

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

**Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών
Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος**

Μεταπτυχιακή Διατριβή



**Υπολογισμός Αποτυπώματος Νερού στην καλλιέργεια πατάτας
στην Κύπρο και Προτάσεις Μέτρων Μείωσης**

Χριστιάνα Τζιακούρη

**Επιβλέπουσα Καθηγήτρια
Μαρία Ντούλα**

Νοέμβριος 2022

Περίληψη

Η χρήση νερού στην γεωργία καταναλώνει το μεγαλύτερο ποσοστό του διαθέσιμου γλυκού νερού παγκοσμίως με ποσοστά μέχρι το 80% των διαθέσιμων υδατικών πόρων και παρουσιάζει αυξητική τάση με ρυθμό 1,3% ετησίως καθώς η παγκόσμια αύξηση του πληθυσμού δημιουργεί περισσότερες ανάγκες στην παραγωγή τροφίμων. Αυτό έχει ως συνεπακόλουθο διάφορες περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις που έχουν να κάνουν με τα υδατικά οικοσυστήματα. Η κλιματική αλλαγή επίσης επηρεάζει αρνητικά τα υδατικά οικοσυστήματα μειώνοντας τις διαθέσιμες ποσότητες γλυκού νερού ανά το παγκόσμιο.

Όλα αυτά δημιουργούν την ανάγκη για καλύτερη διαχείριση των υδατικών πόρων και ειδικότερα αυτά που αφορούν τα αγροτικά οικοσυστήματα. Η καλύτερη διαχείριση μπορεί να επιτευχθεί με ορθή παρακολούθηση των υδατικών οικοσυστημάτων, όπως έλεγχος ποσοτήτων άρδευσης, ποσοτήτων λιπασμάτων, έλεγχος απορροής και των εισροών στο κάθε ένα από αυτά. Η παρακολούθηση των εισροών νερού στα αγροτικά οικοσυστήματα μπορεί να επιτευχθεί με το αποτύπωμα νερού. Το αποτύπωμα νερού, μετρά την κατανάλωση νερού ως πόρου καθώς και τη χρήση του για την αραίωση των αποβλήτων. Το αποτύπωμα νερού WF υπολογίζεται ως το άθροισμα τριών επιμέρους αποτυπωμάτων, του πράσινου (WFgreen), του μπλε (WFblue) και του γκρι (WFgrey). Το Πράσινο υδατικό αποτύπωμα είναι το νερό της βροχής που αποθηκεύεται στο έδαφος και χρησιμοποιείται από τα φυτά, το Μπλε υδατικό αποτύπωμα είναι η κατανάλωση επιφανειακών (ποτάμια, λίμνες) ή υπόγειων υδάτων, και το Γκρίζο υδατικό αποτύπωμα είναι ο όγκος του νερού που απαιτείται για να αποφορτίσει τους παραγομένους ρύπους μιας διαδικασίας/ καλλιέργειας.

Η Κύπρος χώρα με ημίξηρο κλίμα και περιορισμένους υδάτινους πόρους, έχει ανάγκη για καλύτερη διαχείριση των υδάτινων πόρων της και ειδικότερα αυτούς που χρησιμοποιούνται στην αγροτική ανάπτυξη, καθώς οι κάτοικοι της δραστηριοποιούνται παραδοσιακά με την γεωργία. Ορθή παρακολούθηση στην χρήση των υδάτων στην γεωργική ανάπτυξη θα βοηθήσει στην αειφόρο διαχείριση τους. Η καλλιέργεια της πατάτας στην Κύπρο είναι πολύ διαδεδομένη, και απαιτεί αρκετές ποσότητες νερού άρδευσης.

Ο στόχος της παρούσας μελέτης είναι ο προσδιορισμός του αποτυπώματος νερού στην Κύπρο από την καλλιέργεια πατάτας και η σύγκριση των αποτελεσμάτων ανά επαρχία/ παραγωγό/ αρδευτικές μέθοδοι κτλ, ώστε να εντοπιστούν οι δυνατότητες μείωσης του.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό του αποτυπώματος νερού στην καλλιέργεια πατάτας συλλέχθηκαν μέσω προσωπικών συνεντεύξεων παραγωγών οι οποίοι απάντησαν σε ερωτήματα που τους τέθηκαν σύμφωνα με ερωτηματολόγιο. Τα στοιχεία που συλλεχθήκαν αφορούσαν τις καλλιεργητικές μεθόδους ανά δεκάριο καλλιέργειας όπως ποσότητες νερού άρδευσης ανά μήνα, μέθοδος άρδευσης, λίπανση και απόδοση παραγωγής.

Αξιοποιώντας τα δεδομένα αυτά, υπολογίσθηκε το θεωρητικό αποτύπωμα νερού (αυτό που θα χρειαζόταν για την καλλιέργεια πατάτας στην περιοχή τους) και το πραγματικό αποτύπωμα νερού με τα δεδομένα που αναλύθηκαν. Από αυτό, προέκυψε ότι στους περισσότερους παραγωγούς υπάρχει περιθώριο μείωσης του αποτυπώματος νερού, αν εφαρμόσουν πιο βέλτιστες καλλιεργητικές μεθόδους όπως κατά το δυνατόν ορθότερη επιλογή περιοχής καλλιέργειας, επιστημονικός προγραμματισμός άρδευσης και πιο στοχευμένη ανάλογα με τις ανάγκες του φυτού λίπανση.

Συμπερασματικά, ο υπολογισμός του αποτυπώματος νερού είναι ένα σημαντικό εργαλείο για την αξιολόγηση της χρήσης των υδάτινων πόρων στις καλλιέργειες. Η καλλιέργεια πατάτας στην Κύπρο θα μπορούσε να γίνει πιο βιώσιμη οικονομικά και περιβαλλοντικά με την μείωση του υδατικού αποτυπώματος.

Λέξεις κλειδιά: Κλιματική αλλαγή, υδάτινοι πόροι, γεωργία, αποτύπωμα νερού, καλλιέργεια πατάτας

Summary

Water use in agriculture is the largest consumer of available fresh water worldwide with percentages that reach up to 80%, and shows an increase up to 1.3% per year, since global population growth creates more needs for food production. This entails various environmental, social and economic impacts that deal with aquatic ecosystems. Climate change has also a negative effect in aquatic ecosystems by reducing the availability of freshwater worldwide.

All this creates the need for more sustainable use of water resources and especially those related to agricultural ecosystems. This can be achieved by proper monitoring of aquatic ecosystems such as control of irrigation quantities, fertilizer quantities, runoff control and flows to each of them. Monitoring of water flows in agricultural ecosystems can be achieved by water footprint. The water footprint is an indicator that measures the consumption of direct and indirect fresh water use. The WF water footprint consists by three components, Green (WFgreen), Blue (WFblue) and Grey (WFgrey). The green water footprint is the rainwater stored in the soil and used by plants, the Blue water footprint is the consumption of surface water (rivers, lakes) or groundwater, and the Gray water footprint is the volume of water required to assimilate the load of pollutants of a process / crop.

Cyprus, is a country with semi-arid climate and limited water resources, that needs better management of its water resources, especially those used in rural development, as its inhabitants are traditionally active in agriculture. Proper monitoring of water use in agricultural development will help to manage them sustainably. Potato cultivation in Cyprus is very widespread and requires several quantities of irrigated water.

The aim of this study is to determine the water footprint from potato cultivation in Cyprus, and to compare the results in cultivation areas/ producer / irrigation methods, etc., in order to reduce it.

The data used to calculate the water footprint on the potato crop was collected through personal interviews with the producers who answered questions, according to a questionnaire. The data collected involved cultivation methods per crop, such as water use, irrigation method, fertilization and production yield.

The theoretical water footprint (the ideal water use for the cultivation of potatoes in their area) and the actual water footprint were calculated. As a result most producers could reduce the water footprint by using more optimal cultivation methods such as the most proper selection of the growing area, scientific irrigation planning and more targeted fertilization depending on the needs of the plant.

In conclusion, the calculation of the water footprint is an important tool for assessing the use of water resources in crops. Potato cultivation in Cyprus could become more economically and environmentally sustainable by reducing the water footprint.

Keywords: Climate change, water resources, agriculture, water footprint, potato cultivation

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου διατριβής θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την καθηγήτρια μου Δρα Μαρία Ντούλα, υπεύθυνη της διατριβής μου, για την πολύτιμη βοήθεια, την στήριξη, τις συμβουλές και την καθοδήγηση που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω όλους τους παραγωγούς που συμμετείχαν στην έρευνά μου, καθώς χωρίς αυτούς και τα στοιχεία που μου *παρείχαν* δεν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί η παρούσα μελέτη.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στον σύζυγο μου Φάνο Μιχαήλ, για την υπομονή και την στήριξη, σε όλα τα χρόνια της κοινής ζωής μας και στους γονείς μου Αντώνη και Μαρία Τζιακούρη για την στήριξη και τις αξίες που μου δίδαξαν με τις οποίες πορεύομαι και λειτουργώ.

Η παρούσα διατριβή είναι αφιερωμένη στα δύο μου κορίτσια Μαρία και Εβελίνα Μιχαήλ

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1	5
Εισαγωγή	5
1.1 Σκοπός, Στόχοι και Ερωτήματα της Έρευνας	5
1.2 Χρήση νερού στη γεωργία	6
1.2.1 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις	7
1.2.2 Κοινωνικές επιπτώσεις	10
1.2.3 Οικονομικές επιπτώσεις	10
1.3 Νερό και κλιματική αλλαγή	11
Κεφάλαιο 2	13
Αποτύπωμα Νερού - Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	13
2.1 Αποτύπωμα νερού σε καλλιέργειες	13
2.2 Ευρωπαϊκή νομοθεσία	15
2.3 Κυπριακή νομοθεσία.....	17
2.4 Τρόποι Μείωσης Αποτυπώματος Νερού σε Καλλιέργειες.....	19
2.4.1 Κοινωνική Ευθύνη.....	22
2.4.2 Εθνική Ευθύνη.....	24
2.5 Αποτύπωμα Νερού - Ορισμοί	25
2.6 Υπολογισμός Αποτυπώματος Νερού.....	26
2.6.1 Μπλε Αποτύπωμα	26
2.6.2 Πράσινο Αποτύπωμα	26
2.6.1 Γκρι Αποτύπωμα	31
2.7 Παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια του υπολογισμού του αποτυπώματος νερού.....	32
Κεφάλαιο 3	34
Μεθοδολογία	34
3.1 Μεθοδολογία προσέγγισης της έρευνας	35
3.2 Μέθοδος υπολογισμού υδατικού αποτυπώματος καλλιέργειας	36
3.2.1 Πράσινο αποτύπωμα νερού	36
3.2.2 Μπλε αποτύπωμα νερού	37
3.2.3 Γκρι αποτύπωμα νερού	37
3.3 Αντικείμενο Μελέτης.....	39
3.4 Πρωτογενή Δεδομένα	43
3.4.1 Καλλιεργητικές πρακτικές – χρήση νερού	43
3.4.2 Μετεωρολογικά Δεδομένα	46
Κεφάλαιο 4	52
Αποτελέσματα	52
4.1 Υπολογισμός Μπλε Αποτυπώματος Νερού και Πράσινου Αποτυπώματος Νερού	52
4.2 Υπολογισμός Γκρι Αποτυπώματος Νερού	56
4.3 Υπολογισμός Συνολικού Αποτυπώματος Νερού.....	59
Κεφάλαιο 5	61
Συζήτηση-Συμπεράσματα-Προτάσεις	61
5.1 Συζήτηση αποτελεσμάτων - Συμπεράσματα.....	62
5.1.1 Πράσινο και Μπλε αποτύπωμα νερού.....	62

5.1.2 Γκρι αποτύπωμα νερού	65
5.1.3 Συνολικό αποτύπωμα νερού	66
5.2 Προτάσεις	72
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	75
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α - Σχήμα 1 Χάρτης της Κύπρου	75
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β - Ερωτηματολόγιο Παραγωγού	76
Βιβλιογραφία.....	77

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

1

Εισαγωγή

1.1 Σκοπός, Στόχοι και Ερωτήματα της Έρευνας

Ο σκοπός της παρούσας διατριβής είναι να υπολογισθεί και να καταγραφεί το αποτύπωμα νερού στην καλλιέργεια πατάτας της Κύπρου ώστε να κατανοηθούν και να προσδιοριστούν οι διαδικασίες εκείνες που συνεισφέρουν στην υπερκατανάλωση (ή και την υποκατανάλωση) και την απώλεια και υποβάθμιση του φυσικού αυτού πόρου. Θα υπολογισθούν και οι τρεις παράμετροι, δηλαδή το πράσινο, το μπλε και το γκρι αποτύπωμα) ώστε να υπολογιστεί στη συνέχεια το συνολικό αποτύπωμα νερού. Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων θα καταδείξει τα στάδια εκείνα της παραγωγής, τα οποία επηρεάζουν θετικά ή αρνητικά το αποτύπωμα και θα αναπτυχθούν οι κατάλληλες προτάσεις για την αειφόρο καλλιέργεια στο νησί.

Τα ερευνητικά ερωτήματα που τίθενται στην παρούσα έρευνα είναι τα εξής:

1. Ποιοι παράγοντες επηρεάζουν το υδατικό αποτύπωμα καλλιέργειας πατάτας στην Κύπρο;
2. Ποιοι είναι οι παράμετροι και οι συντελεστές ανάπτυξης των φυτών οι οποίοι ισχύουν για τη γεωγραφική περιοχή του νησιού, η χρήση των οποίων αυξάνει την ακρίβεια του υπολογισμού του αποτυπώματος νερού;
3. Ποια είναι η αντιστοιχία νερού και παραγόμενου καρπού;

4. Ποιες άλλες εισροές της καλλιέργειας επηρεάζουν το υδατικό αποτύπωμα και κυρίως το γκρι αποτύπωμα;
5. Ποιες διαδικασίες/μέθοδοι καλλιέργειας θα μπορούσαν να βελτιωθούν ώστε το υδατικό αποτύπωμα να συσχετίζεται θετικά με την αύξηση της παραγωγής και τη μείωση των επιπτώσεων στα διαθέσιμα υδατικά αποθέματα

Η μελέτη του συγκεκριμένου θέματος είναι σημαντική διότι γενικά υπάρχει έλλειψη στην πληροφορία αποτυπώματος νερού στα μεσογειακά προϊόντα καθώς το θεωρητικό πλαίσιο των υπολογισμών θα πρέπει κάθε φορά να προσαρμόζεται στις ιδιαίτερες κλιματικές συνθήκες όπου καλλιεργούνται τα συγκεκριμένα προϊόντα, αλλά και να λαμβάνονται υπόψη πρακτικές χαρακτηριστικές και τυπικές των δεδομένων κλιματικών και γεωμορφολογικών συνθηκών.

1.2 Χρήση νερού στη γεωργία

Το νερό είναι απαραίτητο για διάφορα οικοσυστήματα, συμπεριλαμβανομένων και των αγροτικών. Τα αγροτικά οικοσυστήματα είναι ο κύριος καταναλωτής νερού παγκοσμίως (Pedro-Monzonis et al., 2015) καθώς χρησιμοποιούν περίπου το 80% των διαθέσιμων υδατικών πόρων, με περιφερειακές διακυμάνσεις, οι οποίες εξαρτώνται από την οικονομική ανάπτυξη των περιοχών και τις κλιματικές συνθήκες (Roson and Sartori, 2020). Στις ανεπτυγμένες χώρες, η κατανάλωση νερού για άρδευση χρησιμοποιεί περίπου το 60% των διαθέσιμων υδατικών πόρων, ποσοστό που φτάνει στο 90% στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Το νερό είναι μία από τις εισροές στην παραγωγή και η σχετική σημασία του και ο τρόπος διαχείρισής του ποικίλλουν ανάλογα με το γεωργικό σύστημα.

Τα εκτιμώμενα 275 εκατομμύρια αρδευόμενα εκτάρια παγκοσμίως αυξάνονται με ρυθμό 1,3% ετησίως (Adeyemi et al., 2017). Οι αρδευόμενες εκτάσεις αντιπροσωπεύουν το 23%

της καλλιεργούμενης γης, με το 45% της συνολικής παραγωγής τροφίμων να προέρχεται από αυτές τις εκτάσεις. Προκειμένου να καλυφθεί η ζήτηση τροφίμων έως το 2050, η παγκόσμια αγροτική παραγωγή πρέπει να αυξηθεί κατά 70% (Wirsenius, Azar and Berndes, 2010) με συνεπακόλουθη αύξηση στις καλλιεργούμενες εκτάσεις, στη χρήση φυσικών πόρων, ενώ αναμένεται να οδηγήσει στην εφαρμογή ολοκληρωμένων συστημάτων διαχείρισης από τους παραγωγούς (Hoekstra and Mekonnen, 2012).

1.2.1 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Το νερό λειτουργεί ως η «ροή αίματος της βιόσφαιρας». Είναι ζωτικής σημασίας για τη δημιουργία πολλών υπηρεσιών οικοσυστήματος (Ecosystem Services), τόσο σε χερσαία όσο και σε υδάτινα οικοσυστήματα, και αποτελεί τη σύνδεση μεταξύ των οικοσυστημάτων, συμπεριλαμβανομένων των αγροοικοσυστημάτων (Falkenmark 2003).

Έχει υπολογισθεί ότι η αύξηση του πληθυσμού αλλά και των εισοδημάτων θα διπλασιάσει τη ζήτηση τροφίμων μέχρι το 2050, με το καταναλωτικό ενδιαφέρον να εστιάζεται σε πιο ποιοτικά, από διατροφικής άποψης, προϊόντα, αυξάνοντας τις απαιτήσεις σε νερό για την παραγωγή τους. Αναγκαστικά, η αυξημένη απαίτηση σε νερό θα καλυφθεί από τους εξής κύριους τρόπους: αύξηση της χρήσης νερού στις τρέχουσες γεωργικές εκτάσεις μέσω της εντατικοποίησης της παραγωγής, επέκταση των γεωργικών εκτάσεων και αύξηση της παραγωγικότητας του νερού (Hoekstra, 2013).

Οι επιλογές αυτές έχουν διαφορετικές επιπτώσεις για τα οικοσυστήματα και τις υπηρεσίες που αυτά παρέχουν και αναμένεται καταρχάς, η αυξημένη χρήση νερού σε γεωργικές εκτάσεις να μειώσει τη διαθεσιμότητα μπλε υδατικών πόρων (επιφανειακά και υπόγεια ύδατα), ειδικά για τα κατάντη υδατικά συστήματα, αλλά και να συμβάλει σε αλλοιώσεις του υδατικού τοπίου (π.χ κατασκευή φραγμάτων), ενώ η δέσμευση μεγαλύτερων εκτάσεων για καλλιέργεια θα αλλάξει τη ροή του νερού στο τοπίο, με επιπτώσεις στα χερσαία και υδάτινα οικοσυστήματα (Hogeboom, 2020). Επιπλέον των παραπάνω, η παραγωγή ολοένα και μεγαλύτερων ποσοτήτων τροφής θα προκαλέσει τη χρήση και μεγαλύτερων ποσοτήτων

αγροχημικών, με άμεση επίπτωση την υποβάθμιση της ποιότητας του νερού (Hoekstra, 2013).

1.2.1.1 Υδατικά οικοσυστήματα

Τα υδατικά οικοσυστήματα παρέχουν ένα μεγάλο φάσμα υπηρεσιών οικοσυστήματος (Finlayson and D'Cruz 2005). Σε πολλές περιοχές σε όλο τον κόσμο, οι μη αειφόρες πρακτικές διαχείρισης των υδατικών συστημάτων έχουν συμβάλει στην απώλεια μέρους των υπηρεσιών αυτών (π.χ. μείωση στα αλιεύματα, μειωμένη διατήρηση θρεπτικών ουσιών, έκπτωση πολιτιστικών υπηρεσιών όπως οι ψυχαγωγικές και αισθητικές). Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα οικοσυστήματα έχουν περάσει το «κατώφλι» της μη αναστρέψιμης πορείας, με αποτέλεσμα την κατάρρευση των υπηρεσιών οικοσυστήματος, καθιστώντας το κόστος αποκατάστασης (εφόσον είναι εφικτή η αποκτάσταση) πολύ υψηλό. Ενώ, όμως, οι περισσότερες μελέτες κόστους-οφέλους δείχνουν ότι το κόστος των ζημιών ήταν υψηλότερο από τα κέρδη, άλλοι επιστήμονες υποστηρίζουν ότι αυτές οι μελέτες έχουν πολλές αδυναμίες (Balmford et al., 2011).

1.2.1.2 Ποσότητα νερού και αλλαγές στο υδάτινο τοπίο

Η εντατικοποίηση της γεωργίας τις τελευταίες δεκαετίες είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της κατανάλωσης του γλυκού νερού, με το 70% περίπου του νερού να χρησιμοποιείται πλέον για τη γεωργία και να φτάνει το 85%-90% σε περιοχές της Αφρικής, της Ασίας και της Μέσης Ανατολής (Shiklomanov and Rodda, 2003). Η αξιοποίηση των νερών των ποταμών έχει αλλάξει τα υδατικά καθεστώτα, με σημαντική μείωση των υδατικών απορρίψεων στον ωκεανό (Meybeck and Ragu 1997). Η μακροπρόθεσμη ανάλυση τάσεων (πάνω από 25 χρόνια) 145 μεγάλων ποταμών του κόσμου δείχνει ότι η απόρριψη έχει μειωθεί στο ένα πέμπτο των περιπτώσεων (Walling and Fang 2003).

Η αποστράγγιση αποτελεί μια επιπλέον περιβαλλοντική επίπτωση της χρήσης νερού στη γεωργία και σημαντική αιτία της απώλειας και υποβάθμισης των οικοτόπων των υγροτόπων (Finlayson and D'Cruz, 2005) καθώς και (συνακόλουθη) απώλεια των υπηρεσιών οικοσυστήματος. Η αποστράγγιση συχνά μειώνει σημαντικές ρυθμιστικές υπηρεσίες οικοσυστήματος, με αποτελέσματα αυξημένη ευπάθεια σε καταιγίδες και πλημμύρες και περαιτέρω ευτροφισμό λιμνών και παράκτιων υδάτων (Hoekstra and Mekonnen, 2012).

1.2.1.3 Αλλαγές στην ποιότητα του νερού

Πολλοί παράγοντες συμβάλλουν στις αλλαγές της ποιότητας του νερού. Ανάμεσα σε αυτούς περιλαμβάνονται: τα φορτία θρεπτικών ουσιών, τα αγροχημικά και η ιλύς των ποταμών (Hoekstra, 2013).

- Φορτία θρεπτικών συστατικών. Η χρήση λιπασμάτων έχει επιφέρει σημαντικά οφέλη στη γεωργία, αλλά έχει επίσης οδηγήσει σε σημαντική επιβάρυνση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων μέσω της απορροής (Hoekstra, 2013).
- Αγροχημική ρύπανση. Η ρύπανση από τα φυτοπροστατευτικές ουσίες έχει τεκμηριωθεί από τη δημοσίευση του βιβλίου *Silent Spring* (Carson, 1962). Η βιοσυσσώρευση, ως συνέπεια της ευρείας χρήσης αγροχημικών επί σειρά ετών, είχε σημαντικά δυσμενή αποτελέσματα σε πολλά είδη που κατοικούν ή τρέφονται κυρίως σε υγροτόπους ή λίμνες που έχουν συσσωρεύσει υπολείμματα φυτοπροστατευτικών. Η μείωση της επιτυχίας της αναπαραγωγής των αρπακτικών ήταν ένα σημείο καμπής στην ανάπτυξη της ευαισθητοποίησης σχετικά με τους κινδύνους από τη χρήση φυτοφαρμάκων (Carson, 1962).
- Ίλυς ποταμών. Σε πολλά μέρη του κόσμου η διάβρωση λόγω πρακτικών διαχείρισης της γης και η υπερβολική χρήση νερού αύξησαν τα φορτία ιζημάτων σε πολλούς ποταμούς (Magadza, 2000; Snaddon, Wishart and Davies, 1998).

1.2.2 Κοινωνικές επιπτώσεις

Οι ρόλοι, τα δικαιώματα και οι ευθύνες των ανθρώπων καθορίζονται κοινωνικά, έχουν πολιτιστική βάση και αντανακλώνται σε επίσημες και ανεπίσημες δομές εξουσίας που επηρεάζουν τον τρόπο λήψης των διοικητικών αποφάσεων και που μπορεί να ευνοούν ή να στερούν ορισμένες ομάδες. Η γεωργία, η διαχείριση των υδάτων και όλες οι άλλες δραστηριότητες που σχετίζονται με αυτήν έχουν αντίκτυπο στις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις και δομές. Επομένως, οποιαδήποτε αλλαγή στη διαχείριση του νερού ή στα συστήματα παραγωγής θα επηρεάσει τις σχέσεις μεταξύ ανθρώπων διαφορετικού φύλου, διαφορετικών τάξεων και ηλικιακών ομάδων. Η κατανόηση της κοινωνικής δυναμικής στη διαχείριση του νερού στη γεωργία απαιτεί την εξέταση των διαφορετικών μορφών κοινωνικής διαφοροποίησης όπως το φύλο, τη φτώχεια, την τάξη, την φυλή, τη θρησκεία και την εθνικότητα και την ανάλυσή τους στο πλαίσιο της ποικιλομορφίας τους. Όλες αυτές οι πτυχές είναι αλληλένδετες και είναι εξίσου σημαντικές όταν μελετώνται οι κοινωνικές επιπτώσεις (Hoekstra, 2013).

Πολλοί επιστήμονες υποστηρίζουν ότι η κοινωνία γίνεται πιο ευάλωτη στην περιβαλλοντική αλλαγή, μειώνοντας το φυσικό κεφάλαιο και κάνοντας λανθασμένες επιλογές για την τρέχουσα και μελλοντική ευημερία (Sidhu, et al., 2021). Οι φυσικές και ανθρωπογενείς καταστροφές, όπως η ξηρασία και η πείνα, είναι επίσης πιθανό να αυξήσουν την πίεση σε ευάλωτα άτομα, όπως οι φτωχοί της υπαίθρου, που εξαρτώνται πιο άμεσα από τα γύρω οικοσυστήματα (Silvius, et al. 2000).

1.2.3 Οικονομικές επιπτώσεις

Τα οικοσυστήματα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη μείωση της φτώχειας (Silvius, et al., 2000). Πολλοί φτωχοί αγροτικοί πληθυσμοί βασίζονται σε πηγές εισοδήματος και δραστηριοτήτων επιβίωσης που εξαρτώνται από τα οικοσυστήματα και είναι έτσι πιο άμεσα ευάλωτοι στην απώλεια των υπηρεσιών οικοσυστήματος. Αυτές οι πηγές εισοδήματος, που δημιουργούνται συχνά από γυναίκες και παιδιά, περιλαμβάνουν τη μικρής κλίμακας γεωργία και κτηνοτροφία, το ψάρεμα, το κυνήγι και τη συλλογή καυσόξυλων και άλλων προϊόντων οικοσυστήματος που μπορούν να πωληθούν σε μετρητά ή να χρησιμοποιηθούν

απευθείας από τα νοικοκυριά. Οι υδροβιότοποι των πλημμυρικών πεδιάδων, για παράδειγμα, υποστηρίζουν πολλές ανθρώπινες δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένης της αλιείας, της καλλιέργειας και της κηπουρικής (Hoekstra, 2013).

Πολλοί φτωχοί άνθρωποι εξαρτώνται επίσης από την κτηνοτροφία. Τα οικόσιτα ζώα παρέχουν κρέας, γάλα, δέρματα, εισόδημα σε μετρητά, και κοπριά για καύσιμα και θρεπτικά συστατικά του εδάφους καθώς είναι και εργαλεία διαχείρισης γης. Η κτηνοτροφία απαιτεί μεγάλες ποσότητες νερού. Όταν τα συστήματα κτηνοτροφίας δεν διαχειρίζονται σωστά, μπορούν να συμβάλουν στην υποβάθμιση και τη μόλυνση των χερσαίων υδατικών πόρων. Ομοίως, η αλιεία είναι σημαντική πηγή τροφής και εισοδήματος για πολλούς φτωχούς ανθρώπους. Σχεδόν όλα τα εσωτερικά ύδατα υποστηρίζουν την αλιεία με τη μια ή την άλλη μορφή, και η παραγωγή ψαριών είναι μια από τους πιο βασικές υπηρεσίες που παρέχονται από αυτά τα οικοσυστήματα (Hoekstra and Mekonnen, 2012).

1.3 Νερό και κλιματική αλλαγή

Οι επιπτώσεις της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής στους υδατικούς πόρους περιλαμβάνουν αυξημένα ποσοστά εξάτμισης, υψηλότερο ποσοστό βροχόπτωσης που λαμβάνεται ως βροχή και όχι χιόνι, πρώιμες και μικρότερες περιόδους απορροής, αυξημένες θερμοκρασίες νερού και μειωμένη ποιότητα νερού τόσο στην ενδοχώρα όσο και τους παράκτιες περιοχές. Οι φυσικές και οικονομικές συνέπειες καθενός από αυτές τις επιπτώσεις συζητούνται παρακάτω.

Οι αυξανόμενες επιφανειακές θερμοκρασίες αναμένεται να αυξήσουν το ποσοστό των χειμερινών βροχοπτώσεων που λαμβάνονται ως βροχή, με ένα μειωμένο ποσοστό να φτάνει με τη μορφή χιονιού. Τα επίπεδα χιονιού αναμένεται να σχηματιστούν αργότερα το χειμώνα, να συσσωρευτούν σε μικρότερες ποσότητες και να λιώσουν νωρίτερα κατά τη διάρκεια τους εποχής, οδηγώντας σε μειωμένες καλοκαιρινές ροές (Bates, et al. , 2008). Τέτοιες μετατοπίσεις στη μορφή και τον χρόνο τους βροχόπτωσης και απορροής, ειδικά σε λεκάνες που τροφοδοτούνται με χιόνι, είναι πιθανό να προκαλέσουν συχνότερες καλοκαιρινές

ξηρασίες. Οι αλλαγές αυτές προκαλούν ανησυχία στους χρήστες αλλά και στους διαχειριστές νερού, αναφορικά με την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας, την αρδευόμενη γεωργία, την παροχή νερού σε αστικούς ιστούς, την αντιπλημμυρική προστασία και την εμπορική και ψυχαγωγική αλιεία (Taylor et al., 2013).

Η κλιματική αλλαγή αναμένεται να επηρεάσει την ποιότητα των υδάτων, τόσο στην ενδοχώρα όσο και τους παράκτιες περιοχές. Συγκεκριμένα, οι βροχοπτώσεις αναμένεται να σημειώνονται συχνότερα μέσω βροχοπτώσεων υψηλής έντασης, προκαλώντας αυξημένη απορροή και διάβρωση. Επομένως, περισσότερα ιζήματα και απορροές θα μεταφερθούν σε ρέματα και συστήματα υπόγειων υδάτων, αλλάζοντας την ποιότητα του νερού. Η ποιότητα του νερού μπορεί να υποβαθμιστεί περαιτέρω εάν η μείωση της παροχής νερού προκαλέσει συγκέντρωση των θρεπτικών ουσιών και των ρύπων. Η άνοδος της θερμοκρασίας του αέρα και του νερού θα επηρεάσει την ποιότητα του νερού αυξάνοντας την πρωτογενή παραγωγή, την αποσύνθεση οργανικής ύλης και τους ρυθμούς κύκλου των θρεπτικών συστατικών σε λίμνες και ρέματα, με αποτέλεσμα χαμηλότερα επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου. Αυτή η σειρά επιπτώσεων στην ποιότητα του νερού θα αυξήσει τον αριθμό των υδατικών σωμάτων που θα βρίσκονται εκτός των σημερινών προτύπων ποιότητας, και θα αυξήσει το κόστος επίτευξης των υφιστάμενων στόχων ποιότητας του νερού τόσο για καταναλωτικούς όσο και για περιβαλλοντικούς σκοπούς (Molden, 2013).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

2

Αποτύπωμα Νερού - Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1 Αποτύπωμα νερού σε καλλιέργειες

Η έρευνα για το υδατικό αποτύπωμα ξεκίνησε από πολύ παλιά αλλά έχει εξελιχθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Από τις αρχές του 2002 αναπτύχθηκε η ιδέα του υδατικού αποτυπώματος όπου παρουσιάστηκαν οι πρώτες ποσοτικές εκτιμήσεις των υδατικών αποτυπωμάτων των εθνών σε ένα διεθνές κοινό. Το υδατικό αποτύπωμα, εισήχθη ως δείκτης της χρήσης του νερού πίσω από όλα τα αγαθά και τις υπηρεσίες που καταναλώνει ένα άτομο ή τα άτομα μιας χώρας (Hoekstra, 2003). Πολλοί ερευνητές θεώρησαν ότι δεν έχει νόημα να αναλύσουμε την έμμεση χρήση νερού από τους ανθρώπους, επειδή η διαχείριση των υδατικών πόρων αφορά την κατανομή σε πραγματικούς χρήστες νερού και όχι σε «έμμεσους χρήστες νερού». Επιπλέον, θα ήταν λάθος να «κατηγορούνται» οι καταναλωτές για έμμεση χρήση νερού ή να θεωρούνται «υπεύθυνοι» για τις αρνητικές επιπτώσεις της έμμεσης χρήσης νερού. Ωστόσο, η ιδέα φάνηκε να είναι πρωτοποριακή, μαζί με την ιδέα του εικονικού εμπορίου νερού από τον Allan (2003), ο οποίος είχε προτείνει ότι η εικονική εισαγωγή νερού μέσω της εισαγωγής τροφίμων, ήταν ένας μηχανισμός που συνέβαλε στην επίλυση των ελλείψεων νερού στη Μέση Ανατολή.

Το 2002, ποσοτικοποιήθηκαν, για πρώτη φορά, οι παγκόσμιες εικονικές ροές νερού που σχετίζονται με το διεθνές εμπόριο καλλιεργειών (Hoekstra and Hung, 2002). Προσθέτοντας την «καθαρή εικονική ροή νερού» μιας χώρας στη χρήση νερού εντός της χώρας, όπως

φαίνεται στις παραδοσιακές εθνικές στατιστικές χρήσης νερού, κατέστη δυνατόν να υπολογισθεί η «πραγματική» χρήση νερού από τους ανθρώπους (Hoekstra et al., 2011).

Μερικές από τις πρώτες επικρίσεις σχετικά με τις έννοιες του αποτυπώματος νερού και του εικονικού εμπορίου νερού εξακολουθούν να εμφανίζονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα, αλλά εν τω μεταξύ το πεδίο του υδατικού αποτυπώματος και της αξιολόγησης του εικονικού εμπορίου νερού έχει ωριμάσει, αποδίδοντας σε βάθος μελέτες και παραδείγματα πρακτικής χρήσης (Aldaya et al., 2012).

Ξεκίνησε σαν μια απλή ιδέα, αλλά εξελίχθηκε σε πεδίο Αξιολόγησης Υδατικού Αποτυπώματος (WFA), το οποίο απαντά σε κάθε είδους ερωτήματα που έχουν να κάνουν με την χρήση, την λειψυδρία και τη ρύπανση του νερού σε σχέση με την ανθρώπινη κατανάλωση, την παραγωγή και το εμπόριο (Hoekstra et al., 2011). Οι εξελίξεις περιλαμβάνουν την ποσοτικοποίηση των υδατικών αποτυπωμάτων σε υψηλή χωρική και χρονική ανάλυση (Hoekstra and Mekonnen, 2012a), τη μελέτη της διαχρονικής μεταβλητότητας και των τάσεων στο υδατικό αποτύπωμα και το εικονικό εμπόριο νερού, την ανάπτυξη των σημείων αναφοράς του αποτυπώματος νερού για τις καλλιέργειες (Mekonnen and Hoekstra, 2014), την αξιολόγηση της μηνιαίας λειψυδρίας σε υψηλή χωρική ανάλυση με βάση τα μοντέλα του μπλε αποτυπώματος νερού έναντι των μοντέλων διαθεσιμότητας νερού (Mekonnen and Hoekstra, 2016), τον υπολογισμό των επιπέδων ρύπανσης των υδάτων σε λεκάνες απορροής ποταμών με βάση τα αποτυπώματα γκρι νερού, τη διερεύνηση της χρήσης μέσω της τηλεπισκόπησης, και την ανάπτυξη του μελλοντικού αποτυπώματος νερού και σενάρια εικονικού εμπορίου. Οι εφαρμογές WFA ποικίλλουν ευρέως, από αξιολογήσεις προϊόντων, μελέτες ανά τομέα, αξιολογήσεις διατροφικών αναγκών, λεκάνες απορροής, δημοτικές και εθνικές μελέτες έως παγκόσμιες αξιολογήσεις (Sidhu, Sharda and Singh, 2021).

2.2 Ευρωπαϊκή νομοθεσία

Η αύξηση της αποδοτικότητας της χρήσης του νερού αναγνωρίζεται ευρέως ως σημαντική πρόκληση για τις επόμενες δεκαετίες, παγκοσμίως. Ένας αυξανόμενος αριθμός κυβερνήσεων αναγνωρίζει την σημασία της αποτελεσματικότητας στην χρήση των πόρων. (Mekonnen and Hoekstra, 2011b).

Στην Ευρώπη, για παράδειγμα, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή διατύπωσε την Ευρώπη με αποτελεσματική χρήση πόρων ως μία από τις επτά εμβληματικές πρωτοβουλίες της (EC, 2011). Οι εμβληματικές πρωτοβουλίες αποτελούν μέρος μιας δεκαετούς στρατηγικής που ξεκίνησε το 2010 από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή για την τόνωση της ανάπτυξης και της απασχόλησης. Αυτό προδίδει ένα ενδιαφέρον δίλημμα: αφενός ο στόχος είναι η ανάπτυξη, αφετέρου η αειφορία.

Έννοιες όπως η «αποτελεσματικότητα στην χρήση των πόρων» και η «πράσινη ανάπτυξη» φαίνεται να δίνουν μια απάντηση στο δίλημμα. Η αποδοτικότητα των πόρων σημαίνει λιγότερη χρήση φυσικών πόρων καθώς και μείωση στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις ανά μονάδα παραγωγής και κατανάλωσης. Ανάπτυξη σημαίνει περισσότερη παραγωγή και κατανάλωση. Η ιδέα είναι ότι η αυξημένη αποδοτικότητα των πόρων μπορεί να οδηγήσει σε αποσύνδεση της ανάπτυξης και της χρήσης των φυσικών πόρων. Στην πραγματικότητα, είναι αμφίβολο εάν η αυξημένη αποδοτικότητα των πόρων μπορεί να αντισταθμίσει την αυξημένη ζήτηση για πόρους που είναι φυσικά μέρος της ανάπτυξης (Hoekstra, 2013).

Η Ατζέντα 2030 του ΟΗΕ περιλαμβάνει 17 Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΣΒΑ) με 169 πιο συγκεκριμένους στόχους για το έτος 2030 (UN, 2015α). Η χρηστή διακυβέρνηση του νερού αποτελεί προϋπόθεση για την επίτευξη πολλών από τους στόχους, συμπεριλαμβανομένων, για παράδειγμα, του ΣΒΑ 2 για τα τρόφιμα, ΣΒΑ 7 για την ενέργεια, ΣΒΑ 10 για τη δίκαιη κατανομή, ΣΒΑ 12 για υπεύθυνη παραγωγή και κατανάλωση, ΣΒΑ 13 για τη δράση για το κλίμα και ΣΒΑ 14–15 για τη βιοποικιλότητα (Hoekstra and Wiedmann, 2014).

Ο στόχος ΣΒΑ 6, είναι ειδικά αφιερωμένος στο νερό, όπου αναφέρεται στο καθαρό νερό και την αποχέτευση. Οι δύο πρώτοι στόχοι του ΣΒΑ 6 αποτελούν συνέχεια των στόχων για τη βελτίωση των συνθηκών πόσιμου νερού και υγιεινής που αποτελούσαν ήδη μέρος των προηγούμενων Αναπτυξιακών Στόχων της Χιλιετίας (ΑΣΧ) του ΟΗΕ. Νέο στο SDG 6 είναι η συμπερίληψη πρόσθετων στόχων για τη βελτίωση της ποιότητας των υδάτων, τη μείωση της ρύπανσης των υδάτων, την αύξηση της αποδοτικότητας χρήσης του νερού, την καλύτερη διαχείριση των υδάτων, την προστασία των οικοσυστημάτων, την ενίσχυση της διεθνούς συνεργασίας και τη συμμετοχή των τοπικών κοινοτήτων. Επίσης νέο είναι ότι οι ΣΒΑ αναφέρονται ρητά σε όλες τις χώρες του κόσμου, ενώ οι ΑΣΧ επικεντρώθηκαν στις αναπτυσσόμενες χώρες. Για το νερό αυτό είναι σημαντικό, διότι οι καταναλωτές και οι παραγωγοί στις βιομηχανικές χώρες συμβάλλουν σημαντικά στη ρύπανση των υδάτων και στην υπερεκμετάλλευση του νερού επίσης (Hoekstra, 2013).

Η αξιολόγηση του αποτυπώματος νερού μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη μέτρηση της προόδου προς αυτόν τον στόχο για το νερό ΣΒΑ 6 (Vanham et al., 2018). Η μέτρηση του αποτυπώματος νερού είναι σχετική ιδιαίτερα για τους στόχους 6.3 και 6.4. Ο στόχος 6.3, σχετικά με την ποιότητα και τη ρύπανση του νερού, είναι «η βελτίωση της ποιότητας του νερού με τη μείωση της ρύπανσης, την εξάλειψη της απόρριψης και την ελαχιστοποίηση της απελευθέρωσης επικίνδυνων χημικών ουσιών και υλικών, μειώνοντας στο μισό το ποσοστό των ακατέργαστων λυμάτων και αυξάνοντας σημαντικά την ανακύκλωση και την ασφαλή επαναχρησιμοποίηση παγκοσμίως». Ο στόχος 6.4, σχετικά με την αποδοτικότητα χρήσης νερού και τη λειψυδρία, ορίζει «να αυξηθεί ουσιαστικά η αποδοτικότητα χρήσης νερού σε όλους τους τομείς και να διασφαλιστεί η βιώσιμη απόσυρση και παροχή γλυκού νερού για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας και τη σημαντική μείωση του αριθμού των ανθρώπων που υποφέρουν από λειψυδρία». Και οι δύο στόχοι 6.3 και 6.4 περιέχουν ένα στοιχείο αποδοτικότητας και ένα στοιχείο βιωσιμότητας (Vanham et al., 2018).

2.3 Κυπριακή νομοθεσία

Χώρα με ημίξηρο κλίμα, η Κύπρος είναι μια από τις «φτωχές σε νερό» ευρωπαϊκές χώρες με περιορισμένους υδατικούς πόρους και συχνή εμφάνιση ξηρασιών. Χαρακτηρίζεται από πολλές μικρές λεκάνες απορροής χωρίς σημαντική απορροή και άμεσα εξαρτώμενες από βροχοπτώσεις, οι οποίες ωστόσο είναι διάσπαρτες και πολυδάπανες ως προς την αξιοποίησή τους (Nachmani, 2000).

Η λειψυδρία παραμένει βασικό χαρακτηριστικό της Κύπρου, με αρνητικό αντίκτυπο στην ανάπτυξη, το περιβάλλον, τη γεωργία και τη δημόσια υγεία, ενώ η κατάσταση έχει επιδεινωθεί τις τελευταίες δεκαετίες ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής, με συχνές και σταδιακά αυξανόμενες ξηρασίες. Ο Δείκτης Υδατικής Καταπόνησης βρίσκεται στο 65% (αναλογία άντλησης / διαθεσιμότητας) (Sofroniou and Bishop, 2014).

Η απουσία φυσικών επιφανειακών υδατικών σωμάτων (λίμνες και ποτάμια) οδήγησε σε υπεράντληση υπόγειων υδροφορέων στο παρελθόν καθώς αποτελούσαν τη μοναδική πηγή ύδρευσης. Αυτό με τη σειρά του οδήγησε στη σημερινή κατάσταση, όπου οι περισσότεροι υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες του νησιού βρίσκονται σε κακή κατάσταση. Η πολιτεία, αντιλαμβανόμενη την ανάγκη εξασφάλισης επαρκών αποθεμάτων νερού, προχώρησε στην κατασκευή μεγάλου αριθμού φραγμάτων, με στόχο τη συλλογή όμβριων υδάτων, τα οποία διαφορετικά θα κατέληγαν στη θάλασσα, καθώς και υποδομές για τη μεταφορά νερού σε περιοχές με χαμηλότερες βροχοπτώσεις. Το κύριο έργο του τελευταίου είναι το «Southern Conveyor Project». Ωστόσο, παρά την κατασκευή φραγμάτων, εξακολούθησε να υπάρχει ανεπάρκεια στην παροχή νερού, λόγω των αλλαγών στις ετήσιες βροχοπτώσεις και της εξατμισοδιαπνοής (Nachmani, 2000).

Το υδατικό ισοζύγιο στην Κύπρο παρουσιάζει συχνές και έντονες διακυμάνσεις, λόγω των κλιματικών συνθηκών που επικρατούν. Οι διαθέσιμες ποσότητες νερού από φυσικές πηγές εξαρτώνται αποκλειστικά από τις βροχοπτώσεις, οι οποίες ωστόσο είναι άνισα

κατανεμημένες τόσο γεωγραφικά όσο και εποχιακά. Οι βροχοπτώσεις μειώθηκαν από 503 χιλιοστά το 2000 σε 463 χιλιοστά το 2020. Η ποσότητα του διαθέσιμου νερού που αντιστοιχεί στην επιφάνεια που ελέγχεται από την Κυπριακή Δημοκρατία ανέρχεται σε 2.750 εκ. κυβικά μέτρα ετησίως. Ωστόσο, μόνο το 10% ή 275 εκ. κυβικά μέτρα ετησίως μπορούν να αξιοποιηθούν, δεδομένου ότι το υπόλοιπο 90% χάνεται λόγω της εξατμισοδιαπνοής (Sofroniou and Bishop, 2014).

Το Κυπριακό Σχέδιο Ανάκαμψης και Ανθεκτικότητας (το «RRP» ή το «Σχέδιο») αντικατοπτρίζει το ολοκληρωμένο, φιλόδοξο και συνάμα ρεαλιστικό σχέδιο της Κυπριακής Δημοκρατίας για την αποτελεσματική αξιοποίηση 1,2 δις € για την περίοδο 2021-2026, από τον μηχανισμό ανάκαμψης και ανθεκτικότητας της ΕΕ (το «RRF»). Το Σχέδιο, αποτελείται από τέσσερις Συνιστώσες, η μια εκ των οποίων είναι η επιταχυνόμενη μετάβαση προς μια πράσινη οικονομία, η οποία περιλαμβάνει τρεις βασικούς άξονες, ένας από τους οποίους είναι η έξυπνη και αειφόρος διαχείριση νερού.

Η Συνιστώσα περιέχει ένα συνδυασμό μέτρων που σχετίζονται με τους παραπάνω στόχους, καθώς και τρεις από τους στρατηγικούς στόχους του Υπουργείου Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος (MARDE) στον τομέα της διαχείρισης των υδάτων: i) προώθηση της πράσινης και γαλάζιας ανάπτυξης, ii) προστασία του περιβάλλοντος με ταυτόχρονη προώθηση της αποτελεσματικής χρήσης των πόρων και iii) μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή. Επιπλέον, η δομή και τα μέτρα της συνιστώσας επιλέχθηκαν για να αντικατοπτρίζουν τα κύρια ευρήματα, τις συστάσεις και τους βασικούς τομείς μέτρων που προσδιορίστηκαν σε πρόσφατες μελέτες και εκθέσεις σχετικά με τη διαχείριση των υδάτινων πόρων στην Κύπρο (Delivorias, 2022).

2.4 Τρόποι Μείωσης Αποτυπώματος Νερού σε Καλλιέργειες

Ως «αποτελεσματικότητα χρήσης νερού» ορίζεται γενικά ο όγκος ενός αγαθού που παράγεται ανά μονάδα νερού που χρησιμοποιείται ή καταναλώνεται. Ο όρος χρησιμοποιείται εναλλακτικά με την «παραγωγικότητα νερού». Στις καλλιέργειες, η παραγωγικότητα του νερού μετριέται ως η ποσότητα παραγόμενου καρπού διαιρούμενη με την κατανάλωση νερού. Το τελευταίο αναφέρεται γενικά στην εξατμισοδιαπνοή (τόσο του πράσινου όσο και του μπλε νερού) από τον αγρό κατά τη διάρκεια της περιόδου ανάπτυξης. Η παραγωγικότητα του νερού στις καλλιέργειες (τόνοι/m³) μπορεί επομένως να υπολογιστεί ως η απόδοση (τόνοι/εκτάριο) διαιρούμενη με την εξατμισοδιαπνοή (m³/ha). Η παραγωγικότητα του νερού είναι το αντίστροφο του καταναλωτικού αποτυπώματος νερού της καλλιέργειας. Επομένως, η μείωση του «υδατικού αποτυπώματος» ανά μονάδα καλλιέργειας (εκφρασμένη σε m³ /τόνο) είναι η ίδια με την αύξηση της «παραγωγικότητας νερού» (τόνοι/m³) (De Fraiture and Wichelns, 2010).

- Αύξηση της παραγωγικότητας του νερού στη γεωργία

Η ιδέα του μηδενικού αποτυπώματος νερού δεν ισχύει για τη γεωργία. Η διαπνοή από τα φυτά είναι απαραίτητο στοιχείο της ανάπτυξης των φυτών. Οι στρατηγικές για τη μείωση του αποτυπώματος νερού στη γεωργία θα πρέπει να στοχεύουν στη μείωση του μη ωφέλιμου κλάσματος της εξατμισοδιαπνοής. Αυτό μπορεί να γίνει, για παράδειγμα, με συγκεκριμένες μορφές άρωσης και επικάλυψης του εδάφους (Nouri et al., 2019). Επιπλέον, σημαντική στρατηγική θα είναι η αύξηση της απόδοσης ανά μονάδα εξατμισοδιαπνοής, με την υιοθέτηση καλών γεωργικών πρακτικών. Οι αποδόσεις στη γεωργία είναι συχνά πολύ χαμηλές, όχι ως αποτέλεσμα του κλίματος, του εδάφους ή άλλων περιβαλλοντικών παραγόντων, αλλά ως αποτέλεσμα της κακής γεωργικής διαχείρισης (Molden, 2013).

Η εφαρμογή λιπάσματος μπορεί να αυξήσει σημαντικά τις αποδόσεις και συνεπώς την παραγωγικότητα του νερού, αλλά η υπερβολική χρήση λιπασμάτων έχει ως αποτέλεσμα σημαντική έκπλυση και απορροή λιπασμάτων και συνεπώς ρύπανση του νερού. Σε χαμηλά ποσοστά εφαρμογής λιπασμάτων, το αποτύπωμα γκρίζου νερού ανά μονάδα καλλιέργειας παραμένει λίγο-πολύ το ίδιο με την αύξηση του ποσοστού εφαρμογής, επειδή η ρύπανση του νερού ανά εκτάριο αυξάνεται με τον ίδιο ρυθμό με την παραγωγή ανά εκτάριο. Οι αυξανόμενες αποδόσεις έχουν ως αποτέλεσμα υψηλότερη παραγωγικότητα νερού, γεγονός που συνεπάγεται μικρότερο καταναλωτικό αποτύπωμα νερού ανά μονάδα καλλιέργειας. Σε υψηλότερους ρυθμούς εφαρμογής, ωστόσο, τα οριακά κέρδη στην απόδοση και την παραγωγικότητα του νερού μειώνονται με την αύξηση του ποσοστού εφαρμογής, ενώ το αποτύπωμα γκρίζου νερού ανά μονάδα καλλιέργειας αρχίζει να αυξάνεται εκθετικά. Έτσι, υπάρχει μια αντιστάθμιση μεταξύ του πράσινου-μπλε και του γκρίζου αποτυπώματος νερού ανά μονάδα καλλιέργειας, με ένα βέλτιστο επίπεδο σε κάποιο ενδιάμεσο ποσοστό εφαρμογής λιπάσματος (Chukalla, Krol and Hoekstra, 2018).

Μέρος μιας στρατηγικής για την αύξηση των αποδόσεων μπορεί επίσης να είναι η άρδευση. Αν δεν γίνει όμως προσεκτικά, η εξατμισοδιαπνοή από το χωράφι αυξάνεται περισσότερο από τις αποδόσεις, με αποτέλεσμα τη μείωση της παραγωγικότητας του νερού. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι η παγκόσμια μέση απόδοση στην παραγωγή αρδευόμενου σιταριού είναι κατά ένα τρίτο μεγαλύτερη από την παραγωγή σιταριού με βροχή, αλλά το παγκόσμιο μέσο αποτύπωμα νερού ανά μονάδα παραγωγής στην άρδευση είναι ελαφρώς μεγαλύτερο, όχι μικρότερο. Η άρδευση μπορεί προφανώς να οδηγήσει σε μειωμένη παραγωγικότητα του νερού, κάτι που ακούγεται αντικρουόμενο. Συνήθως η βροχή έρχεται ακανόνιστα, ενώ η άρδευση γίνεται επίτηδες όταν είναι απαραίτητο, οπότε πώς μπορεί η παραγωγικότητα του νερού στη βροχή να είναι μεγαλύτερη από την αρδευόμενη γεωργία; Ο λόγος είναι ότι η πρακτική της άρδευσης συχνά δεν είναι τόσο βέλτιστη από την άποψη των υδατικών πόρων όσο θα περίμενε κανείς (Egan, 2011).

- Παραγωγικότητα γης έναντι νερού στην καλλιέργεια

Παραδοσιακά, ο στόχος στην γεωργία έγκειται στην αύξηση της παραγωγικότητας όσον αφορά τις αποδόσεις. Οι χαμηλές αποδόσεις θεωρούνται ανεπιθύμητες. Προβλήματα που πρέπει να ξεπεραστούν είναι, μεταξύ άλλων, η ανεπαρκής βροχή και η κακή γονιμότητα του εδάφους, που εμποδίζουν τη βέλτιστη ανάπτυξη των φυτών. Επομένως, γίνεται σημαντική προσπάθεια στη γεωργία για τη βελτίωση των κακών συνθηκών, με άρδευση και εφαρμογή λιπασμάτων. Υπάρχει, ωστόσο, γενικά λίγη προσοχή στα οριακά οφέλη και στο κόστος της προσθήκης νερού άρδευσης και λιπασμάτων. Η άρδευση και η εφαρμογή λιπάσματος γίνονται συχνά μέχρι το επίπεδο στο οποίο οι αποδόσεις δεν θα αυξηθούν περαιτέρω με την προσθήκη περισσότερου νερού ή λιπάσματος. Με αυτόν τον τρόπο, οι αγρότες αξιοποιούν στο έπακρο τη γη τους. Το ερώτημα είναι εάν αυτό είναι αποτελεσματικό από την άποψη των υδατικών πόρων (Aldaya et al., 2012).

Η «πλήρης άρδευση» είναι μια στρατηγική άρδευσης που αποσκοπεί στη μεγιστοποίηση της παραγωγής ανά εκτάριο (παραγωγικότητα γης). Εάν η γη είναι σπάνια και το νερό άφθονο, αυτό είναι λογικό. Αν, αντίθετα, το νερό είναι σπάνιο και η γη άφθονη, όπως συμβαίνει στις περισσότερες ημίξηρες και άνυδρες περιοχές, αυτή δεν είναι μια σοφή στρατηγική. Καλύτερες στρατηγικές σε αυτή την περίπτωση θα είναι η ελλειμματική ή συμπληρωματική άρδευση. Η «ελλειμματική άρδευση» είναι μια στρατηγική που στοχεύει στη μεγιστοποίηση της παραγωγής ανά σταγόνα νερού. Με αυτή τη στρατηγική, ένας γεωργός θα χρησιμοποιήσει λιγότερο νερό από ό,τι στην περίπτωση πλήρους άρδευσης, επειδή η παραγωγή ανά σταγόνα θα μειωθεί μετά από ένα ορισμένο βέλτιστο επίπεδο εφαρμογής νερού. Μετά από αυτό το βέλτιστο επίπεδο, περισσότερο νερό θα εξακολουθεί να αυξάνει την παραγωγή ανά εκτάριο (μέχρι ένα ορισμένο επίπεδο), αλλά με μειωμένη παραγωγή ανά κυβικό μέτρο νερού (Geerts and Raes, 2009).

Η ελλειμματική άρδευση μεγιστοποιεί την παραγωγικότητα του νερού (όσον αφορά την καλλιέργεια ανά σταγόνα), αλλά δεν υπάρχει σε όλες τις περιπτώσεις επαρκές μπλε νερό που να παρέχει σε όλους τους αγρότες το απαιτούμενο νερό άρδευσης. Υπό αυτές τις συνθήκες, η συμπληρωματική άρδευση μπορεί να είναι η λύση. Σε αυτή τη στρατηγική, ένας γεωργός θα χρησιμοποιήσει ακόμη λιγότερο νερό από ό,τι στην περίπτωση της ελλειμματικής

άρδευσης. Η συμπληρωματική άρδευση είναι μια στρατηγική κατά την οποία μικρές ποσότητες νερού προστίθενται σε καλλιέργειες κατά τη διάρκεια ξηρών περιόδων (παρατεταμένες περιόδοι ξηρού καιρού) για να σωθεί η συγκομιδή (Richard-Ferroudji et al., 2016).

Οι συνθήκες ανάπτυξης δεν θα είναι καθόλου βέλτιστες, αλλά αυτό πρέπει να γίνει αποδεκτό όταν δεν υπάρχει αρκετό νερό για την παροχή σε όλους τους αγρότες με τις επιθυμητές ποσότητες νερού. Τα κέρδη της συμπληρωματικής άρδευσης μπορεί να είναι μεγάλα, επειδή οι σοδειές μπορεί να υποστούν σοβαρή ζημιά ή ακόμα και να χαθούν εντελώς μέσω των ξηρών περιόδων (Oweis, Prinz and Hachum, 2012).

Ενώ το μπλε αποτύπωμα νερού μιας αρδευόμενης καλλιέργειας μπορεί να μειωθεί σημαντικά μέσω της ελλειμματικής άρδευσης, το αποτύπωμα του γκρίζου νερού μπορεί να μειωθεί σημαντικά με μια πιο ορθολογική εφαρμογή λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Αυτό γίνεται σε βιολογική γεωργία ή γεωργία ακριβείας, γεωργικές πρακτικές που αποκλείουν ή περιορίζουν τη χρήση βιομηχανοποιημένων λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων και άλλων χημικών ουσιών (Velasco-Muñoz et al., 2018).

2.4.1 Κοινωνική Ευθύνη

Η παγκόσμια κατανάλωση νερού αυξάνεται συνεχώς τον τελευταίο αιώνα και προβλέπεται να συνεχίσει να αυξάνεται κατά τις επόμενες δεκαετίες (Molden, 2007). Ο λόγος δεν είναι μόνο η αύξηση του πληθυσμού – περισσότεροι άνθρωποι χρειάζονται περισσότερα τρόφιμα – αλλά και η στροφή προς ένα πρότυπο κατανάλωσης που είναι πολύ πιο εντατικό σε νερό από ό,τι στο παρελθόν. Ιδιαίτερα οι παγκόσμιες στροφές σε περισσότερο κρέας και γαλακτοκομικά προϊόντα και στη βιοενέργεια θα εντείνουν τη ζήτηση νερού. Τις τελευταίες δεκαετίες, η παραγωγικότητα του νερού έχει αυξηθεί σημαντικά, αλλά η αυξημένη απόδοση δεν ήταν αρκετή για να μειωθούν τα επίπεδα κατανάλωσης νερού. Αντίθετα, η συνολική κατανάλωση νερού συνέχισε να αυξάνεται τις τελευταίες δεκαετίες, παρά τις βελτιώσεις στην απόδοση.

Περίπου το 92 τοις εκατό του αποτυπώματος νερού της ανθρωπότητας σχετίζεται με τη γεωργία (Hoekstra and Mekonnen, 2012) και η παραγωγή τροφίμων αποτελεί βασικό παράγοντα για τη λειψυδρία (Mekonnen and Hoekstra, 2016). Τα ζωικά προϊόντα ευθύνονται για περίπου το 30 τοις εκατό του υδατικού αποτυπώματος του παγκόσμιου αγροτικού τομέα (Mekonnen and Hoekstra, 2012). Σε μια πρόμη εκτίμηση, μια χορτοφαγική διατροφή θα είχε πιθανή μείωση του αποτυπώματος νερού που σχετίζεται με τα τρόφιμα κατά 36 τοις εκατό στον βιομηχανοποιημένο κόσμο και 15 τοις εκατό στον αναπτυσσόμενο κόσμο (Hoekstra, 2010). Η χορτοφαγική διατροφή στον βιομηχανοποιημένο κόσμο θα μείωνε ακόμη και το αποτύπωμα νερού που σχετίζεται με τα τρόφιμα σχεδόν στο μισό.

Ένας άλλος προφανής τρόπος για να μειωθεί το αποτύπωμα νερού του καταναλωτικού μοτίβου είναι να μειωθούν τα απόβλητα, ιδιαίτερα τα απόβλητα τροφίμων και βαμβακιού. Τα τρόφιμα που δεν χρειάζεται να παραχθούν δεν λαμβάνουν ούτε νερό και το ανακυκλωμένο βαμβάκι μειώνει τη ζήτηση για φρέσκες ίνες βαμβακιού. Η πιθανή εξοικονόμηση νερού μέσω της ελαχιστοποίησης της σπατάλης τροφίμων έχει γίνει αντικείμενο μελέτης πρόσφατα. Οι Lundqvist et al. (2008) ήταν από τους πρώτους που επεσήμαναν το γεγονός ότι η σπατάλη τροφίμων είναι σπατάλη νερού. Τα τρόφιμα σπαταλούνται σε όλα τα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας: αμέσως μετά τη συγκομιδή, κατά την αποθήκευση και τη διανομή, την επεξεργασία, την πώληση και στα νοικοκυριά (Hogeboom, 2020).

Η τρίτη ανησυχία όταν εξετάζεται το καταναλωτικό πρότυπο είναι η γρήγορη ανάπτυξη στη χρήση της βιοενέργειας. Δυστυχώς, οι περισσότερες μορφές βιοενέργειας είναι μία αμφιλεγόμενη επιλογή για διάφορους λόγους. Η βιοενέργεια δεν είναι αποδοτική (με την έννοια ότι η παραγωγή βιοενέργειας απαιτεί αρκετό βιοκαύσιμο), εντείνει την πίεση σε εύφορες εκτάσεις (συμβάλλοντας έτσι άμεσα ή έμμεσα στην αποψίλωση των δασών), ανταγωνίζεται τα τρόφιμα για περιορισμένους πόρους γης και νερού και η αποτελεσματικότητά της για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι αμφιλεγόμενη (καθώς η καύση εκπέμπει διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα

απευθείας, ενώ η δέσμευση αυτών των εκπεμπόμενων άνθρακα από την ανάπτυξη νέας βιομάζας διαρκεί χρόνια). Η καλλιέργεια βιομάζας για ενέργεια απαιτεί τεράστιες ποσότητες νερού. Υπολογίστηκε ότι το τελευταίο «σενάριο βιώσιμης ανάπτυξης» του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας, το οποίο αναλαμβάνει μερίδιο βιοενέργειας 9,8% στο τελικό μείγμα ενέργειας που καταναλώνεται το 2040 (IEA, 2017), θα απαιτούσε το 11-14 τοις εκατό της παγκόσμιας καλλιεργήσιμης γης και μια ροή νερού ισοδύναμη με το 17-25 τοις εκατό του τρέχοντος αποτυπώματος νερού της ανθρωπότητας (Holmatov, Hoekstra and Krol, 2019).

Συνοψίζοντας, οι ορθές πολιτικές για το νερό που αφορούν το μέλλον θα πρέπει οπωσδήποτε να περιλαμβάνουν παραγράφους για το κρέας, τα απόβλητα τροφίμων και την ενέργεια. Η προσαρμογή των γεωργικών, ενεργειακών και προσανατολισμένων στην κατανάλωση πολιτικών, που θα περιλαμβάνουν περιορισμό στην χρήση της γης και ύδατος θα είναι καθοριστικής σημασίας για τον περιορισμό του αποτυπώματος νερού.

2.4.2 Εθνική Ευθύνη

Το αποτύπωμα νερού της κατανάλωσης ανά άτομο ποικίλλει μεταξύ των εθνών και επίσης εντός των χωρών. Είναι σαφές ότι υπάρχει ανάγκη μείωσης του αποτυπώματος νερού από όσους έχουν πολύ μεγάλα υδατικά αποτυπώματα εάν θέλουμε να καλύψουμε τις βασικές ανάγκες όλων (Hoekstra, 2013).

Προκειμένου να επιτευχθεί διεθνής συμφωνία για τη σταθεροποίηση ή τη μείωση του αποτυπώματος νερού ανά χώρα, πρέπει να γίνουν δύο βήματα. Πρώτον, οι εθνικές κυβερνήσεις πρέπει να καταλήξουν σε συναίνεση σχετικά με την ανάγκη να σταματήσει η συνεχιζόμενη ανάπτυξη του υδατικού αποτυπώματος της ανθρωπότητας στο σύνολό της. Στην καλύτερη περίπτωση, επιτυγχάνεται συναίνεση σχετικά με την ανάγκη να διατηρηθεί το συνολικό υδατικό αποτύπωμα της ανθρωπότητας στο επίπεδο του 2000 ή να επανέλθει σε αυτό το επίπεδο. Όχι ότι το τρέχον αποτύπωμα νερού δεν είναι βιώσιμο, αλλά σε κάποιο βαθμό αυτό μπορεί να αποδοθεί στη δυσμενή χωρική κατανομή και στα αναποτελεσματικά

πρότυπα χρήσης του νερού. Υπάρχει περιθώριο για μια χωρική ανακατανομή του συνολικού αποτυπώματος κατά τέτοιο τρόπο ώστε το βάρος να μετατοπίζεται από τις υπερεκμεταλλευόμενες λεκάνες απορροής σε άλλες περιοχές που μπορούν να ανεχθούν κάποια αύξηση (Mekonnen and Hoekstra, 2011b).

2.5 Αποτύπωμα Νερού - Ορισμοί

Η βροχή θεωρείται ως η απόλυτη πηγή νερού. Το αποτύπωμα νερού, μετρά την κατανάλωση νερού ως πόρου καθώς και τη χρήση του για την αφομοίωση/αποφόρτιση των αποβλήτων (Hoekstra and Mekonnen, 2012). Ο όρος «κατανάλωση» που αναφέρεται παρακάτω σχετίζεται με την απώλεια νερού από το διαθέσιμο υπόγειο υδατικό σύστημα σε μια λεκάνη απορροής. Απώλειες συμβαίνουν όταν το νερό εξατμίζεται, ή όταν επιστρέφει σε άλλη λεκάνη απορροής ή στη θάλασσα ή όταν ενσωματώνεται σε ένα προϊόν.

Για τον υπολογισμό του αποτυπώματος νερού μιας καλλιέργειας, η μέθοδος των Hoekstra et al. (2011), είναι αυτή που συνήθως χρησιμοποιείται και η οποία υπολογίζει το αποτύπωμα WF ως το άθροισμα τριών επιμέρους αποτυπωμάτων, του πράσινου (WF_{green}), του μπλε (WF_{blue}) και του γκρι (WF_{grey}), δηλαδή:

$$WF = WF_{green} + WF_{blue} + WF_{grey} \quad [1]$$

- **Πράσινο αποτύπωμα νερού**

Το πράσινο υδατικό αποτύπωμα είναι το νερό της βροχής που αποθηκεύεται στο έδαφος και χρησιμοποιείται από τα φυτά (Mekonnen and Hoekstra, 2011a).

- **Μπλε αποτύπωμα νερού**

Το Μπλε υδατικό αποτύπωμα αναφέρεται στην κατανάλωση από επίγειες ή υπόγειες δεξαμενές νερού (λίμνες, ποτάμια) (Mekonnen and Hoekstra, 2011a).

- **Γκρι αποτύπωμα νερού**

Το Γκρί υδατικό αποτύπωμα είναι ο όγκος του νερού που απαιτείται για να αποφορτίσει τους παραγόμενους ρύπους μιας διαδικασίας, δηλαδή στην προκειμένη περίπτωση, της καλλιέργειας (Mekonnen and Hoekstra, 2011a).

2.6 Υπολογισμός Αποτυπώματος Νερού

2.6.1 Μπλε Αποτύπωμα

Το μπλε αποτύπωμα νερού (WF_{blue}), μετρά την ποσότητα του διαθέσιμου νερού σε μια συγκεκριμένη περίοδο κατανάλωσης (δηλαδή δεν επιστρέφει αμέσως στην ίδια λεκάνη απορροής). Το μπλε αποτύπωμα είναι, συνεπώς, το μέτρο της ποσότητας του διαθέσιμου νερού που καταναλώνεται για μια διαδικασία (Hoekstra et al., 2011).

Η μονάδα του μπλε αποτυπώματος νερού είναι ο όγκος νερού ανά μονάδα χρόνου, για παράδειγμα, ανά ημέρα, μήνα ή έτος ή και ανά μονάδα προϊόντος (Aldaya et al., 2012).

2.6.2 Πράσινο Αποτύπωμα

Το πράσινο αποτύπωμα (WF_{green}), ορίζεται από τα μετεωρολογικά δεδομένα, τα χαρακτηριστικά του εδάφους και τον τύπο της καλλιέργειας (Aldaya et al., 2012), και υπολογίζεται ως ο συνολικός όγκος της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας (ETc) μιας περιόδου αναφοράς (Εξίσωση [2]).

$$WF_{green} = \Sigma ETc \quad [2]$$

Για τον υπολογισμό του πράσινου αποτυπώματος ως εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας, θεωρείται ο ελάχιστος όγκος νερού μεταξύ του υπολογιζόμενου ETc και της αποτελεσματικής βροχόπτωσης, η οποία υπολογίζεται στο 80% της ολικής βροχόπτωσης (Hoekstra, et al., 2011).

Η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας προσδιορίζεται από την ακόλουθη εξίσωση [3]:

$$ETc = Kc \cdot ET_0 \quad [3]$$

όπου

- ET₀ η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (δηλαδή ο ρυθμός εξατμισοδιαπνοής μιας επιφάνειας αναφοράς η οποία καλύπτεται από φυτά και είναι επαρκώς εφοδιασμένη με νερό). Η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς υπολογίζεται από μετεωρολογικά δεδομένα και άλλα δεδομένα αγρού. Στην περίπτωση που δεν υπάρχουν διαθέσιμα πειραματικά αποτελέσματα, ο υπολογισμός του ET₀ μπορεί να γίνει με χρήση του αλγόριθμου του Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας του Τμήματος Γης και Υδάτων των Ηνωμένων Εθνών (FAO) [10].
- Kc ο συντελεστής καλλιέργειας, ο οποίος ενσωματώνει τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας και τις μέσες επιπτώσεις της εξάτμισης από το έδαφος. Ο συντελεστής εξαρτάται από τα διάφορα στάδια ανάπτυξης του φυτού και ενσωματώνει όλα τα χαρακτηριστικά που διαφοροποιούν την καλλιέργεια ενδιαφέροντος από την επιφάνεια αναφοράς που καλύπτεται από το φυτό, όπως το ύψος της καλλιέργειας και ο συντελεστής ανάκλασης (λευκαύγεια).

Για τον υπολογισμό των παραπάνω παραμέτρων είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν και πειραματικά αποτελέσματα, όπως για παράδειγμα η μελέτη του Ινστιτούτου Γεωργικών Ερευνών Κύπρου (ΙΓΕ), η οποία υλοποιήθηκε για τον υπολογισμό των υδατικών αναγκών σημαντικών καλλιεργειών της Κύπρου (Christou et al. 2017).

Στη μελέτη του ΙΓΕ, υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας έγινε με τη χρήση των παρακάτω σχέσεων:

$$1. \quad E_{To} = K_p \times E_{pan}$$

$$2. \quad E_{Tc} = K_c \times E_{To}$$

$$3. \quad E_{Tc} = C \times E_{pan}$$

Όπου:

- E_{To} , η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς της καλλιέργειας (mm)
- E_{Tc} , η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας ενδιαφέροντος (mm)
- E_{pan} , η εξάτμιση από το εξατμισόμετρο (πειραματικό αποτέλεσμα)
- K_c , ο συντελεστής καλλιέργειας
- K_p , ο συντελεστής εξατμισομέτρου
- C : $K_c \times K_p$ (ΙΓΕ αποτέλεσμα πειραμάτων)

Οι τιμές του συντελεστή C υπήρξαν αντικείμενο μελέτης στα πειράματα του ΙΓΕ για πολλά χρόνια, διαφέρουν από φυτό σε φυτό αλλά και με το στάδιο ανάπτυξης των φυτών. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι για εσπεριδοειδή και αβοκάντο σε πλήρη ανάπτυξη η τιμή του συντελεστή C είναι 0.55 ενώ για τις ελιές 0.35. Στις εποχιακές καλλιέργειες, όπως η πατάτα, οι τιμές του συντελεστή C κυμαίνονται από πολύ μικρές μέχρι τη μονάδα. Γενικά, στα ετήσια φυτά ο συντελεστής αυξάνεται από περίπου 0.3 στην αρχή της βλαστικής περιόδου σε 0.9 - 1.0 όταν τα φυτά φτάνουν σε πλήρη ανάπτυξη, ενώ στη συνέχεια μειώνεται στο 0.5 - 0.7 στο τέλος της βλαστικής περιόδου (Ηλιάδης κ.ά., 1995) (Christou et al. 2017).

Η χρήση των παραπάνω δεδομένων και εξισώσεων οδήγησε στον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής (E_{Tc}) διαφόρων καλλιεργειών από το ΙΓΕ καθώς και των καθαρών

απαιτήσεων σε νερό κατά τη διάρκεια του βλαστικού κύκλου των φυτών. Επιπλέον με αξιοποίηση των πειραματικών αποτελεσμάτων (E_{pan}) και δεδομένα από 16 μετεωρολογικούς σταθμούς της Μετεωρολογικής Υπηρεσίας Κύπρου, για την περίοδο 1976-2014, έγινε επαναπροσδιορισμός των υδατικών αναγκών των καλλιεργειών της Κύπρου. Συνοπτικά, στον Πίνακα 1, αναφέρονται οι μέσες αναθεωρημένες υδατικές απαιτήσεις των διαφόρων καλλιεργειών της Κύπρου όπως έχουν υπολογιστεί από τον Κλάδο Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος του Ινστιτούτου Γεωργικών Ερευνών, αξιοποιώντας στοιχεία εξάτμισης των ετών 1976-2014 (Christou et al. 2017).

Πίνακας 1. Μέσες αναθεωρημένες υδατικές απαιτήσεις των διαφόρων καλλιεργειών της Κύπρου

Μηνιαίες ανάγκες σε νερό (m ³ /εκτάριο) κατά μήνα για δενδροκαλλιέργειες													
	Σύνολο	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
Εσπεριδοειδή & Αβοκάντο	8469	0	0	205	682	1083	1336	1439	1814	1247	560	102	0
Ελιές επιτραπέζιες	4307	0	0	0	341	537	783	863	803	654	326	0	0
Μπανάνες	12559	0	0	256	732	1266	1758	2283	2389	2041	1314	520	0
Οπωροφόρα δένδρα													
α) Ορεινή	6821	0	0	0	0	628	1758	1806	1804	825	0	0	0
β) Πεδινή	8186	0	0	0	0	709	2149	2422	2082	825	0	0	0
Αμύγδαλα	3541	0	0	0	0	0	1004	992	991	553	0	0	0
Χαλεπιανά	3540	0	0	0	0	0	914	1112	991	523	0	0	0
Καρυδιά Πεκάν	9762	0	0	0	716	1118	1465	1807	1816	1573	1267	0	0
Σταφύλια επιτραπέζια	3082	0	0	0	441	1134	1507	0	0	0	0	0	0
Μηνιαίες ανάγκες σε νερό (m ³ /εκτάριο) κατά μήνα για λαχανικά													
	Σύνολο	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
Πατάτες (Άνοιξης)	3035	0	0	615	1003	1417	0	0	0	0	0	0	0
Πατάτες (Φθινοπώρου)	4881	0	0	0	0	0	0	464	940	1402	1381	694	0
Κολοκάσι	24071	0	12	369	1644	2025	3817	4665	4660	3821	1630	1428	0
Καρότα	4244	0	0	923	1755	709	0	0	0	0	0	255	603
Ντομάτες (θερμοκηπίου)	7519	425	618	872	1203	1822	1687	0	0	0	122	408	362
Ντομάτες (χαμηλά τουνέλια)	4538	119	235	599	876	1183	1526	0	0	0	0	0	0
Ντομάτες (εκτός)	6394	0	0	0	147	742	1475	1632	1632	767	0	0	0
Αγγουράκια (θερμοκηπίου)	5858	425	494	738	1203	2106	0	0	0	0	122	408	362
Αγγουράκια (χαμηλά τουνέλια)	2852	119	235	400	584	1026	489	0	0	0	0	0	0
Αγγουράκια (εκτός)	4761	0	0	0	150	759	1708	2144	0	0	0	0	0
Φασολάκι (θερμοκηπίου)	4521	425	494	861	1404	709	0	0	0	0	102	245	281
Φασολάκι (εκτός)	6080	0	0	100	508	1795	2084	1593	0	0	0	0	0
Μελιτζάνες (χαμηλά τουνέλια)	3829	121	247	410	602	769	1004	675	0	0	0	0	0
Μελιτζάνες (εκτός)	5932	0	0	0	150	435	1004	1667	1666	784	224	0	0
Πιπέρια (χαμηλά τουνέλια)	4166	119	235	400	584	750	978	1101	0	0	0	0	0
Πιπέρια (εκτός)	5547	0	0	0	150	435	1004	1667	1666	623	0	0	0
Καρπούζια (χαμηλά τουνέλια)	2184	99	196	320	467	828	274	0	0	0	0	0	0
Καρπούζια (εκτός)	4988	0	0	0	147	692	1622	1943	583	0	0	0	0
Πεπόνια (χαμηλά τουνέλια)	2184	99	196	320	467	828	274	0	0	0	0	0	0
Πεπόνια (εκτός)	5192	0	0	0	150	709	1406	1786	1140	0	0	0	0
Κολοκυθάκια (χαμηλά τουνέλια)	3814	119	235	500	759	1341	861	0	0	0	0	0	0
Κολοκυθάκια (εκτός)	5096	0	0	0	150	709	1657	1985	595	0	0	0	0
Κραμβιά (πρώιμα)	5376	0	0	0	0	0	352	1219	2057	1470	278	0	0
Κραμβιά (κοινό)	3086	0	0	0	0	0	0	397	991	1126	285	286	0
Κουνουπίδι (πρώιμο)	5376	0	0	0	0	0	352	1219	2057	1470	278	0	0
Κουνουπίδι (κοινό)	2763	0	0	0	0	0	0	0	392	980	1112	279	0
Αγκινάρες 1ος χρόνος	4504	0	0	615	1003	0	0	0	1448	623	550	265	0
Αγκινάρες 2ος χρόνος	4405	0	0	599	973	0	0	0	1430	607	536	259	0
Μπάμιες	6381	0	0	117	332	650	1371	2287	1625	0	0	0	0
Μπιζέλι (πρώιμο)	3849	0	0	0	0	0	0	0	411	1470	1490	478	0
Μπιζέλι (κοινό)	1954	0	0	185	1223	547	0	0	0	0	0	0	0
Κουκιά (φρέσκα)	2230	0	0	0	0	0	0	0	0	1310	920	0	0
Κρεμμύδια (φρέσκα)	3617	0	0	0	0	0	0	0	0	1411	1549	657	0
Κρεμμύδια (ξηρά)	3631	0	0	308	802	1316	1205	0	0	0	0	0	0
Μαρούλια	3416	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1345	1469	603
Σέλινο	4388	0	0	677	0	0	0	0	0	1448	1590	673	0
Σπανάκι	3711	0	0	0	0	0	0	0	0	1448	1590	673	0
Ρεπάνια	4223	0	0	513	0	0	0	0	0	1448	1590	673	0
Μηνιαίες ανάγκες σε νερό (m ³ /εκτάριο) κατά μήνα για τις μεγάλες καλλιέργειες													
	Σύνολο	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
Φασόλια	4490	0	0	0	0	0	0	700	1000	1380	1410	0	0
Φιστίκια	5290	0	0	0	500	510	700	1640	1640	300	0	0	0
Τριφύλλι	12769	0	0	0	986	997	2569	2577	2572	2073	994	0	0
Αραβόσιτος	5545	0	0	0	148	399	1878	2379	742	0	0	0	0
Καπνός	4458	0	0	0	0	747	1482	1487	742	0	0	0	0
Ηλιάνθος	4955	0	0	0	394	1395	2223	942	0	0	0	0	0

Προκειμένου στη συνέχεια να υπολογισθεί το πράσινο αποτύπωμα των καλλιεργειών θα πρέπει να εφαρμοσθεί η μέθοδος Hoekstra et al. (2011), η οποία θεωρεί ότι το πράσινο αποτύπωμα είναι η μικρότερη τιμή μεταξύ της ETc και της ενεργούς βροχόπτωσης.

2.6.1 Γκρι Αποτύπωμα

Το γκρι αποτύπωμα νερού μιας διαδικασίας είναι δείκτης του βαθμού ρύπανσης του νερού που σχετίζεται με τη συγκεκριμένη διαδικασία. Ορίζεται ως ο όγκος του νερού που απαιτείται για την αποφόρτιση των ρύπων με βάση τις φυσικές συγκεντρώσεις υποβάθρου και τα υφιστάμενα πρότυπα ποιότητας του νερού. Η έννοια του αποτυπώματος του γκρίζου νερού έχει αναπτυχθεί από την αναγνώριση ότι το μέγεθος της ρύπανσης του νερού μπορεί να εκφραστεί ως ο όγκος του νερού που απαιτείται για την αραίωση των ρύπων έτσι ώστε να γίνουν αβλαβείς (Laspidou, 2014).

Το αποτύπωμα του γκρίζου νερού υπολογίζεται διαιρώντας το φορτίο ρύπων (L , σε μάζα/χρόνο) με τη διαφορά μεταξύ του προτύπου ποιότητας του νερού περιβάλλοντος για αυτόν τον ρύπο (η μέγιστη αποδεκτή συγκέντρωση C_{max} , σε μάζα/όγκο) και της φυσικής συγκέντρωσης στον αποδέκτη υδάτινο σώμα (C_{nat} , σε μάζα/όγκο) (Hoekstra et al., 2011).

$$\text{Γκρι αποτύπωμα νερού} = \frac{L}{(C_{max} - C_{nat})} \quad [\text{Όγκος/Χρόνος}]. \quad [4]$$

Η φυσική συγκέντρωση σε ένα υδατικό σώμα υποδοχής είναι η συγκέντρωση στο υδατικό σώμα που θα εμφανιζόταν εάν δεν υπήρχαν ανθρώπινες διαταραχές στη λεκάνη απορροής. Για ανθρωπογενείς ουσίες που φυσικά δεν υπάρχουν στο νερό, $C_{nat} = 0$. Όταν οι φυσικές συγκεντρώσεις δεν είναι γνωστές επακριβώς αλλά εκτιμώνται ότι είναι χαμηλές, για λόγους απλότητας μπορεί κανείς να υποθέσει $C_{nat} = 0$. Αυτό, ωστόσο, θα έχει ως αποτέλεσμα ένα υποτιμημένο γκρι αποτύπωμα νερού όταν το c_{nat} στην πραγματικότητα δεν είναι ίσο με μηδέν (Hoekstra et al., 2011).

Ένα γκρι αποτύπωμα νερού μεγαλύτερο από το μηδέν δεν σημαίνει απαραίτητα ότι παραβιάζονται τα πρότυπα ποιότητας του νερού, μπορεί απλά να δείχνει ότι μέρος της ικανότητας του νερού για την αποφόρτιση ρύπων έχει εκπέσει. Εφόσον το υπολογιζόμενο

αποτύπωμα γκρίζου νερού είναι μικρότερο από την υπάρχουσα ροή του ποταμού ή τη ροή των υπόγειων υδάτων, εξακολουθεί να υπάρχει αρκετό νερό για την αραίωση των ρύπων σε συγκέντρωση κάτω από το πρότυπο. Όταν το υπολογιζόμενο αποτύπωμα γκρίζου νερού είναι ακριβώς ίσο με τη ροή του νερού του περιβάλλοντος, τότε η προκύπτουσα συγκέντρωση θα είναι ακριβώς στο πρότυπο. Όταν τα απόβλητα περιέχουν πολύ υψηλό φορτίο χημικών ουσιών, μπορεί το υπολογιζόμενο αποτύπωμα γκρίζου νερού να υπερβαίνει την υπάρχουσα ροή του ποταμού ή τη ροή των υπόγειων υδάτων. Στην περίπτωση αυτή, η ρύπανση υπερβαίνει την ικανότητα αφομοίωσης του υδατικού συστήματος υποδοχής. Το γεγονός ότι το αποτύπωμα του γκρίζου νερού μπορεί να είναι μεγαλύτερο από την υπάρχουσα ροή νερού δείχνει ότι το γκρι αποτύπωμα νερού δεν δείχνει «τον όγκο του μολυσμένου νερού» (επειδή δεν θα μπορούσε κανείς να μολύνει μεγαλύτερο όγκο από τον υπάρχοντα). Αντίθετα, το γκρίζο αποτύπωμα νερού είναι ένας δείκτης της σοβαρότητας της ρύπανσης των υδάτων, που εκφράζεται ως προς τον όγκο του γλυκού νερού που απαιτείται για την αφομοίωση του υπάρχοντος φορτίου ρύπων (Hoekstra et al., 2011).

Το γκρι αποτύπωμα (WFgrey) υπολογίζεται ως το άθροισμα δύο συνεισφορών: του άμεσου και του έμμεσου WFgrey (Bonamente et al., 2015). Το άμεσο WFgrey ορίζεται ως το εικονικό νερό που απαιτείται για την αραίωση των λιπασμάτων και των επεξεργασιών που εφαρμόζονται στο χωράφι, ενώ το έμμεσο ορίζεται ως ο όγκος που απαιτείται για την αραίωση της εκπομπής ρύπων στο νερό κατά τη διάρκεια όλων των διεργασιών που εμπλέκονται στον κύκλο ζωής του προϊόντος, εκτός από τη χρήση λιπασμάτων και επεξεργασιών.

2.7 Παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια του υπολογισμού του αποτυπώματος νερού

Υπάρχουν πολλά πρακτικά ζητήματα που θα συναντήσει κανείς κατά τη διεξαγωγή μιας αξιολόγησης αποτυπώματος νερού. Ένα σημαντικό ερώτημα που προκύπτει συχνά είναι πώς θα χειριστεί η έλλειψη απαιτούμενων δεδομένων. Ποια προεπιλεγμένα δεδομένα θα πρέπει να χρησιμοποιούνται υπό τέτοιες συνθήκες και ποιες απλοποιήσεις μπορούν να γίνουν εύλογα; Σε αυτό το πλαίσιο, είναι σημαντικό να αναπτυχθεί μια βάση δεδομένων με

προεπιλεγμένες εκτιμήσεις αποτυπώματος νερού για μια μεγάλη ποικιλία διαδικασιών και προϊόντων, διαφοροποιώντας τις περιοχές παραγωγής (όπως χώρες). Αυτό θα ήταν πολύ χρήσιμο για την αξιολόγηση των αποτυπώματων νερού των καταναλωτών ή των παραγωγών, οι οποίοι γνωρίζουν τι αγοράζουν αλλά συχνά δεν γνωρίζουν όλες τις σχετικές λεπτομέρειες σχετικά με την αλυσίδα παραγωγής και εφοδιασμού των πραγμάτων που αγοράζουν (Aldaya et al., 2012).

Ένα πρακτικό ζήτημα στον υπολογισμό του αποτυπώματος νερού είναι το πρόβλημα της περικοπής. Το ερώτημα εδώ είναι τι πρέπει να συμπεριληφθεί και τι μπορεί να εξαιρεθεί από την ανάλυση. Εφαρμόζοντας ένα πολύ ευρύ πεδίο ανάλυσης κατά την εκτίμηση του αποτυπώματος νερού ενός συγκεκριμένου προϊόντος, θα ανακαλύψει κανείς ότι ορισμένα συστατικά δεν θα συμβάλλουν σημαντικά στο συνολικό υδατικό αποτύπωμα του προϊόντος και η συνεχής περαιτέρω ανίχνευση της αλυσίδας εφοδιασμού δεν αποφέρει πρόσθετη αξία. Απαιτείται περισσότερη πρακτική εμπειρία με τον υπολογισμό του αποτυπώματος νερού για μια ποικιλία προϊόντων, προκειμένου να καταστεί εφικτή ανάπτυξη πρακτικών κατευθυντήριων γραμμών σχετικά με το τι μπορεί –κατά κανόνα– να εξαιρεθεί από μια ανάλυση αποτυπώματος νερού προϊόντος. Και επίσης ποια καταναλωτικά προϊόντα ή προϊόντα εισροής μπορούν να εξαιρεθούν από μια ανάλυση αποτυπώματος νερού καταναλωτή ή επιχείρησης, αντίστοιχα (Hoekstra et al., 2011).

Ένα θέμα που δεν έχει λάβει ακόμη επαρκή προσοχή είναι ο τρόπος χειρισμού της μεταβλητότητας και της αλλαγής στο χρόνο. Όχι όλα, αλλά πολλά είδη χρήσης νερού ποικίλλουν με την πάροδο των ετών, όπως για παράδειγμα η χρήση του νερού άρδευσης στη γεωργία που εξαρτάται από το μοτίβο βροχοπτώσεων σε ένα συγκεκριμένο έτος (Garrido et al, 2010). Επιπλέον, η παραγωγικότητα του νερού μπορεί να διαφέρει από χρόνο σε χρόνο, λόγω όλων των ειδών παραγόντων (συμπεριλαμβανομένων παραγόντων που δεν έχουν καμία σχέση με το νερό), με αποτέλεσμα τη μεταβλητότητα του αποτυπώματος νερού με την πάροδο των ετών. Προφανώς, με αυτόν τον τρόπο, οι αλλαγές στο αποτύπωμα νερού από το ένα έτος στο άλλο δεν μπορούν απλώς να ερμηνευθούν ως δομική βελτίωση ή επιδείνωση στη χρήση του νερού. Για το λόγο αυτό, τα δεδομένα αποτυπώματος νερού θα δείχνουν

συχνά μια πιο ουσιαστική εικόνα εάν εμφανίζουν μέσους όρους για μια περίοδο ετών (Hoekstra et al., 2011).

Σχετικό με το θέμα της μεταβλητότητας, αλλά ακόμη ευρύτερο, είναι το θέμα των αβεβαιοτήτων. Οι αβεβαιότητες στα δεδομένα που χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό του υδατικού αποτυπώματος μπορεί να είναι πολύ σημαντικές, πράγμα που σημαίνει ότι τα αποτελέσματα πρέπει να ερμηνεύονται προσεκτικά. (Aldaya et al., 2012).

Στην περίπτωση του γκρίζου αποτυπώματος νερού, μια πρόκληση είναι να αναπτυχθούν κατευθυντήριες γραμμές για τον καθορισμό των φυσικών και των μέγιστων επιτρεπόμενων συγκεντρώσεων. Και τα δύο θα έπρεπε ιδανικά να αφορούν συγκεκριμένες λεκάνες απορροής, αλλά σε πολλές περιπτώσεις τέτοια δεδομένα δεν είναι διαθέσιμα. Εξάλλου, ένα θέμα που πρέπει να ξεκαθαριστεί είναι αν πρέπει να λαμβάνει κανείς, για παράδειγμα, ημερήσιες ή μηνιαίες μέσες συγκεντρώσεις. Οι μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις για την ποιότητα του νερού περιβάλλοντος δεν είναι διαθέσιμες για όλες τις ουσίες. Σε αυτές τις περιπτώσεις, θα πρέπει να υπάρχουν διαθέσιμες κατευθυντήριες γραμμές για να συμβουλευούν ποιες προεπιλεγμένες τιμές μπορούν να χρησιμοποιηθούν καλύτερα (Laspidou, 2014)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

3

Μεθοδολογία

3.1 Μεθοδολογία προσέγγισης της έρευνας

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την προσέγγιση των ερευνητικών ζητημάτων της διατριβής περιλαμβάνει τα παρακάτω τέσσερα στάδια:

1. Ανασκόπηση βιβλιογραφίας σχετικά με την χρήση νερού στην γεωργία και τις περιβαλλοντικές, κοινωνικές καθώς και οικονομικές επιπτώσεις που αυτή μπορεί να επιφέρει. Μελετήθηκε βιβλιογραφικά η σχέση των υδατικών πόρων με την κλιματική αλλαγή. Τέλος αναλύθηκε η μελέτη του αποτυπώματος νερού και η σπουδαιότητα υπολογισμού του ως προς την αιεφόρο ανάπτυξη των υδάτινων πόρων.
2. Εύρεση και επικοινωνία παραγωγών πατάτας σε όλη την Κύπρο, οι οποίοι θα ήταν διαθέσιμοι να παρέχουν στοιχεία της παραγωγής τους για την υλοποίηση της διατριβής.
3. Συλλογή δεδομένων καλλιέργειας από τους συνεργαζόμενους παραγωγούς αναφορικά με τις ποσότητες νερού που χρησιμοποιούν για την άρδευση των καλλιεργειών τους στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, τόσο για χειμερινές όσο και για ανοιξιιάτικες καλλιέργειες, τις ποσότητες λιπασμάτων που εφαρμόζονται καθώς και την απόδοση των καλλιεργειών.
4. Αξιολόγηση πληροφορίας, εφαρμογή εξισώσεων υπολογισμού αποτυπώματος νερού, αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και προσδιορισμός των πρακτικών εκείνων που συνεισφέρουν σε μεγαλύτερο βαθμό στο αποτύπωμα νερού των καλλιεργειών.
5. Ανάπτυξη προτάσεων βελτίωσης των εφαρμοζόμενων πρακτικών αλλά και εναλλακτικών με σκοπό τη μείωση του αποτυπώματος νερού των καλλιεργειών

3.2 Μέθοδος υπολογισμού υδατικού αποτυπώματος καλλιέργειας

3.2.1 Πράσινο αποτύπωμα νερού

Για τον υπολογισμό του πράσινου αποτυπώματος, αξιοποιήθηκε η έρευνα του Ινστιτούτου Γεωργικών Ερευνών Κύπρου (Christou et al. 2017) και συγκεκριμένα ο Πίνακας 1 με τις υδατικές απαιτήσεις των καλλιεργειών.

Οι υδατικές απαιτήσεις που δίνονται στον πίνακα αντιστοιχούν στην παράμετρο ETc.

Σύμφωνα με τη μέθοδο Hoekstra et al. (2011) η πράσινη εξατμισοδιαπνοή (ET_{green}) ισούται με τη **μικρότερη τιμή** των εξής δύο παραμέτρων:

1. Της ETc (εξατμισοδιαπνοή ή αλλιώς οι απαιτήσεις άρδευσης λόγω απώλειας νερού από τη διαπνοή του φυτού), και
2. Της ενεργού βροχόπτωσης (P_{eff}). Προκειμένου να υπολογισθεί η Ενεργός Βροχόπτωση θεωρείται ότι αυτή είναι το 80% της συνολικής βροχόπτωσης (mm) , για κάθε περιοχή και περίοδο ενδιαφέροντος (Hoekstra et al, 2011).
3. Το πράσινο αποτύπωμα νερού υπολογίζεται από:

$$WF_{green} = ET_{green} \times A = \min (ET_c, P_{eff}) \times A. \quad [5]$$

Όπου A η καλλιεργούμενη επιφάνεια σε m^2 , ενώ η ET_{green} έχει μονάδα $mm/καλλιεργητική$ περίοδο.

3.2.2 Μπλε αποτύπωμα νερού

Η θεωρητική Μπλε εξατμισοδιαπνοή ET_{blue} (δηλαδή η απώλεια που πρέπει να καλυφθεί με εξωτερική προσθήκη νερού προκειμένου να ικανοποιηθούν οι υδατικές απαιτήσεις του φυτού, εφόσον δεν καλύπτονται από την βροχόπτωση), είναι η **μέγιστη τιμή** μεταξύ των εξής παραμέτρων:

1. Της διαφοράς $ET_c - P_{eff}$ ($mm/περίοδο$), και
2. Του μηδενός (0).

Το Μπλε αποτύπωμα νερού υπολογίζεται στη συνέχεια από τη σχέση

$$WF_{blue} = ET_{blue} \times A = \max (ET_c - P_{eff}, 0) \times A. \quad [6]$$

Όπου A η καλλιεργούμενη επιφάνεια σε m^2 , ενώ η ET_{blue} έχει μονάδα $mm/καλλιεργητική$ περίοδο.

3.2.3 Γκρι αποτύπωμα νερού

Το γκρι αποτύπωμα υπολογίζεται, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ως το άθροισμα του άμεσου και του έμμεσου γκρι αποτυπώματος νερού:

$$WF_{grey} = WF_{grey_direct} + WF_{grey_indirect} \quad [7]$$

Όπου WF_{grey_direct} το άμεσο γκρι αποτύπωμα νερού, το οποίο αντιστοιχεί στον όγκο του καθαρού νερού που απαιτείται να προστεθεί στα υδατικά συστήματα που επηρεάζονται από μία διαδικασία, λόγω διάθεσης/απόρριψης/κατάληξης νερού επιβαρυσμένου με ρύπους (ανόργανους και οργανικούς). Στην περίπτωση της γεωργίας, όλες οι ουσίες που μπορούν να καταλήξουν μέσω απορροής (επιφανειακής ή υπεδάφειας) ή και διήθησης στα υδατικά συστήματα, είναι δυνητικοί ρύποι. Μεγαλύτερη επίπτωση όμως, λόγω της ποσότητας που εφαρμόζονται, έχουν οι ρύποι από τα λιπάσματα (χημικά ή οργανικά) και συγκεκριμένα το άζωτο των λιπασμάτων, η ανόργανες μορφές του οποίου (νιτρικά, νιτρώδη) είναι ευδιάλυτες και κινούνται εύκολα προς τα υδατικά συστήματα, με πρόκληση σημαντικής υποβάθμισης και ευτροφισμού. Για τον υπολογισμό του άμεσου γκρι αποτυπώματος απαιτείται η ποσότητα των αζωτούχων λιπασμάτων που προστέθηκαν στην περίοδο ενδιαφέροντος καθώς και το όριο της συγκέντρωση αζώτου στα υδατικά συστήματα.

Η εξίσωση για τον υπολογισμό του WF_{grey_direct} είναι :

$$WF_{grey_direct} (m^3) = \frac{L (Kg N)}{C_{normal} (\frac{KgN}{m^3})} \quad [8]$$

Όπου

- L η ποσότητα σε κιλά του αζώτου που κατευθύνεται λόγω απορροών στα υδατικά συστήματα. Για τον υπολογισμό της παραμέτρου θεωρείται ότι το 6% της προστιθέμενης ποσότητας του αζώτου καταλήγει στα υδατικά συστήματα (Lamastra et al 2014), (Rinaldi et al 2016).
- C_{normal} , είναι η ποσότητα αζώτου στα υπόγεια υδατικά συστήματα, αυτή που επηρεάζεται, δηλαδή από τις λιπαντικές πρακτικές. Σύμφωνα με τον Scheidleder (2003), η συγκέντρωση των νιτρικών στα υπόγεια ύδατα είναι 10mg NO_3 /l ή σε μονάδες αζώτου τα $2,26 \times 10^{-3} \text{ Kg N/m}^3$.

Για τον υπολογισμό του $WF_{\text{grey_indirect}}$, υπολογίζονται οι λόγοι $BOD_{\text{waste}}/LIMIT_{BOD}$ και $COD_{\text{waste}}/LIMIT_{COD}$, όπου BOD και COD είναι το Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο και το Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο των απορροών, αντίστοιχα, ενώ $LIMIT_{BOD}$ και $LIMIT_{COD}$ είναι οι τιμές που πρέπει να έχουν τα υγρά απόβλητα ώστε να διατεθούν σε υδάτινους αποδέκτες όπως καθορίζονται από τη νομοθεσία κάθε χώρας. Ο καθορισμός των παραπάνω παραμέτρων ξεφεύγει από το πνεύμα της παρούσης διατριβής και δεν πραγματοποιήθηκε, γιατί δεν υπάρχουν σημαντικές απορροές υγρών αποβλήτων στις αρδεύσιμες καλλιέργειες.

3.3 Αντικείμενο Μελέτης

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια των ετών 2020 – 2021 στη Κύπρο σε διάφορες περιοχές που δραστηριοποιούνται στην καλλιέργεια πατάτας. Παραδοσιακά η πατάτα στην Κύπρο καλλιεργείται στην περιοχή Κοκκινοχωρίων, μεταξύ ελεύθερης Επαρχίας Αμμοχώστου και Λάρνακας. Πλέον και άλλες περιοχές της Κύπρου δραστηριοποιούνται στην καλλιέργεια πατάτας λόγω του ότι η πατάτα Κύπρου είναι καλής ποιότητας και έχει μεγάλη εξαγωγική αξία (Σχήμα 1 περιοχές της Κύπρου όπου μεγάλοι παραγωγοί ασχολούνται με την καλλιέργεια πατάτας).

Στην Επαρχία Λευκωσίας επιλέχθηκαν μεγάλοι πατατοπαραγωγοί που δραστηριοποιούνται στις κοινότητες Αστρομερίτης-Πάνω Ζώδια, Περιστερώνα, Ορούντα. Στην περιοχή τα τεμάχια αρδεύονται από ιδιόκτητες γεωτρήσεις ή από αρδευτικά έργα της περιοχής (Σχήμα 2).

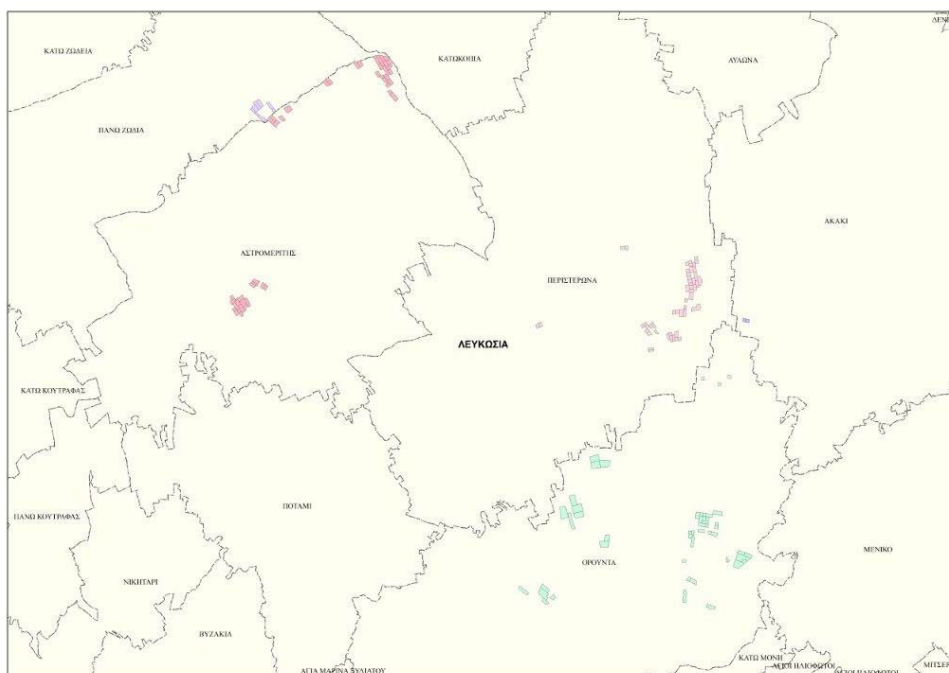
Στην ελεύθερη Επαρχία Αμμοχώστου καθώς και στην Επαρχία Λάρνακας περιοχή Κοκκινοχωρίων επιλέχθηκαν πατατοπαραγωγοί που δραστηριοποιούνται στους δήμους/κοινότητες Άχνα, Ξυλοτύμπου, Ξυλοφάγου, Αυγόρου, Ορμίδεια, Λιοπέτρι, Σωτήρα. Στην περιοχή τα τεμάχια αρδεύονται κυρίως από το Κυβερνητικό Αρδευτικό Έργο Κοκκινοχωρίων το οποίο τροφοδοτείται με νερό από τον Νότιο Αγωγό «Southern Conveyor Project» (Σχήμα 3).

Στην Επαρχία Λάρνακας εκτός από την προαναφερθείσα περιοχή Κοκκινοχωρίων επιλέχθηκαν πατατοπαραγωγοί των κοινοτήτων Κίτι και Περιβόλια. Στην περιοχή τα τεμάχια αρδεύονται κυρίως από το Κυβερνητικό Αρδευτικό Έργο Κιτίου και από ιδιόκτητες γεωτρήσεις (Σχήμα 4).

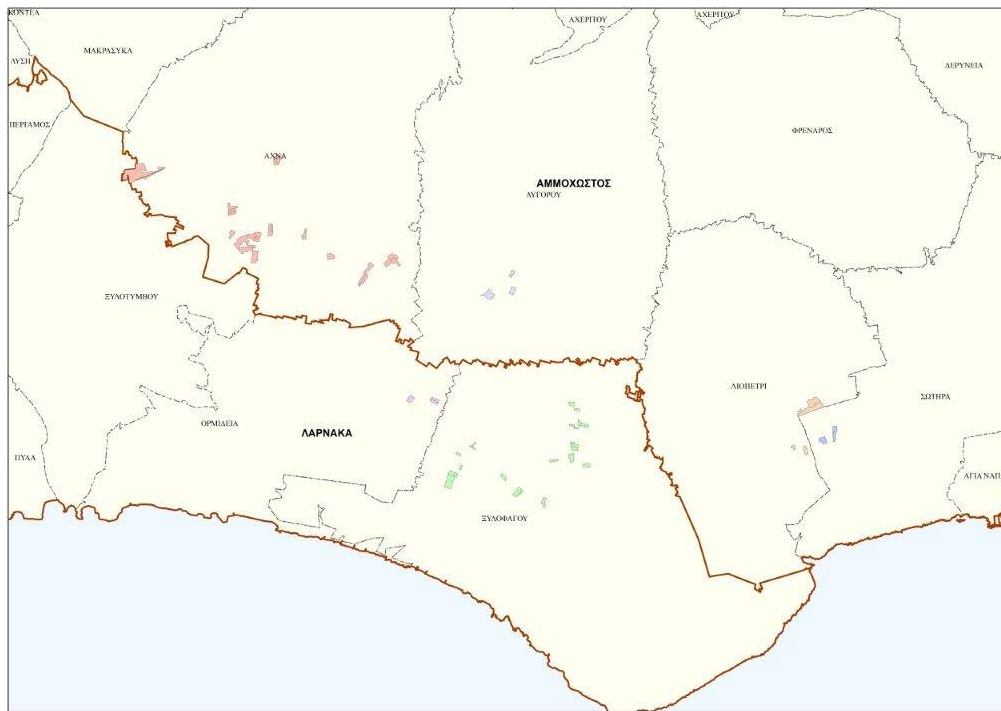
Στην Επαρχία Λεμεσού επιλέχθηκε ένας παραγωγός που δραστηριοποιούνται στο Ακρωτήρι. Γενικά στην περιοχή επαρχίας Λεμεσου, οι καλλιέργειες αρδεύονται κυρίως από το Κυβερνητικό Αρδευτικό Έργο Ακρωτηρίου και από ιδιόκτητες γεωτρήσεις (Σχήμα 5).

Στην Επαρχία Πάφου επιλέχθηκαν μεγάλοι πατατοπαραγωγοί που δραστηριοποιούνται στις κοινότητες Μαντριά, Αχέλια, Τίμη, Αναρίτα, Νικόκλεια. Στην περιοχή τα τεμάχια αρδεύονται κυρίως από το Κυβερνητικό Αρδευτικό Έργο Πάφου και από ιδιόκτητες γεωτρήσεις (Σχήμα 6).

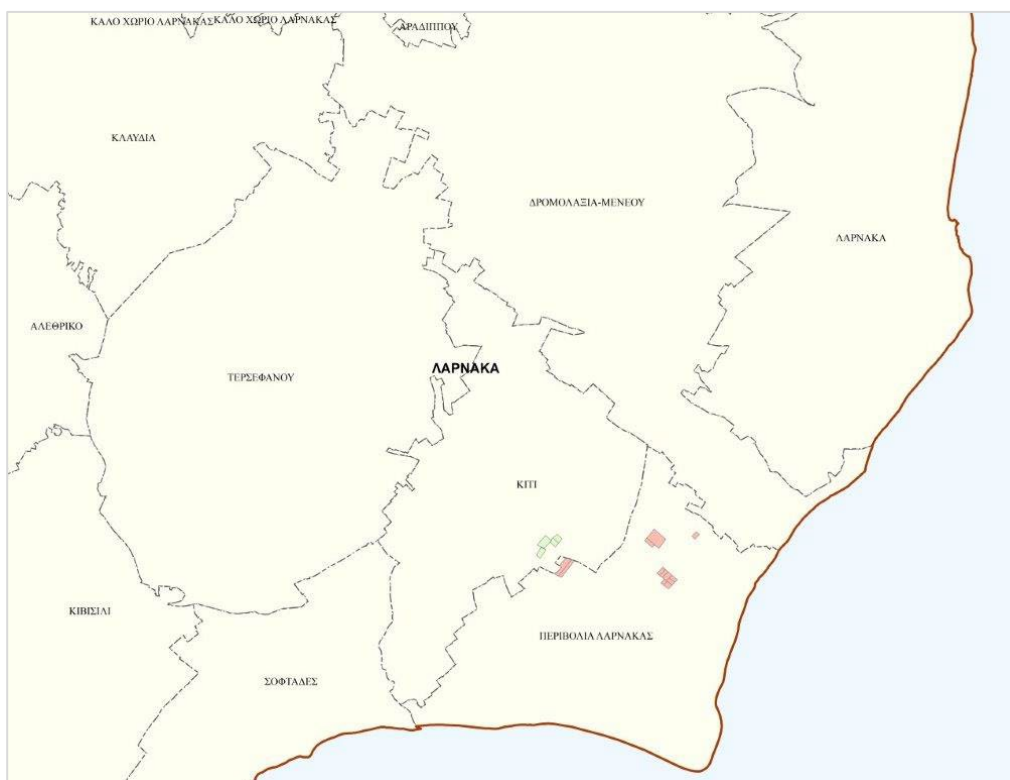
Η χαρτογράφηση της περιοχής μελέτης (Σχήμα 1-6) έγινε μέσω του λογισμικού ArcMap (GIS). Τα δεδομένα για την χαρτογράφηση δόθηκαν από το Τμήμα Γεωργίας.



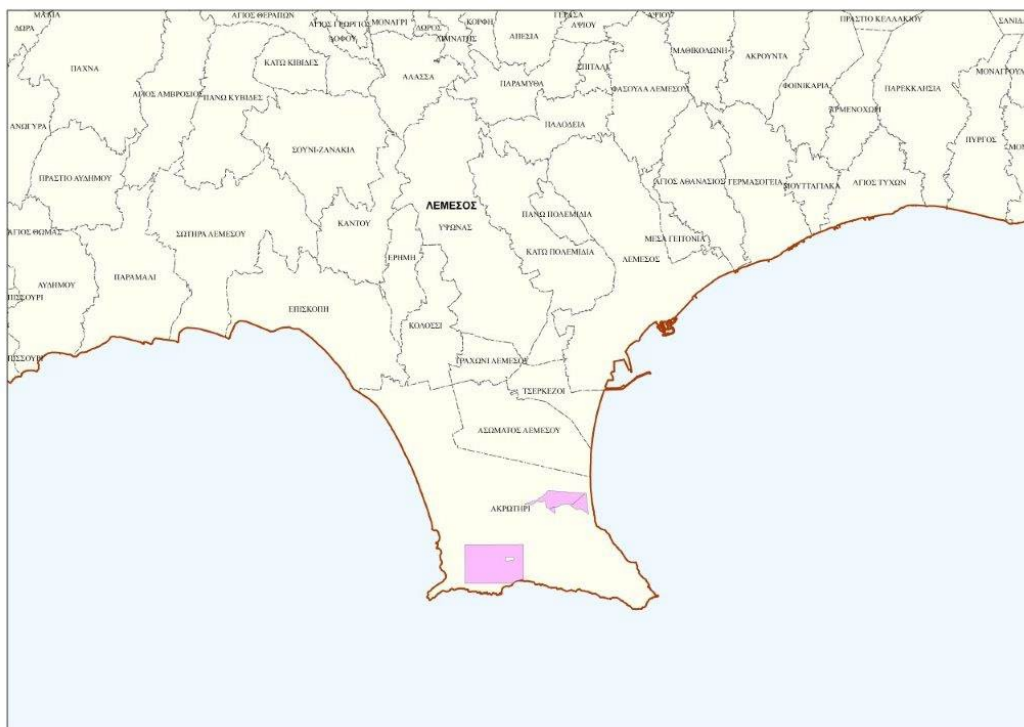
Σχήμα 2. Χάρτης της Επαρχίας Λευκωσίας. Στον χάρτη επισημαίνονται με χρώμα τα τεμάχια των παραγωγών όπου διεξήχθη η έρευνα.



Σχήμα 3. Χάρτης της Επαρχίας Αμμοχώστου – Λάρνακας, περιοχή Κοκκινοχωρίων. Στον χάρτη επισημαίνονται με χρώμα τα τεμάχια των παραγωγών όπου διεξήχθη η έρευνα.



Σχήμα 4. Χάρτης της Επαρχίας Λάρνακας. Στον χάρτη επισημαίνονται με χρώμα τα τεμάχια των παραγωγών όπου διεξήχθη η έρευνα.



Σχήμα 5. Χάρτης της Επαρχίας Λεμεσού. Στον χάρτη επισημαίνονται με χρώμα τα τεμάχια όπου διεξήχθη η έρευνα.



Σχήμα 6. Χάρτης της Επαρχίας Πάφου. Στον χάρτη επισημαίνονται με χρώμα τα τεμάχια των παραγωγών όπου διεξήχθη η έρευνα.

3.4 Πρωτογενή Δεδομένα

3.4.1 Καλλιεργητικές πρακτικές – χρήση νερού

Τα στοιχεία για την παρούσα μελέτη συλλέχθηκαν με τη μέθοδο των προσωπικών συνεντεύξεων των παραγωγών και τη συμπλήρωση ερωτηματολογίων (Παράρτημα ΙΙ). Στην έρευνα συμμετείχαν δεκατέσσερις (14) πατατοπαραγωγοί.

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 2, το σύνολο των αγροτεμαχίων που συμπεριλήφθηκαν στην έρευνα είναι δεκατέσσερα (14) και το σύνολο των δεκαρίων (m²) είναι τρεις χιλιάδες τετρακόσια εξήντα τέσσερα (3464).

Πίνακας 2. Παραγωγοί και στρέμματα καλλιέργειας.

ΑΡ. ΠΑΡΑΓΩΓΟΥ	ΕΠΑΡΧΙΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΦΥΤΕΙΑ	ΑΡ. ΤΕΜΑΧΙΩΝ	ΕΚΤΑΣΗ (ΔΕΚΑΡΙΑ)
Π1	ΛΕΥΚΩΣΙΑ	ΑΣΤΡΟΜΕΡΙΤΗΣ/ ΠΕΡΙΣΤΕΡΩΝΑ	ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ	103	250
			ΑΝΟΙΞΙΑΤΙΚΗ		250
Π2	ΛΕΥΚΩΣΙΑ	ΟΡΟΥΝΤΑ	ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ	54	110
			ΑΝΟΙΞΙΑΤΙΚΗ		300
Π3	ΑΜΜΟΧΩΣΤΟΥ	ΑΧΝΑ/ ΞΥΛΟΥΤΥΜΒΟΥ	ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ	9	30
			ΑΝΟΙΞΙΑΤΙΚΗ		50
Π4	ΑΜΜΟΧΩΣΤΟΥ	ΑΧΝΑ/ ΑΥΓΟΡΟΥ	ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ	24	110
			ΑΝΟΙΞΙΑΤΙΚΗ		190
Π5	ΑΜΜΟΧΩΣΤΟΥ	ΛΙΟΠΕΤΡΙ/ ΣΩΤΗΡΑ/	ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ	9	40
			ΑΝΟΙΞΙΑΤΙΚΗ		40
Π6	ΑΜΜΟΧΩΣΤΟΥ	ΑΥΓΟΡΟΥ	ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ	10	35
			ΑΝΟΙΞΙΑΤΙΚΗ		40
Π7	ΛΑΡΝΑΚΑ	ΞΥΛΟΦΑΓΟΥ	ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ	36	110
			ΑΝΟΙΞΙΑΤΙΚΗ		250
Π8	ΛΑΡΝΑΚΑ	ΞΥΛΟΦΑΓΟΥ/ ΟΡΜΙΔΕΙΑ	ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ	8	40
			ΑΝΟΙΞΙΑΤΙΚΗ		54
Π9	ΛΑΡΝΑΚΑ	ΚΙΤΙ	ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ	6	30
			ΑΝΟΙΞΙΑΤΙΚΗ		70
Π10	ΛΑΡΝΑΚΑ	ΠΕΡΙΒΟΛΙΑ	ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ	10	150
			ΑΝΟΙΞΙΑΤΙΚΗ		150
Π11	ΛΑΡΝΑΚΑ	ΚΙΤΙ	ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ	6	10
			ΑΝΟΙΞΙΑΤΙΚΗ		10
Π12	ΠΑΦΟΥ	ΜΑΝΔΡΙΑ/ ΑΧΕΛΕΙΑ/ΤΙΜΗ	ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ	19	160
			ΑΝΟΙΞΙΑΤΙΚΗ		270

Π13	ΠΑΦΟΥ	ΜΑΝΔΡΙΑ/ ΑΝΑΡΙΤΑ/ ΝΙΚΟΚΛΕΙΑ	ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ	13	40
			ΑΝΟΙΞΙΑΤΙΚΗ		75
Π14	ΛΕΜΕΣΟΣ	ΑΚΡΩΤΗΡΙ	ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ	7	300
			ΑΝΟΙΞΙΑΤΙΚΗ		300
ΣΥΝΟΛΑ				314	3464

Η πληροφορία που συλλέχθηκε από τους παραγωγούς περιλαμβάνεται στους παρακάτω Πίνακες 3 και 4.

Πίνακας 3. Καλλιεργητικές πρακτικές και καταναλώσεις αρδευτικού νερού της καλλιεργητικής περιόδου 2020-2021. Με κίτρινο χρώμα απεικονίζεται η καλλιεργητική περίοδος.

No	ΦΥΤΕΙΑ	ΝΕΡΟ m ³ /ΔΕΚΑΡΙΟ											ΣΥΝ	Τύπος Αρδευσης
		ΜΗΝΕΣ												
		ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ		
Π1	ΧΕΙΜ	100	100	100									300	ΣΕ
	ΑΝΟΙΞ							100	100	100	100		400	
Π2	ΧΕΙΜ		200	100	100								400	ΣΕ
	ΑΝΟΙΞ							100	100	100	100		400	Κ/ΣΕ
Π3	ΧΕΙΜ	150	100	100	50								400	ΣΕ
	ΑΝΟΙΞ							100	100	100	100		400	
Π4	ΧΕΙΜ	250	150	100	100								600	ΣΕ
	ΑΝΟΙΞ							100	150	200	150		600	
Π5	ΧΕΙΜ		300	100	100								500	ΣΕ
	ΑΝΟΙΞ					100			100	100	100		400	
Π6	ΧΕΙΜ	100	100	100	100								400	ΣΕ
	ΑΝΟΙΞ								100	100	100		300	
Π7	ΧΕΙΜ	150	150	100	100	100							600	ΣΕ
	ΑΝΟΙΞ					100		100	100	100	100	100	600	

Π8	ΧΕΙΜ	150	150	150									450	ΣΕ
	ΑΝΟΙΞ						100	100	100	100	100	100	600	
Π9	ΧΕΙΜ		200	150	150	100							600	ΣΕ/ Α
	ΑΝΟΙΞ							150	150	150	150		600	
Π10	ΧΕΙΜ	200	150	150	150								650	ΣΕ
	ΑΝΟΙΞ					100		200	200	200			700	
Π11	ΧΕΙΜ		200	200	150	100	50						700	ΣΕ
	ΑΝΟΙΞ								150	200	200		550	
Π12	ΧΕΙΜ	200	150	150	150								650	ΣΕ
	ΑΝΟΙΞ				150	100			200	200	200		700	
Π13	ΧΕΙΜ		200	200	100	100							600	ΣΕ
	ΑΝΟΙΞ					100	100	100	100	200	200		800	
Π14	ΧΕΙΜ		150	100	100	50							400	Σ / Α
	ΑΝΟΙΞ						50			100	100	50	300	Σ

ΣΕ: Σταθεροί Εκτοξευτήρες (μίνι σπρίγκλερς), Σ: Σταγόνες, Α: Αντένες, Κ: Κατάκλυση

Πίνακας 4. Είδος και ποσότητες λιπασμάτων που εφαρμόζονται ανά καλλιεργητική περίοδο και αποδόσεις καλλιέργειας της καλλιεργητικής περιόδου 2020-2021.

No	ΦΥΤΕΙΑ	ΕΚΤΑΣΗ (ΔΕΚΑΡΙΟ)	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ					Συνολική απόδοση (t/ΔΕΚΑΡΙΟ)	
			ΕΙΔΟΣ			ΠΟΣΟΤΗΤΑ/ΔΕΚΑΡΙΟ / ΣΚΕΥΑΣΜΑΤΟΣ			
Π1	ΧΕΙΜ	250	15/15/15	12/8/16	14/22/9	80Kg	3.5		
	ΑΝΟΙΞ	250					5		
Π2	ΧΕΙΜ	110	14/22/9			80-100Kg	3		
	ΑΝΟΙΞ	300	4.5-5						
Π3	ΧΕΙΜ	30	15/15/15			80Kg	2.5		
	ΑΝΟΙΞ	50	4						
Π4	ΧΕΙΜ	110	14/22/9	16/27/7		80Kg	3		
	ΑΝΟΙΞ	190					5.5		
Π5	ΧΕΙΜ	40	20/10/10			80Kg	3		
	ΑΝΟΙΞ	40	4						
Π6	ΧΕΙΜ	35	12/44/0	20/17/0	Υδατοδιαλυτή Νιτρική Αμμωνία	50Kg	35Kg	4Kg	2
	ΑΝΟΙΞ	40					4		
Π7	ΧΕΙΜ	110	15/15/15			100Kg		2.5	
	ΑΝΟΙΞ	250	14/22/9			70Kg		5	

Π8	ΧΕΙΜ	40	14/22/9			100Kg	2
	ΑΝΟΙΞ	54					4
Π9	ΧΕΙΜ	30	14/22/9	11/11/1 5	100Kg	3	
	ΑΝΟΙΞ	70				6	
Π10	ΧΕΙΜ	150	15/15/15			100Kg	2.5
	ΑΝΟΙΞ	150					4.5
Π11	ΧΕΙΜ	10	14/22/9			80Kg	2.5
	ΑΝΟΙΞ	10					4
Π12	ΧΕΙΜ	160	15/15/15	14/22/9	14/22/9	80-100Kg	2.5
	ΑΝΟΙΞ	270					3.5
Π13	ΧΕΙΜ	40	14/22/9			125Kg	3
	ΑΝΟΙΞ	75					4
Π14	ΧΕΙΜ	300	14/22/9			100Kg	2.5
	ΑΝΟΙΞ	300					3.5

3.4.2 Μετεωρολογικά Δεδομένα

Τα μετεωρολογικά δεδομένα που χρειάστηκαν για τον υπολογισμό του πράσινου WF_{green} και μπλε WF_{blue} αποτυπώματος νερού έχουν εξαχθεί από την ιστοσελίδα του Τμήματος Μετεωρολογίας Κύπρου από το Αγρομετεωρολογικό Δελτίο, που εκδίδεται κάθε μήνα, και αφορούν Μέσα Κλιματολογικά Δεδομένα σε διάφορους σταθμούς αναφοράς.

Τα μετεωρολογικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στους πιο κάτω πίνακες:

Πίνακας 5. Μετεωρολογικά δεδομένα για τον μήνα Αύγουστο.

ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ 1981-2010 για το μήνα Αύγουστο

Αρ. Στ.	Ονομασία Σταθμού	Μέση Ημερήσια Μέγιστη Θερμοκρ. (°C)	Μέση Ημερήσια Ελάχιστη Θερμοκρ. (°C)	Μέση Σχετική Υγρασία (%), 08:00 Τοπικός Επίσημος Χρόνος	Μέσος Αρ. Ημερών με Παγετό Εδάφους	Μέση Ημερήσια Ηλιοφάνεια α (hrs and tenths)	Μέση Ημερήσια Εξάτμιση (mm)	Μέση Ημερήσια Εξατμισοδιαπονή Penman-Monteith (1991-2005) (mm)	Μηνιαία Αθροιστική Βροχόπτωση η (mm)
41	ΠΟΛΙΣ ΧΡΥΣΟΧΟΥΣ	33.3	21.5	56	0.0	12.1	7.8	5.5	0.0
82	ΠΑΦΟΣ (ΑΕΡΟΔΡ.)	30.5	21.1	70	0.0	11.6	7.0	5.2	0.0
225	ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ (ΔΑΣ.ΚΟΛΛ.)	28.0	18.1	35	0.0	10.1	6.7	4.7	12.0
666	ΑΘΑΛΑΣΣΑ (ΡΑΔΙΟΒΟΛΙΣΗ)	36.9	21.9	56	0.0	11.7	10.5	6.7	1.8
731	ΛΑΡΝΑΚΑ (ΑΕΡΟΔΡ.)	32.9	22.3	64	0.0	11.9	8.9	6.3	0.3
800	ΑΧΝΑ (ΔΑΣΑΚΙ)	33.5	22.0	62	0.0	11.6	7.9	5.4	0.1

Πίνακας 6. Μετεωρολογικά δεδομένα για τον μήνα Σεπτέμβριο.

ΚΑΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ 1981-2010 για το μήνα Σεπτέμβριο

Αρ. Στ.	Ονομασία Σταθμού	Μέση Ημερήσια Μέγιστη Θερμοκρ. (°C)	Μέση Ημερήσια Ελάχιστη Θερμοκρ. (°C)	Μέση Σχετική Υγρασία (%), 08:00 Τοπικός Επίσημος Χρόνος	Μέσος Αρ. Ημερών με Παγετό Εδάφους	Μέση Ημερήσια Ηλιοφάνεια α (hrs and tenths)	Μέση Ημερήσια Εξάτμιση (mm)	Μέση Ημερήσια Εξατμισοδιαπονή Penman-Monteith (1991-2005) (mm)	Μηνιαία Αθροιστική Βροχόπτωση η (mm)
41	ΠΟΛΙΣ ΧΡΥΣΟΧΟΥΣ	30.1	19.2	56	0.0	10.6	6.2	4.2	4.0
82	ΠΑΦΟΣ (ΑΕΡΟΔΡ.)	29.0	19.1	61	0.0	10.4	6.3	4.4	3.6
225	ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ (ΔΑΣ.ΚΟΛΛ.)	24.6	14.9	42	0.0	8.6	4.9	3.6	10.7
666	ΑΘΑΛΑΣΣΑ (ΡΑΔΙΟΒΟΛΙΣΗ)	33.6	18.8	58	0.0	10.4	8.2	5.2	12.2
731	ΛΑΡΝΑΚΑ (ΑΕΡΟΔΡ.)	30.9	19.8	59	0.0	10.6	7.7	5.1	4.3
800	ΑΧΝΑ (ΔΑΣΑΚΙ)	31.9	19.6	60	0.0	10.5	6.6	4.3	2.9

Πίνακας 7. Μετεωρολογικά δεδομένα για τον μήνα Οκτώβριο.

ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ 1981-2010 για το μήνα Οκτώβριο									
Αρ. Στ.	Ονομασία Σταθμού	Μέση Ημερήσια Μέγιστη Θερμοκρ. (°C)	Μέση Ημερήσια Ελάχιστη Θερμοκρ. (°C)	Μέση Σχετική Υγρασία (%), 08:00 Τοπικός Επίσημος Χρόνος	Μέσος Αρ. Ημερών με Παγετό Εδάφους	Μέση Ημερήσια Ηλιοφάνεια (hrs and tenths)	Μέση Ημερήσια Εξάτμιση (mm)	Μέση Ημερήσια Εξατμισοδιαπνοή Penman-Monteith (1991 -2005) (mm)	Μηνιαία Αθροιστική Βροχόπτωση (mm)
41	ΠΟΛΙΣ ΧΡΥΣΟΧΟΥΣ	26.4	16.1	59	0.0	8.9	4.4	2.8	30.3
82	ΠΑΦΟΣ (ΑΕΡΟΔΡ.)	26.4	16.4	58	0.0	9.1	5.1	3.4	27.4
225	ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ (ΔΑΣ.ΚΟΛΛ.)	19.2	10.9	54	0.2	7.1	3.0	2.4	34.4
666	ΑΘΑΛΑΣΣΑ (ΡΑΔΙΟΒΟΛΙΣΗ)	28.4	15.2	64	0.0	8.8	5.4	3.3	20.7
731	ΛΑΡΝΑΚΑ (ΑΕΡΟΔΡ.)	27.8	16.7	59	0.0	8.9	5.6	3.6	16.0
800	ΑΧΝΑ (ΔΑΣΑΚΙ)	28.5	16.7	62	0.0	8.8	4.5	3.0	19.9

Πίνακας 8. Μετεωρολογικά δεδομένα για τον μήνα Νοέμβριο.

ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ 1981-2010 για το μήνα Νοέμβριο									
Αρ. Στ.	Ονομασία Σταθμού	Μέση Ημερήσια Μέγιστη Θερμοκρ. (°C)	Μέση Ημερήσια Ελάχιστη Θερμοκρ. (°C)	Μέση Σχετική Υγρασία (%), 08:00 Τοπικός Επίσημος Χρόνος	Μέσος Αρ. Ημερών με Παγετό Εδάφους	Μέση Ημερήσια Ηλιοφάνεια (hrs and tenths)	Μέση Ημερήσια Εξάτμιση (mm)	Μέση Ημερήσια Εξατμισοδιαπνοή Penman-Monteith (1991 -2005) (mm)	Μηνιαία Αθροιστική Βροχόπτωση (mm)
41	ΠΟΛΙΣ ΧΡΥΣΟΧΟΥΣ	21.7	12.2	66	0.0	7.3	2.9	1.8	58.6
82	ΠΑΦΟΣ (ΑΕΡΟΔΡ.)	22.4	12.9	65	0.1	7.5	3.8	2.4	52.6
225	ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ (ΔΑΣ.ΚΟΛΛ.)	12.8	6.1	65	5.4	5.5	1.7	1.4	93.8
666	ΑΘΑΛΑΣΣΑ (ΡΑΔΙΟΒΟΛΙΣΗ)	22.1	10.4	77	0.5	7.2	3.0	1.8	43.2
731	ΛΑΡΝΑΚΑ (ΑΕΡΟΔΡ.)	22.6	12.4	69	0.2	7.3	3.7	2.4	46.8
800	ΑΧΝΑ (ΔΑΣΑΚΙ)	22.4	11.8	72	0.1	7.1	2.4	1.6	44.0

Πίνακας 9. Μετεωρολογικά δεδομένα για τον μήνα Δεκέμβριο.

ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ 1981-2010 για το μήνα Δεκέμβριο									
Αρ. Στ.	Όνομασία Σταθμού	Μέση Ημερήσια Μέγιστη Θερμοκρ. (°C)	Μέση Ημερήσια Ελάχιστη Θερμοκρ. (°C)	Μέση Σχετική Υγρασία (%), 08:00 Τοπικός Επίσημος Χρόνος	Μέσος Αρ. Ημερών με Παγετό Εδάφους	Μέση Ημερήσια Ηλιοφάνεια (hrs and tenths)	Μέση Ημερήσια Εξάτμιση (mm)	Μέση Ημερήσια Εξατμισοδιαπνοή Penman-Monteith (1991-2005) (mm)	Μηνιαία Αθροιστική Βροχόπτωση (mm)
41	ΠΟΛΙΣ ΧΡΥΣΟΧΟΥΣ	18.0	9.3	74	0.6	5.9	1.9	1.1	93.6
82	ΠΑΦΟΣ (ΑΕΡΟΔΡ.)	18.9	10.0	72	0.3	6.0	3.1	1.7	90.1
225	ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ (ΔΑΣ.ΚΟΛΛ.)	8.3	2.6	75	15.8	4.2	1.0	0.8	157.3
666	ΑΘΑΛΑΣΣΑ (ΡΑΔΙΟΒΟΛΙΣΗ)	17.3	7.0	85	2.3	5.7	1.8	1.1	57.2
731	ΛΑΡΝΑΚΑ (ΑΕΡΟΔΡ.)	18.6	9.2	78	0.6	5.9	2.6	1.6	79.0
800	ΑΧΝΑ (ΔΑΣΑΚΙ)	18.0	8.3	79	1.1	5.9	1.5	1.0	76.8

Πίνακας 10. Μετεωρολογικά δεδομένα για τον μήνα Ιανουάριο.

ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ 1981-2010 για το μήνα Ιανουάριο									
Αρ. Στ.	Όνομασία Σταθμού	Μέση Ημερήσια Μέγιστη Θερμοκρ. (°C)	Μέση Ημερήσια Ελάχιστη Θερμοκρ. (°C)	Μέση Σχετική Υγρασία (%), 08:00 Τοπικός Επίσημος Χρόνος	Μέσος Αρ. Ημερών με Παγετό Εδάφους	Μέση Ημερήσια Ηλιοφάνεια (hrs and tenths)	Μέση Ημερήσια Εξάτμιση (mm)	Μέση Ημερήσια Εξατμισοδιαπνοή Penman-Monteith (1991-2005) (mm)	Μηνιαία Αθροιστική Βροχόπτωση (mm)
41	ΠΟΛΙΣ ΧΡΥΣΟΧΟΥΣ	16.3	7.6	76	1.6	6.0	1.8	1.2	85.3
82	ΠΑΦΟΣ (ΑΕΡΟΔΡ.)	17.1	8.3	74	1.0	6.1	2.9	1.7	78.8
225	ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ (ΔΑΣ.ΚΟΛΛ.)	6.3	0.7	77	23.3	4.0	1.0	0.9	150.0
666	ΑΘΑΛΑΣΣΑ (ΡΑΔΙΟΒΟΛΙΣΗ)	15.5	5.4	84	6.0	5.9	1.8	1.2	48.8
731	ΛΑΡΝΑΚΑ (ΑΕΡΟΔΡ.)	16.8	7.5	78	2.4	6.0	2.5	1.6	73.7
800	ΑΧΝΑ (ΔΑΣΑΚΙ)	16.3	6.6	81	3.0	6.1	1.4	1.0	67.3

Πίνακας 11. Μετεωρολογικά δεδομένα για τον μήνα Φεβρουάριο.

ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ 1981-2010 για το μήνα Φεβρουάριο

Αρ. Στ.	Όνομασία Σταθμού	Μέση Ημερήσια Μέγιστη Θερμοκρ. (°C)	Μέση Ημερήσια Ελάχιστη Θερμοκρ. (°C)	Μέση Σχετική Υγρασία (%), 08:00 Τοπικός Επίσημος Χρόνος	Μέσος Αρ. Ημερών με Παγετό Εδάφους	Μέση Ημερήσια Ηλιοφάνεια (hrs and tenths)	Μέση Ημερήσια Εξάτμιση (mm)	Μέση Ημερήσια Εξατμισοδιαπονή Penman-Monteith (1991-2005) (mm)	Μηνιαία Αθροιστική Βροχόπτωση (mm)
41	ΠΟΛΙΣ ΧΡΥΣΟΧΟΥΣ	16,3	7,3	74	1,7	7,0	2,3	1,7	68,5
82	ΠΑΦΟΣ (ΑΕΡΟΔΡ.)	17,1	8,1	72	1,3	6,9	3,4	2,2	59,8
225	ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ (ΔΑΣ.ΚΟΛΛ.)	6,7	0,5	74	20,8	4,8	1,5	1,2	128,7
666	ΑΘΑΛΑΣΣΑ (ΡΑΔΙΟΒΟΛΙΣΗ)	16,0	5,3	82	5,4	6,7	2,4	1,7	44,5
731	ΛΑΡΝΑΚΑ (ΑΕΡΟΔΡ.)	17,0	7,1	77	2,6	6,7	3,1	2,1	50,3
800	ΑΧΝΑ (ΔΑΣΑΚΙ)	16,5	6,3	80	4,0	6,6	2,0	1,5	50,7

Πίνακας 12. Μετεωρολογικά δεδομένα για τον μήνα Μάρτιο.

ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ 1981-2010 για το μήνα Μάρτιο

Αρ. Στ.	Όνομασία Σταθμού	Μέση Ημερήσια Μέγιστη Θερμοκρ. (°C)	Μέση Ημερήσια Ελάχιστη Θερμοκρ. (°C)	Μέση Σχετική Υγρασία (%), 08:00 Τοπικός Επίσημος Χρόνος	Μέσος Αρ. Ημερών με Παγετό Εδάφους	Μέση Ημερήσια Ηλιοφάνεια (hrs and tenths)	Μέση Ημερήσια Εξάτμιση (mm)	Μέση Ημερήσια Εξατμισοδιαπονή Penman-Monteith (1991-2005) (mm)	Μηνιαία Αθροιστική Βροχόπτωση (mm)
41	ΠΟΛΙΣ ΧΡΥΣΟΧΟΥΣ	18.3	8.3	72	0.7	7.9	3.0	2.5	45.7
82	ΠΑΦΟΣ (ΑΕΡΟΔΡ.)	18.6	8.9	69	0.5	7.9	4.1	2.8	34.4
225	ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ (ΔΑΣ.ΚΟΛΛ.)	10.4	2.8	63	15.4	6.1	2.2	2.0	92.1
666	ΑΘΑΛΑΣΣΑ (ΡΑΔΙΟΒΟΛΙΣΗ)	19.2	6.9	74	2.3	7.7	3.8	2.7	31.9
731	ΛΑΡΝΑΚΑ (ΑΕΡΟΔΡ.)	19.3	8.6	71	0.6	7.7	4.1	2.9	35.8
800	ΑΧΝΑ (ΔΑΣΑΚΙ)	19.1	7.8	75	1.9	7.8	2.9	2.3	35.2

Πίνακας 13. Μετεωρολογικά δεδομένα για τον μήνα Απρίλιο.

ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ 1981-2010 για το μήνα Απρίλιο

Αρ. Στ.	Όνομασία Σταθμού	Μέση Ημερήσια Μέγιστη Θερμοκρ. (°C)	Μέση Ημερήσια Ελάχιστη Θερμοκρ. (°C)	Μέση Σχετική Υγρασία (%), 08:00 Τοπικός Επίσημος Χρόνος	Μέσος Αρ. Ημερών με Παγετό Εδάφους	Μέση Ημερήσια Ηλιοφάνεια (hrs and tenths)	Μέση Ημερήσια Εξάτμιση (mm)	Μέση Ημερήσια Εξατμισοδιαπονή Penman-Monteith (1991-2005) (mm)	Μηνιαία Αθροιστική Βροχόπτωση (mm)
41	ΠΟΛΙΣ ΧΡΥΣΟΧΟΥΣ	21.6	10.8	65	0.0	9.5	4.1	3.5	21.8
82	ΠΑΦΟΣ (ΑΕΡΟΔΡ.)	21.5	11.5	65	0.0	9.1	5.3	3.7	15.2
225	ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ (ΔΑΣ.ΚΟΛΛ.)	15.5	6.6	52	4.0	7.7	3.8	3.0	47.2
666	ΑΘΑΛΑΣΣΑ (ΡΑΔΙΟΒΟΛΙΣΗ)	24.4	10.4	62	0.0	9.1	6.0	4.0	19.1
731	ΛΑΡΝΑΚΑ (ΑΕΡΟΔΡ.)	22.7	11.8	62	0.0	9.0	5.9	4.0	14.2
800	ΑΧΝΑ (ΔΑΣΑΚΙ)	23.2	10.9	66	0.0	9.4	4.5	3.5	19.7

Πίνακας 14. Μετεωρολογικά δεδομένα για τον μήνα Μάιο.

ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ 1981-2010 για το μήνα Μάιο									
Αρ. Στ.	Όνομασία Σταθμού	Μέση Ημερήσια Μέγιστη Θερμοκρ. (°C)	Μέση Ημερήσια Ελάχιστη Θερμοκρ. (°C)	Μέση Σχετική Υγρασία (%), 08:00 Τοπικός Επίσημος Χρόνος	Μέσος Αρ. Ημερών με Παγετό Εδάφους	Μέση Ημερήσια Ηλιοφάνεια (hrs and tenths)	Μέση Ημερήσια Εξάτμιση (mm)	Μέση Ημερήσια Εξατμισοδιαπονή Penman-Monteith (1991 -2005) (mm)	Μηνιαία Αθροιστική Βροχόπτωση (mm)
41	ΠΟΛΙΣ ΧΡΥΣΟΧΟΥΣ	25.8	14.3	59	0.0	11.3	6.1	4.7	7.6
82	ΠΑΦΟΣ (ΑΕΡΟΔΡ.)	24.5	14.7	68	0.0	11.1	6.3	4.5	6.1
225	ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ (ΔΑΣ.ΚΟΛΛ.)	20.4	10.8	46	0.4	9.0	5.1	4.0	32.0
666	ΑΘΑΛΑΣΣΑ (ΡΑΔΙΟΒΟΛΙΣΗ)	29.6	14.8	52	0.0	10.7	8.7	5.6	24.6
731	ΛΑΡΝΑΚΑ (ΑΕΡΟΔΡ.)	26.4	15.7	59	0.0	10.9	7.7	5.4	9.8
800	ΑΧΝΑ (ΔΑΣΑΚΙ)	27.4	14.9	58	0.0	10.4	6.4	4.5	10.7

Πίνακας 15. Μετεωρολογικά δεδομένα για τον μήνα Ιούνιο.

ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ 1981-2010 για το μήνα Ιούνιο									
Αρ. Στ.	Όνομασία Σταθμού	Μέση Ημερήσια Μέγιστη Θερμοκρ. (°C)	Μέση Ημερήσια Ελάχιστη Θερμοκρ. (°C)	Μέση Σχετική Υγρασία (%), 08:00 Τοπικός Επίσημος Χρόνος	Μέσος Αρ. Ημερών με Παγετό Εδάφους	Μέση Ημερήσια Ηλιοφάνεια (hrs and tenths)	Μέση Ημερήσια Εξάτμιση (mm)	Μέση Ημερήσια Εξατμισοδιαπονή Penman-Monteith (1991 -2005) (mm)	Μηνιαία Αθροιστική Βροχόπτωση (mm)
41	ΠΟΛΙΣ ΧΡΥΣΟΧΟΥΣ	30,3	18,5	56	0,0	12,6	7,9	5,7	1,8
82	ΠΑΦΟΣ (ΑΕΡΟΔΡ.)	27,6	18,0	71	0,0	12,7	7,3	5,3	1,3
225	ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ (ΔΑΣ.ΚΟΛΛ.)	25,0	15,0	40	0,0	10,5	6,7	4,9	27,2
666	ΑΘΑΛΑΣΣΑ (ΡΑΔΙΟΒΟΛΙΣΗ)	34,0	19,1	48	0,0	12,3	11,3	7,0	11,6
731	ΛΑΡΝΑΚΑ (ΑΕΡΟΔΡ.)	30,2	19,4	62	0,0	12,6	9,1	6,4	2,0
800	ΑΧΝΑ (ΔΑΣΑΚΙ)	31,0	18,9	58	0,0	11,9	8,1	5,5	1,8

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

4

Αποτελέσματα

4.1 Υπολογισμός Μπλε Αποτυπώματος Νερού και Πράσινου Αποτυπώματος Νερού

Στον Πίνακα 16 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα υπολογισμού του μπλε και πράσινου αποτυπώματος νερού. Για τον υπολογισμό των αποτυπωμάτων λήφθηκαν υπόψη τα μετεωρολογικά δεδομένα (βροχόπτωση) της κάθε περιοχής, το νερό *άρδευσης που εφάρμοσαν οι παραγωγοί*, καθώς και τα δεδομένα από την έρευνα του Ινστιτούτου Γεωργικών Ερευνών Κύπρου που περιλαμβάνει τις μέσες αναθεωρημένες υδατικές απαιτήσεις καλλιέργειας

πατάτας της Κύπρου. Υπολογίστηκε τόσο το πραγματικό μπλε αποτύπωμα νερού, όσο και το θεωρητικό σύμφωνα με τα μετεωρολογικά δεδομένα και τις ανάγκες του φυτού.

Πίνακας 16. Υπολογισμός Μπλε και Πράσινου Αποτυπώματος Νερού.

No	ΦΥΤΕΙΑ	ΜΗΝΕΣ										
		ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ
		ETc*, mm	94	140,2	138,1	69,4	0	0				
	ΧΕΙΜ											
	ΑΝΟΙΞ							0	61,5	100,3	141,7	0
Π1	Βροχόπτωση (mm)	1,8	12,2	20,7	43,2	57,2	48,8	44,5	31,9	19,1	24,6	11,6
	P _{eff} , mm	1,44	9,76	16,56	34,56	45,76	39,04	35,6	25,52	15,28	19,68	9,28
	ET _{green} , mm	1,44	9,76	16,56	34,56	0	0	0	25,52	15,28	19,68	9,28
	WF _{green} , m ³	360	2440	4140	8640	0,00	0,00	0,00	6380	3820	4920	2320
	ETc-Peff, mm	92,56	130,44	121,54	34,84	-45,76	-39,04	-35,6	35,98	85,02	122,02	-9,28
	Max [ETc-Peff), 0], mm	92,56	130,44	121,54	34,84	0	0	0	35,98	85,02	122,02	0
	WF _{blue} , m ³ Theor	23140	32610	30385	8710	0	0	0	8995	21255	30505	0
	Wf _{blue} , m ³ Real	XEIM	25000	25000	25000							
	ΑΝΟΙ						25000	25000	25000	25000		
Π2	Βροχόπτωση (mm)	1,8	12,2	20,7	43,2	57,2	48,8	44,5	31,9	19,1	24,6	11,6
	P _{eff} , mm	1,44	9,76	16,56	34,56	45,76	39,04	35,6	25,52	15,28	19,68	9,28
	ET _{green} , mm	1,44	9,76	16,56	34,56	0	0	0	25,52	15,28	19,68	9,28
	WF _{green} , m ³	158	1074	1822	3802	0,00	0,00	0,00	7656	4584	5904	2784
	ETc-Peff, mm	92,56	130,44	121,54	34,84	-45,76	-39,04	-35,6	35,98	85,02	122,02	-9,28
	Max [ETc-Peff), 0], mm	92,56	130,44	121,54	34,84	0	0	0	35,98	85,02	122,02	0
	WF _{blue} , m ³ Theor	10182	14348	13369	3832	0	0	0	10794	25506	36606	0
	Wf _{blue} , m ³ Real	XEIM		22000	11000	11000						
	ΑΝΟΙ						30000	30000	30000	30000		
Π3	Βροχόπτωση (mm)	0,1	2,9	19,9	44	76,8	67,3	50,7	35,2	19,7	10,7	1,8
	P _{eff} , mm	0,08	2,32	15,92	35,2	61,44	53,84	40,56	28,16	15,76	8,56	1,44
	ET _{green} , mm	0,08	2,32	15,92	35,20	0,00	0,00	0,00	28,16	15,76	8,56	1,44
	WF _{green} , m ³	2,40	69,6	478	1056	0,00	0,00	0,00	1408	788	428	72
	ETc-Peff, mm	93,92	137,88	122,18	34,2	-61,44	-53,84	-40,56	33,34	84,54	133,14	-1,44
	Max [ETc-Peff), 0], mm	93,92	137,88	122,18	34,2	0	0	0	33,34	84,54	133,14	0
	WF _{blue} , m ³ Theor	2818	4136	3665	1026	0	0	0	1667	4227	6657	0
	Wf _{blue} , m ³ Real	XEIM	4500	3000	3000	1500						
	ΑΝΟΙ						5000	5000	5000	5000		
Π4	Βροχόπτωση (mm)	0,1	2,9	19,9	44	76,8	67,3	50,7	35,2	19,7	10,7	1,8
	P _{eff} , mm	0,08	2,32	15,92	35,2	61,44	53,84	40,56	28,16	15,76	8,56	1,44
	ET _{green} , mm	0,08	2,32	15,92	35,20	0,00	0,00	0,00	28,16	15,76	8,56	1,44
	WF _{green} , m ³	8,8	255	1751	3872	0,00	0,00	0,00	5350	2994	1626	274
	ETc-Peff, mm	93,92	137,88	122,18	34,2	-61,44	-53,84	-40,56	33,34	84,54	133,14	-1,44
	Max [ETc-Peff), 0], mm	93,92	137,88	122,18	34,2	0	0	0	33,34	84,54	133,14	0
	WF _{blue} , m ³ Theor	10331	15167	13440	3762	0	0	0	6335	16063	25297	0
	Wf _{blue} , m ³ Real	XEIM	27500	16500	11000	11000						
	ΑΝΟΙ						19000	28500	38000	28500		

Π5	Βροχόπτωση (mm)	0,1	2,9	19,9	44	76,8	67,3	50,7	35,2	19,7	10,7	1,8
	P _{eff} , mm	0,08	2,32	15,92	35,2	61,44	53,84	40,56	28,16	15,76	8,56	1,44
	ET _{green} , mm	0,08	2,32	15,92	35,20	0,00	0,00	0,00	28,16	15,76	8,56	1,44
	WF _{green} , m ³	3,2	93	637	1408	0,00	0,00	0,00	1126	630	342	58
	ETc-Peff, mm	93,92	137,88	122,18	34,2	-61,44	-53,84	-40,56	33,34	84,54	133,14	-1,44
	Max [ETc-Peff), 0], mm	93,92	137,88	122,18	34,2	0	0	0	33,34	84,54	133,14	0
	WF _{blue} , m ³ Theor	3757	5515	4887	1368	0	0	0	1334	3382	5326	0
	Wf _{blue} ,m3 R eal	XEIM	12000	4000	4000							
	ANOI				4000			4000	4000	4000		
Π6	Βροχόπτωση (mm)	0,1	2,9	19,9	44	76,8	67,3	50,7	35,2	19,7	10,7	1,8
	P _{eff} , mm	0,08	2,32	15,92	35,2	61,44	53,84	40,56	28,16	15,76	8,56	1,44
	ET _{green} , mm	0,08	2,32	15,92	35,20	0,00	0,00	0,00	28,16	15,76	8,56	1,44
	WF _{green} , m ³	2,8	81	557	1232	0,00	0,00	0,00	1126	630	342	58
	ETc-Peff, mm	93,92	137,88	122,18	34,2	-61,44	-53,84	-40,56	33,34	84,54	133,14	-1,44
	Max [ETc-Peff), 0], mm	93,92	137,88	122,18	34,2	0	0	0	33,34	84,54	133,14	0
	WF _{blue} , m ³ Theor	3287	4826	4276	1197	0	0	0	1334	3382	5326	0
	Wf _{blue} ,m3 R eal	XEIM	3500	3500	3500	3500						
	ANOI							4000	4000	4000		
Π7	Βροχόπτωση (mm)	0,1	2,9	19,9	44	76,8	67,3	50,7	35,2	19,7	10,7	1,8
	P _{eff} , mm	0,08	2,32	15,92	35,2	61,44	53,84	40,56	28,16	15,76	8,56	1,44
	ET _{green} , mm	0,08	2,32	15,92	35,20	0,00	0,00	0,00	28,16	15,76	8,56	1,44
	WF _{green} , m ³	8,8	255	1751	3872	0,00	0,00	0,00	7040	3940	2140	360
	ETc-Peff, mm	93,92	137,88	122,18	34,2	-61,44	-53,84	-40,56	33,34	84,54	133,14	-1,44
	Max [ETc-Peff), 0], mm	93,92	137,88	122,18	34,2	0	0	0	33,34	84,54	133,14	0
	WF _{blue} , m ³ Theor	10331	15167	13440	3762	0	0	0	8335	21135	33285	0
	Wf _{blue} ,m3 R eal	XEIM	16500	16500	11000	11000	11000					
	ANOI					25000		25000	25000	25000	25000	25000
Π8	Βροχόπτωση (mm)	0,1	2,9	19,9	44	76,8	67,3	50,7	35,2	19,7	10,7	1,8
	P _{eff} , mm	0,08	2,32	15,92	35,2	61,44	53,84	40,56	28,16	15,76	8,56	1,44
	ET _{green} , mm	0,08	2,32	15,92	35,20	0,00	0,00	0,00	28,16	15,76	8,56	1,44
	WF _{green} , m ³	3,2	93	634	1408	0,00	0,00	0,00	1521	851	462	78
	ETc-Peff, mm	93,92	137,88	122,18	34,2	-61,44	-53,84	-40,56	33,34	84,54	133,14	-1,44
	Max [ETc-Peff), 0], mm	93,92	137,88	122,18	34,2	0	0	0	33,34	84,54	133,14	0
	WF _{blue} , m ³ Theor	3757	5515	4887	1368	0	0	0	1800	4565	7189	0
	Wf _{blue} ,m3 R eal	XEIM	6000	6000	6000							
	ANOI					5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400
Π9	Βροχόπτωση (mm)	0,3	4,3	16	46,8	79	73,7	50,3	35,8	14,2	9,8	2
	P _{eff} , mm	0,24	3,44	12,8	37,44	63,2	58,96	40,24	28,64	11,36	7,84	1,6
	ET _{green} , mm	0,08	3,44	12,80	37,44	0,00	0,00	0,00	28,64	11,36	7,84	1,60
	WF _{green} , m ³	2,4	103	384	1123	0,00	0,00	0,00	2005	795	549	112
	ETc-Peff, mm	93,76	136,76	125,3	31,96	-63,2	-58,96	-40,24	32,86	88,94	133,86	-1,6
	Max [ETc-Peff), 0], mm	93,76	136,76	125,3	31,96	0	0	0	32,86	88,94	133,86	0
	WF _{blue} , m ³ Theor	2813	4103	3759	959	0	0	0	2300	6226	9370	0
	Wf _{blue} ,m3 R eal	XEIM	6000	4500	4500	3000						
	ANOI						4500	4500	4500	4500		
Π10	Βροχόπτωση (mm)	0,3	4,3	16	46,8	79	73,7	50,3	35,8	14,2	9,8	2

	P _{eff} , mm	0,24	3,44	12,8	37,44	63,2	58,96	40,24	28,64	11,36	7,84	1,6	
	ET _{green} , mm	0,08	3,44	12,80	37,44	0,00	0,00	0,00	28,64	11,36	7,84	1,60	
	WF _{green} , m ³	12	516	1920	5616	0,00	0,00	0,00	4296	1704	1176	240	
	ETc-Peff, mm	93,76	136,76	125,3	31,96	-63,2	-58,96	-40,24	32,86	88,94	133,86	-1,6	
	Max [ETc-Peff), 0], mm	93,76	136,76	125,3	31,96	0	0	0	32,86	88,94	133,86	0	
	WF _{blue} , m ³ Theor	14064	20514	18795	4794	0	0	0	4929	13341	20079	0	
	Wf _{blue} ,m3 Real	XEIM	30000	22500	22500	22500							
		ANOI					15000		30000	30000	30000		
Π11	Βροχόπτωση (mm)	0,3	4,3	16	46,8	79	73,7	50,3	35,8	14,2	9,8	2	
	P _{eff} , mm	0,24	3,44	12,8	37,44	63,2	58,96	40,24	28,64	11,36	7,84	1,6	
	ET _{green} , mm	0,24	3,44	12,80	37,44	0,00	0,00	0,00	28,64	11,36	7,84	1,60	
	WF _{green} , m ³	2,4	34	128	374	0,00	0,00	0,00	286	114	78	16	
	ETc-Peff, mm	93,76	136,76	125,3	31,96	-63,2	-58,96	-40,24	32,86	88,94	133,86	-1,6	
	Max [ETc-Peff), 0], mm	93,76	136,76	125,3	31,96	0	0	0	32,86	88,94	133,86	0	
	WF _{blue} , m ³ Theor	938	1368	1253	319,6	0	0	0	329	889	1339	0	
	Wf _{blue} ,m3 Real	XEIM		2000	2000	1500	1000	500					
ANOI									1500	2000	2000		
Π12	Βροχόπτωση (mm)	0,00	3,6	27,4	52,6	90,1	78,8	59,8	34,4	15,2	6,1	1,3	
	P _{eff} , mm	0,00	2,88	21,92	42,08	72,08	63,04	47,84	27,52	12,16	4,88	1,04	
	ET _{green} , mm	0,00	2,88	21,92	42,08	0,00	0,00	0,00	27,52	12,16	4,88	1,04	
	WF _{green} , m ³	XEIM	0,00	461	3507	6733							
		ANOI				11362	0,00	0,00	0,00	7430	3283	1318	281
	ETc-Peff, mm	94	137,32	116,18	27,32	-72,08	-63,04	-47,84	33,98	88,14	136,82	-1,04	
	Max [ETc-Peff), 0], mm	94	137,32	116,18	27,32	0	0	0	33,98	88,14	136,82	0	
	WF _{blue} , m ³ Theor	XEIM	15040	21971	18589	4371	0	0					
ANOI					7376	0	0	0	9175	23798	36941	0	
Wf _{blue} ,m3 Real	XEIM	32000	24000	24000	24000								
	ANOI				40500	27000			54000	54000	54000		
Π13	Βροχόπτωση (mm)	0	3,6	27,4	52,6	90,1	78,8	59,8	34,4	15,2	6,1	1,3	
	P _{eff} , mm	0	2,88	21,92	42,08	72,08	63,04	47,84	27,52	12,16	4,88	1,04	
	ET _{green} , mm	0,00	2,88	21,92	42,08	0,00	0,00	0,00	27,52	12,16	4,88	1,04	
	WF _{green} , m ³	0,00	115	877	1683	0,00	0,00	0,00	2064	912	366	78	
	ETc-Peff, mm	94	137,32	116,18	27,32	-72,08	-63,04	-47,84	33,98	88,14	136,82	-1,04	
	Max [ETc-Peff), 0], mm	94	137,32	116,18	27,32	0	0	0	33,98	88,14	136,82	0	
	WF _{blue} , m ³ Theor	3760	5493	4647	1093	0	0	0	2548	6610	10262	0	
	Wf _{blue} ,m3 Real	XEIM		8000	8000	4000	4000						
ANOI						7500	7500	7500	7500	15000	15000		
Π14	Βροχόπτωση (mm)	0	3,6	27,4	52,6	90,1	78,8	59,8	34,4	15,2	6,1	1,3	
	P _{eff} , mm	0	2,88	21,92	42,08	72,08	63,04	47,84	27,52	12,16	4,88	1,04	
	ET _{green} , mm	0,00	2,88	21,92	42,08	0,00	0,00	0,00	27,52	12,16	4,88	1,04	
	WF _{green} , m ³	0,00	864	6576	12624	0,00	0,00	0,00	8256	3648	1464	312	
	ETc-Peff, mm	94	137,32	116,18	27,32	-72,08	-63,04	-47,84	33,98	88,14	136,82	-1,04	
	Max [ETc-Peff), 0], mm	94	137,32	116,18	27,32	0	0	0	33,98	88,14	136,82	0	
	WF _{blue} , m ³ Theor	28200	41196	34854	8196	0	0	0	10194	26442	41046	0	
		XEIM		45000	30000	30000	15000						

Wf _{blue,real} ,m ³	ANOI Ξ					15000			30000	30000	15000
---	-----------	--	--	--	--	-------	--	--	-------	-------	-------

4.2 Υπολογισμός Γκρι Αποτυπώματος Νερού

Στον Πίνακα 17 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα υπολογισμού του Γκρι αποτυπώματος νερού με βάση τις ποσότητες των αζωτούχων λιπασμάτων που εφαρμόστηκαν στις καλλιέργειες (Πίνακας 4) και την εξίσωση [8]. Ως % περιεκτικότητα αζώτου των εφαρμοσθέντων λιπασμάτων του Πίνακα 4 θεωρήθηκε ο μέσος όρος των περιεκτικότητων των διαφορετικών λιπασμάτων που χρησιμοποιήθηκαν από κάθε παραγωγό, καθώς οι παραγωγοί δεν διέθεταν στοιχεία για την ακριβή ποσότητα κάθε διαφορετικού είδους λιπάσματος που εφαρμόστηκε.

Πίνακας 17. Υπολογισμός (άμεσου) Πραγματικού Γκρι Αποτυπώματος Νερού.

No	Μέση τιμή N (%)	Ποσότητα N, kg/ΔΕΚΑΡΙΟ	L	C x10 ⁻³	WF _{grey_real} , m ³ /m ²	WF _{grey_real} , m ³ (ΧΕΙΜ)	WF _{grey_real} , m ³ (ΑΝΟΙΞ)
Π1	13,7	80	0,6576	2,26	0,29	72743	72743
Π2	14	90	0,756	2,26	0,33	36796	100354
Π3	15	80	0,72	2,26	0,32	9558	15929
Π4	15	80	0,72	2,26	0,32	35044	60531
Π5	20	80	0,96	2,26	0,42	16991	16991
Π6	12	50	0,36	2,26	0,16	5575	6372
	20	35	0,42	2,26	0,18	6504	7434
	35	4	0,084	2,26	0,037	1301	1487
					0,38	13381	15292
Π7	14,5	85	0,7395	2,26	0,33	35993	81803
Π8	14	100	0,84	2,26	0,37	14867	20071
Π9	12,5	100	0,75	2,26	0,33	9956	23230
Π10	15	100	0,9	2,26	0,40	59735	59734
Π11	14	80	0,672	2,26	0,30	2973	2973
Π12	14,33	90	0,77382	2,26	0,34	54784	92448
Π13	14	125	1,05	2,26	0,46	18584	34845
Π14	14	100	0,84	2,26	0,37	111504	111504

Όπως διαπιστώθηκε από τις συνεντεύξεις με τους παραγωγούς, αλλά όπως φαίνεται και στον Πίνακα 4, οι λιπάνσεις που εφαρμόζονται στις καλλιέργειες δεν ακολουθούν ένα οργανωμένο σχήμα, σύμφωνα με τις ανάγκες της καλλιέργειας και είναι βασικά εμπειρικό. Σύμφωνα με τα δεδομένα της καλλιέργειας της πατάτας, τα φυτά έχουν μεγάλες ανάγκες σε άζωτο κατά τη διάρκεια των πρώτων δύο μηνών μετά τη φύτευση όταν και αναπτύσσεται γρήγορα το φυλλώδες τμήμα του φυτού¹. Για το διάστημα αυτό προτείνεται λίπανση 20-20-20 σε δόση 20 κιλά το δεκάριο (στρέμμα). Από τον δεύτερο μήνα έως και περίπου δύο εβδομάδες πριν από τη συγκομιδή, τα φυτά χρειάζονται περισσότερο κάλιο ώστε να αναπτυχθούν καλά σχηματισμένες πατάτες. Για το διάστημα αυτό προτείνονται δύο εφαρμογές του λιπάσματος 14-7-21 σε δόση 50 κιλά το στρέμμα. Όπως διαπιστώνεται σχεδόν το σύνολο των παραγωγών δεν ακολουθεί αυτή τη λογική. Προκειμένου να συγκριθούν οι επιπτώσεις της εφαρμοζόμενης λίπανσης σε σχέση με τις επιπτώσεις ενός κατάλληλου προγράμματος λίπανσης, όπως το παραπάνω, υπολογίστηκε το θεωρητικό άμεσο γκρι αποτύπωμα νερού (WF_{grey_theor}), το αποτύπωμα δηλαδή της εφαρμογής της θεωρητικού/κατάλληλου προγράμματος λίπανσης. Η σχέση που εφαρμόστηκε και σε αυτήν την περίπτωση ήταν η εξίσωση [8]. Τα αποτελέσματα υπολογισμού δίνονται στον παρακάτω Πίνακα 18.

Πίνακας 18. Υπολογισμός Θεωρητικού Γκρι Αποτυπώματος Νερού για κάθε παραγωγό για το πρόγραμμα τριών εφαρμογών αζώτου.

No	Μέση τιμή N (%)	Ποσότητα N, kg/ΔΕΚΑΡΙΟ	L	C x10 ⁻³	WF_{grey_real} , m ³ /m ²	WF_{grey_theor} , m ³ (ΧΕΙΜ)	WF_{grey_theor} , m ³ (ΑΝΟΙΞ)
Π1	20	20	0,24	2,26	0,11	26549	26549
	14	50	0,42	2,26	0,18	46460	46460
	14	50	0,42	2,26	0,18	46460	46460
0,47						119469	119469
Π2	20	20	0,24	2,26	0,11	11681	31858
	14	50	0,42	2,26	0,18	20442	55752
	14	50	0,42	2,26	0,18	20442	55752
0,47						52566	143363
Π3	20	20	0,24	2,26	0,11	3186	5310
	14	50	0,42	2,26	0,18	5575	9292

¹ <https://www.yara.gr/threpsi-lipansi/patata/>

	14	50	0,42	2,26	0,18	5575	9292
0,47						14336	23894
Π4	20	20	0,24	2,26	0,11	11681	20177
	14	50	0,42	2,26	0,18	20442	35310
	14	50	0,42	2,26	0,18	20442	35310
0,47						52566	90796
Π5	20	20	0,24	2,26	0,11	4248	4248
	14	50	0,42	2,26	0,18	7434	7434
	14	50	0,42	2,26	0,18	7434	7434
0,47						19115	19115
Π6	20	20	0,24	2,26	0,11	3717	4248
	14	50	0,42	2,26	0,18	6504	7434
	14	50	0,42	2,26	0,18	6504	7434
0,47						16726	19115
Π7	20	20	0,24	2,26	0,11	11681	26549
	14	50	0,42	2,26	0,18	20442	46460
	14	50	0,42	2,26	0,18	20442	46460
0,47						52566	119469
Π8	20	20	0,24	2,26	0,11	4248	5735
	14	50	0,42	2,26	0,18	7434	10035
	14	50	0,42	2,26	0,18	7434	10035
0,47						19115	25805
Π9	20	20	0,24	2,26	0,11	3186	7434
	14	50	0,42	2,26	0,18	5575	13009
	14	50	0,42	2,26	0,18	5575	13009
0,47						14336	33451
Π10	20	20	0,24	2,26	0,11	15929	15929
	14	50	0,42	2,26	0,18	27876	27876
	14	50	0,42	2,26	0,18	27876	27876
0,47						71681	71681
Π11	20	20	0,24	2,26	0,11	1062	1062
	14	50	0,42	2,26	0,18	1858	1858
	14	50	0,42	2,26	0,18	1858	1858
0,47						4779	4779
Π12	20	20	0,24	2,26	0,11	16991	28673
	14	50	0,42	2,26	0,18	29735	50177
	14	50	0,42	2,26	0,18	29735	50177
0,47						76460	129027
Π13	20	20	0,24	2,26	0,11	4248	7965
	14	50	0,42	2,26	0,18	7434	13938
	14	50	0,42	2,26	0,18	7434	13938
0,47						19115	35841
Π14	20	20	0,24	2,26	0,11	31858	31858
	14	50	0,42	2,26	0,18	55752	55752
	14	50	0,42	2,26	0,18	55752	55752
0,47						143363	143363

4.3 Υπολογισμός Συνολικού Αποτυπώματος Νερού

Στους Πίνακες 19 και 20 που ακολουθούν δίδονται οι υπολογισμένες τιμές WF_{green} , WF_{blue} και WF_{grey} (πραγματικές και θεωρητικές) ανά κιλό προϊόντος για τη Χειμερινή και την Ανοιξιάτικη καλλιέργεια, ενώ στη συνέχεια στους Πίνακες 21 και 22 το συνολικό αποτύπωμα νερού ανά κιλό προϊόντος των υπό μελέτη καλλιεργειών για την καλλιεργητική περίοδο 2020-2021.

Πίνακας 19. Υπολογισμός Αποτυπώματος Νερού ανά Kg πατάτας Χειμερινής Φυτείας.

ΠΑΡΑΓΩΓΟΣ	Απόδοση kg/year	WF_{green} , m ³ /kg	$WF_{blue-theor}$, m ³ /kg	$WF_{blue-real}$, m ³ /kg	$WF_{grey-real}$, m ³ /kg	$WF_{grey-theor}$, m ³ /kg
Π1	875000	0,02	0,11	0,09	0,08	0,14
Π2	330000	0,02	0,13	0,13	0,11	0,16
Π3	75000	0,02	0,16	0,16	0,13	0,19
Π4	330000	0,02	0,13	0,20	0,11	0,16
Π5	120000	0,02	0,13	0,17	0,14	0,16
Π6	70000	0,03	0,19	0,20	0,19	0,24
Π7	275000	0,02	0,16	0,24	0,13	0,19
Π8	80000	0,03	0,19	0,23	0,19	0,24
Π9	90000	0,02	0,13	0,20	0,11	0,16
Π10	375000	0,02	0,16	0,26	0,16	0,19
Π11	25000	0,02	0,16	0,28	0,12	0,19
Π12	400000	0,03	0,15	0,26	0,14	0,19
Π13	120000	0,02	0,12	0,20	0,15	0,16
Π14	750000	0,03	0,15	0,16	0,15	0,19

Πίνακας 20. Υπολογισμός Αποτυπώματος Νερού ανά Kg πατάτας Ανοιξιάτικης Φυτείας.

ΠΑΡΑΓΩΓΟΣ	Απόδοση kg/year	WF _{green} , m ³ /kg	WF _{blue-theor} , m ³ /kg	WF _{blue-real} , m ³ /kg	WF _{grey-real} , m ³ /kg	WF _{grey-theor} , m ³ /kg
Π1	1250000	0,01	0,05	0,08	0,06	0,10
Π2	1410000	0,01	0,05	0,09	0,07	0,10
Π3	200000	0,01	0,06	0,10	0,08	0,12
Π4	1045000	0,01	0,05	0,11	0,06	0,09
Π5	160000	0,01	0,06	0,10	0,11	0,12
Π6	160000	0,01	0,06	0,08	0,10	0,12
Π7	1250000	0,01	0,05	0,12	0,07	0,10
Π8	216000	0,01	0,06	0,15	0,09	0,12
Π9	420000	0,01	0,04	0,04	0,06	0,08
Π10	675000	0,01	0,06	0,16	0,09	0,11
Π11	40000	0,01	0,06	0,14	0,07	0,12
Π12	945000	0,01	0,07	0,24	0,10	0,14
Π13	300000	0,01	0,06	0,20	0,12	0,12
Π14	1050000	0,01	0,07	0,09	0,11	0,14

Πίνακας 21. Υπολογισμός Συνολικού Αποτυπώματος Νερού ανά Kg πατάτας Χειμερινής Φυτείας.

ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΦΥΤΕΙΑ				
ΠΑΡΑΓΩΓΟΣ	WF _{total-real} , m ³	WF _{total-theor} , m ³	WF _{total-real} , m ³ /kg	WF _{total-theor} , m ³ /kg
Π1	163323	229894	0,19	0,26
Π2	87652	101153	0,27	0,31
Π3	23163	27587	0,31	0,37
Π4	106931	101153	0,32	0,31
Π5	39132	36783	0,33	0,31
Π6	29254	32185	0,42	0,46
Π7	107881	101153	0,39	0,37
Π8	35008	36783	0,44	0,46
Π9	29569	27582	0,33	0,31
Π10	165299	137912	0,44	0,37
Π11	10513	9196	0,42	0,37
Π12	169485	147132	0,42	0,37
Π13	45259	36783	0,38	0,31
Π14	251568	275873	0,34	0,37
TOTAL MEAN			0,36	0,35
SDEV			0,07	0,06
Εύρος τιμών			0,29-0,43	0,29-0,41

Πίνακας 22. Υπολογισμός Συνολικού Αποτυπώματος Νερού ανά Kg πατάτας Ανοιξιάτικης Φυτείας.

ΑΝΟΙΞΙΑΤΙΚΗ ΦΥΤΕΙΑ

ΠΑΡΑΓΩΓΟΣ	$WF_{total,real},$ m^3	$WF_{total,theor},$ m^3	$WF_{total,real},$ m^3/kg	$WF_{total,theor},$ m^3/kg
Π1	190183	197664	0,15	0,16
Π2	241282	237197	0,17	0,17
Π3	38625	39141	0,19	0,20
Π4	184776	148735	0,18	0,14
Π5	35148	31313	0,22	0,20
Π6	29449	31313	0,18	0,20
Π7	245283	195704	0,20	0,16
Π8	55382	42272	0,26	0,20
Π9	44691	54808	0,11	0,13
Π10	172151	117446	0,26	0,17
Π11	8968	7830	0,22	0,20
Π12	334260	211252	0,35	0,22
Π13	98265	58681	0,33	0,20
Π14	215184	234725	0,20	0,22
TOTAL MEAN			0,22	0,18
SDEV			0,06	0,03
Εύρος τιμών			0,16-0,28	0,15-0,21

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

5

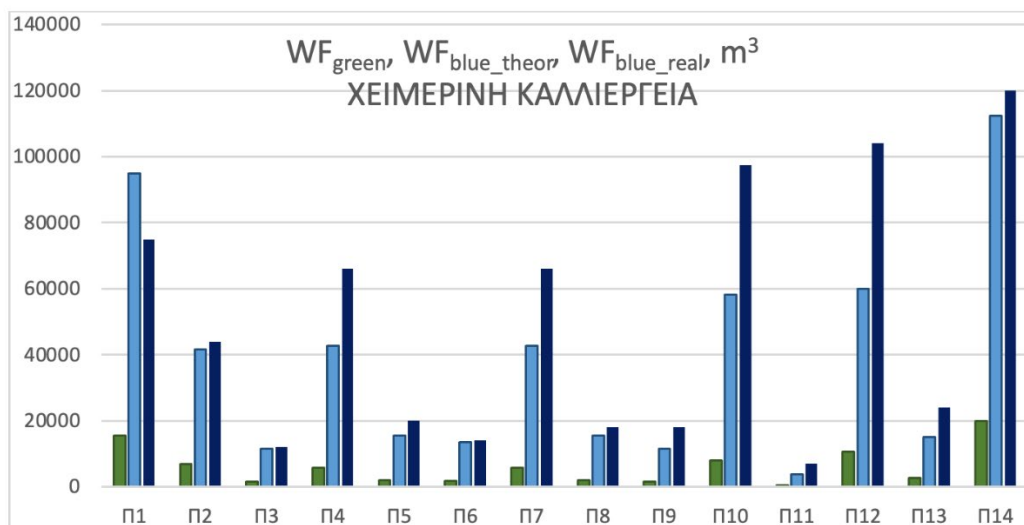
Συζήτηση-Συμπεράσματα- Προτάσεις

5.1 Συζήτηση αποτελεσμάτων - Συμπεράσματα

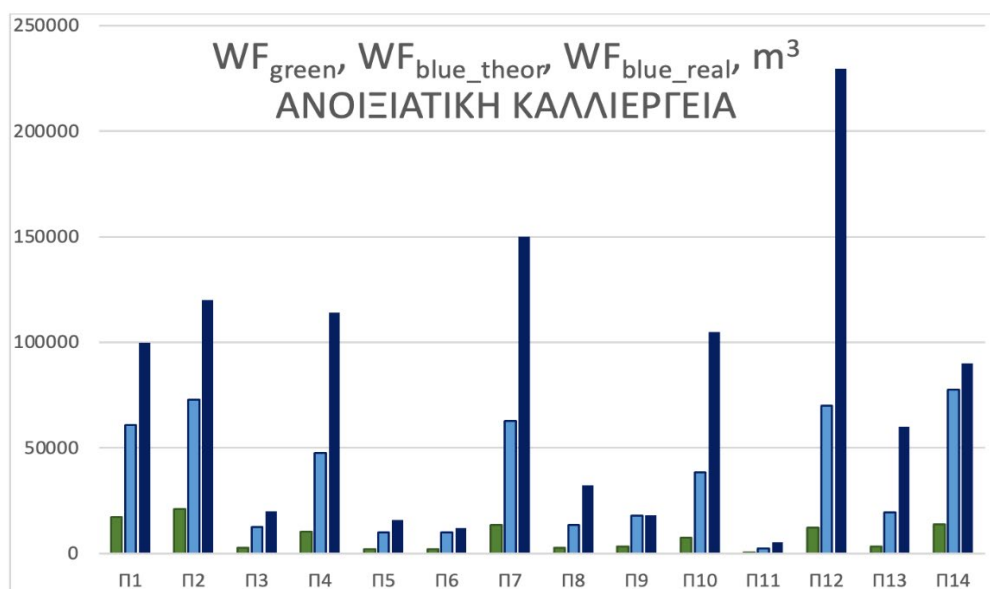
5.1.1 Πράσινο και Μπλε αποτύπωμα νερού

Στα διαγράμματα 1 και 2 απεικονίζεται το πράσινο αποτύπωμα νερού καθώς και το θεωρητικό και πραγματικό μπλε αποτύπωμα (m^3) για όλους τους πιλοτικούς αγρούς, για τη χειμερινή και ανοιξιάτικη καλλιέργεια.

Οι διακυμάνσεις στις τιμές του πράσινου και του θεωρητικού μπλε νερού οφείλονται στις κλιματικές διαφορές και κυρίως στη βροχόπτωση ανάμεσα στις περιοχές που μελετήθηκαν. Γίνεται εύκολα όμως κατανοητό ότι όσο μεγαλύτερο είναι το πράσινο νερό, δηλαδή η εξατμισοδιαπνοή των φυτών (και συνεπώς η απώλεια νερού από αυτά), τόσο μεγαλύτερο είναι το μπλε (θεωρητικό) νερό, το οποίο θα πρέπει να προστεθεί ώστε να καλύψει την απώλεια του νερού λόγω εξατμισοδιαπνοής αλλά και τις ανάγκες των φυτών κατά τα διάφορα στάδια ανάπτυξης τους, σύμφωνα και με τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες. Ένα επιτυχημένο σχέδιο άρδευσης θα ήταν αυτό για το οποίο η διαφορά μεταξύ $WF_{blue-theor} - WF_{blue_real}$ θα ήταν μηδενική. Σε αυτήν την περίπτωση μόνον, η εξωτερική προσθήκη νερού καλύπτει πλήρως το φυτό, δηλαδή και την εξατμισοδιαπνοή αλλά και τις υδατικές του ανάγκες κατά την ανάπτυξή του. Εάν η διαφορά μεταξύ των δύο τιμών θετική σημαίνει ότι τα φυτά υποαρδεύονται, ενώ στην αντίθετη περίπτωση που η διαφορά είναι αρνητική θα υπήρχε σπάταλη νερού.

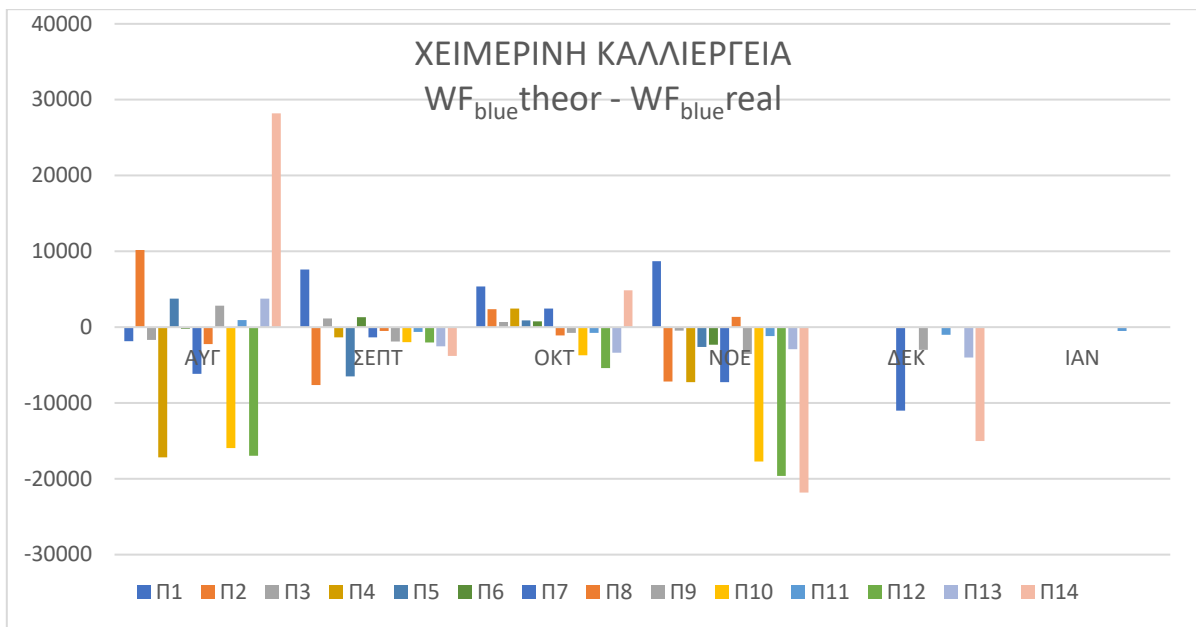


Διάγραμμα 1. Πράσινο, θεωρητικό και πραγματικό μπλε αποτύπωμα (m^3) για όλους τους πιλοτικούς αγρούς, για τη χειμερινή καλλιέργεια.

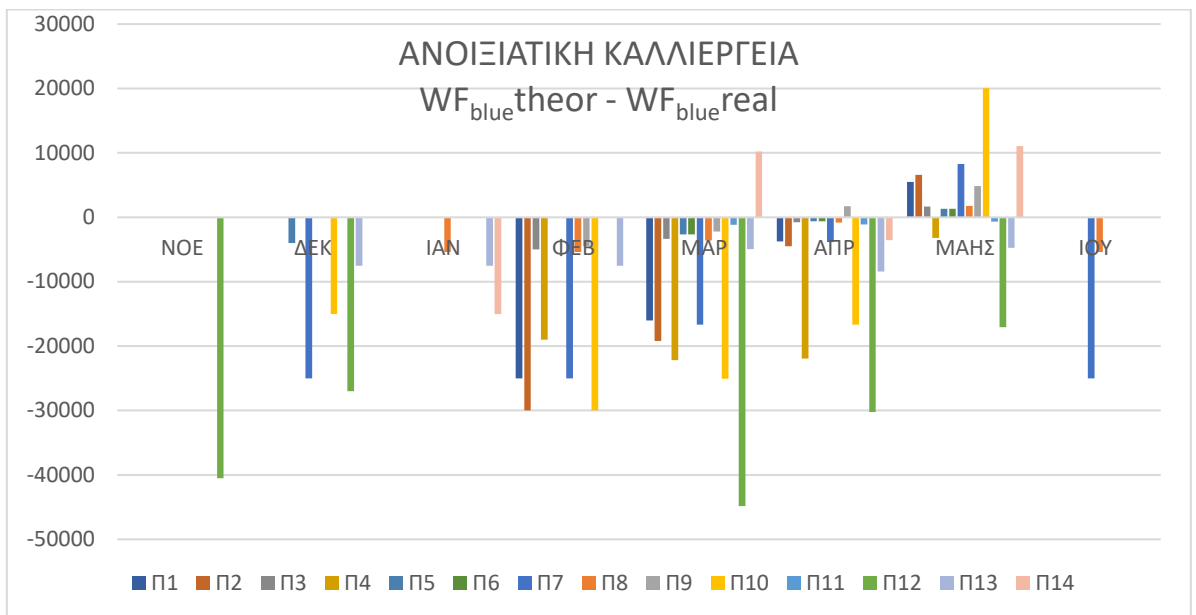


Διάγραμμα 2. Πράσινο, θεωρητικό και πραγματικό μπλε αποτύπωμα (m^3) για όλους τους πιλοτικούς αγρούς, για την ανοιξιάτικη καλλιέργεια.

Στα διαγράμματα 3 και 4 δίνεται γραφικά η διαφορά $WF_{blue_theor} - WF_{blue_real}$ για τη χειμερινή και την ανοιξιάτικη καλλιέργεια.



Διάγραμμα 3. $WF_{blue_theor} - WF_{blue_real}$ Χειμερινής καλλιέργειας.



Διάγραμμα 4. $WF_{blue_theor} - WF_{blue_real}$ Ανοιξιάτικης καλλιέργειας.

Για την ανοιξιάτικη καλλιέργεια πατάτας και όσον αφορά τη σπατάλη νερού, δηλαδή άρδευση σε ποσότητες μεγαλύτερες από όσες πραγματικά χρειάζονται, όλους τους μήνες πλην τους μήνες της συγκομιδής (δηλαδή Μαΐο και Ιούνιο) οι ποσότητες νερού που εφαρμόζονται είναι

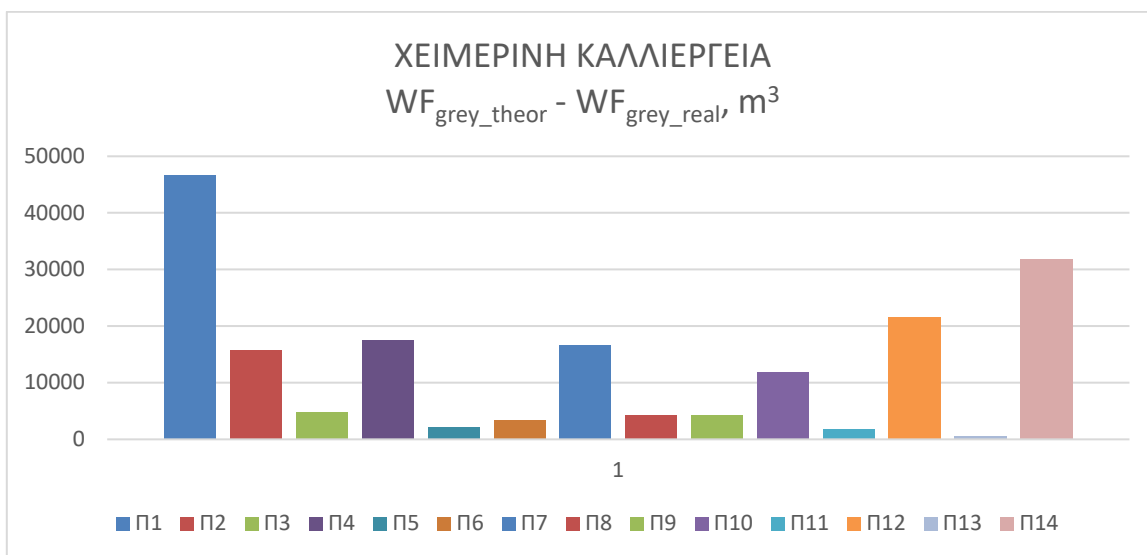
μεγαλύτερες των απαιτούμενων (Διάγραμμα 4). Αυτό μπορεί να εξηγηθεί καταρχάς από τη μεγαλύτερη διάρκεια της καλλιέργειας (4-5 μήνες) σε σχέση με τη χειμερινή και μάλιστα κατά τους μήνες που ο καιρός αρχίζει να ζεσταίνει. Στη χειμερινή καλλιέργεια, αντίστοιχα που φυτεύεται Αύγουστο, εκείνος ο μήνας, ως μήνας του καλοκαιριού εμφανίζεται με σπατάλη νερού. Σημαντικότερος όμως και απλούστερος λόγος για την σπατάλη νερού ή και την ελλειμματική άρδευση, είναι ότι οι παραγωγοί εμπειρικά γνωρίζουν και εφαρμόζουν 3-4 αρδεύσεις τον χειμώνα και 4-5 την άνοιξη με ποσότητα τόση, όση θεωρούν απαραίτητη για το χωράφι τους. Γενικά οι ποσότητες νερού που εφαρμόζονται σε κάθε αρδευτικό επεισόδιο είναι μεγαλύτερες την άνοιξη (Πίνακας 16).

5.1.2 Γκρι αποτύπωμα νερού

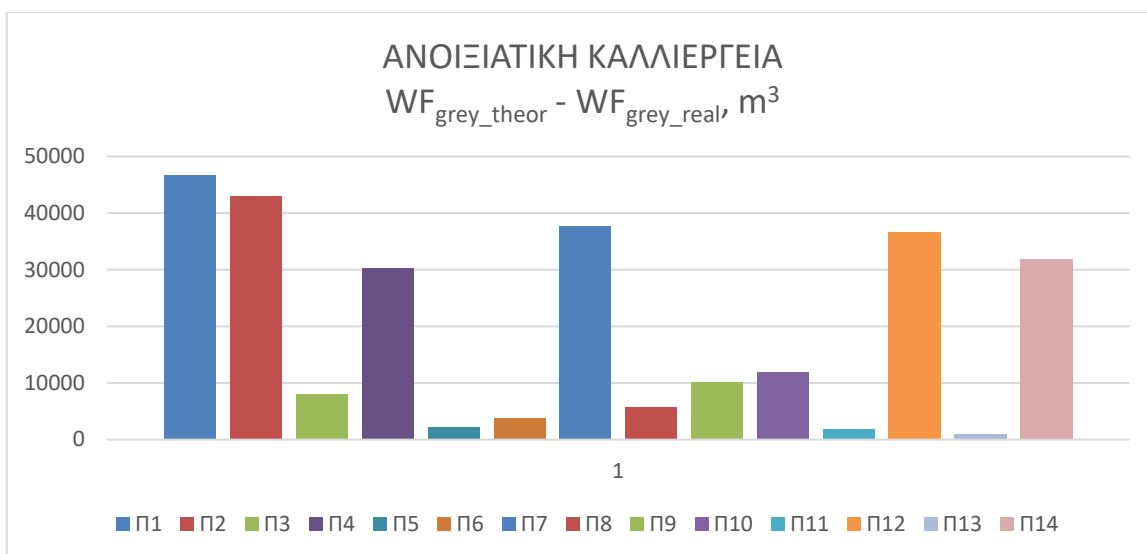
Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των Πινάκων 17 και 18 διαπιστώνεται ότι το γκρι αποτύπωμα νερού των καλλιεργειών πατάτας που μελετήθηκαν είναι σημαντικά μικρότερο από το αποτύπωμα στην περίπτωση που εφαρμοζόταν το ενδεδειγμένο πρόγραμμα λίπανσης της πατάτας. Σε κάθε περίπτωση όμως, παρά το προφανές συμπέρασμα του περιβαλλοντικού οφέλους, για την εξαγωγή του τελικού συμπεράσματος ως προς το ποια πρακτική είναι η βέλτιστη, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ποια θα ήταν η απόδοση των χωραφιών εάν εφαρμοζόταν η ενδεδειγμένη λίπανση. Μεγαλύτερη απόδοση ανά m^2 θα μείωνε σημαντικά το αποτύπωμα ανά κιλό προϊόντος.

Βελτιώνοντας ακόμα περισσότερο την κατάσταση, η ενδεδειγμένη πρακτική είναι να εφαρμοσθεί λίπανση σύμφωνα με τις ανάγκες της καλλιέργειας, εφόσον όμως έχει προηγηθεί ανάλυση εδάφους και προσδιορισμός των διαθέσιμων θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος. Στην περίπτωση αυτή θα χορηγούνταν συμπληρωματικά τα θρεπτικά στοιχεία που απαιτούνταν, με αποτέλεσμα αυξημένη παραγωγή και μειωμένη χρήση λιπασμάτων, δύο παράγοντες που θα μείωναν συγχρόνως το γκρι αποτύπωμα νερού της καλλιέργειας.

Στα διαγράμματα 5 και 6 παριστάνεται γραφικά για κάθε χωράφι το όφελος σε Γκρι νερό λόγω της ελλειμματικής λίπανσης σε άζωτο, το οποίο όσο μεγαλύτερο είναι τόσο πιο έντονα ελλειμματική λίπανση εφαρμόζεται.



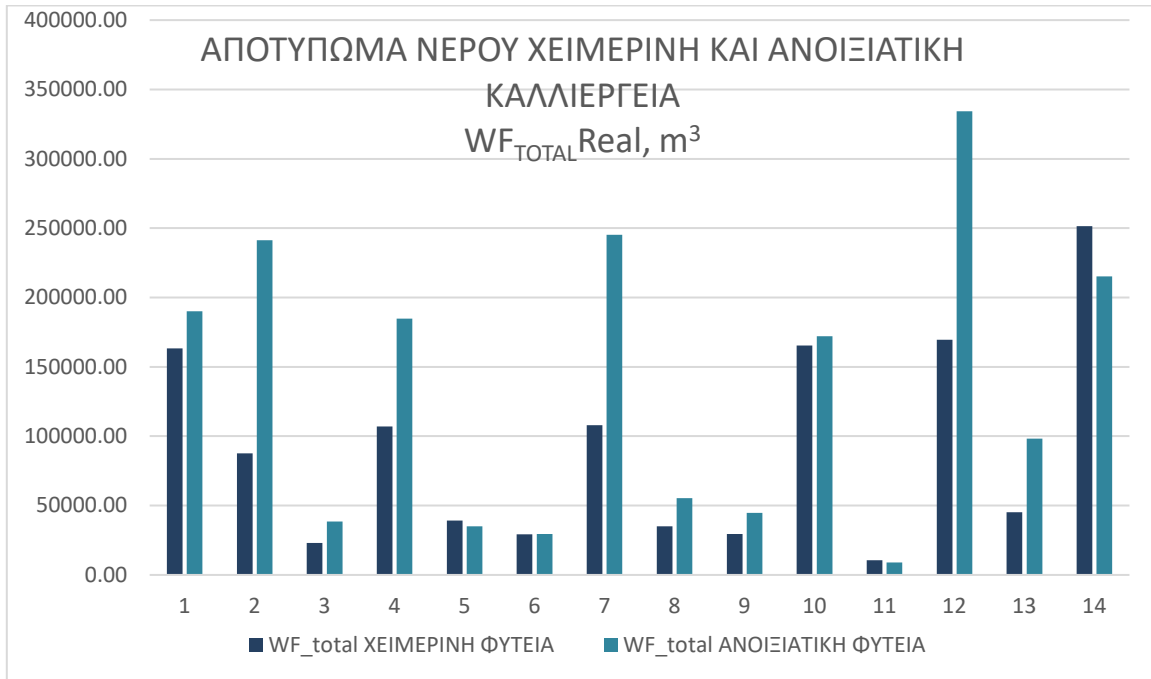
Διάγραμμα 5. $WF_{grey-theor} - WF_{grey-real}$ Χειμερινής καλλιέργειας.



Διάγραμμα 6. $WF_{grey-theor} - WF_{grey-real}$ Ανοιξιάτικης καλλιέργειας.

5.1.3 Συνολικό αποτύπωμα νερού

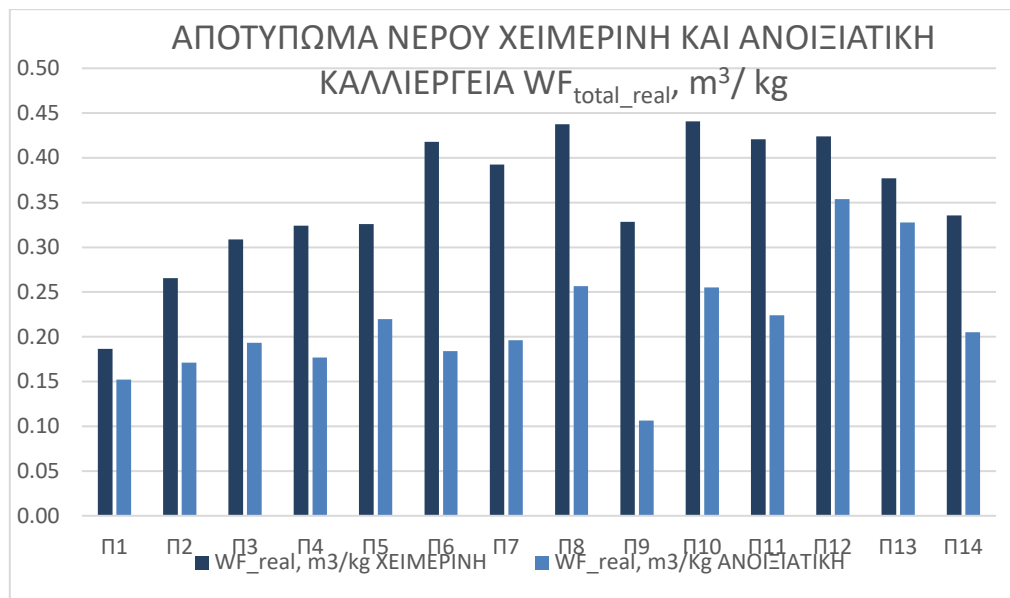
Στο *Διάγραμμα 7* παριστάνονται οι τιμές του συνολικού πραγματικού αποτυπώματος νερού (WF_{total_real}) για τη χειμερινή και την ανοιξιάτικη καλλιέργεια για κάθε παραγωγό.



Διάγραμμα 7. Συνολικό Πραγματικό Αποτύπωμα Νερού (WF_{total_real}) για τη χειμερινή και την ανοιξιάτικη καλλιέργεια πατάτας .

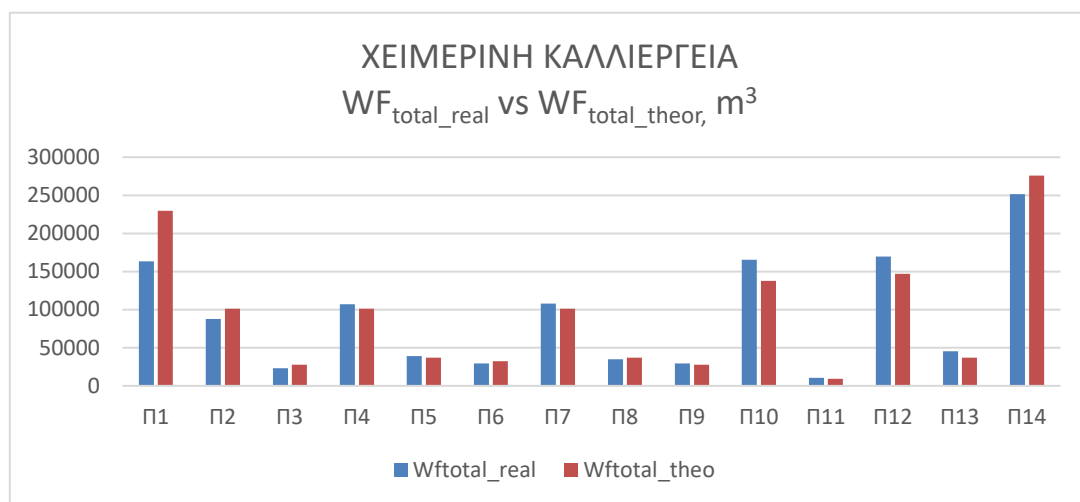
Από το διάγραμμα 7 επιβεβαιώνονται τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω σχετικά με την υπερκατανάλωση νερού και κυρίως κατά την ανοιξιάτικη καλλιέργεια. Η ανοιξιάτικη καλλιέργεια καταναλώνει σημαντικά περισσότερο μπλε νερό σε σχέση με τη χειμερινή καλλιέργεια, για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Τα δεδομένα όμως είναι διαφορετικά αν συγκριθούν οι ολικές μπλε ποσότητες νερού ανά κιλό παραγωγής για τις δύο καλλιεργητικές εποχές (Διάγραμμα 8). Στην περίπτωση αυτή, λόγω της μεγαλύτερης απόδοσης των ανοιξιάτικων καλλιεργειών, το μπλε αποτύπωμα της ανοιξιάτικης καλλιέργειας είναι σημαντικά μικρότερο από αυτό της χειμερινής.



Διάγραμμα 8. Συνολικό Πραγματικό Αποτύπωμα Νερού (WF_{total_real}) ανά κιλά πατάτας για τη χειμερινή και την ανοιξιάτικη καλλιέργεια πατάτας .

Η σχέση του πραγματικού συνολικού αποτυπώματος νερού με το θεωρητικό αποτύπωμα αποτυπώνεται στα Διαγράμματα 9 και 10. Παρά τις διαφορές μεταξύ των χωραφιών (Διαγράμματα 1, 2 και 7), οι οποίες οφείλονται στη διαφορετική αρδευόμενη έκταση και τις κλιματικές συνθήκες, δε φαίνεται να υπάρχει ιδιαίτερα μεγάλη απόκλιση μεταξύ του πραγματικού και θεωρητικού συνολικού αποτυπώματος νερού. Οι διαφορές είναι μικρότερες για τη χειμερινή καλλιέργεια (Διάγραμμα 9) σε σχέση με την ανοιξιάτικη (Διάγραμμα 10).



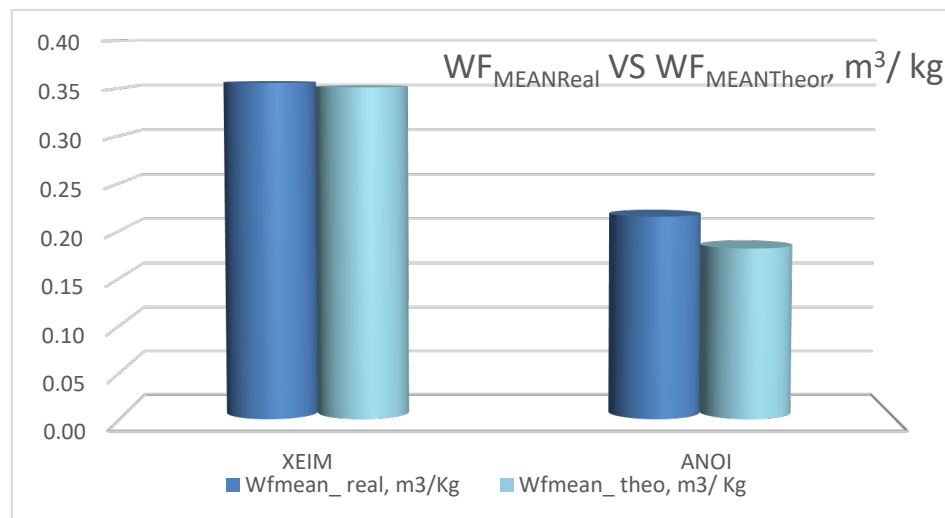
Διάγραμμα 9. WF_{total_real} vs WF_{total_theor} Χειμερινής καλλιέργειας.



Διάγραμμα 10. WF_{total_real} vs WF_{total_theor} Ανοιξιάτικης καλλιέργειας.

Οι παραπάνω διαφορές, όταν αναφερόμαστε δηλαδή στις συνολικές ποσότητες νερού σε μονάδες όγκου, εξομαλύνονται όταν υπολογισθεί το συνολικό αποτύπωμα νερού ανά κιλό προϊόντος.

Από τον πίνακα 21 προκύπτει ότι το WF_{total_real} , για τη χειμερινή καλλιέργεια κυμαίνεται μεταξύ 0,29-0,43 (με μέση τιμή 0,36 m³/kg), ενώ το αντίστοιχο WF_{total_theor} μεταξύ 0,29-0,41 (με μέση τιμή 0,35 m³/kg), διαφορά ελάχιστα σημαντική. Αντίστοιχα για την ανοιξιάτικη καλλιέργεια τα αντίστοιχα εύρη τιμών είναι 0,16-0,28 (με μέση τιμή 0,22 m³/kg) και 0,15-0,21 (με μέση τιμή 0,18 m³/kg).



Διάγραμμα 11. Σχέση Πραγματικού Μέσου Αποτυπώματος Νερού με Θεωρητικό $WF_{MEANReal}$, m³/ kg VS $WF_{MEANTheor}$, m³/ kg ανά κιλό πατάτας.

Αναφορικά με την κατανάλωση νερού ανά μονάδα αρδευόμενης γης, στους παρακάτω Πίνακες 23 και 24 υπολογίσθηκε το ποσοστό υπεράρδευσης ή ελλειμματικής άρδευσης ανά μονάδα επιφάνειας και για τις δύο εποχικές καλλιέργειες.

Πίνακας 23. Υπολογισμός Συνολικού Αποτυπώματος Νερού ανά μονάδα αρδευόμενης γης για τη χειμερινή καλλιέργεια.

ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ			
ΠΑΡΑΓΩΓΟΣ	WF_{total_real}, m³/m²	WF_{total_theor}, m³/m²	% υπεράρδευσης ή ελλειμματικής άρδευσης
Π1	0,65	0,92	-28,96
Π2	0,80	0,92	-13,35
Π3	0,77	0,92	-16,04
Π4	0,97	0,92	5,71
Π5	0,98	0,92	6,39
Π6	0,84	0,92	-9,11
Π7	0,98	0,92	6,65
Π8	0,88	0,92	-4,83
Π9	0,99	0,92	7,20
Π10	1,10	0,92	19,86
Π11	1,05	0,92	14,32
Π12	1,06	0,92	15,19
Π13	1,13	0,92	23,04
Π14	0,84	0,92	-8,81
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ: Ποσοστό επιπλέον νερού λόγω άρδευσης ανά μονάδα επιφάνειας			1,23

Πίνακας 24. Υπολογισμός Συνολικού Αποτυπώματος Νερού ανά μονάδα αρδευόμενης γης για τη ανοιξιιάτικη καλλιέργεια

ΑΝΟΙΞΙΑΤΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ			
ΠΑΡΑΓΩΓΟΣ	WF_{total_real}, m³/m²	WF_{total_theor}, m³/m²	% υπεράρδευσης ή ελλειμματικής άρδευσης
Π1	0,76	0,79	-3,78
Π2	0,80	0,79	1,72
Π3	0,77	0,78	-1,32
Π4	0,97	0,78	24,23
Π5	0,88	0,78	12,25
Π6	0,74	0,78	-5,95
Π7	0,98	0,78	25,33
Π8	1,03	0,78	31,01
Π9	0,64	0,78	-18,46
Π10	1,15	0,78	46,58
Π11	0,90	0,78	14,54
Π12	1,24	0,78	58,23
Π13	1,31	0,78	67,46
Π14	0,72	0,78	-8,32
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ: Ποσοστό επιπλέον νερού λόγω άρδευσης ανά μονάδα επιφάνειας			17,4

Όπως προκύπτει από τους παραπάνω υπολογισμούς

1. Το πραγματικό αποτύπωμα νερού ανά μονάδα καλλιεργούμενης και αρδευόμενης έκτασης με χειμερινή πατάτα είναι κατά 1,23% μεγαλύτερο από το θεωρητικό για την καλλιέργεια αυτή στις συνθήκες της Κύπρου.
2. Το πραγματικό αποτύπωμα νερού ανά μονάδα καλλιεργούμενης και αρδευόμενης έκτασης με ανοιξιιάτικη πατάτα είναι κατά 17,4% μεγαλύτερο από το θεωρητικό για την καλλιέργεια αυτή στις συνθήκες της Κύπρου.

5.2 Προτάσεις

Με στόχο την μείωση του αποτυπώματος νερού στην καλλιέργεια πατάτας οι αγρότες θα πρέπει να εφαρμόζουν μεθόδους ορθής γεωργικής πρακτικής.

Για την ελαχιστοποίηση των απωλειών βαθιάς διήθησης και επιφανειακής απορροής, ώστε να επιτευχθεί μείωση του νερού άρδευσης οι παραγωγοί θα πρέπει να:

- Επιλέγουν προσεκτικά την περιοχή καλλιέργειας με βάση την κλίση των αγρών τους: να μην επιλέγουν δηλαδή κεκλιμένα χωράφια για να μειώνεται η απορροή νερού.
- Να γνωρίζουν την κοκκομετρική σύσταση των εδαφών τους, καθώς αυτή επηρεάζει γενικώς την άμεση απορρόφησης επιφανειακών νερών, είτε επιφανειακής απορροής είτε βαθιάς διήθησης.
- Πρέπει να γνωρίζουν επίσης τις ιδιότητες των εδαφών τους όπως την κοκκομετρική σύσταση, τις κλιματικές συνθήκες, το όργωμα που έχουν υποστεί, τη παρουσία νατρίου ή άλλων αλάτων, αν είναι πορώδη ή πιο συμπαγή (αργιλικά) ή αν εμφανίζουν ρωγμές, στοιχεία που επηρεάζουν τη κίνηση του νερού. Τα αργιλικά εδάφη διαστέλλονται όταν διαβρέχονται, με αποτέλεσμα να κλείνουν οι πόροι τους και να καθίστανται σχεδόν αδιαπέραστα στο νερό, ενώ κατά κανόνα είναι τα ίδια εδάφη που, όταν ξηραίνονται, σχηματίζουν ρωγμές, οι οποίες επιτρέπουν ταχύτατη διείσδυση του νερού (τέτοια εδάφη έχουν υψηλές τιμές αρχικής διηθητικότητας, η οποία κατά την άρδευση μειώνεται απότομα σε πολύ χαμηλές τιμές βασικής διηθητικότητας).
- Πρέπει να ελέγχουν την υγρασία του εδάφους (ειδικότερα πριν την έναρξη της αρδευτικής περιόδου) ή την υψηλή υπόγεια στάθμη νερού για μεγάλο χρονικό διάστημα του έτους (εδάφη υγρών κλιμάτων και περιοχών, με πρόβλημα ανεπαρκούς στράγγισης – αυτό φυσικά δεν εμφανίζεται συνήθως στην Κύπρο) καθώς η διήθηση, μετά την έναρξη της άρδευσης, φτάνει νωρίτερα στην τελική της τιμή, με αποτέλεσμα το λίμνασμα, οπότε προτείνονται μικρότερες δόσεις άρδευσης.

Συγκεκριμένα για την άρδευση της πατάτας οι παραγωγοί πρέπει να λάβουν υπόψη το γεγονός ότι οι ανάγκες σε νερό των φυτών πατάτας είναι γενικά μικρότερες κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης του φυτού και σταδιακά αυξάνονται κατά την ωρίμανση και τα μεταγενέστερα στάδια ανάπτυξης. Σημαντικό είναι το έδαφος να παραμένει υγρό ανά πάσα στιγμή της καλλιέργειας. Για καλύτερες αποδόσεις, το συνολικό νερό στο έδαφος δεν πρέπει να πέσει κάτω από 30 έως 50%. Σημαντικό είναι όμως να προσθέσουμε ότι τα φυτά που υποβάλλονται σε υδατικό στρες είναι πιο ευαίσθητα στις ασθένειες, καθώς η υπερβολική άρδευση οδηγεί σε διάβρωση, ευαισθησία σε ασθένειες, απώλεια νερού, επιπλέον κόστος ενέργειας για άντληση, έκπλυση αζώτου και γενικά μειωμένες αποδόσεις.

Η άρδευση της πατάτας για να γίνει πιο αποδοτική θα πρέπει να γίνει πιο επιστημονικός προγραμματισμός αρδεύσεων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τον υπολογισμό αρδευτικών αναγκών με μεγαλύτερη ακρίβεια, την χρήση δεδομένων από αγρομετεωρολογικούς σταθμούς της περιοχής, την εφαρμογή φυτικών συντελεστών προσαρμοσμένων στις τοπικές συνθήκες και την αξιολόγηση της υδατοχωρητικότητας του χωραφιού. Αισθητήρες εδαφικής υγρασίας για την υγρασιακή κατάσταση του χωραφιού θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την ένδειξη προτεινόμενης άρδευσης. Επίσης ο εντοπισμός σε νερό των ευαίσθητων σταδίων ανάπτυξης του φυτού καθώς και την αποφυγή άρδευσης σε υψηλές συνθήκες εξάτμισης θα μπορούσε να κάνει πιο αποτελεσματική ελλειματική άρδευση, ειδικότερα σε περιόδους λειψηδρίας.

Η μελέτη αυτή κατέδειξε ότι οι καλλιεργητικές μέθοδοι, γεωργικές πρακτικές που χρησιμοποιούν οι παραγωγοί χρήζουν βελτίωσης. Οι ποσότητες νερού άρδευσης που χρησιμοποιούν οι αγρότες θα πρέπει να είναι πιο στοχευμένες, ανάλογα με την εποχή, και την βροχοπτώση. Επίσης βελτιώσεις θα πρέπει να γίνουν και στον τύπο άρδευσης, μια καλύτερη προσέγγιση θα ήταν άρδευση με σταγόνες. Επιπλέον, η λίπανση που χρησιμοποιούν δεν είναι ικανοποιητική. Μια πιο στοχευμένη ανάλογα με τις ανάγκες του φυτού λίπανση θα μπορούσε να αποφέρει μεγαλύτερες ποσότητες παραγωγής έστω και αν αυξάνει την ποσότητα του γκρι αποτυπώματος νερού, θα μπορούσε τελικά να μειώσει το συνολικό αποτύπωμα ανά Kg πατάτας.

Τέλος, σε μια χώρα όπως την Κύπρο, όπου τα επίπεδα λειψυδρίας είναι πολύ ψηλά, είναι σημαντικό να γίνει προσδιορισμός του αποτυπώματος νερού και για άλλες αρδεύσιμες καλλιέργειες. Θα μπορούσε να δημιουργηθεί μια βάση δεδομένων με τα αποτυπώματα νερού ανά καλλιέργεια. Τα αποτυπώματα αυτά νερού θα μπορούσαν να συγκριθούν με τα αντίστοιχα αποτυπώματα άλλων χωρών, να εντοπιστούν οι διαφορές τους ώστε να αναλυθεί η βιωσιμότητα της κάθε καλλιέργειας, ή να εντοπιστούν πιθανότητες βελτίωσης των μεθόδων παραγωγής.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α - ΣΧΗΜΑ 1 ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ



Σχήμα 1. Χάρτης της Κύπρου με όλες τις Επαρχίες. Στον χάρτη επισημαίνεται με κόκκινο χρώμα οι περιοχές όπου διεξήχθη η έρευνα.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β - ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΠΑΡΑΓΩΓΟΥ

ΔΗΜΟΣ/ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ:

ΕΚΤΑΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΠΑΤΑΤΑΣ (ΔΕΚΑΡΙΑ)

ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΦΥΤΕΙΑ	ΑΝΟΙΞΙΑΤΙΚΗ ΦΥΤΕΙΑ

Α. ΠΑΡΑΓΩΓΗ

ΤΟΝΟΥΣ/ ΔΕΚΑΡΙΟ

ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΦΥΤΕΙΑ	ΑΝΟΙΞΙΑΤΙΚΗ ΦΥΤΕΙΑ

Β ΑΡΔΕΥΣΗ

Είδος Νερού(αρδευτικό δίκτυο/ διάτρηση										
Ποσότητα Νερού άρδευσης (τόνοι/ δεκάριο/ φυτεία/ μήνα άρδευσης	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΙΟ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΗ	ΙΟΥ
Σύστημα Άρδευσης (Σταγόνες/ Μίνι Σπρίγκλερς/ κτλ)										

Γ ΛΙΠΑΝΣΗ

Τύπος Λιπάσματος	Ποσότητα (Kg/ Δεκάριο)	Χρήση (Βασική/ Επιφανειακή)	Εφαρμογές ανά φυτεία

Βιβλιογραφία

- Adeyemi, O., Grove, I., Peets, S. and Norton, T., 2017. Advanced monitoring and management systems for improving sustainability in precision irrigation. *Sustainability*, 9(3), p.353.
- Aldaya, M.M., Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y. and Mekonnen, M.M., 2012. *The water footprint assessment manual: Setting the global standard*. Routledge.
- Aldaya, M.M., Muñoz, G. and Hoekstra, A.Y., 2010. *Water footprint of cotton, wheat and rice production in Central Asia*. Delft, The Netherlands: UNESCO-IHE.
- Alexander, R.B., Smith, R.A. and Schwarz, G.E., 2000. Effect of stream channel size on the delivery of nitrogen to the Gulf of Mexico. *Nature*, 403(6771), pp.758-761.
- Allan, J.A., 2003. Virtual water-the water, food, and trade nexus. Useful concept or misleading metaphor?. *Water international*, 28(1), pp.106-113.
- Balmford, A., Fisher, B., Green, R.E., Naidoo, R., Strassburg, B., Kerry Turner, R. and Rodrigues, A.S., 2011. Bringing ecosystem services into the real world: an operational framework for assessing the economic consequences of losing wild nature. *Environmental and Resource Economics*, 48(2), pp.161-175.
- Bates, B., Kundzewicz, Z. and Wu, S., 2008. *Climate change and water*. Intergovernmental Panel on Climate Change Secretariat.
- Bennett, E.M., Carpenter, S.R. and Caraco, N.F., 2001. Human impact on erodable phosphorus and eutrophication: a global perspective: increasing accumulation of phosphorus in soil threatens rivers, lakes, and coastal oceans with eutrophication. *BioScience*, 51(3), pp.227-234.
- Bocchiola, D., 2015. Impact of potential climate change on crop yield and water footprint of rice in the Po valley of Italy. *Agricultural Systems*, 139, pp.223-237.
- Bonamente, E., Scrucca, F., Asdrubali, F., Cotana, F., Presciutti, A. 2015. The water footprint of the wine industry: implementation of an assessment methodology and application to a case study. *Sustainability* 7 (9), 12190–12208. <https://doi.org/10.3390/su70912190>.

Carson, R., 2009. Silent spring. 1962.

Chapagain, A.K. and Hoekstra, A.Y., 2008. The global component of freshwater demand and supply: an assessment of virtual water flows between nations as a result of trade in agricultural and industrial products. *Water international*, 33(1), pp.19-32.

Christou, A., Ntalias, P and Neokleous, D 2017. Redefinition of the water needs of crops with the classic evaporator method. *Farmer*, 472, pp.32-38

Chukalla, A.D., Krol, M.S. and Hoekstra, A.Y., 2015. Green and blue water footprint reduction in irrigated agriculture: effect of irrigation techniques, irrigation strategies and mulching. *Hydrology and earth system sciences*, 19(12), pp.4877-4891.

Chukalla, A.D., Krol, M.S. and Hoekstra, A.Y., 2018. Grey water footprint reduction in irrigated crop production: effect of nitrogen application rate, nitrogen form, tillage practice and irrigation strategy. *Hydrology and earth system sciences*, 22(6), pp.3245-3259.

De Fraiture, C. and Wichelns, D., 2010. Satisfying future water demands for agriculture. *Agricultural water management*, 97(4), pp.502-511.

Delivorias, A.: 2022. Cyprus Recovery and Resilience Plan 2021-2026. Republic of Cyprus-Next Generation EU Monitoring Service, Members' Research Service.

EC, 2011. A resource-efficient Europe: Flagship initiative under the Europe 2020 strategy, European Commission, Brussels, Belgium.

Egan, M., 2011. The water footprint assessment manual. Setting the global standard.

Falkenmark, M. and Lannerstad, M., 2005. Consumptive water use to feed humanity-curing a blind spot. *Hydrology and Earth System Sciences*, 9(1/2), pp.15-28.

Falkenmark, M., 2003. Freshwater as shared between society and ecosystems: from divided approaches to integrated challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 358(1440), pp.2037-2049.

Fereres, E. and Soriano, M.A., 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of experimental botany*, 58(2), pp.147-159.

- Finlayson, C. and D'Cruz, R., 2005. Inland water systems. In *Ecosystems and human well-being: Current state and trends* (pp. 551-583). Island Press.
- Fischer, G., Tubiello, F. N., Van Velthuisen, H., & Wiberg, D. A. (2007). Climate change impacts on irrigation water requirements: Effects of mitigation, 1990–2080. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(7), 1083-1107.
- Garcia-Caparrós, P., Contreras, J.I., Baeza, R., Segura, M.L. and Lao, M.T., 2017. Integral management of irrigation water in intensive horticultural systems of Almería. *Sustainability*, 9(12), p.2271.
- Garrido, A., Llamas, M.R., Varela-Ortega, C., Novo, P., Rodríguez-Casado, R. and Aldaya, M.M., 2010. *Water footprint and virtual water trade in Spain: Policy implications* (Vol. 35). Springer Science & Business Media.
- Geerts, S. and Raes, D., 2009. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. *Agricultural water management*, 96(9), pp.1275-1284.
- Gupta, S.K. and Deshpande, R.D., 2004. Water for India in 2050: first-order assessment of available options. *Current science*, pp.1216-1224.
- Gustafsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U. and Emanuelsson, A., 2013. *The methodology of the FAO study: Global Food Losses and Food Waste—extent, causes and prevention*—FAO, 2011.
- Hart, F.L. and Fisher, H.J., 2012. *Modern food analysis*. Springer Science & Business Media.
- Hedley, C. B., Knox, J. W., Raine, S. R., and Smith, R., 2014. *Water: Advanced irrigation technologies*.
- Hoekstra A.Y. and Hung, A.H.P., 2002. Virtual water trade a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade.
- Hoekstra, A.Y. and Mekonnen, M.M., 2012. The water footprint of humanity. *Proceedings of the national academy of sciences*, 109(9), pp.3232-3237.
- Hoekstra, A.Y. and Wiedmann, T.O., 2014. Humanity's unsustainable environmental footprint. *Science*, 344(6188), pp.1114-1117.
- Hoekstra, A.Y., 2003. Virtual water: An introduction. *Virtual water trade*, 13, p.108.

- Hoekstra, A.Y., 2013. The water footprint of modern consumer society. Routledge.
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K. and Van Oel, P.R., 2017. Advancing water footprint assessment research: Challenges in monitoring progress towards sustainable development goal 6. *Water*, 9(6), p.438.
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Mekonnen, M.M. and Aldaya, M.M., 2011. The water footprint assessment manual: Setting the global standard. Routledge.
- Hogeboom, R.J., 2020. The water footprint concept and water's grand environmental challenges. *One Earth*, 2(3), pp.218-222.
- Holmatov, B., Hoekstra, A.Y. and Krol, M.S., 2019. Land, water and carbon footprints of circular bioenergy production systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 111, pp.224-235.
- Kummu, M., De Moel, H., Porkka, M., Siebert, S., Varis, O. and Ward, P.J., 2012. Lost food, wasted resources: Global food supply chain losses and their impacts on freshwater, cropland, and fertiliser use. *Science of the total environment*, 438, pp.477-489.
- Lapidou, C.S., 2014. Grey water footprint of crops and crop-derived products: Analysis of calculation method. *Fresenius Environ. Bull*, 23, pp.2899-2903.
- Lamastra, L.; Suci, N.A.; Novelli, E.; Trevisan, M. A new approach to assessing the water footprint of wine: An Italian case study. *Sci. Total Environ.* 2014, 490, 748–756.
- Liu, C., Kroeze, C., Hoekstra, A.Y. and Gerbens-Leenes, W., 2012. Past and future trends in grey water footprints of anthropogenic nitrogen and phosphorus inputs to major world rivers. *Ecological indicators*, 18, pp.42-49.
- Lovarelli, D., Bacenetti, J. and Fiala, M., 2016. Water Footprint of crop productions: A review. *Science of the Total Environment*, 548, pp.236-251.
- Magadza, C.H., 2000. Climate change impacts and human settlements in Africa: prospects for adaptation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 61(1), pp.193-205.
- Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y., 2011a. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(5), pp.1577-1600.

Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y., 2011b. National water footprint accounts: The green, blue and grey water footprint of production and consumption. Volume 1: Main Report.

Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y., 2014. Water footprint benchmarks for crop production: A first global assessment. *Ecological indicators*, 46, pp.214-223.

Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y., 2016. Four billion people facing severe water scarcity. *Science advances*, 2(2), p.e1500323.

Meybeck, M. and Ragu, A., 1997. River discharges to the oceans: an assessment of suspended solids, major ions and nutrients (Vol. 245). Nairobi, Kenya: UNEP.

Molden, D. (2013). *Water for food water for life: A comprehensive assessment of water management in agriculture*. Routledge.

Nachmani, A., 2000. Scant resources: The problem of water in Cyprus. *Mediterranean politics*, 5(3), pp.76-94.

Nouri, H., Stokvis, B., Galindo, A., Blatchford, M. and Hoekstra, A.Y., 2019. Water scarcity alleviation through water footprint reduction in agriculture: the effect of soil mulching and drip irrigation. *Science of the total environment*, 653, pp.241-252.

OECD, 2006. *Water and agriculture: Sustainability, markets and policies*, Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris, France.

Oweis, T.Y., Prinz, D. and Hachum, A.Y., 2012. *Rainwater harvesting for agriculture in the dry areas*. CRC press.

Pedro-Monzonís, M., Solera, A., Ferrer, J., Estrela, T. and Paredes-Arquiola, J., 2015. A review of water scarcity and drought indexes in water resources planning and management. *Journal of Hydrology*, 527, pp.482-493.

Pradhan, P., Fischer, G., van Velthuis, H., Reusser, D.E. and Kropp, J.P., 2015. Closing yield gaps: how sustainable can we be?. *PloS one*, 10(6), p.e0129487.

Renzulli, P.A., Bacenetti, J., Benedetto, G., Fusi, A., Ioppolo, G., Niero, M., Proto, M., Salomone, R., Sica, D. and Supino, S., 2015. Life cycle assessment in the cereal and derived products sector. *Life Cycle Assessment in the Agri-food Sector*, pp.185-249.

Richard-Ferroudji, A., Faysse, N., Bouzidi, Z., Menon, R. T., and Rinaudo, J. D., 2016. The DIALAQ project on sustainable groundwater management: a transdisciplinary and transcultural approach to participatory foresight. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 20, 56-60.

Ridoutt, B.G. and Pfister, S., 2010. A revised approach to water footprinting to make transparent the impacts of consumption and production on global freshwater scarcity. *Global Environmental Change*, 20(1), pp.113-120.

Rinaldi, S.; Bonamente E.; Scrucca, F.; Merico, M.C., Water and Carbon Footprint of Wine: Methodology Review and Application to a Case Study. *Sustainability* 2016, 8, 621, pp.1-17.

Roson, R. and Sartori, M., 2020. Modelling water resources and economic growth: The empirical challenge. In *Water Resources and Economic Processes* (pp. 262-280). Routledge.

Scheidleder, A. and Thyssen, N., 2003. (WEU01) Nitrate in groundwater. Indicator Fact Sheet.

Shiklomanov, I.A. and Rodda, J.C., 2003. World water resources at the beginning of the 21st century. *International hydrology series*.

Sidhu, B.S., Sharda, R. and Singh, S., 2021. Water footprint of crop production: A review. *Indian J. Ecol*, 48(2), pp.358-366.

Silvius, M.J., Oneka, M. and Verhagen, A., 2000. Wetlands: lifeline for people at the edge. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*, 25(7-8), pp.645-652.

Singh, A., 2010. Decision support for on-farm water management and long-term agricultural sustainability in a semi-arid region of India. *Journal of Hydrology*, 391(1-2), 63-76.

Snaddon, C.D., Davies, B.R., Wishart, M.J., Meador, M.E. and Thoms, M.C., 1999. A global overview of inter-basin water transfer schemes, with an appraisal of their ecological, socio-economic and socio-political implications, and recommendations for their management. *Water Research Commission Report No. TT120/00*. Pretoria: Water Research Commission.

Snaddon, C.D., Wishart, M.J. and Davies, B.R., 1998. Some implications of inter-basin water transfers for river ecosystem functioning and water resources management in southern Africa. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 1(2), pp.159-182.

Sofroniou, A. and Bishop, S., 2014. Water scarcity in Cyprus: a review and call for integrated policy. *Water*, 6(10), pp.2898-2928.

Steen-Olsen, K., Weinzettel, J., Cranston, G., Ercin, A.E. and Hertwich, E.G., 2012. Carbon, land, and water footprint accounts for the European Union: consumption, production, and displacements through international trade. *Environmental science & technology*, 46(20), pp.10883-10891.

Taylor, R.G., Scanlon, B., Döll, P., Rodell, M., Van Beek, R., Wada, Y., Longuevergne, L., Leblanc, M., Famiglietti, J.S., Edmunds, M. and Konikow, L., 2013. Ground water and climate change. *Nature climate change*, 3(4), pp.322-329.

UN, 2015. *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*, United Nations, New York, USA.

UNEP, 2012. *The emissions gap report 2012*, United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya

Van Oel, P.R. and Hoekstra, A.Y., 2012. Towards quantification of the water footprint of paper: a first estimate of its consumptive component. *Water resources management*, 26(3), pp.733-749.

Vanham, D. and Bidoglio, G., 2013. A review on the indicator water footprint for the EU28. *Ecological indicators*, 26, pp.61-75.

Vanham, D., Hoekstra, A.Y., Wada, Y., Bouraoui, F., De Roo, A., Mekonnen, M.M., Van de Bund, W.J., Batelaan, O., Pavelic, P., Bastiaanssen, W.G. and Kummu, M., 2018. Physical water scarcity metrics for monitoring progress towards SDG target 6.4: An evaluation of indicator 6.4. 2 "Level of water stress". *Science of the total environment*, 613, pp.218-232.

Velasco-Muñoz, J.F., Aznar-Sánchez, J.A., Belmonte-Ureña, L.J. and Román-Sánchez, I.M., 2018. Sustainable water use in agriculture: A review of worldwide research. *Sustainability*, 10(4), p.1084.

Verhoeven, J.T., Arheimer, B., Yin, C. and Hefting, M.M., 2006. Regional and global concerns over wetlands and water quality. *Trends in ecology & evolution*, 21(2), pp.96-103.

Vörösmarty, C.J., Léveque, C., Revenga, C., Bos, R., Caudill, C., Chilton, J., Douglas, E.M., Meybeck, M., Prager, D., Balvanera, P. and Barker, S., 2005. Fresh water. Millennium ecosystem assessment, 1, pp.165-207.

Wallace, J.S. and Gregory, P.J., 2002. Water resources and their use in food production systems. *Aquatic Sciences*, 64(4), pp.363-375.

Walling, D.E. and Fang, D., 2003. Recent trends in the suspended sediment loads of the world's rivers. *Global and planetary change*, 39(1-2), pp.111-126.

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

World Water Commission, 2000. A water secure world: Vision for water, life, and the environment, World Water Vision Commission Report, World Water Commission, The Hague, the Netherlands.

Zhuo, L. and Hoekstra, A.Y., 2017. The effect of different agricultural management practices on irrigation efficiency, water use efficiency and green and blue water footprint. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 4(2), pp.185-194.

Ηλιάδης, Γ., Μετόχης Χρ. και Στ. Παπαχριστοδούλου. 1995. Τεχνοοικονομική ανάλυση των αρδεύσεων στην Κύπρο. Ποικίλες εκδόσεις 1, 35 σελ. ΙΓΕ, Λευκωσία.