρικό κάλιο τον Ιούλιο. Διαφυλλικές λιπάνσεις με αμινοξέα και σίδηρο αρχές Μαΐου και τέλη Ιουνίου. Ακόμα εφαρμογή ορμονών καρπού Forchlorfenuron τέλη Ιουνίου και ψευδάργυρο με αμινοξέα στα τέλη Μαρτίου και μέσα Νοεμβρίου. Οι διαφυλλικοί ψεκασμοί γίνονται με αναρτώμενο ψεκαστικό στον γ.ε.</p>
<p>Διαχείριση ζιζανίων</p>	<p>Εφαρμογή ζιζανιοκτόνου Glyphosate 36% σε δοσολογία 500 mL ανά στρέμμα από 0-4 φορές το έτος με αναρτώμενο ψεκαστικό. Κοπή ζιζανίων με καταστροφέα ζιζανίων από 0-4 φορές το έτος.</p>
<p>Διαχείριση ασθενειών</p>	<p>Διαφυλλικές εφαρμογές από Αρχές Ιανουαρίου έως μέσα Νοεμβρίου με σκευάσματα βορδιγάλειου χαλκού, νιτρικού χαλκού, μείγματος Ca-S-Cu, Fosetyl-Al και κατά περιπτώσεις fludioxonil. Με υδρολίπανση fosthiazate. Συνολικές ποσότητες 0,170 kg ανά στρέμμα υδροξειδίου του χαλκού και 0,200-0,225 kg ανά στρέμμα δραστικής ουσίας άλλων μυκητοκτόνων. Όλες οι εφαρμογές γίνονται με αναρτώμενο ψεκαστικό στον γ.ε.</p>



Διαχείριση εντόμων	Κατά περιπτώσεις χρήση etofenprox με 0,150-0,164 kg ανά στρέμμα στα μέσα καλοκαιριού. Η εφαρμογή γίνεται με αναρτώμενο ψεκαστικό.
Άρδευση	Η άρδευση πραγματοποιείται από τον Απρίλιο έως τον Οκτώβριο και με 1440-1728 m <sup>3</sup> /στρ. συνολικά. Κάθε οπωρώνας αρδεύεται 80 ημέρες από 3 ώρες και σε κάθε πρέμνο υπάρχει ένας μικροεκτοξευτήρας παροχής 100-120 L h <sup>-1</sup> . Η άντληση του νερού γίνεται από πομόνες βάθους 20-65 m ή από επιφανειακά νερά (καναλέτα). Το δίκτυο άρδευσης αποτελείται από λάστιχα Φ32 για την διανομή του νερού.
Συγκομιδή	Η συγκομιδή γίνεται από μέσα Οκτωβρίου έως μέσα Νοεμβρίου. Γίνεται χειρωνακτικά από το έδαφος και οι καρποί τοποθετούνται σε πλαστικά τελάρα ή bins και απαιτεί 16-43 εργατοώρες ανά στρέμμα.
Μεταφορά	Γίνεται απευθείας παραλαβή στο χωράφι από τους εμπόρους.

Ο υπολογισμός του αποτυπώματος άνθρακα είναι μία πιστοποιημένη κατά ISO διαδικασία και γι' αυτό ακολουθήθηκαν οι κατευθυντήριες οδηγίες που περιγράφονται στο Διεθνές Πρότυπο ISO 14067:2018, το οποίο παρέχει παγκόσμια συμφωνημένες αρχές, απαιτήσεις και κατευθυντήριες γραμμές για την ποσοτικοποίηση του αποτυπώματος άνθρακα ενός προϊόντος. Ο όρος αποτύπωμα άνθρακα αναφέρεται στη συνολική ποσότητα CO<sub>2</sub> και άλλων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που προκαλούνται άμεσα και έμμεσα από ένα προϊόν ή μια δραστηριότητα, ή που σχετίζονται με τις δραστηριότητες ενός ατόμου ή ενός οργανισμού.

Οι εκπομπές CO<sub>2</sub>eq προέρχονται από την κατανάλωση ενέργειας άμεσης και ενσωματωμένης. Δηλαδή, ο υπολογισμός των εκπομπών CO<sub>2</sub>eq περιλαμβάνει τις εκπομπές που προέρχονται από τη χρήση των ορυκτών καυσίμων και της ηλεκτρικής

ενέργειας, εκπομπές που οφείλονται στην παραγωγή, μεταφορά, αποθήκευση και διανομή των αγροχημικών και άλλων εισροών και εκπομπές που οφείλονται στην κατανάλωση καυσίμων για την κατασκευή των μηχανημάτων.

Η μεθοδολογία ποσοτικοποίησης του αποτυπώματος άνθρακα περιλαμβάνει τέσσερις φάσεις (ISO 14067:2018):

- Καθορισμός του στόχου και του πεδίου εφαρμογής
- Καταγραφή και ανάλυση δεδομένων
- Εκτίμηση των επιπτώσεων
- Ερμηνεία των αποτελεσμάτων

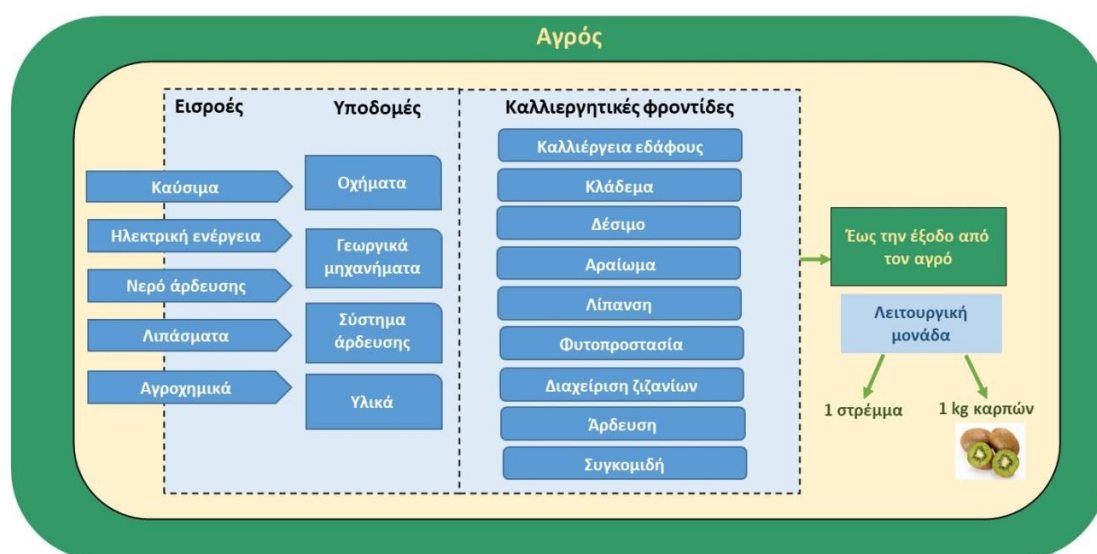
Για τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα πραγματοποιήθηκε η ανάλυση σε εκπομπές ισοδυνάμων διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>eq) όλων των εισροών των εφαρμοζόμενων καλλιεργητικών πρακτικών για την καλλιέργεια της ακτινιδιάς στην περιοχή της Ξάνθης. Με τον ίδιο τρόπο πραγματοποιήθηκε και ο υπολογισμός των εισροών – εκροών ενέργειας για την καλλιέργεια της ακτινιδιάς.

Τα όρια του συστήματος για τον υπολογισμό των εκπομπών του CO<sub>2</sub>eq και των εισροών ενέργειας ορίστηκαν έως την έξοδο από τον αγρό (Σχήμα 1.). Όπως προαναφέρθηκε, οι εφαρμοζόμενες καλλιεργητικές πρακτικές, οι υποδομές και οι εισροές για την καλλιέργεια της ακτινιδιάς αποκτήθηκαν μέσω προσωπικής συνέντευξης των παραγωγών και της συμπλήρωσης ερωτηματολογίου.

Ως λειτουργική μονάδα για την ανάλυση των εκπομπών CO<sub>2</sub>eq χρησιμοποιήθηκε το 1 στρέμμα καλλιεργούμενης έκτασης και το 1 kg καρπών. Χρησιμοποιήθηκε η παραγωγή καρπών, για να υπολογιστεί η ένταση εκπομπών CO<sub>2</sub>eq, δηλαδή η ποσότητα CO<sub>2</sub>eq που εκπέμφθηκε ανά μονάδα προϊόντος (κιλό ακτινιδίων). Επίσης, υπολογίστηκαν οι εκπομπές CO<sub>2</sub>eq ανά καλλιεργητική εργασία αλλά και ανά συντελεστή παραγωγής (λιπάσματα, φυτοπροστατευτικά σκευάσματα, ηλεκτρική ενέργεια, καύσιμα, γεωργικά μηχανήματα, βοηθητικά μέσα).

Ο υπολογισμός των εκπομπών CO<sub>2</sub>eq και η ενεργειακή ανάλυση προέκυψαν πολλαπλασιάζοντας με κατάλληλους συντελεστές μετατροπής από τη βιβλιογραφία τις ποσότητες των εφαρμοζόμενων εισροών (λιπάσματα, φυτοπροστατευτικά σκευάσματα, ζιζανιοκτόνα), την ενέργεια από την κατανάλωση καυσίμου ή την ηλεκτρική ενέργεια για την άρδευση ή την ενσωματωμένη ενέργεια για τις ώρες χρήσης του γεωργικού ελκυστήρα, των μηχανημάτων, του αγροτικού αυτοκινήτου και των βοηθητικών μέσων (σκάλες, κλούβες, ψαλίδια κλαδέματος, κουβάδες κ.λπ.) (Πίν. 3, Πίν. 4). Η κατανάλωση καυσίμου κατά τις καλλιεργητικές εργασίες και τις

διαδρομές υπολογίστηκαν σύμφωνα με τα δεδομένα των παραγωγών. Ο υπολογισμός των εκπομπών CO<sub>2</sub>e και οι εισροές ενέργειας από τη χρήση των εντομοκτόνων, μυκητοκτόνων και ζιζανιοκτόνων βασίστηκε στη συνολική ποσότητα ανά στρέμμα της δραστικής ουσίας των σκευασμάτων. Επίσης, το ενεργειακό ισοδύναμο του πετρελαίου ισούται με 47,78 MJ L<sup>-1</sup> και της βενζίνης με 42,32 MJ L<sup>-1</sup> (Bowers 1992). Η ενσωματωμένη ενέργεια στα γεωργικά μηχανήματα λήφθηκε από τη βιβλιογραφία (Πίν. 2).



**Σχήμα 1.** Όρια του συστήματος για την ανάλυση των εκπομπών CO<sub>2</sub>e.

**Πίνακας 2.** Εκτίμηση της ενσωματωμένης ενέργειας (MJ h<sup>-1</sup>) σύμφωνα με τις συνεντεύξεις των παραγωγών, τον κατασκευαστή και τη βιβλιογραφία.

Μηχάνημα Όχημα	Βάρος <sup>1</sup> (kg)	Διάρκεια ζωής (h)	Ενσωματωμένη ενέργεια (MJ h <sup>-1</sup> )	Βιβλιογραφική αναφορά
Γεωργικός ελκυστήρας (20 - 85 hp)	890 - 4470	12000- 16000	10,29-32,79	Pimentel et al. (1973)
Αγροτικό αυτοκίνητο	1200	7500	13,9	Current estimations
<b>Μηχανήματα</b>				
Καταστροφέας	300-850	1500	18,54-52,54	Pimentel et al. (1973)
Λιπασματοδιανομέας	150	1200	8,74	Pimentel et al.

				(1973)
Αναρτώμενο ψεκαστικό	750-950	2000	32,5-41,2	Pimentel et al. (1973)
<b>Άρδευση</b>				
Φυγοκεντρική αντλία με ηλεκτροκινητήρα	70-150	2160	15,4-18,5	Gemtos et al. (2013) προσαρμοσμένο

<sup>1</sup> σύμφωνα με τις πληροφορίες των παραγωγών και του κατασκευαστή

**Πίνακας 3.** Ενεργειακό περιεχόμενο των εισροών.

<b>Αντικείμενο</b>	<b>Unit</b>	<b>Ενεργειακό περιεχόμενο (MJ/Unit)</b>	<b>Πηγή</b>
<b>Συμβατικά λιπάσματα</b>			
<b>Άζωτο</b>	kg	74,2	Lockeretz (1980) and Tsatsarelis (1993)
<b>Φώσφορος</b>	kg	13,7	Lockeretz (1980) and Tsatsarelis (1993)
<b>Κάλιο</b>	kg	9,7	Lockeretz (1980) and Tsatsarelis (1993)
<b>Ασβέστης</b>	kg	8,8	Pimentel 1980
<b>Χαλκός</b>	kg	111,4	Pimentel 1980
<b>Θείο</b>	kg	5,0	Wells 2001
<b>Διαφυλλικό λίπασμα</b>	kg	14,8	
<b>Βιολογικά μυκητοκτόνα</b>			
<b>Βορδιγάλειος πολτός</b>	kg	55,7	Wells 2001
<b>Ζιζανιοκτόνα</b>	kg	238,0	Helsel (1992) in Fluck RC
<b>Εντομοκτόνα</b>	kg	363,0	Fluck (1992)
<b>Μυκητοκτόνα</b>	kg	99,0	Fluck and Baird (1992)
<b>Πετρέλαιο</b>	L	47,78	Bowers (1992)
<b>Βενζίνη</b>	L	42,32	Bowers (1992)

<b>Νερό</b>	m <sup>3</sup>	0,6	Bascetincelik et al. (1993)
<b>Ηλεκτρική ενέργεια</b>	MJ kWh <sup>-1</sup>	3,6	Jarach (1985)
<b>Ανθρώπινη εργασία</b>	ημέρα	2,2	Pimentel et al. (1973)

**Πίνακας 4.** Ισοδύναμα εκπομπών διοξειδίου (CO<sub>2</sub>e) του άνθρακα των εισροών

<b>Εισροή</b>	<b>Μονάδα</b>	<b>Συντελεστής εκπομπής (kg CO<sub>2</sub>e/ μονάδα)</b>	<b>Βιβλιογραφική Αναφορά</b>
<b>Άζωτο</b>	kg	1,2	Lal (2004)
<b>Φώσφορος</b>	kg	0,2	Lal (2004)
<b>Κάλιο</b>	kg	0,15	Lal (2004)
<b>Ασβέστιο</b>	kg	0,16	Lal (2004)
<b>Θειάφι</b>	kg	0,3	Wells (2001)
<b>Διαφυλλικό λίπασμα</b>	kg	0,24	
<b>Ζιζανιοκτόνα</b>	kg	9,1	Lal (2004)
<b>Εντομοκτόνα</b>	kg	5,1	Lal (2004)
<b>Μυκητοκτόνα</b>	kg	3,9	Lal (2004)
<b>Βορδιγάλειος πολτός</b>	kg	1,2	Wells (2001)
<b>Πετρέλαιο</b>	MJ	0,0741	Martin-Gorriz et al. (2014)
<b>Γεωργικά μηχανήματα/ Βοηθητικά μέσα</b>	MJ	0,08	Wells (2001)
<b>Ηλεκτρική ενέργεια</b>	kWh	0,264	Martin-Gorriz et al. (2014)

Για την ενεργειακή ανάλυση οι ακόλουθες παράμετροι υπολογίστηκαν για την εκτίμηση της σχέσης μεταξύ των ενεργειακών εισροών και εκροών και της παραγωγής ανά στρέμμα.

Ενεργειακή εισροή: είναι το σύνολο της άμεσης και ενσωματωμένης ενέργειας που χρησιμοποιείται για τη διεξαγωγή των διεργασιών σε όλη την παραγωγική διαδικασία (κλάδεμα, λίπανση, άρδευση, συγκομιδή, διαχείριση ζιζανίων, κ.α.). Άμεση ενέργεια είναι το σύνολο της ενέργειας των καυσίμων ή/και της ηλεκτρικής ενέργειας και των

ωρών ανθρώπινης εργασίας. Ενσωματωμένη ενέργεια είναι το άθροισμα για όλες τις εισροές της ενσωματωμένης ενέργειας στα υλικά, όπως στα λιπάσματα και τα αγροχημικά, το κομπόστ, τα μηχανήματα, τα συστήματα άρδευσης. Η ενσωματωμένη ενέργεια στα μηχανήματα, στα εργαλεία, στα αγροχημικά, εντομοκτόνα, μυκητοκτόνα και τα λιπάσματα υπάρχει στη βιβλιογραφία.

Ενεργειακή εκροή: η ενεργειακή εκροή είναι τα MJ της ενέργειας των παραγόμενων προϊόντων. Το ενεργειακό περιεχόμενο του ακτινιδίου λήφθηκε ίσο με 2,55 MJ kg<sup>-1</sup> (Richardson et al. 2018).

Παραγωγικότητα της ενέργειας που χρησιμοποιήθηκε (kg MJ<sup>-1</sup>): προκύπτει διαιρώντας την παραγόμενη ποσότητα καρπών (kg ha<sup>-1</sup>) με την ενέργεια που απαιτήθηκε (MJ/στρ.) για την παραγωγή τους. Ο λόγος αυτός δείχνει την αποτελεσματικότητα της μετατροπής της ενεργειακής εισροής σε ενεργειακή εκροή (παραγωγή φρούτων).

Ένταση της χρησιμοποιηθείσας ενέργειας (MJ kg<sup>-1</sup>): είναι η ενέργεια ανά μονάδα παραχθέντος προϊόντος (MJ kg<sup>-1</sup>).

Βαθμός απόδοσης της ενέργειας: προκύπτει διαιρώντας την ενεργειακή εκροή από το προϊόν (MJ/στρ.) με την ενέργεια που δαπανήθηκε (MJ/στρ.) (Kavargiris et al. 2009).

### **2.3. Στατιστική επεξεργασία**

Μετά τη συλλογή των δεδομένων των ερωτηματολογίων έγινε η καταχώρηση τους σε αρχείο Excel. Για την ενεργειακή ανάλυση και τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα χρησιμοποιήθηκε το Excel 2007. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με το στατιστικό πακέτο SPSS (SPSS Statistics for Windows, Version 26.0, IBM Corp., Armonk, NY, USA).

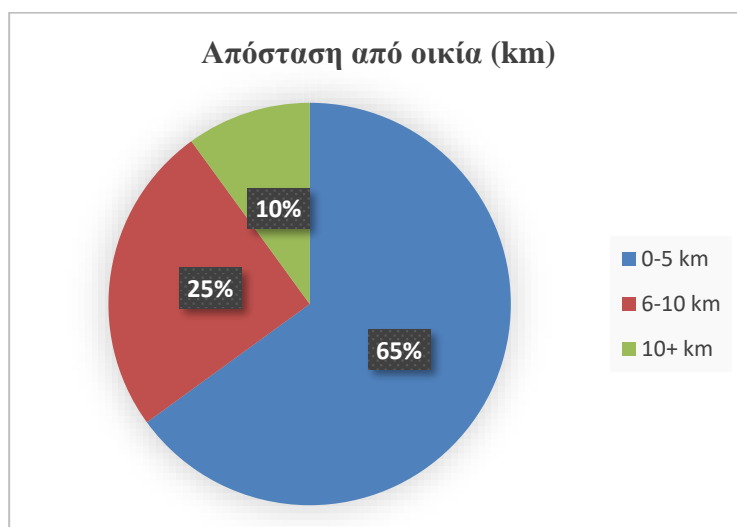
### 3. Αποτελέσματα

#### 3.1. Καταγραφή της παρούσας κατάστασης της καλλιέργειας της ακτινιδιάς στην περιοχή της Ξάνθης

Από την επεξεργασία των δεδομένων των ερωτηματολογίων των παραγωγών προέκυψαν χρήσιμα αποτελέσματα που αποτυπώνουν την παρούσα κατάσταση του τρόπου καλλιέργειας της ακτινιδιάς στην περιοχή της Ξάνθης.

##### Απόσταση οπωρώνα από την οικία

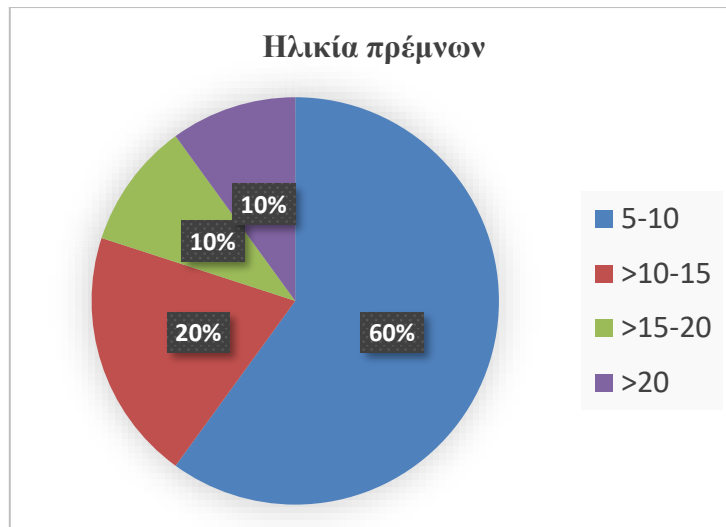
Το 45% των αγρών βρίσκεται σε κοντινή απόσταση από την οικία των παραγωγών η οποία δεν ξεπερνά τα 5 km. Το 25% των αγρών βρίσκεται σε απόσταση 6 έως 10 km ενώ το 10% βρίσκεται σε απόσταση μεγαλύτερη των 10 km (Διάγραμμα 9).



**Διάγραμμα 9.** Απόσταση από την οικία.

##### Ηλικία οπωρώνων

Σύμφωνα με τα ερωτηματολόγια των παραγωγών, το 60% των οπωρώνων είναι ηλικίας 5 έως 10 ετών, το 20% ηλικίας 10 έως 15 ετών, 10% των οπωρώνων είναι ηλικίας 15 έως 20 ετών και 10% είναι ηλικίας άνω των 20 ετών (Διάγραμμα 10).



**Διάγραμμα 10.** Ηλικία πρέμων.

### Έκταση οπωρώνων

Το μεγαλύτερο ποσοστό των οπωρώνων έχει έκταση 11 έως 20 στρέμματα και ανέρχεται σε 45%, το 25% των οπωρώνων έχει έκταση έως 10 στρέμματα, το 15% των 31 έως 40 στρέμματα, το 10% έχει έκταση μεγαλύτερη από 41 στρέμματα ενώ 5% των οπωρώνων έχει έκταση 21 έως 30 στρέμματα (Διάγραμμα 11).



**Διάγραμμα 11 .** Έκταση οπωρώνων.

### Ιπποδύναμη γεωργικού ελκυστήρα

Το 50% των παραγωγών διαθέτει γεωργικό ελκυστήρα ιπποδύναμης 40 hp, το 35% ιπποδύναμης 20 hp ενώ μόνο το 15% των παραγωγών έχει γεωργικό ελκυστήρα ιπποδύναμης 85 hp (Διάγραμμα 12).

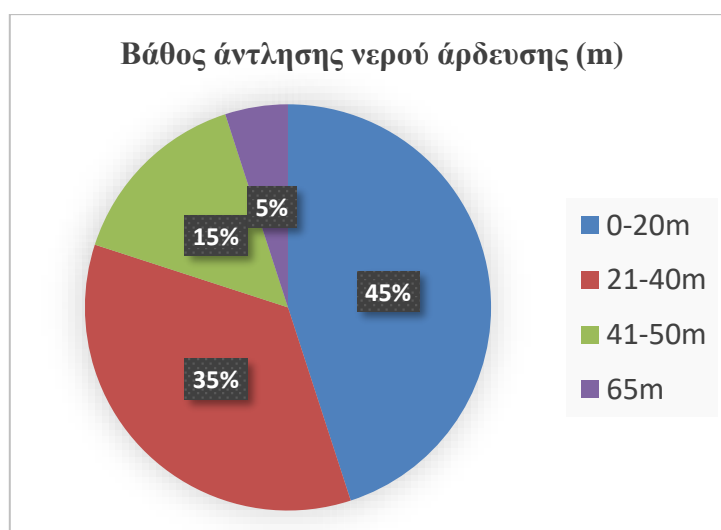




**Διάγραμμα 12.** Ιπποδύναμη γεωργικού ελκυστήρα.

### Βάθος άντλησης νερού άρδευσης

Το 45% των οπωρώνων αρδεύεται με επιφανειακά νερά και το βάθος άντλησης του νερού άρδευσης είναι έως 20 m. Στο 35% των οπωρώνων το βάθος άντλησης του νερού άρδευσης είναι 21 έως 40 m, στο 15% το βάθος είναι 41 έως 50 m και μόλις στο 5% των οπωρώνων το βάθος άντλησης του νερού ξεπερνά τα 65 m (Διάγραμμα 13).



**Διάγραμμα 13.** Βάθος άντλησης νερού άρδευσης.

## Καλλιεργητικές πρακτικές που εφαρμόζονται από τους παραγωγούς της Ξάνθης

### Εγκατάσταση οπωρώνα

Το επικρατέστερο σύστημα διαμόρφωσης της ακτινιδιάς φαίνεται να είναι η κρεβατίνα με αποστάσεις 4×4 καθώς είναι το σύστημα με τη μεγαλύτερη εκμετάλλευση ηλιακής ακτινοβολίας και επιτρέπει εύκολη πρόσβαση εντός του οπωρώνα τόσο για μηχανικές όσο και για ανθρώπινες εργασίες. Σε λίγες περιπτώσεις εφαρμόζεται το σύστημα T με αποστάσεις 4×5 το οποίο αποδίδει σε μικρότερο βαθμό αλλά έχει μικρότερο κόστος εγκατάστασης καθώς χρειάζεται λιγότερους πασσάλους και σύρματα για στήριξη.

### Λίπανση

Η λίπανση των οπωρώνων ξεκινά τον Μάρτιο όπου γίνεται η εφαρμογή του βασικού λιπάσματος σε κοκκώδη μορφή τύπου (π.χ. 11-10-16, 12-12-17 κ.α.) με ποσότητες από 120 έως 180 κιλά ανά στρέμμα. Η ποσότητα αυτή μπορεί να εφαρμοστεί σε 1 έως 3 δόσεις και η εφαρμογή γίνεται είτε με το χέρι είτε μηχανικά με λιπασματοδιανομέα. Έπειτα ακολουθούν υδρολιπάνσεις με 5 κιλά ανά στρέμμα 20-20-20 στα μέσα Απριλίου, 5 κιλά ανά στρέμμα 15-5-30 τέλη Μαΐου, 12 κιλά ανά στρέμμα 15,5-0-0+ 26 αρχές Ιουνίου, 5 κιλά ανά στρέμμα 15-5-30 τέλη Ιουνίου και 10 κιλά ανά στρέμμα 13-0-46 μέσα στον Ιούλιο. Ακόμα συνολικά γίνονται και 5 διαφυλλικοί ψεκασμοί για θρέψη με σκευάσματα αμινοξέων, σιδήρου, ψευδαργύρου και ρυθμιστών ανάπτυξης.

### Κλάδεμα

Το κλάδεμα πραγματοποιείται μέσα στον χειμώνα και γίνεται προσπάθεια να γίνει όσο πιο αργά προς τον Φεβρουάριο είναι δυνατό, για να αποφευχθούν πιθανές ζημιές από παγετούς. Αυτό φυσικά εξαρτάται από την έκταση του οπωρώνα, τα εργατικό δυναμικό που διαθέτει ο καθένας και το πόσο χρόνο μπορεί να διαθέσει για την εργασία του στον οπωρώνα. Για τους λόγους αυτούς σε αρκετές περιπτώσεις το κλάδεμα ξεκινά από τον Δεκέμβριο. Το κλάδεμα που εφαρμόζεται είναι κατά κύριο λόγο μακρύ. Μετά το κλάδεμα στα συστήματα διαμόρφωσης κρεβατίνας ακολουθεί το δέσιμο των κληματίδων στα σύρματα.



**Εικόνα 2.** Δέσιμο κληματίδων στα σύρματα, με τα κλαδευτικά στο κέντρο των διαδρόμων για το θρυμματισμό τους με χρήση καταστοφέα.

### Αραιώμα καρπών

Το αραιώμα των καρπών ξεκινά στα τέλη Μαΐου στο φούσκωμα των οφθαλμών. Η κύρια πρακτική αραιώσης που ακολουθείται είναι η αφαίρεση των παραμορφωμένων καρπών (π.χ. πεταλούδες) και πλευρικών οφθαλμών για τη διατήρηση των κεντρικών οι οποίοι θα αποδώσουν σε μεγαλύτερους καρπούς. Φαίνεται ότι αρκετοί παραγωγοί πραγματοποιούν και επαναληπτικά αραιώματα από μία έως δύο φορές.

### Άρδευση

Για την άρδευση των πρέμνων οι παραγωγοί χρησιμοποιούν μικροεκτοξευτήρες παροχής 100-120 λίτρων. Η άρδευση των ακτινιδίων, ανάλογα πάντα με τις καιρικές συνθήκες, μπορεί να ξεκινήσει από τον Μάρτιο για μία φορά. Τον Απρίλιο οι οπωρώνες αρδεύονται ανά 4 μέρες, τον Μάιο ανά 3 μέρες και από τον Ιούνιο έως τον Σεπτέμβριο ανά 2 μέρες μέχρι που τον Οκτώβριο αρδεύονται όπως τον Μάιο και τον

Νοέμβριο όπως τον Απρίλιο. Η άρδευση σε κάθε περίπτωση γίνεται κατά μέσο όρο για 3 ώρες. Κάθε παραγωγός επιδιώκει με την άρδευση να δροσίζει τον οπωρώνα αλλά και να υπάρχει μόνιμα υγρασία στο έδαφος χωρίς όμως αυτό να νεροκρατεί.



**Εικόνα 3.** Άρδευση σε νεαρά φυτά με μικροεκτοξευτήρες.

### Φυτοπροστασία

Για προστασία από μυκητολογικές προσβολές γίνονται τρεις διαφυλλικοί ψεκασμοί για προστασία από *Botrytis cinerea* (βοτρύτη), *Pseudomonas syringae* (βακτήριο), *Phytophthora spp* (φυτόφθορα) και *Alternaria alternata* (αλτερνάρια). Ο πρώτος ψεκασμός γίνεται τον χειμώνα μετά το κλάδεμα με βορδιγάλειο πολτό. Ο δεύτερος γίνεται αρχές Μαρτίου με σκεύασμα ασβεστίου-θείου-χαλκού και ο τρίτος τον Νοέμβριο μετά τη συγκομιδή με νιτρικό χαλκό. Για τη διαχείριση του *Phytophthora spp* (φυτόφθορα) γίνεται εφαρμογή μυκητοκτόνου με υδρολίπναση στις αρχές Απριλίου. Ακόμα κατά περίπτωση μπορεί στα μέσα Ιουνίου να γίνει επιπλέον διαφυλλική εφαρμογή μυκητοκτόνου για τον βοτρύτη.

Οι εντομολογικές προσβολές είναι σπάνια τόσο έντονες που να απαιτούν διαχείριση. Ο ψεκασμός με σκευάσματα ασβεστίου-θείου-χαλκού δρα και κατά της

βαμβακάδας λόγω του θείου οπότε δεν απαιτείται επιπλέον ψεκασμός. Κατά περίπτωση μπορεί να γίνει εφαρμογή εντομοκτόνου για το *Cotinis nitida* (Ζίνα ή Χρυσοκάνθαρο) στα μέσα Ιουλίου.

#### Διαχείριση ζιζανίων

Για τη διαχείριση των ζιζανίων γίνονται από 2 έως 5 επεμβάσεις είτε με χημική ζιζανιοκτονία είτε με μηχανική κοπή. Η πιο συνήθης πρακτική είναι δύο εφαρμογές ζιζανιοκτόνου και δύο κοπές ανά καλλιεργητική περίοδο. Κατ' εξαίρεση ένας παραγωγός δεν κάνει καμία επέμβαση καθώς με την πάροδο των ετών δεν υπάρχει πλέον αυτοφυής βλάστηση εντός του σπαρώνα.

#### Συγκομιδή

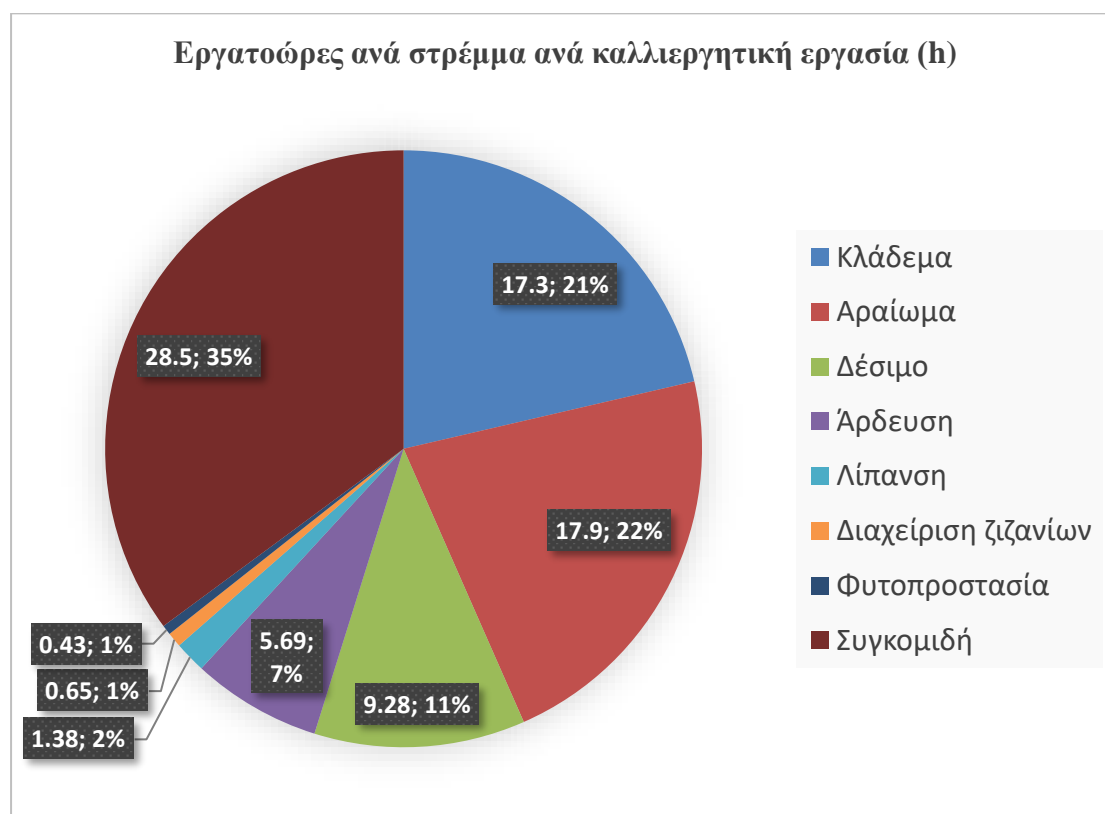
Η συγκομιδή στην περιοχή αρχίζει στα τέλη Οκτωβρίου και ολοκληρώνεται έως τα τέλη Νοεμβρίου. Η συγκομιδή γίνεται χειρωνακτικά και απαιτεί αρκετά εργατικά χέρια έτσι ώστε να ολοκληρωθεί σε σύντομο χρονικό διάστημα. Οι παραγωγοί παραδίδουν το προϊόν απευθείας στον έμπορο και τα ακτινίδια τοποθετούνται είτε σε πλαστικά τελάρα είτε σε bins.



**Εικόνα 4.** Συγκομιδή καρπών.

### Εργατοώρες ανά καλλιεργητική εργασία

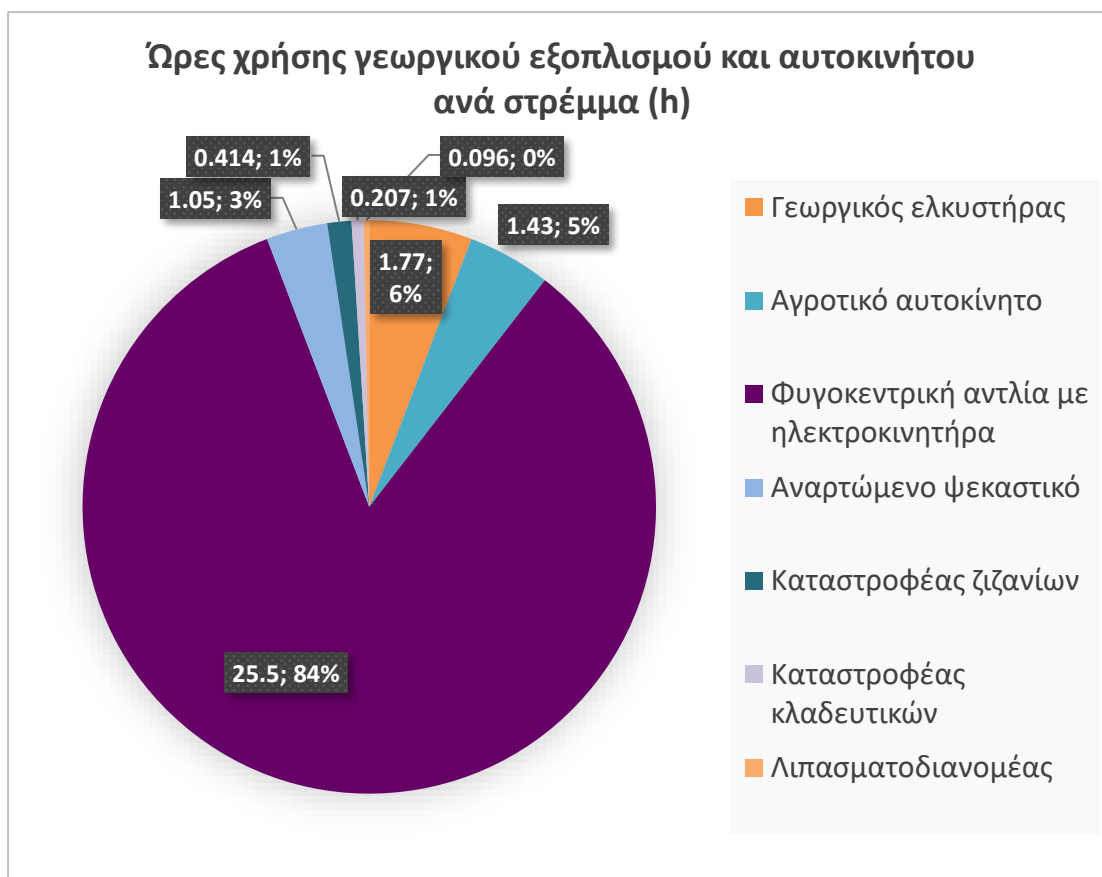
Σύμφωνα με τα ερωτηματολόγια των παραγωγών η πιο απαιτητική καλλιεργητική εργασία σε εργατοώρες είναι η συγκομιδή η οποία απαιτεί 28,5 ώρες ανά στρέμμα καταλαμβάνοντας το 35% του συνόλου των εργατοωρών που απαιτούνται ανά στρέμμα (Διάγραμμα 14). Ακολουθούν το αραίωμα και το κλάδεμα τα οποία απαιτούν 17,9 και 17,3 εργατοώρες ανά στρέμμα αντίστοιχα καταλαμβάνοντας 22% και 21% του συνόλου των εργατοωρών, έπειτα το δέσιμο των κληματίδων το οποίο απαιτεί 9,3 ώρες ανά στρέμμα που αντιστοιχεί σε 11% του συνόλου (Διάγραμμα 14). Για την άρδευση χρειάζονται 5,7 εργατοώρες ανά στρέμμα ενώ οι υπόλοιπες καλλιεργητικές εργασίες όπως λίπανση, διαχείριση ζιζανίων και φυτοπροστασία απαιτούν λιγότερο από 1,5 ώρα ανά στρέμμα (Διάγραμμα 14).



**Διάγραμμα 14** . Εργατοώρες ανά στρέμμα που απαιτούνται ανά καλλιεργητική εργασία και ποσοστό % ανά καλλιεργητική εργασία επί του συνόλου των εργατοωρών.

Ώρες χρήσης μηχανολογικού εξοπλισμού και αγροτικού αυτοκινήτου για την εκτέλεση των καλλιεργητικών εργασιών

Ο μηχανολογικός εξοπλισμός που απαιτείται για την εκτέλεση των καλλιεργητικών εργασιών είναι ο γεωργικός ελκυστήρας, ο καταστροφέας ζιζανίων, ο καταστροφέας υπολειμμάτων κλαδέματος, το αναρτώμενο ψεκαστικό και ο λιπασματοδιανομέας. Επιπλέον για την άρδευση με πομόνα απαιτείται φυγοκεντρική αντλία με ηλεκτροκινητήρα ενώ όλοι οι παραγωγοί διαθέτουν πετρελαιοκίνητο αγροτικό αυτοκίνητο.



**Διάγραμμα 15.** Ώρες χρήσης γεωργικού εξοπλισμού και αυτοκινήτου ανά στρέμμα και ποσοστό % ανά γεωργικό εξοπλισμό επί του συνόλου των εργατωρών.

### 3.2. Ενεργειακή ανάλυση της καλλιέργειας της ακτινιδιάς

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται οι εισροές ενέργειας ανά καλλιεργητική εργασία και το ποσοστό συμμετοχής ανά καλλιεργητική εργασία επί του συνόλου της εισρέουσας ενέργειας που απαιτήθηκε για την καλλιέργεια της ακτινιδιάς. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η καλλιεργητική εργασία που ευθύνεται για μεγαλύτερη εισροή ενέργειας ήταν αυτή της άρδευσης λόγω των πολλών ωρών λειτουργίας της φυγοκεντρικής αντλίας αλλά και του μεγάλου όγκου καταναλισκόμενου αρδευτικού νερού (Πίν. 5). Ακολούθησε η λίπανση με υψηλό ποσοστό συμμετοχής

καταλαμβάνοντας το 35,4% της συνολικής εισρέουσας ενέργειας, ενώ οι υπόλοιπες καλλιεργητικές εργασίες είχαν μικρό ποσοστό συμμετοχής καθώς είτε πραγματοποιούνταν χειρωνακτικά είτε ήταν λίγες οι εφαρμογές τους (Πίν. 5).

**Πίνακας 5.** Εισροές ενέργειας ανά καλλιεργητική εργασία και ποσοστό % ανά καλλιεργητική εργασία επί του συνολικού ποσού εισροών ενέργειας.

<b>Καλλιεργητική εργασία</b>	<b>Εισροές ενέργειας (MJ/στρ.)</b>	<b>Ποσοστό % επί του συνόλου ενέργειας</b>
<b>Κλάδεμα</b>	184 ± 71	3,04 ± 0,933
<b>Αραίωμα</b>	54,6 ± 38,1	0,920 ± 0,656
<b>Δέσιμο</b>	34,5 ± 12,4	0,584 ± 0,202
<b>Άρδευση</b>	2979 ± 445	49,3 ± 5,21
<b>Λίπανση</b>	2131 ± 270	35,4 ± 3,65
<b>Διαχείριση ζιζανίων</b>	352 ± 177	5,66 ± 2,42
<b>Φυτοπροστασία</b>	222 ± 79,3	3,65 ± 1,11
<b>Συγκομιδή</b>	87,5 ± 39,4	1,44 ± 0,513
<b>Σύνολο εισροών ενέργειας</b>	6044 ± 675	100

<sup>a</sup> Μέσος όρος και τυπική απόκλιση (πλήθος παραγωγών, n=20).

Όσον αφορά την κατανάλωση ενέργειας ανά συντελεστή παραγωγής, βρέθηκε ότι τα λιπάσματα ευθύνονται για τη μεγαλύτερη ειροή ενέργειας με ποσοστό συμμετοχής ίσο με 31,6% (Πίν. 6). Μετά τα λιπάσματα, η ηλεκτρική ενέργεια είχε το μεγαλύτερο μερίδιο στην κατανάλωση ενέργειας με ποσοστό συμμετοχής ίσο με 24,3% και η οποία καταναλώνεται για την άντληση του νερού άρδευσης (Πίν. 6). Το νερό άρδευσης ήταν ο τρίτος συντελεστής παραγωγής σε κατανάλωση ενέργειας (16,2%), ακολούθησαν τα καύσιμα (12,4%) και τα μηχανήματα (9,38%) ενώ οι υπόλοιποι συντελεστές παραγωγής είχαν ελάχιστο ποσοστό συμμετοχής επί του συνόλου της εισρέουσας ενέργειας (Πίν. 6).



**Πίνακας 6.** Εισροές ενέργειας ανά συντελεστή παραγωγής και ποσοστό % ανά συντελεστή παραγωγής επί του συνολικού ποσού εισροών ενέργειας.

Συντελεστής παραγωγής	Εισροές ενέργειας (MJ/στρ.)	Ποσοστό % επί του συνόλου ενέργειας
<b>Λιπάσματα</b>	1911 ± 248	31,6 ± 3,74
<b>Μυκητοκτόνα</b>	32,2 ± 15,4	0,542 ± 0,266
<b>Εντομοκτόνα</b>	59,2 ± 25,9	0,996 ± 0,454
<b>Ζιζανιοκτόνα</b>	98,5 ± 55,3	1,61 ± 0,918
<b>Νερό άρδευσης</b>	972 ± 106	16,2 ± 2,59
<b>Βοηθητικά μέσα</b>	2,72 ± 1,01	0,044 ± 0,013
<b>Ανθρώπινη εργασία</b>	179 ± 50,7	2,93 ± 0,782
<b>Ηλεκτρική ενέργεια</b>	1431 ± 429	24,3 ± 6,01
<b>Καύσιμα</b>	764 ± 335	12,4 ± 4,31
<b>Μηχανήματα</b>	586 ± 255	9,38 ± 3,58
<b>Σύνολο εισροών ενέργειας</b>	6044 ± 675	100

<sup>a</sup> Μέσος όρος και τυπική απόκλιση (πλήθος παραγωγών, n=20).

Τελικά το σύνολο των εισροών ενέργειας για την καλλιέργεια της ακτινιδιάς στην περιοχή της Ξάνθης ανήλθε στα 6044 MJ/στρ. (Πίν. 7). Με βάση την παραγωγή καρπών ανά στρέμμα η οποία ήταν 3925 kg/στρ. (Πίν. 7) και γνωρίζοντας το ενεργειακό περιεχόμενο των καρπών (2,55 MJ kg<sup>-1</sup>) υπολογίστηκε η συνολική εκροή ενέργειας η οποία ήταν ίση με 10009 MJ/στρ. Υπολογίστηκαν επίσης η παραγωγικότητα της χρησιμοποιηθείσας ενέργειας (kg παραγόμενων καρπών ανά MJ εισρέουσας ενέργειας) η οποία βρέθηκε ίση με 0,652 kg MJ<sup>-1</sup>, η ένταση της χρησιμοποιηθείσας ενέργειας, δηλαδή η εισρέουσα ενέργεια ανά μονάδα προϊόντος (MJ kg<sup>-1</sup>), η οποία ήταν 1,57 MJ kg<sup>-1</sup> και ο βαθμός απόδοσης, δηλαδή η σχέση εκρέουσας προς εισρέουσας ενέργεια, που βρέθηκε ίσος με 1,66 MJ MJ<sup>-1</sup> (Πίν. 7).

**Πίνακας 7.** Παραγωγικότητα, ένταση και βαθμός απόδοσης της χρησιμοποιηθείσας ενέργειας, σύνολο εισροών και εκροών ενέργειας και στρεμματική παραγωγή της καλλιέργεια του ακτινιδίου.

Δείκτες ενέργειας	
<b>Παραγωγικότητα ενέργειας (kg MJ<sup>-1</sup>)</b>	0,652 ± 0,098
<b>Ένταση ενέργειας (MJ kg<sup>-1</sup>)</b>	1,57 ± 0,279
<b>Βαθμός απόδοσης (MJ MJ<sup>-1</sup>)</b>	1,66 ± 0,250

<b>Σύνολο εισροών ενέργειας (MJ/στρ.)</b>	6044 ± 675
<b>Σύνολο εκροών (MJ/στρ.)</b>	10009 ± 1709
<b>Παραγωγή (kg/στρ.)</b>	3925 ± 670

<sup>a</sup> Μέσος όρος και τυπική απόκλιση (πλήθος παραγωγών, n=20).

### 3.3. Αποτύπωμα άνθρακα της καλλιέργειας της ακτινιδιάς

Όσον αφορά το αποτύπωμα άνθρακα της καλλιέργειας της ακτινιδιάς στην περιοχή της Ξάνθης, η καλλιεργητική εργασία με τις υψηλότερες εκπομπές CO<sub>2</sub>eq ήταν αυτή της άρδευσης με ποσοστό συμμετοχής ίσο με 60,4% και αυτό αιτιολογείται από τις πολλές ώρες λειτουργίας της φυγοκεντρικής αντλίας αλλά και από τις πολλές φορές που απαιτείται από τον παραγωγό να μεταβεί στον οπωρώνα για την εργασία αυτή (Πίν. 8). Ακολούθησε η λίπανση (20,5%) και στη συνέχεια το κλάδεμα (4,39%) και η φυτοπροστασία (4,65%), ενώ φαίνεται ότι εργασίες όπως το δέσιμο, το αραίωμα και η συγκομιδή που δεν απαιτούν χρήση μηχανημάτων είχαν ελάχιστες εκπομπές CO<sub>2</sub>eq (Πίν. 8).

Το σύνολο των εκπομπών CO<sub>2</sub>eq για την καλλιέργεια της ακτινιδιάς ανά στρέμμα βρέθηκε ίσο με 247 kg CO<sub>2</sub>eq/στρ. και η ένταση των εκπομπών CO<sub>2</sub>eq βρέθηκε ίση με 65,7 g CO<sub>2</sub>e/kg ακτινιδίων.

**Πίνακας 8.** Εκπομπές ισοδυνάμων CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>eq) ανά καλλιεργητική εργασία και ποσοστό % επί των συνολικών εκπομπών ισοδυνάμων CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>eq) για τις καλλιεργητικές πρακτικές του παραγωγού και την ορθολογική λίπανση για την καλλιέργεια της ακτινιδιάς.

<b>Καλλιεργητική εργασία</b>	<b>Εκπομπές ισοδυνάμων CO<sub>2</sub> (kg CO<sub>2</sub>eq/στρ.)</b>	<b>% συμμετοχής</b>
<b>Κλάδεμα</b>	10,9 ± 5,07	4,39 ± 1,38
<b>Δέσιμο</b>	1,05 ± 0,660	0,426 ± 0,252
<b>Αραίωμα</b>	1,14 ± 0,721	0,466 ± 0,285
<b>Άρδευση</b>	149 ± 32,3	60,4 ± 7,07
<b>Λίπανση</b>	49,9 ± 7,46	20,5 ± 2,95
<b>Διαχείριση ζιζανίων</b>	21,5 ± 11,8	8,49 ± 3,63
<b>Φυτοπροστασία</b>	11,6 ± 5,29	4,65 ± 1,58
<b>Συγκομιδή</b>	1,86 ± 1,17	0,768 ± 0,397

<b>Σύνολο εκπομπών CO<sub>2</sub>eq</b>	247 ± 45,5	100
<b>Παραγωγή (kg/στρ.)</b>	3925 ± 670	
<b>g CO<sub>2</sub>e/kg ακτινιδίων</b>	65,7 ± 16,8	

<sup>a</sup> Μέσος όρος και τυπική απόκλιση (πλήθος παραγωγών, n=20).

Όταν οι εκπομπές CO<sub>2</sub>eq υπολογίστηκαν ανά συντελεστή παραγωγής, βρέθηκε ότι η ηλεκτρική ενέργεια αποτέλεσε τον συντελεστή παραγωγής με την υψηλότερη συμβολή στις εκπομπές CO<sub>2</sub>eq, με ποσοστό 42,6%, λόγω των πολλών ωρών λειτουργίας της φυγοκεντρικής αντλίας (Πίν. 9). Ακολούθησαν τα καύσιμα (22,5%) και έπειτα τα γεωργικά μηχανήματα (19%) ενώ τα λιπάσματα ήταν στην τέταρτη θέση ως προς το ποσοστό συμμετοχής (14%) στις εκπομπές CO<sub>2</sub>eq (Πίν. 9). Οι εκπομπές CO<sub>2</sub>eq από τη χρήση μυκητοκτόνων, εντομοκτόνων και ζιζανιοκτόνων ήταν ελάχιστες λόγω των περιορισμένων επεμβάσεων (Πίν. 9).

**Πίνακας 9.** Εκπομπές ισοδυνάμων CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>eq) ανά συντελεστή παραγωγής και ποσοστό % ανά συντελεστή παραγωγής επί των συνολικών εκπομπών ισοδυνάμων CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>eq) για τις καλλιεργητικές πρακτικές του παραγωγού και την ορθολογική λίπανση για την καλλιέργεια της ακτινιδιάς.

<b>Εισροές</b>	<b>Εκπομπές ισοδυνάμων CO<sub>2</sub> (kg CO<sub>2</sub>eq/στρ.)</b>	<b>% συμμετοχής</b>
<b>Λιπάσματα</b>	33,6 ± 4,33	14,0 ± 2,59
<b>Μυκητοκτόνα</b>	1,08 ± 0,526	0,457 ± 0,247
<b>Εντομοκτόνα</b>	0,832 ± 0,364	0,352 ± 0,175
<b>Ζιζανιοκτόνα</b>	2,61 ± 1,46	1,06 ± 0,620
<b>Βοηθητικά μέσα</b>	0,218 ± 0,081	0,087 ± 0,021
<b>Ηλεκτρική ενέργεια</b>	105 ± 31,4	42,6 ± 10,2
<b>Καύσιμα</b>	56,6 ± 24,8	22,5 ± 6,89
<b>Γεωργικά μηχανήματα</b>	46,9 ± 20,4	19,0 ± 6,18
<b>Σύνολο εκπομπών CO<sub>2</sub>eq</b>	247 ± 45,5	100

<sup>a</sup> Μέσος όρος και τυπική απόκλιση (πλήθος παραγωγών, n=20).

### 3.4.Οικονομική ανάλυση της καλλιέργειας της ακτινιδιάς

Υπολογίζοντας τα έξοδα ανά στρέμμα καλλιέργειας, το κόστος για τη λίπανση του οπωρώνα κυμάνθηκε από 337,2 έως 445,2 ευρώ ανά στρέμμα με την ποσότητα της βασικής λίπανσης να αποτελεί τον κύριο λόγο της διακύμανσης. Το κόστος των σκευασμάτων για τη φυτοπροστασία κυμάνθηκε από 54,4 ευρώ έως 64,8 ευρώ ανά στρέμμα. Το κόστος των σκευασμάτων για τη ζιζανιοκτονία κυμάνθηκε από 12,6 έως 31,5 ευρώ ανά στρέμμα και το εύρος οφείλεται στο πλήθος των εφαρμογών που κάνει ο παραγωγός στα 6,3 ευρώ η εφαρμογή συνεπώς στις 2-5 εφαρμογές κοστίζει. Τα εργατικά μεροκάματα κοστίζουν 35 ευρώ το οχτάωρο. Φυσικά η ανάγκη για εργατικά ποικίλλει ανάλογα με την έκταση του οπωρώνα που διαθέτει ο κάθε παραγωγός αλλά και την προσωπική εργασία που ο ίδιος καταβάλλει. Κατά περίπτωση χρειάστηκαν 0,9 μεροκάματα ανά στρέμμα για όλη την καλλιεργητική περίοδο αλλά και 6,5 που κοστολογούνται στα 31,5 και 227,5 ευρώ αναλόγως. Κατά μέσο όρο όμως χρειάζονται 5 μεροκάματα με κόστος 175 ευρώ ανά στρέμμα. Το κόστος της άρδευσης έχει και αυτό έντονη διαφορά η οποία οφείλεται στο βάθος άντλησης. Στην περίπτωση με τη βαθύτερη γεώτρηση στα 80 μέτρα το κόστος για όλη την καλλιεργητική περίοδο ήταν 80 ευρώ ανά στρέμμα, ενώ στη περίπτωση άντλησης από επιφανειακά νερά καναλέτων το κόστος ήταν μόλις 7,2 ευρώ ανά στρέμμα. Τέλος, τα καύσιμα για την χρήση των μηχανημάτων υπολογίστηκαν κατά προσέγγιση και ο μέσος όρος αναγκών σε ορυκτά καύσιμα ήταν στα 14,9 λίτρα ανά στρέμμα με την ακραία κατώτερη και ανώτερη τιμή να είναι 0,9 και 3,6 αντιστοίχως (Παρατηρητήριο Τιμών Υγρών Καυσίμων, 2023). Με τη μέση τιμή του πετρελαίου κίνησης για το 2021 στην Ελλάδα να ήταν 1,356 ευρώ το κόστος καυσίμων είναι στα 10,4-37,6 ευρώ ανά στρέμμα. Συνολικά ένας μέσος όρος των εξόδων για την καλλιέργεια της ακτινιδιάς ανέρχεται στα 706 ευρώ. Η τιμή αυτή ανταποκρίνεται στα έξοδα για τις εισροές του οπωρώνα και όχι στα συνολικά έξοδα για την καλλιέργεια στα οποία συμπεριλαμβάνονται έξοδα για την κατοχή ή χρήση των χωραφιών, την κατοχή ή χρήση και συντήρηση μηχανημάτων κ.α.

**Πίνακας 10.** Κόστος αγροχημικών, άρδευσης και ημερομισθίου για το 2021.

<b>Αγροχημικά</b>	<b>Τιμή ( €/kg ή €/L)</b>
<b>Λιπάσματα</b>	
<b>Σύνθετο λίπασμα</b>	1,2-1,4
<b>Νιτρικό Ασβέστιο 15,5-0-0 (+26,5 CaO)</b>	1,0
<b>Νιτρικό Κάλιο 13,5-0-46,2</b>	2,6
<b>Πλήρες λίπασμα 20-20-20</b>	2,6
<b>Σκεύασμα αμινοξέων</b>	7,8
<b>Υγρό λίπασμα Fertilon</b>	20,3
<b>Υγρό λίπασμα Fertileader Leos Arbo</b>	29,8
<b>Φυτορρυθμιστές ανάπτυξης</b>	<b>Τιμή ( €/kg ή €/L)</b>
<b>Sitofex 1 EC</b>	358,7
<b>Φυτοπροστατευτικά</b>	<b>Τιμή ( €/kg ή €/L)</b>
<b>Βορδιγάλειος πολτός Ecoram 20wp</b>	6,5
<b>Σκεύασμα Ca-S-Cu</b>	7,0
<b>Σκεύασμα χαλκού Rame</b>	30,0
<b>Μυκητοκτόνο Aliette</b>	23,2
<b>Μυκητοκτόνο Geoxe</b>	160,0
<b>Εντομοκτόνο Therbonal</b>	48,0
<b>Νηματωδοκτόνο NEMATHORIN 10G</b>	27,7
<b>Ζιζανιοκτόνα</b>	<b>Τιμή ( €/kg ή €/L)</b>
<b>Credit Xtreme 540SL</b>	12,7
<b>Εργατικά</b>	<b>Τιμή ( €/οκτάωρο)</b>
<b>Ημερομίσθο</b>	35
<b>Άρδευση</b>	<b>Τιμή ( €/στρ.)</b>
<b>Κόστος άρδευσης</b>	7,2 - 80

Για τη χρονιά του 2021 η τιμή του παραγωγού για ένα κιλό καρπών κυμάνθηκε από 0,8-1 ευρώ για την κατηγορία έξτρα. Τα ακτινίδια που κατατάσσονται σε αυτήν την κατηγορία πρέπει να είναι εκλεκτής ποιότητας. Πρέπει να είναι καλώς αναπτυγμένα και να παρουσιάζουν τα τυπικά χαρακτηριστικά της ποικιλίας. Τα ελαττώματα που επιτρέπονται είναι πολύ ελαφρές επιφανειακές αλλοιώσεις δεδομένου ότι δεν βλάπτουν τη γενική εμφάνιση του προϊόντος, την ποιότητά του, τη διατήρησή του, την παρουσίασή του στη συσκευασία και η σχέση ελάχιστη/μέγιστη

διάμετρος του καρπού στον ισημερινό πρέπει να είναι τουλάχιστον 0,8. Οι κατώτερες κατηγορίες είναι οι κατηγορία I και κατηγορία II. Στην κατηγορία I οι καρποί επιτρέπεται να έχουν ελαφρά ελαττώματα ως προς το σχήμα (όμως χωρίς εξογκώματα και δυσμορφίες), ελαφρά ελαττώματα ως προς το χρωματισμό, επιφανειακά ελαττώματα επιδερμίδας, με την προϋπόθεση ότι η ολική επιφάνειά τους δεν υπερβαίνει 1 cm<sup>2</sup>, μικρό «στίγμα του Hayward» που εμφανίζει μια επιμήκη γραμμή και δεν προεξέχει και η σχέση ελάχιστη διάμετρος/ μέγιστη διάμετρος του καρπού μετρούμενη στην ισημερινή τομή πρέπει να είναι τουλάχιστον 0,7. Στην κατηγορία II κατατάσσονται τα ακτινίδια που δεν μπορούν να ταξινομηθούν στις ανώτερες κατηγορίες αλλά ανταποκρίνονται στα ελάχιστα χαρακτηριστικά που περιγράφονται ανωτέρω. Ακόμα, το ελάχιστο βάρος καθορίζεται σε 90 γραμμάρια για την κατηγορία έξτρα, σε 70 γραμμάρια για την κατηγορία I και σε 65 γραμμάρια για την κατηγορία II (Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1673/2004). Η αξιολόγηση της ποιότητας γίνεται από τον έμπορο είτε με επίσκεψη στον οπωρώνα είτε με παραλαβή δείγματος και η τελική τιμή καθορίζεται από την ποιότητα του προϊόντος. Η μέση παραγωγή των οπωρώνων που συμμετείχαν ήταν 3925 kg/στρ. Με την προϋπόθεση της ανώτερης ποιότητας και τη μέση τιμή τα έσοδα των παραγωγών κυμαίνονται από 3140-3925 ευρώ ανά στρέμμα.

#### 4. Συζήτηση

Για την καλλιέργεια της ακτινιδιάς στην περιοχή της Ξάνθης, η άρδευση και η λίπανση αποτελούν τις καλλιεργητικές εργασίες με τη μεγαλύτερη συμβολή στην κατανάλωση ενέργειας καταλαμβάνοντας συνολικά το 84,1% των συνολικών εισροών ενέργειας. Επομένως είναι αναγκαίο να διερευνηθεί ο τρόπος με τον οποίο μπορούν να βελτιωθούν ώστε να είναι πιο αποδοτικές ενεργειακά. Στην περίπτωση της άρδευσης το αρδευτικό νερό και η ηλεκτρική ενέργεια συμβάλουν κατά 1/3 και 2/3 αντίστοιχα στη συνολική εισροή ενέργειας. Στην εισροή ενέργειας από τη λίπανση, τα λιπάσματα αποτελούν το 90% αυτής και το υπόλοιπο τη χρήση μηχανημάτων, καυσίμων και ανθρώπινης εργασίας.

Η κατανάλωση ενέργειας για την άρδευση εξαρτάται από τη συχνότητα των αρδεύσεων, την ποσότητα του καταναλισκόμενου νερού άρδευσης, το σύστημα άρδευσης του παραγωγού (στάγδην ή μικροεκτοξευτήρες), το βάθος άντλησης του νερού, τα χαρακτηριστικά του δικτύου άρδευσης (παροχή, πίεση) και την ιπποδύναμη της φυγοκεντρικής αντλίας με ηλεκτροκινητήρα (Ingrao et al. 2015). Σημαντικό ρόλο στην κατανάλωση ενέργειας για την άρδευση παίζουν και τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας και του εδάφους. Η ακτινιδιά είναι μία καλλιέργεια με υψηλές ανάγκες σε άρδευση τόσο λόγω της μεγάλης ποσότητας νερού όσο και της μεγάλης αρδευτικής περιόδου καθώς ωριμάζει τους καρπούς της τον Οκτώβριο. Στην περιοχή της Ξάνθης, σε αντίθεση με περιοχές της Θεσσαλίας όπου το βάθος άντλησης του νερού μπορεί να ξεπερνά τα 80 m, το βάθος άντλησης του νερού είναι μικρότερο και μάλιστα στην παρούσα μελέτη βρέθηκε ότι 45% των οπωρώνων αρδεύεται με επιφανειακά νερά με βάθος άντλησης μικρότερο των 20 m, στο 35% των οπωρώνων η άντληση γίνεται από βάθη 21 έως 40 m, στο 15% από 41 έως 50 m και μόλις στο 5% των οπωρώνων το βάθος άντλησης του νερού ξεπερνά τα 65 m. Το μικρό βάθος άντλησης του νερού βοηθά στη μικρότερη κατανάλωση ενέργειας. Η σύσταση του εδάφους παίζει επίσης μεγάλο ρόλο στη διαχείριση της ορθολογικής άρδευσης και στη διαστασιολόγηση του συστήματος άρδευσης. Στην παρούσα μελέτη, σύμφωνα με τα ερωτηματολόγια των παραγωγών, οι παραγωγοί έχουν υιοθετήσει έναν παρόμοιο τρόπο άρδευσης χωρίς να λαμβάνουν υπόψη τους τις παραμέτρους που προαναφέρθηκαν. Αυτό αποδεικνύεται και από την μικρή τυπική απόκλιση του μέσου όρου στην κατανάλωση ενέργειας για την άρδευση. Οι παραγωγοί χρησιμοποιούν μικροεκτοξευτήρες για την άρδευση της καλλιέργειας. Είναι γεγονός βέβαια ότι ο μεγάλος όγκος νερού που απαιτείται για την καλλιέργεια της ακτινιδιάς δεν θα ήταν

εύκολο να διανεμηθεί με στάγδην άρδευση γιατί τότε η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας θα ήταν ακόμη υψηλότερη λόγω των περισσότερων ωρών άρδευσης που θα απαιτούνταν.

Για τη βέλτιστη απόδοση της άρδευσης είναι σημαντική η γνώση των πραγματικών αναγκών του φυτού σε αρδευτικό νερό και η εφαρμογή του με τον πιο αποδοτικό τρόπο και τις μικρότερες δυνατές απώλειες. Στην παρούσα μελέτη ο όγκος νερού που καταναλώνεται για την άρδευση φαίνεται να είναι αρκετά μεγάλος συγκριτικά με τις ανάγκες που αναφέρονται στη βιβλιογραφία (Χαρτζουλάκης 2019) ωστόσο όπως προαναφέρθηκε η άρδευση έχει και ως σκοπό και το δροσισμό του οπωρώνα. Ακόμα, λόγω της μικρής αντοχής του φυτού σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης, της δυσκολίας στην κατανόηση του πραγματικού βάθους του εδάφους που αρδεύεται από έναν συγκεκριμένο όγκο νερού αλλά και το σχετικά χαμηλό κόστος της άρδευσης, οι παραγωγοί λειτουργούν με πρακτικές ώστε να βεβαιώνονται ότι το νερό βρίσκεται πάντα σε επάρκεια καταναλώνοντας έτσι μεγάλες ποσότητες. Η πρακτική αυτή μπορεί να οδηγήσει σαφώς στην κατανάλωση περιττής ενέργειας, τόσο του νερού αλλά και ηλεκτρικής ενέργειας για την άντλησή του, αλλά και σπατάλη του πολύτιμου αυτού πόρου.

Η καλλιέργεια της ακτινιδιάς έχει υψηλές απαιτήσεις σε λίπανση, αλλά για την εφαρμογή ορθολογικής λίπανσης στην ακτινιδιά πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι εκροές θρεπτικών στοιχείων και το γεγονός ότι τα θρεπτικά στοιχεία των φύλλων, των κλαδεμάτων και των ζιζανίων επιστρέφουν στο έδαφος (Ξυλογιάννης Χ. και Ξυλογιάννης Ε. 2022). Επιπλέον, για την ορθολογική λίπανση πρέπει η εφαρμογή της να γίνεται στα κρίσιμα στάδια για την καλλιέργεια και βάσει των αναγκών του φυτού σύμφωνα με την αναμενόμενη παραγωγή και τη ζωνρότητα της βλάστησης (Tagliavini and Marangoni 2002). Επιπρόσθετα, ο κύριος οδηγός για το αν η λίπανση γίνεται σωστά είναι οι εδαφολογικές και φυλλοδιαγνωστικές αναλύσεις. Στη συγκεκριμένη έρευνα, από τα ερωτηματολόγια των παραγωγών προέκυψε ότι οι 19 από τους 20 παραγωγούς κάνουν φυλλοδιαγνωστική ανάλυση ενώ λιγότεροι είναι οι παραγωγοί που κάνουν εδαφολογική ανάλυση. Οι φυλλοδιαγνωστικές αναλύσεις και οι αναλύσεις εδάφους είναι απαραίτητες γιατί μπορούν να υποδείξουν αν ο οπωρώνας υπερλιπαίνεται ή υπολιπαίνεται, περιπτώσεις όπου επιβαρύνουν τόσο τον παραγωγό όσο και το περιβάλλον. Σε περιπτώσεις υπερλίπανσης ο παραγωγός επιβαρύνεται με τα επιπλέον έξοδα και η πλεονάζουσα ποσότητα λιπασμάτων επιβαρύνει το περιβάλλον, φυσικά η ενέργεια που καταναλώθηκε για την παρασκευή τους μένει



αναξιοποίητη. Αντιστοίχως σε περιπτώσεις υπολίπανσης το φυτό δεν μπορεί να αποδώσει στο μέγιστο με αποτέλεσμα να μειώνεται το κέρδος του παραγωγού χωρίς όμως να μειώνονται οι συνολικές εφαρμογές και εργατοώρες. Επιπλέον στην παρούσα μελέτη οι παραγωγοί φαίνεται να αξιοποιούν όλες τις μεθόδους λίπανσης βασική λίπανση αρχές άνοιξης, υδρολίπανση και διαφυλλική προκειμένου να επιτύχουν την πιο αποτελεσματική χρήση των λιπασμάτων. Βέβαια οι παραγωγοί εξακολουθούν να χρησιμοποιούν σύνθετα χημικά λιπάσματα για τη βασική λίπανση αυξάνοντας το κόστος λίπανσης ενώ κάποιοι εξακολουθούν να υπερλιπαίνουν.

Όλες οι υπόλοιπες καλλιεργητικές εργασίες είχαν ποσοστό συμμετοχής μικρότερο του 6% συνεπώς δεν τίθεται ζήτημα η άμεση προσπάθεια για το περιορισμό τους ή την βελτίωσή τους. Φυσικά κάθε εισροή ενέργειας είναι σημαντική αλλά με την βελτίωση των συγκεκριμένων δεν θα υπήρχε σημαντική αλλαγή του συνόλου της εισρέουσας ενέργειας.

Όσον αφορά τα μηχανήματα και τα καύσιμα αποτελούν περίπου το 20% των συνολικών εισροών ενέργειας. Η χρήση μηχανημάτων απαιτεί την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων καθώς λειτουργούν με τον γεωργικό ελκυστήρα. Η κατανάλωση διαφέρει σε κάθε γεωργικό ελκυστήρα, και αυξάνεται όσο αυξάνεται η ιπποδύναμή του. Για τη μικρότερη κατανάλωση ιδανικό θα ήταν να γίνεται χρήση του μικρότερου δυνατού ελκυστήρα που να μπορεί να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις της εργασίας. Φυσικά ο κάθε παραγωγός μπορεί να έχει και άλλες καλλιέργειες για τις οποίες χρειάζεται έναν δυνατότερο γεωργικό ελκυστήρα τον οποίο χρησιμοποιεί και για τα ακτινίδια. Στην περίπτωση αυτή είναι κατανοητό ότι δεν μπορεί να έχει διαφορετικό ελκυστήρα για κάθε καλλιέργεια και αναγκαστικά θα υπάρξει μια αυξημένη κατανάλωση. Ακόμα φάνηκε πως το 50% των παραγωγών για την εφαρμογή λιπάσματος χρησιμοποιούν λιπασματοδιανομέα ενώ το άλλο 50% εφαρμόζει το λίπασμα με το χέρι. Η πρακτική αυτή μειώνει την χρήση μηχανημάτων συνεπώς και την κατανάλωση καυσίμου.

Όσον αφορά το αποτύπωμα άνθρακα της καλλιέργειας της ακτινιδιάς στην περιοχή της Ξάνθης, η άρδευση και η λίπανση ήταν οι καλλιεργητικές εργασίες με τον μεγαλύτερο αντίκτυπο στις εκπομπές ισοδυνάμων CO<sub>2</sub>eq. Επίσης από τους συντελεστές παραγωγής, η ηλεκτρική ενέργεια, τα λιπάσματα, τα καύσιμα και τα γεωργικά μηχανήματα είχαν τη μεγαλύτερη συμβολή στις εκπομπές ισοδυνάμων CO<sub>2</sub>eq. Οι Müller et al. (2015) βρήκαν ότι η χρήση των λιπασμάτων σε καλλιέργεια ακτινιδιάς είχε τον υψηλότερο αντίκτυπο στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ενώ

σε επίπεδο αγρού η βελτιστοποίηση της αποτελεσματικής χρήσης των θρεπτικών θα μπορούσε να βοηθήσει στη μείωση των εκπομπών.

Για την κατανόηση του μεγέθους της ενεργειακής εισροής στο ακτινίδιο αξίζει να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα με καλλιέργειες ακτινιδιάς αλλά και άλλες καλλιέργειες μεγάλης σημασίας για την Ελλάδα. Για το 2018 οι μεγαλύτερες σε έκταση καλλιέργειες της Ελλάδας ήταν οι ελαιώνες και τα αμπέλια. Οι πορτοκαλιές πρώτη καλλιέργεια εσπεριδοειδών, οι μηλιές για τα οπωροφόρα με τα ακτινίδια δεύτερα με μικρή διαφορά, οι ροδακινιές για τα πυρηνόκαρπα και οι αμυγδαλιές για τα ακρόδρυα (ΕΛΣΤΑΤ 2018).

Σε μελέτη ενεργειακού ισοζυγίου για την καλλιέργεια της ακτινιδιάς στο Ιράν βρέθηκε ότι οι εισροές ήταν 3028,5 MJ/στρ. και οι εκροές 4664 MJ στρ<sup>-1</sup> (Mohammadi et al. 2010). Η παραγωγικότητα ενέργειας 0,81 kg MJ<sup>-1</sup>, η ένταση ενέργειας 1,23 MJ kg<sup>-1</sup> και ο βαθμός απόδοσης 1,54 MJ MJ<sup>-1</sup>. Ο κύριος συντελεστής παραγωγής ήταν τα λιπάσματα με 1470 MJ/στρ. (47%) (Mohammadi et al. 2010), τιμή χαμηλότερη των ακτινιδίων στην Ξάνθη. Η ενεργειακή ανάλυση της καλλιέργειας της ακτινιδιάς στην Ξάνθη έδειξε ότι ενεργειακά είναι πιο αποδοτική ενεργειακά συγκριτικά με την καλλιέργεια της ακτινιδιάς στο Ιράν (Mohammadi et al. 2010). Σχετικά με το αποτύπωμα άνθρακα της καλλιέργειας της ακτινιδιάς στη Νέα Ζηλανδία, βρέθηκε πως για καλλιέργειες ολοκληρωμένης διαχείρισης οι εκπομπές ισοδυνάμων CO<sub>2</sub>eq ήταν 492,7 kg CO<sub>2</sub>eq ανά στρέμμα ενώ σε βιολογική καλλιέργεια ήταν 440 kg CO<sub>2</sub>eq στρ<sup>-1</sup> (Müller et al. 2015), Ωστόσο σε εκπομπές ανά κιλό προϊόντος στην ολοκληρωμένη διαχείριση το αποτέλεσμα ήταν 146 g CO<sub>2</sub>eq kg<sup>-1</sup> και 204 g CO<sub>2</sub>eq kg<sup>-1</sup> για τη βιολογική αλλά στις μετρήσεις συνυπολογίστηκαν η μεταφορά, η αποθήκευση και η συσκευασία του προϊόντος κάτι που δεν έγινε στη δική μας μελέτη (Müller et al. 2015). Αυτό που έχει αξία είναι η σύγκριση της ολοκληρωμένης με τη βιολογική καλλιέργεια της ακτινιδιάς, καθώς φαίνεται ότι στη βιολογική καλλιέργεια οι συνολικές εισροές μειώνονται ανά μονάδα καλλιεργούμενης έκτασης αλλά λόγω χαμηλότερης παραγωγής στη βιολογική γεωργία οι εκπομπές CO<sub>2</sub>eq ανά kg προϊόντος είναι τελικά υψηλότερες σε σχέση με την ολοκληρωμένη διαχείριση (Müller et al. 2015).

Όσον αφορά άλλες καλλιέργειες, σε ελαιώνες της Θάσου βρέθηκε πως οι συνολικές εισροές ενέργειας ήταν 6943 MJ/στρ. και οι εκροές 17494 MJ/στρ. με παραγωγή 370 Kg στρ<sup>-1</sup>. Στην περίπτωση αυτή η παραγωγικότητα ενέργειας είναι πολύ μικρότερη των ακτινιδίων, της τάξης του 0,07 kg MJ<sup>-1</sup>. Ωστόσο ο βαθμός

απόδοσης είναι  $2,5 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , δηλαδή περίπου 50% πάνω από τα ακτινίδια. Η διαφορά αυτή οφείλεται στην τεράστια διαφορά περιεκτικότητας σε ενέργεια των καρπών καθώς η ελιά έχει  $37,8 \text{ MJ Kg}^{-1}$  καρπών ενώ τα ακτινίδια  $2,55 \text{ MJ Kg}^{-1}$ . Τα αποτελέσματα αυτά όμως βρέθηκαν σε καρπό για ελαιοπαραγωγή καθώς σε ελαιώνες της Χαλκιδικής όπου παράγονται επιτραπέζιες ελιές βρέθηκαν εισροές  $11800 \text{ MJ/στρ.}$ , εκροές  $15400 \text{ MJ/στρ.}$  και παραγωγή  $200 \text{ kg/στρ.}$  Στην περίπτωση αυτή η παραγωγικότητα ενέργειας ήταν  $0,017 \text{ kg MJ}^{-1}$  και ο βαθμός απόδοσης  $1,3 \text{ MJ MJ}^{-1}$ . Ακόμα, για βιολογικούς ελαιώνες βρέθηκε ότι η παραγωγή, οι εισροές, οι εκροές, η παραγωγικότητα, η ένταση ενέργειας και ο βαθμός απόδοσης ήταν  $4048,3 \text{ MJ/στρ.}$ ,  $10877,5 \text{ MJ/στρ.}$ ,  $0,07 \text{ kg MJ}^{-1}$ ,  $17,5 \text{ MJ kg}^{-1}$  και  $3,31$  αντίστοιχα. Στην ίδια μελέτη βρέθηκε πως οι εκπομπές  $\text{CO}_2$  ήταν  $160 \pm 43 \text{ kg CO}_2\text{eq/στρ.}$  για συμβατικούς ελαιώνες και  $126 \pm 30 \text{ kg CO}_2\text{eq/στρ.}$  μετρώντας ωστόσο μόνο τις εκπομπές από την καύση του πετρελαίου (Kaltsas et al, 2007).

Σε μελέτη που έγινε σε αμπελώνες με την επιτραπέζια ποικιλία Σουλτανίνα σε πόλη της δυτικής Τουρκίας βρέθηκε ότι οι εισροές ενέργειας ήταν  $3748 \text{ MJ/στρ.}$  και ο βαθμός απόδοσης  $8,64$ , τιμή αρκετά υψηλότερη αυτής της ακτινιδιάς (Koctürk και Engindeniz 2009). Σχετικά με το αποτύπωμα άνθρακα σε μελέτη που διεξήχθη στην Κύπρο για τις ποικιλίες σταφυλιών Ξυνιστέρι, Cabernet Sauvignon και Σουλτανίνα τα αποτελέσματα ήταν  $0,283$ ,  $0,572$  και  $0,846 \text{ kg CO}_2\text{eq kg}^{-1}$  καρπών αντίστοιχα. Από τα αποτελέσματα αυτά φάνηκε πως οι οινοποιήσιμες ποικιλίες και πιο έντονα η τοπική ποικιλία Ξυνιστέρι, όπου είναι πιο προσαρμοσμένη στις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής, είχαν αρκετά μικρότερες εκπομπές  $\text{CO}_2$ , συγκριτικά με τη Σουλτανίνα όπου είναι επιτραπέζια. Σε κάθε περίπτωση οι τιμές είναι υψηλότερες από τα ακτινίδια.

Για τα ροδάκινα στην βόρεια Ελλάδα βρέθηκε για τρεις διαφορετικές ποικιλίες πως οι εισροές ενέργειας και το αποτύπωμα άνθρακα για τις συμβατικές καλλιέργειες ήταν  $5882,0 \text{ MJ στρ}^{-1}$  και  $300,1 \text{ kg CO}_2\text{eq/στρ.}$  για την ποικιλία Catherina,  $8912,8 \text{ MJ/στρ.}$  και  $484,7 \text{ kg CO}_2\text{eq/στρ.}$  για την Andross και  $6735,4 \text{ MJ/στρ.}$  και  $327 \text{ kg CO}_2\text{eq/στρ.}$  για την Everts. Όταν εφαρμόστηκε ορθολογική άρδευση και λίπανση τα αποτελέσματα ήταν  $5097,8 \text{ MJ/στρ.}$  και  $280,7 \text{ kg CO}_2\text{eq/στρ.}$ ,  $7542,6 \text{ MJ/στρ.}$  και  $451,9 \text{ kg CO}_2\text{eq/στρ.}$ ,  $5007,9 \text{ MJ/στρ.}$  και  $293,5 \text{ kg CO}_2\text{eq/στρ.}$  Συγκριτικά με το ακτινίδιο σε κάθε περίπτωση οι εκπομπές του  $\text{CO}_2$  είναι μεγαλύτερες ενώ οι εισροές ενέργειας βρίσκονται είτε υψηλότερα είτε χαμηλότερα ανάλογα με την ποικιλία και τον τρόπο καλλιέργειας. Μεγάλη σημασία έχει το γεγονός ότι σε κάθε περίπτωση οι

οπωρώνες ορθολογικής διαχείρισης άρδευσης και λίπανσης είχαν κατά βάση μειωμένες εισροές ενέργειας και αποτύπωμα άνθρακα συγκριτικά με τους συμβατικούς (Maletsika et al. 2022).

Στο Ιράν μελετήθηκε η καλλιέργεια της αμυγδαλιάς ως προς το ενεργειακό ισοζύγιο για τέσσερις ποικιλίες του Ιράν και μελετήθηκαν οι ηλικίες των δέντρων από 6-10, 11-15, και 16-20. Η συνολική μέση τιμή εισροών ήταν 6250 MJ/στρ. και των εκροών 14020 MJ/στρ. Ωστόσο στις εκροές συνυπολογίζεται η ψίχα μαζί με τα υπολείμματα (κέλυφος, φλοιός και κλαδευτικά). Σε κάθε ποικιλία βρέθηκε πως οι τόσο οι εισροές όσο και οι εκροές είχαν σημαντική αύξηση σε μεγαλύτερες ηλικίες των δέντρων. Ακόμα φάνηκε πως και για το αμύγδαλο η άρδευση ήταν ο σημαντικότερος παράγοντας με ποσοστό συμμετοχής μεγαλύτερο του 50% λόγω της ηλεκτρικής ενέργειας και η λίπανση ήταν δεύτερος παράγοντας με 22% (Torki-Harchegani 2015).

Η καλλιέργεια των μήλων στη Ζαγορά, κεντρική Ελλάδα, έδειξε πως οι εισροές ήταν 5070 MJ/στρ. και οι εκροές 11850 MJ/στρ. εκ των οποίων τα 5160 MJ προέκυπταν από τους καρπούς και τα 6690 MJ από τα κλαδευτικά. Σε αυτή την καλλιέργεια φάνηκε πως τα μηχανήματα με τα καύσιμα συμμετείχαν πάνω από 50% στις εισροές ενέργειας και η πιο ενεργειακά απαιτητική πρακτική ήταν αυτή της φυτοπροστασίας με 33%. Ακολουθούσε η συγκομιδή με μεταφορά με 22% και η λίπανση με 16,8% η οποία κατάσταση διαφέρει αρκετά από το ακτινίδιο (Strapatsa et al. 2006). Σε μελέτη στο Ιράν τα αποτελέσματα που μετρήθηκαν σε καλλιέργεια μηλιάς ήταν μικρότερα με εισροές 4281 MJ/στρ. και εκροές 4985 MJ/στρ. και τα καύσιμα με τα μηχανήματα να είναι και πάλι οι κύριοι παράγοντες στην εισροή ενέργειας (Rafiee et al. 2010).

Γεγονός είναι ότι στην παρούσα μελέτη υπολογίστηκαν μόνο οι εκροές CO<sub>2</sub>eq από την καλλιέργεια της ακτινιδιάς και όχι η δυνατότητα δέσμευσης άνθρακα από την καλλιέργεια. Το γεγονός ότι οι παραγωγοί επιστρέφουν τα κλαδευτικά στο έδαφος συμβάλλει στην αποθήκευση άνθρακα στο έδαφος του οπωρώνα αλλά πρέπει να εφαρμόσουν πιο πολλές αιεφόρες πρακτικές για το μετριασμό των επιπτώσεων της καλλιέργειας στις εκπομπές CO<sub>2</sub>eq. Αύξηση της δέσμευσης άνθρακα στον οπωρώνα μπορεί να επιτευχθεί με τη διαχείριση του κλαδέματος και τον καλύτερο φωτισμό που θα οδηγήσει σε αύξηση της αφομοίωσης CO<sub>2</sub> μέσω της φωτοσύνθεσης, την κομποστοποίηση των υπολειμμάτων της καλλιέργειας και την αξιοποίηση του κομπόστ για την καλλιέργεια, με την ακαλλιέργεια, την τροποποίηση

ζιζανιοχλωρίδας για αύξηση δέσμευσης άνθρακα (Montanaro et al. 2017). Επομένως η αύξηση της δέσμευσης του CO<sub>2</sub> στον οπωρώνα μπορεί να γίνεται από εσωτερικές πηγές (κλαδευτικά, φύλλα, κορμός) και εξωτερικά (κοπριά, compost) (Montanaro et al. 2017).

Σε πολλές περιπτώσεις φάνηκε πως στους οπωρώνες τα κλαδευτικά είναι ένα μεγάλο ποσοστό εκροών ενέργειας το οποίο δεν πρέπει να μένει ανεκμετάλλευτο. Η ενσωμάτωση των κλαδευτικών θα επιστρέψει στο έδαφος μεγάλη ποσότητα θρεπτικών ενώ θα αυξήσει και την οργανική ουσία του εδάφους. Επίσης η ολοκληρωμένη διαχείριση και η βιολογική καλλιέργεια φάνηκε να μπορεί να μειώσει τις εισροές ενέργειας και το αποτύπωμα άνθρακα σε σύγκριση με τη συμβατική καλλιέργεια, ενώ με τις κατάλληλες πιστοποιήσεις μπορούν να δώσουν και προστιθέμενη αξία στο προϊόν αυξάνοντας έτσι το κέρδος του παραγωγού. Ακόμα, σε μια μελέτη σε αμυγδαλιές καλλιεργούμενες σε μεσογειακό κλίμα στην Ισπανία φάνηκε πως το αποτύπωμα άνθρακα μπορεί να μειωθεί με τη διαφορετική διαχείριση του εδάφους. Προτάθηκε η μειωμένη χρήση καλλιεργητή και η εφαρμογή χλωρής λίπανσης, έτσι ώστε το έδαφος να εμπλουτίζεται με οργανική ουσία και να αυξάνεται η αποθήκευση άνθρακα σε αυτό ή έστω η μείωση εφαρμογών καλλιεργητή ανάμεσα από τους διαδρόμους (Martin-Gorriz et al. 2020).

Σύμφωνα με τα ερωτηματολόγια, στην περιοχή της Ξάνθης οι παραγωγοί αντινιδίων καλλιεργούν με συμβατικές μεθόδους καλλιέργειας, δεν ανήκουν σε κάποια ομάδα παραγωγών και δεν λαμβάνουν κάποια πιστοποίηση για το ακτινίδιο που παράγουν. Στην παρούσα μελέτη έγινε καταγραφή του οικονομικού κόστους των εισροών που απαιτούνται για την καλλιέργεια της ακτινιδιάς και του ακαθάριστου κέρδους και αποδεικνύεται ότι η καλλιέργεια της ακτινιδιάς είναι μία προσοδοφόρα καλλιέργεια ενώ η διάθεση του προϊόντος δεν φαίνεται να αντιμετωπίζει κάποιο πρόβλημα. Το γεγονός αυτό ίσως να εφησυχάζει τους παραγωγούς και δεν τους δίνει κάποιο κίνητρο να προχωρήσουν στην οργάνωσή τους σε κάποια ομάδα παραγωγών. Όμως θα ήταν ο μόνος τρόπος για να μπορέσουν οι παραγωγοί να δράσουν συλλογικά και να ενταχθούν στην ολοκληρωμένη διαχείριση παραγωγής. Μέσω της ολοκληρωμένης διαχείρισης της παραγωγής και της τήρησης των κανόνων Ορθής Γεωργικής Πρακτικής θα μπορούσε να επιτευχθεί πιο ορθολογική διαχείριση της λίπανσης και της φυτοπροστασίας. Η ορθολογική διαχείριση της άρδευσης θα μπορούσε να επιτευχθεί με την εγκατάσταση μετεωρολογικών σταθμών στην περιοχή

και με την ένταξη εργαλείων γεωργίας ακριβείας τα οποία μπορούν να είναι αποτελεσματικά όταν γίνονται συλλογικά.

## 5. Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα της πτυχιακής εργασίας προέκυψαν κάποια χρήσιμα συμπεράσματα για την ενεργειακή ανάλυση και το αποτύπωμα άνθρακα της καλλιέργειας της ακτινιδιάς στην περιοχή της Ξάνθης.

- Το σύνολο των εισροών ενέργειας ήταν 6044 MJ/στρ. και οι εκροές 10009 MJ/στρ. Φαίνεται να είναι υψηλότερες από άλλες καλλιέργειες, ωστόσο διατηρείται ένας σχετικά υψηλός βαθμός απόδοσης ίσος με 1,66 λόγω υψηλής παραγωγής.
- Το αποτύπωμα άνθρακα της καλλιέργειας της ακτινιδιάς βρέθηκε ίσο με 247 kg CO<sub>2</sub>eq/στρ. και 65,7 g CO<sub>2</sub>e/kg ακτινιδίων. Ανά μονάδα καλλιεργούμενης έκτασης το αποτύπωμα άνθρακα της καλλιέργειας της ακτινιδιάς βρέθηκε υψηλότερο από άλλες καλλιέργειες ωστόσο όταν εκφράστηκε ανά κιλό ακτινιδίων βρέθηκε να έχει χαμηλό αντίκτυπο στο περιβάλλον.
- Η άρδευση και η λίπανση ήταν οι καλλιεργητικές εργασίες με τις υψηλότερες εισροές ενέργειας και την υψηλότερη συμβολή στο αποτύπωμα άνθρακα της ακτινιδιάς.
- Οι καλλιεργητικές εργασίες διαχείριση των ζιζανίων, φυτοπροστασία, κλάδεμα, αραίωμα καρπών, δέσιμο κληματίδων και συγκομιδή που γίνονται χειρωνακτικά είχαν μικρότερη συμμετοχή στην κατανάλωση ενέργειας και το αποτύπωμα άνθρακα.
- Όσον αφορά τους συντελεστές παραγωγής, βρέθηκε ότι τα λιπάσματα, η ηλεκτρική ενέργεια, το νερό άρδευσης, τα καύσιμα και τα μηχανήματα προσέθεσαν τις υψηλότερες εισροές ενέργειας και είχαν το μεγαλύτερο αντίκτυπο στις εκπομπές ισοδυνάμων CO<sub>2</sub>eq στην παραγωγή του ακτινιδίου.
- Για τη βελτίωση της χρήσης ενέργειας και τη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα της καλλιέργειας της ακτινιδιάς είναι αναγκαία η ορθολογική διαχείριση της άρδευσης και της λίπανσης, ώστε να μην γίνεται κατασπατάληση αρδευτικού νερού, μεγάλη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και αλόγιστη χρήση αγροχημικών.
- Η χρήση κατάλληλου μηχανολογικού εξοπλισμού, η σωστή συντήρηση και ο περιορισμός των άσκοπων μετακινήσεων στον αγρό μπορούν να συμβάλλουν στη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και επομένως στη μείωση της κατανάλωσης

ενέργειας και στη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα της καλλιέργειας της ακτινιδιάς.

- Η καλλιέργεια της ακτινιδιάς αποδείχθηκε μία προσοδοφόρα καλλιέργεια αλλά οι παραγωγοί οφείλουν να ακολουθήσουν τις απαιτήσεις των καταναλωτών και της Ευρωπαϊκής Ένωσης για πιο αειφόρα προϊόντα. Επίσης πρέπει να υιοθετήσουν πιο αειφόρες καλλιεργητικές πρακτικές που να συμβάλλουν στην αποθήκευση άνθρακα στον οπωρώνα και στον μετριασμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.



## Βιβλιογραφία

### Ξένη βιβλιογραφία

- Alvarez S., Carballo-Penela A., Mateo-Mantecón I. and Rubio A., 2016. Strengths-Weaknesses-Opportunities-Threats analysis of carbon footprint indicator and derived recommendations. *Journal of Cleaner Production*. 121:238-247.
- Akdemir S., Akcaoz H. and Kizilay H.S., 2012. An analysis of energy use and input costs for apple production in Turkey. *Journal of Food Agriculture & Environment* 10:473-479.
- Blombäck K., Eckersten H., Lewan E., and Aronsson H., 2003. Simulations of soil carbon and nitrogen dynamics during seven years in a catch crop experiment. *Agricultural Systems*, 76 (1):95-114.
- Bowers W., 1992. Agricultural field equipment. In: *Energy in world agriculture. Energy in Farm Production*, 1st ed.; Fluck, R.C., 10:117-129.
- Chartzoulakis K., Michelakis N., and Vougioukalou E., 1991. Growth and production of kiwi under different irrigation systems. *Fruits* 46.
- Chen G.Q., Jiang M.M., Chen B., Yang Z.F., and Lin C., 2006. Energy Analysis of Chinese Agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 115:161-173.
- Conforti P., and Giampietro M., 1997. Fossil Energy Usain Agriculture: An International Comparison. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 65:231-243.
- Čuček L., Klemeš J.J., Varbanov P.S., Kravanja Z., 2015. Significance of environmental footprints for evaluating sustainability and security of development.
- Dabney S.M., Delgado J.A. and Reeves D.W., 2001. Using winter cover crops to improve soil and water quality, *Communications in Soil. Science and Plant Analysis*, 32:1221-1250.
- DeFries R.S., Field C.B., Fung I, Collatz G.J. and Bounoua L., 1999. Combining satellite data and biogeochemical models to estimate global effects of human-induced land cover change on carbon emissions and primary productivity. *Global Biogeochemical Cycles*, 13:803-815.
- Deike K., Pallut B., and Christen O., 2008. Investigations on the Energy Efficiency of Organic and Integrated Farming with Specific Emphasis on Pesticide Use Intensity. *European Journal of Agronomy*, 28:461-470.

- Don A., Schumacher J. and Freibauer A., 2011. Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks – a meta-analysis. *Global Change Biology*, 17:1658-1670.
- EUROCERT, 2023. (<https://www.eurocert.gr/>) (Πρόσβαση 20 Ιουνίου 2023).
- FAO, 2000. *The Energy and Agriculture Nexus*. Rome, Environment and Natural Resources.
- Falkenmark M., 2000. Competing freshwater and ecological services in the river basin perspective: an expanded conceptual framework. *Water International*, 25(2):172-177.
- Fang K., and Heijungs R., 2015. Investigating the inventory and characterization aspects of footprinting methods: lessons for the classification and integration of footprints. *Journal of Cleaner Production*, 108:1028-1036.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2023. FAOSTAT database. <http://www.fao.org/faostat> (Πρόσβαση στις 26 Ιουνίου 2023).
- Frye W.W., Blevins R.L., Smith M.S. and Corak S.J., 1998. Role of Annual Legume Cover Crops in Efficient Use of Water and Nitrogen. *American Society of Agronomy*.
- Gentos T.A., Cavalaris C., Karamoutis C., Tagarakis A.C., and Fountas, S., 2013. Energy analysis of three energy crops in Greece. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal* 15:52-66.
- Havlicek, J. and Capps, O., 1977. Needed research with respect to energy use in agricultural production. *Southern Journal of Agricultural Economics* 9(1):1-7.
- Hoekstra A.Y., 2017. Water footprint assessment: evolvment of a new research field.
- Hoekstra A.Y. and Chapagain A.K., 2008. *Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources*.
- Hoekstra A.Y., Chapagain A.K., Aldaya M.M., and Mekonnen M.M., 2011. *The Water Footprint Assessment Manual Setting the Global Standard*, Earthscan, London.
- Hoekstra A.Y., and Wiedmann T.O., 2014. Humanity's unsustainable environmental footprint. *Science*, 344(6188):1114-1117.
- Ingrao C., Matarazzo A., Tricase C., Clasadonte M.T., Huisingh D., 2015. Life cycle assessment for highlighting environmental hotspots in Sicilian peach production systems. *Journal of Cleaner Production*, 92:109-120.
- International Journal of Sustainable Energy*, 37(1):21-29.

- Intergovernmental Panel on Climate Change, 1995. Agricultural options for mitigation of greenhouse gas emissions. IPCC Workgroup II, Chapter 23, Washington, DC.
- ISO 14067:2018. Αέρια θερμοκηπίου - Αποτύπωμα των προϊόντων - Απαιτήσεις και κατευθυντήριες γραμμές για τον ποσοτικό προσδιορισμό.
- Janssens I.A., Freibauer A., Ciais P., Smith P., Nabuurs G.J., Folberth G., et al., 2003. Europe's Terrestrial Biosphere Absorbs 7 to 12% of European Anthropogenic CO<sub>2</sub> Emissions. *Science*, 300:1538-1542.
- 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.
- Lal R., 2004. Carbon emission from farm operations. *Environment International* 30:981-990.
- Lal R., 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, 123:1-22.
- Laurent A., Olsen S.I. and Hauschild M.Z., 2012. Limitations of carbon footprint as indicator of environmental sustainability, *Environmental Science and Technology*, 46(7):4100-4108.
- Luo Z., Wang E., and Sun O.J., 2010. Can no-tillage stimulate carbon sequestration in agricultural soils? A meta-analysis of paired experiments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 139(1-2):224-231.
- McGuire A.D., Sitch S.J., Clein S., Dargaville R., Esser G., Foley J., et al., 2001. Carbon balance of the terrestrial biosphere in the twentieth century: analyses of CO<sub>2</sub>, climate and land use effects with four process-based ecosystem models. *Global Biogeochemical Cycles*, 15:183-206.
- Mazzoncini M., Sapkota T.B., Bàrberi P., Antichi D. and Risaliti R., 2011. Long-term effect of tillage, nitrogen fertilization and cover crops on soil organic carbon and total nitrogen content. *Soil and Tillage Research*, 114(2):165-174.

- Mancini M.S., Galli A., Niccolucci V., Lin D., Bastianoni S., Wackernagel M. and Marchettini N., 2016. Ecological footprint: refining the carbon footprint calculation. *Ecological Indicator*. 61:390-403.
- Maletsika P., Cavalaris C., Giouvanis V. and Nanos GD., 2022. Effects of Alternative Fertilization and Irrigation Practices on the Energy Use and Carbon Footprint of Canning Peach Orchards. *Sustainability*. 14(14):8583.
- Martin-Gorriz B., Maestre-Valero J.F., Almagro M., Boix-Fayos C. and Martínez-Mena M., 2020. Carbon emissions and economic assessment of farm operations under different tillage practices in organic rainfed almond orchards in semiarid Mediterranean conditions. *Scientia Horticulturae*, 261:108978.
- Martin-Gorriz B., Soto-García M. and Martínez-Alvarez V., 2014. Energy and greenhouse-gas emissions in irrigated agriculture of SE (southeast) Spain. Effects of alternative water supply scenarios. *Energy*, 77:478–488.
- Matušík J. and Kočí V., 2021. What is a footprint? A conceptual analysis of environmental footprint indicators. *Journal of Cleaner Production*, 285:124833.
- Michos M.C., Mamolos A.P., Menexes G.C., Tsatsarelis C.A., Tsirakoglou V.M. and Kalburtji K.L., 2012. Energy inputs, outputs and greenhouse gas emissions in organic, integrated and conventional peach orchards. *Ecological Indicators* 13:22-28.
- Mohammadi A., Rafiee S., Mohtasebi S.S. and Rafiee H., 2010. Energy inputs – yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran. *Renewable Energy* 35:1071-1075.
- Montanaro G., Tuzio A.C., Xylogiannis E., Kolimenakis A. and Dichio B., 2017. Carbon budget in a Mediterranean peach orchard under different management practices. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 238:104-113.
- Müller K., Holmes A., Deurer M., and Clothier B.E., 2015. Eco-efficiency as a sustainability measure for kiwifruit production in New Zealand. *Journal of Cleaner Production*, 106:333-342.
- Ozkan B., Feert C. and Karadeniz C.F., 2007. Energy and Cost Analysis for Greenhouse and Open Field Grape Production. *Energy* 32:1500-1504.
- Pervanchon F., Bockstaller C. and Girardin P., 2002. Assessment of Energy Use in Arable Farming Systems by Means of an Agro-Ecological Indicator: The Energy Indicator. *Agricultural Systems*, 72:149-172.

- Pimentel D.L., Hurd E., Belloti A.L., Forster M.J., Oka J.N., Sholes O.D. and Whitman R.J., 1973. Food production and the energy crisis. *Science*, 182:443–449. <https://doi.org/10.1126/science.182.4111.443>.
- Poepflau C., Don A., Vesterdal L., Leifeld J., Wesemael B Van., Schumacher J., and Gensior A., 2011. Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone – carbon response functions as a model approach. *Global Change Biology*, 17:2415-2427.
- Rafiee S., Mousavi-Avval S.H. and Mohammadi A., 2010. Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. *Energy*, 35(8):3301-3306.
- Reicosky D.C., Hatfield J.L. and Sass R.L., 2000. Agricultural contributions to greenhouse gas emissions. CABI Books. CABI International.
- Rees W.E., 1992. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. *Environment and Urbanization* 4(2):121-130.
- Rees W. and Wackernagel M., 1996. Urban ecological footprints: Why cities cannot be sustainable - And why they are a key to sustainability. *Environmental Impact Assessment Review*, 16(4-6):223-248.
- Richardson D.P., Ansell J. and Drummond L.N., 2018. The nutritional and health attributes of kiwifruit: a review. *European Journal of Nutrition* 57:2659–2676. <https://doi.org/10.1007/s00394-018-1627-z>.
- Singh J.M., 2002. On Farm Energy Use Pattern in Different Cropping Systems in Haryana India. Master of Science thesis (unpublished), International Institute of Management University of Flensburg, Germany.
- Singh H., Mishra D. and Nahar N. M., 2002. Energy use pattern in production agriculture of a typical village in Arwal Zone, India-Part I. *Energy Conversion & Management* 43:2275-2286.
- Smith P., Powlson D.S., Glendining M.J. and Smith J.U., 1997. Potential for carbon sequestration in European soils: preliminary estimates for five scenarios using results from long-term experiments. *Global Biogeochemical Cycles*. 3(1):67-79.
- Sofa A., Nuzzo V., Palese A.M., Xiloyannis C., Celano G., Zukowskyj P. and Dichio B., 2005. Net CO<sub>2</sub> storage in mediterranean olive and peach orchards. *Scientia Horticulturae*, 107:17-24.
- Strapatsa A.V., Nanos G.D. and Tsatsarelis C.A., 2006. Energy flow for integrated apple production in Greece. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 116(3-4):176-180.

- Tagliavini, M. and Marangoni B., 2002. Major nutritional issues in deciduous fruit orchards of Northern Italy. *HortTechnology*, 12:26-31.
- Torki-Harchegani M., Ebrahimi R. and Mahmoodi-Eshkaftaki M., 2015. Almond production in Iran: An analysis of energy use efficiency (2008–2011). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41:217-224.
- Tsatsarelis C.A., 1991. Energy requirements for cotton production in central Greece. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 50:239–246.
- UNFCCC, Kyoto Protocol Reference Manual on Accounting of Emissions and Assigned Amount, United Nations Framework Convention on Climate Change, unfcc.int. (2008).
- Wackernagel M. and Rees W.E., 1997. Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: economics from an ecological footprint perspective, *Ecological Economics*, 20(1):3-24.
- Water Footprint Network, 2023. <https://www.waterfootprint.org> (Πρόσβαση στις 25 Ιουνίου 2023).
- Wiesmeier M., Hübner R., Spörlein P., Geuß U., Hangen E., Reischl A., Schilling B., Lützw M. von, and Kögel-Knabner I., 2013. Carbon sequestration potential of soils in southeast Germany derived from stable soil organic carbon saturation. *Global Change Biology*.
- Wells C., 2001. Total Energy Indicators of Agricultural Sustainability: Dairy Farming Case Study, Technical Paper 2001/3, Ministry of Agriculture and Forestry: Wellington, New Zealand.
- Wright L.A., Kemp S., and Williams I., 2011. 'Carbon footprinting': towards a universally accepted definition. *Carbon Management*. 2(1): 61-72.

### **Ελληνική βιβλιογραφία**

- Βασιλακάκης Μ.Δ., 2016. Γενική και Ειδική Δενδροκομία Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη.
- Γεράκης Π.Α., Βερεσόγλου Δ.Σ. και Καλμπουρτζή Κ.Α. (2008). Αειφορική ανάπτυξη γεωργικών πόρων. Σύγχρονη παιδεία. Θεσσαλονίκη.
- ΕΛΓΟ–ΔΗΜΗΤΡΑ, 2023. ([https://www.elgo.gr/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=22&Itemid=1202](https://www.elgo.gr/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=22&Itemid=1202)) (Πρόσβαση στις 20 Ιουνίου 2023).

- Θεριός Ι., Δημάση-Θεριου Κ., 2013. Ειδική Δενδροκομία Φυλλοβολα Οπωροφόρα Δένδρα. Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη.
- Κάλτσας, Α., (2005). «Ενεργειακές Εισροές - Εκροές Συμβατικής κατ Βιολογικής Ελατοκαλλτέργετας στο νησί της Οάσου». Α.Π.Ο. Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών. Τμήμα Γεωπονίας. Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών. Ειδίκευση (Οικολογία και αειφορική διαχείριση οικοσυστημάτων), Θεσσαλονίκη, σελ. 103.
- Κανονισμός (ΕΕ) 2018/848 για τη βιολογική παραγωγή και την επισήμανση των βιολογικών προϊόντων.
- Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1673/2004. Καθορισμός της εμπορικής προδιαγραφής για τα ακτινίδια.
- ΛΑΟΣ, 2023 <https://www.laosnews.gr> (Πρόσβαση στις 25 Ιουνίου 2023).
- Ευλογιάννης Χ. και Ευλογιάννης Ε., 2022. Γεωργία Κτηνοτροφία 10, 42-48.
- Παϊσιάδης Σ. 2020. Καλό ξεκίνημα τιμών στα πρώιμα ακτινίδια και μεγάλο ενδιαφέρον για νέες φυτεύσεις. Πώς κυμάνθηκε η ελληνική και η παγκόσμια παραγωγή. Γεωργία Κτηνοτροφία 10, 42-43.
- Παππά Κ., 2022. Διερεύνηση των Επιπτώσεων της Κλιματικής Αλλαγής σε Επιλεγμένες Χώρες. Μεταπτυχιακή διατριβή. Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Σχολή Οικονομικών Επιχειρηματικών και Διεθνών Σπουδών, Τμήμα Οργάνωσης και Διοίκησης Επιχειρήσεων, Πειραιάς.
- Παρατηρητήριο Τιμών Υγρών Καυσίμων, 2023 <http://www.fuelprices.gr/> (Πρόσβαση στις 26 Ιουνίου 2023)
- Παστόπουλος Σ., 2014. Εχθροί και ασθένειες της ακτινιδιάς, μια σύντομη περιγραφή, Agro-Help, <https://pomologyinstitute.gr> (Πρόσβαση στις 25 Ιουνίου 2023)
- Πολυράκης Γ., 2003. Περιβαλλοντική Γεωργία. Εκδόσεις Ψύχαλου, Αθήνα.
- Τσατσαρέλης, Κ.Α., (2000). Διαχείριση Υδατικών και Ενεργειακών Πόρων: Ενεργειακά Ισοζύγια Καλλιεργειών., κεφ. 7: σελ: 94-117. Α.Π.Ο. Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών. Τμήμα Γεωπονίας. ΕΠΕΑΕΚ 3.1α. Πρόγραμμα: Αειφορική Γεωργία. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη.
- Χαρτζουλάκης Κ., 2019. Η άρδευση των καλλιεργειών. Εκδόσεις Αγροτύπος, Αθήνα.